

Jornada de presentación de la Guía de generación de criterios ergonómicos de diseño con enfoque de género de máquinas-herramientas en el sector de la cerámica



GENERALITAT
VALENCIANA

Conselleria de Educación, Cultura,
Universidades y Empleo

ASCER

Asociación Española
de Fabricantes de Azulejos
y Pavimentos Cerámicos

Con la colaboración de:



INSTITUTO DE
BIOMECÁNICA
DE VALENCIA

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. EL PROYECTO	4
3. CRITERIOS PARA EL DISEÑO ERGONÓMICO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS CON ENFOQUE DE GÉNERO.	5
3.1 Altura de trabajo y acceso a las máquinas.	6
3.2 Áreas de alcance y espacio para los brazos	7
3.3 Espacio para las piernas y los pies.	9
3.4 Espacio previsto para el acceso de determinadas partes del cuerpo	10
3.5 Mandos y controles	12
3.6 Esfuerzos.	14
4. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO/COMPRA DE HERRAMIENTAS.	16
5. FICHAS	17
Ficha 1: Clasificadora	18
Ficha 2: Esmaltadora	28
BIBLIOGRAFÍA	21

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a las empresas y personas trabajadoras que han participado en el estudio.

1. Introducción

En la Comunitat Valenciana, el sector de azulejos y pavimentos cerámicos constituye un eje industrial de referencia, con alta concentración productiva en Castellón y una cadena de valor extendida por todo el territorio. Se trata de un sector con elevada exposición a factores de riesgo ergonómico y a sobrecargas físicas en numerosos puestos. Esta exposición se traduce en sobreesfuerzos, que constituyen la principal causa de aparición de trastornos musculoesqueléticos (TME), lo que se refleja de forma significativa en la siniestralidad por accidentes de trabajo con baja. A la vista de estos datos, resulta patente la importancia de formular recomendaciones que permitan mitigar los efectos de esta realidad sectorial.

En el sector de azulejos y pavimentos cerámicos la presencia femenina sigue siendo minoritaria y se concentra, en buena medida, fuera de los puestos de producción. Tanto para garantizar que los equipos y las condiciones de trabajo sean seguros para toda la plantilla, con independencia del sexo, como para contribuir a revertir esta segregación y favorecer una mayor incorporación de mujeres en los procesos productivos, resulta esencial integrar el enfoque de género en el diseño de máquinas-herramientas y en la gestión preventiva. Este enfoque permite adaptar los puestos a la variabilidad de las personas y consolidar un entorno de trabajo más inclusivo y eficiente.

Tradicionalmente, los entornos de trabajo, los equipos y muchas soluciones preventivas se han concebido tomando como patrón de referencia al hombre adulto. Ese enfoque androcéntrico ha tendido a dejar insuficientemente cubiertas las necesidades de las mujeres y de otras personas con características alejadas de la media, generando desajustes entre lo que la máquina exige y lo que la plantilla puede realizar de forma segura y eficiente.

Existen diferencias asociadas al sexo que inciden de forma directa en cómo se interactúa con las máquinas. En términos antropométricos, las dimensiones longitudinales de los distintos segmentos corporales difieren y pueden alcanzar hasta alrededor de un 20 %, lo que repercute en alcances funcionales, alturas de codo y hombro y dimensionado de huecos. También la distribución de la masa corporal suele situar el centro de gravedad más bajo en las mujeres, con implicaciones en estabilidad, equilibrio dinámico y reparto de fuerzas en tareas de empuje o arrastre. La morfología y las proporciones determinan palancas y momentos articulares y pueden dar lugar a estrategias de movimiento y formas de ejercer la fuerza distintas; a ello se suma la diferente sección y distribución de fibras musculares, que condicionan la fuerza desarrollable y su rapidez de aplicación. No considerar todos estos aspectos en el diseño y en las especificaciones de máquinas y herramientas, incrementa la exposición potencial a factores de riesgo ergonómico (adopción de posturas forzadas, sobreesfuerzos, repeticiones) y también la probabilidad de otros incidentes, como activaciones involuntarias o fallidas o golpes por falta de espacio, y puede conllevar a pérdidas de productividad y calidad.

Un enfoque ergonómico de género en el diseño de máquinas y herramientas es, por tanto, esencial para garantizar que quienes utilicen las máquinas, independientemente de su sexo, puedan realizar sus tareas de manera segura y efectiva.

A la luz de estos datos, ASCER, consciente del impacto de los riesgos ergonómicos en el sector y de la necesidad de incorporar el enfoque de género en el diseño de máquinas y herramientas, inició, en colaboración con el Instituto de Biomecánica (IBV), el desarrollo de la presente guía con el objetivo de facilitar a las empresas del sector el conocimiento de los criterios básicos que deben cumplir sus máquinas y herramientas para asegurar que estas sean inclusivas y se adapten a toda la plantilla, independientemente del sexo. Con ello se pretende reducir TME y accidentes, mejorar la usabilidad y asegurar que las condiciones de trabajo resulten seguras y eficaces para todas las personas.

Esta guía presenta los distintos criterios que se deben considerar para el diseño de máquinas y herramientas con enfoque de género y, a continuación de estos, incluye una serie de fichas por tipo de máquina donde se recogen recomendaciones más específicas. Las máquinas analizadas son la máquina clasificadora y la esmaltadora.

2. EL PROYECTO

Este proyecto se enmarca dentro del proyecto/acción TRCOIN/2025/17, que ha sido apoyado/a por la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo en el marco de las subvenciones en materia de colaboración institucional, a través de acciones sectoriales e intersectoriales mediante programas o actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales en la Comunitat Valenciana para el ejercicio 2025.

El objetivo principal es ayudar a las empresas del sector en la reducción de los trastornos musculoesqueléticos derivados de la falta de adecuación de las máquinas y herramientas utilizadas.

Para la consecución de este objetivo, ASCER, en colaboración con el Instituto de Biomecánica (IBV), ha llevado a cabo un estudio centrado en máquinas y herramientas en las cuales se ha identificado la falta de adecuación a la población femenina desde el punto de vista ergonómico, y en el que se han generado criterios de diseño para su mejora y especificaciones para su compra. Los resultados de dicho estudio se plasman en la presente guía.

3. Criterios para el diseño ergonómico de máquinas y herramientas con enfoque de género

El diseño ergonómico de máquinas parte de una premisa sencilla: si la máquina se ajusta a la realidad de uso prevista (condiciones del entorno, capacidades y características de quien las usa), se minimizan las molestias, la fatiga y el estrés de quien la opera. Para ello, el diseño debe contemplar la diversidad corporal de la plantilla, las capacidades de fuerza y resistencia, y evitar que la tarea exija posturas forzadas, movimientos exigentes o fuerzas superiores a las que las personas pueden aplicar con seguridad. Asimismo, es imprescindible prever espacios suficientes para el movimiento de las distintas partes del cuerpo y el acceso cómodo a mandos y zonas de intervención.

El uso de datos antropométricos y biomecánicos permite dimensionar máquinas y herramientas conforme a las tallas, fuerzas y rangos articulares del cuerpo humano. Dentro de esta variabilidad humana, las diferencias entre mujeres y hombres son relevantes y deben considerarse explícitamente: longitudes y proporciones segmentarias, distribución de la masa y posición del centro de gravedad, así como perfiles de fuerza y capacidad de contracción muscular, entre otras.

Pasar por alto estas diferencias suele traducirse en mayor fatiga, más estrés y más lesiones, con impacto negativo tanto en la salud como en la eficiencia del trabajo. Los principales aspectos a considerar para el diseño ergonómico de máquinas con enfoque de género, son los siguientes:

1. Altura de trabajo y acceso a las máquinas
2. Áreas de alcance y espacio para los brazos
3. Espacio previsto para las piernas y los pies
4. Espacio previsto para el acceso de determinadas partes del cuerpo
5. Mandos y controles
6. Aplicación de fuerzas
7. Herramientas manuales

3.1 ALTURA DE TRABAJO

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

Cuando el punto de acceso o el plano de trabajo no se ajusta a la persona ni al tipo de tarea, aparecen posturas desfavorables que aumentan el riesgo de lesión y complican la ejecución. Por ejemplo:

- Si el plano queda demasiado bajo, la persona puede flexionar el tronco de forma mantenida.
- Si queda demasiado alto, se puede tener que elevar hombros y brazos, generando tensión y sobreesfuerzo.

El resultado es una tarea más penosa y con mayor probabilidad de problemas ergonómicos.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA ALTURA DE TRABAJO/ACCESO

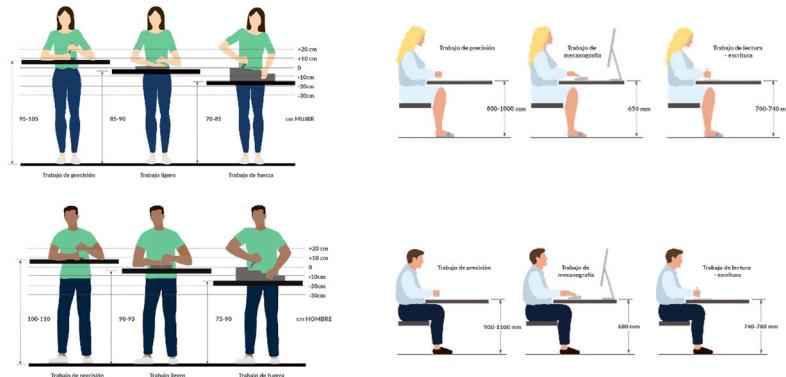
La altura de trabajo/acceso debe fijarse considerando (a) la estatura de quien operará la máquina (y, por extensión, su altura de codo respecto al suelo) y (b) el tipo de tarea que se realizará.

