

Diseño ergonómico en lavanderías industriales

Desmanchadora industrial

Documento de Trabajo de Grado en Investigación

Santiago Rios Arcila

Programa de Diseño Industrial – Escuela de Diseño

Facultad de Ingeniería, Diseño e Innovación

Politécnico Grancolombiano

Directora: Andrea Lorena Guerrero Jiménez

Codirector: Daniel Francisco Hoyos Caviedes

Junio de 2025



Tabla de contenido

<i>Datos del Trabajo de Grado</i>	3
1.Introducción	7
1. Antecedentes del Caso:	7
2. Descripción de la situación	14
3. Definición de la Problemática	23
4. OBJETIVOS	28
4.1. Objetivo General	28
4.2. Objetivos Específicos	28
5. Propuesta metodológica del proceso de diseño	28
<i>Metodología aplicada</i>	29
<i>Design Thinking</i>	29
<i>Evaluación ergonómica: metodología RULA</i>	30
<i>¿Cómo funciona RULA?</i>	30
<i>Aplicación en el proyecto</i>	31
6. Determinantes de diseño	31
7. Propuesta de diseño (producto, sistema, servicio, experiencia)	32
7.1. Descripción del contexto, usuario y actividad propuestos	41
7.2. Aspectos formal-estéticos y semióticos	42
7.3. Aspectos técnico-productivos	43
7.4. Aspectos ambientales.	46
7.5. Aspectos de gestión.	49
8. Comprobaciones.....	52
8.1. Modelos de Comprobación y Prototipos.....	52
8.2. Protocolos de comprobación aplicados	54
8.3. Resultados de las comprobaciones, recomendaciones, ajustes a segunda versión.....	57
9. Conclusiones	63
Referencias Bibliográficas	65

Datos del Trabajo de Grado

Programa Académico: Diseño Industrial

Título del Proyecto (En español e inglés): PowerVap -

Datos del (los) Autor(es):

Nombres	Apellidos	Correo Electrónico	Programa Académico	Modalidad (Presencial / Virtual)	Biografía académica (hasta 60 palabras)
Santiago	Rios Arcila	srios@poligran.edu.co	Diseño industrial	Presencial	Estudiante programa de Diseño Industrial – Politécnico Grancolombiano Sede Bogotá

Fecha de entrega del documento Trabajo de Grado (DD/MM/AAAA):

6	JUNIO	2025
---	-------	------

Resumen:

Desde el área de Diseño Industrial se examinó una actividad en una lavandería ubicada en la ciudad de Bogotá. En su proceso productivo, la lavandería intervenida cuenta con seis estaciones por las que debe pasar una prenda para ser terminada y entregada al cliente. Se detalló cada una de estas estaciones y se identificó una actividad de riesgo, relacionada con carga postural y exposición a altas temperaturas, que afecta principalmente las extremidades superiores y el rostro del operario.

La actividad de terminado y pulido corresponde a la cuarta estación del ciclo, por la cual pasan las prendas antes de llegar a la zona de despacho. A partir del análisis de esta etapa, se realizaron diversas pruebas para lograr una intervención adecuada y diseñar una solución acorde con las necesidades detectadas. Se llevaron a cabo mediciones de iluminación, temperatura y ruido, además de un levantamiento del plano del establecimiento para analizar el recorrido de la actividad dentro del espacio.

Se utilizó la metodología de ergonomía conocida por sus siglas en inglés como RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Para el análisis de la actividad, se grabaron videos utilizando el software HAPO LEA para verificar desde diferentes ángulos los rangos de movimiento que realiza el operario en la actividad de terminado y pulido. Con base en los datos recopilados, se establecieron los determinantes y requerimientos de diseño. A partir de esta información, se elaboraron bocetos y modelos de verificación que permitieron comprobar el cumplimiento de los requerimientos del diseño, y finalmente, se desarrolló un modelo funcional de la herramienta, el cual fue utilizado durante una jornada laboral habitual.

Abstract:

The Industrial Design department examined an activity at a laundry located in Bogotá. In its production process, the laundry undergoing intervention has six stations through which a garment must pass before being finished and delivered to the customer. Each of

these stations was detailed, and a risk activity was identified, related to postural loading and exposure to high temperatures, which primarily affects the operator's upper extremities and face.

The finishing and polishing activity corresponds to the fourth station in the cycle, through which the garments pass before reaching the dispatch area. Based on the analysis of this stage, various tests were conducted to determine an appropriate intervention and design a solution tailored to the identified needs. Lighting, temperature, and noise measurements were taken, in addition to a floor plan of the establishment to analyze the activity path within the space.

The ergonomics methodology known by its acronym RULA (Rapid Upper Limb Assessment) was used. For activity analysis, videos were recorded using HAPO LEA software to verify the operator's range of motion from different angles during the finishing and polishing process. Based on the collected data, the design determinants and requirements were established. Based on this information, sketches and verification models were created to verify compliance with the design requirements. Finally, a functional model of the tool was developed and used during a typical workday.

Palabras clave:

Ergonomía en lavanderías - Maquinaria de vapor para lavandería - Limpieza de textiles con vapor – terminado y pulido en lavanderías – Desmanchadora en lavanderías – Desmanchadoras de vapor para lavanderías

Keywords:

Ergonomics in Laundry - Steam Laundry Equipment - Steam Cleaning of Textiles - Finishing and Polishing in Laundry - Stain Removal in Laundry - Steam Stain Removers for Laundry

Objetivo de Aprendizaje:

Asignaturas en las que puede ser utilizado el caso de estudio:

El documento de este proyecto podrá ser empleado en diversas asignaturas y talleres de la Facultad de Ingeniería, Diseño e Innovación del Politécnico Grancolombiano. Servirá como ejemplo de diseño de producto y diseño de puesto de trabajo basado en una problemática real. Las asignaturas que podrán abordar este caso de estudio son: Taller de Ergonomía y Antropometría, Forma y Función, Dibujo Técnico, Modelos y Prototipos, Materiales y Procesos Plásticos y Traslúcidos, Modelado y Animación en 3D, y Materiales y Procesos Metálicos.

