

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental



Proyecto de graduación para optar por el título de Ingeniería en Seguridad Laboral e
Higiene Ambiental con el grado académico de licenciatura

**“Propuesta de un programa de ergonomía e iluminación para la prevención y
control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en
una empresa de dispositivos médicos del proceso Deburr”**

Mariana Céspedes Sequeira

Noviembre 2025



Propuesta de un programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en una empresa de dispositivos médicos del proceso Deburr © 2025 by Mariana Paola Céspedes Sequeira is

licensed under CC BY-NC-ND 4.0. To view a copy of this license, visit

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Constancia de defensa pública del proyecto de graduación

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniera en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el grado de licenciatura.

Miembros del Tribunal

MARIA GABRIELA
MORALES MARTINEZ
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MARIA GABRIELA MORALES MARTINEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.11.17 10:50:50 -06'00'

Ing. Gabriela Morales Martínez
Asesora académica en sustitución de Ing. Mónica Carpio Chaves

MAURICIO
BARBOZA TORRES
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MAURICIO BARBOZA TORRES (FIRMA)
Fecha: 2025.11.17 11:04:35 -06'00'

Ing. Mauricio Barboza Torres
Profesor evaluador

MIRIAM EUGENIA
BRENES CERDAS
(FIRMA)

Firmado digitalmente por MIRIAM EUGENIA BRENES CERDAS (FIRMA)
Fecha: 2025.11.17 15:01:52 -06'00'

Ing. Miriam Brenes Cerdas
Profesora evaluadora y directora de EISLHA

17 de noviembre 2025

Agradecimientos

Este logro no es solo mío. Es el reflejo del apoyo, la compañía y el aliento constante de una red de personas que, de una u otra forma, caminaron conmigo en este proceso. El título lleva mi nombre, pero en cada página de esta historia están ustedes.

Gracias a mis papás, José Luis e Hilda, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y por su respaldo en cada paso del camino.

Gracias a mis primeros amigos en el TEC —Day, Juan y Fer— con quienes pasamos de ser desconocidos a convertirnos en casi familia, compartiendo desvelos y risas.

Gracias a Gene, una de mis primeras amigas de la carrera, por su compañía genuina y su apoyo constante.

Gracias a mis amigas de la empresa —Sha, Michi y Ferchis— por estar ahí con palabras de ánimo, complicidad y sonrisas que hicieron más llevaderos los días difíciles.

Muchas gracias a la profe Mónica y a Miriam, quienes con su apoyo me ayudaron a creer más en mí misma. Su confianza fue un impulso decisivo en mi camino.

Muchas gracias a mi hermano Luis Pablo, por ser mi mayor ejemplo de resistencia y perseverancia.

Y gracias a Steven, por ser parte de esta aventura llamada TEC desde el inicio hasta el final, su presencia ha sido un pilar en este camino.

A cada uno de ustedes: gracias por creer en mí, por sostenerme cuando flaqueé y por celebrar cada pequeño avance. Este logro también es suyo.

Dedicatoria

La culminación de este proyecto la dedico con especial gratitud a mi mamá y a Steven, dos personas cuya presencia ha sido determinante en este camino. Han creído en mí incluso en los momentos en que yo misma dudaba y han sido un soporte firme cuando las exigencias parecían superar mis fuerzas.

A mi mamá, por su amor incondicional, su ejemplo de dedicación y por ser siempre una inspiración de valentía, como mujer y profesional. Su fe en mí ha sido una luz constante, incluso en los días más inciertos.

A Steven, por acompañarme con constancia, por su escucha atenta y su apoyo inquebrantable. Su presencia ha sido un ancla emocional y un recordatorio de que no estaba sola en este proceso.

Gracias a ambos por cada palabra de aliento, cada abrazo oportuno y cada impulso que me ayudó a avanzar cuando más lo necesité.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo proponer un programa de mejora en ergonomía e iluminación para la prevención de los trastornos musculoesqueléticos en el proceso de desgaste manual de alambres (Deburr) en una empresa de dispositivos médicos, sede Heredia. Este proceso, altamente manual y repetitivo, presenta riesgos ergonómicos significativos y condiciones de iluminación inadecuadas, lo que ha derivado en molestias físicas reportadas por los colaboradores y deficiencias en la calidad del producto.

Mediante una metodología descriptiva, explicativa y aplicada, se realizó un diagnóstico integral utilizando herramientas como entrevistas, cuestionarios, mediciones con luxómetro, simulaciones en DIALux y los métodos ergonómicos estandarizados RULA y JSI. Los resultados evidencian incumplimientos normativos en iluminación y deficiencias ergonómicas en el mobiliario y organización del trabajo.

Como solución, se propone un programa que incluye controles ingenieriles tales como mejoras en luminarias, sillas ajustables, alfombras antifatiga y base de altura ajustable para el esmeril, además de controles administrativos como pausas activas, rotación de tareas y capacitación continua. Alineado con normativas nacionales e internacionales. El programa busca mejorar el bienestar, la seguridad y la productividad del personal, garantizando condiciones laborales óptimas y sostenibles.

Palabras clave: Ergonomía, iluminación, trabajo manual, controles ingenieriles, controles administrativos.

Key words: Ergonomics, lighting, manual work, engineering controls, administrative controls

Índice

| | |
|---|----|
| I. Introducción | 1 |
| A. Identificación de la empresa | 1 |
| 1. Visión y misión de la empresa | 1 |
| 2. Antecedentes de la empresa | 1 |
| 3. Ubicación Geográfica..... | 1 |
| 4. Descripción de la organización y su organigrama..... | 2 |
| 5. Número de empleados..... | 2 |
| 6. Mercado..... | 2 |
| 7. Proceso productivo y productos..... | 2 |
| B. Planteamiento del problema..... | 5 |
| C. Justificación..... | 7 |
| D. Objetivo General y Específicos..... | 11 |
| <i>Objetivo general</i> | 11 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 11 |
| E. Alcances y limitaciones | 12 |
| 1. Alcances | 12 |
| 2. Limitaciones | 12 |
| II. Marco Conceptual | 14 |
| <i>Ergonomía:</i> | 14 |
| <i>Ergonomía en el puesto de trabajo</i> | 15 |
| <i>Iluminación:</i> | 16 |
| <i>Iluminación Ergonómica</i> | 17 |
| <i>Relación entre ergonomía e iluminación</i> | 18 |
| III. Metodología | 19 |
| A. Tipo de investigación..... | 19 |
| B. Fuentes de información | 19 |
| Fuentes primarias:..... | 19 |
| Fuentes secundarias: | 20 |
| Fuentes terciarias:..... | 21 |
| C. Población y muestra | 22 |
| D. Operacionalización de variables..... | 24 |

| | |
|---|------------|
| E. Descripción de herramientas | 28 |
| F. Plan de análisis | 35 |
| IV. Análisis de la situación actual | 43 |
| V. Conclusiones..... | 64 |
| VI. Recomendaciones..... | 65 |
| VII. Alternativas de Solución | 66 |
| A. Alternativas de solución ingenieriles..... | 66 |
| 1. Propuestas de solución..... | 66 |
| 2. Comparación de las alternativas de solución..... | 89 |
| 1. Desarrollo de la alternativa de solución ingenieril | 98 |
| 2. Validación de la alternativa de solución ingenieril..... | 104 |
| B. Alternativas de solución administrativas..... | 107 |
| 1. Validación de la alternativa de solución administrativa | 103 |
| C. Conclusiones de las alternativas de solución ingenieril y administrativa | 104 |
| D. Recomendaciones de las alternativas de solución ingenieril y administrativa.. | 105 |
| VIII. Bibliografía..... | 106 |
| IX. Apéndices | 109 |
| X. Anexos | 150 |

Índice de cuadros

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1. Jornadas laborales y distribución de trabajadores..... | 4 |
| Cuadro 2. Población y muestra | 23 |
| Cuadro 3. Operacionalización de variables objetivo específico 1 | 24 |
| Cuadro 4 Operacionalización de variables objetivo específico 2 | 26 |
| Cuadro 5. Operacionalización de variables objetivo específico 3 | 26 |
| Cuadro 6. Caracterización del proceso Deburr, resumen de respuestas obtenidas en la entrevista al ingeniero de manufactura del área de Deburr..... | 45 |
| Cuadro 7. Resultados de Medición de Iluminación por Estación. | 53 |
| Cuadro 8. Matriz de interesados para el proceso de Deburr..... | 55 |
| Cuadro 9. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida, método RULA..... | 57 |
| Cuadro 10. Valores para el cálculo del método JSI, para la tarea de Deburr..... | 57 |
| Cuadro 11. Comparación de valores obtenidos con luxómetro y simulación de DIALux | 62 |
| Cuadro 12. Matriz FODA estratégico | 63 |
| Cuadro 13.Propuestas del componente 1 (Iluminación.C1)..... | 69 |
| Cuadro 14. Propuestas del componente 2 (Iluminación.C2)..... | 71 |
| Cuadro 15.Valores simulados promedio de la Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal) en zona de trabajo de esmeriles, para las propuestas del componente 2. | 72 |
| Cuadro 16. Cálculo del CUD, para cada una de las propuestas 2. | 73 |
| Cuadro 17. Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.1 . | 76 |
| Cuadro 18. Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.2 . | 77 |
| Cuadro 19.Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.3 .. | 78 |
| Cuadro 20. Características técnicas y económicas de propuestas componente ergonómico 1 | 80 |
| Cuadro 21.Características técnicas y económicas de propuestas componente ergonómico 2 | 81 |
| Cuadro 22.Características de propuesta Ergonomía C3.1 | 84 |
| Cuadro 23.Características de propuesta Ergonomía C3.2..... | 86 |
| Cuadro 24. Características de propuesta Ergonomía C3.3..... | 88 |
| Cuadro 25. Criterios para utilizar en la comparación de las propuestas de iluminación | 90 |
| Cuadro 26. Matriz multicriterio de las componentes ingenieriles de iluminación..... | 91 |
| Cuadro 27. Criterios para utilizar en la comparación de las propuestas de ergonomía | 94 |
| Cuadro 28. Matriz multicriterio de las componentes ingenieriles de ergonomía | 95 |
| Cuadro 29.Componentes de la solución ingenieril de iluminación | 99 |
| Cuadro 30.Componentes de la solución ingenieril de ergonomía | 102 |
| Cuadro 31. Comparación de valores simulados en DIALux antes y después de aplicar la solución ingenieril..... | 105 |
| Cuadro 32.Minuta de reunión para validación de solución administrativa..... | 103 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Puesto de trabajo del proceso Deburr | 3 |
| Figura 2. Tipos de acabados superficiales realizados manualmente en el área de Deburr | 3 |
| Figura 3. Plan de análisis para el desarrollo de los objetivos específicos | 36 |
| Figura 4. Rotación de tareas | 47 |
| Figura 5. Frecuencia de sesiones de fisioterapia recibidas por los colaboradores de Deburr | 48 |
| Figura 6. Mobiliario de estación de trabajo Deburr | 49 |
| Figura 7. Percepción de la iluminación en el puesto de trabajo | 50 |
| Figura 8. Cambios que implementarían los colaboradores en la iluminación de área de trabajo | 51 |
| Figura 9. Puntos de muestreo con luxómetro | 52 |
| Figura 10. Posición lateral del cuerpo durante el pulido | 56 |
| Figura 11. Posición frontal del material durante el pulido | 56 |
| Figura 12. Vista del área total simulada en Dailux | 60 |
| Figura 13. Simulación con colores falsos en las áreas generales de Deburr | 61 |
| Figura 14. Ubicación de la iluminación en la zona de trabajo | 67 |
| Figura 15. Modelo 3D de extensión de la estructura de soporte de la luminaria | 68 |
| Figura 16. Medida de extensión para la estructura | 68 |
| Figura 17. Distribución propuesta de luminarias adicionales en el cielo raso del área de trabajo Deburr. | 75 |
| Figura 18. Propuesta Ergonomía C3.1 | 83 |
| Figura 19. Propuesta Ergonomía C3.2 | 85 |
| Figura 20. Propuesta Ergonomía C3.3 | 87 |
| Figura 21. Vista frontal de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo. | 99 |
| Figura 22. Vista lateral derecha de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo | 100 |
| Figura 23. Vista superior posterior de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo | 100 |
| Figura 24. Diseño del área de trabajo con la alternativa de solución de ergonomía implementada | 103 |
| Figura 25. Aplicación de matriz de evaluación ergonómica a solución ingenieril | 106 |

Glosario

- **Acabado superficial:** Característica final de la superficie de un producto, determinada por el tipo de tratamiento que recibe (como pulido, lijado o esmerilado). El acabado puede influir en la funcionalidad, estética y tiempo de procesamiento del producto.
- **Área de producción:** Espacio físico dentro de una planta industrial donde se llevan a cabo actividades relacionadas con la fabricación, ensamblaje o transformación de productos.
- **Deburr:** Proceso industrial mediante el cual se eliminan rebabas, bordes filosos o residuos metálicos generados durante operaciones de corte, perforado, mecanizado o estampado de piezas. Esta tarea se realiza manualmente con un esmeril, utilizando superficies abrasivas como piedras de pulido. El objetivo principal del proceso es facilitar el ensamblaje y cumplir con estándares de calidad dimensional y estética que solicitan los clientes.
- **EHS:** En el presente proyecto se emplea el término EHS (Medio Ambiente, Salud y Seguridad) como un marco integral que abarca seguridad ocupacional, higiene, ergonomía, salud de los trabajadores y protección ambiental. En algunos contextos empresariales, este conjunto de factores se denomina de manera general “seguridad”, entendida como la gestión global de riesgos y bienestar en la organización.
- **Esmerilado manual:** Proceso de acabado superficial que se realiza utilizando herramientas abrasivas operadas manualmente. Su objetivo es suavizar, dar forma o eliminar imperfecciones en piezas metálicas u otros materiales.

- **Instituto Nacional de Seguros (INS):** Entidad pública costarricense que, entre otras funciones, se encarga de la evaluación y gestión de riesgos laborales, incluyendo la atención de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo.
- **Lesiones por Esfuerzo Repetitivo (LER):** Daños físicos que se producen en músculos, tendones o nervios debido a la repetición constante de ciertos movimientos, como escribir, ensamblar piezas o manipular herramientas. Estas lesiones suelen desarrollarse con el tiempo y pueden causar dolor crónico o pérdida de funcionalidad.
- **Número de parte:** Código único asignado a una pieza o componente dentro de un sistema de producción. Permite su identificación, trazabilidad y control en inventarios y procesos de manufactura.
- **Trastornos Musculoesqueléticos (TME):** Conjunto de enfermedades que afectan el sistema muscular y esquelético, incluyendo músculos, articulaciones, ligamentos y nervios. Son comunes en trabajos que implican esfuerzo físico, posturas incómodas o movimientos repetitivos.
- **Validación de equipos:** La validación de equipos es un proceso fundamental que garantiza que los equipos instalados cumplan con los requisitos técnicos, operativos y de seguridad establecidos por la empresa. Este procedimiento incluye la revisión de componentes eléctricos y mecánicos, la verificación de documentación técnica, calibraciones y condiciones ambientales, asegurando así un funcionamiento seguro y eficiente. Se aplica en escenarios como la incorporación de nuevos procesos, la integración de equipos en procesos existentes o la modificación de equipos previamente instalados. Su correcta ejecución contribuye directamente a la integridad del proceso productivo, la calidad del producto final y la seguridad del operador.

I. Introducción

A. Identificación de la empresa

La empresa donde se desarrollará el proyecto final de graduación es una empresa de dispositivos médicos, ubicada en la Zona Franca Metropolitana en Barreal de Heredia.

1. Visión y misión de la empresa

1.1. Visión

“Ser el socio elegido por los clientes en la manufactura de dispositivos médicos que salvan vidas”.

1.2. Misión

“Creamos un futuro más seguro, sostenible, productivo y conectado”

2. Antecedentes de la empresa

Fundada en 1979 en Suiza como empresa de dispositivos médicos, la organización creció mediante adquisiciones hasta ser comprada en 2016 por una multinacional con presencia en nanotecnología, armamento y salud. Opera dos plantas en Costa Rica: una en Alajuela para componentes médicos y otra en Heredia para ensamblaje. La sede de Heredia será donde se desarrollará el proyecto.

3. Ubicación Geográfica

La empresa se ubica en la Zona Franca Metropolitana, en Barreal de Heredia, edificio B2.

4. Descripción de la organización y su organigrama

En el Apéndice 1 se muestra el organigrama de la empresa, donde se destaca que el departamento de EHS (por sus siglas en inglés “Environment, Health and Safety”, y que en español significa Medio Ambiente, Salud y Seguridad), identificado en color celeste, brinda soporte a las áreas de producción¹ y reporta directamente al Gerente de Planta (Plant Mgr, mostrado en Apéndice 1). Además, se resalta que el proceso Deburr^{1y2} (área donde se desarrolló el proyecto) cuenta con supervisión funcional de los departamentos de Calidad, Manufactura, Mantenimiento y EHS.

5. Número de empleados

Actualmente, la compañía cuenta con 549 colaboradores directos de producción y 211 administrativos en el sitio de Heredia; específicamente en el proceso Deburr trabajan 31 operarios de producción y 11 administrativos.

6. Mercado

Los productos fabricados en la planta de Heredia pertenecen a la división de dispositivos médicos. Estos son componentes y preensambles, no productos finales, por lo que sus principales clientes son empresas encargadas de fabricar y ensamblar el equipo final destinado al uso en pacientes

7. Proceso productivo y productos

El departamento de producción se organiza en dos áreas principales: Metales y No Metales. En Metales se realizan acabados superficiales¹ específicos en alambres según los requerimientos del cliente, algunos de los cuales se envían directamente y otros pasan a No Metales para procesos como moldeo plástico, limpieza química y soldadura.

¹ Referirse al Glosario

² El enfoque de este proyecto se limita exclusivamente al proceso Deburr, ubicado en la subárea de Metales 3, quedando fuera del alcance los demás procesos de Metales 3, así como las demás áreas de Metales y No Metales.

Uno de los acabados más importantes en Metales es el pulido manual de alambres con esmeril, realizado en la estación Deburr de la subárea Metales 3, ubicada exclusivamente en la planta de Heredia, Costa Rica, donde la calidad del acabado depende del movimiento de muñeca del operario. En el Apéndice 2 muestra la estructura de estas áreas, destacando que Deburr pertenece a Metales 3.

En la Figura 1. Puesto de trabajo del proceso Deburr , se muestra una de las siete estaciones de trabajo del área de Deburr. Cada estación está equipada con un esmeril para el pulido manual, un microscopio y un monitor para la inspección de piezas. Todo el equipo se encuentra dispuesto sobre una mesa de trabajo que proporciona una superficie estable y organizada para realizar las tareas. Además, en la Figura 2 se muestran los distintos acabados superficiales realizados en el área de Deburr, los cuales son: Square, Deburr, Radius, Full Radius, Cono y Chamfer.



Figura 1. Puesto de trabajo del proceso Deburr

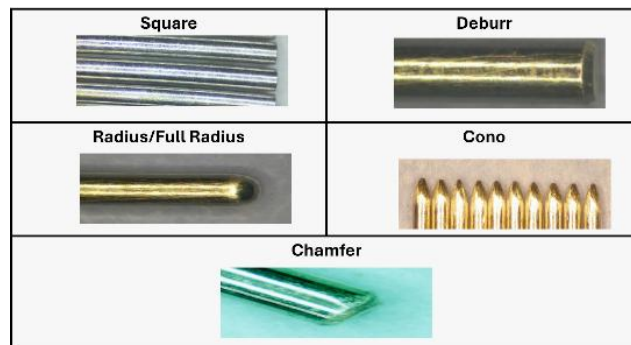


Figura 2. Tipos de acabados superficiales realizados manualmente en el área de Deburr

Sobre las condiciones de trabajo enfocado en los trabajadores del proceso Deburr, estos son operarios con al menos noveno año de colegio aprobado y que han recibido una capacitación con una duración máxima de dos meses. Aunque existe rotación de puestos de trabajo, esta se da únicamente entre distintos días de trabajo; durante un mismo turno, cada operario permanece en su estación asignada. Actualmente, el equipo de operarios está compuesto por 13 hombres y 18 mujeres. Las jornadas laborales y la distribución de los trabajadores por turno se presentan en el Cuadro 1 el cual resume de manera clara cómo se organizan los colaboradores en los distintos horarios establecidos para el proceso productivo.

Cuadro 1. Jornadas laborales y distribución de trabajadores

| Turno | Horario | Cantidad de trabajadores |
|--|---|---------------------------------|
| Turno A ³ | Lunes a viernes de 06:00 a 15:30 | 7 |
| Turno B ³ | Lunes a viernes de 15:30 a 22:00 Sábados de 07:00 a 14:00 | 1 |
| Turno C ³ | Lunes a viernes 22:00 a 06:00 (turno nocturno) | 6 |
| Turno D ⁴ (Primera mitad de semana) | Semana 1: Domingo a martes de 06:00 a 18:00 Semana 2: Domingo a miércoles de 06:00 a 18:00 | 4 |
| Turno E ⁴ (Segunda mitad de semana) | Semana 1: Miércoles a sábado de 06:00 a 18:00 Semana 2: Jueves a sábado de 06:00 a 18:00 | 5 |
| Turno F ⁴ (Primera mitad de semana) | Semana 1: Domingo a martes de 18:00 a 06:00 Semana 2: Domingo a miércoles de 18:00 a 06:00 | 3 |
| Turno G ⁴ (Segunda mitad de semana) | Semana 1: Miércoles a sábado de 18:00 a 06:00 Semana 2: Jueves a Sábado de 18:00 a 06:00 | 5 |

³ Turnos Fijos Semanales: Estos turnos se repiten todas las semanas sin cambios

⁴ Turnos Rotativos por Semana: Estos turnos cambian según la semana (Semana 1 y Semana 2)

B. Planteamiento del problema

En industrias altamente reguladas, los procesos productivos deben operar bajo condiciones óptimas. En este contexto, el área de Deburr cumple una función crítica al realizar el esmerilado manual⁵ de alambres metálicos. Este proceso consiste en dar forma a los extremos de alambres fabricados en acero inoxidable tipo 304, 316 y Nitinol, con longitudes entre 3.5 y 177 pulgadas y diámetros de 0.0095 a 0.068 pulgadas. La diversidad dimensional y la existencia de 131 números de parte⁵ representan un reto operativo considerable. Además, el tipo de acabado superficial requerido por el cliente influye directamente en el tiempo de procesamiento, siendo algunos más complejos que otros.

A pesar de esta complejidad, el trabajo se realiza completamente de forma manual, lo que exige alta destreza, precisión de movimientos de muñeca y esfuerzo visual constante. Esta situación se agrava por posturas estáticas prolongadas, lo que incrementa el riesgo de desarrollar LER⁵ y TME⁵. La carga de trabajo es elevada, con un promedio de 2,706 unidades por hora, por personas lo que genera presión continua sobre los operarios.

Durante 2023 se reportaron múltiples consultas médicas por molestias musculoesqueléticas, y al menos dos casos fueron remitidos al INS⁵ para valoración de enfermedades laborales. La mayoría de estas dolencias no fueron formalmente documentadas sino hasta que los colaboradores acudieron al consultorio médico. En muchos casos, no se reportaron inicialmente por considerarse menores o se comunicaron de forma verbal entre compañeros o líderes, sin utilizar los canales oficiales de la empresa. Esta situación evidenció una percepción generalizada de malestar físico y la necesidad de mejorar los mecanismos de registro y comunicación interna.

⁵ Referirse al Glosario

Otro aspecto crítico es la iluminación. Aunque los procedimientos internos exigen un mínimo de 500 lux, la norma INTE/ISO 8995-1:2016 recomienda al menos 750 lux para tareas de alta precisión como las realizadas en Deburr. Durante la validación de equipos⁶ en 2024, se constató que ninguna estación alcanzaba este nivel, lo que ha generado quejas por molestias visuales y dificultad para trabajar con precisión.

La combinación de tareas que demandan elevada destreza manual, condiciones de iluminación deficiente, presión por mantener altos volúmenes de producción y ausencia de adecuaciones ergonómicas configura un entorno laboral de riesgo para la salud de los trabajadores. Si no se interviene, podrían aumentar los casos de enfermedades laborales, afectando la productividad, la calidad del producto y exponiendo a la empresa a consecuencias legales y económicas.

⁶ Referirse a Glosario

C. Justificación

La empresa donde se realiza el estudio ha mostrado un compromiso continuo con la mejora de las condiciones laborales, conforme a su Política de Medioambiente, Salud y Seguridad. Según López y Vera (2021), un sistema de seguridad en el trabajo (SST) fortalece la confianza entre trabajadores y empleadores, al reflejar la gestión activa de riesgos por parte de la alta dirección, lo que impulsa un cambio positivo en la cultura organizacional. Además, la norma INTE/ISO 6385:2016 establece que deben considerarse factores como la tarea, el equipo y el ambiente de trabajo para prevenir trastornos musculoesqueléticos y otros problemas de salud.

El área donde se realiza la tarea de Deburr fue originalmente diseñada para uso administrativo, con luminarias que proporcionan niveles de iluminancia entre 300 y 500 lux, según lo establece la norma INTE/ISO 8995-1:2016. Al ser adaptada para procesos de manufactura de dispositivos médicos, no se actualizó el sistema de iluminación, lo que generó condiciones inadecuadas para tareas manuales y de ensamble de precisión, propias del trabajo y procesamiento de metales. Estas actividades requieren, como mínimo, 750 lux, según lo indicado en el capítulo 5 de la norma, tarea o actividad 14. “Trabajo y procesamiento de metales, Ensamble de precisión” debe realizarse bajo niveles de iluminancia adecuados (≥ 750 lux) (INTE/ISO 8995-1:2016, p. 22). Esta deficiencia técnica afecta directamente la calidad del trabajo y la salud de los colaboradores, provocando fatiga visual, cefaleas, estrés y posturas forzadas, lo que incrementa el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. Por tanto, no se trata únicamente de una mejora recomendada, sino de una necesidad urgente que debe abordarse conforme a criterios técnicos y ergonómicos establecidos por la normativa vigente.

Para que una persona pueda desarrollar su actividad laboral de manera eficaz, se requiere que la luz y la visión se complementen, ya que se estima que al menos el 50% de la información que recibe el ser humano es de tipo visual. Esto significa que tiene su origen primario en la luz. Un tratamiento adecuado del ambiente visual incide directamente en la seguridad, el confort y la productividad del trabajador (Admin, 2021).

El proceso de pulido de alambres requiere alta precisión manual, ya que el acabado depende del movimiento de la mano del operario. Esto convierte la tarea en un proceso completamente manual y repetitivo, lo que representa un riesgo ergonómico, especialmente en las muñecas. Se han identificado dolencias de forma cualitativa, según consultas informales al personal médico. Sin embargo, no existe un sistema estructurado de registro ni indicadores cuantitativos que permitan evaluar la frecuencia o severidad de estos casos, lo que dificulta el análisis objetivo de su relación con las condiciones del puesto. Aunque se han implementado medidas paliativas como fisioterapia, es evidente la necesidad de mejorar los mecanismos de documentación y seguimiento de incidentes de salud ocupacional en esta área.

En octubre de 2023, dos colaboradoras presentaron molestias persistentes pese a recibir fisioterapia y atención médica interna, por lo que fueron remitidas al INS como posibles casos de enfermedad laboral. Esto motivó una inspección ergonómica por parte del departamento de EHS y el fisioterapeuta, donde se identificaron deficiencias en el diseño del puesto. El informe señaló que los equipos no están a alturas adecuadas y que las mesas obligan a posturas forzadas. Se recomendó realizar un estudio más amplio del proceso, abarcando a toda la población operativa, para mejorar las condiciones ergonómicas del área evaluada.

Además de las observaciones realizadas por el departamento de EHS y el fisioterapeuta, el departamento de Calidad ha recibido quejas por defectos en el acabado del producto. Durante entrevistas con los colaboradores, estos atribuyeron los problemas a la falta de iluminación en el área, lo que dificulta la inspección adecuada del resultado final. También mencionaron que, a lo largo del turno, la fatiga en la muñeca afecta la calidad del pulido, especialmente al final de la jornada.

En procesos que requieren tanta atención al detalle como el pulido de piezas pequeñas, una iluminación adecuada es esencial para garantizar la calidad del trabajo. Asimismo, en un puesto que exige tanta destreza manual como este, un diseño ergonómico es fundamental para prevenir dolencias futuras.

La mejora de la iluminación en el área de trabajo Deburr no debe considerarse una simple recomendación, sino una obligación técnica y normativa. La norma INTE/ISO 8995-1:2016, adoptada oficialmente en Costa Rica por INTECO, establece requisitos mínimos de iluminancia mantenida para distintos tipos de tareas visuales. Aunque esta norma tiene carácter técnico y no es de cumplimiento obligatorio por sí sola, su aplicación se enmarca en el Proyecto Nacional de Normalización de Salud y Seguridad en el Trabajo, respaldado por el Consejo de Salud Ocupacional. Esto le otorga un peso normativo relevante en el contexto de la legislación costarricense sobre salud ocupacional, especialmente cuando se trata de prevenir riesgos ergonómicos y proteger la integridad física de los trabajadores.

En el caso específico del proceso *Deburr*, las tareas manuales y de precisión que se realizan requieren, según la norma, niveles de iluminancia mantenida entre 750 y 1000 lux. Cuando estos valores no se cumplen, los operarios suelen adoptar posturas forzadas, como inclinar el torso, flexionar excesivamente las muñecas o acercar el rostro a la pieza, para compensar la baja visibilidad. Estas adaptaciones posturales, sostenidas durante jornadas prolongadas, pueden generar sobrecarga en grupos musculares específicos, lo que contribuye al desarrollo de dolencias musculoesqueléticas, como las reportadas en la zona de muñecas. Por tanto, mantener una iluminación adecuada, entendida como aquella que cumple con los niveles mínimos de iluminancia establecidos por la normativa vigente, garantiza uniformidad en la distribución de la luz, evita el deslumbramiento y permite un contraste visual suficiente para la tarea, no solo mejora el desempeño y la calidad del trabajo, sino que también es una medida preventiva frente a riesgos ergonómicos. Ignorar estos parámetros podría interpretarse como una omisión en el deber de garantizar condiciones seguras y saludables de trabajo, lo cual sí tiene implicaciones legales bajo la normativa nacional de salud ocupacional.

D. Objetivo General y Específicos

Objetivo general

Proponer un programa de mejora para las condiciones ergonómicas y de iluminación en las tareas de desgaste manual de alambres del proceso Deburr, en una empresa de dispositivos médicos en Costa Rica.

Objetivos específicos

- Identificar los peligros ergonómicos y de iluminación presentes en el proceso de desgaste manual de alambres.
- Evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación identificados en el proceso de desgaste manual de alambres.
- Diseñar una propuesta de programa de intervención que incluya controles ingenieriles y administrativos orientados a mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación del proceso de desgaste manual de alambres.

E. Alcances y limitaciones

1. Alcances

El proyecto se desarrolló en el área de Deburr, donde se realiza el proceso de desgaste de alambres mediante el uso de esmeriles manuales, una operación que demanda precisión y expone al personal a diversos factores de riesgo ergonómicos y de iluminación. Con base en ello, se llevó a cabo un proceso de identificación de los peligros asociados a estos factores, seguido de la evaluación de los riesgos presentes en las siete estaciones de trabajo que conforman el área.

A partir de los resultados obtenidos, se formuló una propuesta de programa orientado a mejorar las condiciones de trabajo y fortalecer la gestión preventiva del área. El programa se estructuró conforme a los lineamientos de la norma INTE T29:2016 e incorporó criterios de cumplimiento legal, viabilidad técnica, impacto económico y pertinencia sociocultural, asegurando que las acciones planteadas respondieran de manera integral a las necesidades reales del proceso Deburr.

2. Limitaciones

Una de las principales limitaciones del proyecto estuvo relacionada con la aplicación de las herramientas de evaluación en el área operativa. Durante el proceso, dos colaboradores no estuvieron disponibles por motivos médicos y de vacaciones, lo que impidió su participación en los distintos turnos evaluados. Esta ausencia redujo la representatividad de los datos recolectados y limitó la posibilidad de obtener una caracterización completa de la población objetivo.

Asimismo, se presentó como limitación que la lista de colaboradores proporcionada por el supervisor se encontraba desactualizada; algunos nombres no correspondían a personas que realmente trabajaban en el área, mientras que otros

habían sido reasignados a distintos procesos. Esta situación requirió ajustes adicionales durante la evaluación para reflejar con mayor precisión la composición real del personal.

Además, el uso de cuestionarios basados en percepción subjetiva pudo influir en la interpretación de los resultados, ya que las respuestas están condicionadas por factores individuales, estados emocionales o experiencias previas, lo que puede afectar la consistencia y comparabilidad de los hallazgos. La variabilidad en los horarios de trabajo también generó retrasos, dado que fue necesario ajustar las visitas según la disponibilidad del personal. Aunque esta condición no impidió la aplicación de las herramientas, sí limitó el ritmo de avance en la recopilación de información.

II. Marco Conceptual

Ergonomía:

La ergonomía es una disciplina científica que estudia la interacción entre el ser humano y los componentes de un sistema, con el objetivo de mejorar tanto el bienestar del trabajador como la eficiencia del sistema en su conjunto. En el entorno laboral, se enfoca principalmente en el diseño de estaciones de trabajo que se adapten a las características físicas y cognitivas de los empleados (Adiga, 2023).

Ding et al. (2023) destacan que la industria manufacturera enfrenta una alta prevalencia de trastornos musculoesqueléticos (TME), que afectan áreas como el cuello, la parte baja de la espalda, los hombros y la parte superior de la espalda, impactando la productividad y el bienestar. Factores como posturas incómodas y operaciones repetitivas aumentan el riesgo. Intervenciones ergonómicas, como estaciones de trabajo ajustables, descansos regulares y ejercicios, pueden reducir los TME, mejorando la salud y productividad de los trabajadores, y fomentando un entorno laboral más seguro y eficiente.

La implementación de mejoras ergonómicas no solo mejora la salud y el bienestar de los trabajadores, sino que también favorece el aumento de la productividad y la calidad del trabajo, reduciendo costos y aumentando la satisfacción de los empleados y clientes. Un ejemplo de esto lo mencionan, Yeow & Sen, (2003), en donde hacen énfasis que intervenciones ergonómicas simples, en las áreas estudiadas resultaron en ahorros significativos de aproximadamente \$574,560 en reducción en la tasa de rechazo, aumento en los ingresos mensuales, mejoras en la productividad, calidad, condiciones de trabajo de los operadores, salud ocupacional y seguridad, y una mayor satisfacción de los clientes.

En el ámbito específico de la salud ocupacional, las intervenciones ergonómicas multifacéticas que incluyen la mejora de las condiciones laborales, la identificación de factores de riesgo y la promoción de ejercicio regular han mostrado reducir la prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos, contribuyendo a un ambiente de trabajo más saludable (Dehghan et al., 2016).

Ergonomía en el puesto de trabajo

Según Arkouli et al. (2024), la ergonomía en el trabajo busca optimizar el diseño de los entornos laborales para mejorar la comodidad, seguridad y productividad de los empleados. Esto incluye prevenir trastornos musculoesqueléticos, reducir la fatiga y minimizar errores. Los aspectos clave incluyen la distribución adecuada del espacio, mobiliario ajustable, iluminación óptima y herramientas adaptadas al usuario. Al aplicar estos principios, las empresas promueven el bienestar de los empleados, fomentan la productividad y crean sistemas sostenibles. A continuación, se presentan algunas estrategias eficaces definidas por Arkouli et al. (2024):

| Estrategia | Sugerencias de cómo aplicar la estrategia |
|---|--|
| Evaluar la distribución de las estaciones de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la configuración actual • Ajustar el mobiliario • Optimizar la ubicación |
| Implementar herramientas ergonómicas | <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar equipos y herramientas de apoyo • Proporcionar ayudas para levantar objetos |
| Mejorar el entorno de trabajo | <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la iluminación • Controlar el ruido • Controlar la temperatura |
| Promover prácticas laborales saludables | <ul style="list-style-type: none"> • Fomentar los descansos • Rotar tareas |
| Usar tecnología | <ul style="list-style-type: none"> • Supervisar la ergonomía • Proporcionar apoyo digital |
| Involucrar a los trabajadores | <ul style="list-style-type: none"> • Recopilar retroalimentación • Personalizar las soluciones |

Iluminación:

La investigación sobre los efectos de las condiciones ambientales interiores en la salud, satisfacción y rendimiento humano ha sido amplia. En particular, el impacto de la iluminación en el rendimiento de tareas ha sido un tema clave. Diversos estudios han evaluado cómo factores como la iluminancia, la relación de luminancia y la temperatura de color correlacionada afectan el desempeño en áreas como la cognición, la agudeza visual, la memoria, el razonamiento y la productividad laboral. (Konstantzos et al., 2020)

Un entorno laboral mal diseñado en temas de iluminación puede traer consecuencias negativas para la compañía como lo mencionan Katabaro y Yan (2019) en su artículo un entorno de trabajo mal diseñado puede afectar negativamente la productividad y eficiencia laboral de los trabajadores, además de que los colaboradores están expuestos a mayores riesgos de desarrollar enfermedades ocupacionales. Por lo tanto, proporcionar un entorno de trabajo saludable debe ser un derecho fundamental de los trabajadores.

Algunas de las posibles molestias laborales que se pueden desarrollar asociadas a una incorrecta iluminación pueden ser molestias oculares, dolores de cabeza, fatiga ocular y trastornos afectivos estacionales. Se han identificado factores como la edad, la antigüedad en el empleo, la demanda visual de las tareas laborales, la satisfacción con la iluminación y los turnos laborales como determinantes de estos problemas. (Králiková et al., 2021). La implementación de herramientas como DIALux, pueden ayudar para evaluar las condiciones lumínicas en los lugares de trabajo, comparando variantes de iluminación común, con opciones más eficientes, como los luminarios LED. La calidad de la iluminación es un factor crucial en la prevención de problemas de salud y malestar en los trabajadores, esta metodología, se puede observar en el artículo publicado por Králiková et al. (2021)

La intensidad de la iluminación en los lugares de trabajo está estrechamente relacionada con la productividad de los empleados. En trabajos que requieren precisión, como en el área de tejidos de o tareas manuales, la calidad y la intensidad de la luz son factores cruciales para el rendimiento. (Widjanarti et al., 2019)

Iluminación Ergonómica

Según Knave (1984), la iluminación ergonómica se centra en garantizar que las condiciones de iluminación sean óptimas para las tareas visuales. Esto implica ajustar la iluminación a las necesidades específicas del trabajo, ya sea mediante la modificación de la intensidad y el tipo de luz, o mejorando la posición de las fuentes de luz dentro del área de trabajo. El objetivo de la iluminación ergonómica es prevenir la fatiga visual y las molestias, conocidas como astenopía, asegurando un entorno de trabajo más cómodo y eficiente.

Además de la comodidad visual, basado en una publicación de Gou et al. (2023), la iluminación ergonómica también considera los efectos no visuales de la luz, como su influencia en los ritmos circadianos, la calidad del sueño, la salud mental y el rendimiento cognitivo. La ergonomía de la iluminación integrada (ILE) enfatiza la necesidad de considerar tanto los efectos visuales como los no visuales en el diseño de iluminación, utilizando principios de diseño de iluminación efectivos enfocados en la adaptabilidad a las necesidades individuales utilizando un enfoque holístico de la distribución y disposición del espacio.

Sobre la evaluación de iluminación ergonómica, según una investigación de Dianat et al. (2016), destacan la importancia de combinar mediciones objetivas de la iluminación (por ejemplo, niveles de iluminancia) con evaluaciones subjetivas de los trabajadores para comprender integralmente las condiciones de iluminación. Este enfoque ayuda a identificar discrepancias entre las condiciones medidas y las percepciones de los trabajadores, lo que puede fundamentar intervenciones específicas para mejorar la satisfacción y el rendimiento.

Relación entre ergonomía e iluminación

La relación entre la ergonomía y la iluminación en las plantas de manufactura abarca múltiples aspectos, impactando la seguridad, la salud y la productividad de los trabajadores. La ergonomía busca optimizar el entorno laboral para adaptarlo al trabajador, mejorando la comodidad y la eficiencia, mientras que la iluminación es un factor ambiental crítico que influye en el rendimiento visual y el bienestar general del trabajador.

La ergonomía y la iluminación son componentes cruciales en el diseño de estaciones de trabajo, especialmente para tareas que requieren alta precisión y exactitud, como inspecciones visuales y otros trabajos de detalle. Según Narváez y Noroña (2021b), una iluminación deficiente en estaciones de inspección visual puede causar fatiga visual, reduciendo la precisión y eficiencia. Mejoras ergonómicas como asientos ajustables y estaciones bien distribuidas optimizan comodidad y esfuerzo físico. Tanto en tareas visuales como no visuales, una iluminación adecuada eleva la productividad y disminuye errores, favoreciendo el rendimiento general en los entornos laborales.

Según Dupláková et al. (2024) los beneficios de tener iluminación ergonómica, tal y como lo menciona en plantas de manufactura mejora la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y la eficiencia de las funciones visuales. Reduce el deslumbramiento, previniendo errores, fatiga y lesiones. Una iluminación adecuada mejora la comodidad, la velocidad y la seguridad en el desempeño de las tareas, lo que se traduce en una mayor productividad y un mayor bienestar de los empleados. Además, garantiza una reproducción precisa del color, crucial para tareas que requieren una diferenciación precisa de colores. En una publicación de Dupláková et al. (2022), indican que una iluminación deficiente puede afectar la moral, salud mental y el bienestar de los empleados, lo que provoca un mayor ausentismo y una mayor rotación de personal. Una iluminación inadecuada puede incumplir las normas regulatorias, lo que genera problemas de cumplimiento legal por parte de la empresa empleadora.

III. Metodología

A. Tipo de investigación

El proyecto se desarrolló mediante una investigación de tipo descriptiva, explicativa y aplicada.

La investigación descriptiva permitió especificar propiedades, características y perfiles del fenómeno analizado, con el objetivo de medir o recopilar información sobre conceptos y variables relevantes.

Asimismo, se clasificó como investigación explicativa, ya que buscó identificar las causas de los eventos observados y las condiciones en que estos se manifestaron. Finalmente, se consideró una investigación aplicada, dado que se utilizaron conocimientos previos y nuevos para desarrollar la fase de diseño del proyecto (Lozada, 2014).

B. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para la realización del proyecto fueron de tipo primaria, secundaria y terciaria. Estas se clasificaron de la siguiente manera:

Fuentes primarias:

- Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS y al ingeniero de manufactura del área.
- Matrices de cumplimiento basadas en normativa técnica:
 - UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados
 - INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo

- INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.
- INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores
- INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos.
- Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR
- Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST
- Evaluaciones ergonómicas basadas en métodos estandarizados:
 - Método RULA
 - Método JSI
- Levantamiento ergonómico del mobiliario
- Medición de iluminación puntual en los puestos de trabajo
- Levantamiento arquitectónico de luminarias en el área de trabajo y estaciones
- Levantamiento arquitectónico del área
- Diagramas realizados en software DIALux

Fuentes secundarias:

- Proyectos de graduación
 - Chanto, E (2022). Programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del área de producción de Sweetwell Zona Franca LTDA”
 - Rojas, F (2021). Propuesta de un programa de control de riesgos asociados a condiciones de ergonomía y de iluminación en el área de empaque de sólidos y líquidos de una Compañía Farmacéutica
- Normativa:
 - UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados

- INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo
- INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.
- INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores
- INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos.
- INTE 31-09-09 2016 Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo

Fuentes terciarias:

- Bases de datos del Instituto Tecnológico de Costa Rica:
 - AENORmas
 - DialnetPlus
 - ScienceDirect
 - Scopus
 - SpringerLink
 - Web of Science
- ResearchGate

C. Población y muestra

En el Cuadro 2, se detalla la población y muestra utilizadas en la recolección de datos, cuyo objetivo es analizar las condiciones ergonómicas y de iluminación en el área de Deburr. Para ello, se emplearon diversas herramientas metodológicas, tales como entrevistas semiestructuradas, cuestionarios estandarizados y métodos de evaluación ergonómicos.

Cada herramienta fue aplicada a una población específica, seleccionada de manera intencional según su rol, experiencia o exposición directa a las condiciones evaluadas. En todos los casos, se trabajó con el total de la población correspondiente, lo que garantiza una cobertura completa y representativa de la realidad del área de estudio. La siguiente tabla resume las herramientas utilizadas, los indicadores evaluados, el tamaño de la población y muestra, así como el tipo de muestreo aplicado.

