

Universidad Internacional de La Rioja
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales
**Evaluación y planificación preventiva para
el riesgo físico por ruido y riesgos
ergonómicos en una empresa
transformadora de plásticos**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Laura López Paredes
Especialidades del TFE	Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología Aplicada
Director/a:	Natalia Orviz Martínez
Fecha:	09 de febrero de 2022

Resumen

En el presente Trabajo de Fin de Estudios (TFE), se realizó un estudio de las especialidades de ergonomía e higiene industrial en una empresa transformadora de plásticos ubicada en el municipio de Tuluá, departamento del Valle del Cauca, Colombia. En el estudio realizado, se llevó a cabo la evaluación de la carga física por posturas forzadas en dos puestos de trabajo, que corresponden a las máquinas o áreas de la peletizadora y el molino de plástico. Esta evaluación se realizó mediante la metodología RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*). Además, se evaluaron los movimientos repetitivos del puesto de trabajo de la selladora manual, mediante el método Check List OCRA. Por otro lado, en la disciplina de higiene industrial, se optó por evaluar la exposición a ruido, aplicando las directrices establecidas en el RD 286/2006, su Guía Técnica y las NTP 950, 951 y 952. Los resultados de las evaluaciones en ambas disciplinas arrojaron niveles de riesgo altos, que evidencian la necesidad de planificar acciones preventivas, desde el ámbito colectivo al individual, planteando medidas muy concretas y de factible aplicación por parte del empresario. En conclusión, se desarrolló de manera consecuente las actividades planteadas, permitiendo cumplir con el objetivo general del TFE.

Palabras clave: carga física, ruido, RULA, Check List OCRA, plástico

Abstract

In this End of Studies Project (TFE), a study of the specialties of ergonomics and industrial hygiene was carried out in a plastics processing company located in the municipality of Tuluá, department of Valle del Cauca, Colombia. In the study carried out, the evaluation of the physical load due to forced postures was carried out in two jobs, which correspond to the machines or areas of the pelletizer and the plastic mill. This evaluation was carried out using the RULA (Rapid Upper Limb Assessment) methodology. In addition, the repetitive movements of the manual sealer workstation were evaluated using the OCRA Check List method. On the other hand, in the discipline of industrial hygiene, it was decided to evaluate exposure to noise, applying the guidelines established in RD 286/2006, its Technical Guide and NTP 950, 951 and 952. The results of the evaluations in both disciplines showed high levels of risk, which show the need to plan preventive actions, from the collective to the individual level, proposing very specific measures that can be applied by the employer. In conclusion, the proposed activities were developed consistently, allowing the general objective of the TFE to be met.

Keywords: physical load, noise, RULA, Check List OCRA, plastic

Índice de contenidos

1. Justificación	11
2. Introducción	15
3. Objetivos	19
3.1. Objetivo general.....	19
3.2. Objetivos específicos	19
4. Descripción de la empresa y de los puestos de trabajo.....	20
4.1. Proceso productivo	22
4.2. Descripción de los puestos de trabajo a evaluar	28
4.2.1. Triturador.....	28
4.2.2. Peletizador	29
4.2.3. Sellador	31
5. Metodología	34
5.1. Riesgo ergonómico por posturas forzadas	36
5.1.1. Evaluación del Grupo A	37
5.1.2. Evaluación del Grupo B.....	38
5.2. Riesgo ergonómico por movimientos repetitivos	41
5.2.1. Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo- TNTR	41
5.2.2. Tiempo Neto de Ciclo- TNC	42
5.2.3. Factor de Recuperación- (FR)	42
5.2.4. Factor de Frecuencia- (FF)	43
5.2.5. Factor de Fuerza- (FFz)	44
5.2.6. Factor de Posturas y Movimientos- (FP)	44
5.2.7. Factor de Riesgos Adicionales- (FC).....	45
5.2.8. Multiplicador de Duración- (MD)	46

5.2.9.	Determinación del Nivel de Riesgo	47
5.3.	Riesgo higiénico por exposición a ruido	47
5.3.1.	Instrumento de medición	48
5.3.2.	Obtención $L_{Aeq, d}$	48
5.3.3.	Cálculo de la incertidumbre	49
5.3.4.	Cálculos de la Atenuación.....	51
5.4.	Justificación.....	52
6.	Evaluación de riesgos ergonómicos	55
6.1.	Carga física- puesto de trabajo del molino	55
6.2.	Carga física - puesto de trabajo de la peletizadora	58
6.3.	Método Check List OCRA- puesto de trabajo de la selladora tipo B	61
7.	Evaluación de riesgos higiénicos	64
7.1.	Medición de ruido puesto de trabajo: Peletizador.....	64
7.1.1.	Obtención $L_{Aed, d}$	64
7.1.2.	Cálculo de la incertidumbre	64
7.1.3.	Atenuación.....	65
7.2.	Medición de ruido puesto de trabajo: Triturador	66
7.2.1.	Obtención $L_{Aed, d}$	66
7.2.2.	Cálculo de la incertidumbre	66
7.2.3.	Atenuación.....	66
8.	Resultados	68
9.	Planificación preventiva	71
10.	Conclusiones.....	87
11.	Referencias bibliográficas.....	90

Índice de figuras

Figura 1. Absentismo laboral por ruido y TME	13
Figura 2. Ubicación del municipio donde se sitúa la empresa	20
Figura 3. Estructura organizacional	22
Figura 4. Fases del proceso productivo	23
Figura 5. Lavadora industrial	23
Figura 6. Molino industrial.....	24
Figura 7. Aglutinadora	24
Figura 8. Peletizadora	25
Figura 9. Detalle del peletizado	26
Figura 10. Extrusión tipo soplado	27
Figura 11. Termo-selladora manual	27
Figura 12. Puesto de trabajo- Molino.....	29
Figura 13. Puesto de trabajo- Peletizador	30
Figura 14. Fases de la peletizadora	31
Figura 15. Puesto de trabajo- Selladora A.....	32
Figura 16. Puesto de trabajo- Selladora B	33
Figura 17. Ejemplo de medición de ángulos en RULA.....	37
Figura 18. Niveles de protección de los protectores auditivos	52
Figura 19. Recomendación de Ergonautas para selección de métodos ergonómicos.....	53
Figura 20. Postura del puesto de trabajo del molino evaluada con RULA.....	55
Figura 21. Postura del puesto de trabajo de la peletizadora evaluada con RULA	58
Figura 22. Aporte de los factores del Índice Check List OCRA	69
Figura 23. Tolva de llenado de sacos.....	82
Figura 24. Carrito tipo plataforma.....	82

Figura 25. Recogedor con ruedas y cesto.....	83
Figura 26. Termoselladora automática	83
Figura 27. Panel acústico	84
Figura 28. Señal de obligación uso de protección acústica	84

Índice de tablas

Tabla 1. Plantilla de la empresa.....	21
Tabla 2. Relación puestos de trabajo a evaluar y EPI's existentes	28
Tabla 3. Actividades realizadas.....	34
Tabla 4. Puntuación del brazo	37
Tabla 5. Modificación de la puntuación del brazo	37
Tabla 6. Puntuación del antebrazo	37
Tabla 7. Modificación de la puntuación del antebrazo	37
Tabla 8. Puntuación de la muñeca	38
Tabla 9. Modificación de la puntuación de la muñeca.....	38
Tabla 10. Puntuación giro de la muñeca	38
Tabla 11. Puntuación del cuello	38
Tabla 12. Modificación de la puntuación del cuello.....	38
Tabla 13. Puntuación del tronco	39
Tabla 14. Modificación de la puntuación del tronco.....	39
Tabla 15. Puntuación de las piernas.....	39
Tabla 16. Puntuación del Grupo A.....	39
Tabla 17. Puntuación del Grupo B.....	40
Tabla 18. Puntuación por tipo de actividad.....	40
Tabla 19. Puntuación por carga o fuerzas ejercidas.....	40
Tabla 20. Puntuación Final RULA.....	41
Tabla 21. Niveles de actuación	41
Tabla 22. Puntuación del factor de recuperación	42
Tabla 23. Puntuación de las acciones técnicas dinámicas (ATD)	43
Tabla 24. Puntuación de las acciones técnicas estáticas (ATE).....	43

Tabla 25. Escala CR-10 de Borg.....	44
Tabla 26. Puntuación de las acciones que requiere esfuerzo	44
Tabla 27. Puntuación hombro, codo, muñeca, mano y movimientos estereotipados	45
Tabla 28. Puntuación de Factores socio-organizativos (Fso)	46
Tabla 29. Puntuación de Factores físico-mecánicos (Ffm).....	46
Tabla 30. Multiplicador de Duración (MD).....	46
Tabla 31. Nivel de Riesgo.....	47
Tabla 32. Duración mínima del muestreo en función del GEH	48
Tabla 33. Ficha técnica instrumento de medición	48
Tabla 34. Incertidumbre (u_2 y u_3)	49
Tabla 35. Valores (en dB) del factor c_1u_1	50
Tabla 36. Valores de cobertura, k	50
Tabla 37. Ficha técnica protector auditivo	51
Tabla 38. Evaluación RULA- Puesto de trabajo del Molino	56
Tabla 39. Evaluación RULA- Puesto de trabajo de la peletizadora.....	59
Tabla 40. Datos para evaluación selladora tipo B	62
Tabla 41. Resultados Check List OCRA	62
Tabla 42. Resultado mediciones- Peletizador	64
Tabla 43. Resultados exposición a ruido- Peletizador.....	65
Tabla 44. Resultado mediciones- Triturador	66
Tabla 45. Resultados exposición a ruido- Triturador	67
Tabla 46. Valores de exposición según RD 286/2006	69
Tabla 47. Análisis resultados exposición a ruido.....	69
Tabla 48. Planificación preventiva riesgos ergonómicos	72
Tabla 49. Planificación preventiva riesgos higiénicos	77

Tabla 50. Presupuesto planificación preventiva85

1. Justificación

La empresa objeto de estudio, se dedica a la transformación de residuos plásticos en bolsas para residuos domésticos y en rollos de pre-corte para empaque comercial. Se posiciona como una empresa de importancia actual debido a su contribución con el medioambiente (reciclaje) y a la comunidad (apoyo a los recicladores locales). Se fundó hace 20 años como una pequeña empresa familiar, de los cuales solo los últimos 2 años se han estado realizando las primeras actividades relacionadas con la gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Por su ubicación estratégica en el municipio de Tuluá, departamento del Valle del Cauca, Colombia; la empresa cuenta con altos volúmenes de ventas de bolsas plásticas en supermercados y grandes superficies en todo el departamento.

Se trata de una pequeña empresa o “Mipyme”, cuenta con 23 empleados de los cuales 7 pertenecen al área administrativa y logística, y 16 en el área de producción que es donde se lleva a cabo todo el proceso de reciclaje y transformación de los plásticos.

Debido a un cambio reciente en la cúspide de la organización, se han actualizado las políticas de la empresa, lo que ha motivado la necesidad de trabajar en pro de la salud de los trabajadores, fomentando el cumplimiento de los requisitos legales en materia de prevención de riesgos laborales. Por lo anterior, la empresa ha constituido un registro básico de los accidentes y enfermedades laborales, como un primer acercamiento a la correcta gestión de los riesgos laborales, precisando en este caso de estudio los factores de riesgo y riesgos asociados a la higiene industrial y la ergonomía.

La motivación principal de la autora se debe a la experiencia previa en el sector de la transformación del plástico, el conocimiento de su proceso productivo y el acercamiento que dichos trabajos previos en ámbitos diferentes a la prevención de riesgos han generado el contacto directo con el empresario, por lo que se facilita realizar todas las visitas, mediciones y toma de material multimedia para la consecución de este TFE. También, para la empresa ha resultado interesante que la misma profesional que ha adelantado estudios de carácter medioambiental, realice los estudios pertinentes en el área de la prevención de riesgos laborales, ya que en próximas oportunidades permitirá ir consolidando un Sistema de Gestión de Integrado entre Medio Ambiente (ISO 14001) y PRL (ISO 45001).

Se puede señalar a nivel general que, en las Mipymes del sector industrial, los trastornos musculoesqueléticos son patologías comunes en puestos de trabajo donde se realizan movimientos repetitivos, posturas forzadas y levantamiento de cargas, debido a que no cuentan con la tecnología suficiente para automatizar gran parte de los procesos y disminuir la carga física a los trabajadores. Lo anterior, también se deriva en la generación de carga mental debido a la fatiga física y sobreesfuerzo realizado para llevar a cabo dichas tareas y los turnos realizados, a lo que se suma el ruido producido por las máquinas propias del proceso de reciclado del plástico. Este factor físico mencionado, también puede provocar enfermedades profesionales como la hipoacusia, alteraciones en el sistema cardiovascular y en el sueño, disminución del rendimiento en el trabajo y como factor psicosocial puede causar irritabilidad, entre otros.

Debido a los antecedentes de las Mipymes en la industria y para el caso específico de la organización objeto de estudio se abordará la evaluación en prevención de riesgos de la siguiente manera:

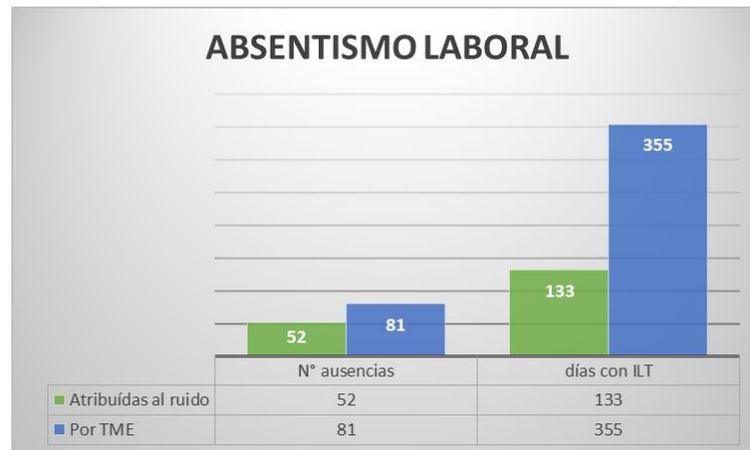
En primer lugar, para abarcar la disciplina de Higiene Industrial se consideró más relevante el riesgo ocasionado por el ruido como factor físico sobre el estrés térmico, ya que se observó mediante visita de campo que el centro de trabajo se encuentra en muy buenas condiciones de ventilación natural y artificial; mientras que por el contrario, el ruido es un factor de riesgo predominante debido a que los trabajadores no han asumido una conciencia de prevención en el uso de los protectores auditivos y además, las máquinas no cuentan con algún mecanismo de protección colectiva o adecuación que permita reducir los valores de emisión de ruido.

Por tanto, para el caso del riesgo físico por ruido se tiene registros de absentismo en el área de producción debido a fuertes cefaleas y molestias auditivas como zumbidos y tinnitus de manera continuada. También, se tiene el registro de dos operarios en un rango de edad entre los 28 y 32 años que ya presentan hipertensión arterial, la cual puede ser asociada como enfermedad cardiovascular provocada por contaminación acústica persistente.

La problemática asociada al ruido como contaminante ambiental, se percibe de manera exponencial en los puestos de trabajo de las máquinas molino y peletizadora ya que, en estas tareas, los operarios deben supervisar de manera constante el proceso y por lo tanto, la exposición al ruido se da casi en la totalidad de la jornada laboral. Siendo más exactos, como

se puede evidenciar en la figura 1, la empresa ha registrado 52 ausencias laborales por parte de los operarios de la zona de molino y peletizado solamente en los últimos dos años. De las 52 ausencias laborales reportadas, 23 de ellas han tenido 3 días de incapacidad laboral temporal (ILT), 15 ausencias con 2 días de incapacidad y las 14 restantes sin baja, para un total de 113 días de absentismo laboral.

Figura 1. Absentismo laboral por ruido y TME



Fuente: autora

En segundo lugar, se encuentra la problemática derivada de los riesgos asociados a cargas posturales y movimientos repetitivos propios de la disciplina preventiva de la ergonomía. En la empresa, cada día es más común la percepción de quejas por parte de los operarios sobre dolores en sus articulaciones, músculos o tendones sobre todo de la parte superior del cuerpo. Actualmente, se cuenta con 81 ausencias laborales en los últimos dos años registrados (figura 1), las cuales son debidas a patologías confirmadas de trastornos músculo-esquelético (TME). Este absentismo equivale a aproximadamente 355 días, entre los cuales se ha contado con incapacidades laborales entre 4 y 5 días. Los trastornos músculo-esqueléticos detectados hasta el momento son: síndrome del túnel carpiano, tendinitis, síndrome cervical por tensión y hernia discal.

Por otra parte, es necesario resaltar que, a pesar de la reciente motivación por parte del empresario en realizar una gestión de la prevención de riesgos, ésta aún se encuentra en su fase inicial, por lo que no existe ninguna evaluación de riesgos realizada por la organización, dentro de ninguna de las disciplinas preventivas.