1.Introducción

Las lavanderías en Bogotá surgieron a mediados del siglo XX como respuesta a la vida urbana y la falta de tiempo de los habitantes. Hoy en día, funcionan mediante equipos modernos, ofreciendo servicios como lavado, secado, planchado y, en algunos casos, recolección y entrega a domicilio. Una lavandería promedio utiliza máquinas industriales y detergentes especializados, atendiendo principalmente a estudiantes, trabajadores y familias con espacios limitados para realizar estas tareas en casa. Estos negocios se adaptan a las necesidades de los clientes ofreciendo opciones rápidas y accesibles.

Como caso de estudio, se realizó un trabajo investigativo y de desarrollo para la creación de un producto en la lavandería industrial LAVASECO D´CLASS en el barrio Verbenal en la ciudad de Bogotá. El proyecto inició en el año 2022 como un ejercicio de proyecto académico de aula, con una problemática clara, el mal manejo en la zona de desmanchado o terminado y pulido, el cual genera alto riesgo ergonómico por las altas temperaturas y movimientos repetitivos y cargas posturales.

En el año 2024 se retomó el proyecto con el fin de recolectar más datos que indicarían una necesidad, el rediseño en el puesto de trabajo.

1. Antecedentes del Caso:

LAVASECO D´CLASS, lavandería de mediana operación ubicada en la ciudad de Bogotá, en el barrio Verbenal (Cra16# 186B-144), realiza trabajos de limpieza en prendas de vestir para los habitantes del sector. La empresa cuenta con cuatro empleados, tres de ellos están capacitados para realizar cualquier actividad dentro del local y cuentan con el conocimiento necesario para usar la maquinaria y saber su correcto funcionamiento, cuentan con diferentes tareas y puestos de trabajo asignados dentro de la lavandería, están ubicados en el área de recepción, planchado y terminado y pulido y el cuarto empleado realiza las labores que requieren servicio a domicilio.

Proceso Productivo

En la investigación que se realizó dentro de lavandería es importante entender el proceso productivo, el cual cuenta con seis ciclos antes de que la prenda sea entregada al cliente como es ilustrado en la imagen 1.



Imagen 1. Proceso productivo lavandería.

Datos del local

La imagen 2 muestra que se realizó un levantamiento del plano general del establecimiento, para entender dónde están ubicados los puestos de trabajo, la maquinaria y ver el recorrido que realiza la prenda dentro de la lavandería.



Imagen 2. Plano general de Lavaseco D´Class, recorrido del operario en el espacio de trabajo.

Se elaboró un plano donde se pueden observar las mediciones de ruido, luz y temperatura dentro del espacio de trabajo y en cada uno de los puestos de trabajo.

Para realizar estas pruebas, se utilizó un luxómetro, un sonómetro y un monitor de estrés térmico. La prueba se llevó a cabo durante un horario laboral habitual, con toda la planta en operación. Los datos se obtuvieron a partir de las cinco zonas de trabajo de la lavandería que se muestran en la imagen 3.

En la imagen 3 se muestran los resultados de estas mediciones.

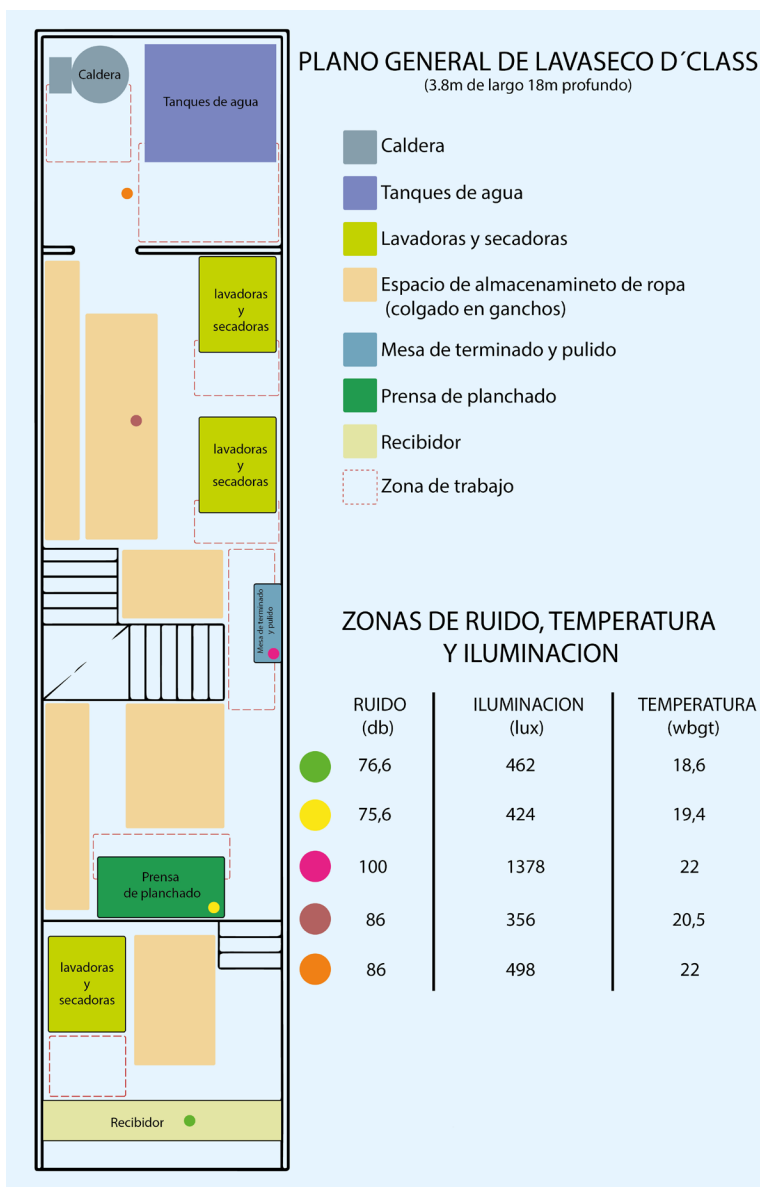


Imagen 3. Plano general de Lavaseco D´Class.

Conclusiones de las pruebas realizadas en campo

Pruebas y resultados de ruido

Según la Resolución número 1792 de 1990 se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.

Artículo 1: Adoptar como valores límites permisibles para exposición ocupacional al ruido, los siguientes:

Para exposición durante ocho (8) horas: 85 dBA. Parafraseo: (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1990)

En la imagen 3 se puede observar que cada estación de trabajo presenta un valor diferente de nivel de ruido. De las cinco estaciones evaluadas, todas superan el límite permitido según lo establecido en la normativa vigente, lo cual indica que existe un riesgo por exposición al ruido dentro de la lavandería.