Cuadro 2. Población y muestra

| Herramienta | Indicador | Población | Tipo de muestra |
|--|--|-----------|-----------------------|
| Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr | Cantidad de pausas activas, cantidad de terapias físicas al mes, duración de cada terapia física, cantidad de turnos cubiertos por terapia, cantidad de colaboradores que reciben fisioterapia, cantidad de capacitaciones de pausas activas recibidas | 1 | Total de la población |
| Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr | Cantidad de tipos de materiales utilizados, cantidad de dimensiones del material, cantidad de números de parte, cantidad de tipos de acabados realizados, tiempo de duración de proceso de cada número de parte, cantidad de unidades producidas por hora, cantidad de documentos para entrenamiento en la operación. | 1 | Total de la población |
| Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR | Cantidad de pausas activas durante la jornada, cantidad de entrenamientos o guías en pausas activas, frecuencia de rotación en la jornada, cantidad de sesiones de fisioterapia, cantidad de molestias en diferentes partes del cuerpo, cantidad de tiempo en diferentes posturas, cantidad de movimientos repetitivos o fijos | 31 | Total de la población |
| Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST | Cantidad de síntomas relacionados a molestias de iluminación, % Percepción de la iluminación general, % Preferencia de ajuste de iluminación | 31 | Total de la población |
| Medición de iluminación puntual en los puestos de trabajo utilizando luxómetro, conforme a la norma INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores | Niveles de iluminación (luxes) | 7 | Total de la población |
| Método RULA | Nivel de Riesgo RULA asociado a las malas posturas en cada colaborador del área | 31 | Total de la población |
| Método JSI | Nivel de Riesgo JSI asociado a las malas posturas en cada colaborador del área | 31 | Total de la población |

D. Operacionalización de variables

En los siguientes cuadros se presenta la operacionalización de variables según los objetivos específicos del proyecto se muestran las variables, conceptualización, indicadores e instrumentos/herramientas de cada objetivo

Cuadro 3. Operacionalización de variables objetivo específico 1

| Objetivo 1: Identificar los peligros ergonómicos y de iluminación presentes en el proceso de desgaste manual de alambres. | | | |
|--|--------------------------|--|--|
| Variable | Conceptualización | Indicadores | Instrumentos/Herramientas |
| Peligros ergonómicos actuales y peligros de iluminación actuales | | Cantidad de pausas activas, cantidad de terapias físicas al mes, duración de cada terapia física, cantidad de turnos cubiertos por terapia, cantidad de colaboradores que reciben fisioterapia, cantidad de capacitaciones de pausas activas recibidas, cantidad de partes del cuerpo con quejas por dolor | Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr |
| | | Características generales del proceso y productos del área (materiales, dimensiones, cantidad de productos, acabados realizados, tiempos de duración, unidades procesadas) | Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr |
| | | Porcentaje de cumplimiento en la redacción y formato instrucción, número de advertencias de riesgo en la instrucción | Matriz de cumplimiento de la instrucción de entrenamiento de Deburr basada en la UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados |

| | | |
|---|---|---|
| <p>Los peligros ergonómicos y de iluminación actuales se refieren al estado de los factores físicos presentes en el entorno laboral durante el proceso de desgaste manual de alambres, incluyendo condiciones que afectan la postura, el esfuerzo físico, la repetitividad y la carga estática de los operarios, así como el nivel y la calidad de la iluminación en el área de trabajo. Esto abarca aspectos como posturas forzadas, movimientos repetitivos, duración de las tareas, cantidad de luz (lux), distribución y su adecuación a tareas de precisión visual</p> | <p>Cantidad de pausas activas durante la jornada, cantidad de entrenamientos o guías en pausas activas, frecuencia de rotación en la jornada, cantidad de sesiones de fisioterapia, cantidad de molestias en diferentes partes del cuerpo, cantidad de tiempo en diferentes posturas, cantidad de movimientos repetitivos o fijos</p> | <p>Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR</p> |
| | <p>Características físicas y ergonómicas del mobiliario del área (silla, mesa, reposapiés) altura,</p> | <p>Formulario para recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área</p> |
| | <p>Cantidad de síntomas relacionados a molestias de iluminación, % Percepción de la iluminación general, % Preferencia de ajuste de iluminación</p> | <p>Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST</p> |
| | <p>Niveles de iluminación en los puestos de trabajo (luxes)</p> | <p>Matriz de mediciones de iluminación puntual en los puestos de trabajo utilizando luxómetro, conforme a la norma INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores</p> |
| | <p>Características físicas del local (Dimensiones y materiales del suelo, techo, paredes)</p> | <p>Formulario para la recolección de datos para el diseño en DIALux</p> |
| | <p>Características físicas de las luminarias (Dimensiones, cantidad de luminarias, tipo de montaje, tipo de difusores)</p> | |
| | <p>Características físicas del mobiliario (Color, altura, cantidad de luminarias en el mobiliario)</p> | |
| | <p>Cantidad de interesados internos y externos involucrados en la gestión de la ergonomía e iluminación en el área de Deburr</p> | <p>Matriz de interesados internos y externos en la gestión de la ergonomía e iluminación en el área de Deburr</p> |

Cuadro 4 Operacionalización de variables objetivo específico 2

| Objetivo 2: Evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación identificados en el proceso de desgaste manual de alambres. | | | |
|---|--|---|---|
| Variable | Conceptualización | Indicadores | Instrumentos/Herramientas |
| Riesgos ergonómicos y de Iluminación | Los riesgos ergonómicos y de iluminación hacen referencia al grado de exposición de los trabajadores a factores que pueden provocar lesiones por esfuerzo repetitivo (LER) y trastornos musculoesqueléticos (TME), evaluados mediante métodos estandarizados, así como a condiciones de iluminación inadecuadas que pueden generar fatiga visual, errores en tareas de precisión y una disminución del rendimiento laboral | Nivel de Riesgo RULA asociado a las malas posturas en cada colaborador del área | Método RULA |
| | | Nivel de Riesgo JSI asociado a las malas posturas en cada colaborador del área | Método JSI |
| | | Porcentaje de cumplimiento ergonómico de las condiciones actuales | Matriz de cumplimiento ergonómico basada en: <ul style="list-style-type: none"> INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo. |
| | | Porcentaje de cumplimiento de iluminación de las condiciones actuales | Matriz de cumplimiento de iluminación basada en <ul style="list-style-type: none"> INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos |
| | | Niveles de iluminación en el área de trabajo (luxes) | Diagramas realizados en software DIALux |
| | | Cantidad de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que impactan a la gestión de los riesgos ergonómicos y de iluminación en el proceso de Deburr | Matriz FODA estratégica |

Cuadro 5. Operacionalización de variables objetivo específico 3

Objetivo 3: Diseñar una propuesta de programa de intervención que incluya controles ingenieriles y administrativos orientados a mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación del proceso de desgaste manual de alambres.

| Variable | Conceptualización | Indicadores | Instrumentos/Herramientas |
|---------------------------|---|--|---|
| Controles administrativos | Conjunto de medidas organizativas y de gestión que buscan mejorar las condiciones de trabajo mediante la planificación, formación y cumplimiento normativo. | Cantidad de requerimientos del programa. | Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo con base en INTE T29:2016. |
| | | Cantidad de responsables internos y externos involucrados en el programa | Matriz RACI |
| | | Cantidad de requerimientos de la capacitación | Matriz para el plan de formación y capacitación |
| | | Porcentaje de cumplimiento legal del programa | Matriz de cumplimiento legal |
| Controles ingenieriles | Aplicación de soluciones técnicas y de rediseño físico del entorno de trabajo para eliminar o reducir riesgos ergonómicos y de iluminación. | Nivel de cumplimiento de los distintos criterios | Matriz multicriterio de comparación de propuestas |
| | | Cantidad de luminarias y su distribución. Nivel de Iluminación en los puestos de trabajo Cantidad de modificaciones realizadas al puesto relacionados a peligros de iluminación. | Diagramas realizados en software DIALux |
| | | Porcentaje de cumplimiento de iluminación de la propuesta de solución | |
| | | Porcentaje de cumplimiento ergonómico de la propuesta de solución | Matriz de cumplimiento ergonómico basada en: <ul style="list-style-type: none"> INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo. |

E. Descripción de herramientas

A continuación, se explican las diferentes herramientas que se utilizaron para la realización del proyecto, estas se encuentran divididas según los objetivos específicos del proyecto:

Objetivo 1: Identificar los peligros ergonómicos y de iluminación presentes en el proceso de desgaste manual de alambres.

- **Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr:** Esta entrevista permitió obtener información sobre las condiciones actuales de ergonomía e iluminación desde la perspectiva de la persona responsable de la salud ocupacional y la seguridad en el área. Se abordaron temas como la frecuencia de pausas activas, la implementación de fisioterapia, y las principales quejas reportadas por los colaboradores. La aplicación de esta herramienta facilitó la identificación de prácticas preventivas existentes y áreas de mejora en la gestión de riesgos ergonómicos, ver Apéndice 3
- **Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr:** A través de esta entrevista se profundizó en las características técnicas del proceso de desgaste manual, incluyendo materiales, tiempos de ciclo, acabados y volumen de producción. Esta información fue esencial para contextualizar los riesgos ergonómicos derivados de la carga física y repetitividad de las tareas. Además, permitió identificar posibles limitaciones en el diseño del proceso que podrían estar contribuyendo a los riesgos detectados, ver Apéndice 4.
- **Matriz de cumplimiento de la instrucción de entrenamiento de Deburr basada en la UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados:** Este instrumento evaluó la calidad de las instrucciones de trabajo utilizadas en el área, verificando si cumplen con los principios de claridad, estructura

y advertencias de seguridad. La aplicación de esta matriz permitió detectar oportunidades de mejora en la documentación técnica, especialmente en lo relacionado con la prevención de riesgos ergonómicos y de iluminación. La misma se puede consultar en el Apéndice 5.

- **Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR:** Aplicado directamente a los colaboradores del área, este cuestionario permitió recopilar datos sobre posturas mantenidas, movimientos repetitivos, duración de las tareas, molestias físicas y percepción de las pausas activas. El método ERGOPAR facilitó una evaluación participativa, permitiendo que los trabajadores expresaran sus experiencias y percepciones, lo cual enriqueció el diagnóstico ergonómico. Ver Apéndice 6.
- **Formulario para recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área:** Este formulario fue utilizado para registrar las características físicas del mobiliario (altura de sillas y mesas, presencia de reposapiés, etc.). Su aplicación permitió evaluar si el mobiliario cumple con criterios ergonómicos básicos y si se ajusta a las necesidades antropométricas de los trabajadores, identificando posibles fuentes de incomodidad o riesgo postural. En el Apéndice 7, se muestra la herramienta utilizada para la recolección de los datos.
- **Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST:** Este cuestionario fue aplicado a los trabajadores para conocer su percepción sobre la calidad de la iluminación, síntomas visuales asociados (fatiga, dolor de cabeza, etc.) y preferencias de ajuste. Los resultados permitieron identificar discrepancias entre los niveles de iluminación medidos y la percepción subjetiva de los usuarios, lo cual es clave para una intervención efectiva. Ver Apéndice 6.

- **Matriz de mediciones de iluminación puntual en los puestos de trabajo utilizando luxómetro, conforme a la norma INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores:** Se realizaron mediciones con luxómetro en distintos puntos de los puestos de trabajo, comparando los resultados con los valores recomendados por la norma INTE/ISO 8995-1:2016. Esta herramienta proporcionó datos objetivos sobre la cantidad de luz disponible, permitiendo identificar zonas con iluminación deficiente o excesiva, y su relación con las tareas de precisión visual. En el Apéndice 8, se observa el formato de matriz que se utilizó.
- **Formulario para la recolección de datos para el diseño en DIALux:** Este formulario recopiló información sobre las dimensiones del área, materiales de paredes, techos y suelos, necesaria para modelar el entorno en el software DIALux. Su aplicación permitió simular escenarios de iluminación y evaluar posibles mejoras en el diseño lumínico del área de trabajo, dicho formulario se muestra en el Apéndice 9.
- **Matriz de interesados internos y externos en la gestión de ergonomía e iluminación en el área de Deburr:** Este instrumento identificó a todas las personas y departamentos que tienen interés o influencia en la gestión de los riesgos ergonómicos e iluminación. Su aplicación permitió mapear actores clave, facilitando la planificación de intervenciones coordinadas y la asignación de responsabilidades.

Objetivo 2: Evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación identificados en el proceso de desgaste manual de alambres.

- **Método RULA:** Este método fue aplicado para evaluar el nivel de riesgo postural en las extremidades superiores, cuello, tronco y piernas de los colaboradores durante la ejecución de sus tareas. A través de observación directa y análisis de posturas, se asignaron puntuaciones que indican el nivel de intervención requerido. Su aplicación permitió identificar trabajadores con mayor exposición a posturas forzadas y establecer prioridades de mejora ergonómica. En el, Apéndice 10, se muestra la hoja de campo utilizada para la recolección de los datos y en el Anexo 1 se muestran las ayudas visuales que brinda el sitio web de Ergonautas, para la evaluación de las posturas.
- **Método JSI:** El método JSI se utilizó para evaluar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en las extremidades superiores, especialmente en tareas repetitivas. Se analizaron factores como la fuerza ejercida, duración del esfuerzo, frecuencia de movimientos y postura de la muñeca. Esta herramienta complementó al RULA al enfocarse en la carga biomecánica de tareas específicas, permitiendo una evaluación más completa del riesgo ergonómico.
- **Matriz de cumplimiento ergonómico basada en la INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo:** Esta matriz permitió evaluar el grado de cumplimiento de las condiciones ergonómicas del área de trabajo en relación con normas internacionales. Se analizaron aspectos como la disposición del puesto, dimensiones, accesibilidad, visibilidad y adecuación del mobiliario. Su aplicación facilitó la identificación de desviaciones respecto a los estándares y la formulación de recomendaciones de rediseño, ver Apéndice 11.

- **Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores Matriz de cumplimiento INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos:** Esta herramienta evaluó si los niveles y condiciones de iluminación en el área de trabajo cumplen con los requisitos normativos para tareas de precisión. Se consideraron factores como la cantidad de luz (lux), uniformidad, deslumbramiento y temperatura de color. La matriz permitió identificar áreas con iluminación deficiente o inadecuada, lo cual es fundamental para prevenir fatiga visual y errores operativos, ver Apéndice 12
- **Diagramas realizados en software DIALux:** Utilizando los datos recolectados del entorno físico y las luminarias, se modeló el área de trabajo en el software DIALux para simular y analizar los niveles de iluminación. Esta herramienta permitió visualizar la distribución de luz, identificar zonas críticas y proponer ajustes en el diseño lumínico. Los resultados fueron clave para validar las mediciones en campo y proyectar mejoras.
- **Matriz FODA Estratégico:** Esta matriz permitió realizar un análisis integral de los factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que afectan la gestión de los riesgos ergonómicos y de iluminación. Su aplicación facilitó la toma de decisiones estratégicas al identificar elementos que pueden potenciar o limitar la implementación de mejoras, incluyendo recursos disponibles, cultura organizacional, y apoyo de la alta dirección.

Objetivo 3: Diseñar una propuesta de programa de intervención que incluya controles ingenieriles y administrativos orientados a mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación del proceso de desgaste manual de alambres.

- **Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo con base en INTE T29:2016:** Esta guía sirvió como base normativa para estructurar el programa de intervención, asegurando que incluyera todos los requerimientos mínimos en materia de salud y seguridad ocupacional. Su aplicación permitió definir objetivos, políticas, procedimientos, responsables y mecanismos de seguimiento, garantizando la alineación con la legislación nacional y buenas prácticas internacionales.
- **Matriz RACI:** Esta herramienta fue utilizada para definir claramente los roles y responsabilidades de los actores internos y externos involucrados en la implementación del programa. La matriz permitió establecer quién es Responsable, Aprobador, Consultado e Informado en cada actividad del programa, lo que facilitó la planificación, coordinación y seguimiento de las acciones propuestas.
- **Matriz para el plan de formación y capacitación:** Esta matriz permitió identificar las necesidades de capacitación del personal en temas ergonómicos e iluminación, así como definir los contenidos, frecuencia, responsables y recursos necesarios. Su aplicación aseguró que el componente formativo del programa fuera integral y adaptado a las condiciones reales del área de trabajo.
- **Matriz de cumplimiento legal:** Herramienta utilizada para verificar que todos los elementos del programa propuesto cumplieran con la normativa legal vigente en materia de salud ocupacional, ergonomía e iluminación. Incluyó un análisis de leyes, reglamentos y normas técnicas aplicables, permitiendo identificar brechas y asegurar la conformidad legal del programa.

- **Matriz de recursos y costos del programa** Esta matriz permitió estimar los recursos humanos, materiales y financieros necesarios para implementar el programa. Incluyó el desglose de costos por actividad, facilitando la toma de decisiones sobre la viabilidad económica del programa y la priorización de acciones según su impacto y costo-beneficio.
- **Matriz multicriterio de comparación de propuestas** Esta herramienta permitió comparar distintas alternativas de rediseño físico del entorno de trabajo, considerando criterios como eficacia, costo, tiempo de implementación, impacto ergonómico y aceptación por parte del personal. Su aplicación facilitó la selección de la propuesta más adecuada y sostenible
- **Diagramas realizados en software DIALux** Se utilizaron para modelar y simular la distribución de luminarias y niveles de iluminación en los puestos de trabajo, con base en las modificaciones propuestas. Los diagramas permitieron validar que las soluciones ingenieriles cumplieran con los requisitos normativos y mejoraran efectivamente las condiciones lumínicas del área.
- **Matriz de cumplimiento ergonómico basada en INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.** Esta matriz evaluó el grado en que la propuesta de rediseño físico del puesto de trabajo cumple con los principios ergonómicos establecidos en las normas internacionales. Incluyó aspectos como accesibilidad, visibilidad, postura y disposición del mobiliario, asegurando que las soluciones propuestas reduzcan efectivamente los riesgos ergonómicos.

F. Plan de análisis

En la Figura 3, se muestra el plan de análisis que se implementó para el desarrollo de los objetivos específicos, de manera visual se muestra como todos los insumos obtenidos de la fase de diagnóstico y análisis (objetivo 1 y 2), se unen para determinar las herramientas de la fase de diseño (objetivo 3).

Propuesta de un programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en una empresa de dispositivos médicos del proceso Deburr

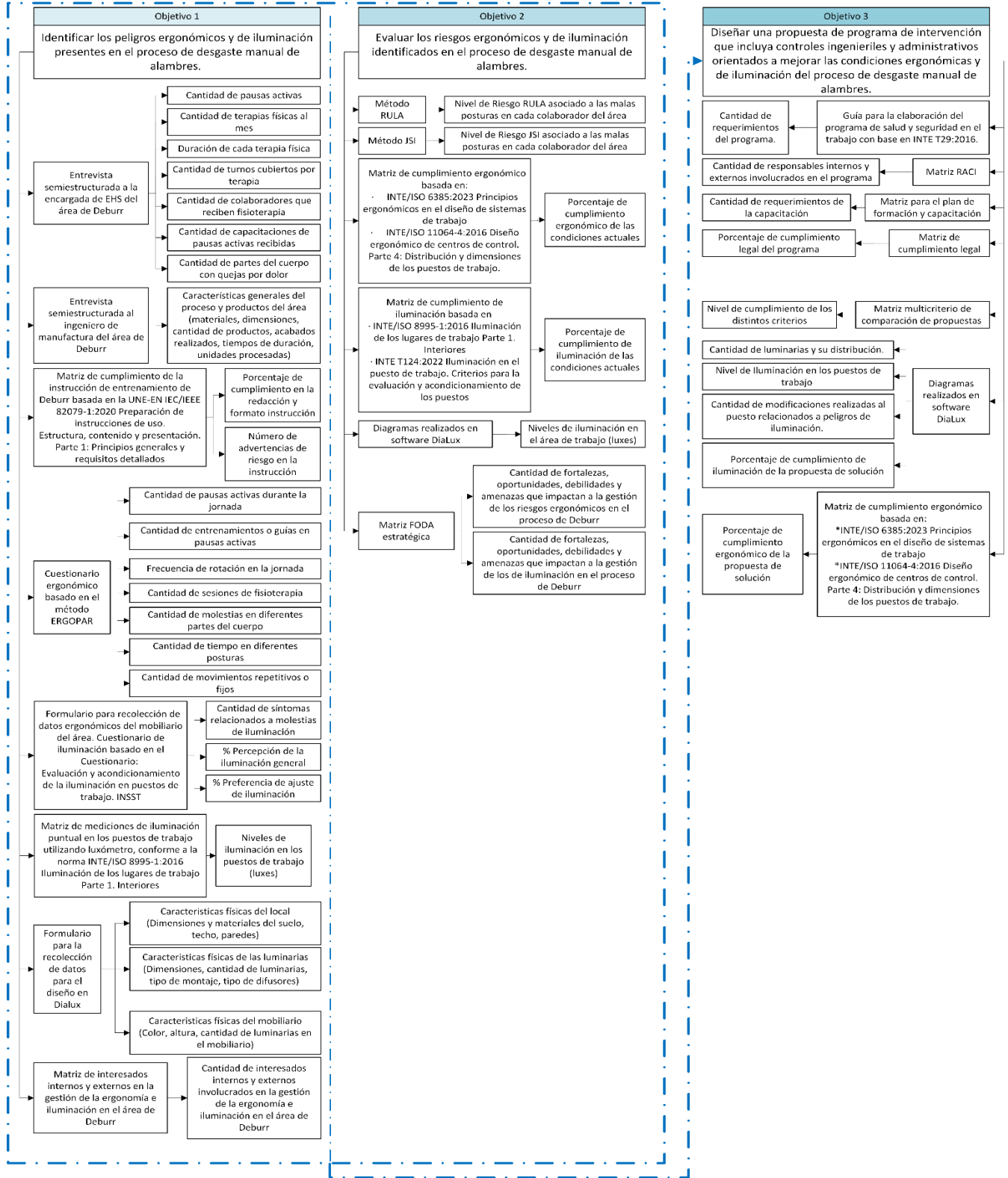


Figura 3. Plan de análisis para el desarrollo de los objetivos específicos

Análisis del Objetivo Específico 1: Identificar los peligros ergonómicos y de iluminación presentes en el proceso de desgaste manual de alambres.

Para abordar el objetivo de identificar los peligros ergonómicos y de iluminación en el proceso de desgaste manual de alambres, se definió una estrategia metodológica que partió de una revisión detallada de las condiciones laborales existentes en el área de Deburr. La intención de este análisis fue establecer una base diagnóstica sólida que permitiera comprender las causas y manifestaciones de los riesgos presentes, con el fin de orientar acciones de mejora posteriores. En este sentido, se seleccionaron variables que reflejaron tanto los aspectos físicos del entorno como las experiencias subjetivas de los trabajadores. Estas variables fueron conceptualizadas como peligros ergonómicos y peligros de iluminación, y se operacionalizaron mediante indicadores que permitieron observar, medir y analizar las condiciones reales del puesto de trabajo.

La elección de los indicadores respondió a la necesidad de capturar información desde múltiples dimensiones. Por un lado, se consideraron aspectos relacionados con la salud física de los trabajadores, como la cantidad de pausas activas, la frecuencia de sesiones de fisioterapia, las molestias reportadas en distintas partes del cuerpo y la duración de las posturas mantenidas. Por otro lado, se incluyeron indicadores técnicos como los niveles de iluminación en lux, la percepción de la calidad lumínica y la adecuación del mobiliario. Estos indicadores fueron seleccionados con el propósito de obtener una visión integral del entorno laboral, combinando datos objetivos con percepciones subjetivas que enriquecieron el análisis. La intención fue que esta información permitiera no solo identificar los peligros existentes, sino también comprender su origen y su impacto en la salud y el desempeño de los operarios.

Para recolectar la información necesaria, se definió un conjunto de herramientas cuidadosamente seleccionadas por su validez técnica y su aplicabilidad al contexto industrial. Las entrevistas semiestructuradas dirigidas a la encargada de EHS y al ingeniero de manufactura permitieron obtener una visión cualitativa sobre las condiciones del proceso, las prácticas preventivas implementadas y las características técnicas del

trabajo. Estas entrevistas fueron diseñadas para explorar en profundidad aspectos que no podían ser captados mediante instrumentos estandarizados, y su aplicación se justificó por la necesidad de contextualizar los riesgos desde una perspectiva organizacional. Los cuestionarios aplicados a los operarios, uno basado en el método ERGOPAR y otro en el cuestionario del INSST, fueron seleccionados por su capacidad para captar información directamente desde la experiencia del trabajador. El primero se enfocó en aspectos ergonómicos como posturas, movimientos repetitivos y molestias físicas, mientras que el segundo abordó la percepción de la iluminación y los síntomas visuales asociados. Ambos instrumentos habían sido validados en entornos laborales similares y contaron con el respaldo de instituciones reconocidas en el ámbito de la salud ocupacional.

Además de los cuestionarios, se utilizaron formularios de observación para registrar las características físicas del mobiliario, como la altura de sillas y mesas, y la presencia de elementos ergonómicos. Esta herramienta permitió evaluar la adecuación del entorno físico a las necesidades antropométricas de los trabajadores. Las mediciones de iluminación se realizaron con un luxómetro, siguiendo los lineamientos de la norma INTE/ISO 8995-1:2016, con el objetivo de obtener datos objetivos sobre la cantidad y distribución de luz en los puestos de trabajo. También se aplicó una matriz de cumplimiento basada en la norma UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 para evaluar la calidad de las instrucciones de trabajo, especialmente en lo que respecta a la inclusión de advertencias ergonómicas y recomendaciones sobre iluminación.

Se eligieron estas herramientas porque cada una aporta una mirada diferente y complementaria sobre el entorno laboral. Al combinar datos numéricos con opiniones y experiencias de los trabajadores, fue posible describir con mayor precisión los peligros ergonómicos y de iluminación presentes en el área. Esta información sirvió como base para proponer mejoras concretas. Además, el enfoque permitió no solo identificar los riesgos, sino también ordenarlos según su impacto y frecuencia, lo que facilitó tomar decisiones más acertadas en las siguientes etapas del proyecto.

Análisis del Objetivo Especifico 2: Evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación identificados en el proceso de desgaste manual de alambres.

Para evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación en el proceso de desgaste manual de alambres, se definió una estrategia metodológica que permitió analizar de forma estructurada el nivel de exposición de los trabajadores a condiciones que podían comprometer su salud física y visual. Este objetivo se operacionalizó a partir de dos variables fundamentales: los riesgos ergonómicos y los riesgos de iluminación. La selección de estas variables respondió a la necesidad de comprender no solo la presencia de peligros, sino también su magnitud, frecuencia y relación con las tareas específicas del proceso Deburr. Los indicadores definidos para cada variable fueron seleccionados con el propósito de permitir una evaluación cuantitativa y cualitativa, que facilitara la toma de decisiones fundamentadas en evidencia técnica.

Entre los indicadores considerados se incluyeron los niveles de riesgo postural, evaluados mediante los métodos RULA y JSI, ambos ampliamente reconocidos en el campo de la ergonomía por su capacidad para identificar posturas forzadas y movimientos repetitivos que pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos. También se contempló el porcentaje de cumplimiento ergonómico y lumínico con respecto a las normas técnicas vigentes, así como los niveles de iluminación en lux, que fueron comparados con los valores de referencia establecidos por la normativa INTE/ISO 8995-1:2016. Además, se incorporó un análisis estratégico mediante una matriz FODA, con el fin de identificar factores internos y externos que pudieran influir en la gestión de los riesgos evaluados. La intención al seleccionar estos indicadores fue asegurar una cobertura amplia de los aspectos técnicos, organizacionales y humanos que intervienen en la exposición a riesgos.

Para la recolección de datos se eligieron herramientas que permitieron una evaluación técnica rigurosa y, al mismo tiempo, contextualizada. El método RULA fue aplicado mediante observación directa de los operarios durante la ejecución de sus tareas, con el objetivo de identificar posturas que implicaran un riesgo para las

extremidades superiores, el cuello, el tronco y las piernas. De forma complementaria, el método JSI permitió analizar la carga biomecánica en las extremidades superiores, considerando variables como la fuerza ejercida, la duración del esfuerzo y la postura de la muñeca. Estas herramientas fueron seleccionadas por su capacidad para generar puntuaciones que orientaran el nivel de intervención requerido, y su aplicación se fundamentó en estudios previos que validaron su eficacia en entornos industriales.

Además de los métodos de evaluación postural, se utilizaron matrices de cumplimiento ergonómico y lumínico, construidas con base en las normas INTE/ISO 6385:2023, INTE/ISO 11064-4:2016, INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022. Estas matrices permitieron verificar si las condiciones del área de trabajo cumplían con los requisitos técnicos establecidos para tareas de precisión y manipulación manual. Para complementar esta evaluación, se emplearon diagramas generados en el software DIALux, los cuales permitieron simular la distribución de luz en el área de trabajo y validar los niveles de iluminación medidos. Finalmente, la matriz FODA estratégica fue incorporada como herramienta de análisis transversal, con el fin de identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que pudieran influir en la implementación de mejoras ergonómicas y lumínicas. Esta herramienta permitió integrar la perspectiva técnica con factores organizacionales y de gestión.

Se eligieron estas herramientas porque cada una permitió analizar el problema desde un ángulo distinto. Al combinar observaciones directas, mediciones técnicas, revisión de normas y análisis estratégico, se logró describir con claridad y desde varios puntos de vista los riesgos presentes en el proceso Deburr. Esta descripción fue clave para decidir qué acciones correctivas aplicar, diseñar mejoras efectivas y establecer formas de seguimiento que mantuvieran los avances logrados a lo largo del tiempo.

Análisis del Objetivo Específico 3: Diseñar una propuesta de programa de intervención que incluya controles ingenieriles y administrativos orientados a mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación del proceso de desgaste manual de alambres.

Para diseñar una propuesta de programa de intervención que contemplara controles ingenieriles y administrativos orientados a mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación en el proceso de desgaste manual de alambres, se definieron dos variables fundamentales: los controles administrativos y los controles ingenieriles. Estas variables fueron seleccionadas con el propósito de abordar el problema desde una perspectiva integral, que combinara tanto la gestión organizacional como la intervención técnica en el entorno físico de trabajo. La intención fue que el programa resultante no solo cumpliera con los requisitos normativos, sino que también fuera viable, sostenible y adaptable a las condiciones reales del área de Deburr.

Los indicadores definidos para cada variable fueron seleccionados con base en su capacidad para reflejar el grado de implementación, eficacia y cumplimiento de las acciones propuestas. En el caso de los controles administrativos, se consideraron indicadores como la cantidad de requerimientos del programa, el número de responsables internos y externos involucrados, los requerimientos de capacitación, el porcentaje de cumplimiento legal y el costo estimado de implementación. Para los controles ingenieriles, se incluyeron indicadores como el nivel de cumplimiento de criterios técnicos, la cantidad y distribución de luminarias, el nivel de iluminación en los puestos de trabajo, las modificaciones realizadas al mobiliario y el porcentaje de cumplimiento ergonómico y lumínico de la propuesta. Estos indicadores fueron seleccionados con la intención de permitir una evaluación objetiva y comparativa de las distintas alternativas de intervención.

Para recolectar y organizar la información necesaria para el diseño del programa, se definió un conjunto de herramientas que permitiera estructurar, justificar y validar cada componente de la propuesta. La guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo, basada en la norma INTE T29:2016, fue seleccionada como marco de referencia para asegurar que el programa cumpliera con los requisitos mínimos establecidos por la legislación nacional. Esta guía permitió estructurar el programa en términos de objetivos, políticas, procedimientos, responsables y mecanismos de seguimiento. La matriz RACI fue incorporada con el fin de definir claramente los roles y

responsabilidades de los actores involucrados, lo cual fue esencial para garantizar la ejecución efectiva del programa. Para el componente formativo, se utilizó una matriz de capacitación que permitió identificar las necesidades específicas del personal, los contenidos a desarrollar, la frecuencia de las capacitaciones y los recursos requeridos.

En cuanto a los aspectos técnicos, se utilizó una matriz de cumplimiento legal para verificar que todas las acciones propuestas se alinearan con la normativa vigente en materia de ergonomía e iluminación. La matriz de recursos y costos permitió estimar los requerimientos financieros, materiales y humanos necesarios para la implementación del programa, facilitando así la toma de decisiones sobre su viabilidad económica. Para comparar distintas alternativas de rediseño físico del entorno de trabajo, se aplicó una matriz multicriterio que consideró factores como salud y seguridad, impacto económico, viabilidad técnica, aceptación por parte del personal y cumplimiento normativo. Además, se utilizaron diagramas generados en el software DIALux para modelar y simular la distribución de luminarias y niveles de iluminación en los puestos de trabajo, lo cual permitió validar técnicamente las soluciones propuestas. También se aplicó una matriz de cumplimiento ergonómico basada en las normas INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016, con el fin de asegurar que las propuestas cumplieran con los estándares internacionales.

La selección de estas herramientas respondió a la necesidad de construir una propuesta técnicamente fundamentada, legalmente conforme y operativamente viable. Cada instrumento fue elegido con la intención de aportar evidencia que respaldara las decisiones de diseño, así como de facilitar la implementación y el seguimiento del programa. Al integrar herramientas de planificación, evaluación técnica, análisis económico y gestión organizacional, se buscó garantizar que la propuesta de intervención fuera coherente con los hallazgos diagnósticos y respondiera de manera efectiva a las necesidades identificadas en el área de Deburr. Esta aproximación permitió no solo mejorar las condiciones existentes, sino también establecer una base sólida para la mejora continua en el ámbito de la salud ocupacional.

IV. Análisis de la situación actual

En el presente capítulo se detalla la situación actual en relación con la ergonomía e iluminación del área de Deburr. Para ello, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de las diferentes herramientas planteadas, con el fin de desarrollar los objetivos específicos uno y dos de este proyecto.

A. Identificación de los peligros ergonómicos y de iluminación que se presentan en el proceso de desgaste manual de alambres

1. Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr

La entrevista semiestructurada aplicada a la encargada de EHS del área de Deburr (Apéndice 3) permitió identificar prácticas preventivas implementadas en el proceso de desgaste manual de alambres, así como limitaciones en su aplicación y seguimiento. Los principales hallazgos fueron:

- Actualmente se recomienda realizar dos pausas activas por turno, como parte de un programa específico de ergonomía y stretching. Aunque esto representa una medida preventiva, su ejecución depende del criterio del líder de área y no cuenta con seguimiento formal ni instrucciones adaptadas al proceso, lo que limita su efectividad frente a los riesgos musculoesqueléticos.
- La capacitación fue impartida por un proveedor externo y dirigida a los líderes del área. No se documenta si ha sido actualizada ni si se ha extendido a todos los colaboradores, lo que podría afectar la correcta implementación de las pausas activas como medida de control ergonómico.
- Se ofrecen dos sesiones mensuales de 30 minutos, disponibles para todos los turnos. Aunque existe trazabilidad interna mediante listas de participantes, el ingreso al programa depende del líder y no se especifica si responde a criterios técnicos o sintomatología específica.

- Las zonas con mayor frecuencia de dolor reportado son muñeca, codo y brazo, lo que evidencia una sobrecarga física localizada en las extremidades superiores. Esta sintomatología es coherente con la naturaleza repetitiva y manual del proceso, y representa un indicador directo de peligros ergonómicos presentes en el área.
- No se han realizado estudios específicos sobre ergonomía ni iluminación en el área, lo que impide una caracterización objetiva de los peligros presentes y limita la capacidad de intervención técnica.

2. Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr

Mediante la entrevista realizada al ingeniero de manufactura del área (Apéndice 4) se logró caracterizar con mayor precisión diversos aspectos técnicos del proceso de desgaste manual de alambres, así como la diversidad de productos que se manipulan en el área de Deburr.

Esta caracterización resulta fundamental para comprender las exigencias físicas y visuales del proceso, y así poder determinar los requisitos ergonómicos y luminotécnicos necesarios para prevenir riesgos en los colaboradores. A partir de los elementos del proceso descritos por el ingeniero, se analizaron los efectos potenciales que dichas condiciones pueden generar en el personal operativo.

A continuación, se presenta el Cuadro 6, que resume la información obtenida en la entrevista, organizada en función de la relación entre el elemento del proceso y su efecto ergonómico o de iluminación asociado

Cuadro 6. Caracterización del proceso Deburr, resumen de respuestas obtenidas en la entrevista al ingeniero de manufactura del área de Deburr

| Característica del proceso o material | Descripción | Consideraciones ergonómicas | | Consideraciones de iluminación | |
|---------------------------------------|--|--|---|--|---|
| | | Elemento del proceso | Efecto | Elemento del proceso | Efecto |
| Materiales utilizados | Alambres de acero inoxidable 304, 316 y Nitinol | Manipulación repetitiva de materiales metálicos | Fatiga muscular en extremidades superiores | Identificación de tipo de material | Requiere buena visibilidad para evitar errores de clasificación |
| Dimensiones de los alambres | Largos entre 3.5 y 177 pulgadas; diámetros entre 0.0095 y 0.068 pulgadas | Variabilidad en tamaño y forma de los alambres | Ajustes posturales frecuentes y manipulación de piezas pequeñas | Manipulación de piezas pequeñas | Necesidad de iluminación focalizada para prevenir fatiga visual |
| Cantidad de números de parte | 131 números de parte | Diversidad de piezas y cambios constantes de herramienta | Movimientos repetitivos y sobrecarga física acumulada | Alta diversidad de partes y acabados | Iluminación general uniforme y sin sombras para asegurar precisión |
| Tipos de acabados | Square, Deburr, Radius, Full Radius, Chamfer | Acabados que requieren precisión manual (ej. Chamfer, Full Radius) | Mayor esfuerzo físico y riesgo de sobrecarga muscular | Verificación visual de acabados | Iluminación dirigida, sin reflejos ni zonas oscuras para garantizar calidad |
| Tiempo de duración por pieza | Depende del acabado y diámetro; se hacen tomas de tiempo | Procesos lentos o prolongados | Posturas sostenidas que pueden generar incomodidad o fatiga | Procesos prolongados o de alta concentración | Iluminación constante para evitar fatiga ocular durante tareas sostenidas |
| Unidades procesadas por hora | Promedio de 2706 unidades por hora | Alta demanda de producción (2706 unidades/hora) | Riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo | Ritmo acelerado de producción | Iluminación uniforme para reducir errores visuales por velocidad operativa |
| Documento de referencia | Procedimientos: 3003484 Deburr: Instrucciones generales 3104406 Estándares Visuales Generales de Deburr | Ausencia de criterios ergonómicos en los procedimientos técnicos | Falta de prevención estructurada frente a riesgos musculoesqueléticos | Tareas específicas según tipo de pieza | Condiciones de iluminación deben adaptarse al tipo de tarea realizada |

3. Matriz de cumplimiento de la instrucción de entrenamiento de Deburr basada en la UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1

A partir de la entrevista con el ingeniero del área, se obtuvo la información, de que existen dos documentos relacionados directamente con el proceso y su entrenamiento, las cuales son llamadas, 3003484 Deburr: Instrucciones generales y 3104406 Estándares Visuales Generales de Deburr.

De estos, únicamente el documento 3003484 cumple con la clasificación formal de instrucción, mientras que el 3104406 corresponde a una guía de estándares visuales,

enfocada en la identificación de acabados y errores comunes, sin detallar procedimientos operativos.

- **Contenido técnico incompleto:** No incluye todos los pasos operativos ni parámetros críticos del proceso.
- **Gestión de riesgos limitada:** Las advertencias se centran en el uso de EPP, sin abordar riesgos ergonómicos ni luminotécnicos.
- **Adaptación al usuario insuficiente:** El lenguaje es técnico y poco accesible para operarios, y no se identifican claramente sus habilidades ni tareas.
- **Recursos visuales escasos:** Aunque se incluyen algunas ilustraciones, no apoyan de forma efectiva la comprensión del proceso.
- **Ausencia de criterios ergonómicos y de iluminación:** No se mencionan posturas, pausas activas, condiciones visuales ni niveles de iluminación recomendados.

Aunque el documento cumple con requisitos formales como formato, legibilidad y mantenimiento, su utilidad práctica es limitada. No aborda riesgos ergonómicos ni luminotécnicos, a pesar de ser dos de los factores más relevantes en el área evaluada. Además, el lenguaje técnico utilizado puede dificultar la comprensión por parte de los operarios, y los recursos visuales incluidos resultan insuficientes para apoyar la ejecución segura del proceso.

4. Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR

Se utilizó la herramienta Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR (Apéndice 6), para conocer la experiencia personal de cada colaborador en temas de ergonomía. Los principales hallazgos fueron los siguientes

Uno de los hallazgos más relevantes fue la ausencia de un programa formal de pausas activas. Las respuestas obtenidas en el cuestionario reflejan que no existe una estructura definida en cuanto a horarios, frecuencia ni supervisión de estas pausas. Cada

colaborador parece decidir de manera individual si las realiza o no, lo que evidencia una implementación informal y no estandarizada. Esta situación representa un riesgo ergonómico importante, ya que la falta de recuperación física durante la jornada puede favorecer la aparición de fatiga muscular y molestias acumuladas.

En cuanto a la rotación de tareas, se identificó que solo el 14% de los colaboradores (4 de 28), como se muestra en la Figura 4, realiza algún tipo de rotación, aunque esta no ocurre dentro del mismo turno, sino por cambio de área en días distintos. Esto indica que la mayoría de los trabajadores permanece en una misma tarea durante toda la jornada, lo que incrementa la exposición a movimientos repetitivos y posturas mantenidas. La baja rotación funcional limita la variabilidad de carga física y puede contribuir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.

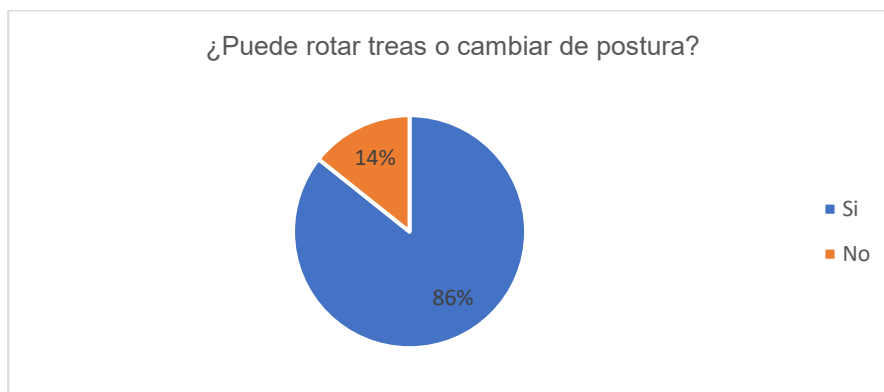


Figura 4. Rotación de tareas

Respecto al acceso a fisioterapia, el 54% (Figura 5) de los colaboradores indicó recibir sesiones cada 15 días, mientras que el resto no accede a este servicio. Esto sugiere que las sesiones programadas por el departamento de EHS no están logrando abarcar a toda la población expuesta, lo que reduce el alcance preventivo de esta estrategia. La falta de cobertura integral puede dejar sin atención a trabajadores que presentan sintomatología relevante o que podrían beneficiarse de intervenciones tempranas.

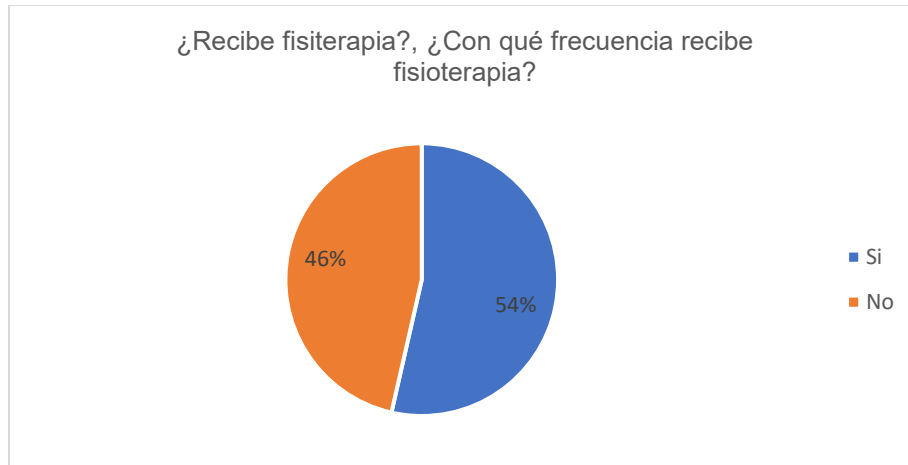


Figura 5. Frecuencia de sesiones de fisioterapia recibidas por los colaboradores de Deburr

En relación con las zonas corporales afectadas, los resultados del cuestionario revelan que las molestias más frecuentes se concentran en la espalda alta, hombros, cuello y manos/muñecas. Los dolores reportados son de intensidad moderada a severa y, en muchos casos, interfieren con el desempeño laboral. Estas molestias están directamente asociadas a posturas mantenidas, movimientos repetitivos y uso prolongado de herramientas, lo que evidencia una carga ergonómica considerable en estas regiones del cuerpo.

Finalmente, se identificó una alta prevalencia de movimientos corporales que representan riesgo ergonómico. Entre ellos destacan la inclinación del cuello hacia adelante, los movimientos repetitivos de muñeca y dedos, y el mantenimiento de brazos elevados. También se reportaron giros de cuello y tronco, inclinaciones laterales y hacia adelante, que, aunque menos frecuentes, pueden generar tensiones musculares si se realizan de forma repetitiva o sostenida. Estos patrones de movimiento reflejan la necesidad de implementar ajustes ergonómicos en el entorno de trabajo, así como estrategias de educación postural y prevención activa.

