



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

DISEÑO Y APLICACIÓN DE FILTROS ACÚSTICOS PARA LA REDUCCIÓN DEL RUIDO INDUSTRIAL EN LA PLANTA DE ARCELORMITTAL EN SAGUNTO

AUTOR: JAIME MIGUEL CUCHI POLO

TUTORA: ADELINA BOLTA ESCOLANO

Curso Académico: 2019-20

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

1. Introducción.....	8
2. Objeto.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
3.1 Justificación académica	8
3.2 Justificación empresarial	8
3.3 Justificación legal	9
4. Alcance del proyecto.....	9
5. Antecedentes.....	10
5.1 Histórico de evaluaciones de ruido	10
5.2 Definiciones de elementos sobre acústica.....	11
5.2.1 Introducción	11
5.2.2 Movimiento ondulatorio	12
5.2.3 Ondas sonoras.....	12
5.2.4 Diferencia entre sonido y ruido	13
5.2.5 Umbrales de audición.....	13
5.2.6 El oído como receptor del sonido	14
6. Descripción de la empresa.....	16
6.1 Introducción	16
6.2 Organigrama.....	17
6.3 Diagrama de flujo	18
7. Descripción de los puestos de trabajo	19
7.1 Introducción	19
7.2 Decapado	19
7.2.1 Descripción de la línea.....	19
7.2.2 Operador de soldadora	20
7.3 Tren Tándem	21
7.3.1 Descripción de la línea.....	21
7.3.2 Operador Primer Laminador.....	22
7.4 Galvanizado	23
7.4.1 Descripción de la línea.....	23
7.4.2 Operador de Pote.....	24
7.5 Líneas Acabadoras	27
7.5.1 Descripción de la línea.....	27
7.5.2 Operador de entrada, cuchillas circulares y soldadora	28
8. Legislación.....	29
8.1 Introducción	29

8.2	Normativa básica	29
8.3	Objeto y ámbito de aplicación	30
9.	<i>Evaluación de los riesgos por ruido</i>	30
9.1	Metodología: Medición basada en la tarea	30
10.	<i>Análisis de los riesgos</i>	34
10.1	Introducción	34
10.2	Riesgos laborales asociados a cada puesto	34
10.3	Descripción del riesgo por ruido	36
10.3.1	Análisis mediciones del ruido	36
10.3.1.1	Operador soldadora	36
10.3.1.1.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	37
10.3.1.2	Operador Primer Laminador	38
10.3.1.2.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	39
10.3.1.3	Operador de Pote	40
10.3.1.3.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	41
10.3.1.4	Operador Línea Acabadora	42
10.3.1.4.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	43
10.3.2	Equipos de protección colectiva	43
10.3.3	Equipos de protección individual	44
11.	<i>Medidas preventivas propuestas</i>	45
11.1	Mejora de la absorción acústica	46
11.1.1	Baffles de absorción acústica	46
11.1.1.1	Descripción	46
11.1.1.2	Diseño	47
11.1.1.3	Modo de colocación en la empresa	48
11.1.1.4	Empresas consultadas	49
11.1.2	Paneles absorbentes acústicos	49
11.1.2.1	Descripción	49
11.1.2.2	Diseño	50
11.1.2.3	Modo de colocación en la empresa	51
11.1.2.4	Empresas consultadas	51
11.2	Utilización de barreras o instalación de pantallas	51
11.2.1	Barrera acústica metálica	52
11.2.1.1	Diseño	52
11.2.1.2	Modo de colocación en la empresa	52
11.2.2	Pantalla fonoabsorbente manual móvil	53
11.2.2.1	Diseño	53
11.2.2.2	Modo de colocación en la empresa	53
11.2.3	Empresas consultadas	53
12.	<i>Vigilancia de la salud</i>	54
12.1	Lesiones laborales producidas por el ruido	54
13.	<i>Conclusiones</i>	56
14.	<i>Bibliografía</i>	57

DOCUMENTO Nº2. PLIEGO DE CONDICIONES

1. Características técnicas de las medidas propuestas.....	67
1.1 Introducción	67
1.2 Baffles Acústicos	67
1.2.1 Embalaje	68
1.2.2 Documentación necesaria	68
1.3 Paneles absorbentes acústicos	68
1.3.1 Embalaje	69
1.3.2 Documentación necesaria	69
1.4 Barrera y pantallas.....	69
1.4.1 Barrera acústica	69
1.4.1.1 Embalaje.....	70
1.4.1.2 Documentación necesaria.....	70
1.4.2 Pantalla acústica móvil	70
1.4.2.1 Embalaje.....	71
1.4.2.2 Documentación necesaria.....	71
2. Aspectos legales	71

DOCUMENTO Nº3. JUSTIFICANTE DE PRESUPUESTO

1. Baffles acústicos.....	73
1.1 Rockfon	73
2. Paneles absorbentes	73
2.1 Rockfon	73
3. Barrera acústica metálica	74
3.1 Audiotec.....	74
4. Pantalla fonoabsorbente manual móvil	74
4.1 Inasel Tecnología Acústica.....	74

ÍNDICE MEMORIA

1. Introducción.....	8
2. Objeto.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	8
3.1 Justificación académica.....	8
3.2 Justificación empresarial.....	8
3.3 Justificación legal.....	9
4. Alcance del proyecto.....	9
5. Antecedentes.....	10
5.1 Histórico de evaluaciones de ruido.....	10
5.2 Definiciones de elementos sobre acústica.....	11
5.2.1 Introducción.....	11
5.2.2 Movimiento ondulatorio.....	12
5.2.3 Ondas sonoras.....	12
5.2.4 Diferencia entre sonido y ruido.....	13
5.2.5 Umbrales de audición.....	13
5.2.6 El oído como receptor del sonido.....	14
6. Descripción de la empresa.....	16
6.1 Introducción.....	16
6.2 Organigrama.....	17
6.3 Diagrama de flujo.....	18
7. Descripción de los puestos de trabajo.....	19
7.1 Introducción.....	19
7.2 Decapado.....	19
7.2.1 Descripción de la línea.....	19
7.2.2 Operador de soldadora.....	20
7.3 Tren Tándem.....	21
7.3.1 Descripción de la línea.....	21
7.3.2 Operador Primer Laminador.....	22
7.4 Galvanizado.....	23
7.4.1 Descripción de la línea.....	23
7.4.2 Operador de Pote.....	24
7.5 Líneas Acabadoras.....	27
7.5.1 Descripción de la línea.....	27
7.5.2 Operador de entrada, cuchillas circulares y soldadora.....	28
8. Legislación.....	29
8.1 Introducción.....	29
8.2 Normativa básica.....	29

8.3	Objeto y ámbito de aplicación	30
9.	<i>Evaluación de los riesgos por ruido</i>	30
9.1	Metodología: Medición basada en la tarea	30
10.	<i>Análisis de los riesgos</i>	34
10.1	Introducción	34
10.2	Riesgos laborales asociados a cada puesto.....	34
10.3	Descripción del riesgo por ruido	36
10.3.1	Análisis mediciones del ruido	36
10.3.1.1	Operador soldadora	36
10.3.1.1.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	37
10.3.1.2	Operador Primer Laminador	38
10.3.1.2.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	39
10.3.1.3	Operador de Pote	40
10.3.1.3.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	41
10.3.1.4	Operador Línea Acabadora	42
10.3.1.4.1	Medidas preventivas propuestas por la empresa	43
10.3.2	Equipos de protección colectiva	43
10.3.3	Equipos de protección individual.....	44
11.	<i>Medidas preventivas propuestas</i>	45
11.1	Mejora de la absorción acústica	46
11.1.1	Baffles de absorción acústica.....	46
11.1.1.1	Descripción	46
11.1.1.2	Diseño.....	47
11.1.1.3	Modo de colocación en la empresa.....	48
11.1.1.4	Empresas consultadas.....	49
11.1.2	Paneles absorbentes acústicos	49
11.1.2.1	Descripción	49
11.1.2.2	Diseño.....	50
11.1.2.3	Modo de colocación en la empresa.....	51
11.1.2.4	Empresas consultadas.....	51
11.2	Utilización de barreras o instalación de pantallas	51
11.2.1	Barrera acústica metálica	52
11.2.1.1	Diseño.....	52
11.2.1.2	Modo de colocación en la empresa.....	52
11.2.2	Pantalla fonoabsorbente manual móvil.....	53
11.2.2.1	Diseño.....	53
11.2.2.2	Modo de colocación en la empresa.....	53
11.2.3	Empresas consultadas	53
12.	<i>Vigilancia de la salud</i>	54
12.1	Lesiones laborales producidas por el ruido	54
13.	<i>Conclusiones</i>	56
14.	<i>Bibliografía</i>	57

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas, desde su puesta en marcha, tienen que lidiar con numerosos y diferentes tipos de riesgos en planta durante la realización del trabajo por parte del operario, que pueden poner en peligro tanto su seguridad como su salud. Dichos riesgos van desde generales y comunes en todas las compañías hasta específicos de cada sector, propios de la actividad que se desarrolla.

Concretamente el caso del que se trata es el correspondiente a la actividad de una empresa siderúrgica, dedicada a la laminación en frío de chapa de acero y su posterior recubrimiento mediante galvanizado y cómo ciertos procesos productivos, generan altos niveles sonoros perjudiciales para el correcto desempeño del trabajador y su bienestar auditivo a largo plazo.

Es por ello por lo que buscar los mejores sistemas para salvaguardar la salud de cada operario en relación con la reducción en su exposición al ruido se hace necesario en cumplimiento de la legislación vigente en la prevención de riesgos laborales.

2. OBJETO

El objeto del presente trabajo consiste en diseñar un sistema de mejora en la gestión de la prevención de riesgos laborales ofreciendo medidas colectivas como soluciones técnicas que sean una alternativa al uso de equipos de protección individual auditivos y permitan reducir el nivel de exposición al ruido diario equivalente global en varios puestos de trabajo dentro de distintas líneas de producción, en los cuales se supera el límite permitido tal y como se dispone en el artículo 5 del Real Decreto 286/2006, para la salud del trabajador en planta.

3. JUSTIFICACIÓN

3.1 Justificación académica

La empresa ArcelorMittal, sita en Sagunto (Valencia), propuso llevar a cabo un análisis de los datos sobre la medición del ruido, realizada por ellos mismos, en varios puestos de trabajo dentro de distintas líneas de producción y elaborar una propuesta alternativa al uso de equipos de protección individual. Con ello se ha podido ampliar los conocimientos proporcionados por la asignatura cursada de Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales en relación con el riesgo de ruido y constatar su aplicación efectiva en una empresa concreta.

3.2 Justificación empresarial

La Prevención y Salud Laboral es uno de los aspectos más cuidados en la empresa ArcelorMittal Planta de Sagunto, donde el cumplimiento de las normas de seguridad es obligatorio y un precepto a respetar siempre, asegurando una prevención de riesgos laborales eficaz. Es por ello por lo que la compañía solicitó un análisis de los niveles de exposición al ruido a partir de sus mediciones con el objetivo de encontrar una alternativa técnica a los EPI.

3.3 Justificación legal

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina las garantías y responsabilidades necesarias para la protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Según el artículo 6 de la ley, son las normas las que deben establecer las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. (Boletín Oficial del Estado, 2006)

El Real Decreto 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 forma parte de la ley mencionada anteriormente y exige su cumplimiento obligatorio por parte del empresario.¹

4. ALCANCE DEL PROYECTO

Con este trabajo se pretenden encontrar alternativas colectivas a la exposición del operario al exceso de ruido en la empresa ArcelorMittal, en la planta de Sagunto, con el fin de evitar las patologías producidas por dicho exceso y garantizando la rentabilidad no solo para la multinacional sino en beneficio de la salud del trabajador expuesto a ese riesgo.

Este proyecto es aplicable a la planta de ArcelorMittal de Sagunto, en la que se analizarán las mediciones de ruido y los posibles efectos de este riesgo en determinadas líneas de producción, a saber:

- Decapado
- Tren Tándem
- Galvanizado
- Línea acabadora 72

Es necesario comentar que, debido a la situación mundial de pandemia, ArcelorMittal Sagunto tuvo que priorizar la crisis económica que estaba viviendo en su empresa y postergar la reducción de ruido mediante soluciones colectivas, con lo que acabó por dejar de comunicarse para ayudar en la realización de este trabajo.

Es por ello por lo que el pliego de condiciones y el presupuesto se han visto modificados conforme deberían hacerse de forma corriente y el documento de los planos no ha podido desarrollarse por falta de información por parte de ArcelorMittal Sagunto.

¹ La información consultada, está referida en la web: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-4414-consolidado.pdf> (Boletín Oficial del Estado, 2006)

5. ANTECEDENTES

5.1 Histórico de evaluaciones de ruido

Disponer de un histórico de evaluaciones de ruido en la empresa es un activo muy interesante. Un análisis detallado permite encontrar información sobre la evolución del riesgo y detectar cambios e incidencias que hayan podido surgir en el desarrollo de la actividad en un periodo de tiempo. Esto será muy importante para verificar el cumplimiento de la ley y comprobar la eficacia de las medidas preventivas y en su caso, establecer la posibilidad de modificar o instalar unas nuevas.

Al tratarse de una empresa de laminación en frío de bobinas, las máquinas involucradas en la realización de su actividad son propensas a producir altos niveles de ruido que hace que sean obligatorias realizar mediciones de los procesos de forma sistemática a lo largo de cierto periodo de tiempo según los valores límites de exposición que se dan en la legislación.

En concreto, dentro de la empresa, según el histórico, hay 4 puestos de trabajo que muestran esta circunstancia en mayor medida,

- Operador de Soldadora (DECAPADO)
- Operador Primer Laminador (TREN TÁNDEM)
- Operador de Pote (GALVANIZADO)
- Operador de Entrada, Cuchillas Circulares y Soldadora (LÍNEA 72)

Debido a que se sobrepasan los valores límite, se realizan cada año una evaluación de ruido de estos puestos; pero para la contribución al proyecto y su análisis, la empresa ha proporcionado dos tipos de mediciones en las que se aprecia la situación del nivel sonoro que padecen; unas de referencia, correspondientes a años anteriores y otras actuales.

La diferencia entre las evaluaciones de referencia y las actuales, es que en las primeras, se realiza una medición completa de todas las tareas de cada puesto de trabajo y en las segundas, al haber ya mediciones anteriores y los niveles de ruido que presentan, son muy similares a lo largo de los años, la verificación de estos niveles se lleva a cabo mediante la realización de un muestreo de la exposición de los trabajadores, solo en aquellas tareas que mayor contribución al nivel diario equivalente aportan, ya que son las que más afectan al trabajador.

Si se evidencia que los niveles de ruido se mantienen similares a los de las evaluaciones anteriores, se considera que la exposición de los trabajadores no ha sufrido variaciones significativas; además, en estas evaluaciones actuales se verifica si ha habido cambios organizativos o técnicos en la instalación, con el fin de reducir el ruido.

Para la realización de todas las mediciones se ha seguido la estrategia de medición siguiente, los criterios de los posteriores documentos y la instrumentación enumerada a continuación,

Estrategia de medición

- **Medición basada en la tarea** que se explicará en posteriores apartados.

Criterios de valoración

- **Real Decreto 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.
- **Guía Técnica** para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición de los trabajadores al Ruido del INSHT.
- **UNE-EN ISO 9612 Acústica**. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo.
- **UNE-EN 458:2005**. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento

Instrumentación

- Sonómetro integrador modelo 2238 de Brüel & Kjaer, n° de serie 2522496
Cumple las siguientes normas:
 - UNE-EN 60651:96 y 60651/A1:97 tipo 1
 - UNE-EN 60804:96 y 60804/A2:97 tipo 1
- Calibrador de nivel sonoro modelo 4231 de Brüel & Kjaer, n° de serie 2615373
- Calibrador de nivel sonoro modelo 4231 de Brüel & Kjaer, n° de serie 3012151

Como se tratan mediciones de años diferentes, el sonómetro utilizado es el mismo para todas, pero se cambia de calibrador, y es por ello por lo que en las evaluaciones que se van a mostrar a partir de cierto año, el número de serie corresponde al último calibrador nombrado.²

5.2 Definiciones de elementos sobre acústica

Según el INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo) el ruido es *“todo sonido peligroso, molesto, inútil o desagradable”* entendiéndose como sonido *“el fenómeno físico que provoca las sensaciones propias del sentido humano de la audición”*.

La definición anterior resume de forma general el concepto de ruido e introduce su condición de sonido, pero en este apartado se pretende dar una explicación más en profundidad para comprender estos conceptos y poder diferenciar uno de otro. Para ello, la mejor forma de entenderlos es explicarlos de forma física.

5.2.1 Introducción

En primer lugar es conveniente conocer cómo llega el sonido al oído humano, es por ello que la explicación de dicho procedimiento es la siguiente: *“un foco sonoro origina perturbaciones mecánicas que dan lugar a alteraciones también mecánicas en el medio material que separa el foco de la persona; esas perturbaciones se mueven por razones físicas que tienen naturaleza elástica formando lo que se llaman, ondas sonoras, que propagándose con una determinada velocidad, llegan al oído, donde por otros efectos mecánicos, originan una reacción en los nervios auditivos, que a su vez, gracias al cerebro, dan la sensación denominada sonido.”*³ (Català, 1979)

² Información obtenida de: ArcelorMittal Sagunto – Evaluaciones de Ruido

³ La información ha sido consultada en el siguiente libro: FÍSICA (J.Catala)

5.2.2 Movimiento ondulatorio

En segundo lugar, la explicación del movimiento ondulatorio también es necesaria debido a que dicho fenómeno físico es la base de la propagación del sonido y, además, es un estado en el que puede encontrarse un medio. Funcionaría de la siguiente manera:

“Si se origina una perturbación en un punto de un medio elástico como el aire, al intentar ese punto volver a su estado original, después de una serie de oscilaciones amortiguadas, modificaría el valor de la misma magnitud elástica en otros puntos del medio.

Cuando esos puntos intentan también recuperar su estado inicial, lo que hacen es excitar, a su vez, otras zonas más alejadas del foco donde se originó la perturbación y, en definitiva, lo que ocurre es que se reproduce en cada uno de los puntos del medio la perturbación que ocurrió en el foco, pero, con menor amplitud y algo de retraso.

Al tener lugar este conjunto de fenómenos dentro de un medio se dice que se está transmitiendo una onda de propagación elástica o más sencillamente, que por él se propaga una onda y concretamente, esa onda lleva consigo la transmisión de energía proveniente del foco que había sido perturbado, a todos los puntos del medio.

Pero ese transporte de energía no implica que se transporte materia, es decir, la materia lo que hace es vibrar y la energía simplemente se transporta.”⁴ (Català, 1979)

5.2.3 Ondas sonoras

En tercer lugar, es importante explicar las ondas que permiten la propagación del sonido por el medio, que, en el caso del sonido, son las llamadas ondas sonoras, y se pueden definir de la forma que sigue:

“Las ondas sonoras son ondas longitudinales, esto es, que las partículas del medio vibran en la misma dirección de la propagación de la onda. Además, también pueden considerarse longitudinales debido a que consisten en una serie de compresiones y depresiones que se producen en el medio que las propaga con una velocidad que depende de las propiedades elásticas de ese medio.” (Català, 1979)

Como se ha dicho anteriormente son las ondas que propagan y contienen el sonido, y solo se pueden transmitir mediante un medio que sea material; al hablar de propagación, es necesario explicar la diferencia entre el origen de un sonido y su propagación en términos de vibraciones: cualquier vibración puede originarlo, pero solo las vibraciones longitudinales pueden transmitirlo por el aire, gracias a las compresiones y depresiones antes mencionadas.

Las ondas sonoras entonces funcionan como sigue: *“se crean en un foco sonoro donde se ha producido una vibración; cuando la onda atraviesa el medio que la transmite, la presión existente en él experimenta variaciones que son las que actúan sobre la membrana del oído provocando en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido.”⁵ (Català, 1979)*

⁴ La información ha sido consultada en el siguiente libro: FISICA (J.Catala)

⁵ La información ha sido consultada en el siguiente libro: FISICA (J.Catala)

5.2.4 Diferencia entre sonido y ruido

Siguiendo con la numeración, este apartado es el más importante ya que se muestra el objetivo de haber redactado las explicaciones de los elementos sobre acústica.