Durante la reunión con la gerencia tras visita a la organización, la autora del presente TFE constató que en la empresa no tenía ningún registro de mantenimiento de las máquinas en

cuestión. La justificación de este hecho radica en que esta tarea se realiza de manera artesanal por los mismos operarios, solo realizando acciones de lubricación o ajuste de algunas piezas.

En cuanto al uso de Elementos de Protección Individual (EPI), el empresario cumple con su obligación de entregarlos a sus operarios, pero de igual manera, no se observa el uso constante de ellos, en especial de los protectores auditivos.

Finalmente, teniendo en cuenta la problemática anterior, se pretende brindar soluciones efectivas a la empresa para eliminar, reducir y controlar los riesgos higiénicos y ergonómicos evaluados, y por ende, los daños o consecuencias sobre los trabajadores afectados. La finalidad no es otra que mejorar las condiciones de trabajo y la calidad de vida de los trabajadores, así como la reducción del absentismo laboral por enfermedades laborales, el aumento en la capacidad de producción y la mejora de su imagen corporativa en el mercado.

2. Introducción

El plástico es un material sintético y versátil fabricado a partir de celulosa, carbón, gas natural, sal y petróleo mediante procesos de polimerización (PlasticsEurope, 2021). Desde hace 70 años que la humanidad comenzó a hacer uso de estos polímeros sintéticos para multitud de actividades cotidianas, usos industriales, entre otros. Su nombre se deriva de su característica predominante la cual es la “plasticidad”, por lo que dichos polímeros son materiales maleables que se moldean con presión y calor (Cáceres, 2020).

Actualmente, existen siete tipos de plásticos más conocidos y usados según la editora Juste (2020), los cuales son distinguidos por la numeración del 1 al 7, en el siguiente en orden: Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de alta densidad (HDPE), Policloruro de vinilo (PVC), Polietileno de baja densidad (LDPE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS) y el último tipo se considera una Mezcla de plásticos (Otros). Para efectos del presente estudio, la fábrica transformadora de plásticos se centra especialmente en el reciclaje de los dos tipos de Polietileno (HDPE y LDPE) para la fabricación de bolsas plásticas de distintas dimensiones y colores.

Un estudio realizado por Greenpeace en 2019 manifiesta que la producción a nivel mundial de plásticos se ha incrementado en los últimos 50 años, desde sus inicios de producción hacia el año 1950, se han fabricado 380 millones de toneladas de este polímero. En Europa, la producción de plásticos alcanzó 61,8 millones de toneladas en el año 2018 de acuerdo con la información aportada por la industria de plásticos a Greenpeace. Siguiendo este informe, Europa se posicionó en el tercer puesto con un 17% del total de producción de plástico detrás de China (30%) y América del Norte (18%). Por otra parte, en el mundo se demanda alrededor de 5 billones de bolsas al año, lo que se refleja como 10 millones de bolsas por cada minuto (MINAM, 2018). Precizando datos nacionales, España es el cuarto país de la Unión Europea con mayor demanda de plásticos, lo que lo ubica con un porcentaje de demanda del 7,6%, frente a Alemania, Italia y Francia con una demanda de plásticos del 24,6%, 13,9% y 9,4% respectivamente (Greenpeace, 2019).

En un estudio realizado en el 2008 por el equipo técnico de EUROQUALITY (European Quality Assurance), se demostró que el 88% de las empresas del sector de la transformación y manipulación de plástico, existe exposición al ruido y que el 22% de dichas empresas

participantes en el estudio, manifestó que no se llevan a cabo mediciones del nivel de ruido. Por otro lado, el estudio arrojó que el 98% de los trabajos requieren manipulación manual de cargas, por lo que se relaciona este factor ergonómico con las posiciones forzadas en las distintas fases productivas (EUROQUALITY, 2008).

Lo anterior, vincula directamente a la industria del plástico con la gestión de la prevención de riesgos laborales debido a la complejidad de sus procesos e insumos utilizados y la necesidad prevalente de conservar la seguridad y salud de los trabajadores. Para el caso del presente estudio, se especificarán las necesidades a evaluar en las disciplinas preventivas de higiene industrial y de la ergonomía en la empresa transformadora de plásticos.

En primer lugar, se abarcará la problemática derivada del ruido como factor higiénico que afecta la salud de los trabajadores en las industrias, por lo que el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (s.f.) define al ruido como *“todo sonido peligroso, molesto, inútil o desagradable”* el cual puede variar de manera subjetiva por la persona que lo percibe y en ocasiones debe ser definido desde la parte física como parte de la propagación de energía mecánica a través del aire.

Los principales efectos de la exposición al ruido sobre la salud, determinados por diferentes organismos son: efectos auditivos (discapacidad auditiva, tinnitus, dolor y fatiga auditiva), perturbación del sueño, efectos cardiovasculares, efectos hormonales (estrés, metabolismo y sistema inmune) y la interferencia con el comportamiento social (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía, s.f.). En este mismo estudio, se considera que la principal causa de la pérdida de audición es la exposición laboral al ruido, además se menciona que un nivel sonoro se considera peligroso cuando la comunicación no es posible, lo que se deriva en el deterioro auditivo y en el cambio del umbral audiométrico. Por otra parte, conforme con el Estudio Epidemiológico de las Enfermedades Profesionales en España, en el período comprendido entre 1990-2014 se notificaron en España un total de 388.829 Enfermedades Profesionales, de las cuales el 81,6% son provocadas por agentes físicos, entre ellos, el ruido (García et al., 2017)

En segundo lugar, se tiene la problemática ocasionada por aspectos ergonómicos como lo son las posturas forzadas y movimientos repetitivos como principales factores de riesgo de los trastornos músculo-esqueléticos (TME). Según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (s.f.), los trastornos músculo-esqueléticos son una de las dolencias de origen

laboral más habituales, estos trastornos afectan a millones de trabajadores en toda Europa y suponen un coste de miles de millones de euros para las empresas. Precisamente, los TME son lesiones presentadas en los músculos, tendones, ligamentos, nervios, articulaciones, entre otros; localizados generalmente en los brazos, cabeza, cuello o espalda. Estos se producen o se agravan por realizar acciones como levantar o empujar objetos y dentro de los síntomas destacados se encuentra el dolor, la rigidez, hinchazón, adormecimiento y cosquilleo en el área afectada (NIOSH, 2012).

De acuerdo con la V Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo, el 62% de los trabajadores de la Unión Europea están expuestos durante una cuarta parte del tiempo o más a movimientos repetitivos de manos y brazos, el 46% a posturas dolorosas o extenuantes y el 33% transportan o mueven cargas pesadas una de las principales dolencias que afectan a los trabajadores alrededor del mundo (Paredes y Vázquez, 2018).

Realizando una revisión del estado del arte a nivel mundial, en la ciudad de Guayaquil, Murillo (2018) realizó un estudio usando el método RULA para evaluar los riesgos ergonómicos en el área de producción de una empresa de producción de fundas de polietileno, con el fin de dar los lineamientos apropiados al empresario mediante medidas preventivas y correctivas. La autora utilizó el software ERGO/IBV y analizó tres posturas. Lo anterior, permitió evidenciar la fiabilidad del método para evaluar las posturas críticas que requieren la aplicación de medidas preventivas inmediatas.

En otro estudio sobre las posturas forzadas y prevalencia de trastornos musculoesqueléticos, la autora Pinto (2021) realizó un estudio descriptivo aplicado a 11 trabajadores del área de etiquetado de una empresa de plástico en la ciudad de Quito. Se utilizó el método REBA, evidenciando en las cinco posturas analizadas un nivel de riesgo "medio", por lo que se hizo necesario la implementación de medidas de prevención y adaptaciones al puesto de trabajo.

Dentro del ámbito de la Higiene Industrial, Aleaga (2017) realizó una investigación en una empresa de productos plásticos en Ecuador, evaluando el ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído para el área de producción de la empresa, con un total de 17 trabajadores estudiados. Los resultados arrojaron los siguientes niveles de exposición al ruido diario ponderado A, por cada tarea: mezclado (88,87 dB), extrusión (87,99 dB), acampado y amarre (88,02 dB) y molido (104,71 dB). Además de las mediciones, se realizaron audiometrías a los

trabajadores y los resultados demostraron que el 52,94% de ellos tenían problemas auditivos, exactamente presentaban trauma acústico, y el 47,06% audición normal.

Por su parte, Mejía (2020) estudió los niveles de ruido y las condiciones auditivas de los trabajadores en el área de mezclas termoplásticas de una empresa ubicada en la ciudad de Ambato, Ecuador. Los resultados demostraron que todos los cuadrantes del área de mezclas termoplásticas superaron los 85 dB.

Los estudios expuestos anteriormente, demuestran la complejidad de los procesos llevados a cabo en la industria plástica haciendo énfasis en problemas derivados de un mal diseño de los puestos de trabajo y la deficiencia en la gestión de riesgos físicos por ruidos en este sector. Dado lo anterior, se hace necesario iniciar acciones de prevención de riesgos en la empresa en estudio debido a la problemática que conlleva la realización de actividades dentro del proceso productivo de las bolsas de plástico y que esto desencadena una serie de consecuencias para la salud, afectando directamente el sistema muscular, óseo, el oído, el equilibrio corporal, entre otros tipos de problemas graves para los trabajadores.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo de exposición a ruido y riesgos ergonómicos por posturas forzadas y movimientos repetitivos, en el área de trabajo del molino, la peletizadora y la selladora en una empresa transformadora de plásticos, para poder realizar la planificación preventiva que permita mejorar las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores.

3.2. Objetivos específicos

- Describir específicamente los puestos de trabajo del área de molienda, peletizado y sellado de la organización.
- Seleccionar las metodologías adecuadas para realizar las evaluaciones de riesgo de las disciplinas escogidas.
- Aplicar los métodos apropiados para la evaluación ergonómica según los riesgos detectados en la descripción de los puestos de trabajo.
- Llevar a cabo la medición de ruido en los puestos de trabajo elegidos de acuerdo con la normativa legal y normas técnicas de prevención.
- Generar acciones preventivas de acuerdo con los resultados de las evaluaciones obtenidas para los riesgos higiénicos (exposición a ruido) y ergonómicos.
- Establecer para cada medida preventiva propuesta, su responsable en la organización, la prioridad de intervención, plazo de ejecución, costes asociados, entre otros.

4. Descripción de la empresa y de los puestos de trabajo

La empresa transformadora de plásticos se ubica en el municipio de Tuluá (figura 2), en el Valle del Cauca (Colombia), zona considerada como puerto terrestre ya que se encuentra en el centro del departamento y el cual tiene muy buenas conexiones de transporte con otras regiones del país.

Figura 2. Ubicación del municipio donde se sitúa la empresa



Fuente: adaptado de Google Maps (2021)

La organización se dedica puntualmente a la fabricación de bolsas plásticas de diversos tamaños y colores, según la demanda del cliente y también tienen como producto final los rollos de pre-corte que se venden a otras empresas que comercializan su propia marca de bolsas. Como ya se ha mencionado, la empresa cuenta con 23 trabajadores los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Plantilla de la empresa

Área	Puesto de trabajo	Nº trabajadores
Administrativa	Gerencia	1
	Contabilidad	1
	Comercial	2
Logística	Auxiliar logístico	1
	Repartidores	2
Producción	Supervisor	2
	Molienda- Lavado/secado	4
	Aglutinado	2
	Peletizado	2
	Extrusión	2
	Sellado y empaque	4
TOTAL		23

Fuente: autora

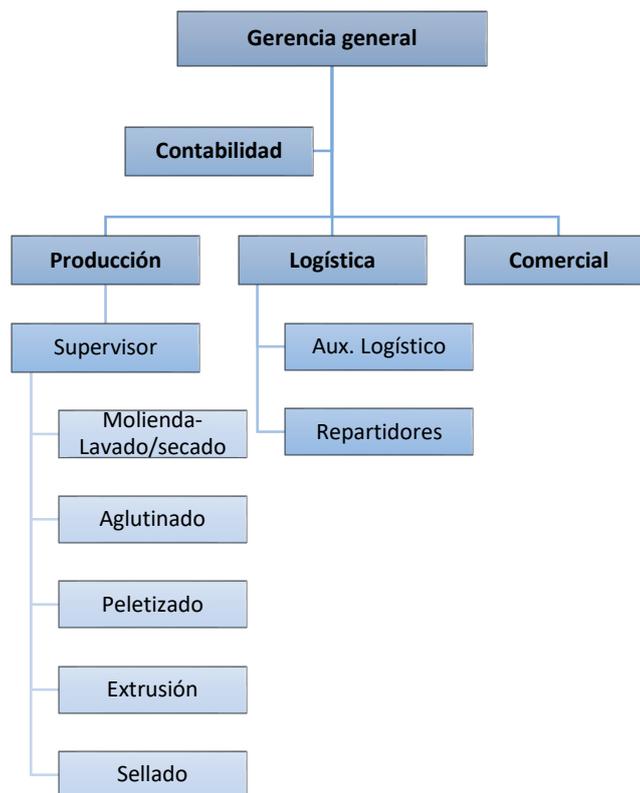
Por otra parte, la empresa al ser pequeña y tener 23 trabajadores, cuenta con las siguientes modalidades de organización de la prevención:

- Trabajador designado, el cual pertenece a su plantilla y ha sido elegido por su antigüedad en la empresa, capacidad resolutoria ante los posibles problemas presentados en el día a día de la fábrica y para su actividad. El empresario ha dado la formación básica en prevención de riesgos, le ha brindado el acceso a la información y documentación necesaria de prevención de riesgos.
- Servicio de Prevención Ajeno, empresa externa que ha sido contratada para cubrir las demás necesidades preventivas.

Por otra parte, existe la figura del Delegado de Prevención que es la misma persona que cumple con la figura del Delegado de Personal (para empresas de hasta 30 trabajadores). Para el caso de la empresa, se encuentra de acuerdo con el número de trabajadores de la plantilla, el cual está en el rango de 6 a 49 trabajadores, por lo cual, solo corresponde un delegado de prevención.

A pesar de su plantilla reducida, la fábrica produce alrededor de 850 a 1.000 kilogramos de producto final diariamente y se tiene registrado que en promedio se distribuye 6 toneladas cada semana. Su estructura organizacional, es básica teniendo en cuenta que la complejidad del personal es baja ya que se ha constituido como una pequeña empresa familiar, sus inicios han sido de manera artesanal y los han ido tecnificando a través de los años, por lo que se su organigrama (figura 3) se estructura así:

Figura 3. Estructura organizacional



Fuente: autora

4.1. Proceso productivo

El proceso de transformación y producción de residuos plásticos no peligrosos, en general polietileno de baja densidad (LDPE) en bolsas plásticas se da en seis fases principales. Cabe destacar que la empresa realiza un proceso completo ya que adquiere la materia prima directamente a los recicladores locales, la clasifica y realiza todo el proceso de reciclaje de estos polímeros, por lo que no tiene empresas intermediarias en su proceso de producción, lo cual contribuye de manera positiva a nivel social y ambiental.

El proceso que lleva la empresa se puede describir en seis etapas principales como se puede observar en la figura 4.

Figura 4. Fases del proceso productivo



Fuente: autora

Todas las máquinas de la empresa fueron comercializadas entre el 1 de enero de 1995 y el 29 de diciembre del año 2009, y cumplen las disposiciones dispuestas en el RD 1435/1992, así como en el RD 1215/1997, de equipos de trabajo. Por tanto, disponen de marcado CE, declaración CE de Conformidad y del manual de instrucciones en idioma castellano.

Fase 1. Lavado y secado (Máquinas: Lavadora industrial y cabina de secado)

El material previamente separado y clasificado se introduce en la lavadora, la cual tiene integrado un primer paso donde se hace un triturado grueso, luego el plástico con menor dimensión pasa por un tornillo “enjuagador” donde se eliminan las impurezas, después el material pasa a un tanque decantador para eliminar otros tipos de materiales como papel, cartón y metales que vienen adheridos al material reciclado y por último, pasa por el tornillo escurridor. Posteriormente, se pasa a la cabina de secado que funciona con inyección de aire por medio de ventiladores industriales.

Figura 5. Lavadora industrial



Fuente: autora

Fase 2. Molienda (Máquina: Molino industrial)

El plástico lavado y secado se deposita manualmente en el molino, el cual tiene en su interior una serie de cuchillas que actúan de forma giratoria y realiza una segunda trituración del plástico para que este quede lo más fino posible y facilite el paso siguiente.