5. Formulario para recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área

La aplicación del Formulario para recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área (Apéndice 7) permitió caracterizar el mobiliario presente en las siete estaciones de trabajo del área Deburr, mediante la recolección de medidas como altura, profundidad, ancho y tipo de equipo. Esta información fue clave para identificar condiciones físicas del entorno que pueden influir en la aparición de riesgos ergonómicos.

Todas las estaciones están compuestas por dos mesas dispuestas en forma de “L”: una colocada a lo largo del local y otra a lo ancho. Ambas cuentan con reposapiés amplios con ligera inclinación, pero sin ajuste de altura, lo que limita su adaptabilidad a la antropometría de cada colaborador. Las sillas disponibles poseen ruedas y permiten ajuste de altura, pero no cuentan con soporte lumbar ni respaldo para la parte alta de la espalda. Además, están fabricadas con materiales rígidos, poco adecuados para jornadas prolongadas, y presentan deterioro visible en todas las estaciones. En la Figura 6, se muestra un ejemplo del mobiliario de cada estación.

La uniformidad del mobiliario en las siete estaciones implica que las deficiencias detectadas se replican en todo el entorno de trabajo. La falta de ajustes ergonómicos, especialmente en los reposapiés y respaldos, puede favorecer posturas mantenidas, incomodidad física y sobrecarga muscular en zonas como la espalda baja, cuello y hombros.



Figura 6. Mobiliario de estación de trabajo Deburr

6. Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST

Con el fin de conocer la percepción de los colaboradores respecto a las condiciones de iluminación en sus puestos de trabajo, se aplicó el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo del INSST (Apéndice 6). Los resultados obtenidos permiten identificar varios aspectos críticos que afectan la calidad visual del entorno laboral

La percepción general de la iluminación fue calificada como “Regular” por el 50% de los colaboradores, lo que indica que, aunque no se considera deficiente, sí existen oportunidades claras de mejora. (Figura 7)

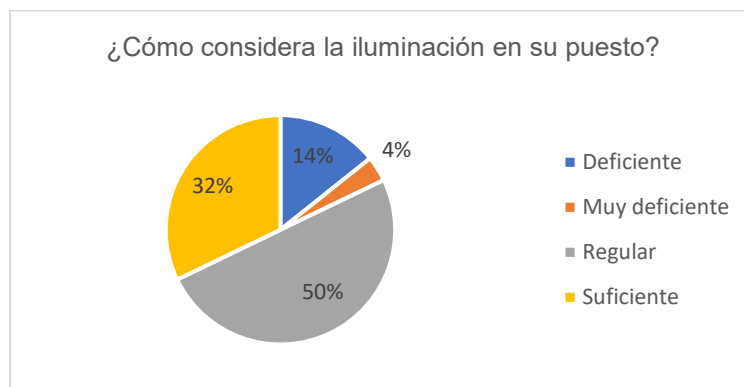


Figura 7. Percepción de la iluminación en el puesto de trabajo

Al consultar sobre posibles cambios, el 64% de los participantes indicó que preferiría contar con mayor iluminación en el área de trabajo, lo que refuerza la necesidad de intervenir en este aspecto. (Figura 8)

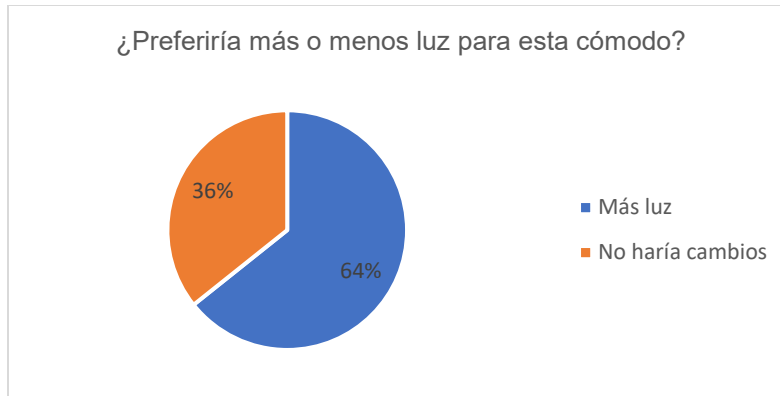


Figura 8. Cambios que implementarían los colaboradores en la iluminación de área de trabajo

Además, se identificaron varios factores que afectan la comodidad visual: presencia de sombras molestas, necesidad de forzar la vista, parpadeo de luces y dificultades para distinguir colores. Aunque la mayoría no reporta brillos intensos ni luz directa en los ojos, estos elementos sí generan síntomas visuales frecuentes, como fatiga ocular, visión borrosa, picazón y pesadez en los párpados. Estos síntomas pueden interferir con la precisión de las tareas y aumentar el riesgo de errores operativos.

7. Matriz de mediciones de iluminación puntual en los puestos de trabajo utilizando luxómetro, conforme a la norma INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores

Se utilizó una matriz de recolección de datos de campo (Apéndice 8 para registrar las mediciones de intensidad lumínica en las siete estaciones de trabajo. Las mediciones se realizaron en tres puntos críticos por estación: el Esmeril, el área de inspección con microscopio electrónico, y la pantalla de visualización. En el caso del esmeril, se consideró adicionalmente la condición de la lámpara de estación (encendida/apagada), dado que su uso varía entre operarios, en la Figura 9, se ilustra visualmente los puntos evaluados en cada estación.



Figura 9. Puntos de muestreo con luxómetro

El muestreo se realizó cinco veces en cada uno de los puntos definidos anteriormente en todas las estaciones evaluadas. El resumen de los resultados obtenidos se muestra en el Cuadro 7, junto con la comparación según lo indicado en la normativa INTE / ISO 8995-1:2016, considerando el tipo de tareas realizadas. En la estación 2089, la lámpara presenta una falla total en su funcionamiento, por lo que no fue posible registrar valores con la luminaria encendida. Por esta razón, dicha fila se indica como N/A en la tabla

Los resultados (Cuadro 7) muestran que ninguna estación cumple con los niveles de iluminación mínimos de 750 luxes requeridos para tareas de pulido, incluso cuando la lámpara está encendida. Esto se debe a que la fuente de luz no está ubicada directamente sobre la superficie de trabajo, sino hacia el interior de la mesa, lo que limita su efectividad. En contraste, todas las estaciones cumplen con los requisitos de iluminación para el microscopio electrónico, superando ampliamente los 750 luxes exigidos para tareas de inspección detallada. Respecto a la pantalla de visualización, se observó cumplimiento parcial: algunas estaciones alcanzan los 500 luxes requeridos, mientras que otras no. Las diferencias podrían estar influenciadas por la distribución de luminarias de techo, que no garantizan una cobertura uniforme en todas las áreas.

Cuadro 7. Resultados de Medición de Iluminación por Estación.

| Estación | Punto de medición | Condición lámpara de estación | Descripción estadística de las mediciones | | | | Especificación de Intensidad lumínica horizontal según INTE / ISO 8995-1:2016 | Cumplimiento |
|---------------|-------------------|-------------------------------|---|--------------|----------------|---------------------------------|---|--------------|
| | | | Mínimo (Lux) | Máximo (Lux) | Promedio (Lux) | Desviación Estándar Luxes (Lux) | | |
| Estación 4300 | Esmeril | Apagada | 239 | 254 | 246.8 | 5.8 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 417 | 447 | 434.8 | 9.9 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1029 | 1309 | 1109.6 | 108.4 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 268 | 296 | 286.2 | 9.6 | 500 luxes | No Cumple |
| Estación 1740 | Esmeril | Apagada | 544 | 565 | 550.6 | 7.6 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 580 | 596 | 584.6 | 5.9 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1245 | 1380 | 1340.6 | 48.6 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 749 | 759 | 754.4 | 3.7 | 500 luxes | Cumple |
| Estación 1597 | Esmeril | Apagada | 382 | 387 | 384.8 | 1.7 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 396 | 402 | 399.6 | 2.6 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1200 | 1439 | 1345.2 | 79.5 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 402 | 447 | 428.4 | 16.8 | 500 luxes | No Cumple |
| Estación 1702 | Esmeril | Apagada | 481 | 496 | 490.6 | 5.3 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 505 | 525 | 512.2 | 7.3 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1706 | 1786 | 1757.0 | 30.8 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 664 | 736 | 704.0 | 27.2 | 500 luxes | Cumple |
| Estación 1511 | Esmeril | Apagada | 673 | 681 | 675.4 | 2.9 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 681 | 689 | 684.2 | 2.8 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1869 | 1873 | 1871.0 | 1.4 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 649 | 658 | 655.0 | 3.2 | 500 luxes | Cumple |
| Estación 2089 | Esmeril | Apagada | 630 | 661 | 643.2 | 13.8 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| | Microscopio | Encendida | 1330 | 1385 | 1359.2 | 20.0 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 703 | 749 | 728.8 | 15.6 | 500 luxes | Cumple |
| Estación 2091 | Esmeril | Apagada | 406 | 425 | 417.2 | 7.7 | 750 luxes | No Cumple |
| | Esmeril | Encendida | 415 | 459 | 432.0 | 15.8 | 750 luxes | No Cumple |
| | Microscopio | Encendida | 1349 | 1452 | 1415.4 | 35.2 | 750 luxes | Cumple |
| | Pantalla | Encendida | 453 | 533 | 493.8 | 31.1 | 500 luxes | No Cumple |

8. Formulario de Recolección de Datos para diseño en DIALux

La aplicación del formulario (Apéndice 9) permitió caracterizar las condiciones físicas y luminotécnicas del área Deburr, sirviendo como base para la simulación en DIALux. Además, facilitó la recopilación de información relevante sobre el entorno operativo, necesaria para proyectar mejoras conforme a criterios normativos.

El proceso de Deburr se desarrolla dentro de un piso de producción compartido con otros procesos, por lo que el área no está completamente cerrada. Esta condición puede generar interferencias externas en la distribución de luz, afectando la uniformidad y calidad visual del espacio. El local presenta una altura de 2.67 metros,

lo que restringe el margen para instalar luminarias suspendidas o sistemas de iluminación indirecta sin riesgo de deslumbramiento o interferencia visual. Asimismo, no cuenta con ventanas alrededor, lo que elimina el aporte de luz natural y obliga a depender exclusivamente de iluminación artificial para satisfacer las exigencias visuales del proceso.

En cuanto al sistema de iluminación, se identificó una distribución no uniforme de luminarias en el piso de producción, con un total de 72 unidades, de las cuales 14 están ubicadas directamente en el área Deburr. Todas las luminarias son de tipo fluorescente T8, con difusores tipo rejilla, lo que puede generar dispersión desigual del flujo luminoso, pérdida de eficiencia en la proyección de luz directa y aparición de sombras parciales sobre las superficies de trabajo.

9. Matriz de interesados internos y externos en la gestión de ergonomía e iluminación en el área de Deburr

La elaboración de la Matriz de Interesados (Cuadro 8) permitió identificar y clasificar a los principales involucrados en la gestión de riesgos ergonómicos y lumínicos del área de Deburr, diferenciando entre interesados internos (8) y externos (3). Esta herramienta facilitó el análisis de sus niveles de influencia, interés y responsabilidades clave, lo que resulta fundamental para definir estrategias de intervención efectivas y sostenibles.

Los involucrados con mayor influencia e interés son la Gerencia de la empresa, Jefatura de Producción y EHS, tienen poder de decisión sobre políticas, recursos y controles técnicos, siendo clave su participación para asegurar que las mejoras se integren con los objetivos organizacionales. El Ingeniero de Manufactura, los Supervisores o Líderes de turno, el Departamento de Facilidades y Departamento de Mantenimiento tienen influencia media pero alto interés, ya que participan activamente en la adaptación de procesos e infraestructura. Por su parte, los Operarios del área Deburr, aunque con menor influencia formal, aportan una visión directa de las condiciones reales, siendo su retroalimentación esencial para validar las mejoras

propuestas. Los interesados externos como Fisioterapia, Consultorio Médico y Proveedor de mobiliario/iluminación, tienen baja influencia, pero aportan soluciones técnicas, clínicas y preventivas que complementan la gestión integral de riesgos en el área Deburr.

Cuadro 8. Matriz de interesados para el proceso de Deburr

| Tipo | Grupo/Involucrado | Interés principal | Nivel de influencia | Nivel de interés | Responsabilidades Clave |
|---------|--------------------------------------|---|---------------------|------------------|---|
| Interno | Gerencia de la empresa | Alinear la gestión de riesgos con los objetivos estratégicos de la empresa | Alto | Alto | Aprobar políticas, asignar recursos humanos y económicos |
| Interno | Jefatura de Producción | Asegurar continuidad y eficiencia del proceso sin afectar la salud del personal | Alto | Alto | Aprobar e implementar mejoras ergonómicas y de iluminación |
| Interno | Encargado de Seguridad y Salud (EHS) | Identificar, evaluar y mitigar riesgos ergonómicos y lumínicos | Alto | Alto | Coordinar evaluaciones, implementar controles y dar seguimiento |
| Interno | Ingeniero de Manufactura | Optimizar procesos considerando criterios de ergonomía e iluminación | Medio | Alto | Adaptar procesos y equipamiento según recomendaciones técnicas |
| Interno | Supervisores o Líderes de Turno | Asegurar cumplimiento operativo diario | Medio | Alto | Detectan y reportan condiciones inadecuadas, además de ser enlace directo con los operarios |
| Interno | Departamento de Facilidades | Ejecutar adecuaciones en infraestructura y sistemas de iluminación | Medio | Medio | Implementar mejoras físicas, instalar y mantener luminarias o mobiliario ergonómico |
| Interno | Departamento de Mantenimiento | Asegurar el funcionamiento continuo y seguro de equipos e instalaciones | Medio | Medio | Puede colaborar en ajustes físicos como instalación de lámparas o soporte para mobiliario |
| Interno | Operarios del área Deburr | Ejecutar tareas afectadas por condiciones ergonómicas y lumínicas | Bajo | Alto | Brindar retroalimentación sobre condiciones reales y sugerencias de mejora |
| Externo | Fisioterapia | Brindar rehabilitación y orientación postural preventiva | Bajo | Medio | Ofrecer sesiones terapéuticas y recomendaciones personalizadas |
| Externo | Consultorio Médico | Evaluar implicaciones clínicas de riesgos ergonómicos o lumínicos | Bajo | Medio | Emitir diagnósticos, referencias médicas y apoyar campañas preventivas |
| Externo | Proveedor de mobiliario/iluminación | Suministrar soluciones técnicas alineadas a necesidades específicas | Bajo | Bajo | Ofrecer productos acordes a criterios ergonómicos e iluminación adecuada |

B. Objetivo 2: Evaluar los riesgos ergonómicos y de iluminación identificados en el proceso de desgaste manual de alambres.

1. Método RULA

Para la aplicación del método RULA, se utilizó la herramienta Hoja de campo para aplicación de método RULA (Apéndice 10), en la cual, por medio de la observación directa a los colaboradores, se determinaron las posiciones a evaluar, también se utilizó como ayuda visual el material visual tomado de la página Ergonautas, presentado en el Anexo 1

Es importante mencionar, que la herramienta se aplicó a todos los colaboradores del área en diferentes turnos, para un total de 28 evaluaciones, sin embargo, debido a la naturaleza de la tarea, todas las evaluaciones arrojaron la misma puntuación, ya que sin importar el número de parte o material que se estuviera corriendo, los movimientos del pulido siempre son los mismos. Aunque se observaron variaciones en la posición del tronco, como el acomodo lateral frente al esmeril para piezas largas (Figura 10), o la postura frontal para piezas pequeñas (Figura 11), estas diferencias no modificaron el resultado final, ya que ambas posturas reciben el mismo valor en el sistema de puntuación del método.



Figura 10. Posición lateral del cuerpo durante el pulido



Figura 11. Posición frontal del material durante el pulido

La puntuación general obtenida fue de 5, lo que, según los niveles de actuación del método RULA (Cuadro 9), indica que se requiere rediseñar la tarea. Esta puntuación refleja una exposición significativa a riesgos musculoesqueléticos, especialmente en cuello, muñecas y espalda, debido a posturas mantenidas, falta de soporte adecuado y ausencia de descansos estructurados.

Cuadro 9. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida, método RULA

| Puntuación | Nivel | Actuación |
|------------|-------|---|
| 1 o 2 | 1 | Riesgo Aceptable |
| 3 o 4 | 2 | Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio |
| 5 o 6 | 3 | Se requiere el rediseño de la tarea |
| 7 | 4 | Se requieren cambios urgentes en la tarea |

2. Método JSI

La aplicación del método JSI se realizó mediante observación directa a los colaboradores del área Deburr en distintos turnos, permitiendo caracterizar la repetitividad de movimientos en la tarea de pulido. Se evaluaron seis factores clave: intensidad del esfuerzo, duración relativa del esfuerzo, frecuencia de movimientos por minuto, postura de mano-muñeca, velocidad de trabajo y duración diaria de la tarea. (Cuadro 10)

Cuadro 10. Valores para el cálculo del método JSI, para la tarea de Deburr

| Factor | Valor elegido | Factores multiplicadores |
|------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Intensidad del esfuerzo (IE) | 2 | Moderada (valor = 3) |
| % duración del esfuerzo (DE) | 3 | ~30–49% del ciclo (valor = 1.5) |
| Esfuerzos por minuto (EM) | 2 | 10–14/min (valor = 1) |
| Postura mano-muñeca (HWP) | 3 | No neutral (valor = 1.5) |
| Velocidad del trabajo (SW) | 4 | Moderada (valor = 1.5) |
| Duración por día (DD) | 5 | Jornada completa (valor = 1.5) |

Los valores asignados reflejan una intensidad moderada del esfuerzo, una postura no neutral de la muñeca, y una frecuencia de trabajo constante durante toda la jornada, con esfuerzos repetitivos en más del 30% del ciclo. Al aplicar la fórmula del índice ($JSI = 3 \times 1.5 \times 1 \times 1.5 \times 1.5 \times 1.5 = 15.18$), se obtuvo un resultado de 15.18, lo que indica un nivel alto de peligro. Según la metodología, cualquier puntuación superior a 5 se asocia con un riesgo elevado de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en las extremidades superiores, especialmente en muñecas, antebrazos y hombros.

Este resultado confirma que la tarea de pulido en el área Deburr implica una exposición significativa a movimientos repetitivos, con carga física sostenida y posturas comprometidas, lo que requiere intervención técnica y organizativa para mitigar el riesgo.

3. Matriz de cumplimiento ergonómico basada en la INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo

La aplicación de la matriz de cumplimiento ergonómico evidenció un nivel de cumplimiento del 48% (Apéndice 13), ubicando al área Deburr en una zona crítica de intervención. Predominan los incumplimientos o cumplimientos parciales en criterios relacionados con la postura del trabajador, la repetitividad de tareas, la ajustabilidad del entorno físico y la adaptabilidad del mobiliario.

Se observó una exposición prolongada a tensión muscular estática, posturas forzadas y ausencia de mecanismos que permitan alternancia postural entre estar sentado y de pie. Aunque la altura de la mesa lo permitiría, preferencia expresada por algunos colaboradores, la falta de alfombras antifatiga limita esta opción, aumentando el riesgo de fatiga física y trastornos musculoesqueléticos. Además, el esmeril utilizado no permite ajustes de altura, lo que impide adaptar la estación de trabajo a la diversidad antropométrica del personal. Esta rigidez obliga a adoptar posturas compensatorias, como inclinaciones del tronco y cuello, que agravan la carga física.

Algunos elementos presentan cumplimiento parcial, como las sillas con ajuste de altura, pero sin ajuste horizontal del respaldo, lo que afecta a personas de baja estatura al no poder apoyar completamente la espalda, comprometiendo el confort y la estabilidad postural.

Estos hallazgos indican que el entorno físico del área Deburr no cumple con los principios de diseño ergonómico establecidos en la norma INTE/ISO 6385:2023, ni con los criterios de distribución definidos en la INTE/ISO 11064-4:2016. Se requiere implementar acciones correctivas integrales que mejoren la adaptabilidad del puesto, la variabilidad postural y la protección musculoesquelética del personal.

4. Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1. Interiores Matriz de cumplimiento INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos

La evaluación realizada mediante la matriz de cumplimiento normativo basada en las normas INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022, arrojó un 63% (Apéndice 14) de cumplimiento, ubicando al área Deburr en una zona de intervención moderada. Si bien se cumplen algunos criterios básicos, persisten deficiencias relevantes que comprometen el confort visual, la precisión operativa y la seguridad laboral.

Entre los principales hallazgos se identifican niveles insuficientes y no uniformes de iluminancia, presencia de contrastes marcados de luz y sombra, y cambios bruscos de iluminación entre zonas, lo que genera fatiga visual y dificulta la identificación de riesgos. También se observan deslumbramientos, reflejos molestos y falta de iluminación dirigida, afectando directamente tareas de detalle como el pulido manual de alambres.

Un aspecto crítico identificado es la ausencia total de luz natural y de contacto visual con el exterior en el área de trabajo, ya que la estructura no cuenta con ventanas. Esta condición, presente durante la ejecución de las tareas de producción, impacta

negativamente el bienestar ocupacional. A ello se suma la falta de un mantenimiento sistemático del sistema de iluminación, evidenciada por luminarias deterioradas, ausencia de programas de limpieza y revisión periódica, así como reportes de parpadeo, molestias visuales y cefaleas por parte del personal.

Aunque se cumplen criterios relacionados con la temperatura de color, visibilidad de pantallas y ubicación de luminarias, el entorno aún presenta zonas oscuras, sombras duras y obstáculos visuales, lo que limita la funcionalidad del campo visual ergonómico. Estos resultados respaldan la necesidad de rediseñar la distribución del sistema de iluminación, garantizar niveles adecuados y uniformes de iluminación según tipo de tarea, e implementar un programa preventivo de mantenimiento y limpieza, con seguimiento técnico y participación del personal.

5. Diagramas realizados en software DIALux

A partir de los datos recopilados mediante el Formulario de recolección para diseño en DIALux (Apéndice 9), se realizó una simulación del área Deburr, incluyendo zonas aledañas, ya que no se trata de un espacio cerrado (Figura 12). Esta simulación permitió comparar los niveles de iluminación reales medidos con luxómetro con los valores proyectados en el entorno virtual, validando la distribución lumínica en el área.



Figura 12. Vista del área total simulada en Dailux

Una de las herramientas clave utilizadas en el análisis fue la visualización con colores falsos, generada por el software DIALux. Esta función asigna una escala cromática a los niveles de iluminancia en el plano, facilitando la interpretación visual de las zonas con iluminación adecuada, insuficiente o excesiva. En la simulación del área general de Deburr (Figura 13), los colores cálidos como amarillo y naranja indicaron niveles superiores a 500 luxes, especialmente en pasillos y zonas de tránsito, lo que coincide con la percepción del personal sobre la visibilidad general para tareas no especializadas.



Figura 13. Simulación con colores falsos en las áreas generales de Deburr

Sin embargo, en la zona crítica donde se ubican el esmeril, el monitor y el microscopio, los colores proyectados fueron más fríos, lo que refleja niveles de iluminación por debajo de los recomendados para tareas de precisión. Esta observación coincide con los resultados obtenidos en las mediciones puntuales con luxómetro (Cuadro 7) y con las manifestaciones de los colaboradores, quienes señalaron dificultades visuales en esa estación de trabajo.

La comparación entre los valores medidos con luxómetro y simulados en DIALux muestra una coherencia general, aunque en algunos casos, se observan diferencias significativas, posiblemente atribuibles a la configuración de reflectancia de superficies o a la geometría del modelo virtual. Aun así, los resultados confirman que las estaciones de trabajo especializadas requieren ajustes lumínicos, ya que varios puntos presentan valores por debajo de los recomendados para tareas de precisión visual.

Cuadro 11. Comparación de valores obtenidos con luxómetro y simulación de DIALux

| Estación | Referencia de imagen de simulación | Punto de medición | Valor promedio de medición con luxómetro (Lux) | Valor obtenido con simulación en DIALux (Lux) |
|---------------|------------------------------------|-------------------|--|---|
| Estación 4300 | Apéndice 15 | Esmeril | 434.8 | 569 |
| | | Microscopio | 1109.6 | 1156 |
| | | Pantalla | 286.2 | 328 |
| Estación 1740 | Apéndice 16 | Esmeril | 584.6 | 680 |
| | | Microscopio | 1340.6 | 2400 |
| | | Pantalla | 754.4 | 633 |
| Estación 1597 | Apéndice 17 | Esmeril | 399.6 | 465 |
| | | Microscopio | 1345.2 | 1450 |
| | | Pantalla | 428.4 | 515 |
| Estación 1702 | Apéndice 18 | Esmeril | 512.2 | 518 |
| | | Microscopio | 1757.0 | 1804 |
| | | Pantalla | 704.0 | 618 |
| Estación 1511 | Apéndice 19 | Esmeril | 684.2 | 705 |
| | | Microscopio | 1871.0 | 2500 |
| | | Pantalla | 655.0 | 649 |
| Estación 2089 | Apéndice 20 | Esmeril | 643.2 | 681 |
| | | Microscopio | 1359.2 | 2490 |
| | | Pantalla | 728.8 | 657 |
| Estación 2091 | Apéndice 21 | Esmeril | 432.0 | 474 |
| | | Microscopio | 1415.4 | 2220 |
| | | Pantalla | 493.8 | 460 |

6. Matriz FODA Estratégico

Para el análisis de la información se aplicó un FODA estratégico, con el propósito de comparar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del proceso de Deburr, y así plantear estrategias alineadas al contexto evaluado. Los resultados se presentan en el Cuadro 12

Cuadro 12. Matriz FODA estratégico

| | | |
|---|---|---|
| <p style="text-align: center;">Factores externos</p> | <p style="text-align: center;"><u>Fortalezas</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existencia de pausas activas recomendadas por fisioterapeuta. 2. Cobertura de fisioterapia en todos los turnos, con registro de asistencia 3. Capacitación inicial en pausas activas para líderes. 4. Iluminación general adecuada en zonas de tránsito (>500 luxes) 5. Se cuenta con elementos básicos que permiten cierto grado de ajuste postural. | <p style="text-align: center;"><u>Debilidades</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de seguimiento formal y sistemático al programa de pausas activas. 2. Cobertura de fisioterapia percibida como incompleta por parte del personal. 3. Iluminación insuficiente y no uniforme en estaciones críticas (esmeril, microscopio, pantallas). 4. Mobiliario inadecuado: sillas sin soporte lumbar, mesas no ajustables 5. Rotación de tareas limitada 6. Posturas forzadas y carga física elevada en miembros superiores 7. Cumplimiento parcial de normas ergonómicas e iluminación (48% y 63%) 8. Iluminación insuficiente en estaciones especializadas 9. Distribución de luminarias no uniforme |
| | <p style="text-align: center;"><u>Oportunidades</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Normativas nacionales e internacionales que promueven mejoras ergonómicas y de iluminación. 2. Avances tecnológicos en iluminación y mobiliario ajustable. 3. Tendencia organizacional hacia el bienestar y la productividad. 4. Mayor visibilidad de la ergonomía como estrategia competitiva. | <p style="text-align: center;"><i>Estrategias FO (Fortalezas + Oportunidades)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formalizar y fortalecer el programa de pausas activas (F1, O1, O3) • Actualizar y ampliar la capacitación en ergonomía (F3, O1, O4) • Mejorar el mobiliario básico existente (F5, O2) • Reforzar la iluminación general en zonas de tránsito (F4, O2, O3) |
| <p style="text-align: center;"><u>Amenazas</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Costos elevados de equipos ergonómicos o sistemas de iluminación. 2. Cambios legislativos que exigen estándares más altos. 3. Auditorías externas que podrían evidenciar no conformidades. 4. Riesgo de fuga de talento por condiciones laborales inferiores en ergonomía e iluminación respecto a empresas del mismo sector 5. Limitaciones presupuestarias impuestas por áreas externas. 6. Presión por productividad sin ajuste ergonómico (Demandas externas de producción) | <p style="text-align: center;"><i>Estrategias FA (Fortalezas + Amenazas)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Documentar y formalizar las acciones preventivas existentes (pausas activas, fisioterapia, capacitaciones) (F1, F2, F3, A2, A3) • Mejorar la infraestructura básica existente (iluminación general y mobiliario parcialmente ajustable) (F4, F5, A1, A5) • Priorizar mejoras de bajo costo y alto impacto en ergonomía e iluminación (F5, A1, A5) | <p style="text-align: center;"><i>Estrategias DA (Debilidades + Amenazas)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer un plan de mejora progresiva en ergonomía e iluminación (D3, D4, D7, D8, D9, A2, A3) • Revisar y ajustar la distribución de luminarias y mobiliario (D4, D9, A4) |

V. Conclusiones

- Las pausas activas están formalmente recomendadas, pero su seguimiento es limitado y no sistemático, lo que debilita su función preventiva.
- La cobertura de fisioterapia está planificada y disponible en todos los turnos, pero algunos colaboradores expresaron no recibir las terapias.
- La iluminación general en zonas de tránsito cumple con los valores normativos, pero las estaciones críticas presentan déficits lumínicos significativos.
- La iluminación general del área no presenta una distribución uniforme, afectando la uniformidad de la iluminación del espacio.
- Se identifican deslumbramientos, reflejos molestos y parpadeo en luminarias, por falta de mantenimiento, lo que afecta la comodidad visual y la concentración.
- El mobiliario actual no cumple con criterios ergonómicos básicos, lo que incrementa el riesgo de trastornos musculoesqueléticos.
- La rotación de tareas es limitada, lo que incrementa la exposición a posturas estáticas y movimientos repetitivos.
- El cumplimiento normativo en iluminación y ergonomía es parcial, lo que representa un riesgo ante auditorías y afecta la competitividad técnica del área.

VI. Recomendaciones

- Establecer un sistema formal de seguimiento a pausas activas, con indicadores de aplicación, frecuencia y participación, supervisado por personal capacitado. Esto permitirá validar su cumplimiento y fortalecer su impacto como medida preventiva.
- Implementar un control operativo que registre la participación real en sesiones de fisioterapia, asegurando que la cobertura ofrecida se traduzca en atención efectiva y equitativa. Este control permitirá detectar brechas y ajustar la oferta según la demanda real del personal.
- Rediseñar la iluminación de estaciones críticas (esmeril, pantalla), para corregir déficits lumínicos y mejorar la calidad visual.
- Agregar luminarias de techo en puntos estratégicos del área para mejorar la distribución de la luz y garantizar una cobertura uniforme que favorezca el confort visual.
- Establecer un programa de mantenimiento correctivo y preventivo de las luminarias, eliminando deslumbramientos, reflejos y parpadeo para mejorar la comodidad visual y la concentración.
- Implementar mobiliario ergonómico ajustable, adaptado a las necesidades de cada persona y a las condiciones operativas del área. La selección debe considerar criterios técnicos y restricciones presupuestarias para garantizar su viabilidad.
- Establecer un programa estructurado de rotación operativa que permita alternar funciones entre estaciones, reduciendo la carga física acumulada y promoviendo la variabilidad postural como estrategia preventiva.
- Desarrollar un programa integral que incorpore controles ingenieriles y administrativos, orientado a fortalecer el cumplimiento normativo y mejorar la gestión técnica del área.

VII. Alternativas de Solución

A continuación, se presentan las alternativas de solución propuestas, estas se dividen en dos secciones, ingenieriles y administrativas, ambas para el control de riesgos de iluminación y de ergonomía.

A. Alternativas de solución ingenieriles

En esta sección se describen las propuestas de control ingenieril planteadas para los factores de iluminación y ergonomía. Cada alternativa incluye una descripción de sus características, y se seleccionará la opción más viable con base en diversos criterios que serán analizados posteriormente.

1. Propuestas de solución

Iluminación:

La alternativa propuesta para mitigar el riesgo asociado a la iluminación en el área de trabajo se enfoca en mejorar tanto la iluminación puntual sobre el esmeril como la iluminación general en pasillos y estaciones de trabajo. Para lograrlo, se plantean tres componentes técnicos que conforman la solución integral:

Componente Iluminación 1. Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril. (Iluminación.C1)

Componente Iluminación 2. Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo. (Iluminación.C2)

Componente Iluminación 3. Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general. (Iluminación.C3)

Cada componente contempla tres propuestas técnicas distintas, las cuales serán evaluadas considerando variables como el costo, el flujo luminoso, el consumo energético, la temperatura de color, entre otros criterios técnicos relevantes. El objetivo

es identificar la combinación de propuestas que brinde el mejor rendimiento técnico y económico, asegurando una solución integral, eficiente y sostenible para el entorno laboral.

Componente Iluminación 1. Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril.

En el estado actual, la lámpara de iluminación puntual ubicada en la mesa de trabajo se encuentra alejada del campo visual directo del trabajador. Esta disposición limita la efectividad de la iluminación en las tareas manuales y visuales que se realizan en el área, como se puede observar en la Figura 14. Además, la ubicación de la lámpara genera sombras que reducen significativamente la visibilidad, afectando tanto la precisión como la seguridad del trabajador.



Figura 14. Ubicación de la iluminación en la zona de trabajo

Por lo tanto, se plantea como primer componente de la alternativa de solución la reubicación de la lámpara mediante una extensión en la estructura de soporte, de modo que esta se sitúe directamente sobre el área de trabajo, específicamente en la zona donde el operario realiza tareas que requieren alta concentración visual (Figura 15). Al

posicionar la lámpara por encima del esmeril, se logra minimizar la generación de sombras y se mejora sustancialmente la calidad de la iluminación en el plano de trabajo.

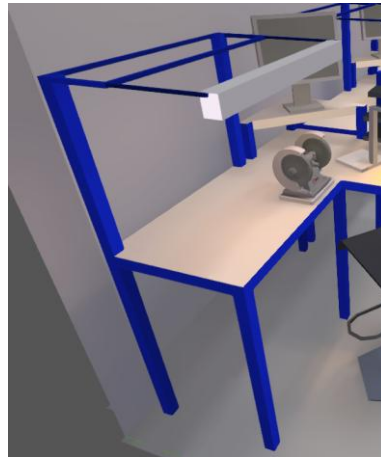


Figura 15. Modelo 3D de extensión de la estructura de soporte de la luminaria

La estructura se debe extender un total de 60 cm para que la luminaria quede sobre la zona de trabajo (Figura 16)

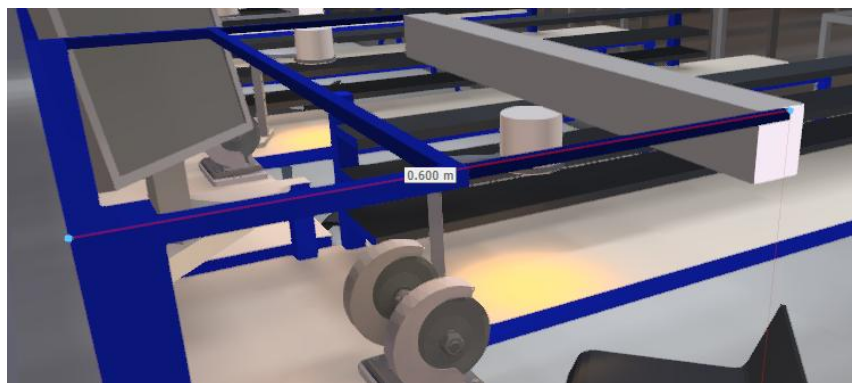


Figura 16. Medida de extensión para la estructura

Para este componente, el diseño de la estructura se mantuvo constante en las tres propuestas evaluadas. La diferencia entre ellas radicó en el costo asociado, según el proveedor seleccionado. Dos de las opciones fueron cotizadas con proveedores externos, incluyendo tanto el costo de los materiales como el de la instalación. La tercera propuesta contempló la fabricación e instalación interna, utilizando recursos técnicos

propios de la empresa, y considerando únicamente el costo de los materiales. En el Cuadro 13, se presentan los costos estimados para cada propuesta, considerando la implementación en las siete estaciones de trabajo.

Los proveedores externos considerados en las cotizaciones son empresas inscritas y autorizadas dentro de los controles internos de la compañía. Por lo tanto, están familiarizados con los requisitos que se solicitan para ejecutar cualquier trabajo, como la póliza del INS, la constancia de aseguramiento ante la CCSS y la capacitación anual para contratistas. El costo de estos aspectos ya están contemplados dentro de las cotizaciones presentadas.

Cuadro 13.Propuestas del componente 1 (Iluminación.C1)




| Propuesta | Descripción de alternativa | Costo Total para 7 Mesas |
|------------------|--|---------------------------------|
| Iluminación.C1.1 | El trabajo será realizado por el personal técnico de la empresa, por lo que solo se debe contemplar el costo de los materiales. | ₡35000 |
| Iluminación.C1.2 | El trabajo será realizado por un proveedor externo e incluye mano de obra, instalación y los materiales, según la cotización total presentada. | ₡336000 |
| Iluminación.C1.3 | El trabajo será realizado por un proveedor externo e incluye mano de obra, instalación y los materiales, según la cotización total presentada. | ₡1079400 |

Componente Iluminación 2. Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo.

Este componente tiene como objetivo mejorar las condiciones de iluminación directa en cada estación de trabajo mediante el reemplazo de las lámparas puntuales existentes. La finalidad es garantizar niveles adecuados de iluminancia sobre las superficies de trabajo, conforme a los requisitos establecidos en las normativas INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022, evitando el deslumbramiento y la fatiga visual.

La propuesta contempla tres modelos de lámparas, cada uno con características técnicas, económicas y operativas distintas. Estas serán evaluadas para seleccionar la opción más adecuada según el contexto y necesidades del proyecto (ver Cuadro 14).

Cuadro 14. Propuestas del componente 2 (Iluminación.C2)

| Propuesta | Marca y modelo de lámpara | Imagen Referencia | Tecnología de iluminación | Flujo Luminoso (lm) | Consumo de Potencia (W) | Eficacia Luminosa (lm/W) | Temperatura de color (K) | IRC | Dimensiones (LxWxH) mm | Precio |
|------------------|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----|------------------------|--------|
| Iluminación.C2.1 | Tecnolite RUBIDEA III |  | Led Integrado | 1300 | 14 | 93 | 3000 – 4000 – 6500 (Ajustable) | 80 | 849x22.8x36 | €27760 |
| Iluminación.C2.2 | LED ADVANCE Linear |  | Led Integrado | 850 | 8 | 106 | 4500 | 80 | 573x28x36 | €16450 |
| Iluminación.C2.3 | Tecnolite Pekin VII |  | Led Integrado | 1350 | 14 | 96 | 4000 | 80 | 849x22.8x36 | €14882 |

Con el objetivo de tomar una decisión fundamentada desde el punto de vista técnico, se realizó una simulación luminotécnica utilizando el software especializado DIALux. Esta simulación permitió evaluar el comportamiento real de las tres propuestas de luminarias, considerando aspectos como la distribución de la luz, los niveles de iluminancia sobre las superficies de trabajo y la reducción de sombras.

Gracias a esta metodología, fue posible comparar de manera objetiva el desempeño de cada alternativa en condiciones reales de operación, facilitando así una selección más precisa y alineada con los requerimientos normativos, ergonómicos y funcionales del proyecto. (Cuadro 15)

Cuadro 15. Valores simulados promedio de la Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal) en zona de trabajo de esmeriles, para las propuestas del componente 2.

| Zona de análisis | Especificación normativa (INTE/ISO 8995-1:2016) | Iluminación.C2.1 | | Iluminación.C2.2 | | Iluminación.C2.3 | |
|--------------------------|---|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|
| | | E nominal (lux) | ¿Cumple con Especificación? | E nominal (lux) | ¿Cumple con Especificación? | E nominal (lux) | ¿Cumple con Especificación? |
| Esmeril de estación 2091 | >750 Lux | 1178 | Si | 1070 | Si | 1064 | Si |
| Esmeril de estación 2089 | >750 Lux | 1267 | Si | 1142 | Si | 1138 | Si |
| Esmeril de estación 1511 | >750 Lux | 1299 | Si | 1170 | Si | 1163 | Si |
| Esmeril de estación 1702 | >750 Lux | 1126 | Si | 1016 | Si | 1008 | Si |
| Esmeril de estación 1597 | >750 Lux | 828 | Si | 754 | Si | 749 | No |
| Esmeril de estación 1740 | >750 Lux | 1133 | Si | 1027 | Si | 1017 | Si |
| Esmeril de estación 4300 | >750 Lux | 959 | Si | 864 | Si | 856 | Si |

Además, otro factor relevante para garantizar el confort visual de los colaboradores es el deslumbramiento molesto, el cual fue evaluado mediante el método de la Capacidad Unificada de Deslumbramiento (CUD), conforme a lo establecido en la norma INTE/ISO 8995-1:2016. En el Cuadro 16 se detallan los valores utilizados para el cálculo del CUD en cada propuesta. Según el apartado 5 de dicha norma, “Lista de requisitos de iluminación”, para la tarea seleccionada en el área en estudio (14. Trabajo y procesamiento de metales, Ensamble: de precisión), el valor límite de CUD permitido es de 19. Por tanto, las tres alternativas planteadas cumplen con este requisito normativo.

Cuadro 16. Cálculo del CUD, para cada una de las propuestas 2.

| | Iluminación.C2.1 | Iluminación.C2.2 | Iluminación.C2.3 |
|--|--|------------------|------------------|
| L cd/m² <i>(Flujo luminoso/(área emisora x π))</i> | 21377,16 | 16863,80 | 22199,35 |
| <i>Flujo Luminoso</i> | 1300,00 | 850,00 | 1350,00 |
| <i>área emisora</i> | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| <i>π</i> | 3,14 | 3,14 | 3,14 |
| L_b cd/m² <i>((E x reflectancia) / π)</i> | 811,376 | 530,515 | 842,583 |
| <i>E (Flujo luminoso / área iluminada)</i> | 2549,020 | 1666,667 | 2647,059 |
| <i>Reflectancia mesa blanca*</i> | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| <i>π</i> | 3,142 | 3,142 | 3,142 |
| ω (área emisora x distancia media) | 0,010 | 0,008 | 0,010 |
| <i>área emisora</i> | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| <i>Distancia media</i> | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| p * | 2,500 | 2,500 | 2,500 |
| CUD (Capacidad Unificada de Deslumbramiento) | 19 | 18 | 19 |
| Formula del cálculo CUD | $CUD = 8 \cdot \log \left[\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right]$ | | |
| <i>*Estos fueron datos obtenidos en diferentes bibliografías consultadas, pero no calculadas</i> | | | |

Componente Iluminación 3. Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general.

Esta propuesta tiene como objetivo mejorar la uniformidad de la iluminación general en la zona de trabajo Deburr, mediante la incorporación de nuevas luminarias en el cielo raso (techo falso), específicamente en aquellas áreas donde actualmente no existen fuentes de luz directa sobre las mesas de trabajo.

La ausencia de luminarias en estos puntos genera zonas con niveles de iluminancia inferiores a los recomendados, lo que interrumpe la homogeneidad del sistema de iluminación y puede afectar la precisión visual requerida para las tareas realizadas. La propuesta se fundamenta en un análisis de la distribución lumínica existente y plantea la instalación de luminarias adicionales del mismo tipo o compatibles con las ya instaladas, con el fin de mantener la coherencia técnica, estética y funcional del sistema. Esta intervención busca garantizar una cobertura uniforme, reducir las sombras proyectadas y asegurar el cumplimiento de los niveles mínimos de iluminancia establecidos por la normativa aplicable.

La ubicación estimada de las luminarias propuestas se presenta en la Figura 17 que muestra un esquema de distribución en el cielo raso del área de trabajo Deburr. En dicha figura, se utiliza un recuadro de color morado para señalar visualmente la posición sugerida de cada luminaria adicional. Además, la disposición propuesta de las nuevas luminarias ha sido seleccionada para coincidir con la alineación y distribución de las luminarias actualmente instaladas, con el objetivo de mantener la homogeneidad del sistema y preservar la coherencia técnica, estética y funcional del entorno de trabajo. Esta estrategia asegura una distribución uniforme de la luz y refuerza la integración visual del sistema de iluminación general.

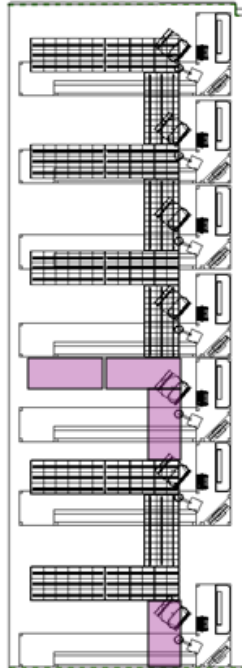




Figura 17. Distribución propuesta de luminarias adicionales en el cielo raso del área de trabajo Deburr.

Para mantener la uniformidad en las características de las luminarias del área, estas deben contar con difusor tipo parrilla. Además, preferiblemente deben ser compatibles con bombillas T8 —las actualmente utilizadas en el área— para no afectar la logística de reposición y mantenimiento al introducir un modelo nuevo.