Desde un punto de vista general: *“los sonidos son aquellos que producen sensación agradable en la persona, ya sea porque son sonidos musicales o porque son como las sílabas que forman las palabras, es decir sonidos llamados armónicos, que tienen cierto significado ya que el oído está educado a ellos.”* (Català, 1979)

Ahora bien, desde el punto de vista físico: *“la diferencia entre un sonido y un ruido es clara si se obtienen gráficas de las vibraciones de sus ondas. Se observa que un sonido musical, tiene ondas casi sinusoidales; un sonido armónico conserva aún, una total periodicidad, aunque su onda se aleje bastante de la senoide; pero un ruido presenta una gráfica carente de periodicidad y esto es precisamente la cualidad que hace que la sensación en el cerebro al percibirlo sea desagradable o molesta.”*⁶ (Català, 1979)

En la siguiente ilustración se muestra la diferencia entre un sonido musical, armónico y el ruido y se puede apreciar con claridad como se va perdiendo la periodicidad conforme pasamos de uno a otro.

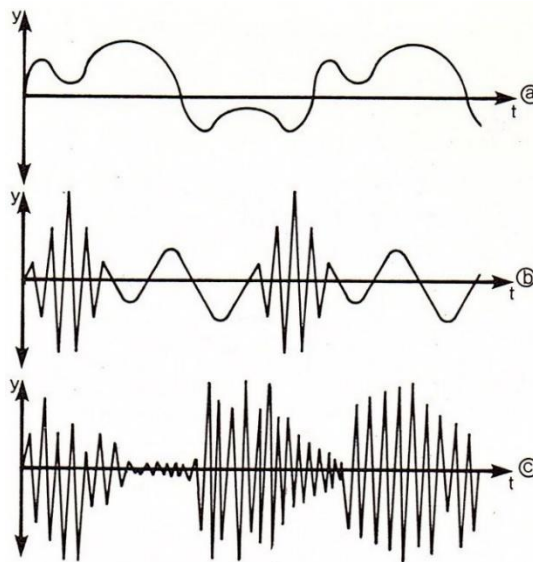


Ilustración 1. Representación de a) sonido musical, b) sonido armónico y c) ruido / Fuente: (Català, 1979)

5.2.5 Umbrales de audición

Cabe mencionar que el oído puede percibir las ondas sonoras, es decir, el sonido, a partir de variaciones de presión con frecuencias comprendidas entre los 20 y 20.000 Hz, pero dicho límite superior va disminuyendo conforme la persona se va haciendo cada vez más mayor, es decir, el ser humano va perdiendo audición conforme envejece.

⁶ La información ha sido consultada en el siguiente libro: FÍSICA (J.Catala)

5.2.6 El oído como receptor del sonido

Por último, es necesario de forma general explicar el órgano que brinda la capacidad al ser humano de captar el sonido y así ver cómo la onda sonora llega hasta el cerebro. El oído consta de tres partes:

- 1) El oído externo: *“constituido por el pabellón auricular y la membrana timpánica, unidos por el conducto auditivo.”*

Las ondas sonoras recogidas por el pabellón a manera de colector llegan hasta el tímpano a través del conducto auditivo externo, el cual actúa de resonador y el tímpano actúa a modo de membrana microfónica.” (Català, 1979)

- 2) El oído medio: *“está formado por la cadena de huesecillos, se apoya en un extremo en el tímpano, las vibraciones del cual, recoge y transmite, y termina en la ventana oval. La cadena de huesecillos actúa como palanca amplificadora, lo que explica que el oído medio sea como un transformador ya que multiplica por un factor las excitaciones que recibe. Esto ocurre, porque cuando el sonido pasa del aire, es decir, del oído externo y medio, a un medio acuoso, que es el oído interno, la sonoridad disminuye aproximadamente 30 db; pero gracias al oído medio actuando como amplificador se evita la pérdida de esos decibelios.*

Cabe decir que la presión del aire en el oído medio es igual que la externa y esto es gracias a la trompa de Eustaquio, que comunica el oído con la parte superior de la garganta.” (Català, 1979)

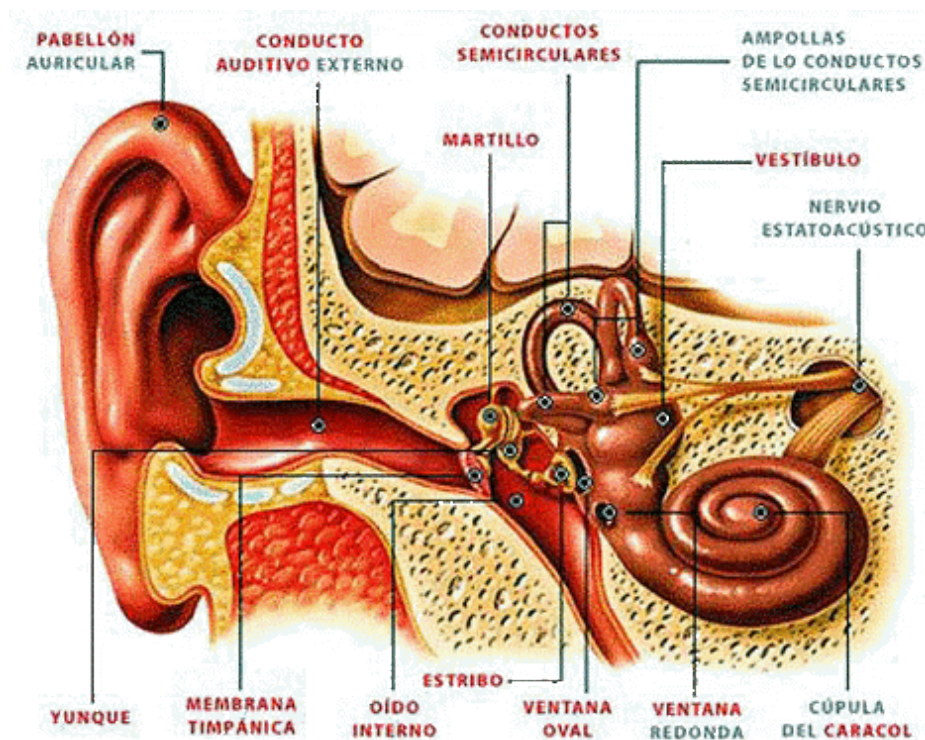


Ilustración 2. Partes del oído / Fuente:

<https://sites.google.com/site/sitiowebdeanatomia2016/unidad-x-los-sentidos> (Google, 2016)

- 3) El oído interno: “consta de los conductos semicirculares, el vestíbulo y el caracol o también llamado cóclea; este último es una espiral que está dividida longitudinalmente por una membrana flexible llamada basilar sobre la que están distribuidos los filamentos terminales del medio auditivo o fibras de Corti.

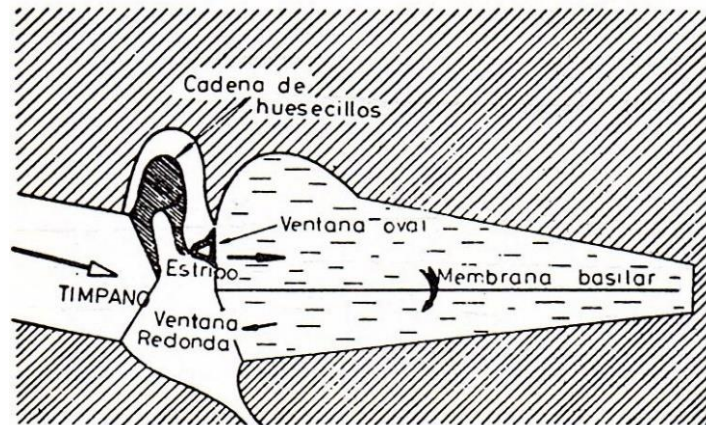


Ilustración 3. Representación de la cóclea / Fuente: (Català, 1979)

El oído interno como se ha dicho antes es un medio acuoso, formado por líquido linfático, a través del cual se transmiten las vibraciones que entran por la ventana oval; al ser un líquido incompresible, la transmisión del sonido tiene lugar gracias a la membrana elástica que cierra la ventana redonda; es decir, las vibraciones se producen en el fluido coclear y son recogidas por la membrana basilar.

Estas vibraciones o estímulos recogidos por la membrana basilar forman diferencias de potencial de carácter bioeléctrico en las fibras de la membrana que son provocadas por cambios químicos celulares.

Las diferencias de potencial dan lugar a corrientes de acción que a través de los nervios transmisores van al cerebro y allí se convierten en sensación sonora.”⁷ (Català, 1979)

⁷ La información de este apartado ha sido consultada en el libro: FISICA (J.Catala)

6. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

6.1 Introducción

ArcelorMittal Sagunto se dedica a la laminación en frío de bobinas de acero que anteriormente han sido laminadas en caliente. Estas bobinas son importadas vía marítima o terrestre y depositadas en su almacén correspondiente llamado ABC (Almacén de Bobinas en Caliente).

La laminación en frío requiere de gran cantidad de procesos para su correcto procesamiento y para satisfacer la necesidad del cliente.

El primer proceso por el que las bobinas empiezan es el Decapado, donde se someten a actividades como operaciones de corte de cabeza y cola, soldadura de bobinas de diferentes longitudes, limpieza de las capas de óxido, corte de bordes y obtención de bobinas de mejores dimensiones para procesos posteriores.

Después se pasa al tren Tándem, donde la chapa que forma las bobinas laminadas en caliente comienza a sufrir un proceso de laminado en frío, con el fin de que su espesor disminuya para poder cumplir con las dimensiones solicitadas por el comprador. Al terminar esta reducción de espesor, lo que ocurre es que la chapa de acero pierde sus características metalúrgicas, por lo que, para recuperarlas, se puede trasladar a un proceso de recocido con hornos o un proceso de galvanizado en caliente.

Si se traslada al proceso de Galvanizado, las bobinas resultantes no continúan por los siguientes procesos y se envían al cliente destinándose en gran parte a la industria del automóvil.

Cuando se recuperan sus características, la chapa se procesa en los trenes de Temple, para que tenga la dureza necesaria, mejorar su planitud y darle un acabado superficial.

Pasando a la última fase, las bobinas se llevan a las Líneas Acabadoras de Inspección y/o Aplanado o de Corte para obtener hojas de chapa de determinadas dimensiones y comprobar la calidad de estas. Sin embargo, existe un proceso opcional llamado Electrocinchado, donde tras un proceso electroquímico, se cubre la chapa con una fina capa de zinc, pudiendo también ser de otros materiales como zinc-níquel... para aumentar su resistencia a la corrosión. A este proceso pueden llegar bobinas desde los trenes de Temple directamente o siguiendo el flujo desde las Líneas Acabadoras.

La expedición al cliente puede llegar desde varias partes sin la necesidad de recorrer todos los procesos; puede ser desde Galvanizado, desde los trenes Temple, desde las Líneas Acabadoras o, por último, desde Electrocinchado que sería el final de los procesos.

6.2 Organigrama

Debido a que ArcelorMittal Planta Sagunto es una empresa de grandes proporciones, su organización se divide en numerosos departamentos. El organigrama general es el siguiente,

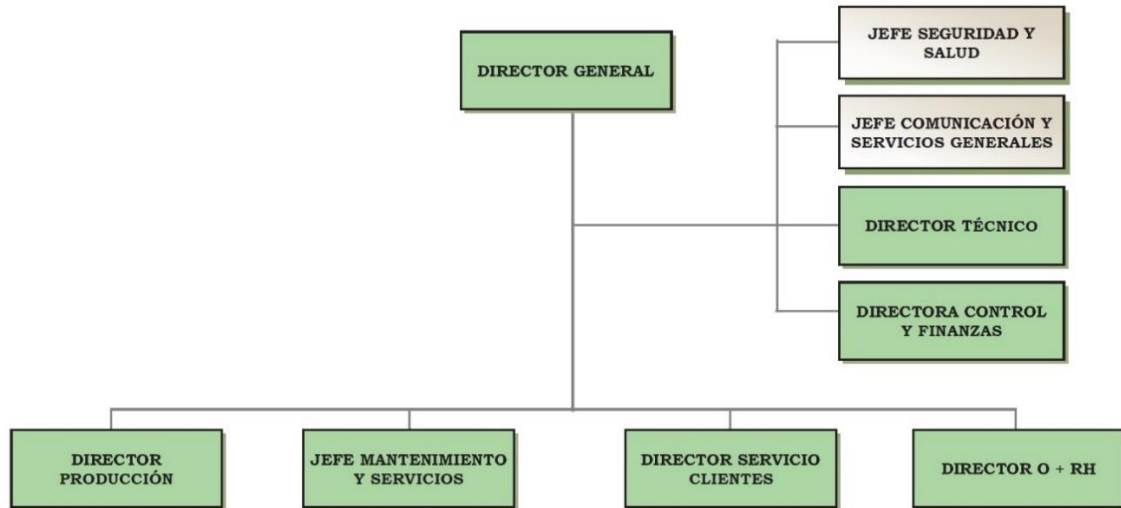


Ilustración 4. Organigrama general / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

Para mostrar de forma esquemática y global, la totalidad de las líneas de producción de la empresa y así poder ver más allá de los puestos de trabajo tratados en este trabajo, se muestra a continuación la organización de estas,

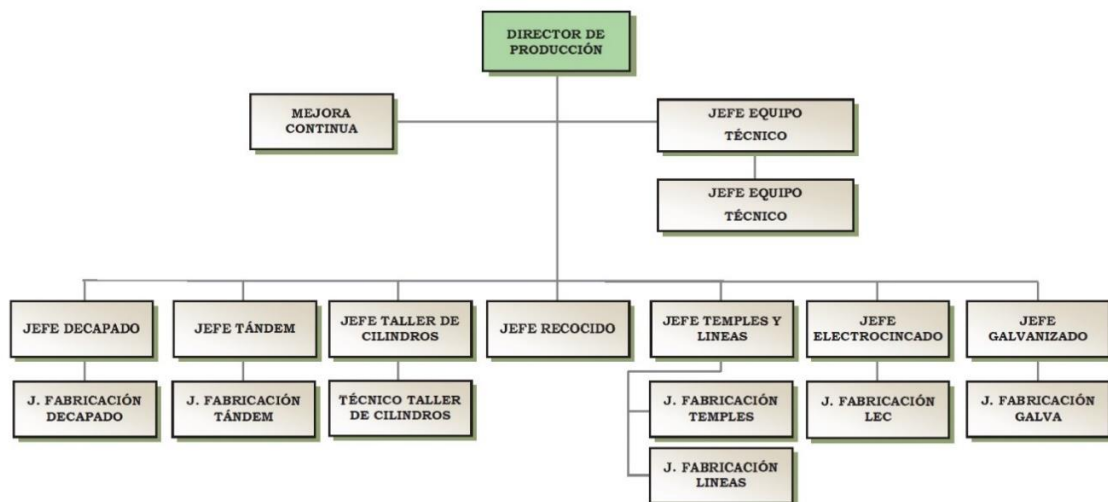


Ilustración 5. Organigrama de producción / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

Por último, es necesario enseñar la organización del departamento que regula y vela por la seguridad y protección de los trabajadores de la empresa,

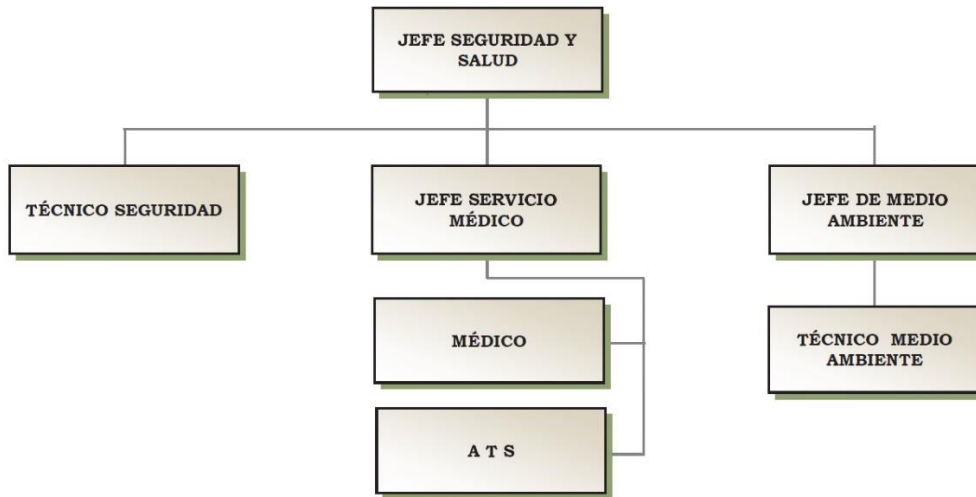


Ilustración 6. Organigrama de seguridad y salud / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

6.3 Diagrama de flujo

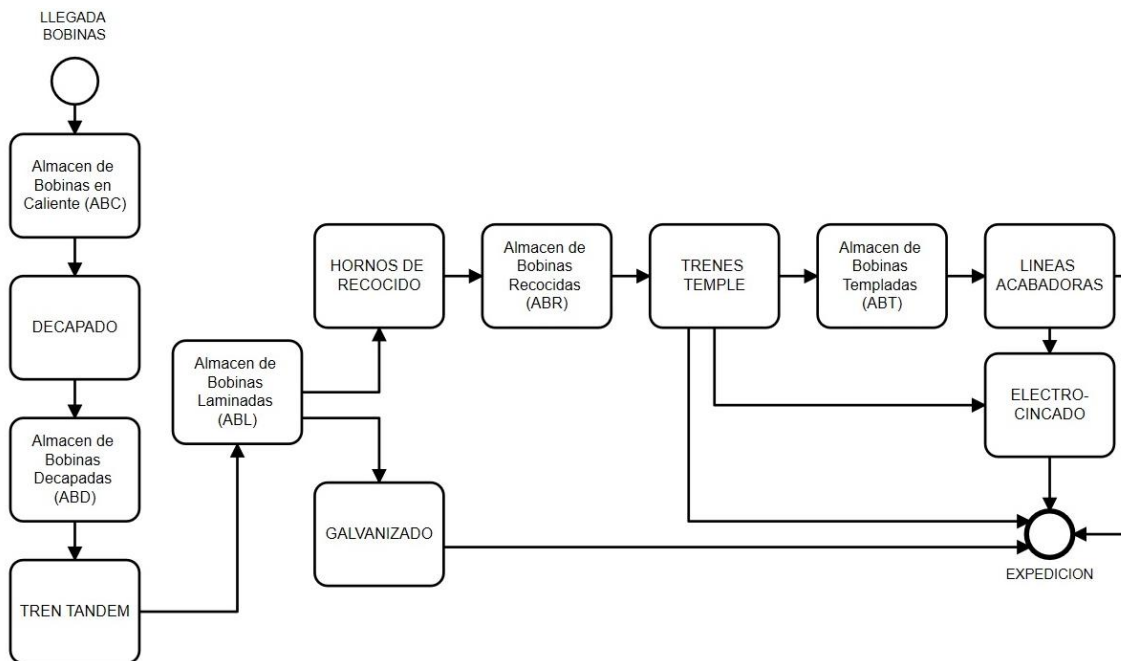


Ilustración 7. Diagrama de flujo de los procesos de producción / Fuente: Elaboración propia

7. DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

7.1 Introducción

Se ha explicado anteriormente que la empresa, para realizar su actividad metalúrgica necesita de la realización de muchos procesos, pero, en este trabajo, solo se van a describir en profundidad aquellos donde el riesgo de ruido esté presente y sea importante tratarlo.

En concreto se van a describir en primer lugar, de forma general, las líneas de fabricación y posteriormente el puesto de trabajo dentro de cada línea que sufre dicho riesgo en mayor medida.

7.2 Decapado

7.2.1 Descripción de la línea

Como se ha mencionado, la materia prima principal de la empresa son bobinas laminadas en caliente que se importan y se guardan en un almacén. Estas bobinas presentan una capa de óxido que recubre la superficie de la banda debido al contacto con el aire, humedad... y es por ello por lo que necesitan del proceso de Decapado para librarse de ella. Para la eliminación de dicho óxido, la banda, una vez desenrollada, pasa por una máquina llamada Tren Temper, donde se alarga mínimamente para crear grietas en el óxido y así el decapante lo elimine. Ese decapante es ácido clorhídrico, que se acumula en 4 tanques por donde pasa la banda; luego, se lava haciéndola pasar por otros 5 tanques de agua desmineralizada y finalmente se seca.