Figura 6. Molino industrial



Fuente: autora

Fase 3. Aglutinado (Máquina: Aglutinadora)

Este proceso permite reducir el volumen del plástico molido, lavado y secado, de manera que se compacta por medio de la centrifugación en la aglutinadora. En ella, se lleva a cabo un aumento significativo de la temperatura lo que permite la formación de una masa de plástico aglomerada, la cual se denomina plástico aglutinado.

Figura 7. Aglutinadora



Fuente: autora

Fase 4. Peletizado (Máquina: Peletizadora)

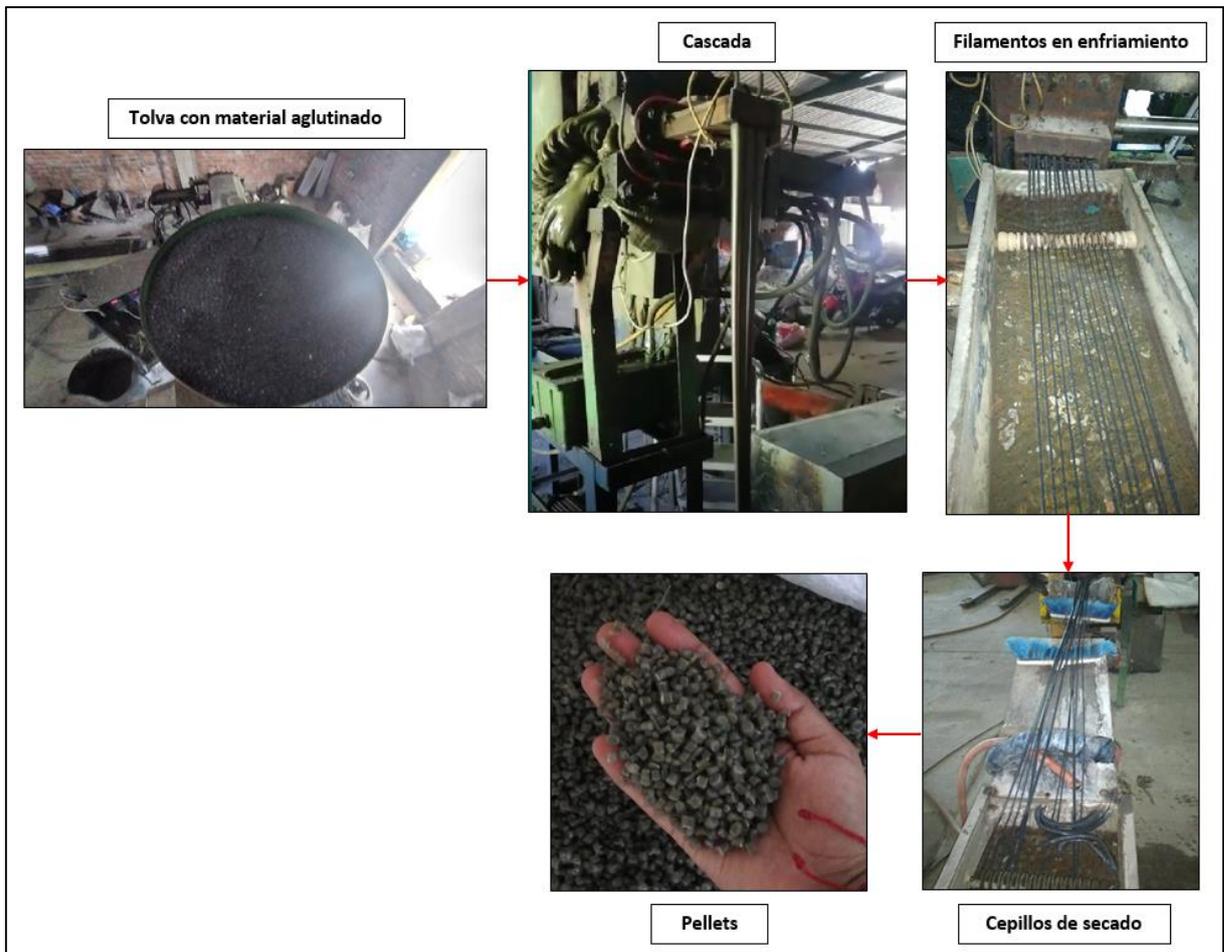
La máquina se alimenta por la tolva con el material aglutinado, luego en el cañón se calienta a través de resistencias eléctricas hasta que inicia su plastificación y en la segunda parte del cañón, se vuelve a comprimir, lo que permite la salida del material por medio de unos agujeros por los que cae el material maleable en forma de cascada, formando una especie de hilos. Estos hilos caen a una piscina de enfriamiento con agua, donde adquiere la consistencia de una pasta sólida. De allí, asciende por unos cepillos que se encargan de quitar el exceso de humedad de estos filamentos y por último, pasan por la cortadora donde el polímero ya rígido es cortado en forma de “pellets”.

Figura 8. Peletizadora



Fuente: autora

Figura 9. Detalle del peletizado



Fuente: autora

Fase 5. Extrusión (Máquina: Extrusora tipo soplado)

Mediante este proceso, el polímero se puede expandir hasta tres veces. La etapa comienza con la alimentación de la tolva con los pellets obtenidos en el paso previo, los cuales salen fundidos por la boquilla de soplado. Una vez asciende el material por la burbuja, se aplica aire el cual enfría y solidifica el material. Esta película resultante pasa por unas placas guías y finalmente, son halados por los rodillos de enrollado, donde se acumula en forma de bobina o rollo.

Figura 10. Extrusión tipo soplado



Fuente: autora

Fase 6. Sellado (Máquina: Termo-selladora manual)

En este proceso se sellan y se forman las bolsas plásticas mediante una termo-selladora manual, la cual el operario se encarga de halar la película plástica de la bobina obtenida en la extrusión para sellarla por medio de la aplicación de calor y presión de la barra selladora la cual se acciona mediante un pedal. Las bolsas selladas son empacadas y almacenadas para su posterior distribución y venta.

Figura 11. Termo-selladora manual



Fuente: autora

4.2. Descripción de los puestos de trabajo a evaluar

Como parte de la información recolectada en la empresa, se revisaron los Equipos de Protección Individual (EPI's) que poseen los trabajadores de cada puesto, dicha información se plasmó en la siguiente tabla:

Tabla 2. Relación puestos de trabajo a evaluar y EPI's existentes

Puesto de trabajo	Evaluación a realizar	EPI's
Triturador (Molino)	- Exposición a Ruido - Posturas forzadas	- Guantes largos vaqueta (UNE-EN 388:2016+A1:2018)
Peletizador		- Protección auditiva, tipo copa (UNE-EN 352-1:2003) - Gafas de seguridad (UNE-EN 166:2002) - Botas de seguridad (UNE-EN 20345:2012)
Sellador	- Movimientos repetitivos	- Botas de seguridad

Fuente: autora

4.2.1. Triturador

En esta área se encuentran 2 operarios que realizan dos turnos (día/noche), cada turno de 8 horas, de lunes a viernes. Los turnos son de 6:00 a 14:30 y de 14:30 a 23:00, cuentan con 30 minutos de descanso en los cuales, los operarios normalmente toman una comida.

Las tareas del triturador en el molino son:

- a) Recoger del suelo el material previamente lavado y secado (con una primera trituración)
- b) Depositar el material en la boca del molino
- c) Remover el material con la ayuda de una vara para ayudar a su trituración
- d) Empacar el material molido o triturado en sacos

En las tareas descritas, el operario realiza posturas forzadas y sobreesfuerzo al agacharse a recoger el material para moler del suelo. También, cuando levanta su brazo derecho para remover el material, realiza movimiento repetitivo y sobreesfuerzo en sus miembros superiores, a lo que se adiciona su postura bípeda permanente.

Por otra parte, mediante observación en campo y consulta del estado del arte (Aleaga, 2017 p. 83), se pudo determinar que el molino es la máquina que posiblemente emite más ruido en el proceso de producción. A esta situación, se le incluye el agravante de que los operarios no suelen usar los protectores auditivos y por ausencia de estudios previos, el empresario no tiene el criterio técnico para sugerir o exigir el uso de ellos.

Figura 12. Puesto de trabajo- Molino



Fuente: autora

4.2.2. Peletizador

Para las labores de peletizado la empresa cuenta con 2 operarios repartidos en dos turnos (día/noche), con jornada de 8 horas diarias en cada turno, de lunes a viernes en los mismos horarios del puesto de triturador, con los mismos 30 minutos de descanso. Cabe anotar que, el tiempo de descanso no tiene una hora fija ya que se programa diaria o semanalmente con el supervisor de turno de acuerdo a las

condiciones de producción (cantidad de materia prima, número de pedidos, etc.).

Lo anterior, aplica para todos los puestos de trabajo del área de producción.

Funciones principales del peletizador:

- a) Recibir el aglutinado (plástico aglomerado).
- b) Operar la maquina peletizadora que es donde filtra el aglutinado para purificar la materia prima y volverla maleable para su posterior enfriado, secado y cortado en la misma máquina
- c) Empacar los pellets en sacos de 30 kilogramos
- d) Hacer tareas de mantenimiento de la peletizadora como engrasar y revisar niveles de aceite (una vez al día)

Las tareas del peletizador implican posturas forzadas especialmente en la última tarea del ciclo del peletizado, cuando el operario empaca manualmente los pellets que son el resultado de este proceso en los sacos para almacenamiento provisional mientras es usado en la extrusora. Durante esta tarea, el trabajador flexiona su espalda constantemente para recoger los pellets y empacarlos, dicha tarea se realiza por aproximadamente 4 horas de la jornada, además se mantiene una postura bípeda permanente mientras realiza todas las tareas descritas.

Figura 13. Puesto de trabajo- Peletizador



Fuente: autora

En cuanto a nivel de ruido en esta área, se considera que es relevante debido a que la máquina peletizadora dispone de dos motores para su funcionamiento complejo, ya que tiene varias fases las cuales requieren gran aporte de energía eléctrica. En este caso, también se observó que los operarios pocas veces usan los protectores auditivos y se repite la situación del puesto de trabajo anteriormente descrito.

Figura 14. Fases de la peletizadora



Fuente: autora

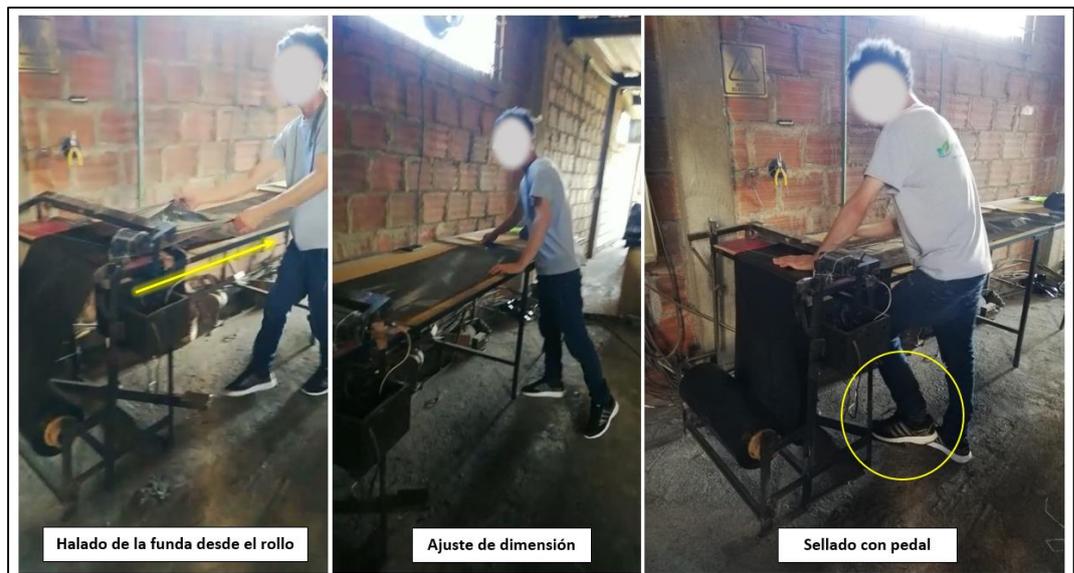
4.2.3. Sellador

En el área de sellado, generalmente son mujeres las operarias de las máquinas selladoras. Para este caso, se tiene un turno de 8 horas al día, de lunes a viernes, de

7:00 a 16:00 y cuentan con una hora de descanso. En la empresa existen dos tipos de selladoras

- **Selladora A:** se trabaja en posición bípeda permanente, el operario hala manualmente el rollo o bobina de plástico obtenida en la extrusión, haciendo un sobreesfuerzo en sus miembros superiores. Sobre la mesa de la selladora se encuentran las medidas de las bolsas, el operario la ubica con mucha agilidad y para llevar a cabo el sellado debe accionar un pedal con su pierna (generalmente lo hacen con la pierna izquierda). Teniendo en cuenta ciclos de 1 minuto, los operarios más experimentados realizan el sellado de aproximadamente entre 12 y 15 bolsas por minuto.

Figura 15. Puesto de trabajo- Selladora A



Fuente: autora

- **Selladora B:** es la selladora para bolsas de menor dimensión, el operario permanece en posición sedente durante todo el turno, con los brazos apoyados sobre la mesa de la selladora la cual se ubica a la altura del ombligo. A diferencia de la selladora anterior, en ésta, el operario no realiza sobreesfuerzos para hallar el rollo de plástico ya que se debe hacer un corte previo para poderlas sellar. En este puesto predomina los movimientos repetitivos de los brazos, manos y muñecas, también se tiene un movimiento repetitivo en los miembros inferiores ya que debe accionar el pedal para sellar

Laura López Paredes
Evaluación y planificación preventiva para el riesgo físico por ruido y riesgos ergonómicos en una empresa transformadora de plásticos
cada bolsa. La frecuencia de sellado en este caso es un poco mayor a la anterior, sellando aproximadamente entre 25 y 28 bolsas por minuto.

Figura 16. Puesto de trabajo- Selladora B



Fuente: autora

5. Metodología

En el presente apartado, se describe la metodología que se empleó para llevar a cabo la evaluación del riesgo de exposición a ruido y de los riesgos ergonómicos ya identificados en el apartado anterior, lo que permitirá posteriormente la formulación de medidas preventivas efectivas para eliminar, controlar y prevenir los factores de riesgo registrados.

A continuación, se especifican las acciones que se han llevado a cabo para la consecución de cada uno de los objetivos específicos definidos (tabla 3)

Tabla 3. Actividades realizadas

Objetivo específico	Actividades o tareas realizadas
Describir específicamente los puestos de trabajo del área de molienda, peletizado y sellado de la organización.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Visita a la empresa para la observación y toma de información relevante, videos y fotografías. Se realizaron 4 visitas en los días 1, 13 y 21 de octubre y el 9 de noviembre de 2021. 2) Análisis de la información recolectada en la visita. 3) Descripción de los puestos con la debida explicación de las tareas y la existencia de posturas forzadas, movimientos repetitivos y ambiente ruidoso.
Seleccionar las metodologías adecuadas para realizar las evaluaciones de riesgo de las disciplinas escogidas.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Selección del método apropiado para la evaluación ergonómica de cada puesto según los riesgos detectados. 2) Revisión de las directrices para la medición de ruido según el Real Decreto 286/2006 y Normas Técnicas de Prevención (NTP 950, 951 y 952). 3) Justificación de los métodos escogidos.
Aplicar los métodos apropiados para la evaluación ergonómica según los riesgos detectados en la descripción de los puestos de trabajo.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Revisar detenidamente la información necesaria para la aplicación de los métodos ergonómicos para cada puesto de trabajo. 2) Aplicación del Método RULA en los puestos de trabajo de molino y la peletizadora. Para esta evaluación es necesario previamente haber escogido la postura más

Objetivo específico	Actividades o tareas realizadas
	<p>demandante en cuanto a carga postural de los puestos de trabajo elegidos y haber realizado la medición de los ángulos de dichas posturas mediante la herramienta RULER.</p> <p>Aplicación de Check List OCRA (<i>Occupational Repetitive Action</i>) en el puesto de trabajo de la selladora para la determinación del nivel de riesgo ocasionado por los movimientos repetitivos en esta área.</p>
<p>Llevar a cabo la medición de ruido en los puestos de trabajo elegidos de acuerdo a la normativa legal y normas técnicas de prevención.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Realizar una revisión del Real Decreto 286/2006, para revisar los valores límite de exposición y las disposiciones de su Anexo II para la medición del ruido en las áreas seleccionadas objeto de estudio. 2) Determinar el tipo de estrategia de medición según la NTP 951. 3) Ejecutar las mediciones necesarias en la empresa. 4) Realizar los cálculos de exposición al ruido ($L_{Aeq,d}$, incertidumbre y atenuación) 5) Analizar los resultados y compararlos con los Valores Límites de Exposición definidos en el RD 286/2006.
<p>Generar acciones preventivas de acuerdo con los resultados de las evaluaciones obtenidas para los riesgos higiénicos (exposición a ruido) y ergonómicos.</p>	<p>Proponer las medidas preventivas necesarias para eliminar, controlar y prevenir los riesgos resultantes de las evaluaciones con niveles medios y altos.</p>
<p>Establecer para cada medida preventiva propuesta, su responsable en la organización, la prioridad de intervención,</p>	<p>Asignar a dichas medidas, su objetivo, responsable, prioridad de intervención, plazo de ejecución y coste asociado.</p>

Objetivo específico	Actividades o tareas realizadas
plazo de ejecución, costes asociados, entre otros.	