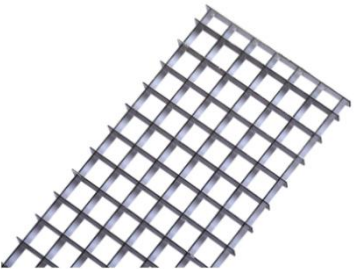
Durante el proceso de cotización de opciones que se ajustaran al tamaño del área de instalación en el techo, se identificó una alternativa con difusor integrado en su estructura y compatible con bombillas T8. El otro modelo, aunque cumple con las dimensiones requeridas, no cuenta con difusor integrado, por lo que se buscaron dos opciones de difusores, para integrarlas a esta luminaria. Además, este modelo funciona con panel LED integrado.

En los siguientes cuadros (Cuadro 17, Cuadro 18 y Cuadro 19), se presentan las características técnicas y económicas de las tres propuestas consideradas.


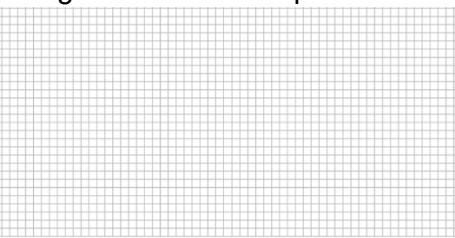
Cuadro 17. Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.1

| Iluminación.C3.1 | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|--|--------------------------|-----|--------------------|----------------|
| Artículo: Luminaria | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Dimensiones | Difusor integrado | Cantidad celdas difusor | Compatibilidad con bombilla | Cantidad Requerida | Costo unitario | | | | |
| Sylvania P03978-36 | 121.6 cm X 60.2 cm | Si | 36 | Led T8 | 1 | ₡70329 | | | | |
| Artículo: Bombilla ¹ | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Largo | Compatibilidad con luminarias | Tecnología de iluminación | Temperatura de color (K) | Intensidad Lumínica (Lm) | Consumo de potencia (W) | Eficacia Luminosa (lm/W) | IRC | Cantidad Requerida | Costo unitario |
| Phillips F32T8/TL865 | Estándar T8 - 121.6 cm | Conexión estándar T8 | Fluorescente | 6500 | 2850 | 32 | 89 | 80 | 3 | ₡2100 |
| Costo total de alternativa | | | | | | ₡76629 | | | | |
| Imagen de referencia para luminaria | | | Imagen de referencia para difusor | | | Imagen de referencia para bombilla | | | | |
|  | | | <p>Integrado en la luminaria</p> | | |  | | | | |
| ¹ Este modelo de bombilla es el que se utiliza actualmente en el área | | | | | | | | | | |

Cuadro 18. Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.2

| Iluminación.C3.2 | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|---------------------------|----------------|
| Artículo: Luminaria | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Dimensiones | Difusor integrado | Cantidad celdas difusor | | Compatibilidad con bombilla | | Cantidad Requerida | Costo unitario | | |
| Cooper 24CGT5540C | 121.6 cm X 60.2 cm | No | N/A | | Panel Led integrado | | 1 | ₡77691 | | |
| Artículo: Bombilla | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Largo | Compatibilidad con luminarias | Tecnología de iluminación | Temperatura de color (K) | Intensidad Lumínica (Lm) | Consumo de potencia (W) | Eficacia Luminosa (lm/W) | IRC | Cantidad Requerida | Costo unitario |
| Cooper 24CGT5540C | 121.6 cm | Led Integrado | Led | 4000 | 5337 | 46.8 | 114 | 80 | Incluidos en la luminaria | N/A |
| Artículo: Difusor | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | | Dimensiones | | Cantidad celdas difusor | | Cantidad Requerida | | Costo unitario | | |
| Sylvania 311042 | | 121.6 cm X 60.2 cm | | 72 | | 1 | | ₡25968 | | |
| Costo total de alternativa | | | | | ₡103929 | | | | | |
| Imagen de referencia para luminaria | | | Imagen de referencia para difusor | | | Imagen de referencia para bombilla | | | | |
|  | | |  | | | Integrado en la luminaria | | | | |

Cuadro 19. Características técnicas y económicas de la propuesta Iluminación.C3.3

| Iluminación.C3.3 | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----|---------------------------|----------------|
| Artículo: Luminaria | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Dimensiones | Difusor integrado | Cantidad celdas difusor | Compatibilidad con bombilla | Cantidad Requerida | Costo unitario | | | | |
| Cooper 24CGT5540C | 121.6 cm X 60.2 cm | No | N/A | Panel Led integrado | 1 | Ø77691 | | | | |
| Artículo: Bombilla | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Largo | Compatibilidad con luminarias | Tecnología de iluminación | Temperatura de color (K) | Intensidad Lumínica (Lm) | Consumo de potencia (W) | Eficacia Luminosa (lm/W) | IRC | Cantidad Requerida | Costo unitario |
| Cooper 24CGT5540C | 121.6 cm | Led Integrado | Led | 4000 | 5337 | 46.8 | 114 | 80 | Incluidos en la luminaria | N/A |
| Artículo: Difusor | | | | | | | | | | |
| Código Fabricante | Dimensiones | | | Cantidad celdas difusor | Cantidad Requerida | Costo unitario | | | | |
| Sylvania 7255179 | 121.6 cm X 60.2 cm | | | 1800 | 1 | Ø15395 | | | | |
| Costo total de alternativa | | | | | | Ø93086 | | | | |
| Imagen de referencia para luminaria | | | Imagen de referencia para difusor | | | Imagen de referencia para bombilla | | | | |
|  | | |  | | | <p>Integrado en la luminaria</p> | | | | |

Ergonomía:

La alternativa propuesta para mitigar el riesgo asociado a la ergonomía en el área de trabajo se enfoca en mejorar el mobiliario ya existente, así como brindar alternativas que le permitan al operario cambiar y mejorar la postura durante la jornada. Para lograrlo, se plantean tres componentes técnicos que conforman la solución integral:

Componente Ergonómico 1. Sillas ajustables (Ergonomía.C1)

Componente Ergonómico 2. Alfombras antifatiga (Ergonomía.C2)




Componente Ergonómico 3. Base de altura ajustable para el esmeril (Ergonomía.C3)

Cada componente contempla tres propuestas distintas, las cuales serán evaluadas considerando variables como el costo, materiales, entre otros criterios técnicos relevantes. El objetivo es identificar la combinación de propuestas que brinde el mejor rendimiento técnico y económico, asegurando una solución integral, eficiente y sostenible para el entorno laboral.

Componente Ergonómico 1. Sillas ajustables

Con el fin de brindar al colaborador la posibilidad de ajustar la silla de trabajo tanto en altura, como en la zona lumbar, se seleccionan modelos de silla que permitan estos movimientos, además de contemplar que su material, no sea tan rígido y de fácil limpieza, las características de cada alternativa se describen en el Cuadro 20

Cuadro 20. Características técnicas y económicas de propuestas componente ergonómico 1

| Propue | Imagen | Modelo | Material de la silla | Dimensiones del asiento (AnchoxProfundo) cm | Dimensiones del respaldo (AnchoxAlto) cm | Altura (min-max) cm | Características de la silla | Costo |
|----------------|--|----------------------|----------------------|---|--|---------------------|---|----------|
| Ergonomía C1.1 |  | Silla cajero RMDC-80 | Espuma de 2 pulgadas | 50x45 | 44x42 | 65-89 | - Aro reposapiés con ajuste de altura - Control de altura ajustable | Ø95000 |
| Ergonomía C1.2 |  | SS43TC | Espuma HDF | 50X43 | 45X50 | 60-85 | - Aro reposapiés con ajuste de altura - Control de altura ajustable -Control de reclinación ergonómica hasta 130° | \$280 |
| Ergonomía C1.3 |  | SS43TC | Espuma HDF | 50X43 | 45X50 | 60-85 | - Aro reposapiés con ajuste de altura - Control de altura ajustable -Control de reclinación ergonómica hasta 130° | \$379.41 |

Componente Ergonómico 1. Alfombras antifatiga

Con el fin de brindar al colaborador la posibilidad de alternar de postura cuando realiza trabajos en el área, para que pueda realizar trabajos de pie, se contemplan como alternativa el uso de alfombras antifatiga las características de cada alternativa se describen en el

Cuadro 21.

Cuadro 21. Características técnicas y económicas de propuestas componente ergonómico 2

| Propuesta | Imagen y modelo | Material superficie | Material de relleno | Certificación NFSI y Dureza (Durometer) | Resistencia | Dimensiones (cm) | Espesor (cm) | Antideslizante | Costo (USD) |
|------------------|---|----------------------------|----------------------------|--|--|-------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| Ergonomía C2.1 |  Diamond Cushion™ | Espuma de PVC cerrada | Espuma de PVC cerrada | No certificada NFSI Dureza: 15 | Aislante, resistente al desgarro y al desgaste | 91.4 x 61 | 1.27 | Sí | \$40.35 |
| Ergonomía C2.2 |  NOTRAX Cushion Trax® Ultra™ | Vinilo | Espuma de PVC cerrada | Certificada NFSI Dureza: 80 | Aislante, resistente al desgarro y al desgaste | 91.4 x 61 | 1.9 | Sí | \$86.43 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|--|----------------|-----------------------|-----------------------------|---|-----------|------|----|---------|
| Ergonomía C2.3 |  NOTRAX Dura Trax® | Caucho nitrilo | Espuma de PVC cerrada | Certificada NFSI Dureza: 61 | Aislante, resistente al desgarro, al desgaste y segura para soldadura | 91.4 x 61 | 1.43 | Sí | \$88.77 |
|-------------------|--|----------------|-----------------------|-----------------------------|---|-----------|------|----|---------|

Componente Ergonómico 2. Base de altura ajustable para esmeril

Uno de los factores más influyentes en el riesgo ergonómico es la postura que toman los colaboradores al momento de utilizar el esmeril, debido a que el equipo está en un plano de trabajo bajo, ocasionando posturas forzadas en cuello y hombros.

Con el fin de mejorar lo anteriormente descrito, se plantea como componente de la solución, una base para el esmeril de altura ajustable, para que cada colaborador pueda ajustar el equipo según sus necesidades.

A continuación, se van a describir cada una de las 3 alternativas planteadas para este componente, así como sus características a considerar, para la escogencia final de la más adecuada. Es importante considerar que el rango de altura de todas las alternativas propuestas tiene como punto de referencia la superficie de trabajo actual, la cual mide 93 cm desde el suelo.

Ergonomía C3.1

Esta alternativa es un sistema hidráulico compuesto por una plataforma elevadora tipo tijera (Figura 18), diseñada para soportar y ajustar la altura del equipo sobre la mesa de trabajo. El sistema permite un rango de ajuste vertical entre 5 cm y 35 cm respecto al plano de la mesa. En el Cuadro 22, se detallan más características del equipo.

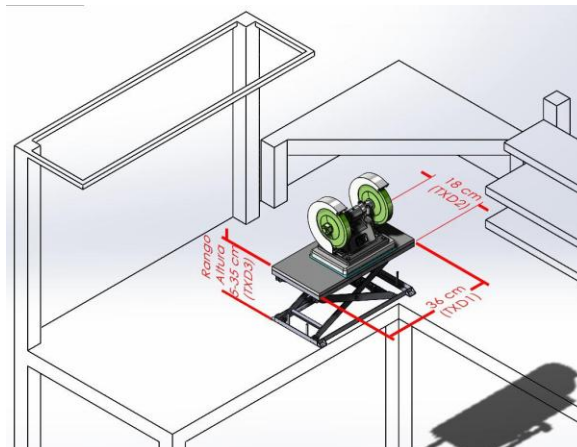
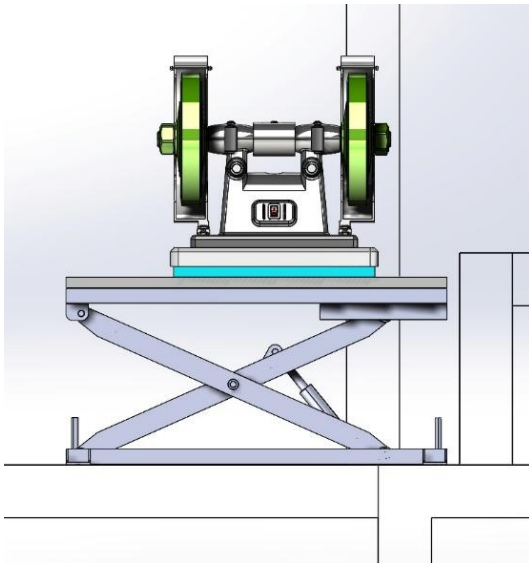


Figura 18. Propuesta Ergonomía C3.1

Cuadro 22. Características de propuesta Ergonomía C3.1

| Características Ergonomía C3.1 | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--|---|---|---|----------|
| Dimensiones (LxWxH) cm | Rango de altura (cm) | Materiales | Mecanismo de elevación | Sistema de activación | Seguridad del equipo | Facilidad de portabilidad | Facilidad de limpieza | Dificultad de implementación | Precio |
| 36x18x35 | 5-35 | Acero inoxidable | Pistones hidráulicos | Motores eléctricos | Se debe implementar guardas tipo acordeón, en todo el mecanismo de elevación para evitar los pellizcos y atrapamientos | El equipo no queda anclado a la mesa, por lo que es de fácil portabilidad | El equipo se puede mover del área, para facilitar la limpieza de la mesa y del equipo | El equipo no requiere ninguna modificación en la mesa de trabajo actual | €1200000 |
| <i>Imagen de referencia</i> | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |

Ergonomía C3.2

En esta propuesta, se plantea un sistema de elevación, compuesto por cremalleras que mueven una plataforma base, en donde se colocaría el esmeril, el equipo tiene un rango de ajuste vertical de 10-20cm (Figura 19). En el Cuadro 23, se detallan más características del equipo.

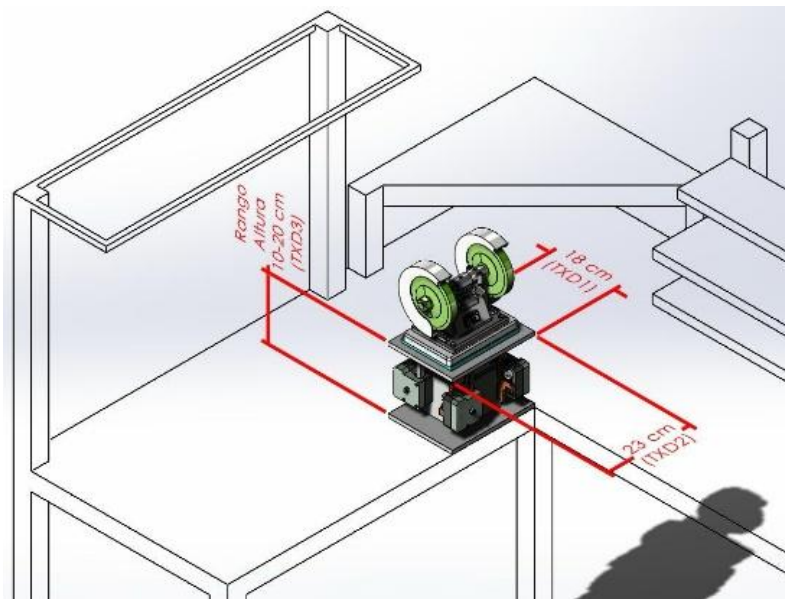
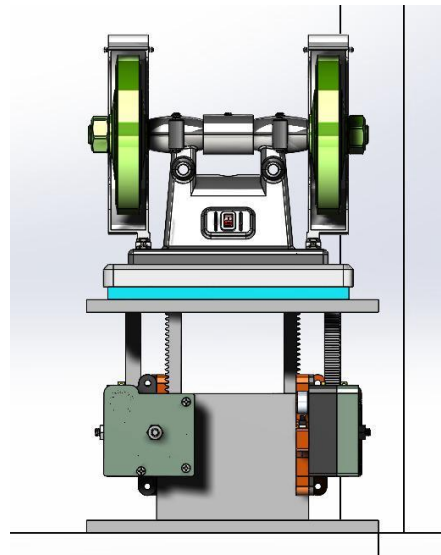


Figura 19. Propuesta Ergonomía C3.2

Cuadro 23. Características de propuesta Ergonomía C3.2

| Características Ergonomía C3.2 | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------|--|---|---|---|----------|
| Dimensiones (LxWxH) cm | Rango de altura (cm) | Materiales | Mecanismo de elevación | Sistema de activación | Seguridad del equipo | Facilidad de portabilidad | Facilidad de limpieza | Dificultad de implementación | Precio |
| 23x18x20 | 10-20 | Acero inoxidable | Cremalleras mecánicas | Motores eléctricos | Se debe implementar guardas tipo acordeón, en todo el mecanismo de elevación para evitar los pellizcos y atrapamientos | El equipo no queda anclado a la mesa, por lo que es de fácil portabilidad | El equipo se puede mover del área, para facilitar la limpieza de la mesa y del equipo | El equipo no requiere ninguna modificación en la mesa de trabajo actual | €1300000 |

Imagen de referencia



Ergonomía C3.3

Esta propuesta sigue el mismo principio que la alternativa de Ergonomía C3.2, pero incorpora una adaptación que permite empotrar el equipo en la mesa de trabajo. Esto le brinda al usuario un ajuste de altura inicial de 0 cm. Además, se ha modificado el diseño de las cremalleras para alcanzar una altura total de 30 cm. Con el sistema de empotramiento, esto se traduce en un ajuste efectivo de altura de 20 cm desde la superficie de trabajo. En la Figura 20 se muestra una imagen de la propuesta, y en el Cuadro 24 se detallan sus características.

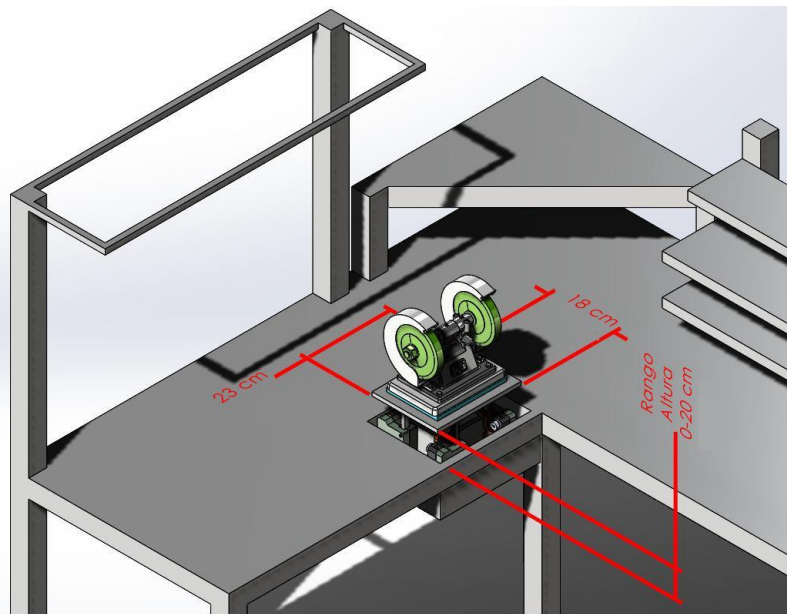
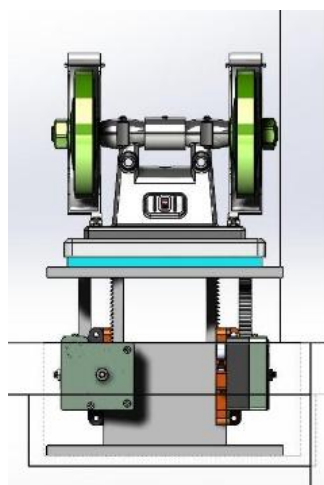


Figura 20. Propuesta Ergonomía C3.3

Cuadro 24. Características de propuesta Ergonomía C3.3

| Características Ergonomía C3.3 | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|------------------|------------------------|-----------------------|---|--|--|---|--|
| Dimensiones (LxWxH) cm | Rango de altura (cm) | Materiales | Mecanismo de elevación | Sistema de activación | Seguridad del equipo | Facilidad de portabilidad | Facilidad de limpieza | Dificultad de implementación | Precio |
| 23x18x30 | 0-20 | Acero inoxidable | Cremalleras mecánicas | Motores eléctricos | Se debe implementar guardas tipo acordeón, en la parte del mecanismo que queda fuera del orificio de la mesa para evitar pellizcos y atrapamiento | El equipo queda anclado y empotrado a la mesa, lo que no permite la portabilidad | El equipo no se puede mover fácilmente de la mesa y el orificio donde se debe colocar, puede acumular polvo del pulido | El equipo requiere una modificación en la mesa, que incluso, puede afectar al usuario al chocar las rodillas con la parte inferior del equipo | €1500000 (Precio incluye modificación de la mesa) |

Imagen de referencia



2. Comparación de las alternativas de solución

Con el fin de seleccionar la solución más adecuada para mejorar las condiciones de iluminación en los puestos de trabajo, se realiza una valoración comparativa de las alternativas propuestas. Esta evaluación se basa en una matriz de criterios que permite analizar de forma estructurada y objetiva los distintos aspectos relevantes de cada opción. Los criterios considerados incluyen el impacto económico, el cumplimiento de normativas técnicas, el efecto sociocultural sobre el bienestar del personal y el nivel de mejora en la seguridad laboral. Cada criterio se califica en una escala del 1 al 3, donde 1 representa un desempeño bajo y 3 un desempeño óptimo. Esta metodología facilita la toma de decisiones fundamentadas, alineadas con los objetivos del proyecto y las necesidades del entorno laboral.

La selección de las propuestas se dividirá en iluminación y ergonomía, para facilidad de lectura de la comparación:

Iluminación:

En el Cuadro 25, se muestran los criterios y su puntuación, que se van a utilizar en la matriz multicriterio para comparar y seleccionar los componentes de las propuestas de iluminación

Cuadro 25. Criterios para utilizar en la comparación de las propuestas de iluminación

| Criterio | Puntuación | | |
|--|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 |
| <i>Ambiental</i> | Alternativa con la eficacia luminosa más baja | Alternativa con la eficacia luminosa media | Alternativa la eficacia luminosa más alta |
| <i>Cultural (El ajuste de la temperatura de color, permite ampliar la diversidad de preferencia del usuario)</i> | La temperatura de color tiene un único valor de ajuste | La temperatura de color tiene dos valores de ajuste | La temperatura de color tiene tres valores de ajuste |
| <i>Cumplimiento de Normativas</i> | No mejora el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022) | Mejora parcialmente el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022) | Mejora completamente el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022) |
| <i>Económico</i> | Mayor inversión económica | Inversión económica intermedia | Menor inversión económica |
| <i>Salud¹</i> | Temperatura de color es inferior a 3300 K | Temperatura de color está en un rango de 3300K a 5300 K | Temperatura de color superior a 5300 K |
| <i>Seguridad¹</i> | Mantiene la iluminación del área igual al estado original evaluado | Mejora la iluminación del área | Se cumple la iluminación requerida en el área por normativa |

¹Criterio basado en la normativa INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1. Interiores

En el Cuadro 26, se muestra la matriz multicriterio que se utilizó para realizar la comparación de cada uno de las propuestas planteadas para los diferentes componentes de la propuesta ingenieril de iluminación.

Cuadro 26. Matriz multicriterio de las componentes ingenieriles de iluminación

| Solución | Propuesta | Criterio | | | | | | Total |
|---|-------------------|-----------|----------|----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | Ambiental | Cultural | Cumplimiento de Normativas | Económico | Salud | Seguridad | |
| Componente Iluminación 1. Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril | Iluminación. C1.1 | - | - | 3 | 3 | - | 3 | 9 |
| | Iluminación. C1.2 | - | - | 3 | 2 | - | 3 | 8 |
| | Iluminación. C1.3 | - | - | 3 | 1 | - | 3 | 7 |
| Componente Iluminación 2. Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo | Iluminación. C2.1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 14 |
| | Iluminación. C2.2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 14 |
| | Iluminación. C2.3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 12 |
| Componente Iluminación 3. Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general. | Iluminación. C3.1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 14 |
| | Iluminación. C3.2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 13 |
| | Iluminación. C3.3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 14 |

Las propuestas seleccionadas para cada uno de los componentes de iluminación se describen a continuación.

Componente Iluminación 1. Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril

Este componente responde a una necesidad puntual: mejorar la iluminación directa en el área de trabajo mediante la reubicación física de la lámpara existente. Dado que no se introduce una nueva fuente de luz ni se modifica la tecnología de iluminación, los criterios ambientales, culturales y de salud visual no aplican directamente. Por ello, se priorizaron los criterios de cumplimiento normativo, inversión económica y mejora en seguridad.

Selección: Iluminación.C1.1: Esta alternativa representa una solución eficiente y sostenible, al aprovechar los recursos técnicos internos de la empresa. Su implementación permite una mejora directa en la seguridad visual del operario, sin generar gastos innecesarios ni dependencia de terceros. Además, al mantener el modelo de estructura común en las tres propuestas, se garantiza la estandarización del sistema.

Componente Iluminación 2. Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo

Este componente propone reemplazar las lámparas de cada estación de trabajo. Las propuestas C2.1 y C2.2 obtuvieron el mismo puntaje total (14), pero presentan diferencias importantes:

Selección: Iluminación.C2.1: La alternativa seleccionada garantiza el cumplimiento de los niveles mínimos de iluminancia en todas las estaciones, conforme a la norma INTE/ISO 8995-1:2016. Su temperatura de color ajustable permite adaptarse a las preferencias individuales de los operarios, lo que mejora el confort visual y reduce la

fatiga. Aunque su eficacia luminosa es ligeramente inferior a C2.2, su desempeño integral, versatilidad cultural y compatibilidad con el sistema actual justifican plenamente su elección. Además, la simulación luminotécnica realizada en DIALux confirmó que esta alternativa supera los 750 lux requeridos en todas las estaciones, lo que refuerza su validez técnica.

Componente Iluminación 3. Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general.

Este componente busca reforzar la iluminación general en el área Deburr, donde se identificaron zonas con iluminancia insuficiente. Las tres alternativas evaluadas presentan diferencias en compatibilidad tecnológica, costo y diseño estructural.

Selección: Iluminación.C3.1: La alternativa seleccionada mantiene la coherencia técnica y estética del sistema de iluminación existente, al utilizar luminarias compatibles con bombillas T8 y difusor tipo parrilla. Esta decisión facilita la logística de mantenimiento, evita la introducción de tecnologías distintas que podrían generar inconsistencias operativas, y optimiza el presupuesto del proyecto. Además, al contar con difusor integrado, se mejora la distribución de la luz y se reduce la generación de sombras, lo que contribuye directamente a la seguridad visual en el área de trabajo.

Ergonomía:

En el Cuadro 27, se presentan los criterios y sus respectivas puntuaciones, los cuales se utilizarán en la matriz multicriterio para comparar y seleccionar los componentes de las propuestas de ergonomía. Cabe destacar que, para el criterio cultural, se definió un subcriterio específico para cada alternativa, debido a que las particularidades de cada propuesta requerían una evaluación diferenciada. Esta decisión permite una valoración más precisa y contextualizada.

Cuadro 27. Criterios para utilizar en la comparación de las propuestas de ergonomía

| Criterio | Puntuación | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|---|--|--|---|
| | 1 | | | 2 | | | 3 | | |
| <i>Ambiental</i> | Materiales con la menor vida útil: se degradan rápidamente, requieren reemplazo frecuente, generan mayor residuo | | | Materiales con vida útil media: ofrecen durabilidad moderada, requieren mantenimiento periódico, tienen desempeño aceptable en condiciones normales. | | | Materiales con la mayor vida útil: alta resistencia al desgaste, corrosión, humedad y carga. Requieren poco mantenimiento y tienen bajo impacto ambiental por su longevidad. | | |
| <i>Cultural (En este criterio, se creó un subcriterio para cada una de las propuestas)</i> | <i>Silla</i> | <i>Alfombra</i> | <i>Base ajustable</i> | <i>Silla</i> | <i>Alfombra</i> | <i>Base ajustable</i> | <i>Silla</i> | <i>Alfombra</i> | <i>Base ajustable</i> |
| | No permite ningún tipo de ajuste (altura y lumbar) | La alternativa no cuenta con certificación NFSI ni propiedades antideslizantes validadas. No considera las necesidades de empleados con movilidad reducida, adultos mayores o personas con riesgo de caídas. | La base es fija y no permite ajustes de altura. No considera diferencias antropométricas, posturas de trabajo ni necesidades específicas de personas con movilidad limitada, estatura fuera del promedio o condiciones físicas particulares. | Posee ajuste únicamente de altura | La alternativa tiene propiedades antideslizantes, pero sin certificación NFSI. Puede ofrecer cierta seguridad, pero no garantiza condiciones equitativas para todos los perfiles de empleados | La base tiene ajuste limitado (10–20 cm), permite cierta adaptación, Cumple parcialmente pero no garantiza equidad funcional. | Permite el ajuste de altura y lumbar | La alternativa cuenta con certificación NFSI, lo que garantiza alta tracción y seguridad para una amplia diversidad de usuarios: personas con movilidad limitada, adultos mayores, operarios con calzado técnico, etc. | La base tiene ajuste amplio (>20 cm), permite transición entre posturas y adaptación a una amplia gama antropométrica. Promueve inclusión, accesibilidad y respeto por la diversidad funcional. |
| <i>Cumplimiento de Normativas</i> | No mejora el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016) | | | Mejora parcialmente el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016) | | | Mejora completamente el cumplimiento de las normativas evaluadas (INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016) | | |
| <i>Económico</i> | Mayor inversión económica | | | Inversión económica intermedia | | | Menor inversión económica | | |
| <i>Salud¹</i> | Mantiene el riesgo postural existente en el área | | | Reduce el riesgo postural | | | Elimina el riesgo postural | | |
| <i>Seguridad²</i> | Mantiene la ergonomía del área igual al estado al estado original evaluado | | | Mejora la ergonomía del área | | | Se cumplen los requisitos ergonómicos en el área por normativa | | |

¹Riesgo postural según evaluación RULA

² Criterios basados en normativa INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016

En el Cuadro 28, se muestra la matriz multicriterio que se utilizó para realizar la comparación de cada uno de las propuestas planteadas para los diferentes componentes de la propuesta ingenieril de ergonomía

Cuadro 28. Matriz multicriterio de las componentes ingenieriles de ergonomía

| Solución | Propuesta | Criterio | | | | | | Total |
|---|----------------|-----------|----------|----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | Ambiental | Cultural | Cumplimiento de Normativas | Económico | Salud | Seguridad | |
| Componente Ergonómico 1. Sillas ajustables | Ergonomía.C1.1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 12 |
| | Ergonomía.C1.2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 |
| | Ergonomía.C1.3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 15 |
| Componente Ergonómico 2. Alfombras antifatiga | Ergonomía.C2.1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 14 |
| | Ergonomía.C2.2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 15 |
| | Ergonomía.C2.3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 15 |
| Componente Ergonómico 3. Base de altura ajustable para el esmeril | Ergonomía.C3.1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 17 |
| | Ergonomía.C3.2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 15 |
| | Ergonomía.C3.3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 14 |

Las propuestas seleccionadas para cada uno de los componentes ergonómicos se describen a continuación.

Componente Ergonomía 1. Sillas ajustables

Este componente responde a la necesidad de mejorar la postura del operario durante la jornada laboral, permitiendo ajustes personalizados en altura y soporte lumbar. Las tres alternativas evaluadas presentan diferencias en funcionalidad, costo y nivel de cumplimiento normativo. Se priorizaron los criterios de inclusión antropométrica, cumplimiento de normativas ergonómicas, impacto ambiental y reducción del riesgo postural.

Selección: Ergonomía.C1.2: Esta alternativa obtuvo la mayor puntuación en la matriz multicriterio (16 puntos), destacando por su capacidad de ajuste en altura y zona lumbar, así como por su mecanismo de reclinación ergonómica de hasta 130°. Estas características permiten una adaptación efectiva a la diversidad antropométrica de los operarios, promoviendo inclusión funcional. Además, mejora completamente el cumplimiento de las normas INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016, al facilitar posturas neutras y ajustables. Aunque representa una inversión económica intermedia, su durabilidad, facilidad de limpieza y desempeño integral justifican plenamente su elección. En términos de salud y seguridad, contribuye directamente a la reducción del riesgo postural identificado mediante la herramienta RULA.

Componente Ergonomía 2. Alfombras antifatiga

Este componente busca facilitar la alternancia postural durante tareas prolongadas de pie, mediante el uso de superficies que amortigüen el impacto y reduzcan la fatiga. Las alternativas evaluadas presentan diferencias en certificación, materiales, espesor y costo. Se priorizaron los criterios de seguridad, inclusión cultural, cumplimiento normativo y viabilidad económica.

Selección: Ergonomía.C2.2: La alternativa seleccionada alcanzó una puntuación total de 15 puntos, igual que C2.3, pero con mejor desempeño en el criterio económico. Cuenta con certificación NFSI y propiedades antideslizantes validadas, lo que garantiza seguridad para una amplia diversidad de usuarios, incluyendo personas con movilidad reducida y operarios con calzado técnico. Su dureza (80 Durometer) y espesor (1.9 cm) ofrecen una superficie estable y confortable, mientras que su resistencia al desgaste asegura una vida útil media con bajo mantenimiento. Aunque su eficacia ambiental es intermedia, su desempeño integral y compatibilidad con el entorno justifican su elección como solución funcional y accesible.

Componente Ergonomía 3. Base de altura ajustable para el esmeril

Este componente responde a uno de los principales factores de riesgo ergonómico identificados: la postura forzada del cuello y hombros al utilizar el esmeril en un plano de trabajo bajo. Las alternativas evaluadas presentan diferencias en rango de ajuste, facilidad de implementación, portabilidad y costo. Se priorizaron los criterios de inclusión antropométrica, cumplimiento normativo, seguridad operativa y sostenibilidad técnica.

Selección: Ergonomía.C3.1: La alternativa seleccionada obtuvo la mayor puntuación del componente (17 puntos), destacando por su amplio rango de ajuste (5–35 cm), que permite adaptar el plano de trabajo a distintas estaturas y posturas. Este ajuste promueve la transición entre tareas y favorece la inclusión funcional. Fabricada en acero inoxidable, ofrece alta resistencia al desgaste y facilidad de limpieza, lo que le otorga la máxima calificación en el criterio ambiental. Además, no requiere modificaciones en la mesa de trabajo, lo que facilita su implementación y portabilidad. Cumple completamente con las normativas INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016 aplicables y mejora la ergonomía del área, reduciendo el riesgo postural y garantizando condiciones seguras para los colaboradores.

1. Desarrollo de la alternativa de solución ingenieril

Iluminación:

La solución propuesta está conformada por tres componentes que buscan mejorar tanto la iluminación puntual sobre el esmeril como la uniformidad de iluminancia en toda el área de trabajo.

El primer componente consiste en una extensión del soporte de la luminaria ubicada sobre el esmeril, con el objetivo de garantizar una cobertura directa y adecuada sobre el plano de trabajo. Esta intervención permite optimizar el ángulo de incidencia de la luz sin necesidad de incorporar nuevas fuentes luminosas.

El segundo componente plantea el reemplazo de la lámpara en cada estación de trabajo. La alternativa seleccionada ofrece un mayor flujo luminoso en comparación con el equipo actualmente utilizado, lo que mejora significativamente la iluminancia en el área operativa. Además, incorpora un sistema de ajuste de temperatura de color, permitiendo al usuario adaptar la luz según sus preferencias y necesidades visuales, lo que contribuye al confort y a la reducción de la fatiga ocular.

Como tercer componente, se propone aumentar la cantidad de luminarias de techo en el área, debido a que la distribución actual no es uniforme. Esta situación ha generado zonas con niveles de iluminancia insuficientes, afectando la visibilidad en algunas estaciones. La incorporación de luminarias adicionales busca corregir esta desigualdad, mejorando la seguridad visual y la eficiencia lumínica en todo el entorno laboral.

En el Cuadro 29 se presentan las alternativas seleccionadas para optimizar las condiciones de iluminación en el área de trabajo, definidas mediante la aplicación de la matriz multicriterio que permitió evaluar cada propuesta según criterios técnicos, normativos, culturales y de confort visual. Las soluciones incluyen la extensión del soporte de la luminaria sobre el esmeril, el reemplazo de la lámpara en cada estación

por un modelo con mayor flujo luminoso y temperatura de color ajustable, y el incremento en la cantidad de luminarias de techo para mejorar la uniformidad de iluminancia. En las siguientes figuras. Figura 21, Figura 22 y Figura 23, se muestran diferentes vistas de la simulación creada en DIALux, para mostrar la integración de estos tres componentes en el área de Deburr.

Cuadro 29. Componentes de la solución ingenieril de iluminación

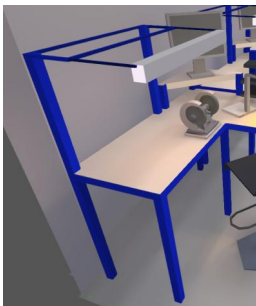


| | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| Componente | Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril | Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo | Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general |
| Alternativa seleccionada | Iluminación.C1.1 | Iluminación.C2.1 | Iluminación.C3.1 |
| Imagen de referencia |  |  |  |



Figura 21. Vista frontal de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo.

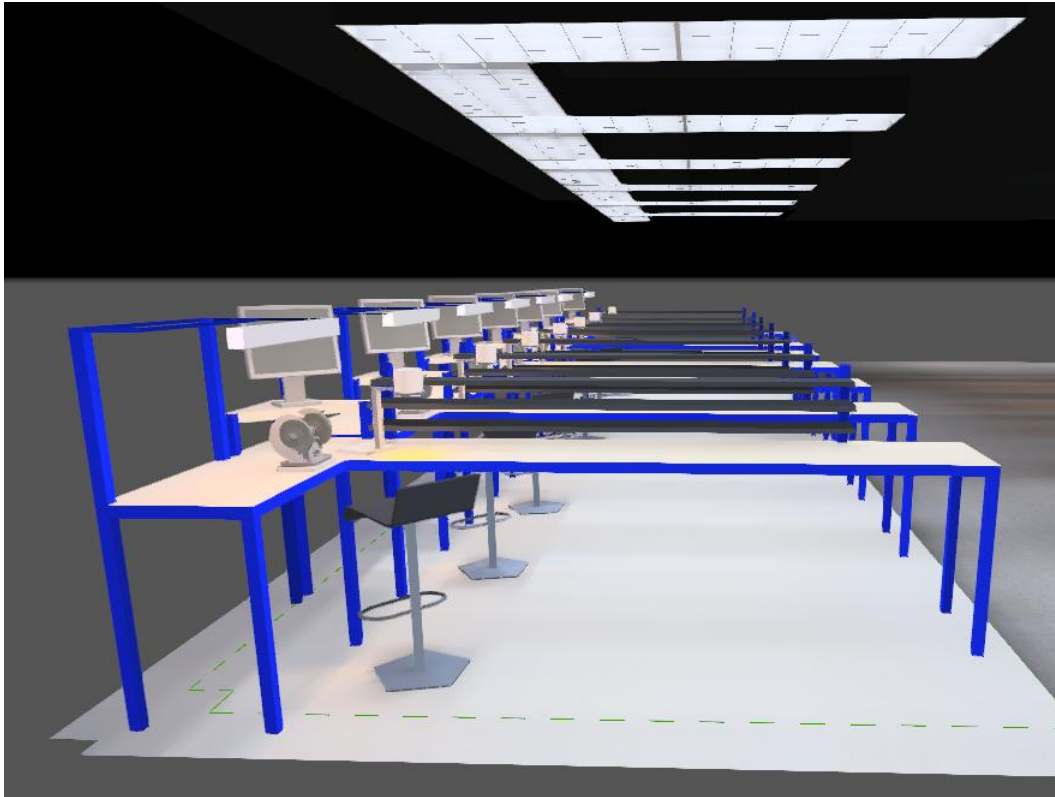


Figura 22. Vista lateral derecha de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo

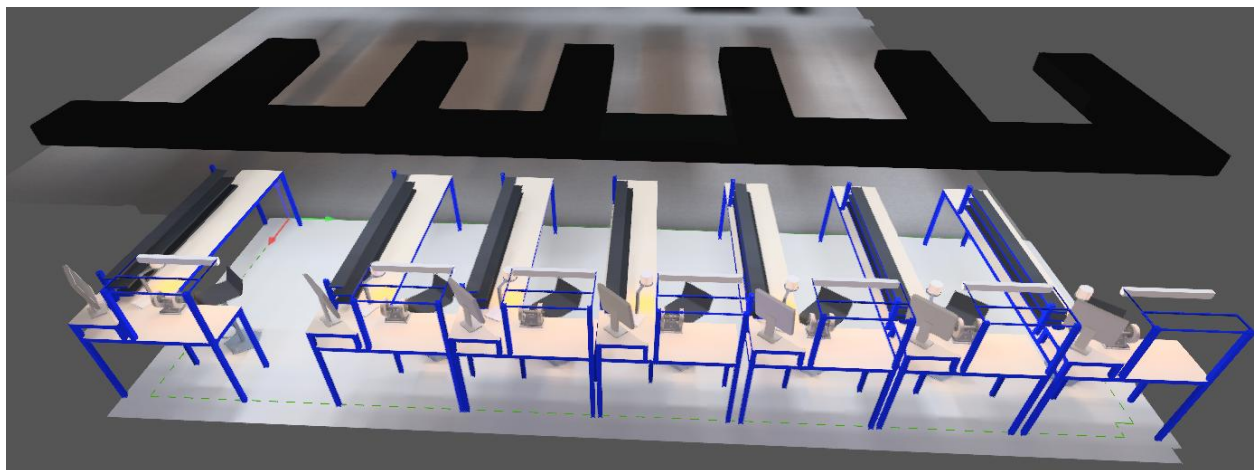


Figura 23. Vista superior posterior de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo

Ergonomía:

La solución planteada está conformada por tres componentes que buscan mejorar las posturas forzadas identificadas en el área de trabajo, así como facilitar la alternancia entre posturas de pie y sentado durante la ejecución de las tareas.

El primer componente corresponde a la silla ajustable, cuya propuesta mejora significativamente las condiciones de las sillas actualmente utilizadas. El modelo seleccionado ofrece una mayor cobertura en la zona lumbar, lo que permite al colaborador apoyar completamente la espalda y descansar adecuadamente los laterales del torso. Además, su diseño incorpora un sistema de ajuste horizontal del respaldo, lo que evita que el usuario deba sentarse al fondo del asiento para lograr un apoyo efectivo. Esta característica mejora la adaptabilidad postural y contribuye a reducir la tensión en la región lumbar. Asimismo, el sistema de ajuste de altura permite adaptar la silla a distintos perfiles antropométricos, promoviendo la inclusión funcional y el confort ergonómico para una amplia diversidad de usuarios.

El segundo componente corresponde a la alfombra antifatiga, la cual permite que los colaboradores puedan alternar entre posturas de sentado y de pie bajo condiciones de mayor confort. Es importante destacar que el uso de la alfombra y la silla debe realizarse de forma independiente, ya que colocar la silla sobre la alfombra podría generar inestabilidad. Por esta razón, la alfombra no debe fijarse ni adherirse permanentemente al área de trabajo, de modo que se mantenga la posibilidad de moverla según las necesidades operativas.

Finalmente, para el esmeril se propone una base de altura ajustable, diseñada para elevar el equipo a una posición ergonómicamente adecuada. Esta solución permite al usuario ajustar la altura del esmeril según sus características antropométricas, evitando posturas forzadas en cuello y hombros derivadas de la ubicación baja del plano de trabajo actual.

En el Cuadro 30 se presentan las alternativas seleccionadas para la solución final, las cuales fueron definidas tras aplicar la matriz multicriterio que permitió comparar objetivamente cada propuesta según criterios técnicos, normativos, culturales y de salud postural. Asimismo, en la Figura 24 se muestra la simulación en SolidWorks de los tres componentes ya integrados en el área de trabajo, evidenciando la implementación conjunta de la silla ajustable, la alfombra antifatiga y la base de altura regulable para el esmeril.