A continuación, se presentan los resultados individuales de cada medición, junto con su respectivo análisis:

- **Recibidor:** 76,6 dB
Supera el límite permitido, lo que representa un riesgo leve, pero constante, para la salud auditiva si la exposición es prolongada.
- **Prensa de planchado:** 75,6 dB
Aunque apenas por encima del límite, este valor también representa un riesgo acumulativo si no se implementan medidas de control.
- **Mesa de terminado y pulido:** 100 dB
Este nivel es significativamente alto y representa un riesgo severo de daño auditivo. Se requieren acciones inmediatas, como aislamiento acústico o el uso obligatorio de protectores auditivos.
- **Espacio de almacenamiento:** 86 dB
Excede el umbral permitido y puede generar fatiga auditiva. Es necesario evaluar la fuente del ruido y considerar estrategias de mitigación.

- **Zona de trabajo:** 86 dB

Al igual que el espacio de almacenamiento, este nivel de ruido requiere intervención, ya sea mediante reubicación de maquinaria, barreras acústicas o protección personal.

Recomendaciones generales

- Implementar el uso obligatorio de protectores auditivos para el personal.
- Evaluar la posibilidad de aislamiento acústico en áreas críticas.
- Realizar mantenimiento preventivo a los equipos para reducir el nivel de ruido generado.
- Capacitar al personal sobre los riesgos del ruido y las medidas de prevención.
- Realizar nuevas mediciones periódicamente para hacer seguimiento a la efectividad de las acciones correctivas.

Pruebas de iluminación

De acuerdo con los estándares de RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), en la industria textil se recomienda una iluminancia óptima de 300 a 500 lux. Este reglamento establece los requisitos mínimos de iluminación en espacios interiores y exteriores, con el fin de garantizar condiciones visuales adecuadas para la seguridad, el confort y la eficiencia en el trabajo. En las cinco estaciones evaluadas, los niveles de iluminación se encontraron dentro de este rango recomendado.

En la zona de terminado y pulido se registró un valor de 1378 lux, el cual supera el rango estándar general de 300 a 500 lux. No obstante, esta cifra es adecuada y justificable debido a la naturaleza detallada y precisa del trabajo que allí se realiza. La inspección visual de las prendas exige altos niveles de iluminación para garantizar la detección de defectos, asegurar la calidad del producto final y reducir la posibilidad de errores. Además, normas internacionales recomiendan niveles de 1000 lux o superiores para actividades de inspección visual fina, por lo que el nivel registrado se encuentra dentro de parámetros aceptables para este tipo de tarea.

Temperatura WBGT

El cálculo del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature), utilizado para estimar el estrés térmico en ambientes calurosos, está establecido en la norma UNE-EN 27243, según lo indica la Asociación Española de Normalización (AENOR, 1995). Se utiliza en ambientes laborales como una aproximación a la hora de determinar si una situación de estrés térmico es admisible para un trabajador.

Se identificó que la actividad que más se asemeja a las labores en la lavandería es "De pie, actividad ligera" (como compras, trabajos de laboratorio o industria ligera). Según esta clasificación, la carga metabólica de la actividad es 1,6 MET. Posteriormente, se utilizó una tabla de escala MET (unidad que mide el nivel de actividad) para convertir este valor en kilocalorías por hora (kcal/h), obteniendo un resultado de 145 kcal/h.

Se realizaron pruebas en las cinco estaciones de trabajo y se comprobó que no existe riesgo de estrés térmico. Esta conclusión se sustenta en el cruce del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) y el nivel de calor metabólico generado por los operarios, el cual no se ubica por encima de la curva de riesgo establecida por la normativa. Esto indica que las condiciones térmicas en las estaciones evaluadas se encuentran dentro de los límites seguros para la jornada laboral, sin representar una amenaza significativa para la salud del personal, como es ilustrado en la imagen 4.

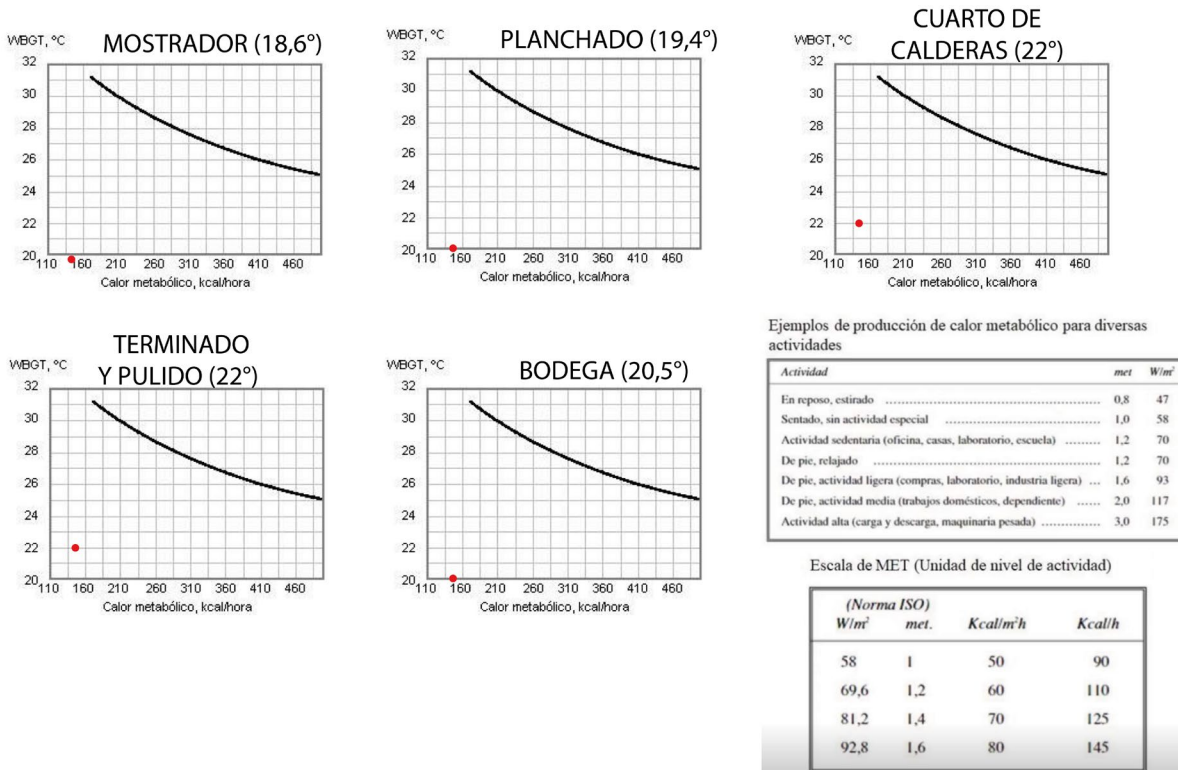


Imagen 4. Resultados nivel de riesgo de estrés térmico.