Fuente: autora

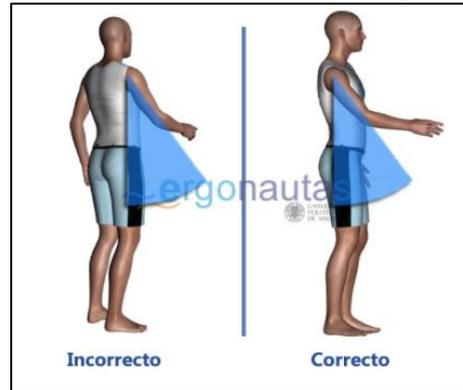
5.1. Riesgo ergonómico por posturas forzadas

El método RULA se desarrolló en el año 1993 en la Universidad de Nottingham para la evaluación de posturas individuales, en la cual, el cuerpo se divide en el Grupo A (brazos, antebrazos y muñecas) y en el Grupo B (piernas, tronco y cuello). Se tuvieron en cuenta unas consideraciones previas según la metodología de Ergonautas para iniciar con la evaluación:

- Se realizó observación previa del puesto de trabajo a evaluar, se revisó la existencia de ciclos de trabajo y si estos, son cortos o largos.
- Se seleccionó la postura que suponía mayor carga postural debido a su duración, frecuencia o desviación del cuerpo respecto a la posición neutra. Para el caso del puesto de trabajo del molino es la postura evaluada es la que realiza el operario para recoger el material del suelo previo a depositarlo dentro del molino, en la cual se debe agachar para recolectar por medio de un recipiente, el plástico lavado y secado. En el puesto de la Peletizadora se analizó la postura que adopta el operario para el empaque de los pellets en sacos.
- Se determinó que el lado del cuerpo a evaluar es el derecho para ambos puestos de trabajo debido a que éste es el que sufre mayor tensión de acuerdo a la observación realizada, también teniendo en cuenta que los operarios son diestros, manifiestan mayor fuerza y agilidad al lado derecho por lo que la carga postural se ve reflejada mayoritariamente a ese costado.

Con el material fotográfico obtenido, se usó la herramienta RULER para medir los ángulos. Para ello, las fotos a analizar deben tener una buena perspectiva como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 17. Ejemplo de medición de ángulos en RULA



Fuente: Ergonautas

5.1.1. Evaluación del Grupo A

Se realiza la puntuación de la posición del brazo, antebrazo y muñeca.

Puntuación del brazo: se evalúa según el grado de flexión o extensión que tenga, además de si el brazo se encuentra abducido o si tiene rotación.

Tabla 4. Puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2
Flexión >45° y 90°	3
Flexión >90°	4

Fuente: Ergonautas

Tabla 5. Modificación de la puntuación del brazo

Posición	Puntuación
Hombro elevado o brazo rotado	+1
Brazos abducidos	+1
Existe un punto de apoyo	-1

Fuente: Ergonautas

Puntuación del antebrazo: se evalúa según el grado de flexión y se tiene en cuenta si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo.

Tabla 6. Puntuación del antebrazo

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

Fuente: Ergonautas

Tabla 7. Modificación de la puntuación del antebrazo

Posición	Puntuación
A un lado del cuerpo	+1
Cruza la línea media	+1

Fuente: Ergonautas

Puntuación de la muñeca: se tiene en cuenta el ángulo de flexión y extensión sobre la posición neutra de la muñeca. Dicha puntuación puede aumentar si existe desviación radial o cubital y luego, se debe valorar si ésta presenta un giro (pronación/supinación)

Tabla 8. Puntuación de la muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión > 0° y <15°	2
Flexión o extensión >15°	3

Fuente: Ergonautas

Tabla 9. Modificación de la puntuación de la muñeca

Posición	Puntuación
Desviación radial	+1
Desviación cubital	+1

Fuente: Ergonautas

Tabla 10. Puntuación giro de la muñeca

Posición	Puntuación
Pronación o supinación media	1
Pronación o supinación extrema	2

Fuente: Ergonautas

5.1.2. Evaluación del Grupo B

Abarca la evaluación del cuello, tronco y piernas.

Puntuación del cuello: el ángulo se debe ubicar en el eje de la cabeza y del tronco, lo que permite obtener la medida de flexión o extensión del cuello. A lo anterior, se le suma puntuación si el cuello se encuentra rotado o con inclinación lateral.

Tabla 11. Puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 10°	1
Flexión >10° y ≤20°	2
Flexión >20°	3
Extensión en cualquier grado	4

Fuente: Ergonautas

Tabla 12. Modificación de la puntuación del cuello

Posición	Puntuación
Cabeza rotada	+1
Cabeza con inclinación lateral	+1

Fuente: Ergonautas

Puntuación del tronco: se evalúa según la posición del trabajador (sentado o de pie). Si se encuentra de pie, la puntuación depende del ángulo de flexión del tronco y se aplica un aumento en la puntuación si se encuentra rotado o inclinado.

Tabla 13. Puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90°	1
Flexión entre 0° y 20°	2
Flexión >20° y ≤60°	3
Flexión >60°	4

Fuente: Ergonautas

Tabla 14. Modificación de la puntuación del tronco

Posición	Puntuación
Tronco rotado	+1
Tronco con inclinación lateral	+1

Fuente: Ergonautas

Puntuación de las piernas: se tiene en cuenta la distribución del peso entre las piernas, si existen apoyos o si se encuentra en posición sedente.

Tabla 15. Puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Sentado, con piernas y pies bien apoyados	1
De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición	1
Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido	2

Fuente: Ergonautas

Una vez obtenidas las puntuaciones parciales, por medio de las siguientes tablas se obtiene la puntuación global de cada grupo.

Tabla 16. Puntuación del Grupo A

Brazo	Antebrazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro muñeca		Giro muñeca		Giro muñeca		Giro muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
	1	2	3	3	3	3	4	4	4
2	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
	1	3	3	4	4	4	4	5	5
3	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
	1	4	4	4	4	4	5	5	5
4	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6

Brazo	Antebrazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro muñeca		Giro muñeca		Giro muñeca		Giro muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
	1	5	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: Ergonautas

Tabla 17. Puntuación del Grupo B

Postura de Cuello	Postura de Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pierna		Pierna		Pierna		Pierna		Pierna		Pierna	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: Ergonautas

Posteriormente, se conseguirá las puntuaciones por tipo de actividad y por carga o fuerzas ejercidas, lo que permitirá finalizar la evaluación al obtener la puntuación final y el nivel de actuación.

Tabla 18. Puntuación por tipo de actividad

Tipo de actividad	Puntuación
Estática (se mantiene más de un minuto seguido)	+1
Repetitiva (se repite más de 4 veces cada minuto)	+1
Ocasional, poco frecuente y de corta duración	0

Fuente: Ergonautas

Tabla 19. Puntuación por carga o fuerzas ejercidas

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

Fuente: Ergonautas

Las puntuaciones de los Grupos A y B, se modifican por las puntuaciones del tipo de actividad y fuerzas ejercidas, dando lugar a las puntuaciones C y D, respectivamente. Teniendo en

cuenta C y D, se obtiene la Puntuación Final Rula (Si D es mayor que 7, se emplea la columna 7)

Tabla 20. Puntuación Final RULA

Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	6	5	6	7	7	7	7

Fuente: Ergonautas

El nivel de actuación resultante será la base para definir las medidas preventivas a adoptar

Tabla 21. Niveles de actuación

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1 a 2	1	Aceptable	No es necesaria actuación.
3 a 4	2	Medio	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.
5 a 6	3	Alto	Se requiere el rediseño de la tarea. Es necesaria la actuación.
7	4	Muy alto	Se requieren cambios urgentes en la tarea. Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: Ergonautas

5.2. Riesgo ergonómico por movimientos repetitivos

Le método Check List OCRA es la forma abreviada del método OCRA y el cual permite valorar el trabajo repetitivo, especialmente de los miembros superiores del cuerpo. Para llevar a cabo este método se deben tener en cuenta el tiempo que el trabajar ocupa el puesto en la jornada de trabajo (tareas repetitivas), los periodos de recuperación, la frecuencia, posturas adoptadas, fuerzas ejercidas y otros factores como el uso de EPI. Su aplicación se puede resumir en los siguientes pasos:

5.2.1. Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo- TNTR

Tiempo en el que el trabajador está en el puesto de trabajo, realizando acciones repetitivas. Se define por la siguiente ecuación:

$$TNTR = DT - (TNR + P + A) \tag{1}$$

Dónde:

DT= Duración del Turno

TNR= Tiempo de Trabajo No Repetitivo (min)

P= Pausas en el puesto (oficiales y no oficiales) en minutos

A= Descanso del Almuerzo (min)

5.2.2. Tiempo Neto de Ciclo- TNC

Duración de un ciclo de trabajo, si solo se consideran las acciones repetitivas realizadas en el puesto, excluyen el tiempo de las tareas no repetitivas. Su expresión se da en segundos y depende del Número de Ciclos de trabajo (*NC*)

$$TNC = 60 \times \frac{TNTR}{NC} \quad (2)$$

El TNC es proporcional a los segundos que tardan los operarios en sellar 50 bolsas, lo equivale a 111 segundos, por lo tanto:

$$NC = 60 \times \frac{TNTR}{TNC} \quad (3)$$

5.2.3. Factor de Recuperación- (FR)

Es el periodo durante el que se permite la recuperación de los grupos musculares y tejidos óseos.

Tabla 22. Puntuación del factor de recuperación

Situación de los periodos de recuperación	Puntuación
<ul style="list-style-type: none"> - Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno) 	0
<ul style="list-style-type: none"> - Existen al menos 4 interrupciones (además del descanso del almuerzo) de al menos 8 minutos en un turno de 7-8 horas. - Existen 4 interrupciones de al menos 8 minutos en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo). 	2
<ul style="list-style-type: none"> - Existen 3 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo). 	3

Situación de los periodos de recuperación	Puntuación
- Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 3 pausas (sin descanso para el almuerzo), de al menos 8 minutos, en un turno de 7-8 horas. - Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas.	4
- Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 7 horas sin descanso para almorzar. - En 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).	6
- No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de turno.	10

Fuente: Ergonautas

5.2.4. Factor de Frecuencia- (FF)

Para determinar el valor de este factor es necesario identificar el tipo de las acciones técnicas (estáticas y dinámicas). El método determina que se escoge la puntuación más alta entre ambas acciones. En su valoración se tienen en cuenta las siguientes tablas del método con las acciones técnicas elegidas según el caso:

Tabla 23. Puntuación de las acciones técnicas dinámicas (ATD)

Acciones técnicas dinámicas	ATD
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten las pausas.	10

Fuente: Ergonautas

Tabla 24. Puntuación de las acciones técnicas estáticas (ATE)

Acciones técnicas estáticas	ATE
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	4,5

Fuente: Ergonautas

5.2.5. Factor de Fuerza- (FFz)

Se realiza la valoración de este factor solo si se ejerce fuerza con los brazos o manos y esta calificación se da de acuerdo con la escala CR-10 de Borg expresada en la siguiente tabla.

Tabla 25. Escala CR-10 de Borg

Esfuerzo	Puntuación	OCRA FFz
Nulo	0	No se considera
Muy débil	1	
Débil	2	
Moderado	3 4	Fuerza moderada
Fuerte	5 6	Fuerza intensa
Muy fuerte	7	
Cercano al máximo	8 9 10	Fuerza casi máxima

Fuente: Ergonautas

Teniendo en cuenta lo anterior, se obtiene la puntuación de este factor de acuerdo con la duración del esfuerzo:

Tabla 26. Puntuación de las acciones que requiere esfuerzo

Fuerza moderada		Fuerza Intensa		Fuerza casi Máxima	
Duración	Puntos	Duración	Puntos	Duración	Puntos
1/3 del tiempo	2	2 seg. cada 10 min.	4	2 seg. cada 10 min.	6
50% del tiempo	4	1% del tiempo	8	1% del tiempo	12
> 50% del tiempo	6	5% del tiempo	16	5% del tiempo	24
Casi todo el tiempo	8	>10% del tiempo	24	>10% del tiempo	32

Fuente: Ergonautas

5.2.6. Factor de Posturas y Movimientos- (FP)

Para este factor, se tiene en cuenta los movimientos del hombro, codo, muñeca, mano y también, los movimientos idénticos en un ciclo de trabajo, es decir, los movimientos estereotipados.

Tabla 27. Puntuación hombro, codo, muñeca, mano y movimientos estereotipados

Posturas y movimientos del hombro	PHo
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	1
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 10% del tiempo	2
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	6
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24
<i>(*) Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicarán las puntuaciones.</i>	
Posturas y movimientos del codo	PCo
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo	8
Posturas y movimientos de la muñeca	PMu
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo	8
Duración del Agarre	PMa
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo. (Con los dedos juntos "pinza")	8
<i>(*) El agarre se considerará solo cuando sea de alguno de estos tipos: agarre en pinza o pellizco, agarre en gancho o agarre palmar</i>	
Movimientos estereotipados	PEs
- Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca, o dedos, al menos 2/3 del tiempo - O bien el tiempo de ciclo está entre 8 y 15 segundos.	1,5
-Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo -O bien el tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos	3

Fuente: Ergonautas

Con las puntuaciones obtenidas, se aplica la siguiente ecuación:

$$FP = \text{Máx} (PHo; PCo; PMu; PMa) + PEs \quad (4)$$

5.2.7. Factor de Riesgos Adicionales- (FC)

Se consideran otros factores que pueden incrementar el nivel de riesgo en función de su duración o frecuencia. Se agrupan en dos tipos: físico-mecánico y socio-organizativo.

$$FC = Ffm + Fso \quad (5)$$

Tabla 28. Puntuación de Factores socio-organizativos (Fso)

Factores socio-organizativos	Fso
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: Ergonautas

Por otro lado, el factor físico-mecánico se califica en la siguiente tabla:

Tabla 29. Puntuación de Factores físico-mecánicos (Ffm).

Factores físico-mecánicos	Ffm
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío (menos de 0º) más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3
<i>(*) Si concurren varios factores se escogerá alguna de las dos últimas opciones</i>	

Fuente: Ergonautas

5.2.8. Multiplicador de Duración- (MD)

En las puntuaciones anteriores se consideró el tiempo de exposición al riesgo igual a 8 horas, pero no es real que el trabajador todo el tiempo se encuentre expuesto a un trabajo repetitivo, ya que cuentan con descansos, pausas y tiempo de otro tipo de trabajos no repetitivos. Por lo anterior, se debe calcular el multiplicador de duración.

El MD se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 30. Multiplicador de Duración (MD).

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
60-120	0.5
121-180	0.65
181-240	0.75
241-300	0.85
301-360	0.925
361-420	0.95
421-480	1
481-539	1.2
540-599	1.5
600-659	2

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
660-719	2.8
≥720	4

Fuente: Ergonautas

5.2.9. Determinación del Nivel de Riesgo

Para obtener el valor del Índice Check List OCRA se emplea la siguiente ecuación:

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD \quad (6)$$

Con el valor obtenido en ICKL se obtiene el **nivel de riesgo y la acción recomendada**

Tabla 31. Nivel de Riesgo

Índice OCRA Check List	Nivel de Riesgo	Acción recomendada
≤ 5	Óptimo	No se requiere
5.1 - 7.5	Aceptable	No se requiere
7.6 - 11	Incierto	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto
11.1 - 14	Inaceptable Leve	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
14.1 - 22.5	Inaceptable Medio	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
> 22.5	Inaceptable Alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento

Fuente: Ergonautas

5.3. Riesgo higiénico por exposición a ruido

La estrategia de medición de ruido se realizó en base a lo dispuesto en la NTP 951, la cual considera las disposiciones de la Norma UNE EN ISO 9612:2009. Por ello, se escogió la estrategia de medición basada en el puesto de trabajo (función), ya que los operarios dentro de la empresa pueden rotar en los puestos de trabajo de peletizador y triturador, por lo tanto, se dice que el puesto de trabajo es móvil y sus tareas se componen de varias operaciones, cuyo tiempo es difícil de especificar, debido a que cada día o cada semana depende de la cantidad de materia prima transformada.