Cuadro 30. Componentes de la solución ingenieril de ergonomía

| Componente | <i>Silla ajustable</i> | <i>Alfombra antifatiga</i> | <i>Base de altura ajustable para el esmeril</i> |
|---------------------------------|--|---|--|
| Alternativa seleccionada | <i>Ergonomía.C1.2</i> | <i>Ergonomía.C2.2</i> | <i>Ergonomía.C3.1</i> |
| Imagen de referencia |  |  |  |

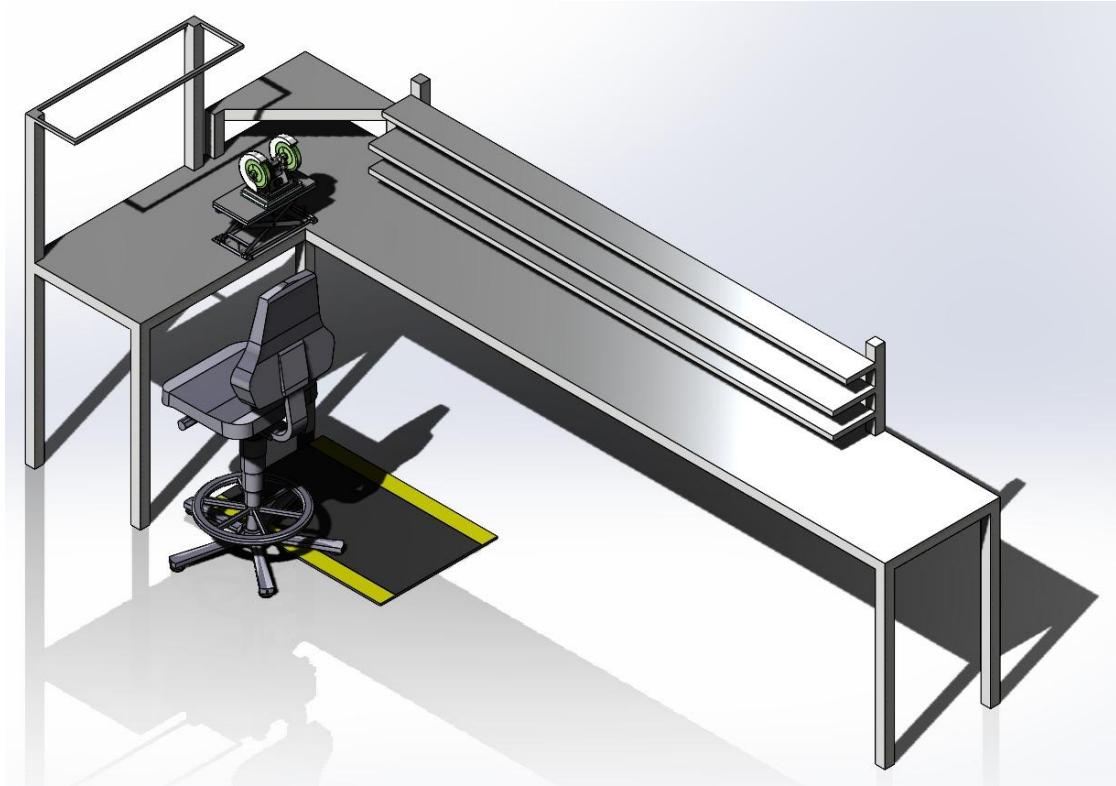


Figura 24. Diseño del área de trabajo con la alternativa de solución de ergonomía implementada

2. Validación de la alternativa de solución ingenieril

Iluminación:

Para validar la alternativa de solución en iluminación, se realizaron simulaciones luminotécnicas mediante el software especializado DIALux Evo. Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la distribución de la iluminación, con valores de iluminancia que se ajustan a los rangos recomendados por la norma INTE/ISO 8995-1:2016 para tareas de precisión visual. En particular, se logró corregir zonas con déficit lumínico y reducir la variabilidad entre estaciones, lo que contribuye directamente al confort visual, la reducción de la fatiga ocular y el desempeño operativo del personal.

La simulación permitió comparar escenarios antes y después de la intervención, confirmando que la incorporación de luminarias en puntos estratégicos y el rediseño de la distribución general generan una cobertura más homogénea, eliminando zonas oscuras y de poca iluminación. Esta validación respalda la viabilidad de la alternativa desde el punto de vista ingenieril.

En el Cuadro 31, se presenta la comparación entre los valores de iluminancia obtenidos en las condiciones originales y aquellos alcanzados tras la implementación de las mejoras ingenieriles. Se observa un cumplimiento total en todas las estaciones de trabajo evaluadas, incluyendo los puntos de esmeril, pantalla y microscopio.

Cuadro 31. Comparación de valores simulados en DIALux antes y después de aplicar la solución ingenieril

| Estación | Referencia de imagen de simulación | | Punto de medición | Valor obtenido con simulación en DIALux condiciones originales (Lux) | Valor obtenido con simulación en DIALux condiciones solución implementada (Lux) |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------|--|---|
| | Condiciones originales | Solución implementada | | | |
| Estación 4300 | Apéndice 15 | Apéndice 22 | Esmeril | 569 | 1214 |
| | | | Microscopio | 1156 | 5353 |
| | | | Pantalla | 328 | 510 |
| Estación 1740 | Apéndice 16 | Apéndice 23 | Esmeril | 680 | 1390 |
| | | | Microscopio | 2400 | 5604 |
| | | | Pantalla | 633 | 649 |
| Estación 1597 | Apéndice 17 | Apéndice 24 | Esmeril | 465 | 1198 |
| | | | Microscopio | 1450 | 8150 |
| | | | Pantalla | 515 | 575 |
| Estación 1702 | Apéndice 18 | Apéndice 25 | Esmeril | 518 | 1304 |
| | | | Microscopio | 1804 | 5532 |
| | | | Pantalla | 618 | 620 |
| Estación 1511 | Apéndice 19 | Apéndice 26 | Esmeril | 705 | 1503 |
| | | | Microscopio | 2500 | 5802 |
| | | | Pantalla | 649 | 670 |
| Estación 2089 | Apéndice 20 | Apéndice 27 | Esmeril | 681 | 1361 |
| | | | Microscopio | 2490 | 5759 |
| | | | Pantalla | 657 | 681 |
| Estación 2091 | Apéndice 21 | Apéndice 28 | Esmeril | 474 | 1301 |
| | | | Microscopio | 2220 | 5290 |
| | | | Pantalla | 460 | 574 |

Ergonomía:

Para la validación de la solución de ergonomía, se volvió aplicar la Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo (Apéndice 11) en donde se consideraron los cambios en la estación de trabajo, según la alternativa de solución seleccionada y se logra evidenciar una considerable mejora, en donde se pasa de una evaluación inicial de 48% a un 75% (Figura 25), validando de esta manera que la solución, si mejorara la condición actual del puesto de trabajo.

| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Nota por sección |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| <i>Diseño de las tareas de trabajo</i> | 1. ¿El trabajador puede mantener una postura neutra y cómoda durante el pulido? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 61,11% |
| | 2. ¿Se evita la repetición continua de movimientos que puedan causar fatiga o lesiones? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 3. ¿Las herramientas utilizadas están diseñadas ergonómicamente y permiten un agarre cómodo? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 4. ¿El área de trabajo permite suficiente espacio para el movimiento libre de brazos y piernas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 5. ¿El trabajador tiene acceso visual claro a la zona de trabajo sin necesidad de inclinar excesivamente el cuello o el tronco? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 6. ¿Las tareas están organizadas para evitar la monotonía y la sobrecarga? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 7. ¿Se permite al trabajador controlar el ritmo y procedimiento de su tarea? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 8. ¿Las tareas están adecuadamente diseñadas para evitar sobrecarga? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 9. ¿Las tareas están diseñadas para permitir el desarrollo de habilidades? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Diseño de puestos de trabajo</i> | 10. ¿La carga física y mental está adecuadamente ajustada al trabajador? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Diseño del entorno de trabajo</i> | 11. ¿El entorno de trabajo está diseñado para minimizar efectos adversos? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| | 12. ¿El entorno de trabajo permite controlar la temperatura y la ventilación? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Diseño de espacio de trabajo y estación de trabajo</i> | 13. ¿Se evita la fatiga por tensión muscular estática prolongada? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 75,00% |
| | 14. ¿Se evita el uso prolongado de posturas agachadas o arrodilladas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Realización, implementación, ajuste, verificación y validación</i> | 15. ¿Se proporciona formación adecuada sobre el uso ergonómico del puesto? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Evaluación y seguimiento</i> | 16. ¿Se evalúa periódicamente el cumplimiento ergonómico del área de trabajo? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Requisitos generales</i> | 17. ¿Se permite al trabajador ajustar la altura de la superficie de trabajo? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100,00% |
| | 18. ¿Se consideran los efectos del equipo de protección personal en el diseño del puesto? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Recomendaciones generales relativas a la visión.</i> | 19. ¿La altura de la superficie de trabajo es adecuada a la tarea realizada? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100,00% |
| | 20. ¿Se garantiza visibilidad adecuada de los elementos de trabajo? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 21. ¿Se proporciona iluminación adecuada para las tareas visuales generales? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 22. ¿Se proporciona iluminación adecuada para tareas visuales detalladas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Consideraciones sobre la postura.</i> | 23. ¿El diseño del puesto permite alternar entre posturas sentado y de pie? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100,00% |
| <i>Requisitos y recomendaciones relativos a la postura.</i> | 24. ¿Las estaciones de trabajo permiten realizar cambios posturales? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 100,00% |
| | 25. ¿Se evita la adopción de posturas forzadas o mantenidas prolongadamente? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 26. ¿Las sillas y superficies de trabajo son ajustables? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | | Total | 75% | | |

Figura 25. Aplicación de matriz de evaluación ergonómica a solución ingenieril

B. Alternativas de solución administrativas

Para la implementación de los controles administrativos, se desarrollará un programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en una empresa de dispositivos médicos en el proceso de Deburr, el cual tiene como base normativa la INTE T29:2016 Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo.

**Programa de ergonomía e iluminación para la
prevención y control de trastornos
musculoesqueléticos en tareas de desgaste de
alambres en una empresa de dispositivos
médicos en el proceso de Deburr**



Elaborado por: Mariana Céspedes Sequeira

**Empresa de Dispositivos
médicos, Heredia**

Índice

| | |
|--|----|
| I. Información general de la organización..... | 1 |
| A. Ubicación..... | 1 |
| B. Estructura organizacional | 1 |
| C. Descripción de los procesos..... | 2 |
| D. Productos o servicios | 2 |
| II. Liderazgo para la prevención de riesgos ocupacionales..... | 3 |
| A. Compromiso | 3 |
| B. Objetivos del programa | 4 |
| C. Alcance..... | 5 |
| D. Metas..... | 5 |
| E. Recursos | 7 |
| III. Participación de las personas trabajadoras..... | 8 |
| A. Roles y responsabilidades..... | 8 |
| B. Comunicación de eventos | 13 |
| IV. Identificación de peligros y evaluación de riesgos..... | 14 |
| V. Prevención y control del riesgo | 20 |
| A. Controles ingenieriles | 20 |
| A. Controles administrativos: | 28 |
| VI. Formación y capacitación..... | 40 |
| VII. Coordinación y comunicación entre multiempleadores en sitios de trabajo | 42 |
| VIII. Cumplimiento legal | 43 |
| IX. Programa de evaluación y mejora..... | 44 |
| X. Diagrama de Gantt..... | 46 |
| XI. Control proactivo del cambio en la organización..... | 47 |
| XII. Apéndices | 49 |

Índice de Cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro. 1. Metas del Programa según Objetivos, Indicadores y Plazos de Cumplimiento | 6 |
| Cuadro. 2 Matriz de recursos requeridos para la implementación del programa | 7 |
| Cuadro. 3 Matriz RACI programa | 11 |
| Cuadro. 4 Instrumentos de evaluación y referencia técnica | 15 |
| Cuadro. 5 Componentes de la solución ingenieril de iluminación | 22 |
| Cuadro. 6 Componentes de la solución ingenieril de ergonomía | 27 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura. 1. Organigrama de la empresa..... | 1 |
| Figura. 2 Acabados realizados en Deburr..... | 2 |
| Figura. 3 Política de medioambiente, salud y seguridad..... | 3 |
| Figura. 4 Código QR utilizado para reportes al departamento de EHS..... | 13 |
| Figura. 5 Distribución propuesta de luminarias adicionales en el cielo raso del área de trabajo Deburr. | 21 |
| Figura. 6 Vista frontal de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo. | 23 |
| Figura. 7 Vista lateral derecha de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo..... | 23 |
| Figura. 8 Vista superior posterior de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo..... | 24 |
| Figura. 9 Diseño del área de trabajo con la alternativa de solución de ergonomía implementada..... | 26 |

I. Información general de la organización

La empresa es una compañía líder global en tecnología industrial sus operaciones en Costa Rica están centradas en la fabricación de componentes y subensambles para la industria médica.

A. Ubicación

La planta, donde se desarrolla este programa se ubica ubicada en la Zona Franca Metropolitana en Barreal de Heredia.

B. Estructura organizacional

La empresa está conformada por un total de 549 colaboradores directos de producción y 211 administrativa, en el proceso Deburr trabajan 31 operarios de producción y 11 administrativos, en la Figura. 1 se muestra el organigrama de la empresa.

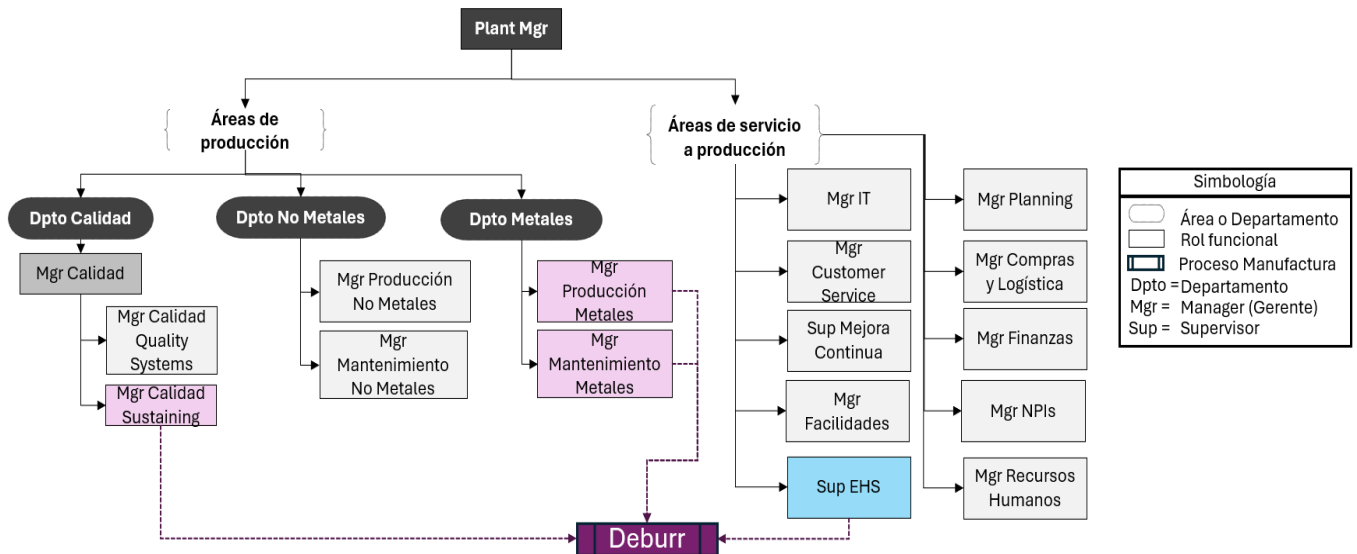


Figura. 1. Organigrama de la empresa

C. Descripción de los procesos

El departamento de producción se organiza en dos áreas principales: Metales y No Metales. En Metales se realizan acabados específicos en alambres según los requerimientos del cliente, algunos de los cuales se envían directamente y otros pasan a No Metales para procesos como moldeo plástico, limpieza química y soldadura.

Uno de los acabados más importantes en Metales es el pulido manual de alambres con esmeril, realizado en el área de Deburr de la subárea Metales 3.

D. Productos o servicios

En la Figura. 2 se muestran los distintos acabados geométricos realizados en el área de Deburr, los cuales son: Square, Deburr, Radius, Full Radius, Cono y Chamfer.

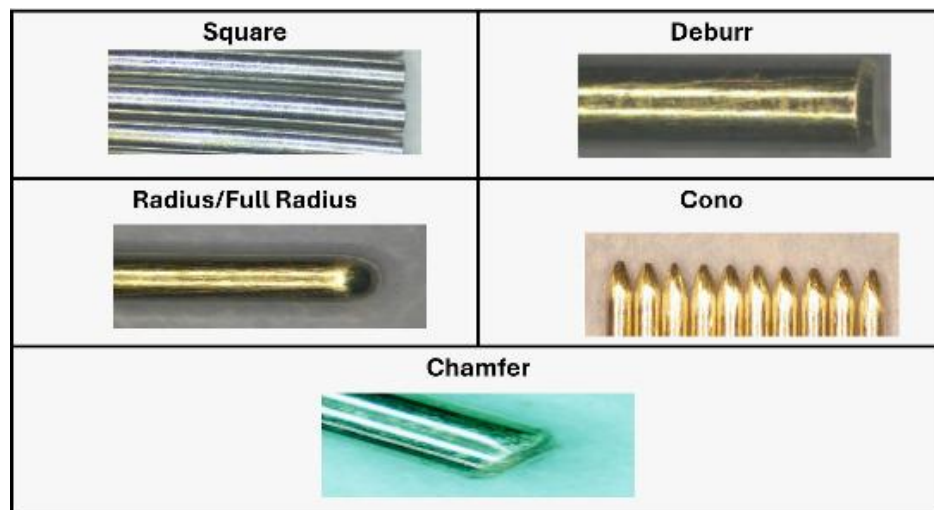


Figura. 2 Acabados realizados en Deburr

II. Liderazgo para la prevención de riesgos ocupacionales

A. Compromiso

El compromiso por parte de la empresa para la puesta en marcha del programa se fundamenta en su política de medioambiente, salud y seguridad. La cual se muestra en la Figura. 3



POLÍTICA DE MEDIOAMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD

La empresa está comprometida con el cumplimiento de todas las leyes aplicables referentes al medioambiente, a la seguridad y salud laboral, y a la protección de nuestros empleados.

Con el fin de mantener el cumplimiento y de mejorar nuestro objetivo de manera continua, la siguiente directiva guiará nuestras acciones e iniciativas concernientes a la seguridad, a la salud laboral y al medioambiente.

La empresa se compromete a:

- Hacer funcionar nuestras instalaciones alrededor del mundo de forma que se proteja a los empleados, a la salud pública y al medioambiente.
- Cumplir con todas las leyes y reglamentos aplicables en cada lugar donde operamos, y observar y respetar nuestras más estrictas normas y directivas, siempre que sea necesario, para proteger a nuestros empleados y al medioambiente.
- Tratar de mejorar continuamente nuestro desempeño medioambiental y de seguridad.
- Diseñar nuestros productos y procesos de manera que se minimicen los riesgos de fabricación, uso y disposición de nuestros productos.
- Reducir o eliminar la presencia de plomo y de otros materiales peligrosos de nuestros productos, en conformidad con los requisitos legales y las exigencias del cliente.
- Ahorrar energía, agua, materias primas, y reducir los residuos y emisiones, y
- Ser buenos ciudadanos en las comunidades donde operamos

Conseguiremos estos compromisos al:

- Establecer objetivos medioambientales y de seguridad, y observar, regularmente, el cumplimiento de estos objetivos
- Compartir la responsabilidad del cumplimiento de los objetivos medioambientales y de seguridad con los líderes de Operaciones, y demás personal responsable
- Proporcionar a los jefes, supervisores y empleados la educación y formación que necesiten para comprender y asumir sus responsabilidades medioambientales y de seguridad, y
- Comunicarnos abiertamente con nuestros empleados, conciudadanos, gobiernos y otras partes interesadas sobre medioambiente y cuestiones de seguridad.

Figura. 3 Política de medioambiente, salud y seguridad

B. Objetivos del programa

Objetivo General

Mejorar las condiciones ergonómicas y de iluminación en el área de Deburr para reducir los riesgos laborales, aumentar el bienestar de los colaboradores y optimizar la eficiencia del proceso productivo.

Objetivos Específicos

- Mejorar integralmente las condiciones ergonómicas del área de Deburr, mediante la adecuación del mobiliario, rediseño de estaciones de trabajo, implementación de pausas activas estructuradas, rotación de tareas y acceso equitativo a fisioterapia preventiva, con el fin de reducir la carga física y prevenir trastornos musculoesqueléticos.
- Optimizar el sistema de iluminación en los puestos de trabajo, asegurando niveles adecuados de iluminancia, eliminación de sombras y reflejos, mantenimiento regular de luminarias y documentación técnica del sistema, para garantizar confort visual y precisión en las tareas.
- Fortalecer la gestión técnica y formativa en ergonomía e iluminación, actualizando los procedimientos operativos, capacitando continuamente al personal y estableciendo un sistema de monitoreo y auditoría que permita evaluar el cumplimiento de estándares y ajustar las acciones de mejora de forma sostenida.

C. Alcance

El programa tiene como propósito el establecimiento de controles administrativos e ingenieriles que permitan mejorar las condiciones de trabajo de los colaboradores del área de Deburr, con el fin de mejorar su bienestar y seguridad, durante la realización de sus tareas, además pretende cumplir con la normativa nacional, relacionada a las óptimas condiciones de ergonomía e iluminación.

D. Metas

En el Cuadro. 1 se presentan las metas propuestas para cada uno de los objetivos del programa de mejora ergonómica y de iluminación del área de Deburr. Estas metas fueron formuladas siguiendo criterios de claridad, pertinencia y viabilidad, de manera que permitan orientar y monitorear de forma efectiva la implementación del programa. Asimismo, se incluyen los indicadores correspondientes para facilitar su evaluación cuantitativa y cualitativa, así como los plazos establecidos para su cumplimiento dentro del periodo FY26. La estructura del cuadro permite visualizar de forma ordenada la relación entre cada objetivo, la meta asociada y los mecanismos de medición que garantizarán el seguimiento adecuado del avance y la efectividad del programa

Cuadro. 1. Metas del Programa según Objetivos, Indicadores y Plazos de Cumplimiento

| Objetivo | Meta | Indicador | Plazo |
|--|--|---|---|
| Mejorar condiciones ergonómicas | Rediseñar y adecuar el 100% de las estaciones de trabajo con las alternativas ingenieriles seleccionadas | Número de estaciones adaptadas / total estaciones | Antes de junio 2026 |
| | Implementar pausas activas en el 100% de los turnos | % de turnos con pausas activas registradas | Antes de febrero 2026 |
| | Establecer rotación de tareas en al menos el 80% de los colaboradores del área | % de colaboradores con rotación documentada | Antes de febrero 2026 |
| | Garantizar acceso equitativo a fisioterapia preventiva para el 100% del personal | % de colaboradores atendidos | Antes de febrero 2026 |
| Optimizar iluminación | Rediseñar y adecuar el 100% de las luminarias del área con las alternativas ingenieriles seleccionadas | Número de luminarias / total luminarias | Antes de junio 2026 |
| | Alcanzar niveles de iluminación mínimos establecidos en la normativo en el 100% de los puestos | Mediciones de luxómetro | Antes de junio 2026 |
| | Eliminar sombras y reflejos en el 90% de los puestos | Reportes de inspección | Antes de junio 2026 |
| | Establecer un plan de mantenimiento preventivo para el 100% de las luminarias del área | Documento técnico aprobado | Antes de febrero 2026 |
| Fortalecer gestión técnica y formativa | Capacitar al 100% del personal en ergonomía e iluminación | % de colaboradores capacitados | Antes de julio 2026 y reentrenar dentro de un año |
| | Aumentar en al menos un 30% los reportes preventivos del área | Comparación de reportes antes/después | Durante el FY26 (Octubre 2025-Septiembre 2026) |
| | Actualizar el procedimiento técnico con criterios ergonómicos e iluminación | Número de criterios ergonómicos e iluminación presentes en el procedimiento antes/después | Antes de febrero 2026 |
| | Implementar un sistema de monitoreo y auditoría trimestral | Número de auditorías realizadas | Durante el FY26 (Octubre 2025-Septiembre 2026) |

E. Recursos

Para la implementación del programa, se requiere la designación de recursos, los cuales se detallan en el Cuadro. 2

Cuadro. 2 Matriz de recursos requeridos para la implementación del programa

| Tipo de Recurso | Grupo/Involucrado | Aplicación Principal |
|-----------------|---|--|
| Económico | Gerencia de la empresa | Aprobación de presupuesto para mobiliario, luminarias, consultorías y capacitaciones. |
| Económico | Jefatura de Producción | Asignación de recursos para mejoras operativas y adecuaciones físicas. |
| Humano | Encargado de Seguridad y Salud (EHS) | Coordinación de evaluaciones, capacitaciones, pausas activas y seguimiento del programa. |
| Humano | Ingeniero de Manufactura | Adaptación de procesos y diseño técnico de estaciones de trabajo. |
| Humano | Operarios del área Deburr | Participación en pruebas piloto, retroalimentación y cumplimiento de mejoras. |
| Humano | Supervisores o Líderes de Turno | Supervisión diaria, detección de condiciones inadecuadas y apoyo en implementación. |
| Humano | Fisioterapia / Consultorio Médico | Atención preventiva y seguimiento clínico de casos relacionados con ergonomía. |
| Tiempo | Todos los involucrados | Dedicación de horas laborales para evaluaciones, capacitaciones, pausas activas y ajustes. |
| Tecnológico | Departamento de Facilidades / Mantenimiento | Instalación y mantenimiento de luminarias, mobiliario y sistemas de iluminación. |
| Tecnológico | Proveedor de mobiliario/iluminación | Suministro de soluciones técnicas alineadas a criterios ergonómicos y normativos. |

III. Participación de las personas trabajadoras

A. Roles y responsabilidades

Las personas involucradas de manera directa o indirecta en el proceso de Deburr, deben tener una participación en el programa.

- *Gerencia de la Empresa (GE)*
 - Revisar y aprobar el programa de ergonomía e iluminación.
 - Demostrar compromiso con los procedimientos y controles a implementar.
 - Brindar apoyo y seguimiento a la ejecución del programa.
 - Aprobar el presupuesto para la implementación de mejoras.
 - Revisar la evaluación y aceptación de los controles implementados.

- *Jefatura de Producción (JP)*
 - Coordinar con Salud Ocupacional las capacitaciones sin afectar la producción.
 - Participar en las capacitaciones dirigidas a los colaboradores.
 - Facilitar la implementación de mejoras en el entorno de trabajo.

- *Encargado de Seguridad y Salud (EHS)*
 - Liderar la implementación del programa.
 - Guiar y ejecutar las capacitaciones.
 - Explicar el uso de los implementos ergonómicos.
 - Dar seguimiento a la ejecución del programa.
 - Evaluar la efectividad de los controles implementados.
 - Coordinar auditorías internas y proponer mejoras.

- *Ingeniero de Manufactura (IM)*
 - Adaptar procesos y equipamiento a las recomendaciones técnicas.
 - Participar en la evaluación de riesgos ergonómicos y lumínicos.
 - Proponer soluciones técnicas viables y sostenibles.

- *Operarios del Área Deburr (OD)*
 - Participar en las actividades del programa.
 - Cumplir con los nuevos procedimientos ergonómicos y de iluminación.
 - Brindar retroalimentación sobre la efectividad de los controles.

- *Departamento de Facilidades (DF)*
 - Ejecutar adecuaciones físicas en el entorno de trabajo.
 - Instalar luminarias y mobiliario ergonómico.
 - Coordinar con mantenimiento y EHS para asegurar la correcta implementación.

- *Mantenimiento Industrial (MI)*
 - Asegurar el funcionamiento continuo de equipos e instalaciones.
 - Colaborar en la instalación y mantenimiento de luminarias y mobiliario.
 - Atender fallas que afecten la seguridad o el confort.

- *Supervisores o Líderes de Turno (ST)*
 - Supervisar el cumplimiento diario de las medidas implementadas.
 - Detectar y reportar condiciones inadecuadas.
 - Servir de enlace entre operarios y administración.
 - Asegurar la ejecución de pausas activas y buenas prácticas.

- *Fisioterapia (FT)*
 - Brindar sesiones terapéuticas y orientación preventiva.
 - Colaborar en la evaluación de controles ergonómicos.
 - Apoyar en la capacitación del personal.

- *Consultorio Médico (CM)*
 - Evaluar implicaciones clínicas de los riesgos identificados.
 - Emitir diagnósticos y brindar apoyo en campañas preventivas.
 - Validar clínicamente los efectos de las mejoras implementadas.

- *Proveedor de Mobiliario e Iluminación (PMI)*
 - Suministrar los equipos ergonómicos y luminarias requeridas.
 - Brindar asesoría sobre los productos más adecuados para el área.
 - Asegurar que los productos cumplan con las especificaciones técnicas.

En el Cuadro. 3 se muestra la matriz RACI, para la implementación del programa:

Cuadro. 3 Matriz RACI programa

| Tareas | Involucrados | | | | | | | | | | |
|---|--------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | GE | JP | EHS | IM | OD | DF | MI | ST | FT | CM | PMI |
| Revisar y aprobar el programa de ergonomía e iluminación. | A | C | R | C | I | C | I | I | C | C | I |
| Demostrar compromiso con los procedimientos y controles a implementar. | A | R | R | R | R | C | C | R | I | I | I |
| Brindar apoyo y seguimiento a la ejecución del programa. | C | C | R | R | I | R | R | R | I | I | I |
| Aprobar el presupuesto para la implementación de mejoras. | A | I | C | C | I | C | C | I | I | I | C |
| Revisar la evaluación y aceptación de los controles implementados. | A | C | R | C | I | C | C | C | C | C | I |
| Coordinar con Salud Ocupacional las capacitaciones sin afectar la producción. | I | R | R | C | I | I | I | R | C | C | I |
| Participar en las capacitaciones dirigidas a los colaboradores. | I | I | R | R | R | I | I | R | C | C | I |
| Facilitar la implementación de mejoras en el entorno de trabajo. | C | R | R | R | I | R | R | R | I | I | C |
| Liderar la implementación del programa. | C | C | R | R | I | C | C | R | I | I | I |
| Guiar y ejecutar las capacitaciones. | I | I | R | C | I | I | I | R | C | C | I |
| Explicar el uso de los implementos ergonómicos. | I | I | R | C | I | I | I | R | C | C | C |
| Dar seguimiento a la ejecución del programa. | I | C | R | R | I | C | C | R | I | I | I |
| Evaluar la efectividad de los controles implementados. | C | C | R | R | I | C | C | C | C | C | I |
| Coordinar auditorías internas y proponer mejoras. | C | C | R | R | I | C | C | C | I | I | I |
| Adaptar procesos y equipamiento a las recomendaciones técnicas. | I | C | C | R | I | C | C | C | I | I | C |
| Participar en la evaluación de riesgos ergonómicos y lumínicos. | I | C | R | R | R | C | C | C | C | C | I |
| Proponer soluciones técnicas viables y sostenibles. | I | C | C | R | I | C | C | C | I | I | R |
| Participar en las actividades del programa. | I | I | R | R | R | I | I | R | C | C | I |
| Cumplir con los nuevos procedimientos ergonómicos y de iluminación. | I | I | C | C | R | I | I | R | I | I | I |
| Brindar retroalimentación sobre la efectividad de los controles. | I | C | R | R | R | C | C | C | C | C | I |
| Ejecutar adecuaciones físicas en el entorno de trabajo. | I | I | C | C | I | R | R | C | I | I | I |
| Instalar luminarias y mobiliario ergonómico. | I | I | C | C | I | C | R | C | I | I | R |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Coordinar con mantenimiento y EHS para asegurar la correcta implementación. | I | C | R | C | I | C | R | C | I | I | I |
| Asegurar el funcionamiento continuo de equipos e instalaciones. | I | I | C | C | I | C | R | C | I | I | I |
| Colaborar en la instalación y mantenimiento de luminarias y mobiliario. | I | I | C | C | I | C | R | C | I | I | C |
| Atender fallas que afecten la seguridad o el confort. | I | I | C | C | I | C | R | C | I | I | I |
| Supervisar el cumplimiento diario de las medidas implementadas. | I | C | R | C | I | I | I | R | I | I | I |
| Detectar y reportar condiciones inadecuadas. | I | C | R | C | R | C | C | R | I | I | I |
| Servir de enlace entre operarios y administración. | I | C | C | C | R | I | I | R | I | I | I |
| Asegurar la ejecución de pausas activas y buenas prácticas. | I | I | C | C | R | I | I | R | C | C | I |
| Brindar sesiones terapéuticas y orientación preventiva. | I | I | I | I | I | I | I | I | R | I | I |
| Colaborar en la evaluación de controles ergonómicos. | I | I | R | C | I | I | I | C | C | C | I |
| Apoyar en la capacitación del personal. | I | I | R | C | I | I | I | C | C | C | I |
| Evaluar implicaciones clínicas de los riesgos identificados. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | R | I |
| Emitir diagnósticos y brindar apoyo en campañas preventivas. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | R | I |
| Validar clínicamente los efectos de las mejoras implementadas. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | R | I |
| Suministrar los equipos ergonómicos y luminarias requeridas. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | I | R |
| Brindar asesoría sobre los productos más adecuados para el área. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | I | R |
| Asegurar que los productos cumplan con las especificaciones técnicas. | I | I | C | C | I | I | I | I | I | I | R |

Abreviaturas

| | | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|--|
| R (Responsable): Ejecuta la acción o actividad. | GE:Gerencia de la Empresa | DF:Departamento de Facilidades | ST:Supervisores o Líderes de Turno |
| A (Aprobador): Tiene autoridad final para aprobar o rechazar. | JP:Jefatura de Producción | MI:Mantenimiento Industrial | PMI: Proveedor de Mobiliario e Iluminación |
| C (Consultado): Su experiencia o criterio debe ser considerado. | IM:Ingeniero de Manufactura | FT:Fisioterapia | EHS:Encargado de Seguridad y Salud (EHS) |
| I (Informado): Debe ser notificado del avance o resultado | OD:Operarios del Área Deburr | CM:Consultorio Médico | |

B. Comunicación de eventos

La comunicación directa y efectiva sobre cualquier situación ocurrida en el área es fundamental para la prevención de riesgos y la mejora continua del programa de seguridad.

Para reportar accidentes, incidentes, condiciones o comportamientos inseguros, se debe utilizar el código QR disponible en los afiches visibles en todas las áreas productivas, así como en las tarjetas portables dentro del gafete, identificadas como “Reportes EHS” (Figura. 4). Este sistema permite generar un reporte que se envía directamente al Departamento de EHS, facilitando su uso en todos los turnos y asegurando una respuesta rápida, trazable y alineada con el control interno de eventos que puedan comprometer la seguridad laboral.



Figura. 4 Código QR utilizado para reportes al departamento de EHS

IV. Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Para identificar los peligros y evaluar los riesgos asociados a condiciones ergonómicas y de iluminación en el área de Deburr, se requiere aplicar herramientas que permitan analizar la situación actual de la empresa. A continuación, se detallan las herramientas seleccionadas y su forma de aplicación.

A. Objetivo

Proponer el procedimiento necesario para la identificación de peligros y evaluación de riesgos relacionados con condiciones ergonómicas y de iluminación en el área de Deburr

B. Alcance

Este procedimiento aplica específicamente al área de Deburr de la empresa

C. Responsabilidades

- Encargado de Salud Ocupacional
 - Coordinar las evaluaciones ergonómicas y lumínicas.
 - Validar cumplimiento normativo.
 - Documentar hallazgos y medidas correctivas.
- Supervisor del Área Deburr
 - Facilitar aplicación de herramientas.
 - Reportar cambios operativos relevantes.
 - Supervisar implementación de mejoras.
- Operadores del Área Deburr
 - Participar en evaluaciones.
 - Reportar molestias o condiciones inseguras.

D. Frecuencia

Este procedimiento se aplica una vez al año, con el fin de analizar las condiciones actuales de ergonomía e iluminación que afectan a los operadores del área de Deburr. En caso de que se produzcan cambios en el proceso productivo o se incorpore nueva maquinaria, estos deben ser reportados y considerados en la identificación de peligros y en la evaluación de riesgos correspondiente.

E. Documentos requeridos

En el Cuadro. 4, se presenta un resumen de las herramientas aplicadas para la identificación de peligros y evaluación de riesgos relacionados con condiciones ergonómicas y de iluminación en el área de Deburr. El cuadro vincula el propósito específico de cada instrumento con su respectiva fuente normativa o documental, facilitando la trazabilidad,

Cuadro. 4 Instrumentos de evaluación y referencia técnica

| Propósito de la herramienta | Documento relacionado |
|---|---|
| Identificar molestias musculoesqueléticas y percepción de iluminación | Cuestionarios ERGOPAR e INSST (Apéndice. 1) |
| Medir iluminación puntual en puestos de trabajo | Matriz de mediciones de iluminación (Apéndice. 2) |
| Verificar cumplimiento ergonómico en diseño de sistemas y espacios | Matriz INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016 (Apéndice. 3) |
| Evaluar cumplimiento técnico de iluminación en el entorno laboral | Matriz INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022 (Apéndice. 4) |

F. Procedimientos y aplicación de herramientas

Cuestionarios ERGOPAR e INSST

Pasos para su aplicación:

- Preparar los cuestionarios impresos o digitales, asegurando que estén adaptados al contexto operativo del área Deburr.
- Explicar brevemente a los operadores el propósito de la evaluación, garantizando confidencialidad y voluntariedad en las respuestas.
- Aplicar los cuestionarios durante la jornada laboral, en momentos que no interfieran con la productividad ni generen sesgos.
- Recopilar los formularios y sistematizar los resultados en una matriz de observaciones.
- Analizar los datos para identificar patrones de incomodidad postural, deficiencias visuales o condiciones lumínicas inadecuadas.

Criterio de no conformidad:

- Se reportan molestias musculoesqueléticas en zonas específicas (cuello, espalda, muñecas).
- Se identifican patrones de incomodidad postural o fatiga visual recurrente.
- Se reporta percepción de iluminación insuficiente, deslumbramiento o sombras que dificultan la tarea.

Matriz de mediciones de iluminación puntual

Pasos para su aplicación:

- Utilizar un luxómetro calibrado
- Imprimir matriz de mediciones de iluminación puntual (Apéndice. 2).
- Realizar las mediciones en condiciones operativas reales: maquinaria encendida, luz ambiental activa y sin interferencias externas, siguiendo los puntos establecidos en la matriz
- Registrar los valores en la matriz.
- Comparar los resultados con los valores mínimos establecidos en INTE/ISO 8995-1:2016. (≥ 750 lux para tareas de precisión visual)

Criterio de no conformidad:

- Niveles de iluminancia (lux) por debajo del mínimo normativo según tipo de tarea (≥ 750 lux para tareas de precisión visual).

Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 e INTE/ISO 11064-4:2016

Pasos para su aplicación:

- Observar cada puesto de trabajo y el área en general para identificar factores como postura, accesibilidad, distribución de controles, espacio libre, visibilidad y relación hombre-máquina.
- Completar la matriz con observaciones técnicas, indicando el nivel de cumplimiento por criterio (cumple, parcialmente cumple, no cumple).
- Identificar desviaciones que puedan generar riesgos ergonómicos y proponer ajustes en mobiliario, disposición de herramientas o rediseño del espacio.
- Documentar las recomendaciones con base en normativa para facilitar defensa ante auditoría y priorización de mejoras.

Criterio de no conformidad:

- Conforme a criterios de auditorías corporativas se establece que el criterio de cumplimiento o no conformidad será el siguiente, para la nota o porcentaje obtenido de la matriz

| Nota | Criterio |
|---------------|---|
| ≥ 90 | Pasa y cumple con los criterios técnicos TE |
| $50 < x < 90$ | Pasa, pero no cumple completamente con los criterios TE. |
| ≤ 50 | No pasa. Situación crítica que requiere acción correctiva inmediata. |

Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 e INTE T124:2022

Pasos para su aplicación:

- Observar cada puesto de trabajo y el área en general para identificar factores como uniformidad, deslumbramiento, contraste y adaptación visual.
- Completar la matriz con observaciones técnicas, indicando el nivel de cumplimiento por criterio (cumple, parcialmente cumple, no cumple).
- Identificar áreas con iluminación deficiente o excesiva y proponer acondicionamientos técnicos: cambio de luminarias, filtros, redistribución o ajustes en temperatura de color.
- Vincular los hallazgos con los resultados del cuestionario INSST para reforzar la trazabilidad entre percepción y medición objetiva.

Criterio de no conformidad:

- Conforme a criterios de auditorías corporativas se establece que el criterio de cumplimiento o no conformidad será el siguiente, para la nota o porcentaje obtenido de la matriz

| Nota | Criterio |
|---------------|---|
| ≥ 90 | Pasa y cumple con los criterios técnicos TE |
| $50 < x < 90$ | Pasa, pero no cumple completamente con los criterios TE. |
| ≤ 50 | No pasa. Situación crítica que requiere acción correctiva inmediata. |

V. Prevención y control del riesgo

Para la prevención y el control de los riesgos del área, se debe hacer uso de alternativas de tipo ingenieril y administrativas, ambas se detallan a continuación

A. Controles ingenieriles

Iluminación:

La solución propuesta está conformada por tres componentes que buscan mejorar tanto la iluminación puntual sobre el esmeril como la uniformidad de iluminancia en toda el área de trabajo.

El primer componente consiste en una extensión del soporte de la luminaria ubicada sobre el esmeril, con el objetivo de garantizar una cobertura directa y adecuada sobre el plano de trabajo. Esta intervención permite optimizar el ángulo de incidencia de la luz sin necesidad de incorporar nuevas fuentes luminosas.

El segundo componente plantea el reemplazo de la lámpara en cada estación de trabajo. La alternativa seleccionada ofrece un mayor flujo luminoso en comparación con el equipo actualmente utilizado, lo que mejora significativamente la iluminancia en el área operativa. Además, incorpora un sistema de ajuste de temperatura de color, permitiendo al usuario adaptar la luz según sus preferencias y necesidades visuales, lo que contribuye al confort y a la reducción de la fatiga ocular.

Como tercer componente, se propone aumentar la cantidad de luminarias de techo en el área, debido a que la distribución actual no es uniforme. Esta situación ha generado zonas con niveles de iluminancia insuficientes, afectando la visibilidad en algunas estaciones. La incorporación de luminarias adicionales busca corregir esta desigualdad, mejorando la seguridad visual y la eficiencia lumínica en todo el entorno laboral. En la

Figura. 5, se muestra la distribución propuesta para las luminarias adicionales en el techo.

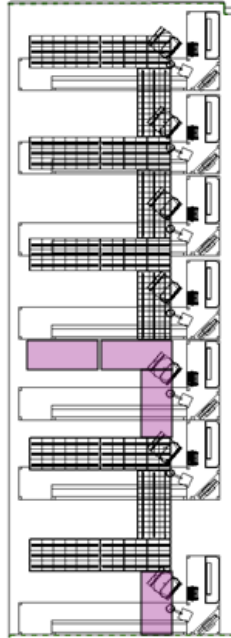


Figura. 5 Distribución propuesta de luminarias adicionales en el cielo raso del área de trabajo Deburr.

En el Cuadro. 5 se presentan las características de las alternativas seleccionadas para optimizar las condiciones de iluminación en el área de trabajo, además en la Figura. 6, Figura. 7 y Figura. 8, se muestran diferentes vistas de la simulación creada en DIALux, para mostrar la implementación de la solución en el área.

Cuadro. 5 Componentes de la solución ingenieril de iluminación

| Componente | <i>Extensión de la estructura de iluminación puntual sobre el esmeril</i> | <i>Reemplazo de las lámparas de iluminación puntual en cada estación de trabajo</i> | <i>Implementación de luminarias adicionales para reforzar la iluminación general</i> |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Imagen de referencia |  |  |  |
| Características | <p>La adquisición se limita a los materiales requeridos, ya que la extensión será ejecutada internamente por el personal técnico de la empresa.</p> | <p>Modelo de lámpara: Tecnolite RUBIDEA III</p> | <p>Modelo de luminaria: Sylvania P03978-36 Modelo de bombillo: Phillips F32T8/TL865</p> |
| Costo total para las siete estaciones | <p>€35000</p> | <p>€194 320</p> | <p>€306 516</p> |



Figura. 6 Vista frontal de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo.

