

## EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LA LABOR DE OPERADOR DE TALLER DE MAESTRANZA DE UNA FUNDICIÓN

*Ergonomic evaluation of mastranza workshop operator of a foundry*

Hugo Cermeño Dextre<sup>1</sup>

### Resumen

El presente estudio identifica y evalúa los riesgos ergonómicos así como también propone recomendaciones para mejorar las condiciones laborales en términos de seguridad, salud y productividad, del puesto de trabajo de operario de taller de mastranza, específicamente en la labor de torneado y escoplado de piezas metálicas. Se aplicó una lista de chequeo inicial para identificar los principales factores de riesgos. Para la evaluación de la carga organizacional se realizó un estudio de tiempo de las actividades. Para la carga física, se realizaron estudios antropométricos en los trabajadores, se midieron las áreas de trabajo, se realizaron mediciones de la carga cardiovascular y se aplicó el método RULA. Las cargas psicosocial y mental, se evaluaron con la encuesta SUSES-ISTAS 21 y el test de NASA TLX respectivamente. En cuanto al ambiente físico, se realizó una evaluación de iluminación en el lugar de trabajo. Se concluye que la actividad de torneado y escoplado de piezas metálicas demandan un esfuerzo físico de intensidad moderada. En cuanto a los factores psicosociales los resultados indican que el trabajo impone baja exigencia mental, existe un inadecuado reconocimiento social, existe inseguridad sobre el futuro y también problemas por doble presencia.

**Palabras clave:** Torneado y escoplado, riesgos ergonómicos, estudio de tiempo, carga cardiovascular.

### Abstract

The present study identifies and evaluates ergonomic risks as well as proposes recommendations to improve working conditions in terms of safety, health and productivity, of the workstation of a

---

<sup>1</sup> Doe Run Perú, La Oroya – Junin Perú - Av. Horacio Zevallos Gámez s/n La Oroya (Código postal 12576) [hugocermeno@hotmail.com](mailto:hugocermeno@hotmail.com)

workshop operator, specifically in the work of turning and slashing metal parts . An initial checklist was applied to identify the main risk factors. For the evaluation of the organizational load, a time study of the activities was carried out. For the physical load, anthropometric studies were performed on the workers, the work areas were measured, cardiovascular load measurements were made and the RULA method was applied. The psychosocial and mental burdens were evaluated with the SUSESO-ISTAS 21 survey and the NASA TLX test respectively. Regarding the physical environment, an evaluation of lighting in the workplace was carried out. It is concluded that the activity of turning and slashing of metal parts demands a physical effort of moderate intensity. Regarding psychosocial factors, the results indicate that the work imposes a low mental requirement, there is an inadequate social recognition, there is insecurity about the future and also problems due to double presence.

**Keywords:** Turning and slashing, ergonomics risk, time study, cardiovascular load.

Fecha recepción: 02/07/2019 Fecha revisión: 12/07/2019 Fecha aceptación: 26/07/2019

## **Introducción**

Los talleres de maestranza en la industria metalúrgica son de vital importancia para la continuidad operativa del proceso de fundición, siendo una labor que requiere de personal capacitado y con una condición física adecuada.

Los talleres de maestranza en las operaciones metalúrgicas requieren puestos de trabajo adecuadamente diseñados que permitan una buena productividad, cuidando la salud y la seguridad de los trabajadores. Los diseños inadecuados ocasionan alteraciones en la salud, principalmente desórdenes osteomusculares relacionados al trabajo (DOMRT).

El objetivo de este trabajo es identificar y evaluar los factores ergonómicos presentes en el puesto de trabajo de operario del taller de maestranza, en las actividades de torneado y escoplado de piezas metálicas, para proponer recomendaciones que mejoren las condiciones laborales.

## **Materiales y métodos**

Se aplicó una lista de chequeo de detección de riesgos ergonómicos del puesto de trabajo. Este instrumento de observación incluyó cinco categorías.

Una vez levantados los riesgos, se realizó una discusión con los trabajadores, donde se debatió sobre los riesgos detectados en la aplicación de la lista de chequeo. Para esto se utilizó como guía la estrategia SOBANE (Malchaire J., 2012) (en su fase de diagnóstico precoz) de ergonomía participativa.