Para realizar las mediciones basadas en la función, se dividen a los trabajadores en Grupos de Exposición Homogénea (GEH), los cuales se corresponden con los puestos de trabajo. En cada puesto de trabajo, existen 2 trabajadores, por lo que la duración mínima de la medición debe ser de 5 horas, según se especifica en la tabla 32 de duración mínima de muestreo.

Tabla 32. Duración mínima del muestreo en función del GEH

Número de trabajadores del GEH n_G	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h ó subdividir el GEH

Fuente: INSHT, 2012

Según lo anterior, se procedió a realizar 5 mediciones de 2 horas cada una, para un total de 10 horas en cada puesto de trabajo.

5.3.1. Instrumento de medición

Se usaron dos dosímetros personales marca Svantek modelo SV 104IS, los cuales fueron alquilados para las mediciones y previamente fueron calibrados por la empresa, por ende, no se hizo uso de equipos de calibración. De acuerdo con sus fabricantes, estos dosímetros cumplen con las estipulaciones de la UNE- EN ISO 9612:2009, así como con las normas OSHA y ACGIH.

Tabla 33. Ficha técnica instrumento de medición

DOSÍMETRO PERSONAL	
	Marca: SVANTEK
	Modelo: SV 104IS
	Tipo: clase 2
	Filtros de ponderación: A, C y Z
	Constantes de tiempo: Slow, Fast, Impulse
	Parámetros de medición: L_{Aeq} , L_C , L_{av} y L_{peak}
	Rango de medición: 60 dBA - 140.1 dBA - Peak
	Estándares de cumplimiento: UNE-EN ISO 9612:2009, ANSI S1.25, IEC 61252, IEC 61672, OSHA, MSHA y ACGIH,

Fuente: Svantek, 2021

5.3.2. Obtención $L_{Aeq, d}$

Se debe calcular primero la exposición de cada puesto de trabajo mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,n}} \right] \text{ dB (A)} \quad (7)$$

Donde:

N= número total de mediciones

$L_{Aeq, T, n}$ = Nivel de Presión Sonora continuo equivalente de cada medición

Paso seguido, se promedia a 8 horas para obtener $L_{Aed, d}$ con la siguiente ecuación, donde T_e corresponde a la duración efectiva de la jornada de trabajo:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \log \left(\frac{T_e}{8} \right) \text{ dB (A)} \quad (8)$$

5.3.3. Cálculo de la incertidumbre

Teniendo en cuenta lo recogido en la NTP 950 (la cual está basada en la UNE-EN ISO 9612: 2009), la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario ($L_{Aed, d}$) se calcula a partir de las contribuciones $c_1 u_1$ (NTP 951, 2012), así:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (9)$$

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3 , se refieren al instrumento de medición empleado y a la posición del micrófono, respectivamente, valen ambos la unidad ($c_2 = c_3 = 1$). Los valores de u_2 y u_3 se describen a continuación según la Guía Técnica del RD 286/2006:

Tabla 34. Incertidumbre (u_2 y u_3)

Incertidumbre debida a los instrumentos de medida		Incertidumbre debida a la posición del micrófono u_3		
Tipo de Instrumento	u_2	Características de la medición	En presencia de campo reverberante	Recepción del sonido directa de la fuente
Sonómetro Clase 1	0,5 dB	Con el trabajador ausente	0,3 dB	0,5 dB
Dosímetro personal	1,0 dB	Con dosímetro personal o el trabajador presente	0,9 dB	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,0 dB			

Fuente: Adaptado de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006

El valor de $c_1 u_1$ se obtiene según la tabla 35, a partir del número de mediciones, N , y de la componente de la incertidumbre u_1 la cual se calcula según la ecuación (10).

Tabla 35. Valores (en dB) del factor c_{1u_1}

N	Incertidumbre estándar u_1											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Fuente: INSHT, 2012

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2 \right]} \quad (10)$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ = Nivel de presión sonora continuo equivalente de cada medición

N = número de mediciones

$L_{Aeq,T}$ = media aritmética de $L_{Aeq,T,n}$

Una vez calculada la incertidumbre estándar combinada, se calcula la incertidumbre expandida en la cual se tiene en cuenta el intervalo de confianza bilateral simétrico. Según la NTP 950, para este cálculo se usa el factor de cobertura k en función del intervalo de confianza que se asuma, que para este caso es del 95%.

Tabla 36. Valores de cobertura, k

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95.45	2	-
97.5	-	1,96

Fuente: INSHT, 2012

Con la determinación de k , se obtiene la incertidumbre expandida según la expresión:

$$U = k u \quad (11)$$

El intervalo de confianza donde se encuentra el valor real del nivel de presión sonora diario al que se encuentran sometidos los trabajadores oscila entre los valores de U :

$$L_{Aeq,d} \pm U \quad (12)$$

5.3.4. Cálculos de la Atenuación

Debido a que en las mediciones de ruido no se tuvo en cuenta los resultados de banda de octava, se escoge el **Método H, M, L** recogido en la NTP 638 “Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos”. Es importante anotar que, en el presente estudio se realizará el cálculo de la atenuación, aunque se haya comprobado que los trabajadores en su labor diaria no realizan el uso del EPI auditivo.

Para la aplicación de este método se precisa disponer de los valores de atenuación H, M y L que proporciona el fabricante del protector auditivo y también, conocer los niveles de presión sonora en ponderación A y C ($L_{Aeq,d}$ y L_{pico}). Teniendo la información anterior, se logra obtener el valor de reducción prevista del nivel de ruido (PNR).

Tabla 37. Ficha técnica protector auditivo

PROTECTOR AUDITIVO FONO CM 502-C MARCA STEELPRO	
	Características: en ABS y policarbonato de alta resistencia, banda acolchada, ajuste del fono para mayor comodidad y confort. Peso: 250 g
	Certificaciones: EN 352-1:2002
	Datos de atenuación: H= 27 dB M= 23 dB L= 16 dB SNR= 26 dB

Fuente: Seguridad Industrial MC Plus, 2021

Pasos para el cálculo de la atenuación:

1) Calcular la diferencia entre las ponderaciones A y C

Si $L_C - L_A \leq 2 \text{ dB}$ se usará la ecuación (13); en caso de que $L_C - L_A \geq 2 \text{ dB}$ se opta por la ecuación (14)

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} (L_C - L_A - 2) \quad (13)$$

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} (L_C - L_A - 2) \quad (14)$$

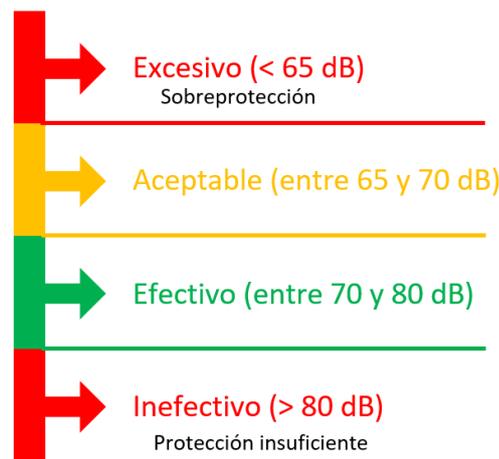
2) Cálculo del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A)

Según el INSHT (2009), el valor de L'_A debe redondearse al entero más próximo

$$L'_A = L_A - PNR \quad (15)$$

Una vez obtenido el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, se debe tener en cuenta la norma UNE-EN 458:2016, la cual recomienda los niveles de protección de los protectores auditivos:

Figura 18. Niveles de protección de los protectores auditivos



Fuente: autora a partir de la UNE-EN 458:2016

5.4. Justificación

Para la determinación de los métodos de evaluación ergonómicos elegidos en el presente trabajo, en primer lugar, se tuvo en cuenta la observación directa en la empresa en todo su proceso productivo y de allí se filtró las áreas que más se presentaban factores de riesgo ergonómicos (molienda, peletizado y sellado), lo anterior se realizó por medio de grabaciones de video, fotografías y la previa experiencia de la autora en dicha organización.

En segundo lugar, fue de utilidad el selector de métodos de la plataforma de Ergonautas, en el cual se respondió a las cuestiones planteadas por el software de acuerdo con la realidad de las tareas de la empresa (Figura 18).

Figura 19. Recomendación de Ergonautas para selección de métodos ergonómicos

Recomendaciones		
Las siguientes recomendaciones han sido obtenidas a partir de la información que has introducido		
Puedes emplear los siguientes métodos de evaluación para analizar la tarea. En ergonautas encontraras software online para todos ellos.		
Para la evaluación inicial de Riesgos: Lista de comprobación ergonómica (LCE)		
Factor de Riesgo	Presente	Método Recomendado
Posturas inadecuadas	Sí	Método RULA
Manipulación de carga	No	-----
Movimientos repetitivos	Sí	Método OCRA-CHECKLIST
Aplicación de fuerzas	No	-----
Ambiente térmico inadecuado	Sí	Método Fanger
Penosidad de la tarea	No	-----

Fuente: Ergonautas, 2021

Según Sánchez (2017), el método RULA tiene un ámbito de aplicación más amplio que el método OWAS ya que permite el análisis del cuerpo entero, pero en especial de las extremidades superiores, analizando por aparte el lado izquierdo y derecho del cuerpo y también las posturas del cuello. Por lo que, según esta primera descripción del método RULA, se adapta a las necesidades de evaluación de los puestos de trabajo ya que, las posturas forzadas se dan a priori en el tren superior del cuerpo de los trabajadores. Adicionalmente, dicho autor menciona que este método tiene en cuenta el análisis de estas posturas dentro de un ciclo repetitivo pero que a su vez, no es muy efectivo en este aspecto ya que no tiene en cuenta la duración del ciclo de trabajo. Lo anterior descrito, no afecta el análisis en la empresa debido a que los puestos a evaluar con este método no tienen un ciclo de trabajo establecido.

En cuanto a la evaluación para movimientos repetitivos, de acuerdo con Diego-Mas (2015) Check List OCRA, es la herramienta más adecuada cuando se realiza por primera vez una evaluación de este tipo y la cual se deriva del método OCRA, pero aplicable de manera más rápida y sencilla, sin dejar de lado factores de riesgo como: repetitividad, posturas inadecuadas o estáticas, falta de descanso, entre otros. Para la aplicación de este método, se eligió el puesto de trabajo de la máquina selladora B, ya que se identificó que los operarios

realizan 28 movimientos cada minuto y que este ciclo se repite 480 veces durante la jornada diaria, es decir que la operaria realiza 13.440 movimientos repetitivos aproximadamente.

Por otro lado, la evaluación higiénica se ha realizado para dar cumplimiento a la normativa nacional vigente, se deben seguir los lineamientos planteados 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. Para la selección de la estrategia de medición, se siguió la recomendación de NTP 951, en la que se escogió la estrategia basada en el puesto de trabajo (función) debido a que los puestos a evaluar no son fijos y se componen de diversas tareas. Por otra parte, las mediciones se realizaron con dosímetros que cumplan lo dispuesto en la UNE-EN 61252/A1:2003 (Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora) y la UNE-EN ISO 9612:2009 (Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo).

Los cálculos deben estar fundamentados en lo que estipula la Guía Técnica del RD 286/2006, a su vez, que con la NTP 951 y la NTP 950 donde se explica el cálculo de la incertidumbre estándar combinada y la expandida. Para finalizar, se aplica la NTP 638 de la cual se escogió el método de atenuación H, M, L, a pesar de que el método de bandas de octava sea el más fiable, debido a que los valores de las frecuencias en bandas de octava no se tuvieron en cuenta en los resultados obtenidos de los instrumentos de medición usados.

6. Evaluación de riesgos ergonómicos

En este apartado se desarrollan los métodos descritos en la metodología para las evaluaciones ergonómicas por posturas forzadas en los puestos de trabajo del triturador y del peletizador, y la evaluación de movimientos repetitivos en el puesto de trabajo de la selladora tipo B.

6.1. Carga física- puesto de trabajo del molino

Los resultados son extraídos del informe resultante de la evaluación realizada en Ergonautas y mediante la herramienta RULER de la misma página. Para el cálculo de la puntuación RULA, en principio se deben obtener las puntuaciones parciales del Grupo A (brazo, antebrazo y muñeca) y del Grupo B (cuello, tronco y piernas), posteriormente, se calculó las puntuaciones globales de estos grupos mediante las tablas 16 y 17 del apartado número 5 de Metodología y finalmente, se obtuvo la puntuación final Rula a partir de la tabla 20.

La postura evaluada corresponde a la que el trabajador adopta cuando se agacha a recoger el material plástico mediante un recipiente para luego depositarlo en el molino.

Figura 20. Postura del puesto de trabajo del molino evaluada con RULA



Fuente: autora

Tabla 38. Evaluación RULA- Puesto de trabajo del Molino

GRUPO A		
Posición del brazo	Puntuación	Descripción
	6	El brazo está flexionado más de 90 grados, está rotado y abducido.
Posición del antebrazo	Puntuación	Descripción
	3	El antebrazo está flexionado por encima de 100 grados y cruza la línea media del cuerpo (debido al movimiento que realiza para recoger el plástico con el recipiente)
Posición de la muñeca	Puntuación	Descripción
	4	La muñeca está flexionada más de 15 grados, presenta desviación cubital y está en posición de pronación en rango extremo.
	Puntuación giro	
	2	
Puntuación del Grupo A		9
A partir de la Tabla 16 del apartado 5.1., se obtiene la puntuación de los miembros del grupo.		

GRUPO B

Posición del tronco	Puntuación	Descripción
	5	El tronco está flexionado más de 60 grados y lateralizado
Posición del cuello	Puntuación	Descripción
	5	El cuello está en extensión y lateralizado.
Posición de las piernas	Puntuación	Descripción
 <p style="text-align: center;">Si los pies no están bien apoyados o si el peso no está simétricamente distribuido.</p>	2	Los pies no están bien apoyados o el peso no está simétricamente distribuido
Puntuación del Grupo B		8
A partir de la Tabla 17 del apartado 5.1., se obtiene la puntuación de los miembros del grupo.		
Carga o fuerzas ejercidas	0	La carga o fuerza es menor de 2 kg y se realiza intermitentemente.

Actividad muscular	+1	Actividad estática, se mantiene durante más de un minuto seguido o es repetitiva.
<i>El operario realiza estos movimientos casi la mitad del tiempo de su jornada en el molino, ya que debe alimentar constantemente la máquina y suplir de material a las siguientes fases del proceso productivo.</i>		

Puntuación Final RULA

Las puntuaciones A y B modificadas dan lugar a las puntuaciones C y D, a partir de las cuales se obtiene la Puntuación Final Rula, de acuerdo con la tabla 20 del apartado 5.1	Puntuación C	PUNTUACIÓN FINAL
	10	
	Puntuación D	7
	9	

Nivel de actuación

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
7	4	Muy alto	Se requieren cambios urgentes en la tarea. Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: autora a partir de Ergonautas (2021)

6.2. Carga física - puesto de trabajo de la peletizadora

Los resultados son extraídos del informe resultante de la evaluación realizada en Ergonautas y mediante la herramienta RULER de la misma página. Los cálculos para este puesto de trabajo se realizaron de la misma manera que el puesto anterior.

En este caso, la postura evaluada corresponde a la que el trabajador realiza en el momento en que empaca los pellets.

Figura 21. Postura del puesto de trabajo de la peletizadora evaluada con RULA



Fuente: autora

Tabla 39. Evaluación RULA- Puesto de trabajo de la peletizadora

GRUPO A

Posición del brazo	Puntuación	Descripción
	4	El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión, y está abducido.
Posición del antebrazo	Puntuación	Descripción
	2	El antebrazo está flexionado por encima de 100 grados.
Posición de la muñeca	Puntuación	Descripción
	3	La muñeca está flexionada más de 15 grados y está en posición de pronación en rango extremo.
	Puntuación giro	
	2	
Puntuación del Grupo A		5
A partir de la Tabla 16 del apartado 5.1., se obtiene la puntuación de los miembros del grupo.		

GRUPO B

Posición del tronco	Puntuación	Descripción
	5	El tronco está flexionado más de 60 grados y lateralizado.
Posición del cuello	Puntuación	Descripción
	2	El cuello está entre 0 y 10 grados de flexión, y está lateralizado.
Posición de las piernas	Puntuación	Descripción
 <p style="text-align: center; font-size: small;">Si los pies no están bien apoyados o si el peso no está simétricamente distribuido.</p>	2	Los pies no están bien apoyados o el peso no está simétricamente distribuido
Puntuación del Grupo B		7
A partir de la Tabla 17 del apartado 5.1., se obtiene la puntuación de los miembros del grupo.		

Carga o fuerzas ejercidas	0	La carga o fuerza es menor de 2 kg y se realiza intermitentemente.
Actividad muscular	+1	Actividad estática, se mantiene durante más de un minuto seguido o es repetitiva.