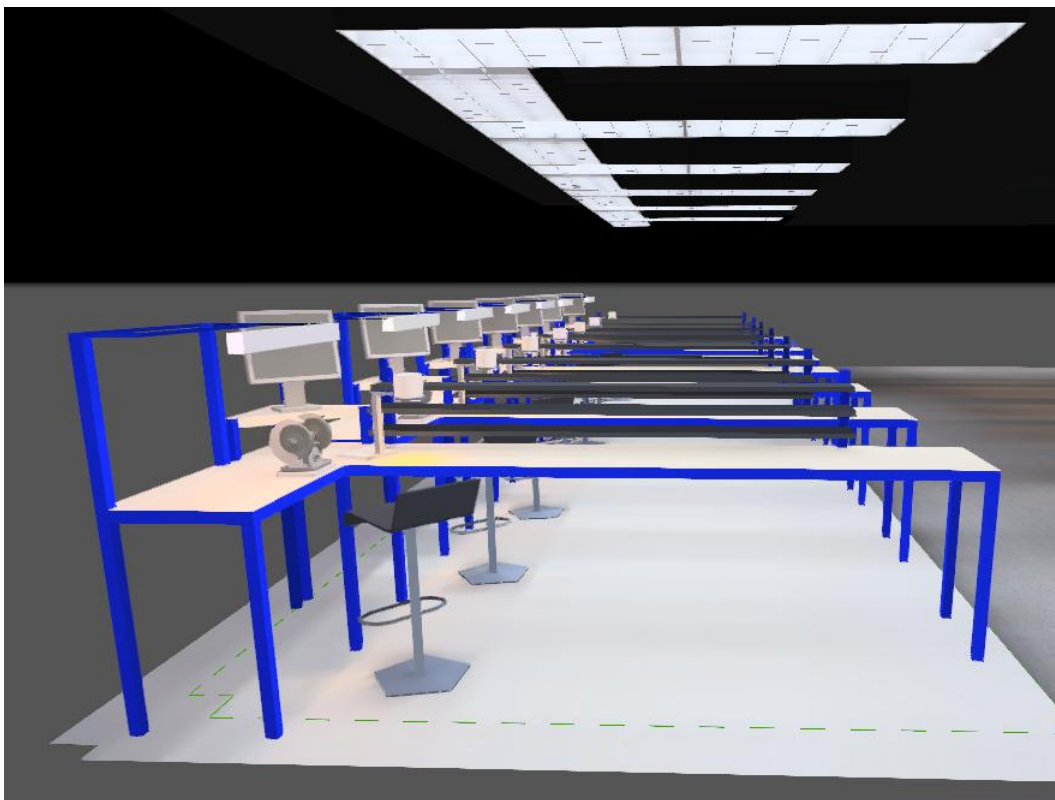


Figura. 7 Vista lateral derecha de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo

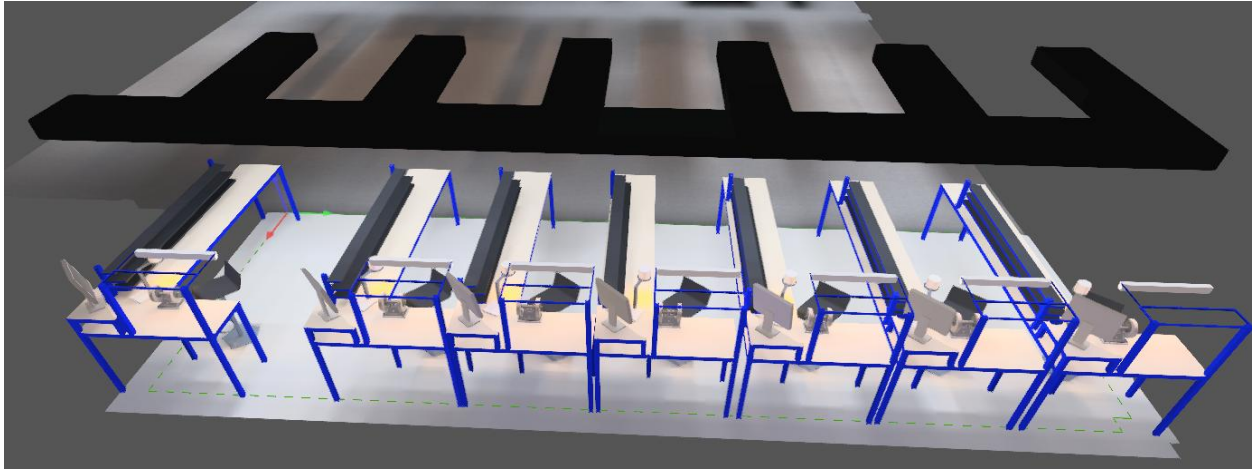


Figura. 8 Vista superior posterior de la simulación en DIALux de la solución ingenieril aplicada al área de trabajo

Ergonomía:

La solución planteada está conformada por tres componentes que buscan mejorar las posturas forzadas identificadas en el área de trabajo, así como facilitar la alternancia entre posturas de pie y sentado durante la ejecución de las tareas.

El primer componente corresponde a la silla ajustable, cuya propuesta mejora significativamente las condiciones de las sillas actualmente utilizadas. El modelo seleccionado ofrece una mayor cobertura en la zona lumbar, lo que permite al colaborador apoyar completamente la espalda y descansar adecuadamente los laterales del torso. Además, su diseño incorpora un sistema de ajuste horizontal del respaldo, lo que evita que el usuario deba sentarse al fondo del asiento para lograr un apoyo efectivo. Esta característica mejora la adaptabilidad postural y contribuye a reducir la tensión en la región lumbar. Asimismo, el sistema de ajuste de altura permite adaptar la silla a distintos perfiles antropométricos, promoviendo la inclusión funcional y el confort ergonómico para una amplia diversidad de usuarios.

El segundo componente corresponde a la alfombra antifatiga, la cual permite que los colaboradores puedan alternar entre posturas de sentado y de pie bajo condiciones de mayor confort. Es importante destacar que el uso de la alfombra y la silla debe realizarse de forma independiente, ya que colocar la silla sobre la alfombra podría generar inestabilidad. Por esta razón, la alfombra no debe fijarse ni adherirse permanentemente al área de trabajo, de modo que se mantenga la posibilidad de moverla según las necesidades operativas.

Finalmente, para el esmeril se propone una base de altura ajustable, diseñada para elevar el equipo a una posición ergonómicamente adecuada. Esta solución permite al usuario ajustar la altura del esmeril según sus características antropométricas, evitando posturas forzadas en cuello y hombros derivadas de la ubicación baja del plano de trabajo actual.

En el Cuadro. 6 se presentan las características de las alternativas seleccionadas, para la solución ingenieril de ergonomía, además en la Figura. 9 se muestra la simulación en SolidWorks de los tres componentes ya integrados en el área de trabajo, evidenciando la implementación conjunta de la silla ajustable, la alfombra antifatiga y la base de altura regulable para el esmeril.

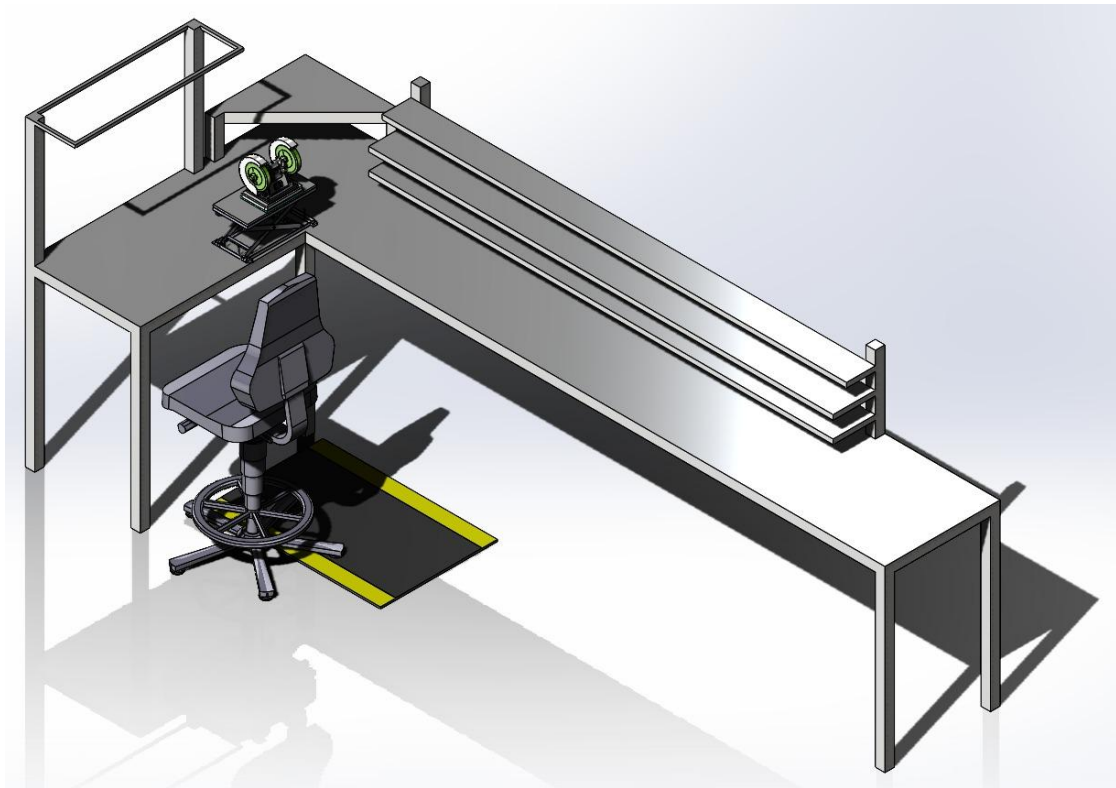


Figura. 9 Diseño del área de trabajo con la alternativa de solución de ergonomía implementada

Cuadro. 6 Componentes de la solución ingenieril de ergonomía

| Componente | <i>Silla ajustable</i> | <i>Alfombra antifatiga</i> | <i>Base de altura ajustable para el esmeril</i> |
|---------------------------------------|---|--|--|
| Imagen de referencia |  |  |  |
| Características | Modelo: SS43TC | Modelo: NOTRAX Cushion Trax® Ultra™ | <p>Sistema hidráulico compuesto por una plataforma elevadora tipo tijera</p> <p>Se debe implementar guardas tipo acordeón, en todo el mecanismo de elevación para evitar los pellizcos y atrapamientos</p> |
| Costo total para las siete estaciones | \$1 960,00 | \$605,01 | Ø8 400 000,00 |

A. Controles administrativos:

A continuación, se presentan los controles administrativos que se proponen para la implementación del Programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en una empresa de dispositivos médicos en el proceso de Deburr

Los controles planteados son los siguientes:

- Implementación del Programa Formal de Pausas Activas: (Ayudas visuales, procedimiento y registro)
- Actualización del Procedimiento Técnico 3003484 (Procedimiento)
- Diseño e Implementación de un Sistema de Rotación de Tareas (Plan de entrenamiento)
- Fortalecimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo (Procedimiento)
- Verificación de asistencia a sesiones de fisioterapia (Registro)

- *Implementación del Programa Formal de Pausas Activas: (Ayudas visuales, procedimiento y registro)*

Se establecerá un cronograma obligatorio de pausas activas por turno, el cual será supervisado diariamente por personal designado. Las pausas incluirán ejercicios variados enfocados en la prevención de trastornos musculoesqueléticos, con énfasis en cuello, hombros, muñecas y espalda.

Para asegurar el cumplimiento del programa, se llevará un registro individual de cumplimiento por colaborador. Las ayudas visuales que acompañan los ejercicios fueron definidas según las recomendaciones del servicio de fisioterapia de la compañía.

| | | | |
|--|--|----------------|----------------------------------|
| | Número de Documento: Deburr-01 | Revisión: A | Número de <i>Legacy</i> : N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | |
| | Título: Programa Formal de Pausas Activas | | |
| 1. Objetivo | | | |
| Establecer pausas activas estructuradas y obligatorias para todos los colaboradores del área Deburr, con el fin de prevenir trastornos musculoesqueléticos (TME), mejorar el bienestar físico y cumplir con los estándares ergonómicos establecidos por la normativa INTE/ISO 6385:2023. | | | |
| 2. Alcance | | | |
| Este procedimiento aplica a todos los operarios del área Deburr, en todos los turnos laborales establecidos por la empresa | | | |
| 3. Frecuencia y Duración | | | |
| Cantidad de pausas activas por turno: 2 pausas obligatorias. | | | |
| Duración de cada pausa: 5 a 10 minutos. | | | |
| Horarios establecidos: | | | |
| Primera pausa: 2 horas después del inicio del turno. | | | |
| Segunda pausa: 2 horas antes de finalizar el turno. | | | |

4. Ejercicios Incluidos

Cada sesión de pausa activa incluye una rutina guiada de ejercicios enfocados en las siguientes zonas del cuerpo:

- Cuello
- Hombros
- Muñecas y manos
- Espalda

Nota: Las rutinas están ilustradas en las ayudas visuales colocadas en cada estación de

5. Supervisión y Registro

Supervisión: Cada líder de turno es responsable de verificar la ejecución de las pausas activas.

Registro: Se utiliza el formato “Registro de Pausas Activas – Deburr” (código Deburr-02) donde se documenta:

Nombre del colaborador

Turno

Horario de ejecución

Firma del supervisor

6. Capacitación

Todos los colaboradores reciben una capacitación inicial sobre pausas activas al ingresar al área.

Se realiza una actualización anual del contenido y técnica de los ejercicios, en coordinación con el fisioterapeuta de planta.

8. Mejora Continua

El procedimiento será revisado cada 6 meses por el equipo de EHS.

Se actualizarán los ejercicios según recomendaciones clínicas y retroalimentación de los colaboradores.

Se integrará el seguimiento al sistema de gestión de salud ocupacional de la planta.

| | | | |
|---|--|----------------|----------------------------------|
| | Número de Documento: Deburr-03 | Revisión: A | Número de <i>Legacy</i> : N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | |
| | Título: Ayudas visuales para ejercicios de estiramiento Deburr | | |
| <p>1. Objetivo: Brindar guías visuales claras y accesibles para que los operadores del área Deburr realicen ejercicios de estiramiento que favorezcan la movilidad y prevengan lesiones musculoesqueléticas.</p> | | | |
| <p>2. Alcance: Aplica al personal operativo del área Deburr. Incluye ejercicios validados por fisioterapia, ayudas visuales ubicadas en el área y su integración en rutinas diarias. No contempla otras áreas ni tratamientos clínicos personalizados.</p> | | | |
| <p><i>Debido a temas relacionados a privacidad y confidencialidad de la empresa, las imágenes de los ejercicios de pausas activas debieron ser eliminadas, de la versión del documento que va ser publicada.</i></p> | | | |

- *Actualización del Procedimiento Técnico 3003484 (Procedimiento)*

El procedimiento técnico 3003484 será actualizado para incorporar recomendaciones específicas sobre posturas seguras, condiciones óptimas de iluminación, manipulación adecuada de materiales y uso correcto del mobiliario ergonómico. Esta actualización será comunicada y capacitada a todo el personal involucrado.

Por motivos de confidencialidad del procedimiento, únicamente se muestra los cambios que se realizarán en el apartado de Seguridad, para que incluya las recomendaciones planteadas.

| | | | |
|--|---|----------------|--------------------------|
| | Número de Documento: 3003484 | Revisión: I | Número de Legacy: N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | |
| | Título: Deburr: Instrucciones generales | | |
| Salud y Seguridad: | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • <u>Ergonomía</u> • Realice las pausas activas establecidas durante el turno. • Consulte las ayudas visuales disponibles en el área como referencia rápida para las pausas activas • Ajuste la estación de trabajo según sus necesidades físicas. • En caso de duda con el ajuste de equipos, consulte a su líder o supervisor. • Reporte cualquier daño o mal funcionamiento en la silla, alfombra antifatiga o base de esmeril. • <u>Iluminación</u> • Ajuste la iluminación de su estación según sus necesidades visuales. • Reporte cualquier parpadeo, daño o mal funcionamiento en las luminarias. • Evite bloquear las fuentes de luz con objetos o materiales. • <u>Manipulación de materiales</u> • Utilice técnicas seguras al levantar o mover piezas: espalda recta, carga cercana al cuerpo. • Solicite ayuda o herramientas de apoyo si el peso supera lo recomendado. • Evite giros bruscos o movimientos repetitivos sin pausas. • <u>Uso de mobiliario y herramientas</u> • Verifique que la silla, mesa y herramientas estén correctamente ajustadas antes de iniciar la tarea. • En caso de dudas, no modifique la configuración sin autorización técnica. | | | |

- Reporte cualquier desgaste, inestabilidad o falla en el mobiliario.
- Comunicación y reporte
- Informe al supervisor cualquier incomodidad física, fatiga visual o condición insegura.
- Participe en las reuniones de inicio de turno para compartir observaciones.

- *Diseño e Implementación de un Sistema de Rotación de Tareas (Plan de entrenamiento)*

Se desarrollará un sistema de rotación interna que permita a los colaboradores alternar entre diferentes estaciones de trabajo, reduciendo así la exposición prolongada a tareas repetitivas. El personal será capacitado en múltiples funciones para facilitar la rotación de manera segura y eficiente.

| | |
|---|---|
| | Plan de Rotación Interna para Colaboradores del Área Deburr |
| <p>1. Justificación</p> <p>El proceso Deburr implica tareas manuales repetitivas que generan una alta carga ergonómica en extremidades superiores. Para mitigar estos riesgos, se propone un sistema de rotación interna hacia estaciones de Metales 3 que presenten menor exposición ergonómica, permitiendo alternancia de tareas, recuperación muscular y mayor bienestar físico.</p> | |
| <p>2. Objetivo del Plan</p> <p>Implementar un sistema de rotación interna que permita a los colaboradores del área Deburr alternar entre estaciones de trabajo dentro de Metales 3, priorizando aquellas con bajo riesgo ergonómico, y capacitar al personal en múltiples funciones para facilitar la rotación de manera segura y eficiente.</p> | |
| <p>3. Estaciones de Rotación Seleccionadas</p> <p>Las estaciones elegidas para rotación cumplen con los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No requieren movimientos repetitivos de muñeca o dedos. • No implican posturas sostenidas del cuello o elevación de hombros. • No demandan fuerza manual significativa. | |
| <p>4. Capacitación Multifuncional</p> <p>Cada colaborador será capacitado en al menos 2 estaciones adicionales dentro de Metales La capacitación incluirá:</p> <p>Procedimientos operativos específicos.</p> <p>Recomendaciones ergonómicas.</p> <p>Buenas prácticas de seguridad y calidad.</p> | |

Evaluación práctica al finalizar cada módulo.

5. Cronograma de Rotación

Se establecerá un cronograma mensual de rotación interna.

Cada colaborador rotará al menos una vez por semana a una estación distinta.

Se evitará que un colaborador permanezca más de 3 días consecutivos en la estación Deburr.

- *Fortalecimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo (Procedimiento)*

Se implementará un plan de mantenimiento preventivo para luminarias y mobiliario ergonómico. Se mantendrá un registro detallado de fallas detectadas, tiempos de respuesta y acciones correctivas ejecutadas, con el fin de garantizar condiciones óptimas de trabajo.

| | | | |
|---|---|----------------|----------------------------------|
| | Número de Documento: Deburr-03 | Revisión: A | Número de <i>Legacy</i> : N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | |
| | Título: Programa de Mantenimiento Preventivo luminarias y mobiliario ergonómico Deburr | | |
| 1. Objetivo | | | |
| Establecer un plan de mantenimiento preventivo para luminarias y mobiliario ergonómico en el área Deburr, con el fin de garantizar condiciones óptimas de trabajo, prevenir fallas operativas y asegurar el cumplimiento de los estándares técnicos y ergonómicos. | | | |
| 2. Alcance | | | |
| Este procedimiento aplica a todas las luminarias (techo y puntuales) y elementos de mobiliario ergonómico (sillas, alfombras antifatiga, reposapiés) instalados en las estaciones de trabajo del área Deburr. | | | |
| 3. Responsabilidad: | | | |
| El departamento de Facilidades será el responsable de realizar las inspecciones programadas, pero es responsabilidad de los operarios, lideres y supervisores del área, realizar el reporte inmediato de cualquier falla que se presente. | | | |
| El departamento de Facilidades y Mantenimiento, serán los encargados de realizar las reparaciones de las fallas que se encuentren. | | | |
| 4. Frecuencia de inspección y mantenimiento | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Luminarias de techo: revisión cada 3 meses. • Lámparas puntuales de estación: revisión mensual. • Sillas ergonómicas: inspección semestral. • Alfombras antifatiga: inspección semestral. • Reposapiés: revisión anual. | | | |

5. Actividades del Mantenimiento Preventivo

Luminarias

- Verificación de funcionamiento (encendido, parpadeo, intensidad).
- Limpieza de difusores y luminarias.
- Reemplazo de tubos LED defectuosos.
- Revisión de cableado y conexiones.

Mobiliario Ergonómico

- Revisión de mecanismos de ajuste (altura, respaldo, reposapiés).
- Evaluación de desgaste de materiales (espuma, ruedas, estructura).
- Limpieza profunda de superficies.
- Reemplazo de piezas dañadas.

6. Registro e Mantenimiento

El registro de los mantenimientos se realizará por medio del Software Emaint, el cual es el programa utilizado en la compañía para el seguimiento de los mantenimientos de los equipos en general de toda la empresa.

8. Mejora Continua

- Revisión semestral del procedimiento por parte de EHS, Facilidades y Mantenimiento.
- Actualización de frecuencias y actividades según historial de fallas.
- Retroalimentación de operarios sobre funcionalidad y confort.

- *Verificación de asistencia a sesiones de fisioterapia (Registro)*

Se implementará un sistema de verificación y seguimiento de la asistencia a sesiones de fisioterapia, con el fin de garantizar la continuidad del tratamiento, evaluar su efectividad y reforzar el compromiso institucional con la salud ocupacional. El registro deberá ser enviado por la fisioterapeuta al final de día de sesiones al departamento de EHS y supervisores de producción, para poder dar seguimientos que los colaboradores asistan a las sesiones y éstas estén siendo aprovechadas

| | | | | |
|--|--|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | Número de Documento: Deburr-04 | | Revisión: A | Número de <i>Legacy</i> : N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | | |
| | Título: Registro de asistencia a sesiones de fisioterapia | | | |
| 1. Objetivo: Verificar y documentar la asistencia de los colaboradores del área Deburr a sesiones de fisioterapia, con el fin de garantizar la continuidad del tratamiento, evaluar su efectividad y reforzar el compromiso institucional con la salud ocupacional. | | | | |
| 2. Alcance: Este formato aplica a todos los colaboradores del área Deburr que participan en sesiones de fisioterapia como parte del programa de salud ocupacional, y será utilizado por el responsable de EHS o el fisioterapeuta designado | | | | |
| <i>Nombre del colaborador</i> | <i>Turno</i> | <i>Fecha de sesión</i> | <i>Firma del colaborador</i> | <i>Observaciones</i> |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

VI. Formación y capacitación

1. Objetivo

Fortalecer las competencias técnicas, ergonómicas y preventivas del personal del área Deburr mediante un plan de formación continua, que permita la correcta implementación de los controles administrativos e ingenieriles propuestos en el programa de mejora, promoviendo la salud ocupacional, la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo.

2. Propósito

Garantizar que todos los colaboradores involucrados en el proceso Deburr comprendan, apliquen y mantengan buenas prácticas relacionadas con ergonomía, iluminación, pausas activas, rotación de tareas y uso adecuado del mobiliario, asegurando la sostenibilidad del programa y la mejora continua de las condiciones laborales.

3. Alcance

Este plan aplica al personal operativo que trabaja en el área de Deburr

4. Responsabilidades

- Departamento de EHS: Coordinar el plan, impartir capacitaciones, evaluar efectividad, actualizar contenidos.
- Supervisores y líderes de turno: Verificar asistencia, reforzar prácticas en campo, brindar retroalimentación.
- Fisioterapeuta: Apoyar en sesiones prácticas de pausas activas y posturas saludables.
- Ingeniero de manufactura: Validar contenido técnico de estaciones y procesos.

- Operarios: Participar activamente, aplicar lo aprendido, brindar retroalimentación.

5. Contenidos del Plan

A. Capacitación Inicial (Primeros ingresos)

- Introducción al programa de ergonomía e iluminación
- Riesgos ergonómicos del proceso Deburr
- Uso correcto del mobiliario ergonómico
- Ejecución de pausas activas
- Principios básicos de iluminación ergonómica

B. Capacitación Técnica por Estación (Capacitación cada 6 meses, personal del área)

- Procedimientos operativos por estación (Metales 3)

C. Capacitación Continua (Anual)

- Actualización de ejercicios de pausas activas
- Talleres prácticos de ergonomía y estiramiento

VII. Coordinación y comunicación entre multiempleadores en sitios de trabajo

La implementación del programa de ergonomía e iluminación en el área Deburr requiere una coordinación efectiva con los actores externos que interactúan directa o indirectamente en el sitio de trabajo.

Estos incluyen proveedores especializados en mobiliario ergonómico, sistemas de iluminación técnica y servicios clínicos complementarios como fisioterapia ocupacional. Su participación es clave para garantizar que las soluciones propuestas cumplan con los estándares técnicos, normativos y funcionales requeridos por la operación.

Para asegurar una ejecución fluida y coherente del programa, se establecerán mecanismos formales de comunicación con cada proveedor, permitiendo el intercambio oportuno de información técnica, logística y clínica. Esto incluye:

- Envío semanal de reportes de asistencia y evolución clínica por parte del proveedor de fisioterapia al departamento de EHS.
- Coordinación directa con proveedores de luminarias para validar especificaciones técnicas, cronogramas de instalación y compatibilidad con las condiciones operativas del área.
- Revisión conjunta de propuestas de mobiliario ergonómico, considerando criterios de ajuste antropométrico, durabilidad y trazabilidad normativa.
- Uso de canales digitales institucionales para compartir actualizaciones del programa, entregables técnicos, cronogramas de intervención y registros de cumplimiento.

Esta estructura de comunicación busca asegurar que todos los actores externos estén informados, alineados y comprometidos con la mejora continua de las condiciones laborales en el área Deburr, bajo criterios técnicos verificables y trazabilidad documental.

VIII. Cumplimiento legal

Para garantizar el cumplimiento legal, se toman como referencia para la elaboración del programa y las diferentes alternativas de solución (ergonómicas, de iluminación y administrativas), las siguientes normativas:

| Documento | Nombre |
|-----------------------|--|
| INTE/ISO 6385:2023 | Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo. |
| INTE/ISO 11064-4:2016 | Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo. |
| INTE/ISO 8995-1:2016 | Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1. Interiores |
| INTE T124:2022 | Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos. |
| INTE T29:2016 | Salud y seguridad en el trabajo. Requisitos para la elaboración de programas de salud y seguridad en el trabajo. |

IX. Programa de evaluación y mejora

Una vez implementado el programa, se debe dar seguimiento de este, para garantizar su efectividad e identificar posibles mejoras en este. Se recomienda que de manera semestral el departamento de EHS, realice una auditoría interna del programa para poder dar trazabilidad a los resultados de este y que se comunique el resultado de esta, para conocimiento de todos y a su vez, pedir las ayudas necesarias.

Conforme a criterios de auditorías corporativas se establece que el criterio de cumplimiento o no conformidad será el siguiente, para la nota o porcentaje obtenido de la matriz:

| Nota | Criterio |
|---------------|---|
| ≥ 90 | Pasa y cumple con los criterios técnicos TE |
| $50 < x < 90$ | Pasa, pero no cumple completamente con los criterios TE. |
| ≤ 50 | No pasa. Situación crítica que requiere acción correctiva inmediata. |

A continuación, se muestra la lista de verificación planteada, para la verificación del programa:

| Lista de verificación de cumplimiento y efectividad del programa de Ergonomía e iluminación en Deburr | | | | |
|--|--------------|----|--------------|---------------|
| Fecha de aplicación: | | | | |
| Nombre del encargado de inspección: | | | | |
| 1. Objetivo: Verificar el cumplimiento y efectividad del programa de Ergonomía e Iluminación del área de Deburr | | | | |
| Item | Cumplimiento | | | Observaciones |
| | Si | No | Parcialmente | |
| Se realizó revisión semestral del programa por parte de EHS, Producción y Mantenimiento | | | | |
| Se actualizaron los ejercicios de pausas activas según recomendaciones clínicas | | | | |
| Se revisó el cumplimiento del cronograma de rotación interna | | | | |
| Se evaluó la efectividad de las sesiones de fisioterapia (asistencia y resultados) | | | | |
| Se verificó el estado del mobiliario ergonómico (sillas, alfombras, reposapiés) | | | | |
| Se realizó mantenimiento preventivo de luminarias (techo y puntuales) | | | | |
| Se aplicaron encuestas de percepción ergonómica e iluminación a los operarios | | | | |
| Se actualizaron los procedimientos técnicos (ej. 3003484) con recomendaciones ergonómicas | | | | |
| Se capacitó al personal en temas de ergonomía e iluminación | | | | |
| Se documentaron los cambios realizados y se comunicaron a todos los involucrados | | | | |
| Se revisaron indicadores de salud ocupacional (reportes de molestias, ausentismo) | | | | |
| Se integraron mejoras al sistema de gestión de salud ocupacional | | | | |

X. Diagrama de Gantt

En el siguiente cuadro se detalla el Diagrama de Gantt, que se seguirá, para la implementación y evaluación del programa

| Tarea | FY26 | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Oct-25 | Nov-25 | Dic-25 | Ene-26 | Feb-26 | Mar-26 | Abr-26 | May-26 | Jun-26 | Jul-26 | Ago-26 | Sep-26 |
| Entrega del programa | | | | | | | | | | | | |
| Revisión del programa por parte de gerencia | | | | | | | | | | | | |
| Aprobación del programa | | | | | | | | | | | | |
| Comunicación a las áreas involucradas del programa | | | | | | | | | | | | |
| Implementación de los controles administrativos | | | | | | | | | | | | |
| Implementación de los controles ingenieriles | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de la efectividad del programa | | | | | | | | | | | | |

XI. Control proactivo del cambio en la organización

En el marco del cumplimiento de la norma INTE T29:2016 sobre salud y seguridad en el trabajo, se establece un procedimiento que indica los lineamientos para gestionar de forma proactiva los cambios que puedan afectar el proceso Deburr.

El procedimiento permite identificar los cambios antes de su implementación, evaluar los riesgos asociados, definir medidas preventivas, comunicar adecuadamente a los involucrados y documentar cada etapa con trazabilidad técnica. Esta gestión estructurada contribuye a minimizar impactos negativos, fortalecer la cultura preventiva y asegurar que toda mejora o ajuste en el área Deburr se realice bajo condiciones seguras y normativamente válidas.

| | | | |
|--|--|----------------|----------------------------------|
| | Número de Documento: Deburr-05 | Revisión: A | Número de <i>Legacy</i> : N/A |
| | Tipo de Documento: Bussiness | | |
| | Título: Procedimiento para el Control Proactivo de Cambios en el Proceso Deburr | | |
| 1. Objetivo: Establecer un mecanismo sistemático para anticipar, evaluar y controlar los riesgos asociados a cualquier cambio en el proceso Deburr, asegurando que se incorporen medidas de salud y seguridad en el trabajo antes de su implementación. | | | |
| 2. Alcance: Este procedimiento aplica a todo cambio que afecte directamente el proceso Deburr, incluyendo modificaciones en estaciones de trabajo, mobiliario, iluminación, flujo de materiales, equipos, turnos, metodologías operativas o redistribución de personal. | | | |
| 3. Pasos a seguir según etapa: | | | |
| <i>Etapa</i> | <i>Descripción aplicada al proceso Deburr</i> | | |
| Identificación del cambio | Registrar cualquier modificación planificada en el área Deburr: rediseño de estaciones, cambio de luminarias, incorporación de nuevos equipos o ajustes en el método de trabajo. | | |

| | |
|---|---|
| Evaluación preventiva de riesgos | Aplicar herramientas técnicas para identificar riesgos ergonómicos, lumínicos y operativos antes de ejecutar el cambio. |
| Autorización técnica | Validar el cambio con el área de EHS, asegurando que se cumplan los requisitos normativos y que se hayan definido controles preventivos. |
| Implementación supervisada | Ejecutar el cambio bajo supervisión directa, asegurando que se respeten las medidas de seguridad definidas. Comunicar el cambio a operarios, supervisores y proveedores externos si aplica. |
| Registro y trazabilidad | Documentar el cambio en la bitácora técnica del área, incluyendo: descripción del cambio, evaluación de riesgos, controles aplicados, responsables y evidencia de comunicación. |
| 4. Responsables <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de área Deburr: Identificación del cambio y comunicación inicial. • EHS: Evaluación de riesgos, autorización técnica y seguimiento. • Mantenimiento / Ingeniería: Ejecución técnica del cambio. | |
| 5. Medios de comunicación <ul style="list-style-type: none"> • Reuniones de inicio de turno. • Correos institucionales. • Fichas técnicas o ayudas visuales según el tipo de cambio. | |
| 6. Verificación <ul style="list-style-type: none"> • Inspección post-implementación por EHS. • Entrevistas breves con operarios para validar comprensión y condiciones seguras. • Actualización de matrices de riesgo y procedimientos operativos si aplica. | |

XII. Apéndices

Apéndice. 1 Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR y Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST

| Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR y Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST |
|---|
| Objetivo: Este cuestionario tiene como finalidad evaluar las condiciones de iluminación y ergonomía en los puestos de trabajo, con el propósito de identificar posibles factores de riesgo que puedan afectar la salud, el confort y el desempeño de los trabajadores. La información recopilada permitirá implementar mejoras en el entorno laboral, promoviendo un ambiente más seguro, saludable y eficiente. |
| Instrucciones: Lea cuidadosamente cada pregunta antes de responder. Marque con una "X" la opción que mejor represente su situación o experiencia. En las preguntas abiertas, escriba su respuesta de forma clara y legible. Responda con sinceridad. La información recopilada será utilizada únicamente con fines de mejora en las condiciones laborales y se mantendrá confidencial. Si tiene dudas sobre alguna pregunta, puede consultar con la persona encargada de la aplicación |
| 1. Indique a que turno pertenece: _____ |
| 2. Seleccione su sexo: () Hombre () Mujer () Prefiero no indicarlo |
| 3. Indique su edad: _____ |
| 4. Seleccione la opción que indique la cantidad de años que lleva trabajando en el puesto: _____ Menos de 1 año _____ Entre 1 y 5 años _____ Más de 5 años |
| <i>Iluminación</i> |
| 5. Usted considera que la iluminación en su puesto de trabajo es: _____ Suficiente (la iluminación no me afecta al realizar mis labores) _____ Regular (la iluminación no afecta mis labores, pero es mejorable) _____ Deficiente (la iluminación me resulta incomoda en determinadas ocasiones) _____ Muy deficiente (la iluminación me afecta negativamente al realizar mis labores) |

6. Si usted pudiera regular la iluminación en su puesto de trabajo para estar más cómodo, preferiría tener:

- Más Luz (mi estación de trabajo posee iluminación baja)
 No haría cambios (mi estación de trabajo posee los niveles de iluminación adecuados)
 Menos Luz (mi estación de trabajo posee iluminación excesiva)

7. De las siguientes opciones, marque con las que se identifica al momento de realizar sus labores:

- Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo.
Las luces producen brillos o reflejos en mi puesto de trabajo.
La luz de algunas lámparas me da directamente en los ojos.
En mi puesto de trabajo hay muy poca luz.
En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores.
En mis superficies de trabajo hay sombras molestas.
En mi puesto de trabajo hay luces que parpadean.

8. Marque con una x aquellos síntomas que haya experimentado durante o después de su jornada laboral (puede marcar varias opciones):

- Fatiga en los ojos.
- Visión borrosa.
- Picor de ojos.
- Pesadez en los párpados.

9. ¿Usted necesita hacer uso de gafas o lentes de contacto para ver con claridad?

- Sí
 No

10. En caso de haber marcado "Sí" la pregunta 9, indique si los utiliza en su jornada laboral

- Sí
 No

Ergonomía

11. ¿Realiza pausas activas durante su jornada?

- Sí
 No
 Solo cuando termino mis tareas

12. ¿En caso de que sí, cuantas pausas realiza y a que horas?

13. ¿Ha recibido algún entrenamiento para realizar estas pausas activas?

- Sí
 No

14. ¿En caso de contestar sí a la pregunta 13, como fue este entrenamiento?

15. ¿Tiene oportunidad de rotar de tareas durante su jornada o cambiar de posturas?

- Sí
 No






16. ¿Recibe fisioterapia? _____,
¿Con que frecuencia? _____







17. ¿Siente presión por cumplir con los tiempos o metas de producción?


___ Sí
___ No

18. A continuación, se le presentan diferentes zonas del cuerpo, marque con una equis las zonas donde ha experimentado molestia leve, dolor moderado, dolor severo y la frecuencia con la que lo ha sentido, considere las siguientes definiciones para clasificar la sensación:

- *Molestia leve (incomodidad sin dolor)*
- *Dolor moderado (molestia que interfiere parcialmente en su trabajo)*
- *Dolor severo (dolor intenso que dificulta o impide realizar sus tareas)*

| Zona del cuerpo | Sensación que ha sentido | Frecuencia | ¿El dolor le ha impedido realizar su trabajo? | ¿Considera que se ha producido como consecuencia de las tareas de su puesto de trabajo? |
|---|--|---|--|--|
| Cuello  | ___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna | ___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionalmente | ___ Si ___ No | ___ Si ___ No |
| Espalda alta/Hombros  | ___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna | ___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionalmente | ___ Si ___ No | ___ Si ___ No |
| Columna vertebral  | ___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna | ___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionalmente | ___ Si ___ No | ___ Si ___ No |
| Región lumbar  | ___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna | ___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionalmente | ___ Si ___ No | ___ Si ___ No |
| Codos  | ___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna | ___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionalmente | ___ Si ___ No | ___ Si ___ No |
| Antebrazos | ___ Molestia leve | ___ Todos los días | ___ Si | ___ Si |




| | | | | |
|---|--|--|--|--|
|  | <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> No |
| Manos/Muñecas | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Glúteos | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Muslos | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Rodillas | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Pantorrillas | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionamente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Pies | <input type="checkbox"/> Molestia leve | <input type="checkbox"/> Todos los días | <input type="checkbox"/> Si | <input type="checkbox"/> Si |







| | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|-----------------------------|
|  | <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> No |
|---|--|--|-----------------------------|-----------------------------|






19. A continuación, se le presentan diferentes posturas que puede adaptar el cuerpo, marque las que a usted le toca adoptar durante su jornada de trabajo y el tiempo que pasa en estas.

| <i>Postura</i> | <i>Nunca</i> | <i>Menos de 30 minutos</i> | <i>Entre 30 minutos y 2 horas</i> | <i>Entre 2 horas y 4 horas</i> | <i>Más de 4 horas</i> |
|--|--------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Sentado | | | | | |
| De pie en un mismo lugar | | | | | |
| Caminando | | | | | |
| Caminando mientras sube o baja niveles (escaleras, rampas, peldaños) | | | | | |
| De rodillas/cuclillas | | | | | |

20. De los siguientes movimientos, indique cuales usted realiza durante su jornada y si estos son movimientos fijos o repetitivos (lo realiza más de una vez en menos de un minuto), además indique durante cuánto tiempo realiza estos movimientos.

| <i>Cabeza/Cuello</i> | | <i>El movimiento es fijo o es repetitivo</i> | <i>Menos de 30 minutos</i> | <i>Entre 2 horas y 4 horas</i> | <i>Más de 4 horas</i> |
|---|--|--|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Inclinar el cuello/cabeza | | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
| Inclinar el cuello/cabeza hacia atrás | | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
| Inclinar el cuello/cabeza hacia un lado o ambos | | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |

| | | | | | |
|---|------------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Girar el cuello/cabeza | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |
| Espalda/Tronco | | El movimiento es fijo o es repetitivo | Menos de 30 minutos | Entre 2 horas y 4 horas | Más de 4 horas |
| Inclinar la espalda/tronco hacia delante | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |
| Inclinar la espalda/tronco hacia atrás | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |
| Inclinar la espalda/tronco hacia un lado o ambos | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |
| Girar la espalda/tronco | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |
| Hombros, muñecas y tobillos/pies | | El movimiento es fijo o es repetitivo | Menos de 30 minutos | Entre 2 horas y 4 horas | Más de 4 horas |
| Las manos por encima de la cabeza o los codos por encima de los hombros | | | | | |
|  | ___ Si ___ No | ___ Fijo ___ Repetitivo | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>Una o ambas muñecas dobladas hacia arriba o hacia abajo, hacia los lados o giradas (giro de antebrazo)</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Ejerciendo presión con uno de los pies</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Sostener, presionar o levantar objetos o herramientas con los dedos en forma de pinza</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Agarrar o sujetar con fuerza objetos o herramientas con las manos</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Utilizar de manera intensiva los dedos (ordenador, controles, botoneras, mando, calculadora, caja registradora, etc.)</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |

Apéndice. 2 Matriz de recolección de mediciones de iluminación puntual en los puestos de trabajo

| | | Valores de luminancia (Lux) en diferentes puntos de las siete estaciones de Deburr | | | |
|------------|---------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Identificador de estación | Esmeril | | Microscopio | Pantalla |
| | | Lámpara de estación apagada | Lámpara de estación encendida | Lámpara de estación encendida | Lámpara de estación encendida |
| Medición 1 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 2 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 3 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 4 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 5 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |

Apéndice. 3 Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.

| Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo. | | | | | |
|--|---|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| <p><i>Instrucciones:</i></p> <p>✓Lea cada ítem de evaluación en la columna “Requisito”. Cada uno corresponde a un criterio específico de ergonomía basado en las normas mencionadas.</p> <p>✓Observe y evalúe el entorno de trabajo correspondiente al ítem.</p> <p>✓En las columnas de cumplimiento, marque solo una opción:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cumple (1 punto): El requisito se cumple completamente. •Parcialmente (0.5 puntos): El requisito se cumple de forma parcial o con observaciones menores. •No cumple (0 puntos): El requisito no se cumple o representa un riesgo. <p>✓En la columna Observaciones, registre cualquier comentario relevante, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Evidencia visual o documental. •Recomendaciones de mejora. •Condiciones particulares del entorno evaluado. | | | | | |
| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Observaciones |
| <i>Diseño de las tareas de trabajo</i> | 1. ¿El trabajador puede mantener una postura neutra y cómoda durante el pulido? | | | | |
| | 2. ¿Se evita la repetición continua de movimientos que puedan causar fatiga o lesiones? | | | | |
| | 3. ¿Las herramientas utilizadas están diseñadas ergonómicamente y permiten un agarre cómodo? | | | | |
| | 4. ¿El área de trabajo permite suficiente espacio para el movimiento libre de brazos y piernas? | | | | |
| | 5. ¿El trabajador tiene acceso visual claro a la zona de trabajo sin necesidad de inclinar excesivamente el cuello o el tronco? | | | | |
| | 6. ¿Las tareas están organizadas para evitar la monotonía y la sobrecarga? | | | | |
| | 7. ¿Se permite al trabajador controlar el ritmo y procedimiento de su tarea? | | | | |
| | 8. ¿Las tareas están adecuadamente diseñadas para evitar sobrecarga? | | | | |
| | 9. ¿Las tareas están diseñadas para permitir el desarrollo de habilidades? | | | | |
| <i>Diseño de puestos de trabajo</i> | 10. ¿La carga física y mental está adecuadamente ajustada al trabajador? | | | | |
| <i>Diseño del entorno de trabajo</i> | 11. ¿El entorno de trabajo está diseñado para minimizar efectos adversos? | | | | |
| | 12. ¿El entorno de trabajo permite controlar la temperatura y la ventilación? | | | | |

| | | | | | |
|---|---|-------|--|--|--|
| <i>Diseño de espacio de trabajo y estación de trabajo</i> | 13. ¿Se evita la fatiga por tensión muscular estática prolongada? | | | | |
| | 14. ¿Se evita el uso prolongado de posturas agachadas o arrodilladas? | | | | |
| <i>Realización, implementación, ajuste, verificación y validación</i> | 15. ¿Se proporciona formación adecuada sobre el uso ergonómico del puesto? | | | | |
| <i>Evaluación y seguimiento</i> | 16. ¿Se evalúa periódicamente el cumplimiento ergonómico del área de trabajo? | | | | |
| <i>Requisitos generales</i> | 17. ¿Se permite al trabajador ajustar la altura de la superficie de trabajo? | | | | |
| | 18. ¿Se consideran los efectos del equipo de protección personal en el diseño del puesto? | | | | |
| <i>Recomendaciones generales relativas a la visión.</i> | 19. ¿La altura de la superficie de trabajo es adecuada a la tarea realizada? | | | | |
| | 20. ¿Se garantiza visibilidad adecuada de los elementos de trabajo? | | | | |
| | 21. ¿Se proporciona iluminación adecuada para las tareas visuales generales? | | | | |
| | 22. ¿Se proporciona iluminación adecuada para tareas visuales detalladas? | | | | |
| <i>Consideraciones sobre la postura.</i> | 23. ¿El diseño del puesto permite alternar entre posturas sentado y de pie? | | | | |
| <i>Requisitos y recomendaciones relativos a la postura.</i> | 24. ¿Las estaciones de trabajo permiten realizar cambios posturales? | | | | |
| | 25. ¿Se evita la adopción de posturas forzadas o mantenidas prolongadamente? | | | | |
| | 26. ¿Las sillas y superficies de trabajo son ajustables? | | | | |
| <i>Mandos.</i> | 27. ¿Los controles y herramientas están al alcance dentro de la zona cómoda? | | | | |
| | 28. ¿Los elementos están ubicados de forma que se eviten movimientos innecesarios? | | | | |
| | | Total | | | |

Apéndice. 4 Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo e INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos

| Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo e INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos | | | | | |
|--|---|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <p><i>Instrucciones:</i></p> <p>✓ Lea cada ítem de evaluación en la columna “Requisito”. Cada uno corresponde a un criterio específico de iluminación basado en las normas mencionadas.</p> <p>✓ Observe y evalúe el entorno de trabajo correspondiente al ítem.</p> <p>✓ En las columnas de cumplimiento, marque solo una opción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumple (1 punto): El requisito se cumple completamente. • Parcialmente (0.5 puntos): El requisito se cumple de forma parcial o con observaciones menores. • No cumple (0 puntos): El requisito no se cumple o representa un riesgo. <p>✓ En la columna Observaciones, registre cualquier comentario relevante, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia visual o documental. • Recomendaciones de mejora. • Condiciones particulares del entorno evaluado. | | | | | |
| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Observaciones |
| <i>Entorno luminoso</i> | 1. ¿La iluminación general del área de trabajo brinda comodidad visual a los ocupantes? | | | | |
| | 2. ¿Los trabajadores pueden realizar sus tareas sin esfuerzo visual evidente? | | | | |
| | 3. ¿La iluminación permite identificar con claridad objetos y posibles riesgos en el entorno? | | | | |
| <i>Distribución de las luminancias</i> | 4. ¿No se presentan contrastes marcados de luz y sombra que puedan provocar fatiga visual? | | | | |
| | 5. ¿El techo tiene un color claro (como blanco o beige claro), sin acabados brillantes? | | | | |
| | 6. ¿Las paredes tienen colores claros o intermedios, sin ser excesivamente oscuros ni brillantes? | | | | |
| | 7. ¿Las superficies de trabajo tienen colores neutros o medios (gris, madera clara, beige)? | | | | |
| <i>Iluminancia</i> | 8. ¿El piso tiene un acabado mate o semimate en tonos oscuros o medios? | | | | |
| | 9. ¿Es suficiente el nivel de iluminación disponible en el puesto para el tipo de tarea que realiza la persona trabajadora? | | | | |
| | 10. ¿Las áreas de trabajo continuo tienen una iluminación claramente superior a las zonas de paso? | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|---|--|--|--|--|
| | 11. ¿No hay cambios bruscos de luz entre el área de trabajo y su entorno inmediato? | | | | |
| | 12. ¿La iluminación es uniforme, sin zonas oscuras o excesivamente brillantes? | | | | |
| | 13. ¿Es suficiente el nivel de iluminación en las zonas de paso? | | | | |
| | 14. ¿La iluminación es uniforme, sin diferencias marcadas de luminancia entre los elementos del puesto de trabajo? | | | | |
| <i>Deslumbramiento</i> | 15. ¿Las fuentes de luz (naturales o artificiales) están dispuestas de forma que no generen molestias visuales directas ni deslumbramiento en el campo visual del trabajador? | | | | |
| | 16. ¿Se evita la presencia de reflejos molestos en superficies brillantes, pantallas, superficies de trabajo y otras áreas del entorno visual? | | | | |
| | 17. ¿La ubicación y orientación de las luminarias evita la generación de reflejos sobre las superficies de trabajo? | | | | |
| | 18. ¿Se identifican y controlan otros elementos (además de luminarias y ventanas) que puedan causar deslumbramiento o molestias visuales? | | | | |
| <i>Direccionalidad</i> | 19. ¿La iluminación resalta adecuadamente las formas y texturas en el entorno? | | | | |
| | 20. ¿Las sombras proyectadas son suaves y no generan confusión visual? | | | | |
| | 21. ¿Se utiliza iluminación dirigida en tareas que requieren ver detalles finos? | | | | |
| | 22. ¿La dirección de la luz favorece la visibilidad sin generar sombras molestas? | | | | |
| <i>Aspectos de color</i> | 23. ¿La apariencia de color de la luz (temperatura de color) es adecuada al clima y al entorno del área de trabajo? | | | | |
| | 24. ¿La iluminación existente permite una percepción de los colores suficiente para el tipo de tarea realizada? | | | | |
| | 25. ¿Se dispone de documentación técnica que respalde la selección de las lámparas instaladas (Ra, T _{cp})? | | | | |
| | 26. ¿Existe un buen contraste entre los elementos visualizados y el fondo sobre el que se observan? | | | | |
| <i>Luz natural</i> | 27. ¿El área cuenta con acceso a luz natural mediante ventanas laterales, tragaluces u otros elementos? | | | | |
| | 28. ¿Las ventanas permiten contacto visual con el exterior, favoreciendo el bienestar de los ocupantes? | | | | |

| | | | | | |
|---|---|--------------|--|--|--|
| | 29. ¿No hay deslumbramiento ni sombras duras causadas por el sol? | | | | |
| <i>Mantenimiento</i> | 30. ¿Las luminarias y lámparas están limpias y en buen estado? | | | | |
| | 31. ¿Existe un programa de mantenimiento y limpieza periódica del sistema de iluminación artificial? | | | | |
| | 32. ¿No hay lámparas quemadas o dañadas? | | | | |
| | 33. ¿No hay luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados? | | | | |
| <i>Iluminación de lugares de trabajo equipados con pantallas de visualización de datos PVD (y otras pantallas de visualización)</i> | 34. ¿La iluminación permite ver claramente pantallas, documentos y teclados? | | | | |
| | 35. ¿Las luminarias están ubicadas fuera del ángulo de visión directa hacia la pantalla? | | | | |
| | 36. En caso de uso de pantallas de visualización, ¿el nivel de iluminación no es excesivamente alto? | | | | |
| <i>Parpadeo y efecto estroboscópico</i> | 37. ¿La luz se mantiene estable y sin parpadeos visibles? | | | | |
| | 38. ¿La iluminación evita la percepción de efectos estroboscópicos al observar elementos giratorios o en movimiento? | | | | |
| | 39. ¿Los trabajadores no han reportado molestias visuales o dolores de cabeza? | | | | |
| <i>Campo Visual</i> | 40. ¿Los elementos visualizados con frecuencia están ubicados dentro de los límites ergonómicos del campo visual (horizontal y vertical)? | | | | |
| | 41. ¿El campo visual está libre de obstáculos que dificulten la visualización de la tarea? | | | | |
| | | Total | | | |

1. Validación de la alternativa de solución administrativa

Para la validación de la solución administrativa, se realizó una reunión con el encargado de EHS de la empresa, que a su vez es el asesor industrial del proyecto, con el fin de mostrar las alternativas propuestas y comprobar si las mismas cumplen lo esperado o no. En el Cuadro 32, se presenta una minuta de la reunión.