Tipología de tareas y reglas de altura recomendada:

- Tareas de precisión: requieren mucha exactitud y poca fuerza → plano ligeramente por encima del codo; preferible sentada.
- Tareas ligeras: exigen fuerza y precisión moderadas; se manipulan objetos no muy pesados; plano ligeramente por debajo del codo; preferible de pie.
- Tareas de fuerza: implican esfuerzos intensos o manejo de cargas/piezas pesadas, sin necesidad de alta precisión → plano entre nudillos (con el brazo relajado) y codo; preferible de pie.

En promedio, los hombres presentan mayor estatura que las mujeres y, por tanto, mayor altura de codo. Diseñar únicamente con dimensiones masculinas tenderá a colocar el plano demasiado alto para muchas trabajadoras; y hacerlo solo con dimensiones femeninas lo situará demasiado bajo para muchos trabajadores. Por ello, las recomendaciones se expresan en función de la altura de codo (y no con una cota fija) y deben contemplar la variabilidad de la plantilla.

En las siguientes imágenes (Figura 1 y Figura 2) se presentan las alturas generales recomendadas para la población femenina y masculina.



3.2 ÁREAS DE ALCANCE Y ESPACIO PARA LOS BRAZOS

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

Si el espacio o los alcances no están bien dimensionados, la persona puede no mover los brazos ni alcanzar los elementos con comodidad y sin restricciones.

Cuando el espacio o los alcances no están bien dimensionados para la persona y para la tarea, pueden aparecer posturas o gestos menos favorables que incrementan la carga en espalda y hombros.

Según la estatura, tienden a darse situaciones diferentes: quienes son más altos suelen disponer de mayor alcance hacia delante (y, en consecuencia, mejor equilibrio), mientras que quienes son más bajos pueden necesitar inclinarse algo hacia delante o elevar los brazos, con la consiguiente tensión añadida.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LOS ALCANCES DE BRAZOS

Se debe diseñar pensando en las personas con menores dimensiones corporales relacionadas con el alcance. Si ellas llegan, quienes tengan dimensiones mayores también lo harán.

Como pauta general, las longitudes masculinas superan a las femeninas, con diferencias de hasta un 20%.

PLANO HORIZONTAL: UBICACIÓN POR FRECUENCIA/ESFUERZO

Además de las dimensiones corporales, conviene ordenar los elementos según intensidad y/o frecuencia de uso:

- Uso intensivo y/o frecuente → Área de alcance principal: llegar sin extender ni flexionar el brazo.
 - Referencias: 356 mm (mujeres, Figura 3) y 394 mm (hombres, Figura 4).
 - También deberían situarse aquí los elementos que requieren esfuerzo, aunque su uso no sea frecuente.
- Uso ocasional → Área de alcance máximo: llegar sin flexionar el tronco ni desplazarse, flexionando el brazo.
 - Referencias: 597 mm (mujeres, Figura 3) y 673 mm (hombres, Figura 4).

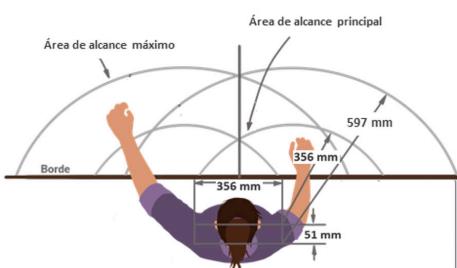


Figura 3. Áreas de alcance población femenina (Fuente: IBV).

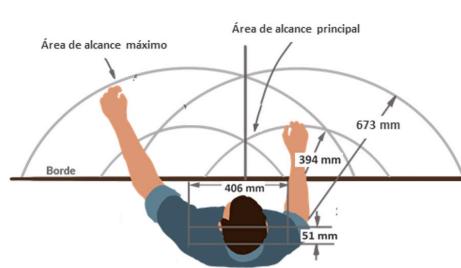


Figura 4. Áreas de alcance población masculina (Fuente: IBV).

PLANO VERTICAL (ALCANCE SAGITAL)

Colocar los objetos de uso más frecuente lo más próximos posible a la persona.

Como referencia para estanterías, altura máxima: 1400–1500 mm (mujeres) y 1500–1600 mm (hombres).

En las Figuras 5 y 6 se ilustran las áreas de alcance con los brazos para población femenina y masculina.

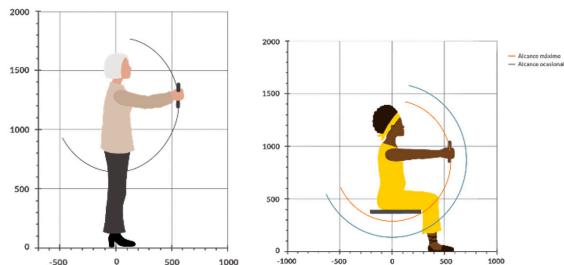


Figura 5. Áreas de alcance postura de pie y sentada población femenina (Fuente: IBV).

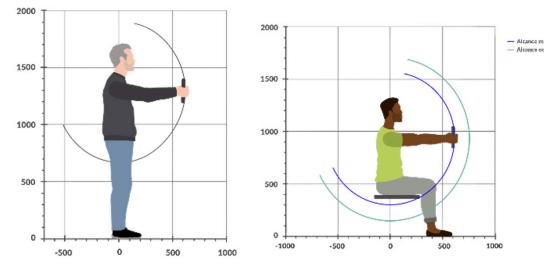


Figura 6. Áreas de alcance postura de pie y sentada población masculina (Fuente: IBV).

3.3 ESPACIO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

Asegurar que la persona pueda acercarse lo suficiente al punto de trabajo y moverse con normalidad, sin que pies (si se trabaja de pie) ni piernas (si se trabaja sentada) entren en contacto con la máquina o con otros elementos.

El tope de pies o piernas suele incrementar la separación respecto al punto de acceso y puede derivar en posturas forzadas de flexión y/o giro de tronco, brazos y/o piernas.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LOS ALCANCES DE BRAZOS

Para definir holguras, se toma como referencia a quienes presentan mayores dimensiones corporales: si el espacio sirve para ellas, resultará suficiente para el resto. Dado que, en general, las dimensiones masculinas superan a las femeninas, es habitual emplear el percentil 95 masculino como criterio de diseño.

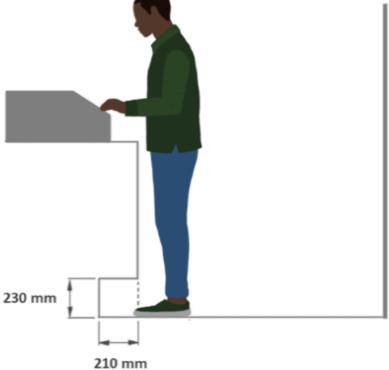
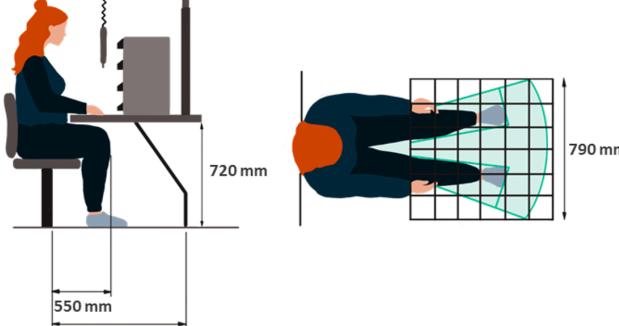
Postura de pie: espacio para los pies.	Postura sentada: espacio para las piernas.
<p>Los requisitos mínimos de espacio para los pies recogidos en normativa son (Figura 7):</p> <ul style="list-style-type: none">- Profundidad de espacio para los pies: 210 mm- Altura de espacio para los pies 230 mm <p>Incrementar en caso de usar reposapiés o plataformas.</p>	<p>Según la UNE-EN 14738, el hueco recomendado para albergar las <u>piernas</u>, debe tener (Figura 8):</p> <ul style="list-style-type: none">- Altura: 720 mm- Anchura: 790 mm- Profundidad: 550 mm (a la altura de la rodilla) y 880 mm (para las piernas y pies)
	

Figura 7. Espacio libre para los pies postura de pie (Fuente: IBV).

Figura 8. Espacio libre para las piernas postura sentada (Fuente: IBV).