En base a los principales riesgos detectados en la observación, entrevista y debate de grupo, se realizó un estudio de tiempo mediante un cronometraje continuo de los subsistemas correspondientes a las actividades de torneado y escoplado de piezas metálicas. Se realizaron dos tomas de tiempo, en cada una de las dos actividades, desde el inicio al final. Además utilizando un cardiófrecuenciómetro marca POLAR A300, se realizaron mediciones de la frecuencia cardíaca para posteriormente calcular el porcentaje de carga cardiovascular durante las actividades y, establecer si el trabajo es físicamente pesado o no (Superintendencia de Pensiones. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Gobierno de Chile, 2010). Para determinar el porcentaje de carga cardiovascular, se tomó la frecuencia cardíaca en reposo y se calculó la frecuencia cardíaca máxima teórica utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Frecuencia cardíaca máxima teórica} = 220 - \text{edad.}$$

Se midieron las alturas de las manijas y de los controles de los equipos utilizados en el taller, para determinar si se encontraban a un alcance correcto. Así mismo, se realizaron mediciones de las plataformas de trabajo.

Se realizaron mediciones antropométricas a los trabajadores del área, con el objetivo de determinar, con estos datos, las alturas máximas y mínimas correctas de los controles y plataforma. Se midieron en bipedestación, la estatura y las distancias ojo suelo, hombro suelo, codo suelo y nudillo suelo.

Utilizando un luxómetro, se realizaron mediciones de los niveles de iluminación general en el taller y en cada uno de los equipos, para posteriormente determinar la uniformidad y verificar si se encontraba dentro de lo recomendado de acuerdo a los criterios establecidos en la legislación

Peruana según la Resolución Ministerial 375-2008-TR “Norma Básica de ergonomía y procedimientos de evaluación de riesgos disergonómicos”. Para realizar la evaluación se dividió el ambiente de trabajo de 77 por 35 metros, en cuadrantes cada 7 metros, y luego se realizaron las mediciones en el centro de cada uno. Se calculó el factor de uniformidad utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Uniformidad de iluminación} = \frac{\text{Iluminancia mínima medida}}{\text{Iluminancia media medida}}$$

El valor del factor de uniformidad obtenido debe ser mayor o igual 0.8.

Se realizó una evaluación postural durante las actividades de torneado y escoplado, por medio de los métodos RULA (Diego Mas, J. A., 2015a) (Rapid Upper Limb Assessment) y OWAS (Diego Mas, J. A., 2015b) (Ovako working analysis system), respectivamente (Ministerio de Salud. Gobierno de Chile, 2012).

Se aplicó el cuestionario sobre factores psicosociales SUSESO-ISTAS 21 versión breve (Superintendencia de Seguridad Social. Gobierno de Chile [SUSESO], 2018), donde participaron seis trabajadores. Dentro de los apartados considerados por este cuestionario se encuentran las dimensiones exigencias psicológicas, trabajo activo y desarrollo de habilidades, apoyo social en la empresa y calidad de liderazgo, compensaciones y doble presencia. Para cada apartado se incluyen las puntuaciones para las categorías de nivel de riesgo “bajo” “medio” y “alto”. Además, se evaluó la carga mental mediante el método NASA-TLX (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. España [INSHT], 2000).

## Resultados y discusión

### 1. Análisis del sistema de trabajo y estudio de tiempo

Para este análisis se separó el sistema general correspondiente al taller del maestranza, con sus dos subsistemas, los cuales están compuestos por las actividades de torneado y escoplado de piezas metálicas.

### Subsistema 1: Torneado de piezas metálicas

Por medio de entrevistas y observaciones se determinaron las actividades principales y secundarias. Se observó que las actividades principales son el torneado propiamente tal, el retiro y colocación de cuchillas y, la medición del diámetro de la pieza torneada. Las actividades secundarias corresponden a la coordinación para el desarrollo de otros trabajos, al lijado manual y con máquina, a la limpieza de piezas y a la acomodación de cuchillas. Se observó que existen tiempos de espera propios del proceso. Para esto, se tomaron los tiempos durante un ciclo de trabajo.