Existen, además, otras funciones que se realizan necesarias para cumplir con los requisitos de posteriores procesos o de uso, como operaciones de corte de cabeza y cola, es decir, eliminar el principio y final de la banda donde hay defectos de diversa índole; también el soldado de unas bobinas con otras para mantener un proceso continuo y que además tengan un peso ideal para posteriores procesos de laminación; deshacerse de grietas y acritudes provocadas por la laminación en caliente; cortes de los bordes mediante una tijera con cuchillas circulares; inspeccionar el aspecto superficial y dimensional de la banda, así como, mejorar su planitud; y por último, el aceitado de las bobinas para proteger su superficie evitando que se oxiden mientras se almacenan para ser utilizadas en el proceso siguiente o se produce la venta directa.⁸

⁸ Información consultada en: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

7.2.2 Operador de soldadora

Este puesto, es en el cual, dentro de la línea de decapado, el riesgo de ruido está más presente, y es por ello por lo que se va a describir en qué consiste la realización del trabajo rutinario en la soldadora.

Dicho trabajo rutinario consta de tareas como:

- Realización de soldaduras semiautomáticas o manuales, inspección y refuerzos de éstas
- Tareas de enhebrados
- Eliminación de atascos de banda
- Cambio de mordazas, cepillo y tijera de escuadrar
- Manipulación del puente grúa
- Trabajos de apoyo a mantenimiento
- Limpiezas de instalación (virutas cepillo, despuntes atascados o caídos fuera de los cestones, vaciado o encarrilamientos de éstos)
- Etc.

Cabe mencionar que algunas de estas tareas deben realizarse entre varios operadores.

También en este puesto hay tareas como la continua vigilancia del proceso, búsqueda de fallos, verificación y modificación de parámetros de funcionamiento... todo esto mediante la visualización y uso de las aplicaciones informáticas y equipos existentes en la cabina de producción (Monitores, PC's y PVD's, pupitres de control de mando).

El operario para poder acceder a los diferentes lugares de la línea donde sea necesario intervenir debe utilizar y pasar por una serie de elementos como escaleras (de paso habitual, escalas, de gato, ...), fosos, semifosos, accesos a las diferentes alturas a las que se encuentran los elementos y mecanismos de la línea, aberturas, desniveles, elementos fijos y móviles, la propia banda procesada, etc.⁹

A la hora de realizar las mediciones del ruido, la empresa siguió la estrategia basada en la tarea, y es por ello por lo que, siguiendo la metodología, tuvo que simplificar todas las tareas del operario en este puesto en varias que son representativas de la jornada laboral. Esas tareas son las siguientes,

- a) Cabina soldadora
- b) Cabina procesador
- c) Zona contenedor exterior
- d) Limpieza fotocélula
- e) Ruta TPM 1 (Lado operador)
- f) Ruta TPM 2 (Lado motor)
- g) Puente grúa control remoto
- h) Comedor soldadora

⁹ información obtenida de: (ArcelorMittal Sagunto, 2018)

7.3 Tren Tándem

7.3.1 Descripción de la línea

La sección del Tren Tándem está formada por 5 zonas donde su función principal, son los trenes de laminación en frío; tienen la finalidad de reducir el espesor de la chapa de acero a las requeridas por el cliente mediante las llamadas cajas.

Las zonas en las que se divide son las siguientes,

1. **Entrada continua** (Zona 1): las bobinas llegan a la entrada mediante un transportador llamado galopante, luego se desbobinan y se suelda la chapa.
2. **Acumulador** (Zona 2): antes de entrar la chapa en la parte de laminación, se acumula para poder abastecer al Tren Tándem y mantener la continuidad del flujo.
3. **Entrada a Tren Tándem** (Zona 3): cuando la banda se aproxima a la caja nº 1 del Tren Tándem se decelera para poder ajustarse y realizar correctamente la reducción de espesor, cambios para mejorar la calidad y ancho de la banda.
4. **Entre cajas** (Zona 4): se produce el proceso de laminación aumentando la velocidad con la que había entrado la banda, consistiendo en pasarla por unas cajas. Dichas cajas, son elementos formados por un conjunto de cilindros y una estructura que los soporta llamada castillete. Cuando la caja tiene tan solo dos cilindros se llama dúo; pero el problema que surge es que para poder deformar eficazmente la chapa es conveniente que los cilindros de trabajo sean de un diámetro pequeño, perdiendo rigidez para soportar fuertes presiones, por lo que necesitan de otros dos cilindros de apoyo; es por eso por lo que son adecuadas las cajas de cuatro, llamadas cajas cuarta. En concreto el Tren Tándem posee 5 cajas cuartas con las que, con una sola pasada del material a través de ellas en un solo sentido, el espesor de la banda disminuye.



Ilustración 8. Representación Laminación Tándem / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

5. **Salida** (Zona 5): al final de la caja 5, se enrolla la chapa para formar bobinas, se inspeccionan si es necesario, se hace el flejado, se anotan los datos de cada bobina y se transportan al destino que les corresponda.¹⁰

¹⁰ Información consultada en: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

7.3.2 Operador Primer Laminador

Debido a la gran cantidad de trabajos distintos que pueden realizar los operarios del Primer Laminador en la instalación de Tándem, se va a dividir la misma en varias zonas a las que estos acceden cuando van a realizar las necesarias tareas. Son las siguientes,

- **Bobinadoras (Zona Trasera, Superior e Inferior):** se realizan diversas intervenciones como enhebrado de banda, eliminación de atascos, posicionados de elementos de máquinas, colocación de enclavamientos, limpiezas de zona (flejes, aceites, restos de chapa provenientes de roturas o atascos, limpiezas de rodillos, etc.), trabajos de apoyo a mantenimiento, inspección de la zona, etc.
- **Zona de transportadores, galopante, inspección, etc.:** las trabajos habituales realizados en esta zona pueden ser diversos; como la inspección de bobinas, el flejado manual, el marcaje, limpieza de las zonas, eliminación de atascos...
- **Sótanos y unidades hidráulicas:** los operarios también acceden a esta zona para realizar tareas de limpieza, revisiones, llenado o vaciado de tanques...
- **Zona de tren de laminación:** esta zona abarca lugares del tren como la planchada, zona trasera (motores, reductores), entre cajas de laminación...

Los principales trabajos que se realizan son,

- Enhebrados de bobina, nivelación de cajas, corrección de planitud, búsqueda de defectos entre cajas, etc.
 - Eliminación de atascos: utilización de roedoras, palancas, estrobos, grilletes, manipulación del puente grúa o carros de cambios de cilindros, extracción de chapas, etc.
 - Cambios de cilindros de trabajo y de apoyo: conexión y desconexión de latiguillos y mangueras, manipulación de cuadros y pupitres de control, uso de herramientas manuales y útiles (calzos, otros), etc.
 - Limpiezas de instalación
- **Zona del Robot Soldador y flejadora salida Tándem:** toda esta zona se encuentra delimitada por barandillas y restringida por puertas. El robot funciona de forma automática, pero en caso de fallo, el operador puede intervenir de forma manual desde la cabina. Otras tareas que pueden realizar los operarios son las relacionadas con la flejadora.¹¹

Las tareas en las que se simplifica la jornada laboral para hacer las mediciones de la exposición al ruido son las siguientes,

- a) Planchada de tren (tren en marcha)
- b) Tareas en el interior de cabina de bobinadoras
- c) Tren parado (Instalación)
- d) Inspección de banda (Mesa de abajo)
- e) Comedor Tándem

¹¹ Información obtenida de: (ArcelorMittal Sagunto, 2015)

7.4 Galvanizado

7.4.1 Descripción de la línea

Después de la laminación en frío realizada por el Tren Tándem, las bobinas tienen dos opciones para recuperar sus propiedades metalúrgicas; una son los Hornos de Recocido y otra es el proceso de Galvanizado en caliente. La línea de Galvanizado se puede dividir en varias secciones,

1. **Sección de entrada:** las bobinas laminadas en frío se transportan hasta la entrada con un puente grúa, se desbobinan y se suelda la banda. Esta se acumula para que el siguiente proceso esté abastecido continuamente y se limpia su superficie eliminando restos de grasa, aceites y otros elementos que se hayan podido adherir.
2. **Sección de recocido (Horno):** en el galvanizado, la chapa de acero también se somete a un recocido para que recupere sus propiedades y tenga utilidad. En primer lugar, se hace un precalentamiento donde se eleva la temperatura de la banda entre los 150 y 200 °C mediante los llamados humos de calentamiento. Después por medio de tubos radiantes se eleva aún más la temperatura hasta los 750-900 °C. Se mantiene durante un tiempo este estado para que el acero recupere sus propiedades de ductilidad y seguidamente se enfría de forma rápida mediante seis ventiladores hasta la temperatura del siguiente proceso al que se va a someter.
3. **Sección de galvanizado:** la banda se sumerge en un baño de zinc líquido, a una temperatura de 465 °C; se escurre mediante soplado de aire para que tenga un revestimiento de zinc controlado y se reduce su temperatura, hasta la ambiente, en la torre de enfriamiento gracias a aire y agua. Luego se lamina la banda para que aumente su elasticidad, tenga cierta rugosidad y mejore su planitud por la acción de una máquina llamada "Skin-pass". Al final de la sección se produce un proceso de cromatado de la banda para protegerla de la corrosión.
4. **Sección de salida:** se cortan los bordes de la banda para darle la anchura requerida, se inspecciona y se mete en la bobinadora.¹²

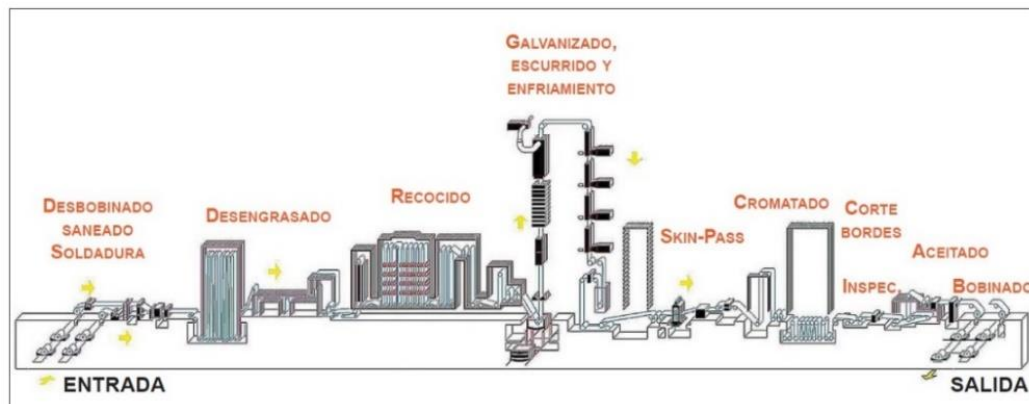


Ilustración 9. Esquema Línea Galvanizado / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

¹² Información consultada en: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

7.4.2 Operador de Pote

Este puesto de trabajo discurre sobre todo en el área del pote de cinc y se realizan gran cantidad de tareas, descritas a continuación,

- **Arrimar natas al robot:** consiste en aproximar a la zona de trabajo del robot las natas que se generan en el proceso productivo, las cuales pueden solidificarse o adherirse a la banda si no son retiradas. La tarea se realiza de 4 a 7 veces por turno, con una duración aproximada de 20 minutos y por dos operarios de la cabina centro.
- **Aspirado de polvo de cuchillas de soplado y eMass:** Esta tarea se realiza como mínimo un par de veces por turno para evitar la acumulación de polvo sobre los elementos que se sitúan sobre el baño y puedan provocar defectos de calidad.
- **Cambio de filtros del bac de temple:** el bac temple posee dos tipos de filtros que deben sustituirse, uno con filtrado metálico y otro con filtro de papel. El proceso de cambio consiste en retirar la tapa del bac y extraer el filtro, pero al ser este muy voluminoso, la tarea se desarrolla mediante dos operarios.
- **Carga de camión de natas:** esta tarea se realiza cuando la zona de apilado de lingotes de natas está muy saturada por estas y se procede a evacuarlas al camión. Normalmente esta operación está contratada, pero a veces puede realizarla el operario de pote. Esta operación tiene una duración estimada de 40 minutos y se hace 5 veces al mes.
- **Control de proceso de galvanizado:** Dentro de la cabina, el operador controla mediante PVD (Pantalla de Visualización de Datos) todos los procesos que se puedan desarrollar en el galvanizado como el recubrimiento, el soplado de las cuchillas, el estabilizador magnético eMass, el sistema de gestión del baño, la introducción de lingotes, la gestión de la sonda Alzin y los parámetros del bac del temple y anexos.
- **Descarga de camiones de lingotes:** cuando se recibe un camión con lingotes, los operarios proceden a descargarlo siguiendo una pauta concreta para evitar golpes o empujes. Esta tarea se realiza aproximadamente 30 veces al mes con una duración de 1 hora.
- **Desmontaje/Montaje de piezas sumergidas:** una vez la línea ha sido parada y se ha realizado la limpieza de la superficie del baño de cinc, se desmontan las piezas que están sumergidas gracias al uso de un balancín certificado. Las piezas se desmontan en este orden; estabilizador magnético delantero, estabilizador magnético trasero, baffles, cuchilla de soplado delantera, cuchilla de soplado trasera, rodillo estabilizador trasero, rodillo estabilizador delantero y rodillo de fondo. Esta tarea se realiza cada 21 días, su duración es de 2 horas y trabajan, el operario de pote y 4 operarios más. El montaje de las piezas se hace en el orden contrario.
- **Inspeccionar bandas en pasarelas de piezas sumergidas e inspección antes de la brida número 6:** Cuando, desde la cabina de salida/inspección avisan de la presencia de un defecto (línea de soplado, pegote, abolladura, etc..) el operador va a la zona de pasarelas de las piezas sumergidas o a la inspección vertical situada antes de la brida 6, a verificar in situ la presencia del defecto señalado por sus compañeros.
- **Introducción de barras en inductores:** Ante un eventual incidente en la alimentación eléctrica del pote, se introducen cada cierto tiempo unas barras de acero inoxidable de 9 metros de longitud en los inductores a modo de entrenamiento para cuando pueda ocurrir realmente la necesidad de su introducción.

- **Limpieza de líneas de soplado y pegotes:** cuando desde la cabina se avisa de la presencia de líneas de soplado o pegotes, el operador de pote dependiendo de si pasa la soldadura o no, deberá hacer la limpieza en automático o de forma manual, respectivamente, de la cuchilla afectada. La operación es ocasional y dura unos 5 minutos.
- **Limpieza de surverse:** La bomba surverse es un mecanismo extractor de cinc que está en funcionamiento todo el tiempo incluso cuando para la línea por avería. Debido a que parte de ella está sumergida, en la zona del eje tiende a acumularse cinc solidificado que puede llegar a parar la bomba y cuando el operador sale a desnatar el baño introduce una lanza, que proyecta N₂, en el baño, lo que provoca el borboteo del cinc líquido del baño, elevándose hasta donde el operador quiere limpiar el cinc solidificado en la bomba.
- **Limpieza del borde del pote:** para evitar que el cinc y las natas se solidifiquen en el borde del pote, principalmente en la zona de trabajo del robot, se realiza una limpieza de este borde de 2 a 3 veces por turno con la ayuda de una lanza de acero inoxidable que como en la anterior tarea, proyecta N₂ y produce el borboteo del cinc líquido elevándose hasta eliminar el cinc solidificado.
- **Limpieza del contorno del pote y anexos:** se limpia con un cepillo o mopa el polvo existente en el entorno del pote mediante el operador de pote y otro de la cabina centro durante 20 minutos.
- **Llevar pote de eje de línea a posición de garaje y viceversa:** se realiza para hacer labores de mantenimiento, limpieza o se necesitan hacer trabajos en la plataforma de elevación de la trompa. La hace un operario desde el sótano del pote y es cada 21 días con motivo de las paradas programadas.
- **Montaje/Desmontaje de protección antirrotura de banda:** con el fin de proteger al personal que accede a las pasarelas del pote se coloca una protección y se fijan los tirantes que bloquean el movimiento lateral del mecanismo. La operación se realiza cada 21 días, en las paradas programadas y dura 15 minutos.
- **Mover banda para facilitar traslación del pote:** Debido a que el punto más bajo de la banda una vez bajado el pote, queda sumergido en el baño, es preciso sacarla tirando de ella hacia la salida para dejar al aire la zona sumergida porque de no hacerse se podría provocar el volcado de cinc.
- **Movimiento de plataforma bajo trompa:** se realiza cuando se quieren hacer trabajos de mantenimiento o limpieza de la trompa con el pote en el garaje, mediante el uso de una plataforma bajo cota 0. La tarea es cada 21 días o más y dura 30 minutos.
- **Realización de rutas TPM:** Estas rutas se desarrollan en tres zonas principalmente (pote y anexos en cota 0, sótano del pote y torre de refrigeración).
- **Reposición de lingotes en mesas de inmersión:** se reposicionan los lingotes de las mesas de inversión para que puedan entrar y ser procesados. La reposición se hace 5 veces por turno y dura 20 minutos.
- **Retirar lingotes de natas:** el robot realiza el desnatado, depositando las natas en una lingotera. Cuando se llena la lingotera, el operario para el robot y posiciona un polipasto sobre ella e iza el lingote, llevándolo luego mediante una carretilla a un almacén habilitado para dejar los lingotes de nata. La tarea se realiza 2 veces por turno y dura 20 minutos. Si el robot sufre una avería, se retiran las natas de forma manual.
- **Sustitución de bomba surverse:** cuando se avería la bomba es necesario sustituirla.
- **Sustitución de la pala del robot:** cuando se rompe la pala o se satura la rejilla es preciso cambiarla.