3.4 ESPACIO PREVISTO PARA EL ACCESO DE DETERMINADAS PARTES DEL CUERPO

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

Una abertura de acceso es el hueco por el que la persona alcanza u opera en la máquina: permite inclinarse o alargar el brazo, e introducir manos, dedos o cualquier otra parte del cuerpo para realizar la tarea. Si ese hueco no tiene el tamaño necesario para la parte corporal implicada, se fuerzan posturas y aparecen presiones, con el consiguiente aumento del riesgo de golpe y lesión.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL ESPACIO PARA DETERMINADAS PARTES DEL CUERPO

De acuerdo con la normativa, algunas de las dimensiones límite recomendadas para aberturas de acceso

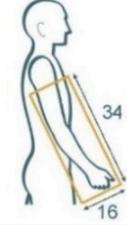
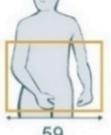
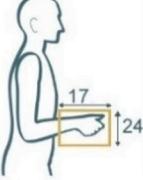
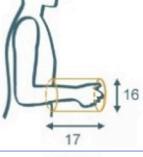
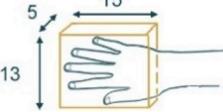
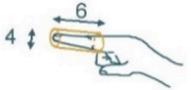
Tipo de abertura de acceso	Dimensión recomendada (cm)	Límite
Para ambos brazos (hacia delante y hacia abajo) Dimensiones consideradas: distancia entre codos, grueso del brazo y alcance del brazo	 	59
Para ambos antebrazos (hacia delante y hacia abajo) Dimensiones consideradas: grueso y alcance del antebrazo, diámetro de los dos antebrazos.	 	36
Para un antebrazo hasta el codo Dimensiones consideradas: anchura de la mano y alcance del antebrazo		16
Para el puño Dimensión considerada: diámetro del puño		13
Para la mano plana hasta la muñeca Dimensiones consideradas: anchura, espesor y longitud de la mano		15
Para el dedo índice Dimensiones consideradas: anchura y longitud del índice		6

TABLA 1.- DIMENSIONES LÍMITE RECOMENDADAS PARA ABERTURAS DE ACCESO (EN CM) (FUENTE: UNE-EN 547-2)

Dichas dimensiones deben incrementarse en caso de darse el uso de otros elementos, como calzado y ropa de trabajo. En la siguiente tabla pueden verse ejemplos de incremento:

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL ESPACIO PARA DETERMINADAS PARTES DEL CUERPO

De acuerdo con la normativa, algunas de las dimensiones límite recomendadas para aberturas de acceso en el uso de máquinas son:

Casco	+ 6 cm
Ropa gruesa y EPI (casco, protectores auditivos, etc.)	+ 10 cm
Equipos de protección de la mano	+ 2 cm

TABLA 2.- REQUISITOS ESPACIALES ADICIONALES (EN CM) PARA LAS ABERTURAS DE ACCESO (FUENTE: UNE-EN 547-2).

3.5 MANDOS Y CONTROLES

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

Un diseño de mandos y controles que no responde al uso real puede provocar distintos tipos de fallos:

- Molestias por accionamiento repetido y desgaste innecesario.
- Errores de uso: activaciones fallidas o accidentales.
- Cargas posturales: si el mando queda alto, se elevan hombros y brazos; si queda bajo, suele molestar la espalda. Si está demasiado lejos, es fácil que la persona estire el brazo o gire/flexione tronco, pierna o tobillo para alcanzarlo, con el esfuerzo añadido que eso implica.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO Y UBICACIÓN DE MANDOS Y CONTROLES

El primer paso es elegir la tipología según el modo de accionamiento previsto.

MANDO	Accionamiento puntual			Accionamiento continuo	
	Activación	Entrada de datos	Selección	Selección continua	Control continuo
Pulsador manual	Excelente	Bueno	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Pulsador de pie	Bueno	No aplicable	No recomendado	No aplicable	No aplicable
Interruptor de palanca	Bueno, pero propenso a activación accidental.	No aplicable	Bueno	No aplicable	No aplicable
Interruptor giratorio	Utilizable. Pueden confundirse sus posiciones.	No aplicable	Excelente	No aplicable	No aplicable
Botón	No aplicable	No aplicable	Pobre	Bueno	Regular
Manivela	Sólo si hay que hacer mucha fuerza	No aplicable	No aplicable	Regular	Bueno
Volante	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Bueno	Excelente
Palanca	Bueno	No aplicable	Bueno	Bueno	Bueno
Pedal	Regular	No aplicable	No aplicable	Bueno	Regular

TABLA 3. GRADO DE ADECUACIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE MANDOS.

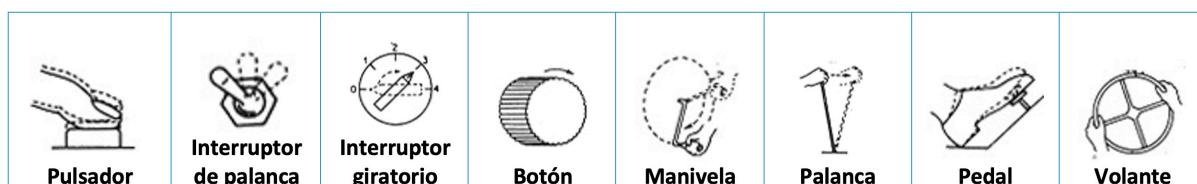


Figura 9. Principales tipos de mandos.

Otros aspectos a tener en cuenta son:

- Ubicación en función de la frecuencia de uso y alcance. Los controles de uso más habitual deben quedar al alcance directo de manos o pies, accesibles desde la postura normal de trabajo, sin tener que reacomodar el cuerpo.

Entre dispositivos debe existir un “espacio de maniobra” suficiente:

- Si la separación es excesiva, obliga a desplazamientos o a movimientos rápidos sin valor.
- Si la distancia es mínima, aumenta la probabilidad de tocar el mando equivocado.
- Opciones de blindaje del sistema frente a activaciones no deseadas. Para reducir activaciones involuntarias o accidentales, pueden emplearse:
 - Doble accionamiento (dos mandos a la vez).
 - Cubiertas/resguardos físicos.
 - Llave u otros sistemas de bloqueo.
 - Controles que exijan dos acciones consecutivas para activar.
- Identificación y lectura sencilla. Cada mando debe reconocerse sin dudas y diferenciarse de los contiguos. Para ello se pueden colocar etiquetas, pictogramas o textos sobre el mando o muy próximos a él, y en una posición que siga siendo visible durante el accionamiento.
- Adaptación a la morfología de quienes los usan. En promedio, las mujeres presentan manos y dedos más pequeños que los hombres; por eso, botones muy pequeños o próximos pueden hacer que quien tenga dedos más grandes accione más de uno sin querer. Debe dimensionarse y espaciarse pensando en esa variabilidad.
- Si hay un orden, debe ser intuitivo. Si existe una secuencia de operación, la disposición de los controles debería reflejarla en la medida de lo posible.

Direcciones recomendadas para recorrer la secuencia: izquierda -> derecha o arriba -> abajo.

Los controles/indicadores relacionados deben estar agrupados y diferenciados con líneas, separación física o códigos de color.

- Pedales: solo deben usarse cuando aporten valor.

Su uso debe restringirse a los casos imprescindibles (por ejemplo, cuando ambas manos están ocupadas) y debe evitarse su uso repetitivo en trabajo de pie siempre que sea posible.

- Pedal de pie completo: durante el uso debe existir superficie suficiente para apoyar todo el pie.
- Pedal de punta: garantiza un acceso libre de obstáculos.

En el cálculo de espacios, debe considerarse la talla del pie, el calzado, EPI o accesorios que se empleen.

3.6 ESFUERZOS

CONSECUENCIAS DE LA FALTA DE ADAPTACIÓN

En la operación de máquinas, las fuerzas solicitadas no deberían exceder los límites recomendados por la normativa aplicable. Demandas musculares elevadas tensionan el sistema músculoesquelético y aumentan el riesgo de fatiga, molestias y TME. Una buena elección y diseño de la máquina permite optimizar las fuerzas requeridas y controlar estos riesgos. La adopción de posturas forzadas, así como las diferencias individuales, son factores que afectan a la capacidad de las personas para aplicar fuerzas.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE ESFUERZOS

Al diseñar y/o seleccionar una máquina conviene integrar ciertas diferencias poblacionales entre mujeres y hombres que, cuando se consideran, reducen el riesgo de TME asociado a la aplicación de fuerzas.

Entre los aspectos a considerar destacan: el tamaño de la mano, que en promedio es mayor en hombres, lo que condiciona el agarre y la manipulación de mandos y, en consecuencia, la fuerza transferible. También es relevante la estatura, que puede aportar ventaja mecánica en la aplicación de fuerza, si bien su efecto depende de la altura concreta del punto donde deba aplicarse. A ello se suma la distribución de la masa corporal, habitualmente con mayor proporción en el tren inferior en mujeres y mayor masa en el tren superior en hombres, patrón que se asocia de forma general con menor fuerza en miembros superiores y mayor estabilidad en mujeres. Por último, de forma global, la capacidad y masa muscular suelen ser menores en mujeres que en hombres, lo que implica menor potencia y fuerza explosiva (● dos tercios); se trata, en todo caso, de promedios con solapamientos individuales y una fuerza entrenable.