Cuadro 32. Minuta de reunión para validación de solución administrativa

| Minuta reunión, para la verificación y validación de la alternativa administrativa por parte de representante de la empresa beneficiaria | | |
|---|--------|-----------|
| Proyecto: Programa de ergonomía e iluminación para la prevención y control de trastornos musculoesqueléticos en tareas de desgaste de alambres en una empresa de dispositivos médicos en el proceso de Deburr | | |
| Objetivo de la reunión: | | |
| Fecha: 29-Ago-25 | | |
| Duración: 1 hora | | |
| Participantes: Mariana Céspedes (Estudiante) Steven Villalobos (Encargado de EHS de la empresa) | | |
| Descripción del requerimiento | Cumple | No cumple |
| Propuesta de programa de ergonomía e iluminación en el proceso de Deburr | X | |
| Todos los involucrados planteados están relacionados indirecta o directamente con el proceso | X | |
| Las responsabilidades de los involucrados son acordes a sus puestos y participación en el proceso | X | |
| Los controles ingenieriles se pueden adaptar al área sin afectar el proceso | X | |
| Los controles administrativos, abarca todo el proceso | X | |
| Plan de capacitación | X | |
| Propuesta de implementación y seguimiento del programa | X | |
| Acuerdos: Se aprueba la presentación del programa, a la gerencia de producción, planta y demás involucrados. | | |

C. Conclusiones de las alternativas de solución ingenieril y administrativa

- Los controles planteados en el programa contribuyen significativamente a disminuir los riesgos ergonómicos y a mejorar las condiciones de iluminación en las tareas de desgaste de alambres del área de Deburr. Estas mejoras permiten abordar debilidades existentes en la gestión, especialmente la falta de lineamientos técnicos específicos para ergonomía e iluminación en este proceso.
- La incorporación de controles ingenieriles en el sistema de iluminación permitirá alcanzar niveles de iluminancia compatibles con actividades de precisión, asegurando una distribución homogénea de la luz, reduciendo la presencia de sombras y disminuyendo la fatiga visual en los operadores.
- La implementación de mobiliario ergonómico rediseñado y de elementos que favorecen una postura biomecánicamente eficiente contribuirá a reducir la carga física y la exposición a posiciones mantenidas, apoyando así el cumplimiento del objetivo institucional de prevenir trastornos musculoesqueléticos.
- Los mecanismos de verificación, seguimiento y actualización incluidos en el programa fortalecen la mejora continua, ya que permiten evaluar periódicamente los resultados mediante indicadores técnicos y administrativos, y facilitan la toma de decisiones basadas en evidencia sobre el nivel de cumplimiento alcanzado.

D. Recomendaciones de las alternativas de solución ingenieril y administrativa

- Se recomienda establecer un protocolo interno para la validación técnica de futuras modificaciones ergonómicas y luminotécnicas en el proceso Deburr, garantizando que cualquier intervención posterior mantenga los parámetros de diseño, seguridad y desempeño definidos en el programa.
- Se recomienda documentar de forma sistemática las mejoras logradas en confort visual y reducción de carga postural, mediante registros fotográficos, entrevistas al personal, mediciones comparativas y análisis de indicadores, con el propósito de fortalecer la trazabilidad del programa ante auditorías internas y externas.
- Se recomienda incorporar en el plan de mejora continua una revisión anual de los lineamientos de ergonomía e iluminación aplicables al área de Deburr, considerando posibles cambios normativos, la incorporación de nuevas tecnologías y la retroalimentación proporcionada por los colaboradores.

VIII. Bibliografía

- Adiga, U. (2023). Enhancing occupational health and ergonomics for optimal workplace well-being: a review. *International Scientific Organization*, 24(4), ISSN 2226-9614. <https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2023/10/17-ijcbs-23-24-4-17-done.pdf>
- Admin. (2017, 31 octubre). *La iluminación en los centros laborales - .Revista InteriorGráfico de la División de Arquitectura Arte y Diseño de la Universidad de Guanajuato*. .Revista Interiorgráfico de la División de Arquitectura Arte y Diseño de la Universidad de Guanajuato. <https://interiorgrafico.com/edicion/quinta-edicion-junio-2008/la-iluminacion-en-los-centros-laborales>
- Arkouli, Z., Michalos, G., Kokotinis, G., & Makris, S. (2024). Worker-centered evaluation and redesign of manufacturing tasks for ergonomics improvement using axiomatic design principles. *CIRP Journal Of Manufacturing Science And Technology*, 55, 188-209. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2024.10.001>
- Dehghan, N., Aghilinejad, M., Nassiri-Kashani, M. H., Amiri, Z., & Talebi, A. (2016). The effect of a multifaceted ergonomic intervention program on reducing musculoskeletal disorders in dentists. *PubMed*, 30, 472. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28491847>
- Dianat, I., Vahedi, A., & Dehnavi, S. (2016). Association between objective and subjective assessments of environmental ergonomic factors in manufacturing plants. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 54, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.12.004>
- Ding, X., Guan, Z., Liu, N., Bi, M., Ji, F., Wang, H., Zhang, X., Liu, B., Niu, D., Lan, T., Xie, T., Li, J., & Yan, T. (2023). Prevalence and risk factors of work-related musculoskeletal disorders among emerging manufacturing workers in Beijing, China. *Frontiers In Medicine*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1289046>
- Duplák, D., Duplák, J., Simkulet, V., & Kojic, D. (2022). Implementation of Digital Ergonomic Tools during the Flexible Screening of Lighting in the Working Environment. *TEM Journal*, 995-1001. <https://doi.org/10.18421/tem113-01>
- Gou, Z., Gou, B., Liao, W., Bao, Y., & Deng, Y. (2023). Integrated lighting ergonomics: A review on the association between non-visual effects of light and ergonomics in

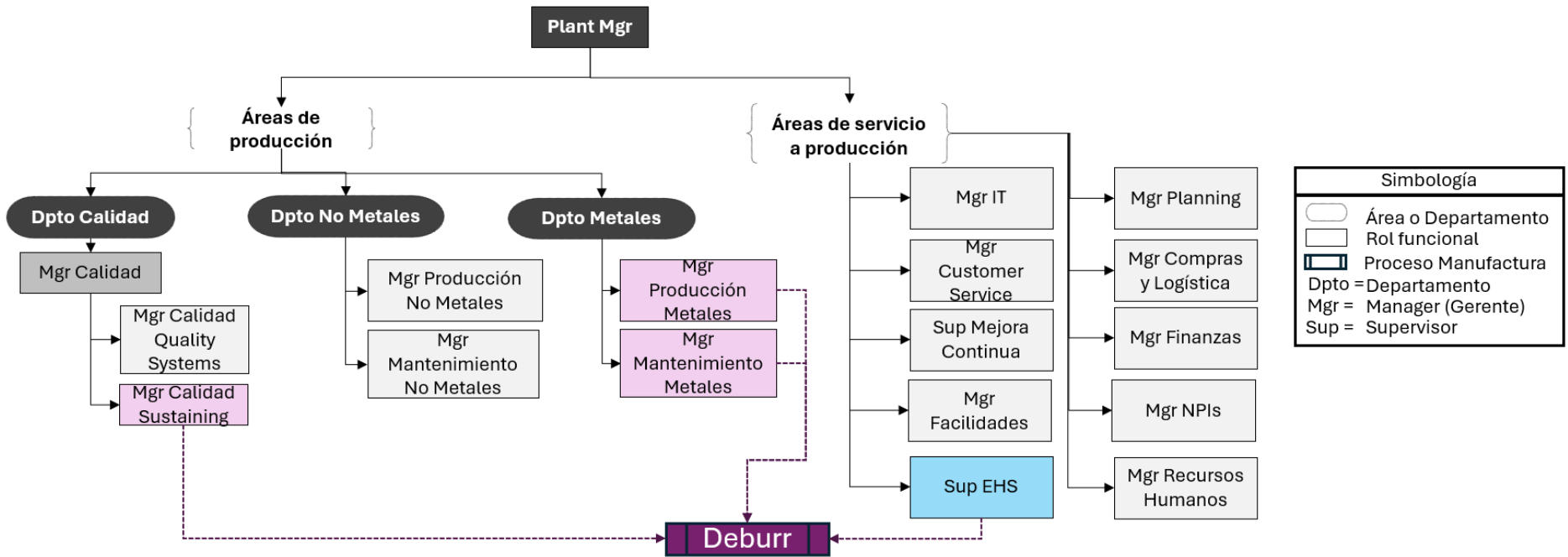
- the enclosed cabins. *Building And Environment*, 243, 110616.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110616>
- Katabaro, J. M., & Yan, Y. (2019). Effects of Lighting Quality on Working Efficiency of Workers in Office Building in Tanzania. *Journal Of Environmental And Public Health*, 2019, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2019/3476490>
- Knave, B. (1984). Ergonomics and lighting. *Applied Ergonomics*, 15(1), 15-20. [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(84\)90117-0](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(84)90117-0)
- Konstantzos, I., Sadeghi, S. A., Kim, M., Xiong, J., & Tzempelikos, A. (2020). The effect of lighting environment on task performance in buildings – A review. *Energy And Buildings*, 226, 110394. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110394>
- Králíková, R., Lumnitzer, E., Džůňová, L., & Yehorova, A. (2021). Analysis of the Impact of Working Environment Factors on Employee's Health and Wellbeing; Workplace Lighting Design Evaluation and Improvement. *Sustainability*, 13(16), 8816. <https://doi.org/10.3390/su13168816>
- López Ccente, K. M., & Vera Vidal, K. (2021). Implementación de un sistema de seguridad y salud en el trabajo para reducir riesgos laborales en la empresa “Central Galletas Marie SAC”, Concepción. Tesis de Bachillerato. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Narvaez, T. M., & Noroña, M. I. (2021b). A Workplace Design Improvement for Visual Inspection in a Philippine-based Aircraft Parts Company: A Cognitive Ergonomic Approach. *IEOM Society International*, 1511-1520. <https://doi.org/10.46254/sa02.20210601>
- Widjanarti, M. P., Setyawan, H., & Qadrijati, I. (2019). The Effects of Lighting Intensity on the Productivity of Textile Workers in Surakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 15(1), 39-43. <https://doi.org/10.15294/kemas.v15i1.15448>
- Wuryanie, A. H., Martiana, T., Paskarini, I., & Widarjanto, N. (2025). Ergonomic Risks in Pottery Crafting: Impact on Work-Related Fatigue and Musculoskeletal Disorders.

GEMA Lingkungan Kesehatan, 23(1), 1-5.
<https://doi.org/10.36568/gelinkes.v23i1.200>

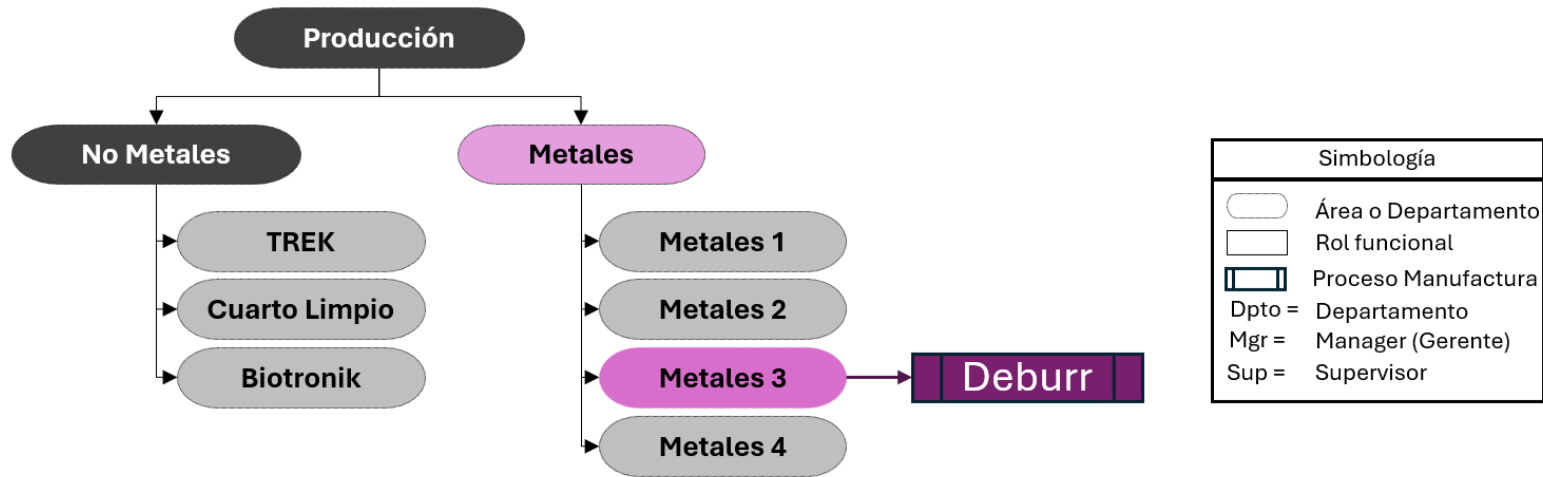
Yeow, P. H., & Sen, R. N. (2003). Quality, productivity, occupational health and safety and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 32(3), 147-163.
[https://doi.org/10.1016/s0169-8141\(03\)00051-9](https://doi.org/10.1016/s0169-8141(03)00051-9)

IX. Apéndices

Apéndice 1. Organigrama de la empresa (Enfoque en Deburr)



Apéndice 2.División de los procesos productivos de la empresa (Enfoque en Deburr)



Apéndice 3. Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr

| Entrevista semiestructurada a la encargada de EHS del área de Deburr | |
|--|-----------|
| Fecha de aplicación | |
| Aplicador: | |
| Entrevistado (a): | |
| Pregunta | Respuesta |
| 1.¿En el área se hacen pausas activas? | |
| 2.¿Se tiene algún programa de pausas activas? | |
| 3.¿A qué hora se realizan estas pausas? | |
| 4.¿Se realizó capacitación para estas pausas? | |
| 5.¿Cómo fue el proceso de capacitación? | |
| 6.¿Cómo se le da seguimiento a qué se realicen las pausas? | |
| 7.¿La empresa tiene programa de terapia física exclusiva para esta área? | |
| 8.¿Cada cuanto se da terapia física? | |
| 9.¿Cuánto duran las sesiones de terapia física? | |
| 10.¿Se le da terapia a todas las personas de todos los turnos? | |
| 11.¿Se tiene alguna lista con los colaboradores activos en fisioterapia | |
| 12.¿Cómo se maneja el cambio de colaboradores en el área, para el ingreso a terapia? | |
| 13.¿Cuáles son las partes de cuerpo con quejas por dolor más comunes que se reciben en el área por parte de los colaboradores? | |
| 14.¿Se tiene algún estudio exploratorio de las condiciones de ergonomía e iluminación del área? | |
| 15.¿Existe alguna instrucción controlada o no que explique las pausas activas que se deben hacer en el área? | |
| 16.¿Cantidad de pausas activas que se recomiendan? | |

Apéndice 4. Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr

| Entrevista semiestructurada al ingeniero de manufactura del área de Deburr | |
|--|-----------|
| Fecha de aplicación: | |
| Aplicador: | |
| Entrevistado (a): | |
| Pregunta | Respuesta |
| 1. Características de los materiales | |
| 2. ¿Cuales serian las dimensiones del material mas largo, mas corto, mas delgado y más ancho? | |
| 3. Cantidad de números de parte o un aproximado | |
| 4. Tipos de acabados que se realizan a los materiales | |
| 5. ¿Como se determina el tiempo que dura cada número de parte? | |
| 6. ¿Se tiene algún tiempo establecido de cuanto deben durar por piezas o un aproximado, por job? | |
| 7. Documentos de referencia para el entrenamiento de estas áreas | |

Apéndice 5. Matriz de cumplimiento de la instrucción de entrenamiento de Deburr basada en UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados.

| Matriz de cumplimiento UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020 Preparación de instrucciones de uso. Estructura, contenido y presentación. Parte 1: Principios generales y requisitos detallados. | | | | | | | |
|---|---------|---------------------------------|--|------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
| <p>Intrucciones:</p> <p>✓ Lea cada ítem de evaluación en la columna "Requisito". Cada uno corresponde a un criterio específico basado en la norma UNE-EN IEC/IEEE 82079-1:2020, aplicado a instrucciones de procesos productivos.</p> <p>✓ En las columnas de cumplimiento, marque solo una opción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumple (1 punto): El requisito se cumple completamente. • Parcialmente (0.5 puntos): El requisito se cumple de forma parcial o con observaciones menores. • No cumple (0 puntos): El requisito no se cumple o representa un riesgo. <p>✓ En la columna Observaciones, registre cualquier comentario relevante, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia visual o documental. • Recomendaciones de mejora. | | | | | | | |
| Nombre de la instrucción a revisar: | | | | | | | |
| Capítulo | Sección | Título | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Observaciones |
| 5 | 5.2.1 | Propósito de la información | ¿La instrucción permite un uso seguro, eficiente y efectivo del proceso? | | | | |
| | 5.2.3 | Orientación al público objetivo | ¿Está adaptada al nivel de conocimiento del operario? | | | | |
| | 5.3.2 | Integridad | ¿Incluye todos los pasos necesarios del proceso de pulido? | | | | |
| | 5.3.3 | Minimalismo | ¿Evita información innecesaria y se enfoca en lo esencial? | | | | |
| | 5.3.4 | Corrección | ¿La información técnica es precisa y actualizada? | | | | |
| | 5.3.6 | Consistencia | ¿Es coherente en términos de formato, términos y símbolos? | | | | |
| | 5.3.7 | Comprensibilidad | ¿Es clara y fácil de entender para el operario? | | | | |
| 6 | 6.2.2 | Público objetivo | ¿Se identifican claramente las tareas y habilidades del usuario? | | | | |

| | | | | | | | |
|----|---------|----------------------------------|--|-------|--|--|--|
| | 6.2.7 | Gestión de riesgos | ¿Incluye advertencias sobre riesgos del proceso (ruido, partículas, etc.)? | | | | |
| | 6.3.3 | Revisión y pruebas | ¿Se ha revisado y probado la instrucción con usuarios reales? | | | | |
| 7 | 7.2.1 | Identificación de la instrucción | ¿La instrucción tiene título, versión y número? | | | | |
| | 7.2.2 | Identificación del producto | ¿Se identifica claramente el producto al que aplica la instrucción? | | | | |
| | 7.8.1 | Descripción general del producto | ¿Describe el producto y su estado antes y después del proceso? | | | | |
| | 7.10.7 | Operación del producto | ¿Detalla los pasos operativos del proceso, para su realización? | | | | |
| | 7.10.10 | Mantenimiento | ¿Incluye instrucciones para limpieza y mantenimiento del equipo del proceso? | | | | |
| | 7.11.1 | Información de seguridad | ¿Incluye tipos de advertencias y precauciones necesarias? | | | | |
| 8 | 8.3.4 | Instrucciones paso a paso | ¿Los pasos están numerados y en orden lógico? | | | | |
| 9 | 9.10.1 | Legibilidad | ¿La tipografía y el diseño son adecuados para su lectura en el entorno de trabajo? | | | | |
| | 9.11.2 | Ilustraciones | ¿Incluye imágenes o diagramas que apoyen la comprensión del proceso? | | | | |
| 10 | 10.4 | Competencia del redactor | ¿La instrucción fue redactada por una persona que conoce el proceso? | | | | |
| | | | | Total | | | |

Apéndice 6. Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR y Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST

Cuestionario ergonómico basado en el método ERGOPAR y Cuestionario de iluminación basado en el Cuestionario: Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. INSST

Objetivo: Este cuestionario tiene como finalidad evaluar las condiciones de iluminación y ergonomía en los puestos de trabajo, con el propósito de identificar posibles factores de riesgo que puedan afectar la salud, el confort y el desempeño de los trabajadores. La información recopilada permitirá implementar mejoras en el entorno laboral, promoviendo un ambiente más seguro, saludable y eficiente.

Instrucciones:

Lea cuidadosamente cada pregunta antes de responder.

Marque con una "X" la opción que mejor represente su situación o experiencia.

En las preguntas abiertas, escriba su respuesta de forma clara y legible.

Responda con sinceridad. La información recopilada será utilizada únicamente con fines de mejora en las condiciones laborales y se mantendrá confidencial.

Si tiene dudas sobre alguna pregunta, puede consultar con la persona encargada de la aplicación

1. Indique a que turno pertenece: _____

2. Seleccione su sexo:

() Hombre

() Mujer

() Prefiero no indicarlo

3. Indique su edad: _____

4. Seleccione la opción que indique la cantidad de años que lleva trabajando en el puesto:

_____ Menos de 1 año

_____ Entre 1 y 5 años

_____ Más de 5 años

Iluminación

5. Usted considera que la iluminación en su puesto de trabajo es:

_____ Suficiente (la iluminación no me afecta al realizar mis labores)

_____ Regular (la iluminación no afecta mis labores, pero es mejorable)

_____ Deficiente (la iluminación me resulta incomoda en determinadas ocasiones)

_____ Muy deficiente (la iluminación me afecta negativamente al realizar mis labores)

6. Si usted pudiera regular la iluminación en su puesto de trabajo para estar más cómodo, preferiría tener:

_____ Más Luz (mi estación de trabajo posee iluminación baja)

_____ No haría cambios (mi estación de trabajo posee los niveles de iluminación adecuados)

_____ Menos Luz (mi estación de trabajo posee iluminación excesiva)

7. De las siguientes opciones, marque con las que se identifica al momento de realizar sus labores:

Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo. ____

Las luces producen brillos o reflejos en mi puesto de trabajo. ____

La luz de algunas lámparas me da directamente en los ojos. ____

En mi puesto de trabajo hay muy poca luz. ____

En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores. ____

En mis superficies de trabajo hay sombras molestas. ____

En mi puesto de trabajo hay luces que parpadean. ____

8. Marque con una x aquellos síntomas que haya experimentado durante o después de su jornada laboral (puede marcar varias opciones):

- Fatiga en los ojos. ____

- Visión borrosa. ____

- Picor de ojos. ____

- Pesadez en los párpados. ____

9. ¿Usted necesita hacer uso de gafas o lentes de contacto para ver con claridad?

____ Sí

____ No

10. En caso de haber marcado "Sí" la pregunta 9, indique si los utiliza en su jornada laboral

____ Sí

____ No

Ergonomía

11. ¿Realiza pausas activas durante su jornada?

____ Sí

____ No

____ Solo cuando termino mis tareas

12. ¿En caso de que sí, cuantas pausas realiza y a que horas?

13. ¿Ha recibido algún entrenamiento para realizar estas pausas activas?

____ Sí

____ No

14. ¿En caso de contestar sí a la pregunta 13, como fue este entrenamiento?

15. ¿Tiene oportunidad de rotar de tareas durante su jornada o cambiar de posturas?

____ Sí

____ No

16. ¿Recibe fisioterapia? _____,

¿Con que frecuencia? _____



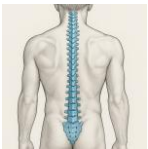



17. ¿Siente presión por cumplir con los tiempos o metas de producción?







____ Sí

____ No

18.A continuación, se le presentan diferentes zonas del cuerpo, marque con una equis las zonas donde ha experimentado molestia leve, dolor moderado, dolor severo y la frecuencia con la que lo ha sentido, considere las siguientes definiciones para clasificar la sensación:

- *Molestia leve (incomodidad sin dolor)*
- *Dolor moderado (molestia que interfiere parcialmente en su trabajo)*
- *Dolor severo (dolor intenso que dificulta o impide realizar sus tareas)*





| Zona del cuerpo | Sensación que ha sentido | Frecuencia | ¿El dolor le ha impedido realizar su trabajo? | ¿Considera que se ha producido como consecuencia de las tareas de su puesto de trabajo? |
|--|--|---|--|--|
| Cuello  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Espalda alta/Hombros  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Columna vertebral  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Región lumbar  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Codos  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |
| Antebrazos  | <input type="checkbox"/> Molestia leve <input type="checkbox"/> Dolor moderado <input type="checkbox"/> Dolor severo <input type="checkbox"/> Ninguna | <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> De 2 a 3 veces a la semana <input type="checkbox"/> 1 vez a la semana <input type="checkbox"/> Ocasionalmente | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No |







| | | | | |
|---|--|--|--------------------------|--------------------------|
| <p>Manos/Muñecas</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |
| <p>Glúteos</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |
| <p>Muslos</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |
| <p>Rodillas</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |
| <p>Pantorillas</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |
| <p>Pies</p>  | <p>___ Molestia leve ___ Dolor moderado ___ Dolor severo ___ Ninguna</p> | <p>___ Todos los días ___ De 2 a 3 veces a la semana ___ 1 vez a la semana ___ Ocasionamente</p> | <p>___ Si ___ No</p> | <p>___ Si ___ No</p> |





19. A continuación, se le presentan diferentes posturas que puede adaptar el cuerpo, marque las que a usted le toca adoptar durante su jornada de trabajo y el tiempo que pasa en estas.

| Postura | Nunca | Menos de 30 minutos | Entre 30 minutos y 2 horas | Entre 2 horas y 4 horas | Más de 4 horas |
|--|--------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Sentado | | | | | |
| De pie en un mismo lugar | | | | | |
| Caminando | | | | | |
| Caminando mientras sube o baja niveles (escaleras, rampas, peldaños) | | | | | |
| De rodillas/cuclillas | | | | | |

20. De los siguientes movimientos, indique cuales usted realiza durante su jornada y si estos son movimientos fijos o repetitivos (lo realiza más de una vez en menos de un minuto), además indique durante cuánto tiempo realiza estos movimientos.

| Cabeza/Cuello | El movimiento es fijo o es repetitivo | Menos de 30 minutos | Entre 2 horas y 4 horas | Más de 4 horas |
|---|--|--|--------------------------------|-----------------------|
| Inclinar el cuello/cabeza | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | |
| Inclinar el cuello/cabeza hacia atrás | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | |
| Inclinar el cuello/cabeza hacia un lado o ambos | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | |
| Girar el cuello/cabeza | | | | |
|  | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | |

| <i>Espalda/Tronco</i> | | <i>El movimiento es fijo o es repetitivo</i> | <i>Menos de 30 minutos</i> | <i>Entre 2 horas y 4 horas</i> | <i>Más de 4 horas</i> |
|---|--|--|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Inclinar la espalda/tronco hacia delante | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |
| Inclinar la espalda/tronco hacia atrás | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |
| Inclinar la espalda/tronco hacia un lado o ambos | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |
| Girar la espalda/tronco | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |
| Hombros, muñecas y tobillos/pies | | <i>El movimiento es fijo o es repetitivo</i> | <i>Menos de 30 minutos</i> | <i>Entre 2 horas y 4 horas</i> | <i>Más de 4 horas</i> |
| Las manos por encima de la cabeza o los codos por encima de los hombros | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |
| Una o ambas muñecas dobladas hacia arriba o hacia abajo, hacia los lados o giradas (giro de antebrazo) | <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No | <input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo | | | |
|  | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
| <p>Ejerciendo presión con uno de los pies</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Sostener, presionar o levantar objetos o herramientas con los dedos en forma de pinza</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Agarrar o sujetar con fuerza objetos o herramientas con las manos</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |
| <p>Utilizar de manera intensiva los dedos (ordenador, controles, botoneras, mando, calculadora, caja registradora, etc.)</p> | | | | | |
|  | <p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p> | <p><input type="checkbox"/> Fijo <input type="checkbox"/> Repetitivo</p> | | | |

Apéndice 7. Formulario de recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área

| Formulario para recolección de datos ergonómicos del mobiliario del área | |
|---|---|
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Cinta métrica • Papel • Lápiz • Equipo para la toma de fotos |
| Instrucciones y recomendaciones | <p>Complete la información en cada uno de los espacios que se le solicitan. Cualquier información adicional que considere importante anótela en el espacio de observaciones, hacer bocetos a mano del lugar o de los elementos presentes, pueden ayudar para la recopilación de la información. Todas las alturas se toman desde el piso del local como referencia. El mobiliario de cada estación de trabajo está conformado por una mesa, silla y un reposa pies, tome los datos del mobiliario de cada estación.</p> |
| Características del mobiliario | |
| <p>Número de la estación: Agregue los espacios necesarios para completar todas las estaciones</p> | |
| Mesa | <ol style="list-style-type: none"> 1. Altura de la mesa (m): _____ 2. Largo de la mesa (m): _____ 3. Ancho de la mesa (m): _____ 4. ¿La mesa está en buen estado (sin bordes filosos, estable)? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 5. ¿La altura de la mesa permite mantener los antebrazos en posición horizontal? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 6. ¿Hay espacio suficiente debajo de la mesa para las piernas? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 7. ¿La superficie de trabajo es adecuada para las tareas realizadas? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| Silla | <ol style="list-style-type: none"> 8. ¿La silla está en buen estado (sin daños visibles, estable)? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 9. ¿La altura de la silla es ajustable? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 10. ¿El respaldo es ajustable en inclinación? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 11. ¿El respaldo cubre adecuadamente la zona lumbar? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 12. ¿La silla tiene apoyabrazos? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 13. ¿Los apoyabrazos permiten mantener los brazos en ángulo recto? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 14. ¿La base de la silla tiene ruedas y permite movilidad? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| Reposapiés | <ol style="list-style-type: none"> 15. ¿La estación cuenta con reposapiés? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 16. ¿El reposapiés está en buen estado (estable, sin daños)? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 17. ¿El ángulo del reposapiés es ajustable? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No 18. ¿El reposapiés permite apoyar ambos pies completamente? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No |
| -Fin del formulario- | |
| Observaciones adicionales: | |

Apéndice 8. Matriz de recolección de mediciones de iluminación puntual en los puestos de trabajo

| | | Valores de luminancia (Lux) en diferentes puntos de las siete estaciones de Deburr | | | |
|------------|---------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | Identificador de estación | Esmeril | | Microscopio | Pantalla |
| | | Lámpara de estación apagada | Lámpara de estación encendida | Lámpara de estación encendida | Lámpara de estación encendida |
| Medición 1 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 2 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 3 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 4 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |
| Medición 5 | Estación 4300 | | | | |
| | Estación 1740 | | | | |
| | Estación 1597 | | | | |
| | Estación 1702 | | | | |
| | Estación 1511 | | | | |
| | Estación 2089 | | | | |
| | Estación 2091 | | | | |

Apéndice 9. Formulario de recolección de datos para diseño en DIALux

| Formulario de Recolección de Datos para diseño en DIALux | |
|---|---|
| Herramientas | <ul style="list-style-type: none"> • Cinta métrica • Papel • Lápiz • Equipo para la toma de fotos • Croquis del área (Opcional, pero recomendado) • Computadora (Opcional) |
| Instrucciones y recomendaciones | <p><i>Complete la información en cada uno de los espacios que se le solicitan, si en el local existe más de un área de trabajo considere tomar los datos de mobiliario y luminarias por separado para cada área. Se recomienda tener de manera impresa el croquis para ubicar elementos o si es posible el formato digital editable, además de tomar la mayor cantidad de fotos, como guía para recordar detalles importantes del área. Cualquier información adicional que considere importante anótela en el espacio de observaciones, hacer bocetos a mano del lugar o de los elementos presentes, pueden ayudar para la recopilación de la información. Todas las alturas se toman desde el piso del local como referencia.</i></p> |
| Características del Local | |
| Largo del local (m): _____ | |
| Ancho del local (m): _____ | |
| <i>Considere tomar más de una medida de largo y ancho, si el local tiene una forma geométrica irregular</i> | |
| ¿El local tiene muros o columnas que generan divisiones en el área que no sean paredes? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <i>En caso afirmativo anote sus dimensiones y ubicación: _____</i> | |
| Altura del local (m): _____ | |
| ¿El techo del local tiene alguna inclinación? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <i>En caso afirmativo anote su ángulo de inclinación: _____</i> | |
| Cantidad de puertas: | |
| Dimensiones de las puertas (Alto y ancho en m) y su ubicación (Para la ubicación se puede apoyar en el croquis) <i>Agregue los espacios necesarios para cada puerta</i> | |
| Puerta 1: _____ x _____. Ubicación: _____ | |
| Puerta 2: _____ x _____. Ubicación: _____ | |
| Puerta 3: _____ x _____. Ubicación: _____ | |
| Cantidad de ventanas: | |

| |
|---|
| Dimensiones de las ventanas (Alto, ancho y altura en m) y su ubicación (Para la ubicación se puede apoyar en el croquis) <i>Agregue los espacios necesarios para cada ventana</i> |
| Ventana 1: _____ x _____ x _____. Ubicación: _____ |
| Ventana 2: _____ x _____ x _____. Ubicación: _____ |
| Ventana 3: _____ x _____ x _____. Ubicación: _____ |
| ¿El área tiene conexión con el exterior directamente por medio de puertas o ventanas? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <i>En caso afirmativo indique cuales: _____</i> |
| Material y color del techo: _____ |
| Material y color de las paredes: _____ |
| Material y color del piso: _____ |
| ¿En el local de trabajo, existen diversas áreas o subestaciones de trabajo con características diferentes en cuanto a mobiliario e iluminación? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <i>En caso afirmativo se deben tomar los datos de mobiliario e iluminarias para cada una de las áreas, para la ubicación de cada una de las áreas se puede apoyar en el croquis</i> |
| Nombre de las áreas o subestaciones de trabajo: _____ |
| Características del mobiliario |
| Nombre del área o subestación de la que se recopilan los datos: _____ |
| ¿Todas las mesas del área son iguales? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <i>En caso negativo, debe considerar tomar los siguientes datos para cada tipo de mesa</i> |
| Cantidad de mesas o estaciones de trabajo: _____ <i>Agregue los espacios necesarios para cada mesa</i> |
| <i>Mesa 1:</i> Altura de la mesa (m): _____ Largo de la mesa (m): _____ Ancho de la mesa (m): _____ Material y color de la mesa: _____ Considere las dimensiones y características de los equipos o estantes que estén por encima del área de trabajo y que puedan generar sombras (anote altura, ancho, largo en metros y ubicación en la mesa o el espacio de trabajo) _____ _____ |
| <i>Mesa 2:</i> Altura de la mesa (m): _____ Largo de la mesa (m): _____ Ancho de la mesa (m): _____ Material y color de la mesa: _____ Considere las dimensiones y características de los equipos o estantes que estén por encima del área de trabajo y que puedan generar sombras (anote altura, ancho, largo en metros y ubicación en la mesa o el espacio de trabajo) _____ _____ |

| |
|---|
| |
| Ubicación de las mesas en el área de trabajo(m). <i>Tomar una pared como punto de referencia, se puede apoyar en el croquis del área para mayor facilidad, agregue los espacios necesarios para cada mesa</i> |
| Mesa 1: _____ |
| Mesa 2: _____ |
| ¿Las mesas de trabajo tienen luminarias de escritorio? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <i>En caso afirmativo complete los siguientes datos</i> |
| ¿Todas las luminarias de escritorio son iguales? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <i>En caso negativo, debe considerar tomar los siguientes datos para cada tipo de luminaria</i> |
| Ubicación sobre la mesa de la luminaria |
| Largo y ancho (m) de la luminaria |
| Altura de la luminaria |
| Características técnicas de la luminaria Marca: _____ Modelo: _____ Flujo luminoso (Lux): _____ Potencia (W): _____ Temperatura de color (K): _____ |
| Características de las luminarias de techo |
| ¿Todas las luminarias del área son iguales? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <i>En caso negativo, debe considerar tomar los siguientes datos para cada tipo de luminaria</i> |
| Cantidad de luminarias: _____ |
| <i>Características Físicas:</i> |
| Tipo de montaje: <input type="checkbox"/> Empotrada <input type="checkbox"/> Suspendida <input type="checkbox"/> Superficial |
| Dimensiones de la carcasa (Largo x Ancho x Profundidad en cm): _____ x _____ x _____ |
| Material y color del interior de la carcasa: _____ |
| La luminaria posee difusor completo o de rejillas: _____ <i>En caso del de rejillas indicar la cantidad de rejillas: _____</i> <i>En caso del de rejillas indicar la profundidad de las rejillas en cm: _____</i> |
| Material y color del difusor: _____ |
| <i>Características eléctricas y fotométricas de las lámparas (Algunos de los datos de esta sección se pueden completar revisando la etiqueta presente en el empaque del producto)</i> |

| |
|---|
| Tipo de lámpara: <input type="checkbox"/> T8 <input type="checkbox"/> T5 <input type="checkbox"/> LED <input type="checkbox"/> Otro: _____ |
| Dimensiones de la lámpara (Longitud y diámetro en mm): _____ y _____ |
| Marca: _____ |
| Modelo: _____ |
| Cantidad de lámparas por luminaria: _____ |
| Potencia por lámpara (W) : _____ |
| Flujo luminoso total (lm) : _____ |
| Temperatura de color (K) : _____ |
| Índice de reproducción cromática (CRI) : _____ |
| <i>Características de la Instalación</i> |
| Altura de la luminaria (m) : _____ |
| Distribución en el techo: <input type="checkbox"/> Lineal <input type="checkbox"/> En cuadrícula <input type="checkbox"/> Irregular |
| Ubicación de las luminarias en el techo(m). <i>Tomar una pared como punto de referencia, se puede apoyar en el croquis del área para mayor facilidad, agregue los espacios necesarios para cada luminaria</i> |
| Luminaria 1: _____ |
| Luminaria 2: _____ |
| -Fin del formulario- |
| Observaciones adicionales: |

Apéndice 10. Hoja de campo para aplicación de método RULA

| Instrucciones: Observe cuidadosamente el área de trabajo mientras el trabajador realiza la tarea seleccionada, prestando atención a las posturas adoptadas por cada segmento corporal. Utilice esta hoja para registrar las posiciones observadas, asignando la puntuación correspondiente según los criterios establecidos para cada grupo corporal (Grupo A y Grupo B). Considere también las modificaciones por rotaciones, desviaciones o apoyos, y anote la puntuación total en cada sección. Esta información será clave para determinar el nivel de riesgo postural y definir acciones correctivas | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------|
| | | Puntuación inicial | | Modificación | | Giro | | Total |
| | | Posición | Puntuación | Posición | Puntuación | Posición | Puntuación | |
| Grupo A | Brazo | Desde 20° de extensión a 20° de flexión | 1 | Hombro elevado o brazo rotado | (+) 1 | - | - | |
| | | Extensión >20° o flexión >20° y <45° | 2 | Brazos abducidos | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión >45° y 90° | 3 | Existe un punto de apoyo | (-)1 | - | - | |
| | | Flexión >90° | 4 | - | - | - | - | |
| | Antebrazo | Flexión entre 60° y 100° | 1 | A un lado del cuerpo | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión <60° o >100° | 2 | Cruza la línea media | (+) 1 | - | - | |
| Muñeca | Posición neutra | 1 | Desviación radial | (+) 1 | Pronación o supinación media | 1 | | |
| | Flexión o extensión > 0° y <15° | 2 | Desviación cubital | (+) 1 | Pronación o supinación extrema | 2 | | |
| | Flexión o extensión >15° | 3 | - | - | - | - | | |
| Grupo B | Cuello | Flexión entre 0° y 10° | 1 | Cabeza rotada | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión >10° y ≤20° | 2 | Cabeza con inclinación lateral | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión >20° | 3 | - | - | - | - | |
| | | Extensión en cualquier grado | 4 | - | - | - | - | |
| | Tronco | Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas >90° | 1 | Tronco rotado | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión entre 0° y 20° | 2 | Tronco con inclinación lateral | (+) 1 | - | - | |
| | | Flexión >20° y ≤60° | 3 | - | - | - | - | |
| | | Flexión >60° | 4 | - | - | - | - | |
| | Piernas | 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 | - | - | - | - | | |

Apéndice 11. Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.

Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos de trabajo.

Instrucciones:

✓ Lea cada ítem de evaluación en la columna “Requisito”. Cada uno corresponde a un criterio específico de ergonomía basado en las normas mencionadas.

✓ Observe y evalúe el entorno de trabajo correspondiente al ítem.

✓ En las columnas de cumplimiento, marque solo una opción:

- Cumple (1 punto): El requisito se cumple completamente.
- Parcialmente (0.5 puntos): El requisito se cumple de forma parcial o con observaciones menores.
- No cumple (0 puntos): El requisito no se cumple o representa un riesgo.