- **Sustitución de sonda Alzin:** Para tener datos de composición de baño y temperatura se utiliza una sonda Alzin que es sustituida habitualmente en paradas, (puede ser sustituida con línea en marcha si se avería) y siempre con el pote en posición de trabajo.
- **Vaciado del contenedor de residuos del pote**¹³

Las tareas consideradas por la empresa, representativas de la jornada laboral se han dividido en 5 zonas del área de Pote,

- Desnate (Zona 1)
- Arrimar Natas (Zona 2)
- Arrimar Natas + Revisión Bomba (Zona 5)
- Otras tareas (Aspirado de cuchillas) (Zona 1)
- Limpieza Robot (Zona 3)
- Evacuación Lingoteras (Zona 3)
- Carga mesas y limpieza (Zona 4)
- Rutas TPM
- Limpieza cuchilla y ajuste baffles (Zona 1)
- Control Cabina

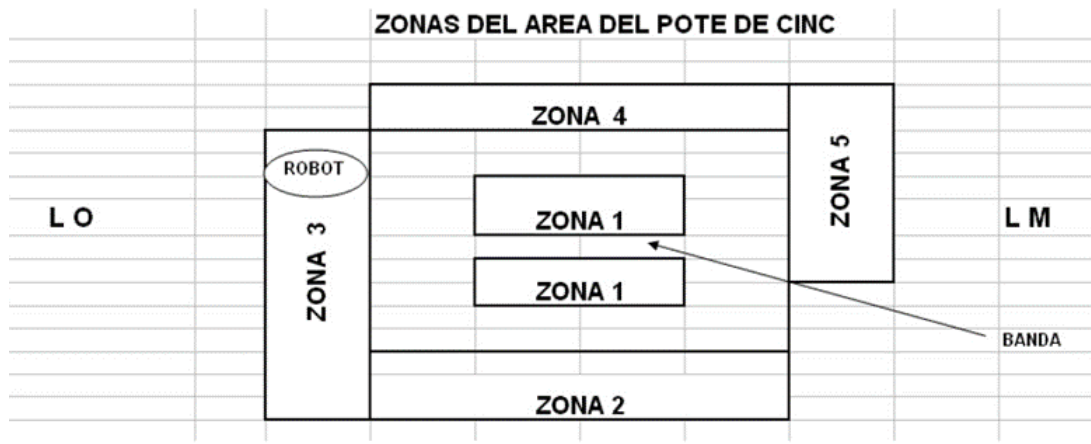


Ilustración 10. Zonas Área Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

¹³ Información obtenida de: (ArcelorMittal Sagunto, 2011)

7.5 Líneas Acabadoras

7.5.1 Descripción de la línea

Después de que la banda de acero haya sido recocida en los hornos y se le haya dado la dureza y la planitud necesaria en los trenes de temple, además de otras características, puede ser que esta, no posea la terminación deseada por el cliente, por lo que es necesario que pase por las líneas acabadoras. Estas líneas se dividen en tres tipos según el producto final que se desee obtener,

- **Línea 72 (bobinas):** las bobinas llegan a la sección de entrada mediante un transportador donde se introducen en la desbobinadora; posteriormente se recortan los bordes de la banda para darle el ancho adecuado, requerido por el cliente, formándose rebabas que se eliminan gracias a un tipo de rodillos específicos. En la sección central de la línea se lleva a cabo un saneo de la banda mediante una cizalla transversal y también se suelda esta con la posterior para ofrecer continuidad al proceso. Luego en la sección de salida se produce la tarea principal de la línea, que es la de inspección de la banda por ambas caras, gracias al sistema de inspección horizontal y vertical; además también se realiza el marcado para su identificación, un aceitado para que no sufra oxidación, otro saneo de la banda, pero en este caso, de la parte soldada y por último el bobinado.
- **Línea 60 (bobinas y flejes):** en esta línea las bobinas también se transportan a su sección de entrada por medio de un transportador, son eliminados sus flejes e introducidas en la desbobinadora. Se suelda la cabeza de una banda con la cola de otra para crear continuidad y pueden ser procesadas por dos máquinas distintas, bien se desee obtener bobinas o flejes; si son bobinas lo que se desea obtener la banda pasa por la cortadora de bordes y si son flejes por la cortadora longitudinal. Al cortar también surgen rebabas que son eliminadas como en la anterior línea mediante el uso de unos rodillos. Después se produce la inspección de la banda para controlar sus defectos o condiciones y se le aplica una capa de aceite para evitar la oxidación. Una vez inspeccionada se recortan los principios y finales de la banda que estén defectuosos y por último, se vuelve a bobinar, se flejan y se almacenan para enviarse al destino requerido.
- **Línea 70 (bobinas/bultos):** esta línea sigue los mismos procedimientos que las anteriores con la llegada de las bobinas, su desbobinamiento, su recorte de bordes para darle el ancho requerido, la eliminación de rebabas, su inspección, aceitado y vuelta a la forma de bobina. Lo que la diferencia de las otras es que no tiene sus características particulares como el sistema de inspección horizontal y vertical de la línea 72, ni la opción de producir flejes como la línea 60.¹⁴

¹⁴ Información consultada en: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

7.5.2 Operador de entrada, cuchillas circulares y soldadora

En este caso, el puesto de trabajo que se describe pertenece a la línea 72, en concreto al operario que se encuentra en la sección de entrada, el cual, debido a su polivalencia, puede ser requerido para la realización de trabajos en cualquier lugar de la instalación; es por ello por lo que también se menciona como operador de cuchillas circulares e incluso de soldadora. Las tareas propias del Operador de Entrada – Cuchillas Circulares – Soldadora son,

- **Trabajos en Transportador de Entrada y Desbobinadora/Carro portabobinas:** tareas de flejado/desflejado del material a procesar, control de datos e inspección visual de las bobinas, retirada de etiquetas identificativas, mediciones de ancho, arreglos de ojos y espiras exteriores, enhebrados, eliminación de atascos, limpiezas de la zona de trabajo, etc.
- **Trabajos en Cortadora de Bordes:** control del proceso del corte de bordes (calidad y comprobación del ancho de corte), enhebrado de flejes hacia toberas y canaletas, eliminación de atascos, cambio de cuchillas circulares, galgados y ajustes de las cuchillas y de los parámetros de proceso, limpiezas de instalación...
- **Trabajos en cizalla de entrada:** realización de saneos de cabezas y colas, obtención de muestras y retirada manual de las mismas, limpiezas de la zona (chapas, despuntes...)
- **Trabajos en soldadora:** realización manual o semiautomática de soldaduras y comprobación de esta mediante el golpeo con martillo en ella. Eliminación de atascos y enhebrados, limpiezas de la zona.
- **Trabajos en cintas transportadoras u otras zonas de la línea:** trabajos de limpieza de despuntes, saneos, etc.¹⁵

Cabe decir que gran parte de la jornada del operador de entrada, se encuentra en la cabina de salida realizando trabajos de apoyo a la inspección de bobinas. Las tareas representativas de la jornada laboral son las siguientes,

- a) Corte de bordes con fleje mayor de 50 mm por cada lado
- b) Corte de bordes con fleje menor de 50 mm por cada lado
- c) Sección de entrada (sin corte de bordes)
- d) Comedor

¹⁵ Información obtenida de: (ArcelorMittal Sagunto, 2014)

8. LEGISLACIÓN

8.1 Introducción

Este trabajo se apoya en materia de legislación, en la **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales la cual pretende proteger al trabajador frente a posibles riesgos que pueden ocurrir durante la jornada laboral. Para ello establece una serie de disposiciones que el empresario tiene que cumplir para evitar cualquier accidente en su compañía.

Además debido a que la empresa ArcelorMittal Sagunto tiene problemas de altos niveles de exposición del riesgo de ruido en diversos puestos y es objeto de este trabajo encontrar medidas técnicas colectivas que palien dicho riesgo, el **Real Decreto 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 es vital para poder encontrar dichas medidas y analizar cuál es la situación real de la empresa y su evolución a lo largo de los años ya que se explican diversas formas para evitar la exposición al ruido, los valores límite que no deben ser sobrepasados para evitar efectos nocivos del riesgo, la aplicación de equipos de protección individual para los trabajadores en caso de no encontrar ninguna medida técnica u organizativa, la participación del trabajador para contribuir a reducir el riesgo, cómo hacer una evaluación del ruido, con qué instrumentos hacer mediciones e incluso el control que debe hacerse al operario para que no tenga problemas en su salud, aparte de más información referenciada en el Anexo 1.

8.2 Normativa básica

La normativa principal a la que hay que atenerse en este trabajo es el **Real Decreto 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.

Además, en este Real Decreto, se mencionan otros decretos y leyes en los que este se apoya para su elaboración, a saber:

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención modificado por el R.D. 604/2006, de 19 de mayo.
- **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

8.3 Objeto y ámbito de aplicación

El Real Decreto 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 tiene como objeto, el establecimiento de las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos, en particular para la audición, derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido durante la jornada laboral.

En el artículo 3 de este Real Decreto, se establece que las disposiciones se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido como consecuencia de su trabajo.

Según la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los al trabajadores ruido, en estas actividades se incluye: *“cualquier exposición que tenga lugar durante la prestación laboral, sea debida o no a la actividad laboral (en este segundo caso, por ejemplo, la exposición dentro de una oficina al ruido generado por un taller anexo a ella). Esto incluye la exposición a ruido en los locales y en los medios de transporte de la empresa (por ejemplo, en la cabina de un camión), en las obras de construcción, en definitiva, en cualquier situación en la que sea aplicable la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.”* (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2006)

9. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS POR RUIDO

9.1 Metodología: Medición basada en la tarea

Esta forma de realizar mediciones del riesgo de ruido se trata a continuación, debido a que es así como se han realizado por parte de la empresa y es necesario poder comprender los diferentes elementos que aparecen a la hora de mostrar tanto mediciones del histórico como actuales.

Antes de explicar en qué consiste esta estrategia de medición, es necesario comentar que toda evaluación de ruido necesita de la comprensión y visión general de todos los factores que influyen en la exposición al ruido y es por ello, por lo que es necesario en un primer momento determinar una jornada de trabajo nominal teniendo en cuenta los siguiente elementos:

- Tareas que se realizan, con su duración y características que las diferencian de las otras.
- Fuentes de ruido principales y las áreas más ruidosas
- Patrón de trabajo y episodios de ruido significativos
- Posibles descansos, reuniones... y si se incluyen o no dentro de una jornada de trabajo habitual.

A esta jornada de trabajo nominal se le hará la medición para poder determinar la exposición al ruido de los trabajadores.

Según la estrategia basada en la tarea, la jornada de trabajo se divide en tareas u operaciones diferentes que son representativas de la jornada completa, de manera que, durante la realización de cada una, se tenga una exposición de ruido similar para el trabajador.

Para cada tarea es necesario determinar una serie de elementos que llevarán a poder evaluar el nivel sonoro de la jornada de trabajo,

- **Duración de la tarea (Tm):** es una estimación que puede obtenerse preguntado a diferentes trabajadores o bien haciendo mediciones; con la información obtenida, se hace la media aritmética de la duración de la tarea de los diferentes valores obtenidos. La ecuación es la siguiente,

$$\overline{Tm} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J Tmj$$

Donde:

T es el tiempo

m es la tarea

J es el número de valores obtenidos

- **Nivel de exposición diario equivalente global ($L_{Aeq,d}$):** el L_{eq} es el nivel de ruido continuo equivalente que representa la exposición al ruido durante un periodo; cómo se puede observar tiene entre sus letras una A, que significa que se está haciendo la medición mediante la ponderación "A"; esta ponderación está diseñada para reflejar con mayor exactitud la respuesta que tendría el oído humano al ruido y es la más utilizada.

Para poder calcular el nivel de ruido diario global, lo primero que se debe hacer es calcular ese nivel de presión sonora, pero para cada tarea, mediante la expresión siguiente,

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1xL_{Aeq,T,mi}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,mi}$ es el nivel de presión sonora pero obtenido en cada medición

I es el número total de mediciones de la tarea

Después ya se puede calcular el nivel de exposición diario equivalente global, el cual, se puede calcular de dos formas, pero, solo se va a explicar una ya que las mediciones realizadas por la empresa se han hecho de esa manera.

En la forma realizada por la empresa, primero se calcula el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea según esta expresión,

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \log \left[\frac{\overline{Tm}}{T_0} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,m}$ es el nivel de presión sonora para cada tarea

\overline{Tm} es la duración de la tarea estimada

T_0 es la duración de la jornada de trabajo nominal

Y después ya con esta fórmula se obtiene el global,

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{0,1xL_{Aeq,d,m}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,d,m}$ es el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea

M es el número total de tareas

- **Incertidumbre expandida (U):** toda magnitud física, y, en concreto, el ruido, necesita del cálculo de incertidumbres propias de la medición, ya sean provocadas por la instrumentación empleada, la posición del micrófono del sonómetro... Esto es debido a que los resultados de dicha medición tienen que estar acompañados de indicadores de calidad siendo estos, las incertidumbres, de forma que permita a quien trabaje con ellos, poder darles veracidad y permitir su comparación entre sí y con otros valores de referencia.

La incertidumbre expandida es el intervalo dentro del cual, con un nivel de confianza asignado, se encuentra el valor del nivel de exposición diario equivalente global explicado anteriormente; se expresa al lado del valor de este nivel de exposición diario mediante el símbolo \pm para indicar el intervalo mencionado y para su cálculo es necesario obtener previamente otro tipo de incertidumbre llamada estándar combinada. Esta, como su propio nombre indica, es la combinación de diferentes incertidumbres estándares asignadas a las posibles fuentes de incertidumbre que puedan ocurrir en una medición, como los ejemplos nombrados al principio. Para que se tengan en cuenta las contribuciones de las diferentes fuentes a la hora de calcular la incertidumbre combinada se deben utilizar coeficientes de sensibilidad para cada una. Su expresión para un nivel de exposición diario $L_{Aeq,d}$, es la siguiente,

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

Donde:

m es cada tarea

M es el número total de tareas

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono

$c_{1a,m}$ es el coeficiente de sensibilidad del muestreo por tareas

$c_{1b,m}$ es el coeficiente de sensibilidad del cálculo de la duración de la tarea

Como puede observarse en la fórmula, no aparecen los coeficientes de sensibilidad de la incertidumbre debida al instrumento ni a la posición del micrófono; esto es debido a que según la norma UNE EN ISO 9612:2009 estos coeficientes son iguales al del muestreo por tareas y por eso la fórmula queda simplificada. Estas incertidumbres y coeficientes tienen una forma de calcularse a excepción de $u_{2,m}$ y u_3 que tienen un valor predeterminado. Sus expresiones son las siguientes,

$$\bullet \quad u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,mi} - \bar{L}_{Aeq,T,m})^2 \right]}$$

Donde:

I es el número total de mediciones de la tarea

$\bar{L}_{Aeq,T,m}$ es la media aritmética de los niveles de presión sonora de las I mediciones

$$\bullet \quad u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]}$$

Donde:

J es el número total de observaciones de la duración de la tarea

$$\bullet \quad C_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{Aeq,T,m} - L_{Aeq,d})}$$

$$\bullet \quad C_{1b,m} = 4,34 \times \frac{C_{1a,m}}{T_m}$$

La incertidumbre $u_{2,m}$ se obtiene según el tipo de sonómetro utilizado durante la medición y en el caso de la empresa, es un sonómetro de la clase 1, por lo que según la norma UNE EN 61672-1:2005, el valor que se le otorga es de 0,7 db. En el caso de la u_3 , según la norma UNE EN ISO 9612:2009, se considera que la incertidumbre estándar para la posición del micrófono es de 1 db. Por último, para obtener la incertidumbre expandida solo hace falta la multiplicación de la estándar combinada por un factor de cobertura k , que depende del nivel de confianza que se quiera asumir, siendo la expresión la siguiente,

$$U = k \times u$$

El valor del factor k para la empresa y el más habitual, es el propuesto en la norma UNE EN ISO 9612:2009 para un nivel de confianza del 95% y un intervalo unilateral siendo 1,645.¹⁶

¹⁶ La información de este apartado se ha obtenido de: (Ruiz-Bazán & Luna Mendaza, NTP: 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición, 2012), (Ruiz-Bazán & Luna Mendaza, NTP: 951. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias, 2012) (Ruiz-Bazán & Luna Mendaza, NTP: 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación, 2012)

10. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS

10.1 Introducción

Una vez descritos los diferentes puestos de trabajo y las tareas que se realizan con mayor ruido en la empresa, se van a analizar los riesgos propios de esas tareas en cada uno de ellos. Se enumerarán todos los riesgos que pueden surgir en el puesto, además de profundizar en el riesgo principal de este trabajo, que es el ruido, analizando dicho riesgo en cada operador. Para ello se mostrará una comparativa de las mediciones realizadas en los diferentes años y se destacaran aquellos puestos donde no se cumple la legislación, además de mostrar una explicación de las medidas que se utilizan para amortiguarlo.

10.2 Riesgos laborales asociados a cada puesto

Cada puesto descrito anteriormente, como se ha dicho y es objeto de este trabajo, tiene como principal riesgo, el ruido, pero además debido a los diferentes elementos utilizados en el proceso donde se trabaja, se añaden diversos riesgos que son necesarios comentar para evaluar correctamente el trabajo del operario. Tras la evaluación de riesgos realizada por ArcelorMittal Sagunto, se detectaron una serie de riesgos en los diferentes puestos que han sido representados en la siguiente tabla para que pueda verse de forma global. En ella se han marcado con una X, si el riesgo se ha observado o puede surgir en el puesto correspondiente.

Tabla 1. Riesgos identificados en los puestos de trabajo / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2018), (ArcelorMittal Sagunto, 2015), (ArcelorMittal Sagunto, 2011), (ArcelorMittal Sagunto, 2014) y Elaboración propia

RIESGOS	PUESTOS DE TRABAJO			
	Op. Soldadora	Op. Primer Laminador	Op. Pote	Op. Entrada, CC. y Soldadora
Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos	X	X	X	X
Manejo manual de cargas	X	X	X	X
Manejo manual de herramientas brazo-mano			X	X
Manipulación de cargas suspendidas			X	
Posturas forzadas	X	X	X	X
Movimientos repetitivos			X	
Vigilancia de pantallas de visualización de datos	X	X	X	X
Carga mental debida a trabajos que exigen elevada concentración, rapidez de respuesta, etc.	X	X		X
Condiciones generales del entorno de trabajo: Iluminación, ruido, temperatura, espacio de trabajo...		X	X	
Exposición a sustancias nocivas, tóxicas o irritantes	X	X		
Exposición a radiaciones	X	X		
Exposición a niveles de ruido	X	X	X	X
Exposición a temperaturas ambientales extremas		X	X	
Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos (mecanismos de máquinas, materiales, etc.)	X	X	X	X
Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos		X		X
Caída de personas a distinto nivel	X	X	X	X
Caída de personas al mismo nivel	X	X	X	X
Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X	X		X
Caída de objetos en manipulación	X	X	X	X
Caída de objetos desprendidos de estanterías, puntos elevados...		X		X
Contactos eléctricos con elementos sometidos a tensión eléctrica	X	X		X
Contactos térmicos con superficies o productos calientes o fríos	X	X	X	
Pisadas sobre objetos abandonados o irregularidades del suelo	X	X	X	X
Choques y golpes contra objetos inmóviles (vigas a baja altura, etc.)	X	X	X	X
Choques y golpes contra objetos móviles (máquinas, materiales en manipulación)	X	X	X	X
Golpes y cortes por objetos o herramientas (objetos cortantes, útiles, etc.)	X	X	X	X
Atropellos o golpes con vehículos	X	X	X	X
Proyección de fragmentos o partículas proyectadas por máquinas, herramientas, etc.	X	X	X	
Riesgo de incomunicación			X	
Movimiento accidental de la plataforma			X	
Explosión	X	X		X
Incendio	X	X		X

10.3 Descripción del riesgo por ruido

10.3.1 Análisis mediciones del ruido

En el siguiente apartado se va a mostrar una comparativa para cada puesto de las mediciones del ruido realizadas en distintos años y poder ver en qué tareas y a nivel global, se ha sobrepasado los valores límite para la legislación, además de mostrar la atenuación de las medidas preventivas de protección individual utilizadas por la empresa en las mediciones de referencia. Cabe destacar, como se dijo en el apartado de histórico de evaluaciones de ruido, que, para las mediciones actuales, ArcelorMittal Sagunto solo hizo mediciones de las tareas que para la empresa se consideraban más críticas en cuanto al ruido, y es por ello por lo que, para las demás tareas, se han cogido los niveles de exposición de las mediciones de referencia, es decir, de los años anteriores, con el fin de tener un valor global del ruido del puesto.

Además, hay que aclarar que cuando en las tablas de las comparaciones se marquen los niveles de exposición con un color significa que se ha superado cualquier límite impuesto por la legislación, ya sea valores límite de exposición o valores superiores o inferiores que dan lugar a una acción.

10.3.1.1 Operador soldadora

Tabla 2. Comparativa Op. Soldadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2014, 2019)

TAREAS	AÑO 2014 (REFERENCIA)					AÑO 2019 (ACTUALES)				
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max.)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max.)	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max.)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max.)
Cabina Soldadora (1)	70,1	68,9	106,9			70,1	68,9	106,9		
Soldadora Bobinas (2)	103,1	88	128,6			102,4	87,4	123,3		
Cabina Procesador (3)	61,2	49,2	99,3			61,2	49,2	99,3		
Zona Contenedor Exterior (4)	90,8	75,8	137,9			90,8	75,8	137,9		
Limpieza fotocélula (5)	100,6	77,6	131,3			100,6	77,6	131,3		
Ruta TPM 1 (LADO OPERADOR) (6)	98,3	73,2	131,2	90±1,6 ↓ 91,6	137,9	100,3	75,2	130,5	89,7±1,6 ↓ 91,3	137,9
Ruta TPM 2 (LADO MOTOR) (7)	97,9	72,9	128,6			97,9	72,9	128,6		
Puente Grúa Control Remoto (instalación Decapado) (8)	97,8	83,5	130			97,8	83,5	130		
Comedor Soldadora (9)	56	44	96,7			56	44	96,7		

Antes de comenzar el análisis, hay que comentar que, en las mediciones actuales, las tareas que se han considerado críticas para la exposición al ruido por parte del trabajador y por lo tanto solo se han hecho mediciones de ellas (en amarillo) son,

- Soldadora Bobinas
- Ruta TPM 1 (LADO OPERADOR)

Comenzando con el análisis se puede observar que, tanto en las mediciones de referencia como en las actuales, en su primera columna, es decir, **a nivel de tarea**, puede verse (en color rojo) como en las tareas (2), (4), (5), (6), (7) y (8), los niveles de presión acústica continua equivalente sobrepasan los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción. Además, son sobrepasados por una cantidad considerable de db(A) por lo que se puede apreciar que la situación es muy deficiente.