El operario realiza estos movimientos casi la mitad del tiempo de su jornada en la peletizadora, ya que debe vaciar el cajón donde se depositan los pellets terminados y empacarlos en sacos para su almacenamiento y posterior venta o distribución.

Puntuación Final RULA

Las puntuaciones A y B modificadas dan lugar a las puntuaciones C y D, a partir de las cuales se obtiene la Puntuación Final Rula, de acuerdo con la tabla 20 del apartado 5.1	Puntuación C	PUNTUACIÓN FINAL
	Puntuación D	
	6	7
	8	

Nivel de actuación

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
7	4	Muy alto	Se requieren cambios urgentes en la tarea. Es necesaria la actuación de inmediato.

Fuente: autora a partir de Ergonautas (2021)

6.3. Método Check List OCRA- puesto de trabajo de la selladora tipo B

Siguiendo la metodología planteada por el procedimiento del Check List OCRA, se obtuvieron los resultados expuestos en el presente subapartado.

La operaria de la selladora evaluada tiene una jornada de trabajo de 8 horas de lunes a viernes, de estas 8 horas realiza 1 hora de labores de limpieza de su puesto de trabajo y del almacén donde guardan las bolsas terminadas para venta y distribución. Cuenta con aproximadamente media hora de descansos (pausas) distribuidas normalmente en dos descansos de 15 minutos (mañana y tarde) y también dispone de 1 hora de almuerzo. Mediante observación en la planta y con los videos realizados, se cuenta con que la operaria sella en promedio 50 bolsas por un ciclo de trabajo. El ciclo inicia cuando la operaria comienza a sellar un nuevo paquete de 50 bolsas, hasta que lo finaliza, por lo que cada ciclo dura aproximadamente 111 segundos.

Tabla 40. Datos para evaluación selladora tipo B

Selladora tipo B			
Duración del turno	Tiempo de trabajo no repetitivo	Pausas en el puesto	Descanso almuerzo
480 min (8 h)	60 min (tareas de orden y limpieza del puesto de trabajo y almacén)	30 min (2 descansos oficiales de 15 min cada uno)	60 min
N° unidades por ciclo	Número de ciclos	Tiempo Neto del Ciclo	
50 bolsas	178 ciclos	111 seg	

Fuente: autora

Tabla 41. Resultados Check List OCRA

Evaluación ergonómica movimientos repetitivos			
Factor	Valor/ Puntuación	Descripción	
TNTR	330 min	$TNTR = 480 - (60 + 30 + 60)$ Ecuación (1)	
TNC	111 seg	$TNC = 60 \times \frac{330}{178}$ Ecuación (2)	
FR	4	Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. (Tabla 22)	
FF	2,5	ATD= 1 Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas. (Tabla 23)	
		ATE= 2,5 Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación). (Tabla 24)	
FFz	8	Según la escala CR-10 de Borg, se considera este valor <u>como "Esfuerzo Moderado"</u> ya que, los operarios realizan <u>manipulación de objetos</u> (bolsas y paquetes de bolsas) durante todo el tiempo de los movimientos. (Tablas 25 y 26)	
FP	11	PHo= 1; El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	
		PCo= 8; El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi	
		PMu= 8; La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo	
		PMa= 8; Casi todo el tiempo. (Con los dedos juntos "pinza")	
		Pes= 3; Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo	
Tabla 27 y Ecuación (4)			

Evaluación ergonómica movimientos repetitivos		
Factor	Valor/ Puntuación	Descripción
FC	2	Fso = 0 ; puesto que la selladora es manual, por lo tanto, el ritmo de trabajo no es determinado por la máquina (Tabla 28) Ffm= 2 ; Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm. (Tabla 29 y
MD	0,925	TNTR= 330 min (rango entre 301-360 min) (Tabla 30)
Determinación del Nivel de Riesgo		
$ICKL = (4 + 2,5 + 8 + 11 + 2) \times 0,925$		Ecuación (6)
ICKL		25,4
Interpretación del Nivel de Riesgo		
Índice OCRA Check List	Nivel de Riesgo	Acción recomendada
> 22.5	Inaceptable Alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento

Fuente: autora a partir de Ergonautas, 2021

Según se puede ver en la tabla anterior, el ICKL es de 25,4 y por lo tanto que el nivel de riesgo es Inaceptable Alto.

7. Evaluación de riesgos higiénicos

Para la evaluación de ambos puestos de trabajo, se realizaron las mediciones de acuerdo con la estrategia basada en el puesto de trabajo o en la función y según el GEH, se hicieron 5 mediciones de 2 horas cada una, en cada puesto. Se usaron dos dosímetros personales de clase 2 previamente calibrados, lo que permitió obtener los resultados expuestos en los apartados siguientes.

7.1. Medición de ruido puesto de trabajo: Peletizador

La medición del puesto de trabajo se realizó en jornada diurna, realizando las cinco mediciones y obteniendo el siguiente nivel de exposición.

Tabla 42. Resultado mediciones- Peletizador

Mediciones						Dif máx.
N°	1	2	3	4	5	1,8 dB (A)
$L_{Aeq,T,n}$ dB(A)	85,3	85,3	85,3	85,3	85,3	

Fuente: autora

7.1.1. Obtención $L_{Aed,d}$

Se debe calcular primero la exposición de cada puesto de trabajo mediante la ecuación (7) del subapartado 5.3.2, obteniendo:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \text{ Log } \left[\frac{1}{5} (10^{0,1 \times 85,3} + 10^{0,1 \times 84,1} + 10^{0,1 \times 84,3} + 10^{0,1 \times 83,5} + 10^{0,1 \times 83,9}) \right] = \mathbf{84,3 \text{ dB (A)}} \quad (16)$$

Paso seguido, se promedia a 8 horas para obtener $L_{Aed,d}$ con la ecuación 8:

$$L_{Aeq,d} = 84,3 + 10 \log \left(\frac{7,5}{8} \right) = \mathbf{84,0 \text{ dB (A)}} \quad (17)$$

7.1.2. Cálculo de la incertidumbre

Se calcula usando la ecuación 9 (subapartado 5.3.3) y se usan los valores de incertidumbre de u_2 y u_3 señalados en la tabla 34. Por otro lado, el valor de $c_1 u_1$ se obtiene según la tabla 35, a partir del número de mediciones, N , y de la componente de la incertidumbre u_1 la cual se calcula con la ecuación (10).

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{4} [(85,3 - 84,2)^2 + (84,1 - 84,2)^2 + (84,3 - 84,2)^2 + (83,5 - 84,2)^2 + (83,9 - 84,2)^2]} = 0,67 \quad (18)$$

De acuerdo con estos resultados parciales, se obtiene que el factor $c_1 u_1 \approx 0,5$, por lo que se procede a calcular la Incertidumbre Estándar Combinada:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = 0,5^2 + 1^2 (1^2 + 1,5^2) \rightarrow \sqrt{3,5} = 1,9 \quad (19)$$

Para finalizar, se calcula la Incertidumbre Expandida con la ecuación (11) y (12), para la cual se asume un valor k de **1,96** el cual corresponde a un **intervalo de confianza del 95%**.

$$U = 1,96 \times 1,9 = 3,9 \quad (20)$$

7.1.3. Atenuación

Como se mencionó en el subapartado 5.3.4., se aplicó el método H, M, L empleando la ecuación (14) ya que la diferencia entre ponderaciones fue mayor que 2 dB y por último, se halló L'_A según la ecuación (15).

$$PNR = 23 - \frac{23 - 16}{8} (96,8 - 84,0 - 2) = 13,6 \text{ dB} \quad (21)$$

$$L'_A = 84,0 - 13,6 = 70,4 \approx 70 \text{ dB (A)} \quad (22)$$

Tabla 43. Resultados exposición a ruido- Peletizador

Puesto de trabajo: Peletizador			Jornada laboral de 8 horas (6:00 a 14:30), con 30 min de descanso.	
Mediciones			Resultados	
N°	$L_{Aeq, T, n}$	Diferencia máxima	$\overline{L_{Aeq, T}}$	
			$L_{Aeq, d}$	84,2 dB (A)
1	85,3 dB (A)	1,8 dB (A)	L_{pico}	96,8 dB (C)
2	84,1 dB (A)		$L_C - L_A$	≥ 2 dB
3	84,3 dB (A)		Exposición diaria	420 min (7,5 h)
4	83,5 dB (A)		$L_{Aeq, d} \pm U$	$84,0 \pm 3,9$
5	83,9 dB (A)		L'_A	70 dB (A)

Fuente: autora

7.2. Medición de ruido puesto de trabajo: Triturador

La medición del puesto de trabajo se realizó en jornada diurna, realizando las cinco mediciones y obteniendo el siguiente nivel de exposición para el segundo puesto estudiado.

Tabla 44. Resultado mediciones- Triturador

Mediciones						Dif máx.
N°	1	2	3	4	5	1,2 dB (A)
L _{Aeq,T,n} dB(A)	87,9	87,9	87,9	87,9	87,9	

Fuente: autora

Se procede a realizar los cálculos de la misma manera que en el puesto del peletizador:

7.2.1. Obtención L_{Aed, d}

$$L_{Aeq,Te} = 10 \text{ Log} \left[\frac{1}{5} (10^{0,1 \times 87,9} + 10^{0,1 \times 88,4} + 10^{0,1 \times 88,2} + 10^{0,1 \times 87,6} + 10^{0,1 \times 87,2}) \right] = 87,9 \text{ dB (A)} \quad (23)$$

Se promedia a 8 horas para obtener L_{Aed, d}

$$L_{Aeq,d} = 87,9 + 10 \log \left(\frac{7,5}{8} \right) = 87,6 \text{ dB (A)} \quad (24)$$

7.2.2. Cálculo de la incertidumbre

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{4} [(87,9 - 87,9)^2 + (88,4 - 87,9)^2 + (88,2 - 87,9)^2 + (87,6 - 87,9)^2 + (87,2 - 87,9)^2]} = 0,48 \quad (25)$$

De acuerdo con estos resultados parciales, se obtiene que el factor $c_1 u_1 \approx 0,3$, por lo que se procede a calcular la Incertidumbre Estándar Combinada:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = 0,3^2 + 1^2 (1^2 + 1,5^2) = \sqrt{3,3} = 1,8 \quad (26)$$

Para finalizar, se calcula la Incertidumbre Expandida con un valor **k de 1,96** el cual corresponde a un **intervalo de confianza del 95%**.

$$U = 1,96 \times 1,8 = 3,5 \quad (27)$$

7.2.3. Atenuación

En este caso, la diferencia entre ponderaciones también fue mayor que 2 dB, por lo que se usa la misma ecuación que en el puesto de trabajo del peletizador.

$$PNR = 23 - \frac{23 - 16}{8} (104,3 - 87,6 - 2) = 10,1 \text{ dB} \quad (28)$$

$$L'_A = 87,6 - 10,1 = 77,5 \approx 78 \text{ dB (A)} \quad (29)$$

Tabla 45. Resultados exposición a ruido- Triturador

Puesto de trabajo: Triturador			Jornada laboral de 8 horas (6:00 a 14:30), con 30 min de descanso.	
Mediciones			Resultados	
N°	$L_{Aeq, T, n}$	Diferencia máxima	$\overline{L_{Aeq, T}}$	
			$L_{Aeq, d}$	87,9 dB (A)
			L_{pico}	87,6 dB (A)
1	87,9 dB (A)	1,2 dB (A)	$L_C - L_A$	104,3 dB (C)
2	88,4 dB (A)		Exposición diaria	≥ 2 dB
3	88,2 dB (A)		$L_{Aeq, d} \pm U$	420 min (7,5 h)
4	87,6 dB (A)		L'_A	87,6 ± 3,5
5	87,2 dB (A)			78 dB (A)

Fuente: autora

8. Resultados

En primer lugar, se realizaron las evaluaciones para carga física mediante el método RULA, para dos puestos de trabajo, en los cuales, para ambos casos se obtuvo un nivel de riesgo **“muy alto”** lo que requiere actuación de manera inmediata y para lo cual, se recomienda cambios urgentes en la tarea. Además, es importante analizar los factores que agravan la situación de cada puesto de trabajo evaluado:

- **Puesto de trabajo del molino:** ángulo y abducción del brazo, tronco flexionado a más de 60 grados y extensión del cuello. Además, el operario realiza la actividad evaluada casi la mitad de la jornada laboral, es decir, por aproximadamente 4 horas diarias.
- **Puesto de trabajo de la peletizadora:** la muñeca se encuentra en flexión a más de 15 grados, con pronación extrema y girada. El tronco mantiene una flexión de más de 60 grados. También mantiene estas posturas forzadas aproximadamente la mitad de la jornada laboral.

Las posturas analizadas mediante RULA, permiten observar que son actividades básicas pero que demandan desgaste físico, debido a las posturas forzadas que adoptan los trabajadores para llevar a cabo tareas que podrían ser mecánicas y con poca intervención del trabajador.

En segundo lugar, se evaluaron los movimientos repetitivos que realiza la operaria en la selladora manual tipo B, por medio de la metodología Check List OCRA. En dicha evaluación, se obtuvo un nivel de riesgo **“inaceptable alto”** por lo que el método recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento. Dentro de los resultados obtenidos en el informe de Ergonautas, se tiene que el 68,75% de la jornada laboral analizada es de trabajo repetitivo, 18,75% del tiempo en pausas y el 12,50% de trabajo no repetitivo. Por otro lado, en la figura 19, se observa que el factor que más aporta al nivel de riesgo obtenido es el factor de postura (FP), seguido del factor fuerza (Ffz), el cual es debido al tipo de manipulación (tipo pinza) que realiza la operaria al coger cada bolsa, además que es una tarea de precisión al momento de sellar el borde.

Figura 22. Aporte de los factores del Índice Check List OCRA



Fuente: Ergonautas, 2021

Por último, se evaluó la exposición a ruido como factor higiénico en los puestos de trabajo del triturador y el peletizador, donde se realizaron las mediciones necesarias de acuerdo con la NTP 951, se hicieron los cálculos de exposición a ruido según la Guía Técnica del R.D. 286/2006 y se calculó la atenuación de los protectores auditivos que poseen los operarios, pero los cuales no son utilizados. De acuerdo con el artículo 5 del R.D. 286/2006, se tiene el valor límite de exposición, los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción. Según el numeral 2 del mismo artículo, en el análisis de exposición a ruido, al aplicar el valor límite de exposición se debe tener en cuenta la atenuación de los protectores auditivos y en los valores superiores e inferiores, no se tiene en cuenta los efectos producidos por los protectores. Por lo anterior, se exponen los valores de exposición y se analiza los resultados finales en las siguientes tablas (tabla 46 y tabla 47):

Tabla 46. Valores de exposición según RD 286/2006

Valores límites de exposición	Valores superiores de exposición	Valores inferiores de exposición
$L_{Aeq,d} = 87$ dB (A) $L_{pico} = 140$ dB (C)	$L_{Aeq,d} = 85 - >87$ dB (A) $L_{pico} = 137$ dB (C)	$L_{Aeq,d} = <80 - 85$ dB (A) $L_{pico} = 135$ dB (C)

Fuente: autora a partir del RD 286/2006

Tabla 47. Análisis resultados exposición a ruido

Puesto de trabajo	Resultados			Valores límites de exposición	Valores superiores de exposición	Valores inferiores de exposición
	$L_{Aeq,d}$ [dB (A)]	L_{pico} [dB (C)]	L'_A [dB (A)]			
Peletizador	84,0	96,8	70	No sobrepasa	-	Aplica para $L_{Aeq,d}$
Triturador	87,6	104,3	78	No sobrepasa	Aplica para $L_{Aeq,d}$	-

Fuente: autora

De acuerdo con la tabla anterior, se observa que ambos puestos de trabajo no sobrepasan el valor límite de exposición teniendo en cuenta el valor de la atenuación (L'_A) en ponderación A. En cuanto los demás valores de exposición, el peletizador se encuentra en el rango de exposición diaria ($L_{Aeq, d}$) de los valores inferiores que dan lugar a una acción, por el contrario del triturador, que se encuentra en el rango de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. Además, se puede ver que L_{pico} no sobrepasa en ninguno de los casos los valores de exposición.

9. Planificación preventiva

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en su artículo 16 dispone las pautas básicas para iniciar la planificación de la actividad preventiva. De acuerdo con lo anterior, en el presente trabajo se proponen las medidas preventivas para actuar de manera efectiva ante los riesgos higiénicos y ergonómicos detectados a través de las evaluaciones de riesgo aplicadas.

La planificación preventiva se estructura en formato tabla, clasificando entre medidas que aplican para los riesgos higiénicos y ergonómicos y en las que se ha contemplado:

- Puesto de trabajo: peletizador, triturador y selladora.
- Riesgo: carga física, movimientos repetitivos, exposición a ruido y generales de PRL.
- Tipo de la medida, según la jerarquía de los controles (eliminación, sustitución, control de ingeniería y control administrativo).
- Costes: directos e indirectos los cuales son ampliados en el presupuesto (tabla 50)
- Medidas preventivas con sus actividades a realizar (si es necesario).
- Objetivo principal de la medida.
- Plazo de ejecución, definiendo una fecha de inicio y de finalización.
- Responsables tanto de ejecución como de seguimiento de la medida en la organización.