Otros aspectos a tener en consideración son:

- Límites de referencia de fuerza

La UNE EN 1005-3 (Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas) establece valores de referencia para la población laboral adulta europea. Estos límites deberán minorarse en función de velocidad, frecuencia y duración de la acción. Su cumplimiento minimiza el riesgo para la gran mayoría (al menos 85% de los usuarios potenciales).

La norma incluye valores específicos para población femenina adulta y procedimientos para estimar la fuerza máxima cuando la población objetivo es homogénea y se conocen las proporciones por sexo y edad. El método de evaluación de fuerzas de ErgolBV® aplica valores de referencia distintos para hombres y mujeres según el tipo de actividad.

- Mandos y controles: límites de fuerza

La UNE- EN 894-3 fija limitaciones de fuerza en dispositivos de mando. A título de ejemplo:

- En accionamiento por contacto, no superar 1 kgf si se actúa con un dedo ni 2 kgf si se actúa con la mano.
- Para uso frecuente o continuo, y a fin de evitar accionamientos involuntarios, se recomienda que la fuerza de accionamiento no sea inferior a 0,5 kgf.

- Posición de aplicación y entorno de trabajo

La ergonomía del puesto y el contexto de uso han de minimizar posturas forzadas, disponiendo de herramientas, equipos y mobiliario que se ajusten a la persona con independencia del sexo.

- Automatización

El empleo de máquinas automáticas disminuye tanto los movimientos asociados a la atención de la máquina como el esfuerzo necesario para ejecutar las tareas.

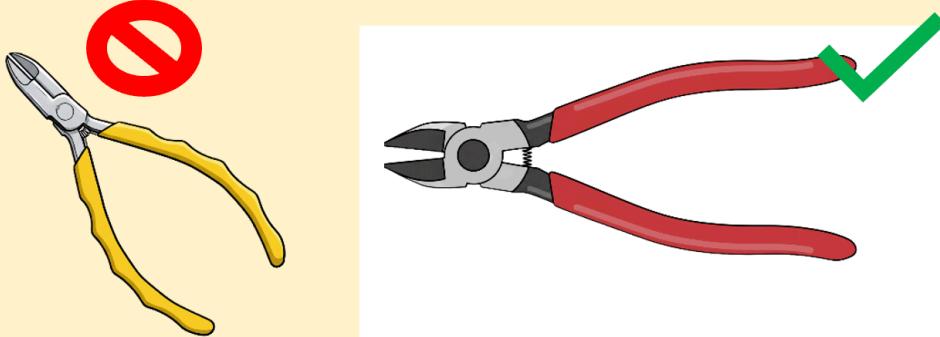
4. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO/ COMPRADE HERRAMIENTAS

El diseño de las herramientas debe adaptarse a las características individuales de quien vaya a usarlas, considerando factores como el sexo y la antropometría de la mano. En la siguiente tabla, se observan los datos antropométricos de la población trabajadora española, en la que pueden observar las diferencias entre ambos sexos.

Dimensión				Mujeres			Hombres		
	P5	P50	P95	P5	P50	P95	P5	P50	P95
Longitud de la mano	163	183	202	159	173	188	172	188	204
Anchura de la mano en los metacarpianos	72	86	97	70	78	86	80	90	99
Longitud del dedo índice	64	72	81	62	68	75	67	73	82
Anchura proximal del dedo índice	17	20	23	16	18	21	18	21	23
Anchura distal del dedo índice	14	17	20	13	15	18	16	18	21

Tabla 4. Datos antropométricos de la población trabajadora española del año 1996. Fuente: INSHT (2016)

Aspecto	Recomendación Clave											
Longitud	<p>El mango siempre debe ser más largo que el ancho de la mano para asegurar que la presión se distribuya correctamente en la palma. Al ser la longitud de la mano de los hombres, en general, mayor, serán estas las dimensiones antropométricas tomadas como referencia.</p> <p>La recomendación general es de 120 mm de longitud, con 25 mm adicionales si se va a utilizar llevando guantes.</p>											
Diámetro	<p>El diámetro del mango es fundamental para un agarre efectivo y cómodo. Es crucial considerar que las mujeres, en promedio, poseen palmas más pequeñas, dedos más cortos y de menor diámetro que los hombres. Un mango de diámetro grande dificultará el agarre y requerirá posturas incómodas y esfuerzo adicional, mientras que un mango de diámetro pequeño generará tensión y molestias.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Herramienta</th> <th>Diámetro recomendado en general</th> <th>Criterio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Potencia (Martillos, Mazas)</td> <td>30 a 50 mm (siendo 50 mm la preferencia).</td> <td>El agarre debe permitir que el pulgar y el índice se superpongan unos 10 mm.</td> </tr> <tr> <td>Precisión (Destornilladores finos)</td> <td>6 a 13 mm.</td> <td>Se utilizan con un agarre tipo pinza.</td> </tr> </tbody> </table>  <p>(Fuente: elaboración propia).</p>  <p>(Fuente: elaboración propia).</p>			Tipo de Herramienta	Diámetro recomendado en general	Criterio	Potencia (Martillos, Mazas)	30 a 50 mm (siendo 50 mm la preferencia).	El agarre debe permitir que el pulgar y el índice se superpongan unos 10 mm.	Precisión (Destornilladores finos)	6 a 13 mm.	Se utilizan con un agarre tipo pinza.
Tipo de Herramienta	Diámetro recomendado en general	Criterio										
Potencia (Martillos, Mazas)	30 a 50 mm (siendo 50 mm la preferencia).	El agarre debe permitir que el pulgar y el índice se superpongan unos 10 mm.										
Precisión (Destornilladores finos)	6 a 13 mm.	Se utilizan con un agarre tipo pinza.										

Aspecto	Recomendación Clave								
Superficie del mango y bordes	<p>Debe ser suave, preferiblemente ovalado o rectangular con bordes redondeados. Deben evitarse aristas o ángulos rectos para prevenir presiones incómodas. Los extremos también deben ser redondeados.</p> <p>El mango debe ser antideslizante. Conviene evitar superficies extremadamente pulidas (resbalones) o excesivamente rugosas (abrasión o molestia).</p>								
Forma del mango	<p>Lo ideal es que la forma del mango siga el arco transversal de la mano para utilizar la musculatura más fuerte de la muñeca y permitir una distribución uniforme de la fuerza de los dedos. El arco transversal suele ser menor en las mujeres que en los hombres.</p> <p>Se recomienda una forma ligeramente curvada (cónica) para facilitar el agarre, y un ángulo de unos 15 grados para ayudar a mantener la muñeca en una posición neutra y cómoda durante el uso.</p> <p>⚠️ ¡Atención! Es preferible evitar los mangos con alojamientos preestablecidos para los dedos, ya que solo sirven para un número muy limitado de personas y pueden generar presiones intensas.</p>  <p>(Fuente: elaboración propia).</p>								
Mangos dobles y huecos para dedos	<p>En herramientas con mangos dobles, para la apertura máxima entre los mangos deben tenerse en cuenta que la menor apertura de las manos de las mujeres. En términos generales, se recomienda una apertura máxima de 100 mm para garantizar comodidad y usabilidad.</p> <p>En herramientas con huecos para dedos (tijeras), se recomiendan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huecos circulares: diámetro de 30 mm. • Huecos rectangulares (para el paso de la palma): 110 x 45 mm. • <i>Si se usan guantes</i>: aumentar el tamaño del hueco en 25 mm. • Los bordes de estos huecos deben ser suaves y redondeados para prevenir puntos de presión en los dedos. 								
Fuerza	<p>Las mujeres, en general, tienden a tener una fuerza muscular inferior y manos más pequeñas. Para ciertas herramientas, existen soluciones u opciones eléctricas, que pueden reducir significativamente la fuerza necesaria y minimizar los movimientos repetitivos de muñeca.</p>								
Peso	<p>Es importante considerar que, en promedio, la fuerza de la parte superior del cuerpo de las mujeres es aproximadamente un 60% de la de los hombres.</p> <table border="1"> <tr> <td>Uso</td><td>Peso Máximo Recomendado</td></tr> <tr> <td>Uso con una sola mano</td><td>Se recomienda menos de 0,50 kg.</td></tr> <tr> <td>Uso con una sola mano (límite absoluto)</td><td>No debe exceder 1,12 kg para evitar la fatiga muscular en antebrazos y hombros.</td></tr> <tr> <td>Herramientas de precisión</td><td>Nunca deben superar los 0,5 kg.</td></tr> </table>	Uso	Peso Máximo Recomendado	Uso con una sola mano	Se recomienda menos de 0,50 kg .	Uso con una sola mano (límite absoluto)	No debe exceder 1,12 kg para evitar la fatiga muscular en antebrazos y hombros.	Herramientas de precisión	Nunca deben superar los 0,5 kg .
Uso	Peso Máximo Recomendado								
Uso con una sola mano	Se recomienda menos de 0,50 kg .								
Uso con una sola mano (límite absoluto)	No debe exceder 1,12 kg para evitar la fatiga muscular en antebrazos y hombros.								
Herramientas de precisión	Nunca deben superar los 0,5 kg .								