También en la tarea de soldadora de bobinas, en la segunda columna, **a nivel de contribución a la exposición diaria** del trabajador, se sobrepasan (en color carne) los valores límite de exposición y los que dan lugar a una acción, pero se hace por una cantidad muy pequeña. Además, en la tarea (8) se sobrepasan los valores límite inferiores que dan lugar a una acción.

En la tercera columna, **a nivel de pico**, la tarea de zona contenedor exterior, sobrepasa el valor superior de exposición que da lugar a una acción (en color naranja), siendo el nivel de pico máximo en el conjunto de tareas y, por lo tanto, el nivel de pico máximo del puesto de trabajo, pero únicamente por 0,9 db, por lo que no es demasiado alarmante.

A nivel de exposición equivalente global, es decir, la cuarta columna, en ambas mediciones, el nivel es superior a los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, por lo que será necesario aplicar medidas preventivas con el fin de reducir este valor.

10.3.1.1.1 Medidas preventivas propuestas por la empresa

Las medidas preventivas utilizadas por la empresa son equipos de protección individual y su atenuación según los diferentes EPI utilizados en cada tarea se muestra en la tabla siguiente,

Tabla 3. Atenuación EPI's Op. Soldadora / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Decapado Op. Soldadora (2014)

TAREAS	Protector auditivo Peltor H540 B Optime III		Tapones desechables antirruído E.A.R. SOFTY YELLOW NEONS		Tapones endoaurales unidos por cordón Medop RUN-RUN	
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$
Soldadora Bobinas (2)	71,1	69,3	73,1	69,5	86,1	73,9
Zona Contenedor Exterior (4)	54		60,8			
Limpieza fotocélula (5)	58,8		70,6			
Ruta TPM 1 (LADO OPERADOR) (6)	79,4		71,3			
Ruta TPM 2 (LADO MOTOR) (7)	54,7		67,9			
Puente Grúa Control Remoto (instalación Decapado) (8)	59,6		67,8			

En la cabina soldadora, la cabina del procesador y el comedor no se utiliza EPI debido a que son espacios habilitados para amortiguar el ruido, es por ello por lo que no se han considerado en la tabla.

Analizando la situación, se puede observar cómo el protector Peltor H540 B Optime III ofrece altos niveles de atenuación debido a que en las tareas (2) y (6) se ve como atenúa de forma adecuada (en verde) e incluso en las tareas (4), (5), (7) y (8) proporciona una sobreatenuación (en amarillo) que puede afectar al confort del trabajador y provocarle nuevos riesgos en el puesto de trabajo. En general, como se ve en el nivel de presión sonora global, la atenuación del protector es adecuada por lo que no existe ningún problema.

En cuanto a los tapones desechables antirruído, la mayoría de las tareas tienen una atenuación adecuada a excepción de la (4), que tiene un exceso de ella, pero el nivel global es adecuado.

Por último, los tapones endoaurales, tienen niveles adecuados, pero en las tareas (2) y (6), que son las más expuestas al ruido, el protector no proporciona una atenuación adecuada, aunque el global es correcto.

10.3.1.2 Operador Primer Laminador

Es necesario comentar que, en las mediciones actuales, se hicieron cambios organizativos que cambiaron la distribución de tiempo de las tareas (T_m) a la hora de hacer las mediciones; dichos cambios son la reducción del "Working Ratio" de la línea, conllevando a que el tren estuviera más tiempo parado. Los tiempos son los siguientes,

Tabla 4. Distribución de tiempos Op. Primer Laminador / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2015,2019)

TAREAS	AÑO 2015 (REFERENCIA)	AÑO 2019 (ACTUALES)
	$T_m(h)$	$T_m(h)$
Planchada de tren (Tren en marcha)	0,6	0,58
Tareas interior cabina bobinadoras	2,77	3,57
Tren parado (Instalación)	2,33	2,37
Inspección de banda (Mesa de abajo)	1,8	0,98
Comedor de Tándem	0,5	0,5
TOTAL	8	8

Por lo tanto, el análisis de las mediciones es el siguiente,

Tabla 5. Comparativa Op. Primer Laminador / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2015,2019)

TAREAS	AÑO 2015 (REFERENCIA)					AÑO 2019 (ACTUALES)				
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max)	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max)
Planchada de tren (Tren en marcha) (1)	96,2	84,9	114,9	87,9±2,7 ↓ 90,7	128,7	92	80,6	115,8	84,5±2,2 ↓ 86,7	128,7
Tareas interior cabina bobinadoras (2)	73,5	68,9	106,9			73,5	70	106,9		
Tren parado (Instalación) (3)	85,9	80,5	124,7			82,7	77,4	111,1		
Inspección de banda (Mesa de abajo) (4)	89,2	82,7	128,7			89,2	80,1	128,7		
Comedor de Tándem (5)	64,9	52,8	99,4			64,9	52,8	99,4		

Las tareas consideradas críticas son (en amarillo),

- Planchada de tren (Tren en marcha)
- Tren parado (Instalación)

En cuanto al análisis, tanto en las mediciones de referencia, como en las actuales, **a nivel de tarea**, la (1) sobrepasa los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción; **a nivel de contribución a la exposición diaria**, en los años de referencia se ve como los niveles son más elevados llegando casi a superar los valores superiores que dan lugar a una acción mientras que en los años actuales casi se quedan por debajo de los valores inferiores por lo que se aprecia cierta mejoría.

En la tarea (3), **a nivel de tarea**, en los años de referencia se supera los valores superiores que dan lugar a una acción, pero en los actuales se queda entre los superiores e inferiores; **a nivel de contribución diaria**, en los de referencia casi se quedan por debajo de los valores inferiores que dan lugar a una acción mientras que en los actuales están por debajo.

Por último, en la tarea (4), tanto en los años de referencia como los actuales, **a nivel de tarea**, se superan los valores límite de exposición como los valores que dan lugar a una acción, mientras que, **a nivel de exposición diaria**, se quedan los niveles entre los valores superiores e inferiores que dan lugar a una acción.

A nivel global, ambas mediciones son deficientes, pero se puede ver cierta mejora (reducción de 4 db) entre las de referencia y las actuales debido al cambio organizativo; en las primeras se sobrepasan los valores límite y los que dan lugar a una acción mientras que en las segundas los niveles de ruido están por debajo de los valores límite de exposición. Cabe destacar que este puesto **a nivel de pico**, no supera ningún valor citado en la legislación por lo que es adecuado.

10.3.1.2.1 Medidas preventivas propuestas por la empresa

Las medidas preventivas como se ha dicho en el puesto anterior son EPI's y su atenuación se puede ver en las mediciones de referencia en la tabla siguiente,

Tabla 6. Atenuación EPI's Op. Primer Laminador / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Tándem Op. Primer Laminador (2015)

TAREAS	Protector auditivo Peltor H540 B Optime III		Tapones desechables antirruído E.A.R. SOFTY YELLOW NEONS		Tapones endoaurales unidos por cordón Medop RUN-RUN	
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$
Planchada de tren (Tren en marcha) (1)	67,8	80,9	66,2	80,9	81	81,4
Inspección de banda (Mesa de abajo) (4)	65,7		60,7		75,2	

Las tareas en la cabina y en el comedor se han omitido por el mismo motivo que en el puesto anterior y la tarea con el tren parado también porque no hay movimiento del tren, aunque es recomendable el uso de EPI debido a los niveles sonoros que se presentan.

Si analizamos la atenuación, el protector auditivo Peltor H540 B Optime III produce una atenuación adecuada para el trabajador; los tapones desechables también, aunque en la tarea (4) producen una sobreatenuación; los tapones endoaurales, en la tarea (1) no atenúan de forma adecuada, pero en la tarea (4) sí lo consiguen.

Los valores globales son tan altos (marcados en naranja), debido a que se cuenta el nivel sonoro de todas las tareas, con el fin de ver si el protector funciona correctamente en el puesto; esto muestra que debería usarse en más tareas para reducir la exposición del trabajador.

10.3.1.3 Operador de Pote

En este puesto se trabaja con diferentes gramajes por metro cuadrado, que son de 55, 60 y 80; pero en el análisis de las mediciones solo vamos a tener en cuenta el que muestra el mayor nivel de ruido, que es el de 55 gr/m². Además, la distribución de tiempos con los años ha ido cambiando, quedando de la siguiente manera,

Tabla 7. Distribución de tiempos Op. Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2013,2020)

TAREAS	AÑO 2013 (REFERENCIA)	AÑO 2020 (ACTUALES)
	$T_m(h)$	$T_m(h)$
Desnate	0,08	0,25
Arrimar natas	0,12	0,25
Arrimar natas + Revisión de bomba	0,05	0,08
Otras tareas (aspirado de cuchillas)	0,13	0,17
Limpieza robot	0,5	0,5
Evacuación lingoteras	0,07	0,17
Carga mesa y limpieza	0,25	0,25
Rutas TPM	0,25	0,25
Limpieza cuchillas y ajuste baffles	0,03	0,17
Control cabina	6,52	5,92
TOTAL	8	8

La comparativa de mediciones entre un año y otro es la siguiente,

Tabla 8. Comparativa Op. Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2013,2020)

TAREAS	AÑO 2013 (REFERENCIA)					AÑO 2020 (ACTUALES)				
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max.)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max.)	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max.)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max.)
Desnate (1)	99,9	80,1	126,6	93,8±1,7 ↓ 95,5	132,4	99,9	84,9	126,6	93,2±1,4 ↓ 94,6	127,8
Arrimar natas (2)	94,2	75,8	113,6			100,2	85,2	122,2		
Arrimar natas + Revisión de bomba (3)	91,7	69,6	109,1			91,7	71,8	109,1		
Otras tareas (aspirado de cuchillas) (4)	99,5	81,7	126,6			99,5	82,6	126,6		
Limpieza robot (5)	88,4	76,4	114,8			88,4	76,4	114,8		
Evacuación lingoteras (6)	88,2	67,4	114,8			88,2	71,4	114,8		
Carga mesa y limpieza (7)	89	73,9	120,6			89	73,9	120,6		
Rutas TPM (8)	84,2	69,1	113,6			84,2	69,1	113,6		
Limpieza cuchillas y ajuste baffles (9)	117,8	93	132,4			107,4	90,6	127,8		
Control cabina (10)	63,8	62,9	107,5			72,8	71,5	107,4		

Las tareas consideradas críticas (en amarillo) son:

- Arrimar natas
- Limpieza cuchillas y ajuste baffles

Pero además se hicieron nuevas mediciones del control de cabina ya que es en ella donde pasan la mayor parte del tiempo los operarios.

Este puesto es el más afectado por el ruido como puede comprobarse en la tabla, y es por ello por lo que, **a nivel de tarea**, salvo la (8) y la (10), tanto en las mediciones de referencia como en las actuales, se superan los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción. En la tarea (8) se sobrepasan los valores inferiores que dan lugar a una acción y casi se superan los superiores por lo que también es deficiente su situación.

En las mediciones de referencia, **en la contribución al nivel diario**, las tareas (1) y (4) superan por una cantidad ínfima el límite inferior que da lugar a una acción y se ve como, la tarea (9) es una tarea muy peligrosa ya que contribuye en gran cantidad al nivel de exposición diario del trabajador superando los valores límite de exposición y los que dan lugar a una acción. Sin embargo, al cambiar la distribución de tiempos de un año a otro, esa contribución diaria cambia, y las tareas (1) y (4) en las mediciones actuales se encuentran entre los límites inferiores y superiores habiéndose convertido la (1) en una tarea que casi supera el límite superior cuando antes casi no superaba el inferior. Además, la (2) que no superaba ningún límite pasa a sobrepasar los límites superiores que dan lugar a una acción y la (9) sigue siendo peligrosa pero baja su nivel sonoro.

A nivel de pico no se supera ningún límite y **a nivel global** sí que se puede observar una deficiencia en el riesgo de ruido superándose los límites de exposición y los que dan lugar a una acción por una cantidad elevada.

10.3.1.3.1 Medidas preventivas propuestas por la empresa

Las medidas preventivas adoptadas por la empresa siguen siendo en este puesto EPI's y su atenuación vista en la medidas de referencia es la siguiente,

Tabla 9. Atenuación EPI's Op. Pote / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Galvanizado Op. Pote (2013)

TAREAS	Protector auditivo Peltor H540 B Optime III		Tapones desechables antirruído E.A.R. SOFTY YELLOW NEONS		Tapones endoaurales unidos por cordón Medop RUN-RUN	
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$
Desnate (1)	66	70,5	70	71	82	77
Arrimar natas (2)	62		64		77	
Arrimar natas + Revisión de bomba (3)	64		62		77	
Otras tareas (aspirado de cuchillas) (4)	66		70		82	
Limpieza robot (5)	58		58		72	
Evacuación lingoteras (6)	58		58		72	
Carga mesa y limpieza (7)	57		59		72	
Limpieza cuchillas y ajuste baffles (9)	84		88		100	

La tarea del control de cabina se ha obviado debido a que es un lugar dedicado para el aislamiento acústico y las rutas TPM también porque no son necesarios la utilización de EPI's.

Volviendo con el análisis, tanto el protector auditivo Peltor H540 B Optime III como los tapones desechables ofrecen una atenuación parecida y con gran efectividad ya que en las tareas (1) y (4) es adecuada e incluso en las demás tareas excepto la (9) sobreatenúan el ruido para el trabajador. En la tarea (9) la atenuación no es adecuada debido a que es una de las tareas críticas que tienen gran cantidad de nivel sonoro, aunque el global sí es adecuado para ambos protectores.

Sin embargo, los tapones endoaurales son de menor efectividad por lo que los niveles de atenuación son más bajos, aunque adecuados para todas las tareas excepto la (1), (4) y (9) donde el protector no proporciona una atenuación adecuada. En global, para el puesto de trabajo, estos tapones funcionan de forma adecuada.

10.3.1.4 Operador Línea Acabadora

A la hora de analizar las mediciones actuales, ArcelorMittal Sagunto no ha proporcionado medidas de este puesto de trabajo, pero sí ha informado de que no ha habido cambios organizativos ni se han implantado medidas técnicas por lo que se puede decir que los niveles sonoros se mantienen similares respecto a los de referencia ya que de un año a otro no suelen variar más de 3 db. Por lo tanto, solo se va a hacer un análisis de las mediciones proporcionadas de referencia siguiendo la tabla a continuación,

Tabla 10. Mediciones de referencia Op. Línea Acabadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2015)

TAREAS	AÑO 2015 (REFERENCIA)				
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d,m}$	$L_{Cpico,m}$ (Max.)	$L_{Aeq,d}$	L_{Cpico} (Max.)
Corte de bordes con fleje > 50 mm por cada lado (1)	93,3	84,8	124,5		
Corte de bordes con fleje < 50 mm por cada lado (2)	82,5	78,3	122,8	86,2±2,3 ↓ 88,5	124,5
Sección de entrada (Sin corte de bordes) (3)	80,6	76,7	121,7		
Comedor (4)	59,6	47,5	111,9		

Analizando se ve que, **a nivel de tarea**, la (1) sobrepasa los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción y la (2) y (3) se encuentran entre los límites superiores e inferiores que dan lugar a una acción, estando la (3) casi por debajo del inferior.

A nivel de contribución a la exposición diaria, únicamente la tarea (1) sobrepasa los valores que dan lugar a una acción quedándose a una cantidad muy pequeña de estar por encima del límite superior.

Por último, **a nivel de pico**, este puesto no presenta ningún problema, pero **a nivel global** se encuentra por encima de los valores límite de exposición, mostrando una situación también deficiente como los anteriores puestos.

10.3.1.4.1 Medidas preventivas propuestas por la empresa

Tabla 11. Atenuación EPI's Op. Línea Acabadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2015)

TAREAS	Protector auditivo Peltor H540 B Optime III		Tapones desechables antirruido E.A.R. SOFTY YELLOW NEONS		Tapones endoaurales unidos por cordón Medop RUN-RUN	
	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$	$L_{Aeq,T,m}$	$L_{Aeq,d}$
Corte de bordes con fleje > 50 mm por cada lado (1)	53,7	80,6	63,3	80,6	72,5	80,6

La tarea del comedor se ha omitido como en los puestos anteriores debido a que es un espacio adaptado para el confort del trabajador y por lo tanto no es necesario el uso de EPI's; las tareas de sección de entrada y corte < 50 mm tampoco se ha tenido en cuenta porque no se utiliza de forma habitual ningún equipo protector auditivo.

Siguiendo con el análisis, se puede apreciar que tanto el protector auditivo Peltor H540 B Optime III como los tapones desechables ofrecen una atenuación efectiva incluso llegando a producir una sobreatenuación en la tarea que se utilizan. Por otra parte, los tapones endoaurales, tienen una atenuación adecuada para el trabajador ya que son menos efectivos.

Cabe destacar que los niveles globales del puesto (en naranja) son demasiado elevados, pero esto ocurre como en el caso del Operador Primer Laminador donde al usarse los equipos de protección en pocas tareas y contar todas para ver la atenuación del puesto surge un global elevado.







10.3.2 Equipos de protección colectiva

En las diferentes líneas de producción de la empresa se colocaron a lo largo de los años por parte de empresas especializadas en aislamiento acústico, cabinas a modo de protección colectiva para que los trabajadores hicieran el control de los procesos sin tener que estar sometidos al riesgo constantemente y estuvieran aislados.

10.3.3 Equipos de protección individual

Ya se han mencionado 3 de los equipos de protección auditiva en el apartado de análisis de las mediciones de ruido para ver cómo era la atenuación que estos ofrecían, pero en la empresa se utilizan además otros. En este apartado se van a describir por encima y enumerar cuáles se utilizan,

Tabla 12. EPI's utilizados en ArcelorMittal Sagunto / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2020)

Protector auditivo	Descripción	FOTO
Protector auditivo Peltor H540 B Optime III	Protector para entornos altamente ruidosos, con sujeción en la nuca y doble capa en las orejeras	
Tapones desechables antirruído E.A.R. SOFTY YELLOW NEONS	Protector que distribuye los puntos de presión dando flexibilidad, un buen sellado y comodidad	
Tapones endoaurales unidos por cordón Medop RUN-RUN	Tapones que atenúan el ruido. Han de llevarse puestos continuamente en áreas ruidosas	
Tapones semi-insertos unidos por arnés Bilsom Percap	Tapones que se pueden colocar sobre la cabeza, por detrás de la cabeza o bajo la barbilla	
Protector auditivo con auriculares de comunicación Peltor MT53H79B-77	Protección frente al ruido a la vez que permite la comunicación hablada por radiotransmisión	
Protector auditivo para casco de seguridad MSA, HIGH SNR 31 DB	Protector adaptable a casco de seguridad apto para entornos muy ruidosos	

11.MEDIDAS PREVENTIVAS PROPUESTAS

Tal y como se ha descrito anteriormente, la empresa ArcelorMittal Sagunto tiene problemas de ruido en ciertos puestos de trabajo; para resolverlos en un principio, se implementó el uso de equipos de protección individual como solución única.

Según el artículo 15 de la LPRL, lo primero que se debe hacer en caso de riesgo, es eliminar la fuente que causa el riesgo y si eso no es posible, entonces priorizar la protección colectiva a la individual (Boletín Oficial del Estado, 1995). Es por ello por lo que, a lo largo de los años, la empresa ha estado trabajando en este principio y haciendo una transición hacia lo colectivo, construyendo cabinas de aislamiento acústico en las diferentes líneas para que los trabajadores pueden realizar el control de los procesos productivos sin la necesidad de uso continuo de protección individual. Es aquí donde interviene este trabajo, y su función es buscar más medidas colectivas para seguir con el proceso de transición hacia el mínimo uso de EPI's durante la jornada laboral.