	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>%</b>
<b>Actividades principales</b>	Medición de diámetro y ajuste	38,5	<b>54.6</b>
	Torneado	65,3	
	Retiro y colocación de cuchillas	14,7	
<b>Actividades secundarias</b>	Acomodación de piezas a trabajar	0,4	<b>45.4</b>
	Acomodación de torreta de torno	2,9	
	Afilado de cuchilla	2,6	
	Ajuste de pernos	0,2	
	Coordinación e indicación para otros trabajos	69,6	
	Espera	0,3	
	Lijado de pieza con máquina	4,3	
	Lijado manual de pieza	11,8	
	Limpieza de pieza	2	
	Acomodación de cuchilla	4,5	
	<b>Total</b>	<b>217</b>	<b>100</b>

**Tabla 1.** Actividad de torneado.

## Subsistema 2: Escoplado de piezas metálicas

Las actividades principales corresponden al jalado y regreso de palanca y, las actividades secundarias a recoger herramientas y acomodación de cuchillas.

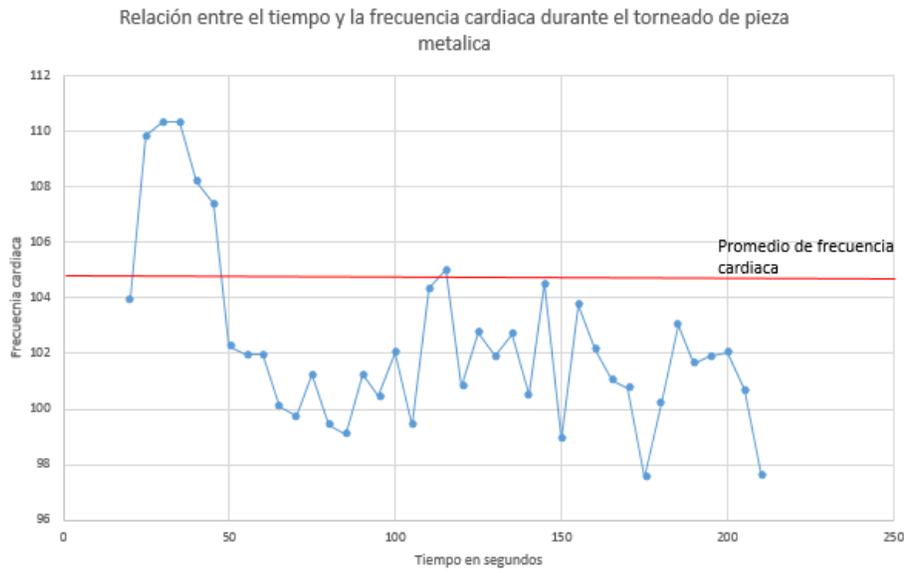
	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>%</b>
<b>Actividades principales</b>	Jalado de palanca	11,5	75.3
	Regreso de palanca	1,9	
<b>Actividades secundarias</b>	Recojo de herramientas	1,5	24.7
	Acomodo de cuchillas	2,9	
	<b>Total</b>	<b>17,8</b>	<b>100</b>

**Tabla 2.** Actividad de escoplado.

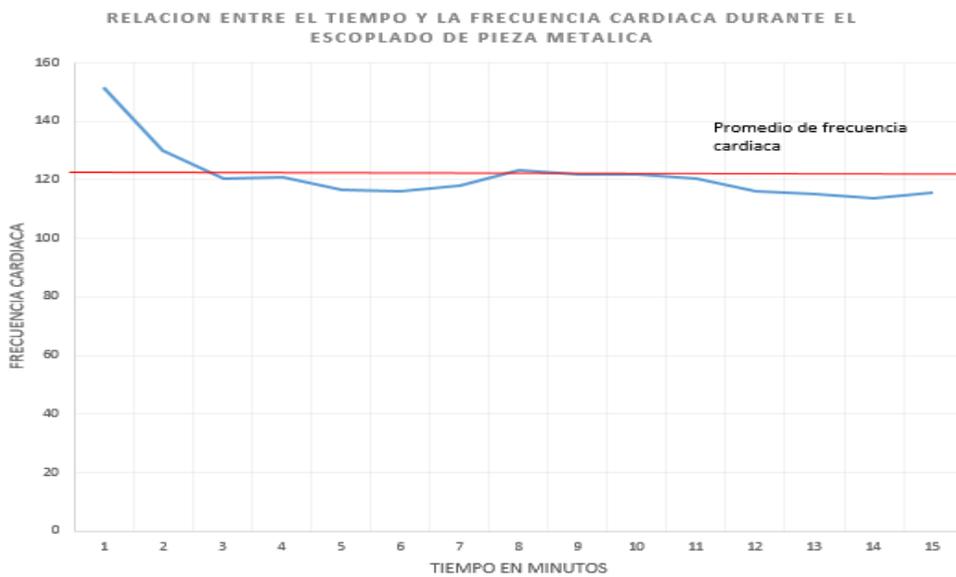
## 2. Carga física dinámica

El trabajador del puesto de trabajo evaluado tiene 52 años y una frecuencia cardíaca de reposo de 73 latidos por minuto. La frecuencia cardíaca máxima teórica de acuerdo a la edad es de 168 latidos por minuto.