5. FICHAS

Consecuencias de la falta de adaptación

Para cada una de las máquinas analizadas se ha confeccionado una ficha con criterios ergonómicos. El objetivo fundamental de estas fichas es ayudar a la mejora de las condiciones ergonómicas de utilización de las máquinas.

Las fichas pueden ser utilizadas por el personal de los departamentos de Ingeniería y Diseño, Prevención de Riesgos Laborales, Recursos Humanos y Organización, al objeto de plantear mejoras en los puestos de trabajo, así como ayudar a las personas responsables de Compras a determinar qué requerimientos ergonómicos deben cumplir las máquinas.

El contenido de cada una de las fichas es el siguiente:

- breve descripción de la función o funciones de la máquina,
- resumen de los principales problemas ergonómicos detectados en el estudio de campo para este tipo de máquinas,
- y planteamiento de propuestas de mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en las mismas.

A continuación, se recogen un conjunto de fichas correspondientes a las diferentes tipologías de máquinas vistas en el estudio de campo:

- Clasificadora
- Esmaltadora

CLASIFICADORA

FUNCIÓN Y UTILIZACIÓN:

Las clasificadoras son máquinas cuya función principal es la inspección automática de baldosas para clasificar por calidad, tono/tonalidad y detectar defectos (superficiales, mecánicos en bordes/ángulos, decoración, reflexión y contaminación). Los sistemas usan iluminación dedicada y videocámaras con software de visión que incorpora algoritmos para detectar defectos y clasificar, sustituyendo o asistiendo a la inspección humana. Las máquinas están compuestas por una entrada con transportadores/rodillos, el módulo de detección, la zona de control (HMI/pantalla/teclado/controles) y zona de salida. La interacción de la persona trabajadora con la máquina se realiza fundamentalmente en la zona de control.



Figura 10. Modelos de máquina clasificadora (Fuente: estudio de campo).

Las máquinas clasificadoras se insertan dentro del puesto de trabajo de clasificación. El personal de clasificación tiene la responsabilidad de asegurar que los productos cumplen con los criterios de color, textura, ausencia de defectos y otros aspectos visuales y táctiles establecidos en los estándares de cada empresa. En puestos sin maquinaria, la clasificación se realiza manualmente por parte del personal. En los puestos con sistemas automáticos de clasificación (máquinas clasificadoras) la persona trabajadora únicamente ha de realizar la programación y control de la máquina, llevando a cabo otras tareas en la línea como retirar las piezas defectuosas, alimentar la estación de cera, alimentar el cartón en la línea y paletizado.

Las tareas principales desarrolladas en la máquina son:

- Operación y programación de la máquina mediante la consola de control (arranque, cambio de formato, ajuste de parámetros, resolución de incidencias).
- Inspección visual de los parámetros mostrados en la pantalla.

PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

El nivel de uso de estas máquinas es muy bajo por parte de las personas trabajadoras, por lo que los potenciales problemas ergonómicos van a tener un impacto limitado. No obstante, en el estudio de campo se han detectado una serie de posibilidades de mejora desde el punto de vista ergonómico. Estos aspectos ergonómicos están relacionados con:

Altura de los controles principales

- Altura fija: si el teclado/controles no se pueden regular, personas de distinta estatura trabajan fuera de su zona de confort → hombros elevados, flexión de muñeca y posturas sostenidas del cuello.
- Altura elevada: en algunas máquinas con el interfaz de control integrado, la altura de operación está alrededor de los 130 cm de altura, lo cual obliga a trabajar con elevación del hombro y extensión de muñeca.



Figura 11. Altura fija de los controles y demasiado elevada (Fuente: estudio de campo).

ESPACIO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES

- **Falta de espacio para los pies (zócalo sin retranqueo):** impide acercarse lo suficiente al interfaz de control, forzando inclinación del tronco o hiperextensión de brazos para alcanzar controles.

UBICACIÓN DE LOS CONTROLES PRINCIPALES

- **Controles alejados:** en algunos modelos la ubicación de ciertos controles requiere alcances fuera de la zona óptima (>40-45 cm), generando posturas forzadas de brazos y espalda.



Figura 12. Ubicación de controles desalineada de la zona principal de trabajo
(Fuente: estudio de campo).

- Teclado fijo: obliga a adaptar el cuerpo al dispositivo; si está horizontal y alto, aparece extensión de muñeca; si es bajo, flexión cervical.
- Diseño del teclado: las teclas de membrana o con un perfil bajo proporcionan menor realimentación táctil y, por tanto, requieren mayor fuerza de pulsación y la necesidad de mirar más frecuentemente al teclado, lo que se asocia con mayor flexión de cuello e incremento de fatiga visual.
- Rueda de control/trackball pequeño o con fricción: exige pinza digital fuerte y desviaciones de muñeca; si es poco preciso, aumenta el tiempo de manipulación y la tensión estática.



Figura 13. Panel de control integrado (Fuente: estudio de campo).

UBICACIÓN DEL DISPLAY PRINCIPAL

- Altura fija (encastrado): las alturas de las pantallas fijas pueden estar entre los 160 y 180 cm de altura. Esta altura hace que parte de la pantalla quede por encima de la línea de visión de muchas personas trabajadoras, lo que puede provocar posturas de extensión de cuello.
- Ángulo de visión inadecuado: las pantallas fijas, en función de la colocación de la máquina (panel perpendicular a focos de luz o con inclinación rígida) puede generar reflejos y obliga a inclinar el cuello o acercarse al display.



Figura 14. Display de altura fija elevada (Fuente: estudio de campo).

DISEÑO DE LA INFORMACIÓN DEL DISPLAY

- Tamaño de fuente pequeño: obliga a entrecerrar los ojos y acercar la cabeza; incrementa los cambios de enfoque entre pantalla y línea.
- Falta de contraste / paletas poco legibles: dificulta distinguir estados/alarma, elevando la fatiga visual y el error.
- Información compleja o sobrecargada: menús profundos, jerarquías poco claras y códigos no estandarizados aumentan la carga cognitiva, el tiempo de toma de decisiones y el estrés.
- Reflejos: provocados por el material de la pantalla y por su ubicación respecto a los puntos de iluminación existentes.

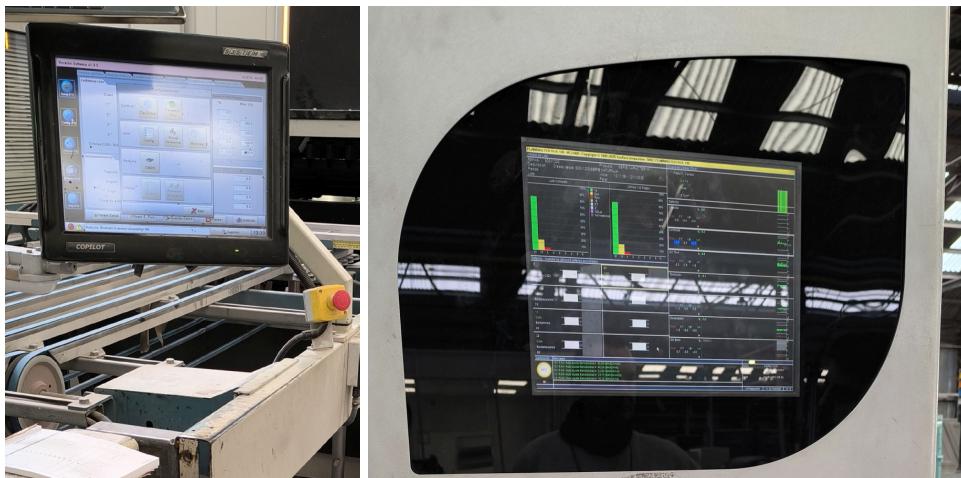


Figura 15. Reflejos en el display (Fuente: estudio de campo).

UBICACIÓN Y ACCESO A LA MÁQUINA

- Ubicación de la máquina que dificulta acercarse a la zona de interacción.
- Espacio de trabajo estrecho: obstáculos en la base del HMI, cableado o mesas de rechazo mal colocadas.



Figura 16. Acceso a la máquina estrecho / con obstáculos (Fuente: estudio de campo).

PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

ALTURA DE LOS CONTROLES PRINCIPALES

Objetivo: trabajar con hombros relajados y muñecas neutras, sin inclinar el tronco.

- Plataforma regulable en altura (ideal): situar teclado/botones a altura de codo ± 5 cm en bipedestación (referencia habitual: ~95-110 cm desde el suelo, según estatura).
- Acercamiento cómodo: incorporar hueco para pies en la base: >23 cm de altura y >21 cm de profundidad para poder aproximarse sin inclinarse.



Figura 17. Plataforma para controles accesible y regulable en altura / inclinación
(Fuente: estudio de campo).

- Si no es posible regular altura: añadir inclinación positiva ligera ($5-10^\circ$) al teclado para evitar extensión de muñeca y un apoyo blando para antebrazos.