Además, la empresa dio varias directrices a la hora de elegir dichas medidas,

- Debía ser una reducción del ruido de forma técnica
- Solo se podían realizar acciones en la transmisión o propagación del ruido

Dentro de las acciones en la transmisión o propagación del ruido, existen diversas soluciones según sea dicha propagación, siendo vía estructural o aérea. Después de analizar la situación de la empresa se vio que la vía estructural no era la principal fuente de ruido, ya que se basa en las vibraciones y este no era el problema de la empresa; por lo que, la solución debía centrarse en la vía aérea y las alternativas más destacadas que se ofrecen en la legislación son las siguientes (Giménez, 2012),

- ✓ Mejora de la absorción acústica de la empresa
- ✓ Utilización de barreras o encerramiento en la fuente
- ✓ Instalación de pantallas
- ✓ Aislamiento del personal en cabinas

La solución de las cabinas ya había sido puesta en marcha por la empresa, por lo tanto, el trabajo se focalizará en las 3 primeras, aunque se unirán la utilización de barreras y la instalación de pantallas en un mismo apartado porque son muy similares. En cuanto al encerramiento en la fuente, se ha visto que no es posible su realización debido a que impediría al puente grúa el acceso a las zonas cubiertas y no se tendría una visión clara de lo que sucede en los procesos encerrados de la línea, cosa que es necesario para el correcto funcionamiento de la empresa. Por lo tanto, solo se buscarán soluciones de absorción acústica y pantallas o barreras.

11.1 Mejora de la absorción acústica

La absorción acústica es la propiedad que tienen todos los materiales para absorber una parte de la energía sonora que incide sobre ellos. La onda sonora realiza 3 funciones cuando se acerca a un material dado; se refleja, se absorbe transformándose en otros tipos de energía, normalmente calorífica, y se transmite a través del material.

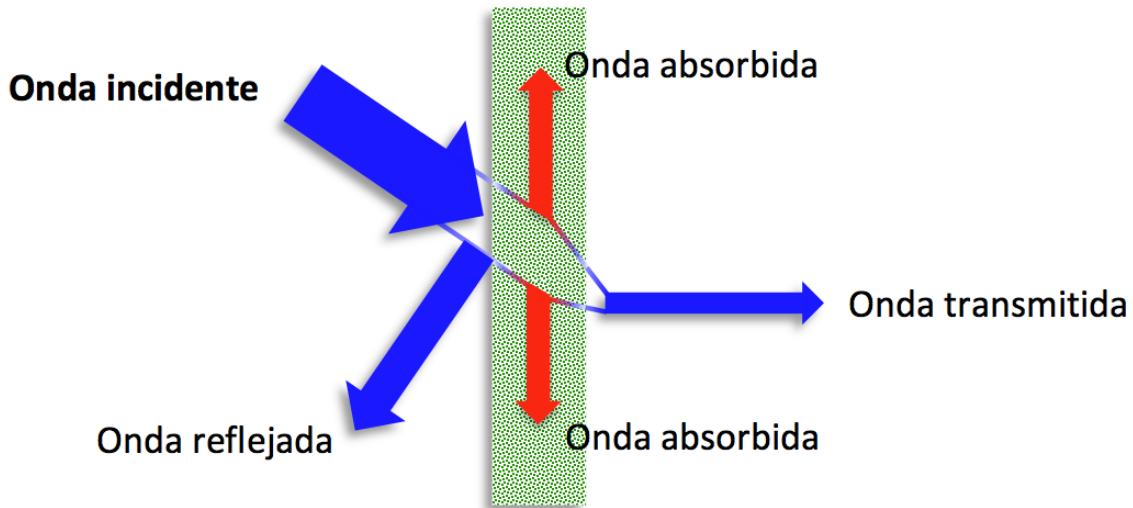


Ilustración 11. Representación del fenómeno de la absorción acústica / Fuente: <http://www.ia2.es/un-coeficiente-de-absorcion-acustica-mayor-que-la-unidad/> (iA2, 2014)

Con la mejora de esta absorción, se pretenden utilizar elementos que tengan un coeficiente de absorción adecuado para promover que el ruido provocado por las máquinas se refleje o se transmita en la menor medida posible. Por ello, a continuación, se muestran las soluciones que se han encontrado en el mercado actual y que mejor se adaptarían a ArcelorMittal Sagunto.

11.1.1 Baffles de absorción acústica

11.1.1.1 Descripción

Los baffles acústicos son elementos modulares que están formados por materiales porosos y elásticos¹⁷ con los que son capaces de absorber el sonido en mayor medida, debido a que tienen un coeficiente de absorción mayor. Al absorber dicho sonido, reducen la reverberación de la nave industrial, es decir, el tiempo de reverberación, el cual consiste en el tiempo que tarda el sonido en disminuir 60 db desde que la fuente sonora cesa; al reducirse la energía transmitida por las ondas sonoras reflejadas en la nave mediante los baffles, se consigue la reducción del nivel de exposición del trabajador al ruido.

¹⁷ Obtenido de la web: <https://www.dbplusacoustics.com/ruido-industrial-absorcion-acustica/> (dBplus, 2020)

11.1.1.2 Diseño

En el mercado, la geometría con la que se diseñan los baffles varía desde rectangulares, cuadrados, cilíndricos, circulares, etc. Los producidos de forma estándar y que ofrecen la mayoría de las empresas son los rectangulares, dando posibilidad a fabricarse de forma cuadrada o diseño personalizado según las especificaciones del cliente. Su representación puede verse a continuación,

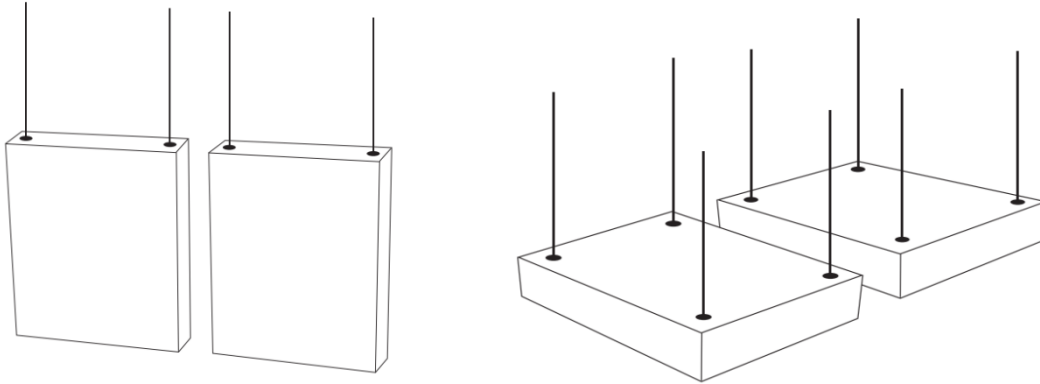


Ilustración 12. Representación baffle rectangular vertical / Fuente:
https://www.inasel.com/images/pdfs/INABAF_i.pdf (INASEL, INABAF i, 2020)

Puede observarse que la disposición de los baffles puede ser vertical u horizontal; lo que diferencia a una de otra, es que la posición horizontal, tiene una proporción un poco mayor en cuanto a la absorción del sonido, esto es debido a que los baffles se colocan normalmente en los techos de los locales y la forma horizontal capta la onda sonora y la puede absorber mejor. Las dimensiones ofrecidas por los fabricantes de baffles suelen ser de 1200 mm de altura y anchura y 50 mm de espesor, aunque pueden llegar a los 1500 mm y 100 mm de espesor, pero estas dimensiones pueden variar según las capacidades de las empresas productoras y las necesidades del cliente.

Los materiales aislantes con los que se elaboran suelen ser de lana de roca, fibra de vidrio, fibra de poliéster... Y en cuanto a los materiales que forman la estructura, suelen ser el acero o el aluminio, y lo más común es que, el acero esté galvanizado, laminado o prelacado en algún color.¹⁸

¹⁸ información consultada en https://cdn01.rockfon.es/siteassets/commerce/es/tiles/documents/fichas-tecnicas-paneles/es-tile-datasheet-rockfon-industrial-baffle_d_02_20202.pdf?f=20200402215431 (ROCKFON, Rockfon Industrial Baffle, 2020)

11.1.1.3 Modo de colocación en la empresa

Los baffles de absorción acústica, como se ha dicho anteriormente, se descolgarían del techo de la nave; el problema que surge es que la ArcelorMittal Sagunto cuenta en cada línea de producción, con un puente grúa, el cual está a gran altura y la instalación de estos baffles podría entorpecer su funcionamiento. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se sitúa el puente en la empresa,



Ilustración 13. Puente grúa en la línea de decapado / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

A raíz de este inconveniente, los baffles deberían colocarse por encima de cada puente grúa para no dificultar su forma de trabajo y sobre las áreas más ruidosas que la empresa ha detectado según las mediciones analizadas en apartados anteriores. Por lo tanto, la instalación se realizaría de la siguiente manera,

- **Op. Soldadora:** los baffles deberían colocarse en el techo que está por encima de la máquina soldadora, de la zona del contenedor exterior, de la zona de la fotocélula y de los lugares por donde se realizan las rutas TPM.
- **Op. Primer Laminador:** deberían colocarse en toda la zona del tren de laminación y en el techo donde se encuentra la mesa de abajo donde se inspecciona la banda.
- **Op. Pote:** en las zonas del área del pote de cinc y los lugares donde se realizan las rutas TPM.
- **Op. Entrada, Cuchillas Circulares y Soldadora:** en los trabajos de cortes de bordes y en la sección de entrada.

Para ofrecer una idea más clara de cómo quedarían instalados dichos baffles en la empresa, la siguiente imagen nos muestra un ejemplo de cómo sería,



Ilustración 14. Baffles acústicos instalados en una empresa / Fuente: <https://www.audiotec.es/productos/condicionamiento-acustico/baffles-acusticos/> (AUDIOTEC, Baffles acústicos: serie AATEC, 2020)

11.1.1.4 Empresas consultadas

Las empresas que se han consultado para poder obtener información sobre los baffles acústicos y que son potenciales para instalar dichas medidas preventivas que ofrecen en la empresa ArcelorMittal Sagunto son,

- INASEL Tecnología Acústica
- AUDIOTEC
- ROCKFON

11.1.2 Paneles absorbentes acústicos

11.1.2.1 Descripción

Los paneles absorbentes acústicos, son elementos también modulares que están formados en su interior por un material normalmente mineral que absorbe el sonido y están revestidos en el exterior con materiales perforados o porosos. Al igual que los baffles, reducen el tiempo de reverberación de los lugares donde se instalan provocando a su vez, una reducción del ruido. La diferencia entre los paneles y los baffles es que los primeros se colocan principalmente en las paredes del recinto mientras que los segundos se descuelgan del techo.

11.1.2.2 Diseño

Las formas de los paneles absorbentes, es infinita según lo que ofrezca el fabricante, desde rectangulares, biselados, convexos, circulares, etc. Los más comunes, al igual que los bafles son los rectangulares y un ejemplo de conjunto mural de paneles puede verse a continuación,

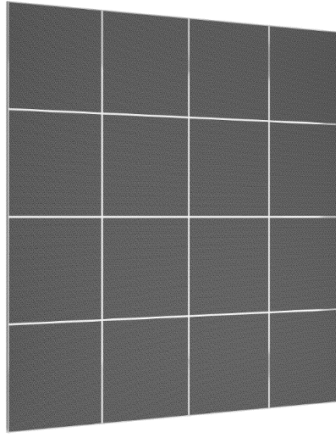


Ilustración 15. Conjunto de paneles absorbentes / Fuente:
<https://www.rockfon.co.uk/products/rockfon-system-vertiq-hat-a-wall/?selectedCat=system%20descriptions> (ROCKFON, Rockfon System VertiQ HAT A Wall, 2020)

Las dimensiones que pueden alcanzar los paneles son parecidas a las de los bafles, siendo 1200×1200×40 mm e incluso llegando a los 2700 mm de altura; pero como se dijo en la anterior solución, dependen de lo que la empresa productora ofrezca y el cliente necesite.

Los materiales con los que se produce el núcleo suelen ser materiales absorbentes como la lana de roca, lana o fibra de vidrio... Y en cuanto al exterior se revisten con un tejido que sea duradero, en ocasiones con un velo negro e incluso de tela o algodón, si son paneles absorbentes con los que se pretende decorar.¹⁹

¹⁹ Información obtenida de: https://cdn01.rockfon.es/siteassets/commerce/es/tiles/documents/fichas-tecnicas-paneles/es-tile-datasheet-rockfon-vertiq_d_01_2018.pdf?f=20191217191430 (ROCKFON, Rockfon VertiQ, 2020) y de <https://www.comaudi-industrial.com/productos/materiales-acusticos/paneles-acusticos-absorcion/fibra-de-vidrio-acusorb-7/> (COMAUDI INDUSTRIAL, 2020)

11.1.2.3 Modo de colocación en la empresa

La forma de colocación en la empresa sería en los mismos lugares donde se ha explicado que se instalarían los baffles acústicos, la diferencia es que se colocarían en las paredes de dichas zonas. Además, las paredes de las naves son de ladrillo (como puede observarse en la ilustración 13) o de chapa, como se puede ver a continuación por lo que la instalación de paneles fonoabsorbentes sería una opción muy efectiva.



Ilustración 16. Ejemplo de la línea de Decapado donde la pared es de chapa / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

11.1.2.4 Empresas consultadas

Las empresas consultadas a la hora de buscar las más aptas para la implantación de los paneles absorbentes acústicos en ArcelorMittal Sagunto son,

- ROCKFON
- ISOVER Saint-Gobain (ISOVER, 2018)

11.2 Utilización de barreras o instalación de pantallas

Las barreras o pantallas son estructuras que están diseñadas para reducir los niveles de ruido gracias a que, por sus superficies absorbentes y aislantes, minimizan el sonido que se refleja e impiden que se transmita a través de ellas. Son sistemas que se instalan entre la fuente sonora y el receptor con el objetivo de ser un obstáculo en la propagación de la onda sonora. El motivo por el que se han unido en un mismo apartado es porque son muy similares y por ello a continuación se van a mostrar una serie de opciones que pueden ser una solución para la empresa tratada en este trabajo.

11.2.1 Barrera acústica metálica

11.2.1.1 Diseño

Este tipo de barrera acústica está formada normalmente en su cara exterior e interior por acero galvanizado o lacado, es por ello por lo que se denomina metálica; además su núcleo está formado por un conjunto de membranas y materiales que le permiten hacer su función de absorbente y aislante. Es usual que las barreras encierren la fuente sonora impidiendo poder tener visual de ella, pero lo que se busca en este trabajo es que el operario sea capaz de observar para poder controlar los procesos productivos por si ocurriera cualquier incidente o necesite tener una visión obligatoria. Además, tiene que ser capaz de poder entrar, por lo que es necesario que la barrera tenga vías de acceso. Un ejemplo de lo que se instalaría en la empresa ArcelorMittal Sagunto en las áreas más peligrosas en cuanto al ruido sería el siguiente,



Ilustración 17. Barrera acústica con posibilidad de visión / Fuente:

<https://www.audiotec.es/productos/pantallas-acusticas-y-barreras-antirruído/panel-acustico-metalico/> (AUDIOTEC, Panel acústico metálico, 2020)

Las dimensiones de estas barreras van desde los 2 metros de base a los 3 metros de altura y 100 mm de espesor como máximo, aunque como se ha dicho en anteriores soluciones, dependen de la necesidad del cliente y la capacidad de la empresa productora.

11.2.1.2 Modo de colocación en la empresa

Las barreras acústicas deberían colocarse en los lugares y máquinas mencionados en los anteriores apartados, a excepción del área del Pote de cinc, debido a que como se trata de cinc fundido, cualquier salpicadura en la barrera la derretiría. Al tratarse de barreras ancladas al suelo deberían ir alrededor de cada elemento de cara a proteger al trabajador cuando se encuentre en las proximidades. De esta forma el operario solo observaría a través de la barrera y accedería a la zona por los accesos facilitados, realizando su labor de forma rápida sin la necesidad de utilización de los equipos individuales. En el caso de que tenga que estar más tiempo, sí que debería de utilizarlos para que no afecte esa exposición a largo plazo.

11.2.2 Pantalla fonoabsorbente manual móvil

11.2.2.1 Diseño

Las pantallas fonoabsorbentes móviles son muy útiles para sectorizar zonas muy ruidosas en las que es difícil actuar sobre el foco directamente. Son adecuadas principalmente en lugares donde se realizan cortes metálicos, puestos de trabajo con remachados en metal... , es decir, lugares donde se trabaja con materiales metálicos, lo que es perfecto para la industria a la que se dedica ArcelorMittal Sagunto. La estructura de estas pantallas es metálica con revestimientos fonoabsorbentes, con dimensiones similares a las barreras del apartado anterior, con la diferencia, de que el espesor suele ser mayor, en concreto, de 200 mm, aunque depende del fabricante y el cliente. Al ser móvil, permite colocarla y moverla según lo requerido por el operario y se mueve gracias a un sistema de ruedas en su parte inferior. Además, también incluye un visor como las barreras para que el operario puede ver a través de ella. Un ejemplo de pantalla móvil es el siguiente,

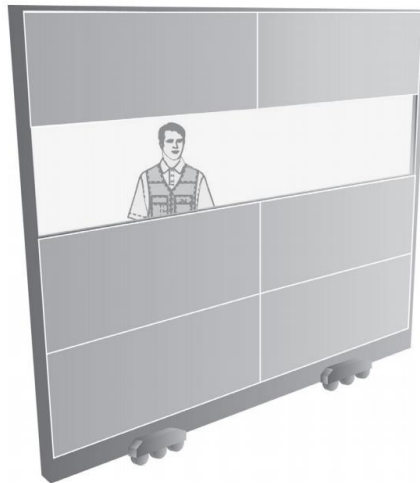


Ilustración 18. Representación de la pantalla fonoabsorbente móvil / Fuente: <https://www.inasel.com/images/pdfs/INAWALL.pdf> (INASEL, INAWALL, 2020)

11.2.2.2 Modo de colocación en la empresa

La colocación de estas pantallas sería del mismo modo que las barreras antes mencionadas, con el aspecto positivo de que estas podrían moverse al requerimiento del operario.

11.2.3 Empresas consultadas

Las empresas consultadas y que son las principales candidatas para ofrecer una solución a la empresa son,

- AUDIOTEC
- INASEL Tecnología Acústica

12.VIGILANCIA DE LA SALUD

12.1 Lesiones laborales producidas por el ruido

El ruido es un riesgo al que se expone el operario, que no exclusivamente produce daños en la capacidad auditiva, sino que, puede ocasionar distintos tipos de lesiones,

A. FISIOLÓGICAS

- a. **Pérdida de audición:** es provocada por la exposición a ruidos excesivos, pero sus efectos pueden ser diversos; desde una pérdida repentina por una exposición breve a ruidos de impacto, como, por ejemplo, el ruido de una pistola de clavos, que puede producir el llamado trauma acústico, causando una perforación en el tímpano e incluso la desarticulación de los huesecillos del oído medio; hasta una sordera temporal donde el umbral de audición se cambia de forma pasajera debido a una exposición breve a un ruido intenso pero no de impacto; y por último, una sordera permanente en la cual, la persona está expuesta de forma repetida a un ruido excesivo.
- b. **Acúfenos:** también llamados “tinnitus”, se describen como sensaciones de timbre o zumbido en uno o ambos oídos donde estas sensaciones, no son provocadas por fuentes externas de sonido. Son un problema que puede afectar a la población en general, pero sobre todo a las personas que están expuestas a fuentes elevadas de ruido. Si el ruido es de impulso, agrava más la posibilidad de padecerlos. Los acúfenos pueden ser el primer indicio de que el ruido está dañando el oído.
- c. **Efectos sobre el sistema circulatorio:** el principal problema que surge sobre este sistema es que el diámetro de los vasos sanguíneos se reduce, efecto llamado vasoconstricción, provocando un aumento de la presión sanguínea y dando lugar a la aparición de hipertensión arterial sistémica y enfermedades cardiovasculares. También se producen aumentos en la frecuencia cardíaca haciendo que el corazón lata más fuerte y rápido, generando taquicardia en el individuo.
- d. **Efectos sobre el sistema gastrointestinal:** se reducen las actividades de los órganos digestivos debido a una reducción de secreción gástrica y de saliva.
- e. **Otros efectos:** también se producen trastornos del sueño, la tensión muscular aumenta, hay mayor irritabilidad, fatiga psíquica...