La frecuencia cardíaca promedio, de acuerdo a mediciones cada 5 minutos durante la actividad de torneado, fue de 102 latidos por minuto, con una frecuencia cardíaca máxima de 110 latidos por minuto, y mínima de 98 latidos por minuto. El porcentaje de carga cardiovascular promedio de la actividad fue de 31 %. En base a estos resultados, la exigencia física de esta actividad es de moderada intensidad.



**Figura 1.** Comportamiento de la frecuencia cardíaca durante el torneado de pieza metálica.



**Figura 2.** Comportamiento de la frecuencia cardíaca durante el escoplado de pieza metálica.

### 3. Áreas, altura de trabajo y postura

**Dimensiones del puesto de trabajo en el torno.** Las dimensiones del taller permite un óptimo desplazamiento y una adecuada ejecución de la actividades de torneado, las cuáles son más bien estáticas. No obstante, se observó que las alturas de trabajo generan que se adopten posturas inadecuadas, producto de que las máquinas (tornos, fresadoras, cepilladoras y taladros) están construidas en base a estándares antropométricos anglosajones. La empresa intentó subsanar este inconveniente, habilitando una plataforma sobre el cual el trabajador se posiciona para realizar su labor. Estas plataformas fueron diseñadas empíricamente, ya que poseen diferentes alturas, al igual que las alturas mínimas y máximas de manijas y controles de cada una de las máquinas. En la tabla 3 se observa la medición de estos parámetros.

Máquina	Altura de plataforma (cm)	Altura máxima de controles (cm)	Altura mínima de controles (cm)
Torno vertical 0032	13	183	30
Torno 114	10	130	65
Torno 115 (nuevo)	20	150	70
Escoplo 138	0	170	130

**Tabla 3.** Alturas de plataforma y de controles.

**Antropometría.** Los resultados de las mediciones antropométricas realizadas a los trabajadores del área, se muestran en la tabla 4.

	Estatura (cm)	Ojo suelo (cm)	Hombro suelo (cm)	Codo suelo (cm)	Nudillo suelo (cm)
Promedio	163.83	152.42	135.92	101.58	72.17
Desviación estándar	3.06	2.76	2.62	1.91	2.21
Percentil 5	160	149	135.5	101	69.5
Percentil 95	168	155.5	139	104	75.5

**Tabla 4.** Mediciones antropométricas.

Considerando el análisis antropométrico, las manijas y controles de las máquinas deben ubicarse a una altura que se encuentre entre la altura hombro suelo del percentil 5 y, nudillo suelo del percentil 95, esto es entre 135,5 cm y 75,5 cm. Esto permite que todos los trabajadores del área, al manipular estos elementos, adopten posturas en ángulos de confort.



**Figura 3.** Postura de trabajo en zona de torneado.



**Figura 4.** Postura de trabajo en zona de escoplado.

**Evaluación postural de torneado.** De acuerdo a la evaluación por medio del método RULA (Diego Mas, J. A., 2015a), se encontró sobrecarga postural a nivel de la extremidad superior, inferior, cuello y tronco. Para esta evaluación, se consideró la postura de trabajo más crítica, adoptada durante la medición de diámetro de pieza metálica.



**Figura 5.** Ángulo del tronco durante la medición de diámetro de pieza metálica.



**Figura 6.** Ángulo del miembro superior durante la medición de diámetro de pieza metálica.

- **Puntaje extremidad superior:** Hombro 4 (flexión sobre 45°), codo 3 (desviación lateral), muñeca 2 (desviación cubital), giro de muñeca 2. Puntaje total 5, no suma puntos por tiempo y peso.
- **Puntaje tronco:** Cuello 2, tronco 4 (flexión de tronco con rotación e inclinación de este), extremidad inferior 1. Puntaje total 6, no suman puntos por tiempo y peso.
- **Puntaje final y resultado:** 7. Se requiere estudiar e intervenir inmediatamente.