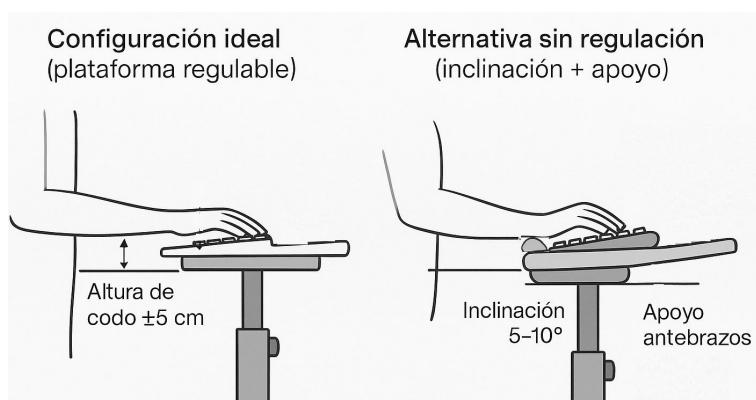


Figura 18. Configuraciones de altura de los controles (Fuente: elaboración propia).

- Utilizar una plataforma para elevar la altura de la persona trabajadora, en el caso de conjuntos controles + display fijos ubicados a altura elevada.



Figura 19. Plataforma para elevar la altura de la persona trabajadora
(Fuente: estudio de campo).

MANDOS Y CONTROLES

Objetivo: alcances dentro de la zona de confort y movimientos mínimos.

- Brazo / plataforma móvil regulable en orientación: que permita a la persona trabajadora acercar y orientar el conjunto teclado/botones.
- Zonas de alcance: situar los controles de uso frecuente a , 34-40 cm del borde de referencia; los de uso ocasional a , 60 cm y por debajo de la altura del hombro.
- Agrupación lógica: teclado + apuntador + botones críticos en un mismo plano funcional para evitar microalcances y cambios de mano continuos.

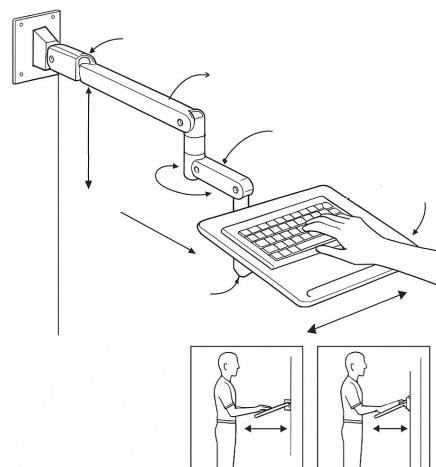


Figura 20. Plataforma regulable
en orientación para los controles
(Fuente: elaboración propia).

Diseño de los controles principales

Objetivo: reducir fuerza y precisión fina innecesaria, mejorar realimentación.

- **Teclado ergonómico:**

- Bajo esfuerzo (fuerza de activación reducida), recorrido perceptible y realimentación táctil clara.
- Paso entre teclas 18-19 mm y leyendas de alto contraste
- Si no es regulable, añadir reposamuñecas.

- **Botones/pulsadores:**

- Diámetro . 16-20 mm, separación . 19 mm, resistencia homogénea.
- Diferenciar por color/forma funciones críticas (p. ej., emergencia) y las de uso frecuente.

- **Apuntador/Trackball:** sustituir trackball pequeño por ratón tamaño mediano o touchpad industrial; si se mantiene trackball, usar bola . 50 mm, baja fricción y apoyo de muñeca.

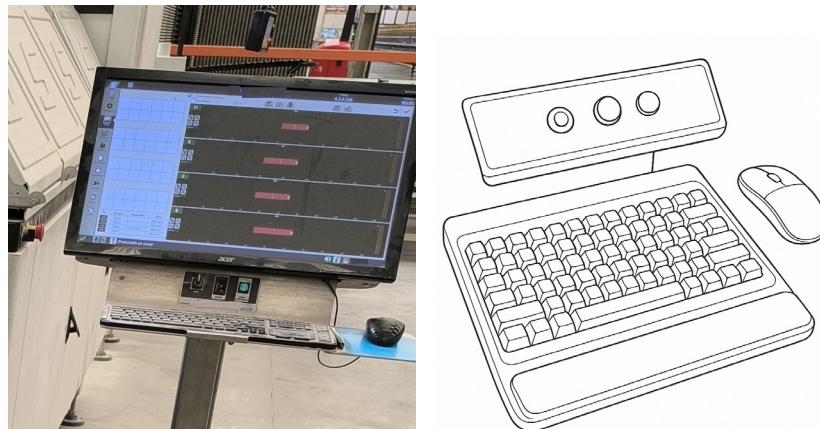


Figura 21. Diseño de teclado, controles y ratón (Fuente: estudio de campo y elaboración propia).

UBICACIÓN DEL DISPLAY PRINCIPAL

Objetivo: cuello neutro, lectura sin acercarse ni forzar la vista.

- Colocar el display principal sobre un soporte (Brazo VESA) regulable en altura y orientación: colocar la línea superior del texto a la altura de los ojos o ligeramente por debajo (0-10°); inclinación 10-20° para minimizar reflejos.
- Distancia de visión: 50-70 cm según tamaño de letra; si el panel es fijo y alto/bajo, instalar soporte adicional o reubicar el HMI.

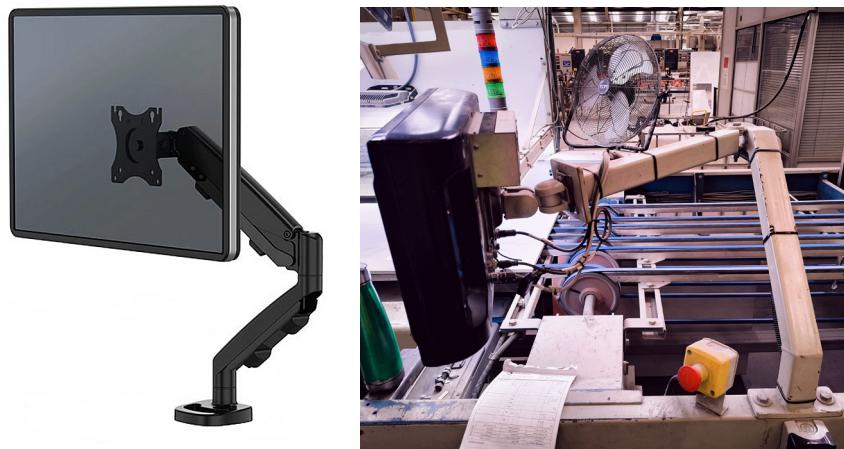


Figura 22. Ubicación del display en un soporte articulado (Fuente: a) Fellowes (<https://www.fellowes.com/es/>); b) estudio de campo).

DISEÑO DE LA INFORMACIÓN DEL DISPLAY

Objetivo: legibilidad inmediata y mínima carga cognitiva.

- **Tamaño mínimo de contenido** usar tamaños que garanticen . 4,8–6 mm de altura de carácter a 50–70 cm ($\pm 16\text{--}20$ pt como orientación).
- **Alto contraste y antirreflejos:** paletas legibles, relación de contraste elevada (p. ej., . 4.5:1), fondo mate y parasol/visera si hay focos laterales.
- **Jerarquía clara:** prioridad visual a estados/alarma, pocos niveles de menú, etiquetas consistentes y mensajes breves; iconografía estándar y confirmaciones (sonoras/visuales).



Figura 23. Diseño de la información del display (Fuente: elaboración propia).

- **Iluminación:** 500 lux orientativos en zona HMI, sin deslumbramientos (evitar luminarias apuntando al display); iluminar la consola desde ángulos laterales/superiores difusos.

Ubicación de la máquina y entorno (espacio, obstáculos, iluminación)

Objetivo: libertad de movimiento y ausencia de interrupciones posturales.

- **Espacio libre frontal al HMI:** mínimo **80-90 cm** para bipedestación cómoda y maniobra con carros.
Ausencia de obstáculos.

ESMALTADORA

FUNCIÓN Y UTILIZACIÓN:

Las esmaltadoras son máquinas destinadas a imprimir y depositar esmaltes, colores y dibujos sobre las piezas cerámicas antes de su cocción. Suelen constar de plataforma de entrada con rodillos, cuerpo de máquina (cabina de impresión automática, zona de control con pantalla táctil/botones/teclado y depósitos/circuitos de tinta), y plataforma de salida hacia el resto de la línea. En función del modelo, la alimentación se puede realizar vertiendo garrafas en contenedores ubicados en la parte inferior de la máquina o colocando cartuchos de tinta (cajas) ubicados a diferentes alturas según el diseño del fabricante.



Figura 24. Modelos de máquina esmaltadora (Fuente: a) SACMI (<https://sacmi.it/es-ES/>); b) Durst (<https://www.durst-group.com/es/>)).

La esmaltadora se integra en la línea de esmaltado como equipo de decoración e impresión: recibe la pieza desde el transporte de entrada, aplica el esmalte/los colores y entrega la pieza a las siguientes estaciones (p. ej., otras aplicaciones, inspección previa a secado/horno, según layout).

La máquina puede estar ubicada en la propia línea o (más habitualmente) estar dentro de un recinto cerrado conectado por ambos lados con la línea de esmaltado.

La zona de control (HMI) suele estar ubicada en la parte frontal superior, y los depósitos/consumibles suelen situarse en la parte inferior o lateral de la máquina para su reposición.