✓ En la columna Observaciones, registre cualquier comentario relevante, como:

- Evidencia visual o documental.
- Recomendaciones de mejora.
- Condiciones particulares del entorno evaluado.

| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Observaciones |
|--|---|------------------|---------------------------|----------------------|---------------|
| <i>Diseño de las tareas de trabajo</i> | 1. ¿El trabajador puede mantener una postura neutra y cómoda durante el pulido? | | | | |
| | 2. ¿Se evita la repetición continua de movimientos que puedan causar fatiga o lesiones? | | | | |
| | 3. ¿Las herramientas utilizadas están diseñadas ergonómicamente y permiten un agarre cómodo? | | | | |
| | 4. ¿El área de trabajo permite suficiente espacio para el movimiento libre de brazos y piernas? | | | | |
| | 5. ¿El trabajador tiene acceso visual claro a la zona de trabajo sin necesidad de inclinar excesivamente el cuello o el tronco? | | | | |
| | 6. ¿Las tareas están organizadas para evitar la monotonía y la sobrecarga? | | | | |
| | 7. ¿Se permite al trabajador controlar el ritmo y procedimiento de su tarea? | | | | |
| | 8. ¿Las tareas están adecuadamente diseñadas para evitar sobrecarga? | | | | |
| | 9. ¿Las tareas están diseñadas para permitir el desarrollo de habilidades? | | | | |
| <i>Diseño de puestos de trabajo</i> | 10. ¿La carga física y mental está adecuadamente ajustada al trabajador? | | | | |

| | | | | | |
|---|---|-------|--|--|--|
| <i>Diseño del entorno de trabajo</i> | 11. ¿El entorno de trabajo está diseñado para minimizar efectos adversos? | | | | |
| | 12. ¿El entorno de trabajo permite controlar la temperatura y la ventilación? | | | | |
| <i>Diseño de espacio de trabajo y estación de trabajo</i> | 13. ¿Se evita la fatiga por tensión muscular estática prolongada? | | | | |
| | 14. ¿Se evita el uso prolongado de posturas agachadas o arrodilladas? | | | | |
| <i>Realización, implementación, ajuste, verificación y validación</i> | 15. ¿Se proporciona formación adecuada sobre el uso ergonómico del puesto? | | | | |
| <i>Evaluación y seguimiento</i> | 16. ¿Se evalúa periódicamente el cumplimiento ergonómico del área de trabajo? | | | | |
| <i>Requisitos generales</i> | 17. ¿Se permite al trabajador ajustar la altura de la superficie de trabajo? | | | | |
| | 18. ¿Se consideran los efectos del equipo de protección personal en el diseño del puesto? | | | | |
| <i>Recomendaciones generales relativas a la visión.</i> | 19. ¿La altura de la superficie de trabajo es adecuada a la tarea realizada? | | | | |
| | 20. ¿Se garantiza visibilidad adecuada de los elementos de trabajo? | | | | |
| | 21. ¿Se proporciona iluminación adecuada para las tareas visuales generales? | | | | |
| | 22. ¿Se proporciona iluminación adecuada para tareas visuales detalladas? | | | | |
| <i>Consideraciones sobre la postura.</i> | 23. ¿El diseño del puesto permite alternar entre posturas sentado y de pie? | | | | |
| <i>Requisitos y recomendaciones relativos a la postura.</i> | 24. ¿Las estaciones de trabajo permiten realizar cambios posturales? | | | | |
| | 25. ¿Se evita la adopción de posturas forzadas o mantenidas prolongadamente? | | | | |
| | 26. ¿Las sillas y superficies de trabajo son ajustables? | | | | |
| <i>Mandos.</i> | 27. ¿Los controles y herramientas están al alcance dentro de la zona cómoda? | | | | |
| | 28. ¿Los elementos están ubicados de forma que se eviten movimientos innecesarios? | | | | |
| | | Total | | | |

Apéndice 12. Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo e INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos

| Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo e INTE T124:2022 Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos | | | | | |
|--|---|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| <p><i>Instrucciones:</i></p> <p>✓ Lea cada ítem de evaluación en la columna “Requisito”. Cada uno corresponde a un criterio específico de iluminación basado en las normas mencionadas.</p> <p>✓ Observe y evalúe el entorno de trabajo correspondiente al ítem.</p> <p>✓ En las columnas de cumplimiento, marque solo una opción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumple (1 punto): El requisito se cumple completamente. • Parcialmente (0.5 puntos): El requisito se cumple de forma parcial o con observaciones menores. • No cumple (0 puntos): El requisito no se cumple o representa un riesgo. <p>✓ En la columna Observaciones, registre cualquier comentario relevante, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evidencia visual o documental. • Recomendaciones de mejora. • Condiciones particulares del entorno evaluado. | | | | | |
| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Observaciones |
| <i>Entorno luminoso</i> | 1. ¿La iluminación general del área de trabajo brinda comodidad visual a los ocupantes? | | | | |
| | 2. ¿Los trabajadores pueden realizar sus tareas sin esfuerzo visual evidente? | | | | |
| | 3. ¿La iluminación permite identificar con claridad objetos y posibles riesgos en el entorno? | | | | |
| <i>Distribución de las luminancias</i> | 4. ¿No se presentan contrastes marcados de luz y sombra que puedan provocar fatiga visual? | | | | |
| | 5. ¿El techo tiene un color claro (como blanco o beige claro), sin acabados brillantes? | | | | |
| | 6. ¿Las paredes tienen colores claros o intermedios, sin ser excesivamente oscuros ni brillantes? | | | | |
| | 7. ¿Las superficies de trabajo tienen colores neutros o medios (gris, madera clara, beige)? | | | | |
| | 8. ¿El piso tiene un acabado mate o semimate en tonos oscuros o medios? | | | | |
| <i>Iluminancia</i> | 9. ¿Es suficiente el nivel de iluminación disponible en el puesto para el tipo de tarea que realiza la persona trabajadora? | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|---|--|--|--|--|
| | 10. ¿Las áreas de trabajo continuo tienen una iluminación claramente superior a las zonas de paso? | | | | |
| | 11. ¿No hay cambios bruscos de luz entre el área de trabajo y su entorno inmediato? | | | | |
| | 12. ¿La iluminación es uniforme, sin zonas oscuras o excesivamente brillantes? | | | | |
| | 13. ¿Es suficiente el nivel de iluminación en las zonas de paso? | | | | |
| | 14. ¿La iluminación es uniforme, sin diferencias marcadas de luminancia entre los elementos del puesto de trabajo? | | | | |
| <i>Deslumbramiento</i> | 15. ¿Las fuentes de luz (naturales o artificiales) están dispuestas de forma que no generen molestias visuales directas ni deslumbramiento en el campo visual del trabajador? | | | | |
| | 16. ¿Se evita la presencia de reflejos molestos en superficies brillantes, pantallas, superficies de trabajo y otras áreas del entorno visual? | | | | |
| | 17. ¿La ubicación y orientación de las luminarias evita la generación de reflejos sobre las superficies de trabajo? | | | | |
| | 18. ¿Se identifican y controlan otros elementos (además de luminarias y ventanas) que puedan causar deslumbramiento o molestias visuales? | | | | |
| <i>Direccionalidad</i> | 19. ¿La iluminación resalta adecuadamente las formas y texturas en el entorno? | | | | |
| | 20. ¿Las sombras proyectadas son suaves y no generan confusión visual? | | | | |
| | 21. ¿Se utiliza iluminación dirigida en tareas que requieren ver detalles finos? | | | | |
| | 22. ¿La dirección de la luz favorece la visibilidad sin generar sombras molestas? | | | | |
| <i>Aspectos de color</i> | 23. ¿La apariencia de color de la luz (temperatura de color) es adecuada al clima y al entorno del área de trabajo? | | | | |
| | 24. ¿La iluminación existente permite una percepción de los colores suficiente para el tipo de tarea realizada? | | | | |

| | | | | | |
|---|---|--------------|--|--|--|
| | 25. ¿Se dispone de documentación técnica que respalde la selección de las lámparas instaladas (Ra, Tcp)? | | | | |
| | 26. ¿Existe un buen contraste entre los elementos visualizados y el fondo sobre el que se observan? | | | | |
| <i>Luz natural</i> | 27. ¿El área cuenta con acceso a luz natural mediante ventanas laterales, tragaluces u otros elementos? | | | | |
| | 28. ¿Las ventanas permiten contacto visual con el exterior, favoreciendo el bienestar de los ocupantes? | | | | |
| | 29. ¿No hay deslumbramiento ni sombras duras causadas por el sol? | | | | |
| <i>Mantenimiento</i> | 30. ¿Las luminarias y lámparas están limpias y en buen estado? | | | | |
| | 31. ¿Existe un programa de mantenimiento y limpieza periódica del sistema de iluminación artificial? | | | | |
| | 32. ¿No hay lámparas quemadas o dañadas? | | | | |
| | 33. ¿No hay luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados? | | | | |
| <i>Iluminación de lugares de trabajo equipados con pantallas de visualización de datos PVD (y otras pantallas de visualización)</i> | 34. ¿La iluminación permite ver claramente pantallas, documentos y teclados? | | | | |
| | 35. ¿Las luminarias están ubicadas fuera del ángulo de visión directa hacia la pantalla? | | | | |
| | 36. En caso de uso de pantallas de visualización, ¿el nivel de iluminación no es excesivamente alto? | | | | |
| <i>Parpadeo y efecto estroboscópico</i> | 37. ¿La luz se mantiene estable y sin parpadeos visibles? | | | | |
| | 38. ¿La iluminación evita la percepción de efectos estroboscópicos al observar elementos giratorios o en movimiento? | | | | |
| | 39. ¿Los trabajadores no han reportado molestias visuales o dolores de cabeza? | | | | |
| <i>Campo Visual</i> | 40. ¿Los elementos visualizados con frecuencia están ubicados dentro de los límites ergonómicos del campo visual (horizontal y vertical)? | | | | |
| | 41. ¿El campo visual está libre de obstáculos que dificulten la visualización de la tarea? | | | | |
| | | Total | | | |

Apéndice 13. Resultados de aplicación “Matriz de cumplimiento INTE/ISO 6385:2023 Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo y INTE/ISO 11064-4:2016 Diseño ergonómico de centros de control. Parte 4: Distribución y dimensiones de los puestos

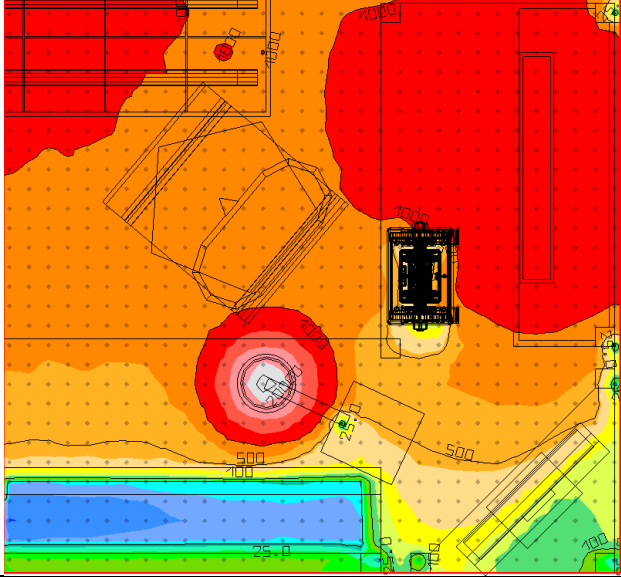
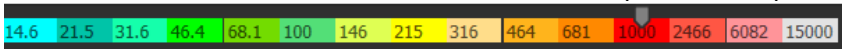
| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Nota por sección |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| <i>Diseño de las tareas de trabajo</i> | 1. ¿El trabajador puede mantener una postura neutra y cómoda durante el pulido? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 44,44% |
| | 2. ¿Se evita la repetición continua de movimientos que puedan causar fatiga o lesiones? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 3. ¿Las herramientas utilizadas están diseñadas ergonómicamente y permiten un agarre cómodo? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 4. ¿El área de trabajo permite suficiente espacio para el movimiento libre de brazos y piernas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 5. ¿El trabajador tiene acceso visual claro a la zona de trabajo sin necesidad de inclinar excesivamente el cuello o el tronco? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 6. ¿Las tareas están organizadas para evitar la monotonía y la sobrecarga? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 7. ¿Se permite al trabajador controlar el ritmo y procedimiento de su tarea? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 8. ¿Las tareas están adecuadamente diseñadas para evitar sobrecarga? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 9. ¿Las tareas están diseñadas para permitir el desarrollo de habilidades? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Diseño de puestos de trabajo</i> | 10. ¿La carga física y mental está adecuadamente ajustada al trabajador? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Diseño del entorno de trabajo</i> | 11. ¿El entorno de trabajo está diseñado para minimizar efectos adversos? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 25,00% |
| | 12. ¿El entorno de trabajo permite controlar la temperatura y la ventilación? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| <i>Diseño de espacio de trabajo y estación de trabajo</i> | 13. ¿Se evita la fatiga por tensión muscular estática prolongada? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 50,00% |
| | 14. ¿Se evita el uso prolongado de posturas agachadas o arrodilladas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Realización, implementación, ajuste, verificación y validación</i> | 15. ¿Se proporciona formación adecuada sobre el uso ergonómico del puesto? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Evaluación y seguimiento</i> | 16. ¿Se evalúa periódicamente el cumplimiento ergonómico del área de trabajo? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Requisitos generales</i> | 17. ¿Se permite al trabajador ajustar la altura de la superficie de trabajo? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 75,00% |
| | 18. ¿Se consideran los efectos del equipo de protección personal en el diseño del puesto? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Recomendaciones generales relativas a la visión.</i> | 19. ¿La altura de la superficie de trabajo es adecuada a la tarea realizada? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 75,00% |
| | 20. ¿Se garantiza visibilidad adecuada de los elementos de trabajo? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 21. ¿Se proporciona iluminación adecuada para las tareas visuales generales? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 22. ¿Se proporciona iluminación adecuada para tareas visuales detalladas? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <i>Consideraciones sobre la postura.</i> | 23. ¿El diseño del puesto permite alternar entre posturas sentado y de pie? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| <i>Requisitos y recomendaciones relativos a la postura.</i> | 24. ¿Las estaciones de trabajo permiten realizar cambios posturales? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 16,67% |
| | 25. ¿Se evita la adopción de posturas forzadas o mantenidas prolongadamente? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 26. ¿Las sillas y superficies de trabajo son ajustables? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | | Total | 48% | | |

Apéndice 14. Resultados de aplicación “Matriz de cumplimiento INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación de los lugares de trabajo e INTE T124:2022 Iluminación en el

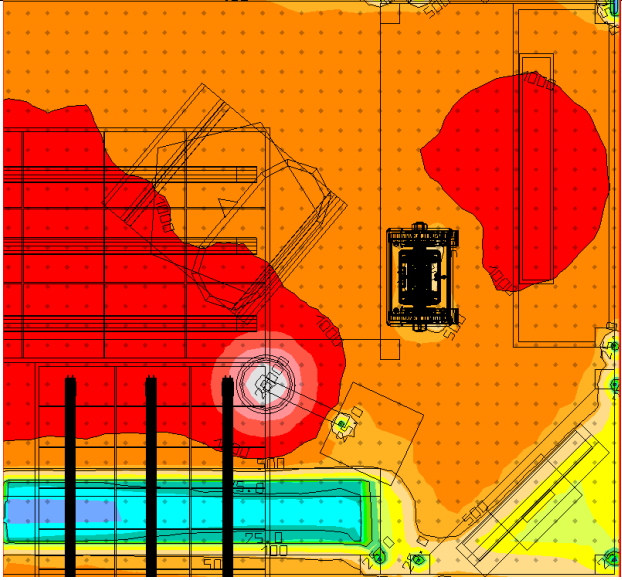
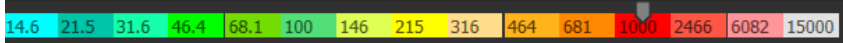
puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamientos de los puestos”

| TITULO | Requisito | Cumple (1 punto) | Parcialmente (0.5 puntos) | No cumple (0 puntos) | Nota por sección |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Entorno luminoso | 1. ¿La iluminación general del área de trabajo brinda comodidad visual a los ocupantes? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 83,33% |
| | 2. ¿Los trabajadores pueden realizar sus tareas sin esfuerzo visual evidente? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 3. ¿La iluminación permite identificar con claridad objetos y posibles riesgos en el entorno? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Distribución de las luminancias | 4. ¿No se presentan contrastes marcados de luz y sombra que puedan provocar fatiga visual? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 90,00% |
| | 5. ¿El techo tiene un color claro (como blanco o beige claro), sin acabados brillantes? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 6. ¿Las paredes tienen colores claros o intermedios, sin ser excesivamente oscuros ni brillantes? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 7. ¿Las superficies de trabajo tienen colores neutros o medios (gris, madera clara, beige)? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Iluminancia | 8. ¿El piso tiene un acabado mate o semimate en tonos oscuros o medios? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| | 9. ¿Es suficiente el nivel de iluminación disponible en el puesto para el tipo de tarea que realiza la persona trabajadora? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 10. ¿Las áreas de trabajo continuo tienen una iluminación claramente superior a las zonas de paso? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 11. ¿No hay cambios bruscos de luz entre el área de trabajo y su entorno inmediato? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 12. ¿La iluminación es uniforme, sin zonas oscuras o excesivamente brillantes? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Deslumbramiento | 13. ¿Es suficiente el nivel de iluminación en las zonas de paso? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 62,50% |
| | 14. ¿La iluminación es uniforme, sin diferencias marcadas de luminancia entre los elementos del puesto de trabajo? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 15. ¿Las fuentes de luz (naturales o artificiales) están dispuestas de forma que no generen molestias visuales directas ni deslumbramiento en el campo visual del trabajador? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 16. ¿Se evita la presencia de reflejos molestos en superficies brillantes, pantallas, superficies de trabajo y otras áreas del entorno visual? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Direccionalidad | 17. ¿La ubicación y orientación de las luminarias evita la generación de reflejos sobre las superficies de trabajo? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 62,50% |
| | 18. ¿Se identifican y controlan otros elementos (además de luminarias y ventanas) que puedan causar deslumbramiento o molestias visuales? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | 19. ¿La iluminación resalta adecuadamente las formas y texturas en el entorno? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 20. ¿Las sombras proyectadas son suaves y no generan confusión visual? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Aspectos de color | 21. ¿Se utiliza iluminación dirigida en tareas que requieren ver detalles finos? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 75,00% |
| | 22. ¿La dirección de la luz favorece la visibilidad sin generar sombras molestas? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 23. ¿La apariencia de color de la luz (temperatura de color) es adecuada al clima y al entorno del área de trabajo? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 24. ¿La iluminación existente permite una percepción de los colores suficiente para el tipo de tarea realizada? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Luz natural | 25. ¿Se dispone de documentación técnica que respalde la selección de las lámparas instaladas (Ra, Tcp)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 33,33% |
| | 26. ¿Existe un buen contraste entre los elementos visualizados y el fondo sobre el que se observan? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 27. ¿El área cuenta con acceso a luz natural mediante ventanas laterales, tragaluces u otros elementos? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Mantenimiento | 28. ¿Las ventanas permiten contacto visual con el exterior, favoreciendo el bienestar de los ocupantes? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 62,50% |
| | 29. ¿No hay deslumbramiento ni sombras duras causadas por el sol? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 30. ¿Las luminarias y lámparas están limpias y en buen estado? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Iluminación de lugares de trabajo equipados con pantallas de visualización de datos PVD (y otras pantallas de visualización) | 31. ¿Existe un programa de mantenimiento y limpieza periódica del sistema de iluminación artificial? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 100,00% |
| | 32. ¿No hay lámparas quemadas o dañadas? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 33. ¿No hay luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Parpadeo y efecto estroboscópico | 34. ¿La iluminación permite ver claramente pantallas, documentos y teclados? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50,00% |
| | 35. ¿Las luminarias están ubicadas fuera del ángulo de visión directa hacia la pantalla? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 36. En caso de uso de pantallas de visualización, ¿el nivel de iluminación no es excesivamente alto? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Campo Visual | 37. ¿La luz se mantiene estable y sin parpadeos visibles? | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 83,33% |
| | 38. ¿La iluminación evita la percepción de efectos estroboscópicos al observar elementos giratorios o en movimiento? | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | 39. ¿Los trabajadores no han reportado molestias visuales o dolores de cabeza? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Campo Visual | 40. ¿Los elementos visualizados con frecuencia están ubicados dentro de los límites ergonómicos del campo visual (horizontal y vertical)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 83,33% |
| | 41. ¿El campo visual está libre de obstáculos que dificulten la visualización de la tarea? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| Total | | | 63% | | |

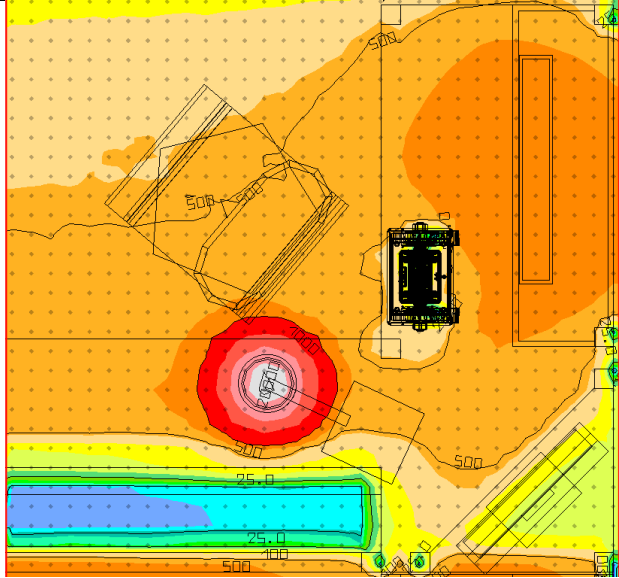
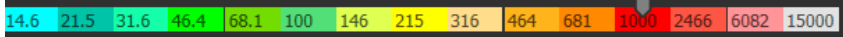
Apéndice 15. Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 4300

| | | | |
|---|--|----------------------------|-----------------------|
| Identificación de la Estación | Estación 4300 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis E nominal (lux) | Pantalla 328 | Microscopio 1156 | Esmeril 569 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | No Cumple | Cumple | No cumple |

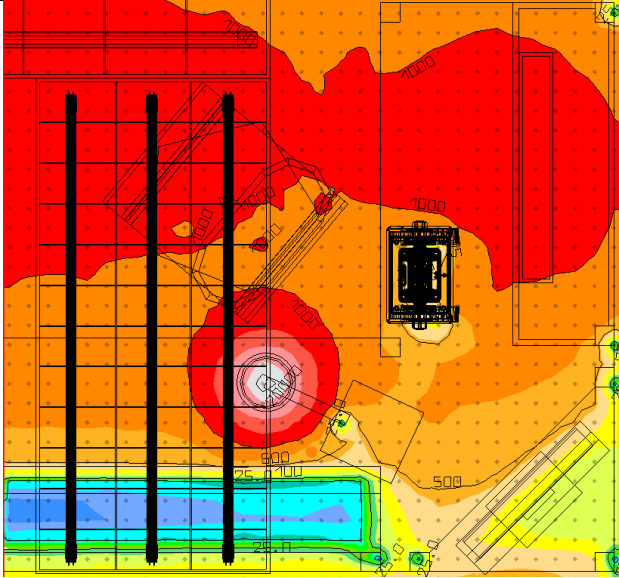
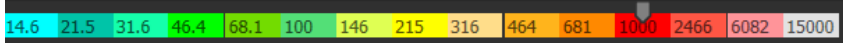
Apéndice 16. Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 1740

| | | | |
|--|--|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1740 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 633 | 2400 | 680 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | No cumple |

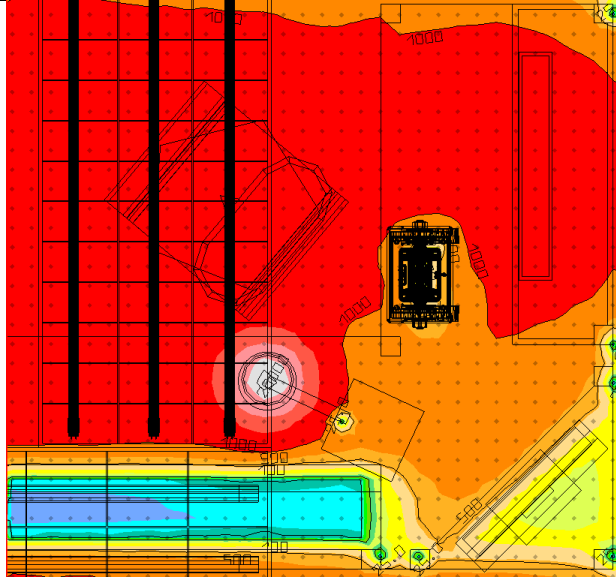
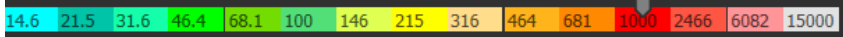
Apéndice 17. Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 1597

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1597 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 515 | 1450 | 465 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | No Cumple |

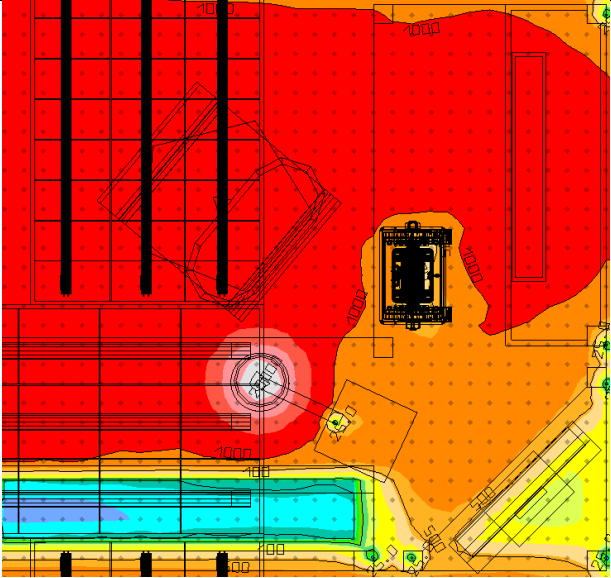
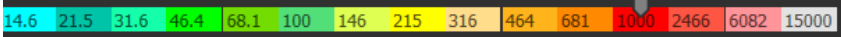
Apéndice 18. Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 1702

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1702 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 518 | 1804 | 612 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | No Cumple |

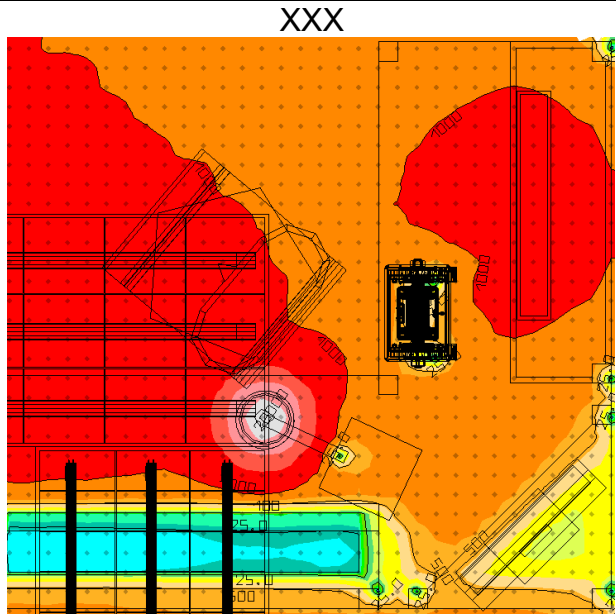
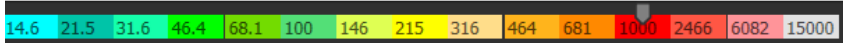
Apéndice 19.Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 1511

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1511 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 649 | 2500 | 705 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | No Cumple |

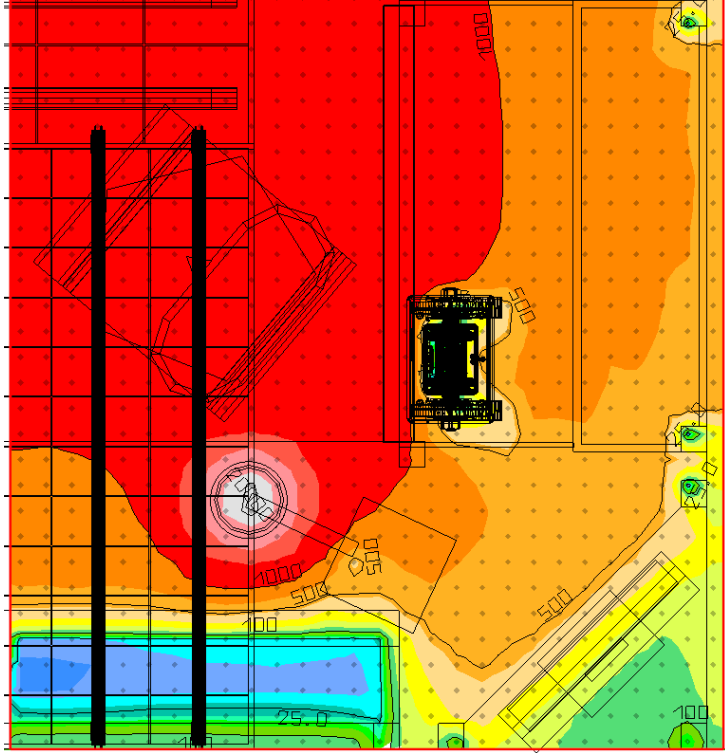

Apéndice 20. Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 2089

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 2089 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 657 | 2490 | 681 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | No Cumple |

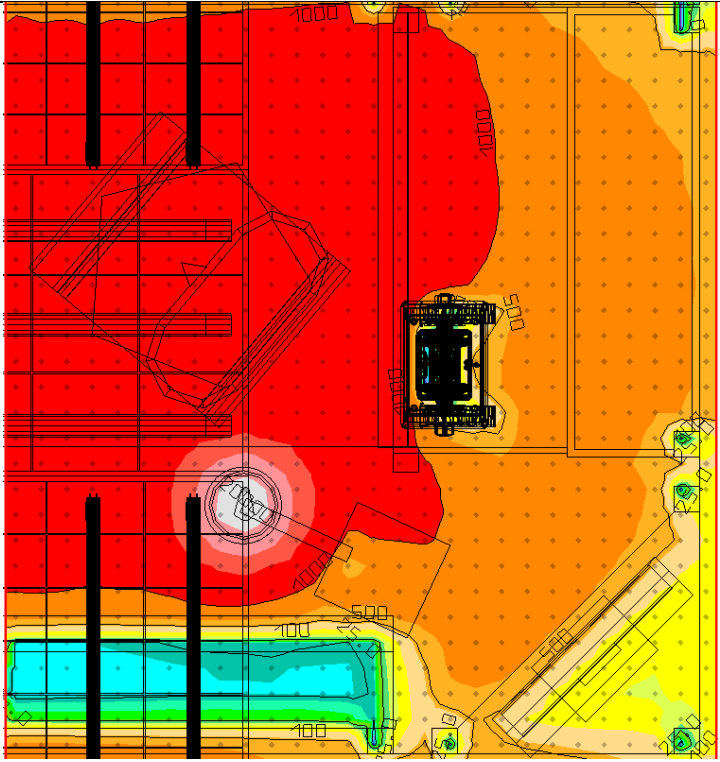

Apéndice 21.Resultados de análisis de simulación DIALux en estación 2091

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 2091 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 460 | 2220 | 474 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | No Cumple | Cumple | No Cumple |

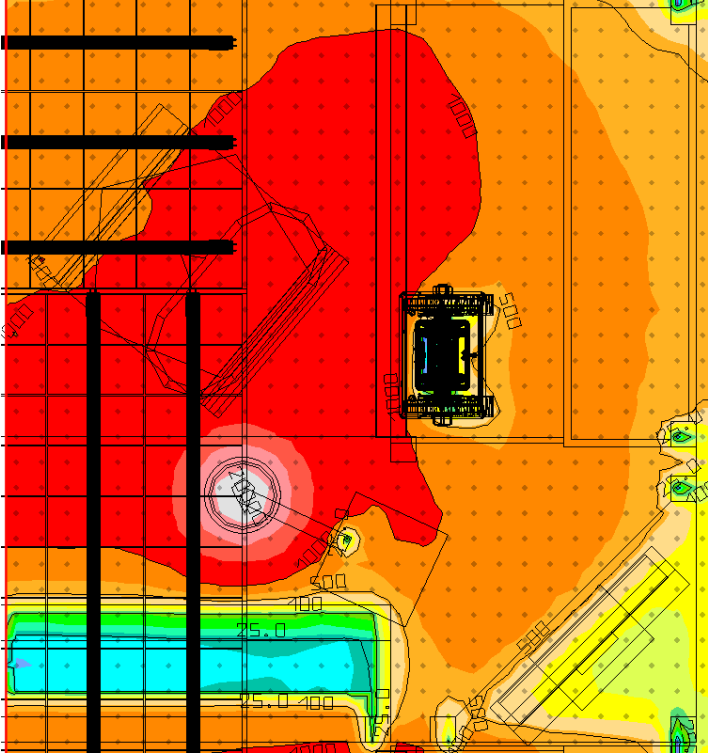

Apéndice 22. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 4300

| | | | |
|--|---|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 4300 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 510 | 5353 | 1214 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | Cumple |

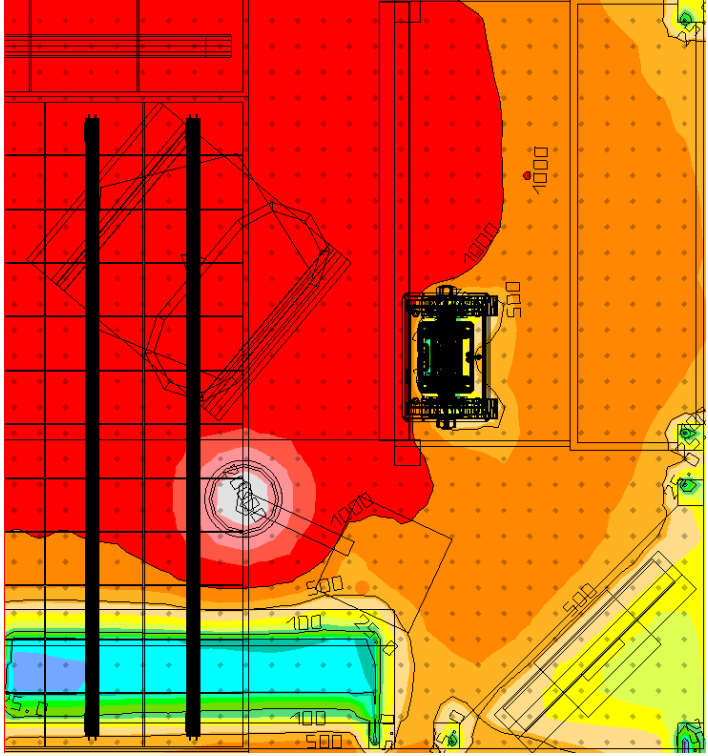

Apéndice 23.Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 1740

| | | | |
|---|--|---------------------------|-----------------------|
| <p>Identificación de la Estación</p> | <p>Estación 1740</p> | | |
| <p>Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo.</p> |  | | |
| <p>Escala de Colores Falsos</p> | <p>Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)</p>  | | |
| <p>Punto de análisis</p> | <p>Pantalla</p> | <p>Microscopio</p> | <p>Esmeril</p> |
| <p>E nominal (lux)</p> | <p>649</p> | <p>5604</p> | <p>1390</p> |
| <p>Especificación de E nominal (lux)</p> | <p>> 500 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> |
| <p>¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016?</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> |

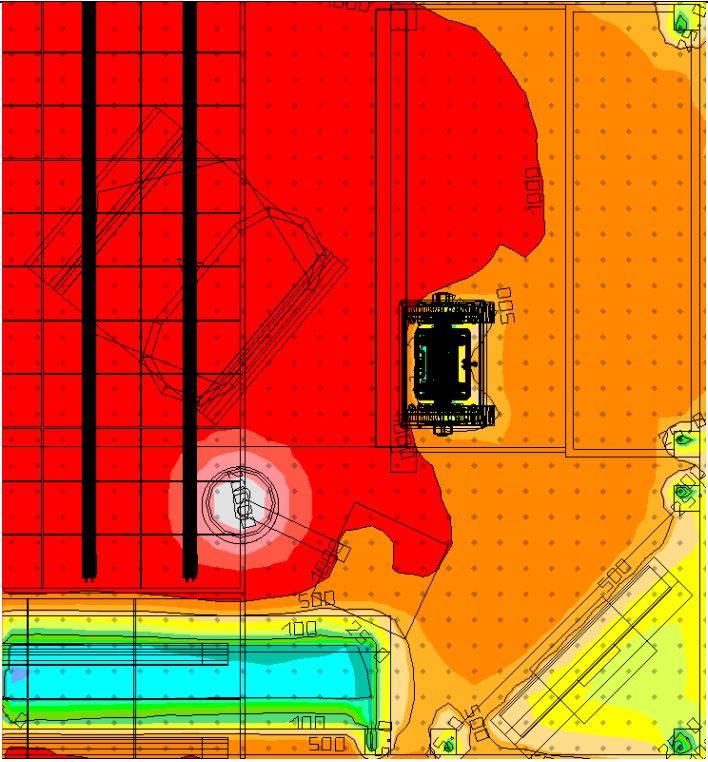

Apéndice 24. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 1597

| | | | |
|--|--|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1597 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal) | | |
| |  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 575 | 8150 | 1198 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | Cumple |

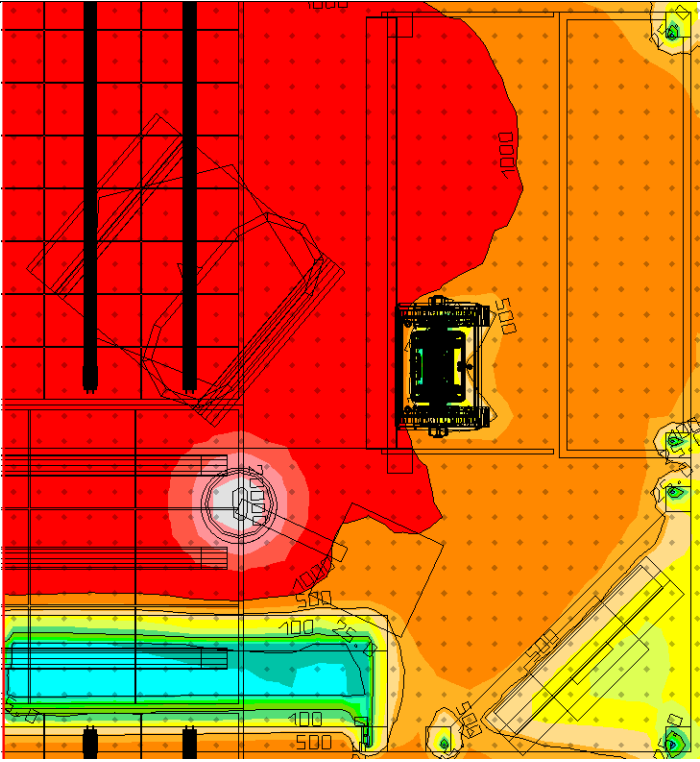

Apéndice 25. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 1702

| | | | |
|--|--|--------------------|----------------|
| Identificación de la Estación | Estación 1702 | | |
| Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo. |  | | |
| Escala de Colores Falsos | Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal) | | |
| |  | | |
| Punto de análisis | Pantalla | Microscopio | Esmeril |
| E nominal (lux) | 620 | 5532 | 1304 |
| Especificación de E nominal (lux) | > 500 Lux | > 750 Lux | > 750 Lux |
| ¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016? | Cumple | Cumple | Cumple |

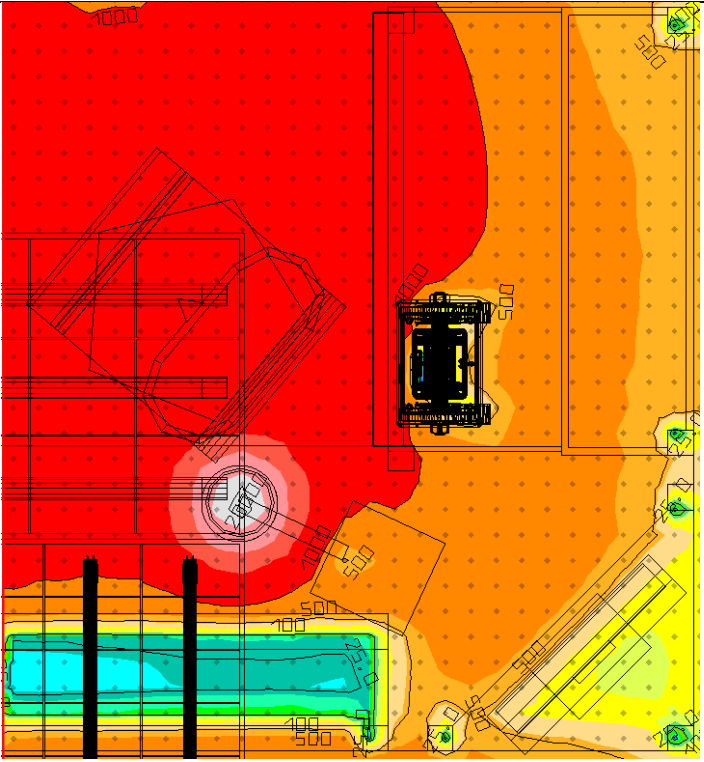

Apéndice 26. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 1511

| | | | |
|---|--|---------------------------|-----------------------|
| <p>Identificación de la Estación</p> | <p>Estación 1511</p> | | |
| <p>Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo.</p> |  | | |
| <p>Escala de Colores Falsos</p> | <p>Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)</p>  | | |
| <p>Punto de análisis</p> | <p>Pantalla</p> | <p>Microscopio</p> | <p>Esmeril</p> |
| <p>E nominal (lux)</p> | <p>670</p> | <p>5802</p> | <p>1503</p> |
| <p>Especificación de E nominal (lux)</p> | <p>> 500 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> |
| <p>¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016?</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> |

Apéndice 27. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 2089


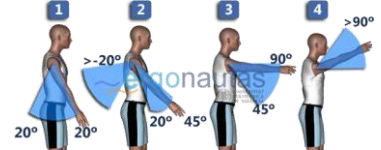

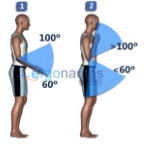

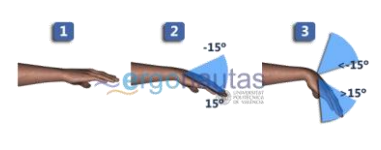


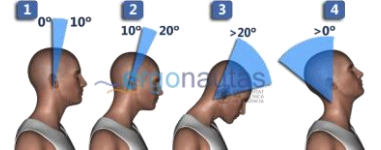

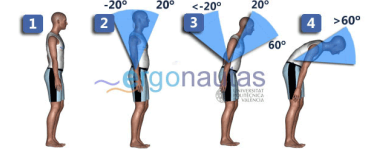


| | | | |
|---|--|---------------------------|-----------------------|
| <p>Identificación de la Estación</p> | <p>Estación 2089</p> | | |
| <p>Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo.</p> |  | | |
| <p>Escala de Colores Falsos</p> | <p>Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)</p>  | | |
| <p>Punto de análisis</p> | <p>Pantalla</p> | <p>Microscopio</p> | <p>Esmeril</p> |
| <p>E nominal (lux)</p> | <p>681</p> | <p>5759</p> | <p>1361</p> |
| <p>Especificación de E nominal (lux)</p> | <p>> 500 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> |
| <p>¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016?</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> |

Apéndice 28. Simulación DIALux con solución ingenieril implementada estación 2091

| | | | |
|---|--|---------------------------|-----------------------|
| <p>Identificación de la Estación</p> | <p>Estación 2091</p> | | |
| <p>Simulación: Área de trabajo (Principal área de estudio) en estación de trabajo.</p> |  | | |
| <p>Escala de Colores Falsos</p> | <p>Intensidad lumínica horizontal nominal (E nominal)</p>  | | |
| <p>Punto de análisis</p> | <p>Pantalla</p> | <p>Microscopio</p> | <p>Esmeril</p> |
| <p>E nominal (lux)</p> | <p>574</p> | <p>5290</p> | <p>1301</p> |
| <p>Especificación de E nominal (lux)</p> | <p>> 500 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> | <p>> 750 Lux</p> |
| <p>¿Cumple con la Normativa INTE/ISO 8995-1:2016?</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> | <p>Cumple</p> |

X. Anexos

Anexo 1. Ayuda visual del método RULA del sitio web de Ergonautas

| Grupo del cuerpo | Zona | Puntuación inicial | Modificación | Giro |
|---|-----------|---|--|---|
| <p>Grupo A Brazo Antebrazo Muñeca</p> <p>Grupo B Cuello Tronco Piernas</p>  | Brazo |  |  | |
| | Antebrazo |  |  | |
| | Muñeca |  |  |  |
| | Cuello |  |  | |
| | Tronco |  |  | |
| | Piernas |  | | |