**Evaluación postural del escoplado.** De acuerdo a la evaluación por medio del método OWAS (Diego Mas, J. A., 2015b), se encontró sobrecarga postural a nivel de tronco, miembros superiores y miembros inferiores. Para esta evaluación, se consideró la postura de trabajo más crítica, adoptada durante el jalado de palanca del escoplo.

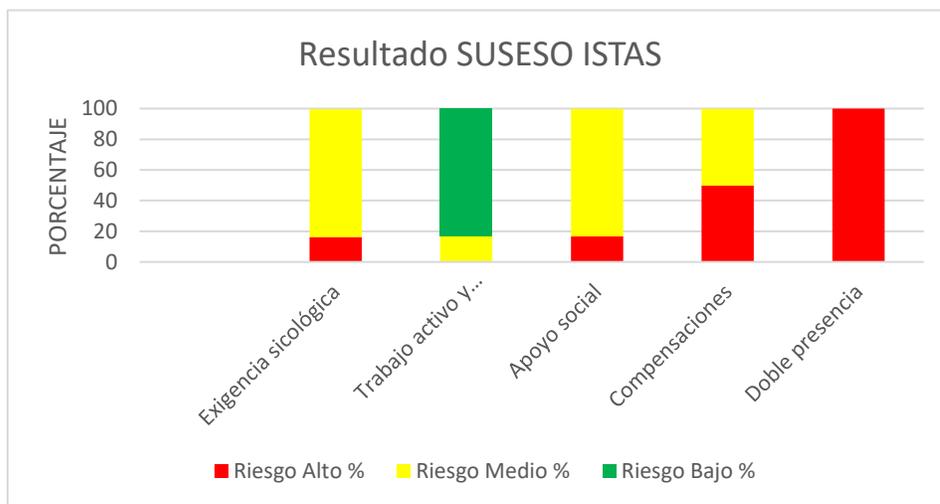


**Figura 7.** Postura durante el jalado de palanca del escoplo.

- **Calificación de espalda:** 3. Espalda rectilínea con torsión lateral.
- **Calificación de brazos:** 3. Ambos brazos por encima del nivel de hombros.
- **Calificación de piernas:** 4. De pie con ambas piernas flexionadas.
- **Calificación de peso/fuerza:** 2. Peso entre 10 y 20 kg.
- **Calificación final y resultado:** 3342. Intervenir inmediatamente.

#### 4. Aplicación de cuestionario psicosocial SUSESO ISTAS 21 versión breve

Los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario, evidencian que el principal problema en relación a los factores psicosociales, deriva de la dimensión doble presencia, en la cual todos los trabajadores se encuentran en un nivel de riesgo alto. En el tópicos de compensaciones se observó que, en el 50% de los trabajadores existe incertidumbre o preocupación con respecto a la continuidad laboral y al reconocimiento de su desempeño, con una calificación de riesgo en un nivel alto; el otro 50% se encuentra en un nivel de riesgo moderado. En los tópicos de apoyo social y exigencias psicológicas, el 16.6% de los trabajadores se encuentran en un nivel de riesgo alto y el 83,4% presentan un nivel de riesgo moderado.



**Figura 8.** Resultados SUSESO ISTAS 21 del taller de maestranza.

## 5. Aplicación del Test NASA TLX

Se aplicó el test NASA TLX (INSHT, 2000) para determinar el nivel de carga mental de cada uno de los seis trabajadores. Los resultados se muestran en la tabla 5.

ID	Demanda mental	Peso	Demanda física	Peso	Demanda temporal	Peso	Desempeño	Peso	Esfuerzo	Peso	Frustración	Peso	Puntuación ponderada	Índice global de carga mental
1	90	5	85	1	90	4	95	3	90	2	40	0	<b>1360</b>	<b>90.67</b>
2	95	4	75	1	75	4	95	4	85	1	60	1	<b>1280</b>	<b>85.33</b>
3	90	5	75	1	75	5	85	3	90	0	25	1	<b>1180</b>	<b>78.67</b>
4	80	5	70	1	75	4	90	3	85	2	40	0	<b>1210</b>	<b>80.67</b>
5	80	4	80	1	90	4	95	4	75	2	50	0	<b>1290</b>	<b>86</b>
6	90	5	80	2	85	3	90	3	90	1	50	1	<b>1275</b>	<b>85</b>

**Tabla 5.** Resultados test NASA TLX.

De acuerdo a los resultados, se observa que las puntuaciones ponderadas obtenidas son mayores a 1000. Esto significa que la carga mental se encuentra en un nivel alto.