- B. PSICOLÓGICAS: este tipo de lesiones genera efectos negativos en el trabajador, provocando un trastorno en su comportamiento ya que puede aumentar su agresividad, puede causarle ansiedad, que se encuentre más distraído teniendo menor capacidad de concentración e incluso que tenga pérdidas de memoria inmediata. Estos efectos a su vez pueden provocar accidentes que generan otras lesiones.²⁰

HIPOACUSIA

Cabe mencionar la hipoacusia debido a que es una de las enfermedades profesionales auditivas más comunes; esta consiste en lesiones en las células ciliadas de la cóclea, que forman parte del oído interno, que provocan un efecto irreversible de pérdida de audición. Es la enfermedad profesional más frecuente en Europa, representando la tercera parte de las enfermedades de origen laboral.

El principal problema de esta enfermedad es que es un proceso gradual e indoloro y la persona empieza a ser consciente de tenerla cuando afecta a las frecuencias que se generan en una conversación. Las primeras frecuencias de sonido que se pierden son las correspondientes a los ruidos agudos de 4000 Hz y posteriormente se va extendiendo a otras frecuencias.

La hipoacusia puede afectar a todos los ámbitos laborales, sobre todo a los trabajos expuestos a altos niveles de ruido; pero en mayor medida esta enfermedad puede afectar a sectores como la metalurgia, donde se fabrican productos de hierro, acero y ferroaleaciones, en sí, a los fabricantes de productos metálicos; también los fabricantes de materiales para el transporte; la industria del papel, y por último las empresas que fabrican maquinaria y equipos para otras empresas.²¹

²⁰ Información obtenida de (CSIF, 2019) y de distintas webs:
<https://osha.europa.eu/es/publications/factsheets/57> (OSHA, 2005)
<http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/revision1.pdf> (SCIELO, 2010)

²¹ Obtenido de la web:
<https://www.asepal.es/enfermedades-profesionales-mas-frecuentes-iv-hipoacusia> (ASEPAL, 2017)

13.CONCLUSIONES

Después de haber analizado la situación de la empresa, de ver cómo el ruido es un problema de seguridad e higiene propio de su sector, que se encuentra muy presente en casi todas las líneas de producción; también de observar qué efectos puede ocasionar, además de la sordera clásica y tras haber buscado una serie de soluciones que pudieran reducir dicho riesgo para la salud del trabajador; se puede establecer en definitiva, que para poder paliarlo con las medidas propuestas, guiadas por las directrices que concretó la empresa, como que las acciones correctoras debían ser técnicas y no podían ser sobre la fuente emisora, se concluye que dichas soluciones deben ser conjuntas, es decir, se deben utilizar más de una, alternando entre aquellas que provocan la absorción acústica y la utilización de pantallas o barreras.

Esto es necesario, porque la empresa presenta naves industriales de gran volumen y las soluciones que se interponen en la propagación del ruido, por sí solas utilizadas de manera individual, no llegan a conseguir una reducción del mismo con una cantidad de decibelios elevada, por lo que, si se utilizan los baffles acústicos colocados en los techos, junto con los paneles absorbentes puestos en las paredes y a su vez, existen pantallas fonoabsorbentes o barreras acústicas que aíslen los lugares más ruidosos, la efectividad de dicha reducción se vería incrementada y sería óptima.

En conclusión, el problema de la empresa ArcelorMittal Sagunto que busca soluciones hacia la transición de medidas colectivas, se lograría aunando las alternativas propuestas y descritas anteriormente.

14. BIBLIOGRAFÍA

- ArcelorMittal Sagunto . (2011). *Evaluación de Riesgos – Op. Pote.*
- ArcelorMittal Sagunto . (2014). *Evaluación de Riesgos – Op. Entrada, Cuchillas Circulares y Soldadora.*
- ArcelorMittal Sagunto . (2015). *Evaluación de Riesgos – Op. Primer Laminador.*
- ArcelorMittal Sagunto . (2015). *Evaluación de Ruido Línea 72 - Op. Entrada, Cuchillas Circulares y Soldadora .*
- ArcelorMittal Sagunto . (2020). *Catálogo de EPI's AMS.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2009). *Manual de Procesos.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2011). *Informe Tareas Op. Pote.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2012). *Organigrama.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2013,2020). *Evaluación de Ruido Galvanizado - Op. Pote.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2014). *Informe Tareas Op. Entrada, Cuchillas Circulares y Soldadora.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2014, 2019). *Evaluación de Ruido Decapado - Op. Soldadora.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2015). *Informe Tareas Op. Primer Laminador.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2015,2019). *Evaluación de Ruido Tándem - Op. Primer Laminador.*
- ArcelorMittal Sagunto. (2018). *Evaluación de Riesgos – Op. Soldadora .*
- ArcelorMittal Sagunto. (2018). *Informe Tareas Op. Soldadora.*
- ASEPAL. (2017). *Enfermedades profesionales más frecuentes.* Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de <https://www.asepal.es/enfermedades-profesionales-mas-frecuentes-iv-hipoacusia>
- AUDIOTEC. (2020). *Baffles acústicos: serie AATEC.* Recuperado el 8 de Julio de 2020, de <https://www.audiotec.es/productos/acondicionamiento-acustico/baffles-acusticos/#1518877361640-6b16d045-ab4b9060-bea18604-f08c>
- AUDIOTEC. (2020). *Panel acústico metálico.* Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://www.audiotec.es/productos/pantallas-acusticas-y-barreras-antirruído/panel-acustico-metalico/>
- Boletín Oficial del Estado. (1995). *Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.*
- Boletín Oficial del Estado. (2006). *Real Decreto 286/2006.* Recuperado el 26 de Mayo de 2020, de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-4414-consolidado.pdf>
- Boletín Oficial del Estado. (2006). *Real Decreto 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.*
- Català, J. (1979). *Física.* Madrid.

- COMAUDI INDUSTRIAL. (2020). *Fibra de vidrio recubierta*. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de <https://www.comaudi-industrial.com/productos/materiales-acusticos/paneles-acusticos-absorcion/fibra-de-vidrio-acusorb-7/>
- CSIF. (2019). *Curso Básico de Prevención de Riesgos Laborales*.
- dBplus. (2020). *Paneles acústicos para la industria*. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de <https://www.dbplusacoustics.com/ruido-industrial-absorcion-acustica/>
- Giménez, C. V. (2012). *NTP: 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización*. Instituto Nacional Seguridad Higiene Trabajo.
- Google, S. (2016). *Anatomía del Sistema Nervioso y de los sentidos*. Recuperado el 4 de Mayo de 2020, de <https://sites.google.com/site/sitiowebdeanatomia2016/unidad-x-los-sentidos>
- ia2. (2014). *Coeficiente de absorción acústica*. Recuperado el 6 de Julio de 2020, de <http://www.ia2.es/un-coeficiente-de-absorcion-acustica-mayor-que-la-unidad/>
- INASEL. (2020). *INABAF i*. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de https://www.inasel.com/images/pdfs/INABAF_i.pdf
- INASEL. (2020). *INAWALL*. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://www.inasel.com/images/pdfs/INAWALL.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2006). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido*.
- ISOVER. (2018). *Acústica para aplicaciones industriales*. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de <https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/acustica-aplicaciones-industriales-isover.pdf>
- OSHA. (2005). *Los efectos del ruido en el trabajo*. Recuperado el 6 de Junio de 2020, de <https://osha.europa.eu/es/publications/factsheets/57>
- ROCKFON. (2020). *Rockfon Industrial Baffle*. Recuperado el 8 de Julio de 2020, de https://cdn01.rockfon.es/siteassets/commerce/es/tiles/documents/fichas-tecnicas-paneles/es-tile-datasheet-rockfon-industrial-baffle_d_02_20202.pdf?f=20200402215431
- ROCKFON. (2020). *Rockfon System VertiQ HAT A Wall*. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de <https://www.rockfon.co.uk/products/rockfon-system-vertiq-hat-a-wall/?selectedCat=system%20descriptions>
- ROCKFON. (2020). *Rockfon VertiQ*. Recuperado el 9 de Julio de 2020, de https://cdn01.rockfon.es/siteassets/commerce/es/tiles/documents/fichas-tecnicas-paneles/es-tile-datasheet-rockfon-vertiq_d_01_2018.pdf?f=20191217191430
- Ruiz-Bazán, J. G., & Luna Mendaza, P. (2012). *NTP: 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición*. Instituto Nacional Seguridad Higiene Trabajo.
- Ruiz-Bazán, J. G., & Luna Mendaza, P. (2012). *NTP: 951. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. Instituto Nacional Seguridad Higiene Trabajo.

Ruiz-Bazán, J. G., & Luna Mendaza, P. (2012). NTP: 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación. Instituto Nacional Seguridad Higiene Trabajo.

SCIELO. (2010). *El ruido como riesgo laboral*. Recuperado el 7 de Mayo de 2020, de <http://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/revision1.pdf>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación de a) sonido musical, b) sonido armónico y c) ruido / Fuente: (Català, 1979)

Ilustración 2. Partes del oído / Fuente:

<https://sites.google.com/site/sitiowebdeanatomia2016/unidad-x-los-sentidos> (Google, 2016)

Ilustración 3. Representación de la cóclea / Fuente: (Català, 1979)

Ilustración 4. Organigrama general / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

Ilustración 5. Organigrama de producción / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

Ilustración 6. Organigrama de seguridad y salud / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2012)

Ilustración 7. Diagrama de flujo de los procesos de producción / Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Representación Laminación Tándem / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

Ilustración 9. Esquema Línea Galvanizado / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

Ilustración 10. Zonas Área Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

Ilustración 11. Representación del fenómeno de la absorción acústica / Fuente:

<http://www.ia2.es/un-coeficiente-de-absorcion-acustica-mayor-que-la-unidad/> (iA2, 2014)

Ilustración 12. Representación baffle rectangular vertical / Fuente:

https://www.inasel.com/images/pdfs/INABAF_i.pdf (INASEL, INABAF i, 2020)

Ilustración 13. Puente grúa en la línea de decapado / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

Ilustración 14. Baffles acústicos instalados en una empresa / Fuente:

<https://www.audiotec.es/productos/acondicionamiento-acustico/baffles-acusticos/> (AUDIOTEC, Baffles acústicos: serie AATEC, 2020)

Ilustración 15. Conjunto de paneles absorbentes / Fuente:

<https://www.rockfon.co.uk/products/rockfon-system-vertiq-hat-a-wall/?selectedCat=system%20descriptions> (ROCKFON, Rockfon System VertiQ HAT A Wall, 2020)

Ilustración 16. Ejemplo de la línea de Decapado donde la pared es de chapa / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2009)

Ilustración 17. Barrera acústica con posibilidad de visión / Fuente:

<https://www.audiotec.es/productos/pantallas-acusticas-y-barreras-antirruído/panel-acustico-metalico/> (AUDIOTEC, Panel acústico metálico, 2020)

Ilustración 18. Representación de la pantalla fonoabsorbente móvil / Fuente:

<https://www.inasel.com/images/pdfs/INAWALL.pdf> (INASEL, INAWALL, 2020)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riesgos identificados en los puestos de trabajo / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2018), (ArcelorMittal Sagunto , 2015), (ArcelorMittal Sagunto , 2011), (ArcelorMittal Sagunto , 2014) y Elaboración propia

Tabla 2. Comparativa Op. Soldadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2014, 2019)

Tabla 3. Atenuación EPI's Op. Soldadora / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Decapado Op. Soldadora (2014)

Tabla 4. Distribución de tiempos Op. Primer Laminador / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2015,2019)

Tabla 5. Comparativa Op. Primer Laminador / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2015,2019)

Tabla 6. Atenuación EPI's Op. Primer Laminador / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Tándem Op. Primer Laminador (2015)

Tabla 7. Distribución de tiempos Op. Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2013,2020)

Tabla 8. Comparativa Op. Pote / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto, 2013,2020)

Tabla 9. Atenuación EPI's Op. Pote / Fuente: ArcelorMittal Sagunto - Evaluación de Ruido Galvanizado Op. Pote (2013)

Tabla 10. Mediciones de referencia Op. Línea Acabadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2015)

Tabla 11. Atenuación EPI's Op. Línea Acabadora / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2015)

Tabla 12. EPI's utilizados en ArcelorMittal Sagunto / Fuente: (ArcelorMittal Sagunto , 2020)

ANEXO 1

DEFINICIONES

En el anexo 1 del Real Decreto 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 se muestran los parámetros físicos que se utilizan para realizar una evaluación del riesgo de ruido. Estas definiciones son las siguientes,

1. **“Nivel de presión acústica, L_p ”**: Este nivel de presión acústica es una medida de la cantidad de energía asociada al ruido
2. **“Nivel de presión acústica ponderado A, L_{pA} ”**: Se hace mediante la ponderación A, debido a que, si se incorpora este factor de ponderación al instrumento con el que se mide, mediante un circuito electrónico capaz de modificar la señal captada por el micrófono, la forma de captar es como si lo hiciera un oído humano.
3. **“Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$ ”**: Este nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A es el que tendría un ruido continuo que en el mismo tiempo de exposición transmitiera la misma energía que el ruido variable considerado.
4. **“Nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,d}$ ”**: *Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.”*
5. **“Nivel de exposición semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$ ”**
6. **“Nivel de pico, L_{pico} ”**: Se calcula el nivel pico en el caso de ruidos con impactos muy diferenciados como martillazos o disparos y se necesita de la escala de ponderación C.
7. **“Ruido estable”**: *Aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimo de L_{pA} , medido utilizando las características «SLOW» de acuerdo con la norma UNE-EN 60651:1996, es inferior a 5 dB.”*

DISPOSICIONES ENCAMINADAS A EVITAR O REDUCIR LA EXPOSICIÓN

El Real Decreto 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 ofrece una serie de disposiciones para evitar o reducir dicha exposición. Son las siguientes,

Eliminación o reducción

Se deberán eliminar los riesgos que se derivan de la exposición al ruido en su origen o reducirlos al nivel más bajo posible. Para ello se seguirán los principios de prevención de la LPRL y además se tendrá en cuenta para reducir esa exposición:

- Equipos de trabajo adecuados y otros métodos de trabajo
- La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo
- La adecuada información y formación a los trabajadores para utilizar correctamente los equipos
- La reducción técnica del ruido, reduciendo el ruido aéreo y el transmitido por cuerpos sólidos
- Programas adecuados de mantenimiento
- La reducción del ruido mediante la organización, limitando la duración e intensidad de la exposición y ordenando correctamente el tiempo de trabajo

Medidas técnicas y/o organizativas

Si se sobrepasan los valores superiores de exposición al ruido que dan lugar a una acción, la obligación del empresario es de establecer un programa de medidas técnicas y/o organizativas integrado en la prevención de la empresa.

Señalización

Cuando se sobrepasan los valores superiores de exposición al ruido que dan lugar a una acción, es necesario, en los lugares de trabajo donde ocurra, señalar apropiadamente que se están sobrepasando, además de, en caso necesario, delimitar dichos lugares y limitar su acceso.



Locales de descanso

En los locales de descanso de los trabajadores, el nivel de ruido en ellos deberá ser concordante con la finalidad de y condiciones de uso del local.

Trabajadores sensibles

Las medidas en este real decreto serán adaptadas a los trabajadores más sensibles.

VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN

A efectos del Real Decreto 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, los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción, en relación con los niveles de exposición diaria y niveles de pico, son:

- a) “Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$ ”
- b) “Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$ ”
- c) “Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$ ”

Para determinar la exposición real al ruido por parte del trabajador, si se aplican los valores límites de exposición, se tendrá en cuenta la atenuación que los protectores auditivos individuales provocan, pero si se utilizan los valores de exposición que dan lugar a una acción, no se tiene en cuenta. Además, si la exposición diaria al ruido varía demasiado de una jornada laboral a otra, se puede utilizar para la evaluación, el nivel de exposición semanal al ruido en vez cualquiera de los valores anteriores, siempre que ese valor semanal no supere los 87 db(A) y se adopten medidas para reducir el riesgo.

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

Según el Real Decreto 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, al evaluar los riesgos, el empresario tiene que atender a:

- a) Nivel, tipo y duración de la exposición al ruido, incluyendo los ruidos de impulsos
- b) Equipos de sustitución que reduzcan la emisión de ruido
- c) Valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción
- d) Efectos que inciden en la salud de los trabajadores provocados por la exposición simultánea al ruido y sustancias ototóxicas y vibraciones
- e) Efectos indirectos que inciden en la salud de los trabajadores provocados por la interacción entre el ruido y sonidos para reducir el riesgo de accidentes
- f) Información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo
- g) Efectos sobre la salud de los trabajadores especialmente sensibles
- h) Prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo
- i) Información sobre la vigilancia de la salud
- j) Existencia de protectores auditivos con la atenuación adecuada

MEDICIÓN DEL RUIDO

De acuerdo con el anexo II del Real Decreto 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 en la medición del ruido se tendrá en cuenta que:

- *“Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado y si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia”*
- *“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. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse por:
 - a) *Suponer que se supera dicho límite o nivel*
 - b) *Incrementar el número de las mediciones y/o su duración (llegando a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.”**
- *“Las incertidumbres de medición se determinarán de conformidad con la práctica metrológica”*

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONDICIONES DE APLICACIÓN

Así mismo, el anexo III del Real Decreto 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, indica con qué instrumentos y las normas a las que deben ajustarse.

Para la medición del nivel de exposición diaria equivalente $L_{Aeq,d}$, se podrán utilizar,

- Sonómetros: solo pueden medir ruido del tipo estable y la medición del aparato muestra el nivel de presión acústica ponderado A (L_{pA}). La lectura promedio del sonómetro se considera igual al Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) y el nivel de exposición diaria equivalente $L_{Aeq,d}$ se calcula mediante unas expresiones. La norma a la que se ajusta es la UNE-EN 60651:1996 como mínimo a las especificaciones de los instrumentos de clase 2.
- Sonómetros integradores-promediadores: miden cualquier tipo de ruido y la medición del aparato muestra el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$). El $L_{Aeq,d}$ se calcula con las mismas expresiones antes nombradas. La norma a la que están sujetos es la UNE-EN 60804:1996 como mínimo también para las especificaciones de instrumentos de clase 2.
- Dosímetros: miden cualquier tipo de ruido y la medición del aparato muestra el nivel de exposición diaria equivalente $L_{Aeq,d}$. La norma a la que se ajustan es la UNE-EN 61252:1998.

Para la medición del nivel de pico L_{pico} , se podrán utilizar sonómetros que contengan circuitos adecuados para dicha medida de valores pico. Deberán tener una constante de tiempo en el ascenso igual o inferior a 100 microsegundos o ajustarse a la norma UNE-EN 61672:2005.

PROTECCIÓN INDIVIDUAL

De no haber otros medios para prevenir los riesgos asociados a la exposición al ruido, el Real Decreto 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, en su artículo 7, dice que se entregará a los trabajadores protectores auditivos individuales cuando el nivel de ruido sea superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y si mientras se ejecutan medidas técnicas y/o organizativas, se superan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

El empresario deberá hacer cuanto está en su mano para que se utilicen estos protectores auditivos.

LIMITACIÓN DE EXPOSICIÓN

Tal como establece el Real Decreto 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, los valores límite de exposición no se superarán y en el caso de que a pesar de las medidas adoptadas, se superen, el empresario deberá tomar nuevas medidas y corregir las anteriores para que no se vuelva a producir la incidencia, conocer las razones de la superación de los valores límite e informar a los delegados de prevención.

INFORMACIÓN, FORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

En el Real Decreto 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 se muestra toda la información y formación que reciben los trabajadores o sus representantes en caso de que los niveles de ruido sean iguales o superiores a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

- a) *“La naturaleza de los riesgos”*
- b) *“Las medidas tomadas para eliminar o reducir los riesgos provocados por el ruido”*
- c) *“Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción”*
- d) *“Los resultados de las evaluación y mediciones del ruido”*
- e) *“El uso, mantenimiento correcto y atenuación de los protectores auditivos”*
- f) *“La forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva”*
- g) *“Cuándo los trabajadores tienen derecho a vigilancia de su salud”*
- h) *“La realización de trabajo de forma que se reduzca al mínimo la exposición al ruido”*

Además de la obligación del empresario de consultar a los trabajadores y permitir su participación y elaboración de propuestas de prevención de riesgos laborales.