Figura 25. Modelos de máquina esmaltadora: a) en la línea, con acceso separado y superior a las tintas; b) en un recinto cerrado, con acceso inferior a las tintas (Fuente: estudio de campo).

Las tareas principales desarrolladas en la máquina son:

- Operación y programación desde el HMI: arranque/parada, cambios de formato, ajuste de parámetros de impresión, gestión de alarmas e incidencias.
- Inspección visual de parámetros en pantalla: verificación de estados, consumos y calidad de impresión.
- Reposición de tintas y consumibles:
 - Carga/transporte de garrafas ($\approx 5-7$ kg) o cartuchos/cajas ($\approx 10-12$ kg).
 - Acceso a depósitos (habitualmente en zona inferior), apertura de puertas, extracción y rellenado desde garrafas, o acople directo de cartuchos según modelo.
- Tareas auxiliares:
 - Mantenimiento de primer nivel: limpieza de áreas de trabajo, control de niveles, purgas/ciclos de limpieza de cabezales, comprobación de fugas y orden alrededor de la zona de consumibles.
 - Verificación rápida de calidad: muestras, ajuste fino de tono/densidad y coordinación con calidad para validar lotes.

PRINCIPALES PROBLEMAS ERGONÓMICOS DETECTADOS

El nivel de uso de estas máquinas es muy bajo por parte de las personas trabajadoras, por lo que los potenciales problemas ergonómicos van a tener un impacto limitado. No obstante, en el estudio de campo se han detectado una serie de potenciales puntos de mejora desde el punto de vista ergonómico. Estos aspectos ergonómicos están relacionados con:

Acceso a depósitos de tintas

- Dificultad en la apertura/operación de las puertas: el diseño de los sistemas de apertura de la puerta puede dificultar la operación. Pomos pequeños o duros requieren alta fuerza de pinza y giros de muñeca. Si la puerta se abre hacia la persona trabajadora o no queda retenida, añade posturas forzadas para sujetarla mientras se manipula.



Figura 26. Acceso a las puertas de los depósitos (Fuente: estudio de campo).

- **Alturas muy bajas:** llenar o inspeccionar depósitos situados cerca del suelo obliga a flexión lumbar y apoyos inestables de rodilla.
- **Fuerza necesaria para extraer los depósitos:** los depósitos de tinta han de extraerse para proceder a su reposición. Este proceso pude requerir fuerza elevada en algunos modelos:
 - En los que han de extraerse todos los depósitos a la vez (ubicados en un mismo cajón).
 - En los que el depósito está colocado en el suelo de la máquina, sin ningún elemento que facilite su extracción.



Figura 27. Acceso a los depósitos: altura baja, fuerza necesaria para extraer (Fuente: estudio de campo).

Manipulación de cargas en el relleno

- **Volcado de garrafas de 5-6 kg** en depósitos bajos o alejados produce alcances con tronco inclinado y torsión para controlar el vertido; el agarre suele ser incómodo (asas finas, superficies resbaladizas).



Figura 28. Volcado de garrafas a altura baja (Fuente: estudio de campo).

- **Colocación de cajas/cartuchos de 10-12 kg** en soportes altos o profundos, lo cual implica elevación de brazos y desviaciones de muñeca, que incrementan el riesgo de manipular objetos de peso elevado (10-12 kg) con agarres poco ergonómicos.



Figura 29. Colocación de cajas (Fuente: estudio de campo).

AJUSTE DE ANCHOS (MANIVELAS/PALANCAS EN ENTRADA/SALIDA)

- El ajuste de la anchura de la cinta se realiza con palancas. Aquellas palancas ubicadas en la parte más alejada, si no existe la posibilidad de acercarse, pueden provocar alcances inadecuados con flexión y giro de tronco y postura forzada de los brazos.

- Si el diseño del control es inadecuado (tamaño pequeño, resistencia alta) puede requerir de fuerza elevada que impacta sobre la zona del antebrazo y de la mano/muñeca.



Figura 30. Diseño y acceso a los ajustes de entrada/salida
(Fuente: estudio de campo).

ALTURA DE LOS CONTROLES PRINCIPALES (CONSOLA/HMI)

- **Altura fija o elevada:** en muchas máquinas el panel de control está encastrado en la propia máquina, ubicado en vertical y a una altura fija. Altura que, en el caso de controles por pantalla táctil, puede llegar a los 140 - 180 cm. Esto puede provocar situaciones de brazos flexionados, extensión de cuello y extensión de muñeca al teclear/pulsar.

ESPACIO PARA LAS PIERNAS Y LOS PIES

- **Falta de espacio para los pies:** las máquinas de esmaltado no suelen tener espacio libre en la parte inferior (o este es muy pequeño). En aquellas máquinas con paneles encastados, esta situación dificulta acercarse a los controles.

DISEÑO DE LOS CONTROLES PRINCIPALES

- Teclado fijo, teclas de membrana, pequeñas: requieren más fuerza de activación, generan golpeteo repetitivo y obligan a mirar a las manos (más fatiga visual, flexión de cuello).
- En el caso de controles táctiles sobre la pantalla vertical, la respuesta suele ser más costosa que en el caso de un teclado (menor realimentación táctil) sumado a la postura de extensión forzada de la muñeca al estar colocados en vertical, por lo que no son adecuados para operaciones continuadas o de larga duración.

UBICACIÓN DEL DISPLAY PRINCIPAL

- Encastre a altura fija. Si únicamente es una pantalla para visualización: si está muy alta (>170 cm) puede provocar extensión de cuello al estar la línea de visión por encima de la altura de los ojos. Si está muy bajo (<130 cm) puede provocar flexión de cuello y tronco. Si la pantalla es, además, táctil su ubicación vertical y altura pueden provocar posturas forzadas en brazos y especialmente en muñecas, como ya se ha comentado.
- Ángulo no ajustable / reflejos: la ubicación de la pantalla con respecto a las fuentes de luz puede provocar reflejos y deslumbramientos, obligando a inclinaciones del cuello o posturas asimétricas para poder visualizar la información.

DISEÑO DE LA INFORMACIÓN DEL DISPLAY

Tipografía pequeña y bajo contraste: incrementa esfuerzo visual, parpadeo reducido y dolor de cabeza.

- Interfaz compleja: menús profundos y códigos poco intuitivos elevan la carga cognitiva, el tiempo de decisión y el tiempo en postura estática frente al HMI.



Figura 31. Diseño y acceso a los controles e indicadores (Fuente: estudio de campo).

PROPUESTAS DE MEJORA ERGONÓMICA

A continuación, se recogen una serie de medidas y propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en este tipo de máquinas.

ACCESO A LOS DEPÓSITOS DE TINTAS

Objetivo: eliminar posturas en bajo y agarres forzados.

- Altura de carga adecuada: ubicar bocas de llenado/soportes entre 85-110 cm del suelo. Si la máquina no lo permite, instalar elevadores/mesas de tijera o un mueble satélite de depósitos a esa cota.
- Puertas de acceso: bisagras que mantengan la puerta abierta (resorte/retén).
- Tiradores ergonómicos: de sección gruesa (. 25-30 mm), forma en U o palanca, con bajo par de apertura. Evitar pomos lisos/pequeños que exigen pinza fuerte.



Figura 32. Tiradores ergonómicos (Fuente: estudio de campo).

- Reducir la fuerza necesaria para extraer los depósitos: priorizar los diseños que faciliten la extracción de los depósitos de tinta:
 - Son preferibles los modelos en los que se pueden extraer los depósitos de manera individual.
 - En cualquier caso, se recomienda que los depósitos no estén apoyados en el suelo de la máquina, si no sobre plataformas extraíbles con raíles/rodamientos que faciliten su extracción. Las plataformas han de disponer de asideros adecuados para facilitar su manejo.



Figura 33. Depósitos de acceso individual y colocados sobre raíles / rodamientos
(Fuente: estudio de campo).

- Iluminación local: luz dirigida (\neq 300–500 lux) que facilite la visualización de las embocaduras.
- Elementos de apoyo y orden: bandejas/repisas para apoyar garrafas y herramientas, evitando trabajar desde el suelo.

MANIPULACIÓN DE CARGAS EN EL RELLENADO DE TINTAS

Objetivo: transferencia a la altura correcta y reduciendo la manipulación manual de cargas.

- Proporcionar ayudas para el transporte de cargas: carros dedicados para garrafas/cajas, con ruedas \varnothing . 125 mm y freno.

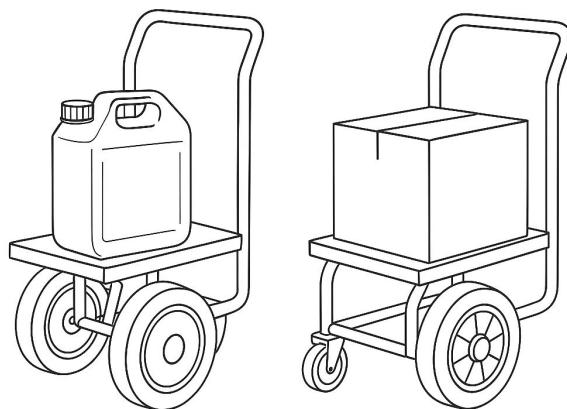


Figura 34. Carros para el transporte de cargas (Fuente: elaboración propia).