2. Descripción de la situación

Durante la investigación y las visitas realizadas a la lavandería, se identificaron diversos riesgos en el cuarto ciclo del proceso productivo, específicamente en la zona de terminado y pulido. Antes de abordar estos riesgos, es importante describir cómo funciona esta etapa.

El ciclo de trabajo inicia cuando el operario recoge las prendas ya secas de la secadora y las coloca en un estante ubicado a su derecha. A partir de ahí, las prendas pasan a ser revisadas minuciosamente en el puesto de trabajo. Este proceso consiste en inspeccionar cuidadosamente las prendas para detectar manchas o imperfecciones en la tela que la secadora no haya eliminado o que haya resaltado. El operario utiliza vapor para realizar un "mapeo" general de la prenda y aplica presión adicional en las áreas con manchas, con el objetivo de eliminarlas. Una vez finalizada esta revisión, las prendas se colocan en una canasta y se trasladan al siguiente proceso, que es el planchado.



Imagen 5. Puesto de trabajo en operación.

La etapa de terminado y pulido se lleva a cabo utilizando una herramienta que expulsa vapor a presión, controlada mediante un pedal. Este puesto de trabajo cuenta con un caballete equipado con una mesa de vacío que ayuda a absorber líquidos y eliminar imperfecciones. Además, dispone de un estante donde se almacenan productos de limpieza especializados, como líquidos desmanchadores, entre otros.



Imagen 6. Puesto de trabajo.

Actualmente, la lavandería utiliza una mesa de desmanchado o de terminado y pulido, pero el propietario está considerando adquirir una nueva máquina que ofrezca mayores estándares de seguridad y eficiencia. El interés por renovar el equipo surge al identificar los riesgos asociados con la mesa actual.

Entre las principales problemáticas se encuentran la alta temperatura de la herramienta y el ruido provocado por la expulsión de vapor a través de la boquilla. Además, el puesto de trabajo resulta incómodo, ya que no cuenta con dimensiones adecuadas ni ajustes que faciliten la manipulación de las prendas. Todo esto resalta la necesidad de modernizar el proceso y mejorar las condiciones de trabajo.

Para el nuevo desarrollo se realizó una visita para obtener nuevos datos, se conocieron las temperaturas del medio ambiente (local donde se encuentra la lavandería), temperaturas de la zona de terminado y pulido, temperatura de la herramienta y temperatura de las extremidades que están con más contacto con el vapor a la hora de la actividad de terminado y pulido; Se realizó una entrevista al operario con preguntas relacionadas con

lesiones dentro de y después de la actividad de terminado y pulido, para poder encontrar el método ergonómico más apropiado.

Descripción de la herramienta actual

Se analizó y examinó la herramienta utilizada actualmente para el terminado y pulido o desmanchado. Se llevaron a cabo pruebas de temperatura en diferentes sectores de la herramienta para identificar las áreas con mayor generación de calor, especialmente en los puntos de contacto con el operario. Además, se creó un modelo de la herramienta que muestra las zonas de calor, indicando las temperaturas antes y después de la operación, así como las áreas más críticas. También se evaluó la temperatura del vapor expulsado en las zonas del tronco y rostro del operario durante la operación.

En la siguiente imagen se numeraron del uno al ocho los puntos en donde se tomaron las pruebas de calor, esto con el fin de determinar en una tabla las temperaturas antes y después de realizar la operación de terminado y pulido. (imagen 5 y 6)

Herramienta actual



Imagen 7. Herramienta actual.

Zonas de calor

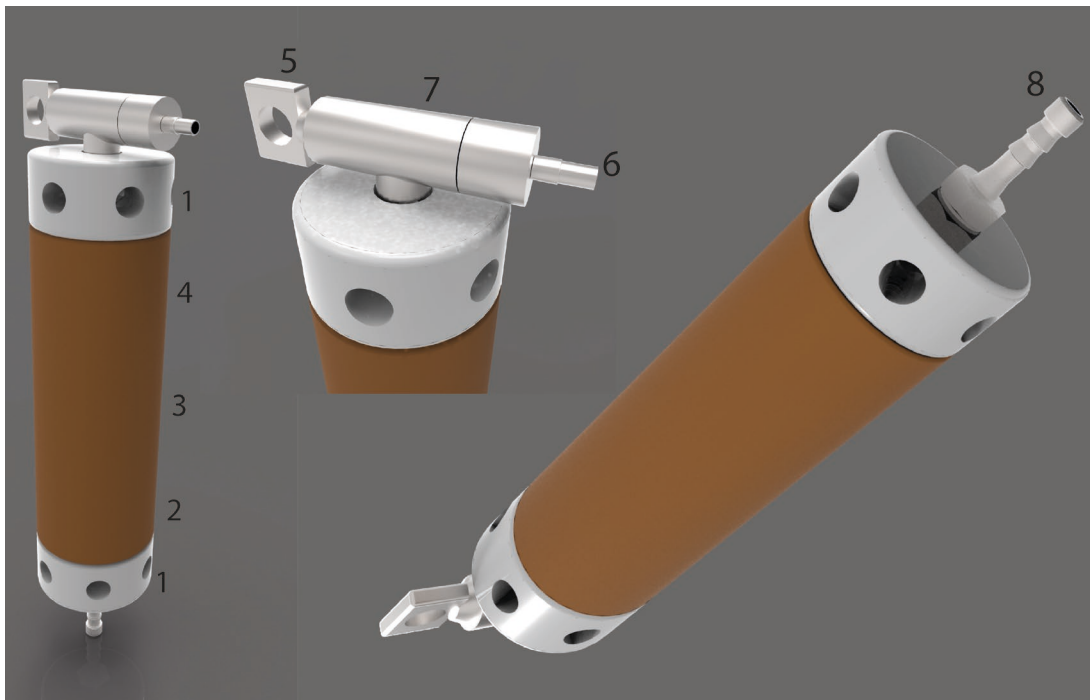


Imagen 8. Modelo de la herramienta actual.