VIGILANCIA DE LA SALUD

El empresario está obligado en base al artículo 11 del Real Decreto 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 a realizar una vigilancia de la salud de los trabajadores cuando en la evaluación de riesgos se constata la existencia de un riesgo por la exposición al ruido.

Dicha vigilancia se concreta en un control audiométrico del trabajador que se incluirá en su historial clínico laboral y que será realizado cada 3 años si se superan los valores superiores que dan lugar a una acción y cada 5 años si se sobrepasan los inferiores. En el caso de los inferiores, se garantizará el control audiométrico si se indica que existe riesgo para la salud.

En caso de detección de una lesión auditiva será el médico responsable de la vigilancia de la salud quien decida si es consecuencia de la exposición al ruido en el trabajo; en ese caso el empresario revisará la evaluación y las medidas del riesgo y teniendo en cuenta la opinión del médico, establecerá una vigilancia sistemática de la salud de los trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. Características técnicas de las medidas propuestas.....	67
1.1 Introducción	67
1.2 Baffles Acústicos	67
1.2.1 Embalaje	68
1.2.2 Documentación necesaria	68
1.3 Paneles absorbentes acústicos	68
1.3.1 Embalaje	69
1.3.2 Documentación necesaria	69
1.4 Barrera y pantallas.....	69
1.4.1 Barrera acústica	69
1.4.1.1 Embalaje.....	70
1.4.1.2 Documentación necesaria.....	70
1.4.2 Pantalla acústica móvil	70
1.4.2.1 Embalaje.....	71
1.4.2.2 Documentación necesaria.....	71
2. Aspectos legales	71

PLIEGO DE CONDICIONES

1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

1.1 Introducción

La elaboración de este tipo de pliego de condiciones y del posterior justificante de presupuesto y no de un presupuesto y un pliego completo es debido a la situación actual que se está viviendo en todo el mundo de pandemia, es por ello, por lo que la empresa ArcelorMittal Sagunto en un principio tenía la intención de ayudar con cualquier información necesaria para completar este trabajo y de implementar las soluciones que se propusieran en él como medidas colectivas pero con la llegada de esta crisis, empezaron a surgir problemas en ella de carácter económico que provocó un cambio de prioridades y tener que postponer la iniciativa de atenuación de ruido colectiva para solucionar su economía.

Empezaron a centrarse en ello y acabaron por dejar de contactar y ofrecer ayuda para la elaboración de este trabajo. Entonces, este pliego consistirá en describir las características necesarias que deberían tener las soluciones propuestas para que tengan una atenuación y adecuación correcta en ArcelorMittal Sagunto y el presupuesto, en un justificante donde se expondrán los precios unitarios de las diferentes soluciones, aparte de información económica complementaria en el caso de algunas, ofrecidos por las empresas cuando se contactó con ellas.

El presupuesto se calculará para la nave de Decapado, ya que era la única con la que se contaba con medidas generales de largo, ancho y alto y, además, se trata de la nave más larga, por lo que, dicho presupuesto serviría a ArcelorMittal Sagunto para ver cuál es el máximo que invertirían en un nave si decidieran implementar las medidas colectivas.

1.2 Baffles Acústicos

Las características de las dimensiones de los baffles más adecuadas debido al volumen de las naves de la empresa serían de 1200 mm de largo, 600 mm de ancho y 50 mm de espesor para una obtener una correcta atenuación. También, habría que tener en cuenta el peso de estos, debido a que no tiene que ser demasiado elevado, entre los 3 y 4 kg por unidad.

La atenuación antes nombrada debería ser elevada con un adecuado coeficiente de absorción para sonidos de altas y medias frecuencias, es decir, entre los 500 y 4000 Hz, ya que la empresa presenta ruidos entre estos intervalos.

Además, dentro de los aislantes que hay en el mercado, los mejores y necesarios para formar dichos baffles serían de lana de roca y las estructura que los recubre, al tratarse de un entorno industrial debería ser metálica, de un material como el acero galvanizado para el marco y velo mineral para el panel del baffle.

Debido a que ArcelorMittal Sagunto no presenta techos horizontales, sería adecuado utilizar una estructura auxiliar de la cual se descolgasen los baffles para que su efectividad sea óptima.

Los baffles se colocarían de forma perpendicular al largo de la nave ayudados de la estructura auxiliar.

1.2.1 Embalaje

Los baffles deberían estar embalados en cajas con una cantidad de baffles por caja no muy alta debido al peso de los baffles y con una protección entre ellos para evitar daños al producto. A parte, dichos baffles se guardarían hasta su instalación en el almacén más cercano a la nave donde se vayan a colocar.

1.2.2 Documentación necesaria

La documentación que se debería otorgar junto con los baffles serían certificados según las diferentes normas de características como las siguientes,

- **Reacción al fuego:** los baffles deberían ser como mínimo del grupo A2-s1,d0, es decir, productos con poder calorífico muy limitado, de escasa y lenta opacidad y no productores de gotas inflamadas según la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010.
- **Resistencia a la corrosión y seguridad contra fallos:** deberían ser de clase B según la norma EN-13964:2014.
- **Resistencia a la humedad:** los baffles deberían resistir una humedad relativa permanente en el ambiente elevada. Además de que no deberían oscilar, ni combarse o laminarse según la norma UNE-EN ISO 4611:2011

Además, tendrían que ser respetuosos con el medio ambiente e higiénicos, siendo esto posible si el aislante, antes nombrado, es de lana de roca, ya que este es reciclable y no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos.

Por último, sería recomendable que fueran fáciles de limpiar y mantener mediante el uso de un paño o con un aspirador.

1.3 Paneles absorbentes acústicos

Al tratarse de una empresa con naves de gran altura, lo más conveniente es que la altura de los paneles absorbentes también sea elevada, es por ello, por lo que, según lo visto en el mercado, deberían ser de unos 2700 mm de largo, 1200 mm de ancho y 40 mm de espesor como mínimo para atenuar correctamente.

El peso no debería ser demasiado elevado para que no ocasionen ningún inconveniente en la empresa cuando se encuentren colocados en la pared, por lo que según las características comunes de estos en la industria deberían ser entre los 5 y 6 kg por m² de panel.

En cuanto a los materiales aislantes, como se ha mencionado en el apartado anterior, los mejores son de lana de roca. Para la cara visible del panel debería tener un revestimiento con un tejido que fuese duradero y para la cara posterior, sobraría con un contravelo.

Para instalar los paneles absorbentes en las paredes de ArcelorMittal Sagunto, deberían estar sujetos mediante una estructura portante hecha de perfiles metálicos, que permita una unión de estos perfecta, sin la existencia de huecos, para la posible formación de un conjunto mural que se extienda por toda la superficie.

La atenuación de estos debe ser como las características necesarias para los baffles acústicos, es decir, con un adecuado coeficiente de absorción para sonidos de altas y medias frecuencias, entre los 500 y 4000 Hz, ya que la empresa presenta ruidos entre estos intervalos.

1.3.1 Embalaje

Como los baffles, deberían ir embalados en cajas, pero con una cantidad por caja de paneles no muy elevada, debido al peso y tamaño de estos. Estos paneles serían guardados en el almacén mas cercano a la nave a instalar.

1.3.2 Documentación necesaria

Junto a los paneles absorbentes debería haber certificados de sus características más importantes, entre las que deberían encontrarse necesarias para la empresa,

- **Reacción al fuego:** deberían presentar una reacción al fuego del tipo A2-s1,d0, es decir, productos con poder calorífico muy limitado, de escasa y lenta opacidad y que no producen gotas inflamadas según la norma UNE-EN 13501-1.
- **Resistencia a la humedad:** los paneles, al igual que los baffles, deberían resistir una humedad relativa permanente en el ambiente elevada. Además de que no deberían oscilar, ni combarse o laminarse según la norma UNE-EN ISO 4611:2011.

Tendrían que ser respetuosos con el medio ambiente e higiénicos gracias a la lana de roca ya que como se ha dicho en el apartado anterior, es reciclable y no promueve la proliferación de microorganismos. Además, también tendrían que ser fáciles de limpiar y mantener mediante el uso por ejemplo de un paño o un aspirador.

Por último, es importante que sean resistentes a los impactos para evitar cualquier incidencia en el correcto funcionamiento de los paneles debido a cualquier golpe que se les pueda dar.

1.4 Barrera y pantallas

1.4.1 Barrera acústica

La barrera acústica debe ser lo suficientemente elevada para que sobrepase la altura de una persona media, por lo que, después de haber analizado el mercado, lo más común y adecuado para ArcelorMittal Sagunto sería una barrera de 2200 mm de largo, es decir, el alto de la barrera, 1000 mm de ancho y 100 mm de espesor para que atenúe y aisle correctamente.

El aislante debe ser eficaz, por lo que estaría formado por un conjunto de membranas y materiales que asilen y absorban el sonido. Tanto la estructura que porte los paneles como los propios paneles deberían ser de metal, en concreto, lo más conveniente es acero galvanizado para la cara exterior e interior de la barrera.

La estructura de la barrera de forma estándar sería con placas de anclaje para sujetar la estructura portante del panel y el propio panel al suelo y perfiles de remate como sujeción perimétrica.

La barrera que se instalaría en ArcelorMittal Sagunto, debería ser una barrera mixta, es decir, el panel superior de dicha barrera estaría fabricado con metacrilato para poder dar visibilidad de los procesos y además se incluirían vías de acceso cada ciertos metros, como puertas, para entrar a las máquinas cuando sea necesario.

La atenuación de las barreras debe ser como las características necesarias para las anteriores soluciones, es decir, con un adecuado coeficiente de absorción para sonidos de altas y medias frecuencias, entre los 500 y 4000 Hz, ya que la empresa presenta ruidos entre estos intervalos. Puede ser que, para las frecuencias muy elevadas, el coeficiente de absorción disminuya al tratarse de barreras metálicas mixtas.

1.4.1.1 Embalaje

Tanto los paneles que forman la barrera, como la estructura que los porta, los anclajes y los perfiles perimétricos estarían embalados en cajas, cada uno con su tipo de producto, y, además, irían envueltos en una protección como, por ejemplo, plástico de burbujas. También se incluirían en cajas y con protección, las puertas de acceso y los paneles de metacrilato, estando estos últimos más protegidos debido a su fragilidad. Todos estos elementos se guardarían como las demás soluciones, en el almacén más próximo a la nave para el fácil acceso a ellos en el momento de la instalación de las medidas.

1.4.1.2 Documentación necesaria

Las barreras acústicas deberían tener estas características con sus certificados acompañantes,

- **Aislamiento:** clasificado como mínimo con la categoría B3 según la norma UNE-EN 10140-2:2011.
- **Absorción:** clasificada como mínimo con la categoría A4 según la norma UNE-EN 10140-1:2011.

Deben ser respetuosas con el medio ambiente y ser fáciles de limpiar y mantener mediante el uso de un paño o un elemento práctico, además de ser ignífugas.

1.4.2 Pantalla acústica móvil

Las dimensiones de la pantalla acústica móvil tras haber consultado el mercado han de ser de gran tamaño para tener efectividad en la empresa, ya que son estas son móviles, siendo de 3000 mm de largo, es decir, de altura, 2000 mm de ancho y 200 mm de espesor para absorber correctamente.

La estructura que formaría la pantalla ha de ser metálica con un revestimiento fonoabsorbente a modo de material aislante.

Dichas pantallas se llaman móviles, debido a que en su parte inferior deberían presentar ruedas de fácil manipulación con frenos de seguridad por si ocurriera alguna incidencia, además de incluir un visor acústico de metacrilato a la altura de los ojos para permitir observar a través de ella.

La atenuación de las barreras debe ser como las características necesarias para las anteriores soluciones, es decir, con un adecuado coeficiente de absorción para sonidos de altas y medias frecuencias, entre los 500 y 4000 Hz, ya que la empresa presenta ruidos entre estos intervalos. Puede ser que, para las frecuencias muy elevadas, el coeficiente de absorción disminuya al tratarse de pantallas mixtas como ocurre con las barreras anteriores.

1.4.2.1 Embalaje

El embalaje también consiste en cajas de las dimensiones de los elementos que forman la pantalla y estos se guardarían en el almacén más próximo a la nave donde colocarían las pantallas para tener acceso a ellas de manera fácil.

1.4.2.2 Documentación necesaria

La documentación que se debería otorgar junto con las pantallas serían certificados según las diferentes normas de características como las siguientes,

- **Resistencia al fuego:** deberían presentar una reacción al fuego como mínimo del tipo A2-s1,d0, es decir, productos con poder calorífico muy limitado, de escasa y lenta opacidad y que no producen gotas inflamadas según la norma UNE-EN 13501-1 siendo lo más adecuado, que sean totalmente ignífugas.
- **Aislamiento:** deberían tener un aislamiento clasificado como mínimo con la categoría B3 según la norma UNE-EN 10140-2:2011.
- **Absorción:** la absorción de las pantallas debería ser clasificada como mínimo con la categoría A4 según la norma UNE-EN 10140-1:2011.

Además, deberían ser imputriscentes, tener gran durabilidad y una alta movilidad debido a su capacidad de movimiento con sus ruedas.

2. ASPECTOS LEGALES

La legislación aplicable al pliego de condiciones es la siguiente,

- **Real Decreto 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.
- **UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010**, de Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.
- **UNE-EN 13964:2014**, de Techos suspendidos. Requisitos y métodos de ensayo.
- **UNE-EN ISO 4611:2011**, de Plásticos. Determinación de los efectos de la exposición a calor húmedo, pulverización de agua y niebla salina.
- **UNE-EN 10140-2:2011**, de Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo. (ISO 10140-2:2010).
- **UNE-EN 10140-1:2011**, de Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. (ISO 10140-1:2010)

ÍNDICE JUSTIFICANTE DE PRESUPUESTO

1. Baffles acústicos.....	73
1.1 Rockfon	73
2. Paneles absorbentes	73
2.1 Rockfon	73
3. Barrera acústica metálica	74
3.1 Audiotec.....	74
4. Pantalla fonoabsorbente manual móvil	74
4.1 Inasel Tecnología Acústica.....	74

JUSTIFICANTE DE PRESUPUESTO

1. BAFLES ACÚSTICOS

1.1 Rockfon

Descripción del producto	Dimensiones (mm)	Unidades	Precio	Importe (€)
Rockfon Industrial Baffle	1200× 600 × 50	3240	42€/ud	136080
Perfil primario T24 3600	3600	4875 m ²	12€/m ²	58500
Perfil secundario T24 1200	1200			
Cuelgues rápidos	-			
Estructura auxiliar	5000			
Andamios en cremallera	-			
			IVA (21%)	59289,3
			TOTAL	341619,3

Los cálculos de las unidades se encuentran en el Anexo 1.

2. PANELES ABSORBENTES

2.1 Rockfon

Descripción del producto	Dimensiones (mm)	Unidades	Precio	Importe (€)
Panel VertiQ A24	2700× 1200 × 40	2624,4 m ²	110€/m ²	288684
Perfil perimétrico con canal en J	-	664,2 ml	2,5€/ml	1660,5
Perfiles T24	-	2178,9 ml	0,65€/ml	1416,285
Abrazaderas de fijación en T	-	3234	0,9€/ud	2910,6
Abrazaderas portantes	-			
			IVA (21%)	61881
			TOTAL	356552,385
			TOTAL (2 paredes)	713104,77

Los cálculos de las unidades se encuentran en el Anexo 1.

3. BARRERA ACÚSTICA METÁLICA

3.1 Audiotec

Descripción del producto	Dimensiones (mm)	Precio unitario
Barrera acústica serie AATEC	1000 × 2200 × 100	220€/m ²

El IVA no está incluido en el precio unitario.

4. PANTALLA FONOABSORBENTE MANUAL MÓVIL

4.1 Inasel Tecnología Acústica

Descripción del producto	Dimensiones (mm)	Precio unitario
Pantalla INAWALL	2000 × 3000 × 200	1624,14€/ud

El IVA no está incluido en el precio unitario.

ANEXO 1

Rockfon Industrial Baffle

La empresa elegida para implementar las soluciones de los baffles es ROCKFON.

Cada baffle mide 1200 × 600 × 50 (mm).

Para instalar dichos baffles es necesario lo siguiente,

Descripción del producto	Longitud (m)	Precio (€/m ²)
Perfil primario T24 3600	3,6	12
Perfil secundario T24 1200	1,2	
Cuelgues rápidos	-	
Estructura auxiliar	5	16
Andamios en cremallera	-	2
		TOTAL → 30

La estructura auxiliar hace la función de segundo techo para conseguir mayor efectividad de los baffles. De ella se descolgarán los perfiles primarios y secundarios donde irán sujetos los baffles.

Como la nave mide 20 m de ancho, se utilizarán 3 estructuras auxiliares para cada línea de baffles, ocupando 15 m, dejando holgura a los lados.

$$\text{Número de perfiles primarios por línea} = \frac{15 \text{ m}}{3,6 \text{ m}} \sim \mathbf{4 \text{ perfil primario}}$$

$$\text{Número de baffles por perfil primario} = \frac{3,6 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} = \mathbf{3 \text{ baffle}}$$

$$\text{Número de baffles por línea} = 4 \text{ perfiles primarios} \times 3 \text{ baffles} = \mathbf{12 \text{ baffles}}$$

El perfil secundario sirve a modo de soporte de los baffles y de separación entre las filas. Dejando una holgura de 10 m en cada lado de la nave, esta mide 325m.

$$\text{Número de líneas} = \frac{325 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \sim \mathbf{270 \text{ línea}}$$

$$\text{Número de baffles} = 270 \text{ líneas} \times 12 \text{ baffles} = \mathbf{3240 \text{ baffle}}$$

$$\text{Cantidad de m}^2 = 325 \text{ m} \times 15 \text{ m} = \mathbf{4875 \text{ m}^2}$$

Rockfon VertiQ

La empresa elegida para implementar las soluciones de los paneles absorbentes acústicos es ROCKFON.

Para la instalación de los paneles VertiQ son necesarios los siguientes elementos,

- **Panel mural:** es el VertiQ A24 de dimensiones 2700 × 1200 × 40 mm
- **Perfil perimétrico:** es un perfil en forma de canal en J para el perímetro del mural
- **Perfil intermedio:** Pieza T24 para los huecos entre paneles
- **Abrazadera de fijación en T:** para la sujeción del perfil intermedio
- **Abrazadera portante:** para la sujeción en la parte inferior del panel

Para la atenuación se colocarán 3 paneles de 2,7 m de alto por cada columna de paneles llegando hasta los 8,1 m.

Dejando 10 m de holgura a cada lado de la nave, esta mide 325 m y los paneles miden 1,2 m de ancho.

$$\text{Número de columnas} = \frac{325 \text{ m}}{1,2 \text{ m}} \sim \mathbf{270 \text{ columna}}$$

$$\text{Longitud del mural} = 270 \text{ columnas} \times 1,2 \text{ m} = \mathbf{324 \text{ m}}$$

$$\text{Cantidad de m}^2 \text{ de mural} = 324 \text{ m} \times 8,1 \text{ m} = \mathbf{2624,4 \text{ m}^2}$$

$$\text{Perímetro del mural} = 8,1 \text{ m} \times 2 + 324 \text{ m} \times 2 = \mathbf{664,2 \text{ metro lineal}}$$

$$\text{Metros lineales intermedios} = 8,1 \times 269 \text{ columnas} = \mathbf{2178,9 \text{ ml}}$$

Cada panel tiene 2 abrazaderas de fijación en T y 2 abrazaderas portantes, es decir 4 abrazaderas.

$$\text{Número de abrazaderas por columna} = 4 \text{ abrazaderas} \times 3 \text{ panel} = \mathbf{12 \text{ abrazaderas}}$$

$$\text{Número de abrazaderas} = 12 \times 269 \text{ columnas} + 6 \text{ abrazadera} = \mathbf{3234 \text{ abrazaderas}}$$

Se suman 6 abrazaderas porque la última columna es el perímetro y no posee abrazaderas de fijación en T.