## 6. Iluminación

Se midieron los niveles de iluminación en las zonas específicas de trabajo, tomando como referencia la Resolución Ministerial 375-2008-TR “Norma básica de Ergonomía” de Perú y, las normas y procedimientos de luxometría. Además se determinó el factor de uniformidad.

En la tabla 6 se observan los resultados de la medición de los niveles de iluminación.

Lugar de trabajo	Nivel de iluminación
Torno Vertical 0032	590 lux
Torno 114	560 lux
Torno 115 (nuevo)	760 lux
Escoplo 138	1100 lux

**Tabla 6.** Resultados iluminación.

Se evidencian distintos niveles de iluminación en las zonas de trabajo. Al respecto, la deficiente iluminación específica es debido a las luminarias malogradas y, a las inadecuadas luminarias usadas, ya que no son para ese tipo de trabajo (son para alumbrado semidirecto, debiendo ser para alumbrado directo). También influye la mala ubicación de estas luminarias.

En cuanto a la uniformidad, la iluminación no se encuentra uniformemente distribuida. A continuación se observa el cálculo del factor de uniformidad:

$$\text{Factor de uniformidad} = \frac{170}{927.63} = 0.18$$

En la figura 9 se observa layout de las mediciones de iluminación.

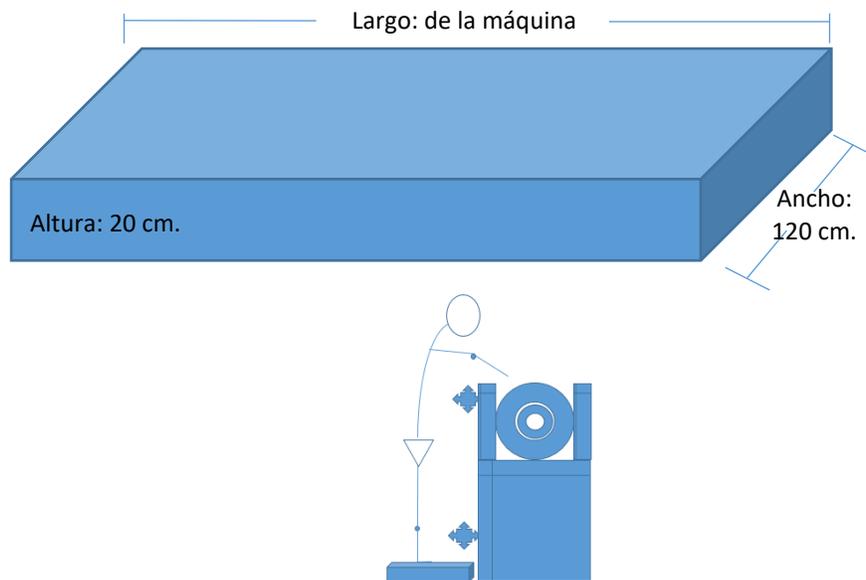


**Figura 9.** Layout mediciones de iluminación.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados de las evaluaciones realizadas al puesto de trabajo de operario de taller de maestranza, se concluye lo siguiente:

Las actividades desarrolladas en el taller de maestranza condicionan lesiones osteomusculares derivadas de la adopción de posturas estáticas en bipedestación. Durante la actividad de torneado, el trabajador adopta posturas estáticas asociadas a flexión y rotación de tronco durante la manipulación de controles, ubicados por debajo del nivel de la columna lumbar. Para mejorar esta condición, se recomienda fomentar la variabilidad de tareas de manera de alternar actividades estáticas con actividades dinámicas. Además, se propone que las plataformas de trabajo se estandaricen de acuerdo a las características antropométricas de los usuarios. De acuerdo a los resultados del estudio antropométrico, la altura mínima ideal de la plataforma de trabajo, sin obstaculizar el uso de manijas de control, debe ser de 20 cm. Esta altura permite tener un mejor acceso a los elementos del torno y manijas de control que se encuentran elevadas, ya que la altura máxima es de 185 cm, lo que está al alcance del trabajador de menor talla (160 cm). En la figura 10 se esquematiza diseño de la plataforma propuesta.