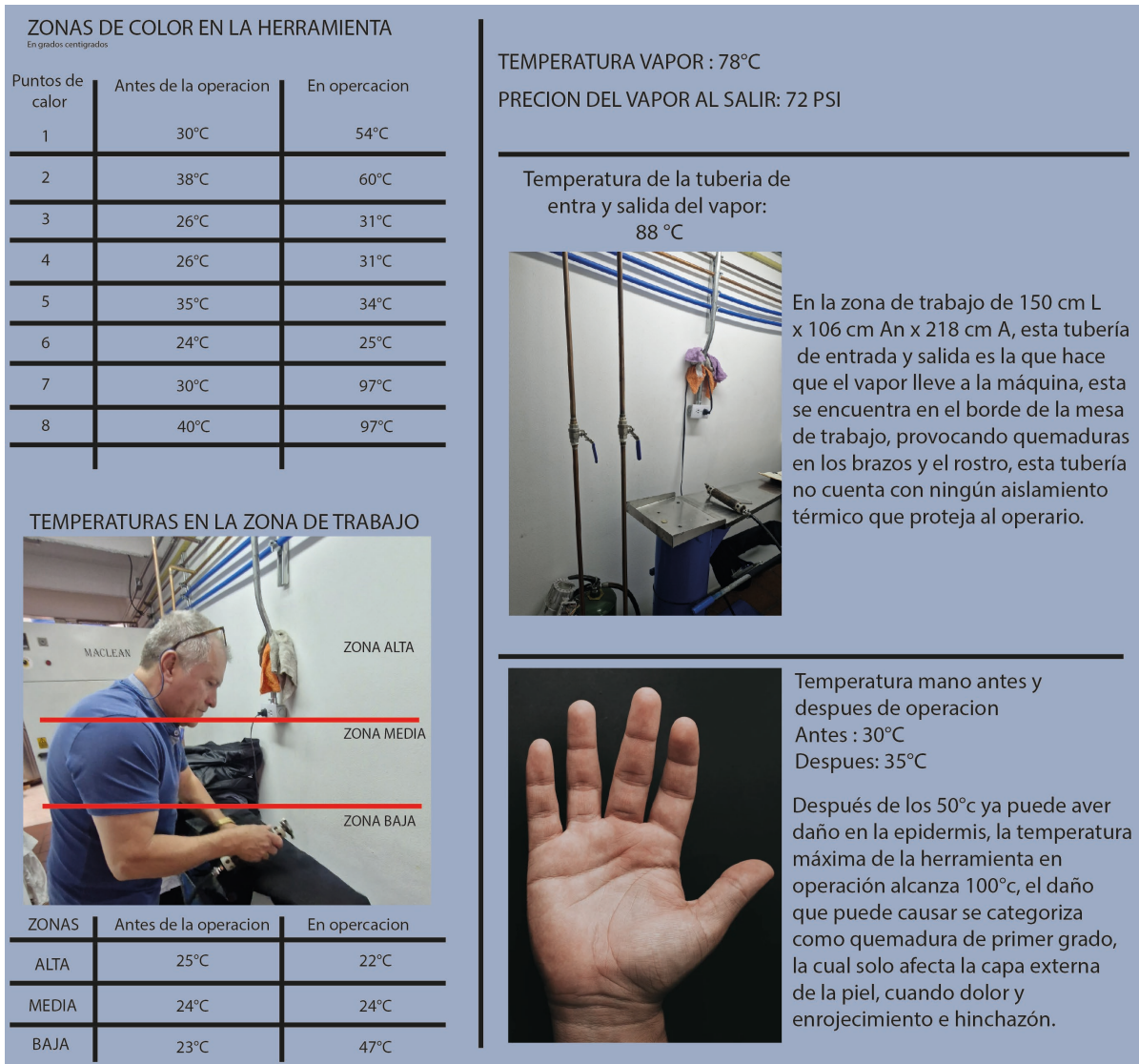


Imagen 9. Análisis zonas de calor herramienta actual.

Análisis Tipológico

Introducción

Para este análisis tipológico se estableció una comparación entre dos actividades de distinta naturaleza, pero con características ergonómicas similares. El objetivo es identificar riesgos comunes y evaluar las condiciones de trabajo desde un enfoque funcional, considerando factores como postura, movimientos repetitivos, herramientas utilizadas y exposición a condiciones físicas exigentes.

¿La soldadura es igual al terminado y pulido?

El análisis tipológico se llevó a cabo examinando los movimientos repetitivos que realiza el cuerpo en el terminado y pulido, también el tipo de herramienta y las condiciones en las que el operario se encuentra. Esas acciones se relacionaron con la actividad de soldadura de arco en un taller metalmecánico.

La soldadura por arco es una actividad que guarda ciertas similitudes con las tareas de terminado y pulido en una lavandería industrial. Ambas requieren largas horas de trabajo en diferentes posturas, que varían según el tipo de tarea a realizar. Además, la soldadura expone a los trabajadores a intensas radiaciones y luz, lo que puede causar daños físicos graves, como cáncer de pulmón y otros efectos adversos en el cuerpo humano. Por otro lado, estas actividades comparten el uso de herramientas que pueden alcanzar temperaturas de entre 100 y 150 grados centígrados. Es ampliamente reconocido que los soldadores deben utilizar indumentaria adecuada, como guantes de carnaza o cuero. La falta de esta protección puede ocasionar consecuencias similares a las que se producen al manejar herramientas de terminado y pulido sin la protección adecuada en una lavandería industrial.

¿Qué hay en el mercado actual?

Existen diversas empresas encargadas de fabricar estos equipos. Una de ellas es una marca italiana de la marca PONY, la cual cuenta con un equipo muy completo y con lo necesario para realizar la actividad, este equipo cuenta con una mesa de trabajo para manipular la prenda, en la punta de esta se encuentran rejillas para el vacío, esto hace que los residuos sean succionados, cuenta con dos conectores en la parte superior donde por uno se expulsa aire y en el otro se encuentra la herramienta principal la cual es una pistola que puede variar el modelo, esta expulsa vapor de agua caliente o algún desmáncate, se acciona por medio de un pedal, sin embargo, no cuenta con equipos de protección para la manipulación de la herramienta y la carga postural no cambia con lo que se está realizando actualmente. El tema de las altas temperaturas no es la excepción y sigue siendo igual al actual.