Por otro lado, las medidas preventivas propuestas se realizaron con base a las necesidades de la empresa en relación con el resultado de las evaluaciones ergonómicas e higiénicas y a la vez, teniendo en cuenta la realidad económica de la organización. Por tanto, dichas medidas son ajustadas al presupuesto que la empresa puede disponer en los plazos establecidos dentro de la misma planificación para que se puedan ejecutar satisfactoriamente y contribuir de manera positiva en la seguridad y salud de los trabajadores.

Tabla 48. Planificación preventiva riesgos ergonómicos

PUESTO DE TRABAJO: PELETIZADOR					
Riesgo	Carga física	Tipo de medida	Control de ingeniería	Coste económico	2.100 €
Medida	Instalar tolva de llenado de sacos , permitiendo el vaciado automático del material en los sacos. (Reemplazo por medios mecánicos).				
Objetivo de la medida	Prevenir la posición forzada adoptada por el operario de manera continua durante su jornada laboral				
Fecha inicio-finalización	01/04/2022–30/04/2022	Responsable de ejecución	Gerente general		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		
PUESTO DE TRABAJO: TRITURADOR					
Tipo de riesgo	Carga física	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	315 €
Medida	Comprar un carrito tipo plataforma para facilitar el transporte de los sacos con pellets dentro de la empresa. El carrito debe contar con manija tubular para facilitar el agarre, plataforma con superficie antideslizante, ruedas con maniobra de freno y con una dimensión de 1050x700 mm.				
Objetivo de la medida	Evitar manipulaciones manuales de carga en el transporte de sacos con pellets al lugar de almacenamiento				
Fecha inicio-finalización	01/03/2022–31/03/2022	Responsable de ejecución	Gerente general		
Frecuencia de control	Semestral	Responsable de seguimiento	Auxiliar de logística		

Riesgo	Carga física	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	120 €
Medida	Comprar una herramienta tipo recogedor con ruedas y cesto colector que permitirá recolectar las láminas de plástico del suelo, en una posición bípeda.				
Objetivo de la medida	Prescindir de la posición forzada que adopta el operario al realizar recolección manual del plástico para alimentar el molino				
Fecha inicio-finalización	01/02/2022–28/02/2022	Responsable de ejecución	Gerente general		
Frecuencia de control	Semestral	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		
TIPO DE RIESGO: SELLADORA					
Tipo de riesgo	Carga física	Tipo de medida	Control de ingeniería	Coste económico	100 €
Medida	Rediseño del puesto de trabajo. Instalar escalones firmes (3 huellas, 3 contrahuellas) , con dimensiones adecuadas (relación huella y contrahuella de 29x17 cm) y en estructura de acero para que el operario alcance la boca del molino y le permita vaciar el material recogido con la herramienta anteriormente propuesta. Adecuación encargada a empresa externa.				
Objetivo de la medida	Permitir al operario acciones seguras para operar de manera adecuada el molino				
Fecha inicio-finalización	01/03/2022–31/03/2022	Responsable de ejecución	Supervisor de producción		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		
PUESTO DE TRABAJO: SELLADORA					
Riesgo	Movimientos repetitivos	Tipo de medida	Sustitución	Coste económico	600 €

Medida	Innovación tecnológica. Reemplazar una de las selladoras manuales tipo B por una termoselladora automática que se ajuste a las dimensiones de las bolsas manejadas en el catálogo de productos de la empresa.				
Objetivo de la medida	Automatizar el sellado de las bolsas tipo miel y permitir la rotación del personal entre las máquinas manuales y la automática				
Fecha inicio-finalización	01/05/2022–31/05/2022	Responsable de ejecución	Gerente general		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		
Riesgo	Movimientos repetitivos	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	N/A
Medida	Rotación de personal. Realizar una rotación mensual de los operarios entre las selladoras tipo B (manual y automática) y también, entre las selladoras tipo A y B.				
Objetivo de la medida	Prevenir la fatiga osteomuscular derivada de los movimientos repetitivos evaluados				
Fecha inicio-finalización	01/06/2022–30/06/2022	Responsable de ejecución	Supervisor de producción		
Frecuencia de control	Mensual	Responsable de seguimiento	Gerente general		
PUESTOS DE TRABAJO: PELETIZADOR, TRITURADOR Y SELLADORA					
Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	160 €
Medida	Realizar formación de 2 horas , de acuerdo con los riesgos específicos del puesto de trabajo (art. 19 Ley 31/995), riesgos ergonómicos por carga física y movimientos repetitivos, además de las medidas preventivas o correctivas a aplicar.				

Objetivo de la medida	Sensibilizar a los operarios sobre los riesgos en la operación de maquinaria industrial				
Fecha inicio-finalización	01/02/2022–28/02/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Reciclaje cada 2 años	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		
Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	240 €
Medida	Vigilancia de la salud con enfoque osteomuscular. Realizar seguimiento del sistema musculoesquelético de los 8 trabajadores del área de peletizado, molienda y sellado.				
Objetivo de la medida	Prevenir enfermedades laborales				
Fecha inicio-finalización	01/07/2022–31/07/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		
Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	5.274,2 €/año
Medida	Realizar dos pausas activas de 10 minutos cada una (mañana y tarde), donde se hagan estiramientos o actividades grupales para los 16 trabajadores del área de producción.				
Objetivo de la medida	Reducir la fatiga física, incrementar la productividad del trabajador y afianzar relaciones sociales				
Fecha inicio-finalización	A partir de enero 2022	Responsable de ejecución	Supervisor de producción		
Frecuencia de control	Realización diaria	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		

Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	700 €
Medida	Contratar a una empresa externa para que realice un curso de hábitos saludables y escuela de espalda con duración de 6 horas, para los trabajadores de la empresa (23 trabajadores), impartido por una empresa externa.				
Objetivo de la medida	Instruir a los trabajadores en la adopción de posturas adecuadas durante la jornada laboral				
Fecha inicio-finalización	01/08/2022–31/08/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (contrata a una empresa externa para realizar el curso)		
Frecuencia de control	Reciclaje cada 2 años	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		

Fuente: autora

Tabla 49. Planificación preventiva riesgos higiénicos

PUESTO DE TRABAJO: PELETIZADOR					
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Sustitución	Coste económico	2.000 €
Medida	Acción técnica sobre la fuente (foco emisor) <ul style="list-style-type: none"> – Cambiar las partes mecánicas del motor de la peletizadora por piezas nuevas, como las de la caja de cambios y la cadena – Contratar a una empresa técnica especializada para evaluar la posibilidad de instalar silenciadores como elementos atenuantes de ruido 				
Objetivo de la medida	Reducir el nivel de ruido emitido por la máquina mediante adecuaciones técnicas y controles de ingeniería				
Fecha inicio-finalización	01/04/2022–30/04/2022	Responsable de ejecución	Gerente general		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	15,2 €
Medida	Realizar la vigilancia de la salud y audiometrías para los 2 trabajadores del puesto de trabajo del peletizador, según lo estipulado en el artículo 11 del R.D. 286/2006 y llevar el registro y archivo de datos según la Ley 31/1995				
Objetivo de la medida	Prevenir enfermedades laborales en los trabajadores				
Fecha inicio-finalización	01/02/2022–28/02/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Quinquenal	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		

Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	66 €
Medida	Realizar la evaluación de riesgos basada en los niveles de exposición de ruido cada 3 años según lo especificado en el RD 286/2006, cuando el nivel de exposición de ruido se encuentra en el Valor Inferior de Exposición (80 – 85 dB (A))				
Objetivo de la medida	Controlar periódicamente los niveles de exposición a ruido de los operarios				
Fecha inicio-finalización	Sept – Diciembre 2024	Responsable de ejecución	Gerente general (SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Trienal	Responsable de seguimiento	Trabajador designado y SPA		
PUESTO DE TRABAJO: TRITURADOR					
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control de ingeniería	Coste económico	300 €
Medida	Instalar panel acústico compuesto por material acrílico, con espesor de 5,5 mm y dimensión de 1200x600 mm cada panel.				
Objetivo de la medida	Evitar la reflexión del ruido emitido por el molino a otras áreas de la empresa				
Fecha inicio-finalización	01/05/2022–31/05/2022	Responsable de ejecución	Gerente general y SPA (asesoría higiénica)		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Trabajador designado y SPA		
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	10 €

Medida	<ul style="list-style-type: none"> – Comprar una señal en forma de panel para señalar el área del molino con el riesgo de exposición a ruido (art. 4 del R.D. 286/2006) y al RD 485/1997 (medida colectiva) – Supervisar el uso obligatorio de la protección individual en esta área. De acuerdo con el artículo 7 del R.D. 286/2006, para los operarios del área de triturado, es obligatorio el uso de EPI's, por lo que la empresa debe velar por que haga uso de ellos. (medida sobre el receptor) 				
Objetivo de la medida	Precisar el uso de los protectores auditivos en el área del molino y señalar el área de exposición superior a ruido				
Fecha inicio-finalización	01/02/2022–28/02/2022	Responsable de ejecución	Gerente general y trabajador designado		
Frecuencia de control	Señalización (Anual) Supervisión (Diaria)	Responsable de seguimiento	Trabajador designado y SPA		
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	25,08 €
Medida	Realizar la debida vigilancia de la salud y audiometrías para los 2 trabajadores del puesto de trabajo del triturador, según lo estipulado en el artículo 11 del R.D. 286/2006 y llevar el registro y archivo de datos según la Ley 31/1995				
Objetivo de la medida	Prevenir enfermedades laborales en los trabajadores				
Fecha inicio-finalización	01/02/2022–28/02/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Trienal	Responsable de seguimiento	Trabajador designado y SPA		
Riesgo	Exposición a ruido	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	200 €

Medida	Realizar la evaluación de riesgos basada en los niveles de exposición de ruido cada año según lo especificado en el RD 286/2006, cuando el nivel de exposición de ruido se encuentra en el Valor Superior de Exposición (> 87 dB (A))				
Objetivo de la medida	Controlar periódicamente los niveles de exposición a ruido de los operarios				
Fecha inicio-finalización	Sept – Diciembre 2022	Responsable de ejecución	Gerente general (la actividad la hará el SPA por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Anual	Responsable de seguimiento	Trabajador designado y SPA		
PUESTOS DE TRABAJO PELETIZADOR, TRITURADOR Y SELLADORA					
Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	N/A
Medida	Permitir la rotación mensual entre los operarios de las áreas de peletizado y triturado , debido a que el puesto de trabajo del triturador tiene un mayor nivel de exposición que el puesto de trabajo del peletizador				
Objetivo de la medida	Planificar la distribución del trabajo ruidoso entre todos los operarios				
Fecha inicio-finalización	A partir de Enero 2022	Responsable de ejecución	Supervisor de producción		
Frecuencia de control	Mensual	Responsable de seguimiento	Trabajador designado		
Tipo de riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	800 €
Medida	Contratar empresa externa que realice mantenimiento preventivo de todas las máquinas cada 6 meses				
Objetivo de la medida	Prevenir y controlar emisión de ruido innecesaria por falta de mantenimientos periódicos				

Fecha inicio-finalización	A partir de Enero 2022	Responsable de ejecución	Gerente general (empresa externa por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Semestral	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		
PUESTOS DE TRABAJO PELETIZADOR Y TRITURADOR					
Riesgo	General de PRL	Tipo de medida	Control administrativo	Coste económico	160 €
Medida	Formación de 4 horas en riesgos asociados a la exposición al ruido (4 trabajadores)				
Objetivo de la medida	Concienciar a los trabajadores frente a los riesgos que concurren en la actividad industrial				
Fecha inicio-finalización	01/03/202 –31/03/2022	Responsable de ejecución	Gerente general (empresa externa por encargo del gerente)		
Frecuencia de control	Reciclaje cada 2 años	Responsable de seguimiento	Supervisor de producción		

Fuente: autora

Con la finalidad de aclarar y explicar más, algunas de las medidas propuestas en la planificación preventiva, se describen a continuación:

- **Instalar tolva de llenado de sacos:** consta de una estructura metálica que sostiene la tolva auto cargante, sistema de pesaje ajustable en kilogramos, y ruedas que permiten el desplazamiento. El funcionamiento de la tolva ensacadora consiste básicamente en un sistema de aspiración para conducir los pellets hasta la boca de la tolva por medio de un tubo de acero y luego por vibración, se realiza el llenado de los sacos. El fabricante se hace cargo de la instalación y acople a la peletizadora.

Figura 23. Tolva de llenado de sacos



Fuente: Alogra, 2022

- **Comprar un carrito tipo plataforma:** carro con manija tubular para facilitar el agarre, plataforma con superficie antideslizante, ruedas con maniobra de freno y con una dimensión de 1050x700 mm.

Figura 24. Carrito tipo plataforma



Fuente: Kaiser+Kraft, 2022

- **Comprar una herramienta tipo recogedor con ruedas y cesto colector:** el recogedor cuenta con mango ergonómico que proporcionará una posición neutral de la muñeca y agarre completo. Una vez se llene el cesto, el operario solo debe retirarlo de la herramienta y vaciar el plástico de la primera trituración al molino evaluado.

Figura 25. Recogedor con ruedas y cesto



Fuente: Enlago, 2022

- **Termoselladora automática:** la selladora cuenta con un portarrollos metálico y es de funcionamiento en ciclo continuo, lo cual permite mantener una temperatura estable para el sellado homogéneo de las bolsas. Está diseñada para usarla encima de una mesa o empotrada en muebles.

Figura 26. Termoselladora automática



Fuente: Dental Broker, 2022

- **Instalar panel acústico:** compuesto por material acrílico, con espesor de 5,5 mm y dimensión de 1200x600 mm cada panel.

Figura 27. Panel acústico



Fuente: Thomann, 2022

- **Comprar una señal en forma de panel para señalar el área del molino con el riesgo de exposición a ruido:** de acuerdo con el RD 485/1997 Anexo III (Señales en forma de panel) las señales de obligación son de forma redonda y el pictograma es blanco sobre fondo azul.

Figura 28. Señal de obligación uso de protección acústica



Fuente: AT Protección, 2022

A continuación, se describe el presupuesto o coste económico total de la planificación preventiva propuesta (tabla 50), desglosado por tipo de medida (sustitución, control de ingeniería y control administrativo) y el último capítulo según el concierto entre la empresa-SPA. Por otra parte, se describe la cantidad requerida de cada medida, así como su unidad de medida (si la medida aplica por unidad, servicio, curso, trabajador, etc.), el coste unitario y coste total de cada medida.

Cabe aclarar que, en las medidas “Incluidas en el concierto con el SPA”, se especifica el coste por trabajador en cada área donde se debe aplicar la medida; por ejemplo, en la Formación de 2 horas en riesgos específicos ergonómicos, se especifica que es para los puestos de trabajo del peletizador, triturador y selladoras, por lo que su coste se calcula de acuerdo a los trabajadores de estas tres áreas y así mismo, con la medida de formación de 4 horas.

Tabla 50. Presupuesto planificación preventiva

Medidas preventivas	Cantidad	Unidad de medida	Coste unitario (€)	Coste (€)
Sustitución				
Termoselladora automática	1	Und.	600	600
Cambiar partes mecánicas del motor de la peletizadora e instalar silenciadores	1	Servicio	2.000	2.000
Subtotal				2.600
Control de ingeniería				
Instalar tolva de llenado de sacos	1	Und.	2.100	2.100
Instalar escalones	1	Und.	100	100
Instalar panel acústico	1	Und.	300	300
Subtotal				2.500
Control administrativo				
Comprar un carrito tipo plataforma	1	Und.	315	315
Comprar una herramienta tipo recogedor	1	Und.	120	120
Curso de hábitos saludables y escuela de espalda	1	Curso	700	700
Realizar 2 pausas activas de 10 min c/u	16	Trab/año	329,6	5.274,2
Comprar una señal de exposición a ruido	1	Und.	10	10

Medidas preventivas	Cantidad	Unidad de medida	Coste unitario (€)	Coste (€)
Contratar empresa externa para realizar mantenimiento preventivo de máquinas (semestral)	2	Servicio	400	800
Subtotal				7.219,20
Incluidas en concierto con SPA				
Formación de 2 horas en riesgos específicos ergonómicos (puestos de trabajo del peletizador, triturador y selladoras)	8	Trabajador	20	160
Realizar la vigilancia de la salud con enfoque osteomuscular (Anual)	8	Trabajador	30	240
Realizar la vigilancia de la salud y audiometrías cada 5 años (puesto de trabajo del peletizador)	0,2*	Und.	76 (2 trabaj.)	15,2
Realizar la evaluación de riesgos cada 3 años (puesto de trabajo del peletizador)	0,33	Und.	200	66
Realizar la vigilancia de la salud y audiometrías cada 3 años (puesto de trabajo del triturador)	0,33	Und.	76 (2 trabaj.)	25,08
Realizar la evaluación de riesgos cada año (puesto de trabajo del triturador)	1	Und.	200	200
Formación de 4 horas en riesgos asociados a la exposición al ruido (puesto de trabajo del peletizador y triturador)	4	Trabajador	40	160
Subtotal				866,28
<i>*Se realiza el cálculo de la fracción que corresponde al año del presupuesto estimado. Por ejemplo, la vigilancia de la salud es cada 5 años, por lo que la incidencia que cubre en el año estimado del presupuesto es la quinta parte, es decir, 0,2. Así mismo, para el resto.</i>				
TOTAL				13.185,48

Fuente: autora

10. Conclusiones

Las condiciones de las actividades realizadas en las empresas industriales con procesos tecnificados pero que, de cierta manera, conservan las tareas manuales debido al tipo de máquinas que poseen, conlleva a una serie de riesgos laborales relevantes que afectan directamente la seguridad y salud de los trabajadores. Por consiguiente, se decidió realizar el presente TFE, enfocando la investigación en los riesgos ergonómicos e higiénicos de los puestos de trabajo del peletizador, triturador y selladora, ya que se identificó por medio de observación en planta, que requerían principal atención por la complejidad de los factores de riesgo manifestados.