- **Sistemas para facilitar el volcado manual:**

- Soporte con ruedas regulable en altura (80-110 cm) junto a la boca del depósito para apoyar la garrafa y bascular sin levantarla.
- Carros basculantes tipo “manipulación de bidones/garrafas” con lira/cuna y asa larga para girar con poco esfuerzo.
- Boquillas vertedoras/antigoteo y asas auxiliares para mejorar el agarre.



Figura 35. Sistemas para facilitar el transporte y volcado (Fuente: elaboración propia).

- **Alternativa preferente (sin manipular garrafas):**

- Sistema por manguera desde zona de almacenamiento: pistola de dosificación extensible y con agarre ergonómico.



Figura 32. Tiradores ergonómicos (Fuente: estudio de campo).

- **Facilitar la manipulación de cajas/cartuchos de colores (10-12 kg):**

- Proporcionar carros regulables en altura o mesas elevadoras para alinear con la cota del soporte de máquina y transferir por deslizamiento, no por elevación.
- Topes/guías en el soporte para evitar atrapamientos al encajar.
- Frecuencia: agrupar reposiciones por lote para reducir repeticiones.

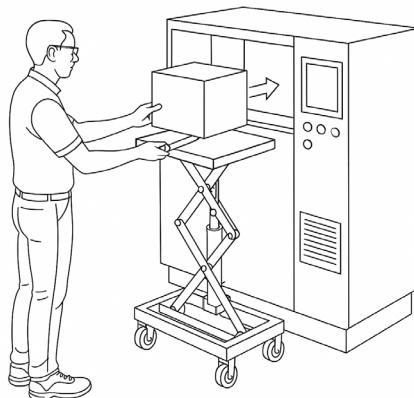


Figura 32. Tiradores ergonómicos (Fuente: estudio de campo).

ALTURA/UBICACIÓN DE LOS CONTROLES PRINCIPALES (CONSOLA/HMI)

Objetivo: mejorar la postura al manejar los controles (hombros relajados, muñeca neutra, sin inclinación del tronco).

- Es preferible que los controles principales no estén encastrados en la máquina, sino que puedan colocarse en soportes independientes que permitan ajustarse (altura, distancia horizontal, inclinación). Algunas opciones de colocación de los controles (teclado, botones + pantalla) pueden ser:
 - Soporte regulable en altura para teclado/botones: colocar a altura de codo ± 5 cm ($\approx 95-110$ cm en bipedestación).
 - Brazo VESA regulable en altura/orientación/inclinación: situar la línea superior del texto a la altura de los ojos o ligeramente por debajo ($0-10^\circ$); distancia 50-70 cm.



Figura 38. Pantalla ubicada en brazo orientable (Fuente: estudio de campo).

- En el caso de que los controles sean fijos/encastrados en la máquina: proporcionar una plataforma móvil segura para facilitar el alcance a las personas trabajadoras más bajas. La plataforma ha de ser amplia, estable y con superficie antideslizante.

- Acercamiento cómodo: incorporar hueco para pies en la base: >23 cm de altura y >21 cm de profundidad para poder aproximarse sin inclinarse.

DISEÑO DE LOS CONTROLES E INDICADORES PRINCIPALES (TECLADO/BOTONES/PANTALLA)

Objetivo: facilitar el uso, reducir errores, mejorar la postura de trabajo de brazos y manos.

- Se recomienda verificar que el diseño de controles e indicadores es adecuado para optimizar su uso:

- Visibilidad adecuada: orientación y diseño de la pantalla que faciliten la legibilidad y eviten reflejos.
- Teclado ergonómico: teclas con relieve, realimentación táctil y baja fuerza de activación.
- Botones/pulsadores y controles ergonómicos: de tamaño adecuado, con realimentación táctil y agrupados/diferenciados claramente para evitar errores en su uso.

Los detalles sobre el diseño de controles e indicadores pueden consultarse en la ficha de la máquina clasificadora.

ALCANCE Y MANIPULACIÓN DE LAS MANIVELAS/PALANCAS ENTRADA/SALIDA

Objetivo: eliminar alcances altos/lejanos y reducir fuerza.

- Facilitar manivelas/palancas ergonómicas:

- Empuñadura Ø 30-40 mm, superficie antideslizante y longitud . 120 mm.
- Si el par es alto, usar manivelas plegables o volantes con pomo.

- acilitar el acceso a los dos lados de la máquina: mantener despejado el espacio alrededor de la máquina, de manera que sea posible llegar por el lado más cercano a cada control.

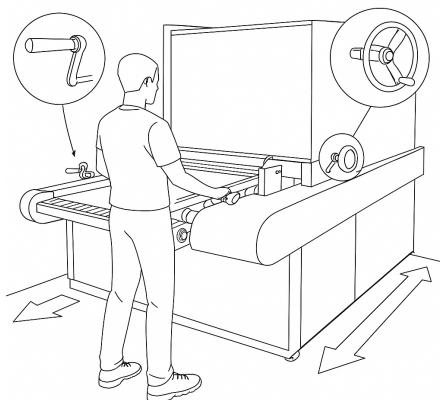


Figura 39. Diseño y acceso de las manivelas de ajuste (Fuente: elaboración propia).

- **Plataformas de acceso (solo como contingencia):** proporcionar plataformas para que la persona pueda subirse en el caso de que los controles queden muy altos o alejados. La plataforma ha de ser amplia, estable y con superficie antideslizante.

ENTORNO Y ORGANIZACIÓN

- Asegurar un espacio libre adecuado a todos los puntos de la máquina. Verificar que existe un espacio libre . 80–90 cm ante los elementos que han de manejarse y accesos.
- Iluminación: En general se recomienda un nivel de iluminación \neq 300–500 lux (\neq 500 lux en la zona de control), sin deslumbramientos, Valorar si es necesaria una luz puntual en la reposición de tintas.
- Suelo: antideslizante y seco.
- Mantenimiento preventivo: limpieza con útiles de mango telescópico, revisión de retenes para evitar goteos, y ajuste periódico de manivelas/palancas.

REFERENCIAS

- AENOR. UNE-EN 547-2:1997+ A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Medidas del cuerpo humano. Parte 2: Principios para la determinación de las dimensiones requeridas para las aberturas de acceso. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 894-3:2001+ A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 1005-3 (2002) + A1 (2009). Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- AENOR. UNE-EN 14738:2010. Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid.
- Álvarez, A., 2017, Nota Técnica de Prevención 1088: Alcance máximo y normal en el plano horizontal, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Benjumea, A. C. (2001). Datos antropométricos de la población laboral española. Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (14), 22-30.
- Castelló, P., Piedrabuena, A., Ferreras, A., García, C., Murcia, J., Corrales, J. M., Casañ, C.,Rodrigo, J. (2010) ERGOMAD: Manual de Ergonomía para Máquinas del Sector de Transformados de Madera. IBV, Valencia.
- Castelló, P., Oltra, A., Pagán, P., Sendra, R., Murcia, J., Corrales, J. M., Casañ, C.,Rodrigo, J. (2010) ERGOMETAL: Manual de Ergonomía para Máquinas del Sector Metal. IBV, Valencia.
- IBV (2023). Proyecto (IMDEEA/2022/23) de Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales, financiado por el programa 2022 de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) dirigida a centros tecnológicos de la Comunitat Valenciana para el desarrollo de proyectos de I+D de carácter no económico realizados en colaboración con empresas, cofinanciado por la Unión Europea.
- IBV (2022). Guía de recomendaciones para la incorporación del enfoque de género en la adecuación ergonómica. Proyecto IMDEEA/2021/33 financiado por el programa 2021 de ayudas del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) de Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales.
- IBV (2020). Integración de la perspectiva de género en los criterios de adecuación ergonómica de entornos laborales. <https://genero.ibv.org/manual>
- IBV (2000). Ergo/IBV – Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia.
- INSHT (2016). Herramientas manuales: criterios ergonómicos y de seguridad para su selección. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- INSHT (2003). Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- ISO 11228-1:2021(en) Ergonomics – Manual handling – Part 1: Lifting, lowering and carrying. International Organization for Standardization (ISO).
- NIOSH (2006). Ergonomía Fácil: Guía para la Selección de Herramientas de herramientas manuales. Madrid: INSHT, 2006, 14 p, ISBN 84-7425-718-2.
- Reglamento (UE) 2023/1230 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2023, relativo a las máquinas, y por el que se derogan la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y la Directiva 73/361/CEE del Consejo.

Proyecto/acción (TRCOIN/2025/17) apoyado/a por la Conselleria de Educación, Cultura, Universidades y Empleo en el marco de las subvenciones en materia de colaboración institucional, a través de acciones sectoriales e intersectoriales mediante programas o actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales en la Comunitat Valenciana para el ejercicio 2025.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

Conselleria de Educación, Cultura,
Universidades y Empleo

ASCER

Asociación Española
de Fabricantes de Azulejos
y Pavimentos Cerámicos

Con la colaboración de:



INSTITUTO DE
BIOMECÁNICA
DE VALENCIA