Otra de las empresas es de la ciudad de Bogotá; esta fábrica la herramienta muy rudimentaria tratando de imitar la italiana, esta se realiza a partir de un equipo donante el

cual ya fue utilizado años atrás con el mismo funcionamiento y lo adecuan para cumplir con las necesidades actuales. Este es más riesgoso ya que los fabricantes no tienen el conocimiento necesario para el uso de los elementos de protección y también utilizan materiales los cuales aumentan su temperatura y no protegen al operario. El equipo cumple actualmente con el trabajo en la lavandería que bien podría ser el terminado y pulido o el desmanchado. (imagen 10, 11 y 12)



Imagen 10. Equipo italiano.



Imagen 11 y 12. Equipo Bogotá.

¿Por qué vapor?

En la fase creativa se preguntó si el vapor era necesario para esta actividad y si no había otro método de retirar estas manchas que las lavadoras no retiraban, ya que el vapor es la principal razón de este proyecto de investigación y desarrollo.

En una visita a la lavandería se le preguntó al dueño, el señor Eli Ariza, quien cuenta con bastantes años de experiencia, si el vapor es importante para esta actividad, a lo que él respondió:

En la industria del lavado de ropa o del textil el vapor es importante porque higieniza las prendas, retira olores, polvo y bacterias en la tela, suaviza las arrugas y relaja de algún modo la prenda, además por el hecho de que el vapor es agua resulta incoloro e inodoro. Este es indispensable en la lavandería y en el proceso productivo, por lo que no se puede remplazar. También es importante saber que viene del agua, por ende, es más económico. Las lavanderías cuentan con calderas y un sistema en la infraestructura que conduce este vapor por las áreas en las que se requiere.

3. Definición de la Problemática

Durante el análisis del cuarto ciclo productivo en la lavandería industrial (terminado y pulido o desmanchado), se identificaron múltiples problemáticas que afectan la salud y el bienestar del operario. La principal dificultad radica en la ejecución constante de movimientos repetitivos y forzados, realizados con posturas incorrectas durante largas jornadas de trabajo de hasta 8 horas. Estas condiciones incrementan el riesgo de lesiones musculoesqueléticas a mediano y largo plazo.

Además, se evidenció que la herramienta manual utilizada en esta etapa presenta deficiencias ergonómicas importantes: su diseño no se adapta a las necesidades del operario ni al tipo de tarea que se realiza. El material con el que está fabricada no aísla adecuadamente el calor generado durante el uso, lo que provoca exposición térmica directa en manos y muñecas. Su forma, peso y sistema de agarre resultan inseguros, aumentando el riesgo de fatiga, quemaduras y lesiones por uso prolongado.

Esta combinación de factores convierte al ciclo de terminado y pulido en un punto crítico dentro del proceso productivo, que requiere intervención inmediata para prevenir daños en la salud de los trabajadores y mejorar las condiciones ergonómicas del puesto.

Problemática en la carga postural

Extremidades Afectadas

- **Cuello:** El primer problema identificado fue la flexión y rotación del cuello, movimientos que ocurren durante la manipulación de las prendas y su inspección en busca de imperfecciones. Estos movimientos también se presentan al tomar las prendas del estante tras el proceso de planchado y al colocarlas nuevamente después del terminado. Según la metodología RULA, la puntuación asignada a estos movimientos sería de 3 a 4 puntos, ya que exceden los 10° permitidos.

Rotación del cuello



Imagen 13. Angulos de rotación del cuello de 10° a 20°

- **Tronco y Cadera:** La siguiente postura es una de las más críticas, ya que el operario mantiene una inclinación del tronco inadecuada para la actividad, permaneciendo en esta posición durante largas horas de trabajo de forma repetitiva. La inclinación del operario varía entre 0° y 30°, lo que según la metodología tendría una puntuación de 1 a 2. Sin embargo, como se observa en la gráfica, la inclinación supera los 30° durante la mitad del tiempo, lo que eleva la puntuación a entre 3 y 4. El operario adopta esta postura al manipular la herramienta sobre la superficie de trabajo, para alcanzar piezas y también al agacharse para recoger prendas del estante.

Flexión del tronco



Imagen 14. Ángulos de flexión del tronco de 0° a 30°

- **Hombro derecho:** La abducción del hombro derecho presenta un riesgo, ya que durante la actividad el operario manipula la herramienta principal, alcanza otras herramientas dentro del área de trabajo y toma prendas del estante ubicado al costado derecho. Al ser diestro, la carga se concentra en su hombro derecho; si fuera zurdo, el problema afectaría al hombro izquierdo. El rango de abducción se encuentra entre 25° y 50°, y según la metodología RULA, el nivel de riesgo tendría una puntuación de 1 a 2.

Abducción del hombro derecho

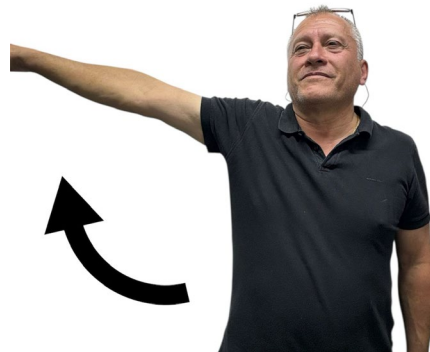


Imagen 15. Ángulos abducción del hombro derecho entre 25° a 50°

- **Hombro izquierdo:** La flexión del hombro izquierdo durante la actividad de terminado y pulido implica movimientos para manipular la prenda de derecha a izquierda, de arriba hacia abajo y de adelante hacia atrás. El ángulo que alcanza el codo varía entre 40° y 80°. Según la metodología RULA, el nivel de riesgo se clasificaría entre 1 y 2 puntos, debido al tiempo prolongado que el operario mantiene esta postura durante la tarea.