**Figura 10.** Diseño de plataforma propuesta.

La plataforma de trabajo debe ser una estructura de madera lisa, sin espacios, resistente, y de preferencia poseer una superficie antideslizante, por derrames de aceites y refrigerante, similar a la que se muestra en la figura 11.



**Figura 11.** Prototipo de plataforma de madera.

En el escoplado de piezas metálicas se observa sobreesfuerzo en miembros superiores y posturas forzadas, lo que condiciona a lesiones del sistema musculo esquelético. Es necesario estudiar y analizar la factibilidad de mecanización del jalado de palanca, sub actividad que demanda más esfuerzo. Además, se recomienda implementar un programa de acondicionamiento físico antes del trabajo, que involucre ejercicios activos libres, e instaurar pausas o periodos de descansos programados durante el desarrollo de las actividades de una duración de 5 minutos por cada hora de trabajo.

El puesto de trabajo del operador de taller de maestranza desde el punto de vista dinámico, demanda un esfuerzo físico de moderada intensidad, encontrándose el porcentaje de carga cardiovascular promedio de la jornada de 8 horas, por debajo del 40% de carga cardiovascular. Ahora, al análisis individual, la actividad de escoplado es pesada desde el punto de vista dinámico, por lo que es necesario una intervención enfocada en dicha actividad.

El diseño y la elaboración de piezas metálicas al detalle y milimétricamente exactas, requiere mantener ciertos niveles de atención, concentración y precisión. Al respecto, se observó que existen procedimientos y estándares de trabajos claros y precisos.

El factor ambiental más crítico lo constituye la iluminación, el cual debe estandarizarse de acuerdo a las normas y reglamentos requeridos por ley. De acuerdo a esto, se recomienda mejorar la iluminación general del taller, de manera que sea uniforme y otorgue una iluminancia de 1500 lux, necesaria para el desarrollo de trabajo de alta precisión y exactitud. Además, se propone implementar luminarias que provean de iluminación directa en el lugar de trabajo.

Por la situación empresarial, existe preocupación por parte de los trabajadores en relación a su continuidad laboral, debido a una reducción de sus remuneraciones. Por otra parte, existe doble presencia asociada a la preocupación por el bienestar familiar, y los trabajadores no perciben incentivos ni estímulos de parte de la empresa. Por esto, es importante instaurar un mecanismo de reconocimiento hacia los trabajadores por parte de la organización, pese a las dificultades empresariales, para fomentar la motivación y mejorar el ambiente laboral.

Se propone llevar a cabo un estudio ergonómico más detallado según los principales hallazgos de este estudio, enfocado en la mejora de las condiciones de trabajo relacionadas con los factores organizacionales, físicos, mentales, y psicosociales.

## Referencias

- Diego Mas, J. A. (2015a). *Evaluación postural mediante el método RULA*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible online en <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Diego Mas, J. A. (2015b). *Evaluación postural mediante el método OWAS*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible online en <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España (INSHT, 2000). *NTP 544: Estimación de la carga mental de trabajo: El método NASA TLX*. Recuperado de [https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_544.pdf](https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_544.pdf)

- Malchaire J. (2012). La Estrategia SOBANE y la Guía Déparis para la Gestión Participativa de los Riesgos Ocupacionales. *Ciencia y trabajo* 14 (43): 112-119. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/262541583> La estrategia SOBANE y la guía Déparis para la gestión participativa de los riesgos ocupacionales
- Ministerio de Salud. Gobierno de Chile (2012). *Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT), extremidades superiores.* Recuperado <https://www.minsal.cl/portal/url/item/cbb583883dbc1e79e040010165014f3c.pdf>
- Resolución Ministerial N° 375-2008-TR. Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 28 de noviembre de 2008.
- Superintendencia de Pensiones. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Gobierno de Chile (2010). Guía técnica para la evaluación del trabajo pesado. Recuperado de [https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/articles-12791\\_guia\\_tecnica\\_evaluacion.pdf](https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/articles-12791_guia_tecnica_evaluacion.pdf)
- Superintendencia de Seguridad Social. Gobierno de Chile (SUSESO, 2018). *Cuestionario de evaluación de riesgos psicosociales en el trabajo SUSESO/ISTAS 21.* Recuperado de <https://www.suseso.cl/606/w3-article-19640.html>