Por lo tanto, con la aplicación de la metodología RULA, se identificó que en ambos puestos de trabajo (molino y peletizadora), existe un nivel de riesgo “muy alto”. Y no es para menos, ya que se pudo observar las posturas que adoptan los operarios en las dos actividades evaluadas. Por parte del operario del molino, se pudo apreciar que los factores agravantes son debidos a las flexiones que realiza el brazo, el grado de flexión del tronco y la extensión del cuello. De manera similar, el operario de la peletizadora realiza flexión del tronco bastante preocupante y a todo lo anterior, se le debe sumar el tiempo que duran realizando este tipo de tarea. Lo anterior, implica considerar la aplicación de una serie de medidas preventivas como la modificación de elementos de la máquina, rediseño del puesto de trabajo, suministro de herramientas manuales, entre otras.

Para finalizar el estudio ergonómico, se evaluó el puesto de trabajo de la selladora tipo B, por el factor de riesgo predominante que son los movimientos repetitivos. Como resultado de la aplicación de la metodología Check List OCRA, se obtuvo una valoración del nivel de riesgo “inaceptable alto” para lo cual, se propusieron medidas preventivas y de control específicas, que el empresario puede llevar a cabo con facilidad, además, de otras medidas de carácter general, como la formación e información y la vigilancia de la salud. Cabe anotar que, como se expresó en el apartado de resultados, el factor predominante es el de la postura (FP), ya que el brazo no posee apoyo en el momento de hacer la acción de sellar, la muñeca permanece doblada todo el tiempo, se requiere un trabajo de precisión en toda la acción de sellar, entre otros factores perjudiciales.

Por otro lado, en cuanto al estudio higiénico, se realizó la evaluación de la exposición a ruido en los puestos de trabajo de la peletizadora y el molino. En síntesis, el análisis de los resultados demuestra que teniendo en cuenta los valores límite de exposición del Real Decreto 286/2006, los protectores auditivos que poseen los operarios no sobrepasan el nivel de exposición diario, ni el nivel de pico, pero desafortunadamente los trabajadores no hacen un uso constante de los protectores. Por lo anterior, ha sido necesario plantear las medidas preventivas para fomentar su uso. Para el caso del peletizador, se identificó que el nivel de exposición diario se encuentra dentro del rango de los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, según el artículo 5 del Real Decreto mencionado, por lo que difiere en la planificación preventiva específica con el caso de los resultados del triturador.

De este modo, la aplicación sistemática de los seis objetivos específicos planteados hizo posible asegurar el cumplimiento del objetivo general del TFE, ya que se realizó de manera satisfactoria la descripción de los puestos de trabajo, se seleccionaron las metodologías apropiadas según las condiciones de la empresa para evaluar los riesgos higiénicos y ergonómicos, se llevaron a cabo las mediciones de exposición a ruido y evaluaciones ergonómicas, lo que permitió finalmente obtener los resultados, que son la base de la planificación preventiva propia para los puestos de trabajo del molino, peletizadora y selladora de la empresa transformadora de plásticos.

En definitiva, el estudio realizado en la empresa para el presente TFE, ha aportado un panorama amplio de la complejidad de los riesgos existentes del sector y su actividad productiva. A pesar de que, este estudio ha sido muy específico de las disciplinas de ergonomía en cuanto a carga física y de higiene sobre el factor físico del ruido, demuestra que todas las empresas, sin importar el tamaño, requieren especial atención en prevención de riesgos laborales ya que, el factor humano es el motor para el funcionamiento de toda empresa y por ello, se debe velar por su seguridad en el trabajo y conservación de la salud.

En resumidas cuentas, la información obtenida de las evaluaciones proporcionó las bases para formular una planificación preventiva centrada en la realidad socioeconómica de la empresa y especificada para disminuir y controlar de manera ágil, los factores de riesgo asociados. De acuerdo con el presupuesto obtenido, el coste total de las medidas preventivas tiene un valor de 13.185,48€ el cual es un valor asequible para el empresario, ya que su volumen de producción y ganancias le permite ajustarse al presupuesto destinado para continuar con las

actividades de prevención enfocadas en este caso, en las medidas ergonómicas e higiénicas más importantes a solucionar en primera instancia.

En cuanto a las limitaciones encontradas a la hora de aplicar los métodos ergonómicos, se tuvo en primer lugar, que el método Check List OCRA solo evalúa los movimientos repetitivos de los miembros superiores y no se pudo tener en cuenta los movimientos repetitivos que realiza el miembro inferior a la hora de accionar el pedal y sellar las bolsas, además no realiza alguna diferencia en el momento de calificar los tipos de agarres, ya que el agarre que predomina en el puesto de trabajo de la selladora es el agarre tipo pinza y éste presenta mayor tendencia a desarrollar trastornos musculoesqueléticos. Por otro lado, el método RULA no tiene en cuenta algunos factores organizacionales que pueden reducir el nivel de riesgo, como lo son la duración y pausas durante las actividades. También, es un método de observación que deja a juicio del técnico evaluador, la responsabilidad de escoger la postura individual más exigente que realiza el operario durante su jornada laboral. Por todo ello, en un futuro se espera aplicar otros métodos de evaluación ergonómica como la metodología REBA que permite evaluar los miembros inferiores del cuerpo y a su vez, complementa al método RULA, lo que también servirá como futuras líneas para verificar la efectividad de las medidas propuestas.

Para concluir, resulta necesario mencionar que la empresa seguirá al tanto de la gestión de la prevención de riesgos laborales, tomando el presente estudio como punto de partida y motivación para realizar futuras evaluaciones. Por ejemplo, se precisaría realizar las evaluaciones ergonómicas para los demás trabajadores del área de producción, logística y administrativos. También, la realización de evaluaciones de riesgo de seguridad y salud en el trabajo, especialmente en el manejo de las máquinas ya que poseen muchos mecanismos que podrían causar atrapamientos de miembros superiores, además de la verificación del cumplimiento del Real Decreto 1215/1997, con la correspondiente expedición de los certificados de adecuación de cada uno de los equipos de trabajo a dicha disposición legal.

11. Referencias bibliográficas

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (s.f.). *Trastornos musculoesqueléticos*. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>
- Aleaga, J. (2017). El ruido laboral y su incidencia en los trastornos del oído de los operadores del área de producción de productos plásticos de la empresa Holviplas S.A. [Proyectos de investigación y desarrollo, Universidad Técnica de Ambato] Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25953>
- Alogra (2022). *Ensacadoras*. Recuperado el 31 de enero de 2022 de: <https://www.alogra.es/productos/ensacadoras/>
- Asociación Española de Normalización. (2002). *Protección individual de los ojos. Especificaciones*. (UNE-EN 166:2002). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0026750>
- Asociación Española de Normalización. (2003). *Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 1: Orejeras*. (UNE-EN 352-1:2003). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0029219>
- Asociación Española de Normalización. (2003). *Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora*. (UNE-EN 61252/A1:2003). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0029578>
- Asociación Española de Normalización. (2009). *Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería*. (UNE-EN ISO 9612:2009). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0044443>
- Asociación Española de Normalización. (2012). *Equipo de protección individual. Calzado de seguridad*. (ISO 20345:2011). (UNE-EN ISO 20345:2012). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0050461>
- Asociación Española de Normalización. (2019). *Guantes de protección contra riesgos mecánicos*. (UNE-EN 388:2016+A1:2018). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061512>

Asociación Española de Normalización. (2016). *Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento* (UNE EN 458:2016).

https://bv.unir.net:2568/aenor/Suscripciones/Personal/pagina_per_buscador.asp

AT Protección (2022). *Señal es obligatorio el uso de protección acústica A4 y A3*. Recuperado el 31 de enero de 2022 de:

<https://www.atproteccion.com/senales-de-obligacion/1752-es-obligatorio-el-uso-de-proteccion-acustica-a4-y-a3.html>

Cáceres, P. (2020). *Todo lo que siempre quisiste saber sobre los plásticos*. El Ágora, diario del agua. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de:

<https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/economia-circular/cuantos-tipos-de-plastico-hay-aprende-a-distinguirlos/>

Dental Broker (2022). *Selladora euroseal 2001 plus*. Recuperado el 31 de enero de 2022 de:

<https://www.brokerdental.es/selladora-euroseal-2001-plus.html>

Diego-Mas, J. (2015). *Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocrá*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 12 de octubre de 2021 de:

<https://www.ergonautas.upv.es/controlusuarios/registrarse.php>

Diego-Mas, J. (2015). *RULER- Medición de ángulos en fotografías*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 12 de octubre de 2021 de:

<https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>

Diego-Mas, J. (2015). *RULA- Método de evaluación de la carga postural*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 12 de octubre de 2021 de:

<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Diego-Mas, J. (2015). *Selección de métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 12 de octubre de 2021 de:

<https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/select/select.php>

Enlago (2021). *Gardena recogedor de hojas con ruedas*. Recuperado el 05 de enero de 2022 de:

https://enlago.com/articulo.php?cod=4078500048675&gclid=CjwKCAiAhreNBhAYEiwAFGGKPIBZN2owreEy0QKLQqWOCLGCRs8hRQsSt6sCEqXkls7q4Pc20y5RoCfbwQAvD_BwE

European Quality Assurance (2008). *Manual de Asistencia Técnica en Prevención de Riesgos Laborales. Sector de la Transformación y Manipulación de Plásticos*. Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales, FETRAPLAST, FITEQA.-CCOO y FIA-UGT. Recuperado el 25 de octubre de 2021 de: <http://www.exyge.eu/blog/wp-content/uploads/2017/04/prl-plastico.pdf>

García, M., Castañeda, R., Herrador, Z., López, P., Montoya, L. y Álvarez, E. (2017). *Estudio epidemiológico de las enfermedades profesionales en España (1990 - 2014)*. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/EEPPEspana.pdf>

Greenpeace (2019). *Datos de producción de plástico*. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>

Google Maps (2021). [Tuluá, Valle del Cauca, Colombia]. Recuperado el 05 de octubre de 2022 de: <https://www.google.com/maps/place/Tulu%C3%A1,+Valle+del+Cauca,+Colombia/@4.0909798,76.2138335,14z/data=!4m5!3m4!1s0x8e39c5c6c761990d:0x4b91b4e5e425e42!8m2!3d4.089869!4d-76.1914991>

International Organization for Standardization (2015). *Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso* (ISO 14001:2015). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

International Organization for Standardization (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso* (ISO 45001:2018). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (s.f.). *¿Qué es el ruido?* Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://www.insst.es/-/-que-es-el-ruido->

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (s.f.). *Escaleras fijas*. (NTP 404) https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_404.pdf/5fb3590b-8f8f-4f0e-bf66-cc3dff015cf4

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2003). *Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos*. (NTP 638)

https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_638.pdf/ec7cda7b-d636-48de-8d05-020cd25857a9

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.*

Ministerio de Trabajo e Inmigración.

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposici%C3%B3n+al+ruido/96a86542-1ac3-42c1-9df2-8c385c67db60>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2012). *Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición.* (NTP 950)

<https://www.insst.es/documents/94886/326879/950w.pdf/57b8d473-4bf5-4d99-9a8d-521d17b6e3aa>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2012). *Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias.* (NTP 951)

<https://www.insst.es/documents/94886/326879/951w.pdf/fc57e51d-5251-4662-ba16-e1b3a6a8706d>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2012). *Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación.* (NTP 952)

<https://www.insst.es/documents/94886/326879/952w.pdf/d79df9a8-406e-45b9-bf32-48c1f0b546db>

Juste, I. (2020). *Tipos de plásticos.* Ecología Verde. Recuperado el 25 de octubre de 2021 de:

<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-plasticos-1732.html>

Kaiser-Kraft (2022). *EUROKRAFTpro- Carro de plataforma.* Recuperado el 6 de enero de 2022 de:

https://www.kaiserkraft.es/carros/carros-de-plataforma/carro-de-plataforma/manijatubularcubiertasdecauchomacizo/p/M1036022/?articleNumber=114424&utm_content=Trolleys%3EPlatformtrucks&utm_term=114424&customerType=B2C&PC=1GOS&storefront=current&gclid=CjwKCAiA866PBhAYEiwANKIneDnx2LbMHalzuJ1NgFpBnhkmgppww4GQhgAVeJngEb1eCvD8q2k1hoCQP4QAvD_BwE

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado* núm. 269, de 10/11/1995. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>

Mejía, F. (2020). *Estudio de los niveles de ruido y las condiciones auditivas en los trabajadores del área de mezclas termoplásticas de la empresa Plasticaucho Industrial S.A. en la ciudad de Ambato*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Indoamérica]. Repositorio Universidad Tecnológica Indoamérica. <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2147>

MINAM (2018). *Cifras del mundo y el Perú*. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Murillo, C. (2018). *Los riesgos ergonómicos como causas de enfermedades en el área de producción de fundas de polietileno en la empresa MIGPLAS S.A.* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/28300>

NIOSH (2012). *Datos breves de NIOSH: Cómo prevenir los trastornos musculoesqueléticos*. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120_sp/default.html

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (s.f.). *Ruido y Salud*. Junta de Andalucía. Recuperado el 10 de octubre de 2021 de: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824

Paredes, M. y Vázquez, M. (2018). *Estudio descriptivo sobre las condiciones de trabajo y los trastornos musculo esqueléticos en el personal de enfermería (enfermeras y AAEE) de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid*. *Medicina y Seguridad del Trabajo* 64 (251): 161-199. <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v64n251/0465-546X-mesetra-64-251-00161.pdf>

Pinto, E. (2021). *Posturas forzadas y prevalencia de trastornos musculoesqueléticos de miembros superiores en trabajadores del área de etiquetado en una empresa de plástico de la ciudad de Quito*. [Tesis de máster, Universidad Internacional SEK]. Repositorio UISEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4158/1/Pinto%20Ruiz%20Elia%20Vanesa.pdf>

PlasticsEurope (2021). *¿Qué es el plástico?* Plastics Europe, productores de materias plásticas.

Recuperado el 03 de octubre de 2021 de: <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>

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.

Boletín Oficial del Estado núm. 188, de 7 de agosto de 1997.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1997-17824>

Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. *Boletín Oficial del Estado* núm.

297, de 11 de diciembre de 1992. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1992-27456>

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. *Boletín Oficial del Estado* núm. 60, de 11/03/2006.

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-4414>

Sánchez, I. (2017). *Evaluación de la Carga Física Postural: ¿OWAS, RULA o REBA?* Prevencionar.

Recuperado el 12 de octubre de 2021 de:
<https://prevencionar.com/2017/11/30/evaluacion-la-carga-fisica-postural-owas-rula-reba/>

Seguridad Industrial MC Plus (s.f.). *Ficha técnica protector auditivo fono CM 502 C Steelpro.*

Recuperado el 13 de octubre de 2021 de: <https://mcplus.cl/assets/fono-cm-502-steelpro.pdf>

Svantek (2021). *SV 104IS Dosímetro de ruido intrínsecamente seguro.* Recuperado el 13 de

octubre de 2021 de: <https://svantek.com/es/products/sv-104is-dosimetro-de-ruido/>

Thomann (2022). *T.akustik DS4-5 Drum Shield.* Recuperado el 31 de enero de 2022 de:

https://www.thomann.de/es/the_t.akustik_ds4_5_drum_shield.htm