Flexión del hombro izquierdo

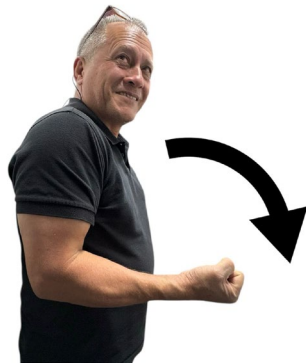


Imagen 16. Ángulos del hombro izquierdo entre 0° a 40°

- **Codos derecho e izquierdo:** Los codos derecho e izquierdo trabajan en ángulos de flexión que representan un alto riesgo, especialmente el codo derecho, que guía y sostiene la herramienta principal. Durante la actividad de pulido, el operario realiza movimientos circulares, flexión, y extensión, acercando y alejando la herramienta de las prendas para inspeccionarlas y corregir imperfecciones. El codo izquierdo complementa esta tarea girando y manipulando las prendas con movimientos de rotación y acercamiento.

Además, la altura del puesto de trabajo, de 87 cm, no es adecuada, lo que obliga al operario a inclinarse y extender los codos en exceso. Según la metodología RULA, el codo derecho muestra ángulos de 80° a 120°, clasificándose con 2-3 puntos, mientras que el codo izquierdo presenta ángulos de 40° a 80°, con una puntuación de 1-2 puntos

Flexión codo derecho



Flexión codo izquierdo



Imagen 17. Flexión codo derecho e izquierdo.

Problemática con la herramienta

La segunda problemática del puesto de trabajo de terminado y pulido es el calor emitido por la herramienta manual que se utiliza en toda la operación. La herramienta actual, fabricada por una empresa en la ciudad de Bogotá, no cumple con los estándares de seguridad para su manejo. Esta herramienta está compuesta por dos partes de plástico de

nylon en la parte superior e inferior, que sostienen la manguera y el mango, el cual es de corcho. La boquilla está hecha de metal, mientras que la manguera que conduce el vapor tiene poca resistencia y durabilidad, ya que tiende a perforarse, calentarse e incluso puede romperse, lo cual ya ha ocurrido en varias ocasiones.

Datos sobre la herramienta se puede observar en las imagenes 5,6,8.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Intervenir las condiciones de la salud laboral en la actividad de terminado y pulido de prendas en lavanderías industriales, por medio del diagnóstico y diseño ergonómico de herramientas y/o puesto de trabajo, teniendo en cuenta los riesgos asociados a la tarea y la eficiencia productiva.

4.2. Objetivos Específicos

Analizar detalladamente el proceso productivo de las lavanderías industriales en la fase de terminado y pulido, determinando los riesgos y las oportunidades específicas de mejoramiento por medio de los métodos de evaluación pertinentes.

Desarrollar una propuesta de diseño de herramienta y/o puesto de trabajo coherente con la situación de salud laboral identificada en la zona de terminado y pulido en una lavandería industrial.

Definir estrategias que garanticen el óptimo funcionamiento del producto en el espacio del trabajo, mediante la creación de modelos, prototipos y protocolos de comprobación.

5. Propuesta metodológica del proceso de diseño

Para el proceso de diseño se implementó el *Design Thinking* como base para desarrollar la investigación y el producto.

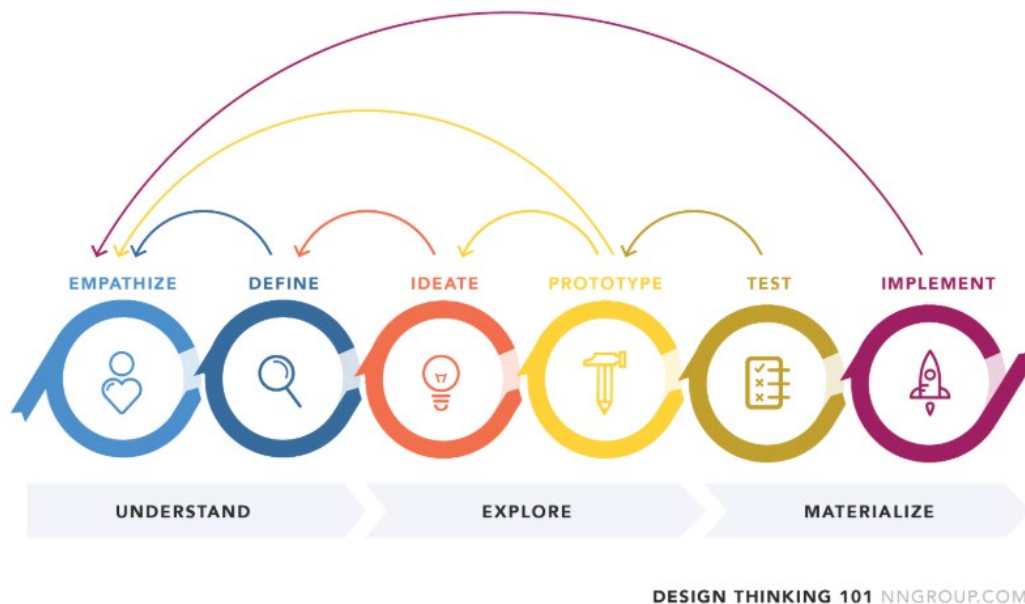


Imagen 18. Proceso metodología Design Thinking.

Metodología aplicada

Para el desarrollo del proyecto se implementaron dos enfoques metodológicos complementarios: Design Thinking y la evaluación ergonómica mediante la metodología RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Ambas herramientas permitieron abordar el problema de manera integral, desde la comprensión de las necesidades del usuario hasta la identificación de riesgos físicos en el entorno laboral.

Design Thinking

El Design Thinking es una metodología creativa, centrada en el ser humano, que se utiliza para resolver problemas complejos mediante la empatía, la colaboración y la experimentación. Este enfoque permite generar soluciones innovadoras al enfocarse en las verdaderas necesidades de las personas, explorando múltiples ideas y desarrollando prototipos que se prueban y refinan continuamente.

Durante el desarrollo del proyecto, se aplicaron las **seis etapas del Design Thinking**, lo que permitió llegar a un modelo final que responde tanto a las necesidades del usuario como a las condiciones del entorno de trabajo.

Evaluación ergonómica: metodología RULA

Paralelamente, se aplicó la metodología **RULA** para evaluar el nivel de riesgo ergonómico asociado a las posturas adoptadas en el ciclo de terminado y pulido. Esta herramienta está diseñada para analizar tareas que implican movimientos repetitivos y posturas forzadas, principalmente en las extremidades superiores, el cuello, el tronco y las piernas.

La elección de RULA se fundamentó en el tipo de actividad observada, caracterizada por esfuerzos continuos y posturas mantenidas durante periodos prolongados. Esta metodología permite identificar zonas corporales sometidas a mayor carga física y proporciona una puntuación de riesgo que guía la toma de decisiones en cuanto a rediseño o intervención ergonómica.

¿Cómo funciona RULA?

RULA asigna una puntuación del 1 al 7 para evaluar el nivel de riesgo postural. Esta calificación considera factores como:

- Postura del cuerpo
- Duración y frecuencia del movimiento
- Fuerza ejercida
- Esfuerzos repetitivos

Niveles de riesgo según RULA:

- **1–2 puntos:** Riesgo bajo – No se requieren cambios.
- **3–4 puntos:** Riesgo moderado – Se recomiendan ajustes en la tarea.
- **5–6 puntos:** Riesgo alto – Se deben realizar cambios pronto.
- **7 o más puntos:** Riesgo muy alto – Se requieren cambios inmediatos.

Aplicación en el proyecto

Utilizando esta metodología, se analizaron detalladamente los movimientos realizados por el operario durante la actividad de terminado y pulido, identificando los ángulos articulares más comprometidos y los posibles daños asociados a posturas inadecuadas.

En las siguientes secciones se presentarán las gráficas correspondientes, donde se evidencian los rangos de movimiento, las puntuaciones obtenidas y las actividades específicas evaluadas, con el fin de respaldar el diseño de soluciones ergonómicas efectivas.

6. Determinantes de diseño

Se realiza una tabla completa de terminaste de diseño en la cual se encuentra el Componente **Funcional** (factor mecánico y factor humano), **Componente Tecnológico** (factor material, factor procesos, factor costos, factor conocimientos), **Componente Comunicativo** (factor perceptual, factor cultural), **Componente Socioeconómico** (factor ventas/distribución, factor mercadológico).

La información de la tabla realizada arrojó tres propuestas (automática, semiautomática y mecánica) esto con el fin de mejorar el puesto de trabajo y la herramienta.

Con los datos proporcionados en la tabla '*Determinantes de Diseño*', se realizó una ponderación de los resultados más relevantes para seleccionar la mejor opción entre las tres. Según los resultados, el mecanizado obtuvo el puntaje más alto, como se muestra en la siguiente tabla.

Determinantes de diseño más relevantes para definir como fabricarlo						
	Automatico		Semi Auto		Mecanizado	
Ángulos seguros y eficientes para el trabajo	3		3		2	
Factor Costo (3 a 20 millones COP)	1		2		2	
Factor material (Herramientas, Tecnología, Materiales, Componentes)	3		2		2	
Factor Perceptual (el operario podrá adaptarse a la maquinaria)	2		3		3	
Factor Cultural (Normas de Seguridad)	3		2		2	
Factor Mercadológico	1		1		2	
Compra del equipo en Colombia (¿los empresarios pueden adquirir el equipo?)	1		3		3	
Responsabilidad ambiental	1		2		3	
Desgaste de la prendas (Vapor excesivo)	1		2		2	
Implementos de seguridad personal	3		2		2	
	1.9		2.2		2.3	

Imagen 19. Determinantes de diseño más relevantes.

Observando la tabla se determinó que la mejor opción es el mecanizado, esto porque tiene más puntos positivos en diferentes determinantes. La calificación para esto se hizo de 1-3 en cada determinante y al final se realizó un promedio de calificación para concluir que el mecanizado es la mejor opción.

7. Propuesta de diseño (producto, sistema, servicio, experiencia)

Propuesta de Mejora en la Actividad de Terminación y Pulido

La propuesta desarrollada aborda dos aspectos críticos identificados durante la actividad de terminación y pulido:

1. Las malas posturas adoptadas por los operarios en el puesto de trabajo.
2. El uso de herramientas manuales que alcanzan altas temperaturas durante su operación.

Ambos factores fueron analizados de manera individual, pero la solución propuesta integra ambas problemáticas con el objetivo de mejorar tanto la ergonomía como la seguridad en el entorno laboral.

Mejora de Acciones Posturales Inadecuadas

Se realizó una exploración detallada del puesto de trabajo, tanto en condiciones operativas como en reposo, con el fin de identificar oportunidades de mejora en términos de ergonomía y confort del operario. A partir de esta observación, se llevó a cabo una investigación antropométrica utilizando como referencia el documento *Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana* (1995), el cual proporciona medidas específicas de distintas partes del cuerpo, diferenciadas por género y estatura.

Con base en esta información, se propuso el rediseño del puesto de trabajo, específicamente una mesa principal ajustable en altura, que permite adaptarse a las características físicas de cada operario. Esta capacidad de ajuste mejora notablemente la comodidad, reduce el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y promueve una postura de trabajo más saludable.

Para determinar las dimensiones ergonómicas ideales, se elaboró una tabla propia a partir de los datos del estudio, con el fin de identificar los rangos de **altura radial** de la población colombiana. Los resultados muestran que, en los hombres, la altura radial mínima es de **98 cm** y la máxima de **114 cm**, mientras que en las mujeres la altura mínima es de **90 cm** y la máxima de **97 cm**.

A partir de estos datos, se definió que el **rango óptimo de ajuste** para la altura del puesto de trabajo debe estar entre **90 cm (posición más baja)** y **114 cm (posición más alta)**. Este rango permite que el mobiliario se adapte de forma adecuada a operarios de diferentes estaturas, garantizando una experiencia de trabajo personalizada.

El objetivo principal de esta propuesta es lograr que los movimientos del operario sean lo más naturales, cómodos y fluidos posible, minimizando la adopción de posturas forzadas que puedan derivar en complicaciones musculoesqueléticas a largo plazo. De esta manera, se asegura que cada trabajador pueda ajustar el puesto a la altura más adecuada para su cuerpo, mejorando tanto el confort como la eficiencia en el desarrollo de sus tareas.

Altura Radial	<div style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;"> Altura del puesto 98,7 → 114,3 </div>					
Hombre						
P _s	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅
98,7	100,6	103,3	106,5	109,6	112,4	114,3
158,0	160,7	164,6	168,6	173,3	177,1	179,3
Mujeres						
P _s	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅
91,4	93,0	95,3	97,8	101,0	103,1	105,3
146,7	148,7	151,7	155,6	156,6	163,7	166,2

Imagen 20. Tabla propia altura radial hombres y mujeres.

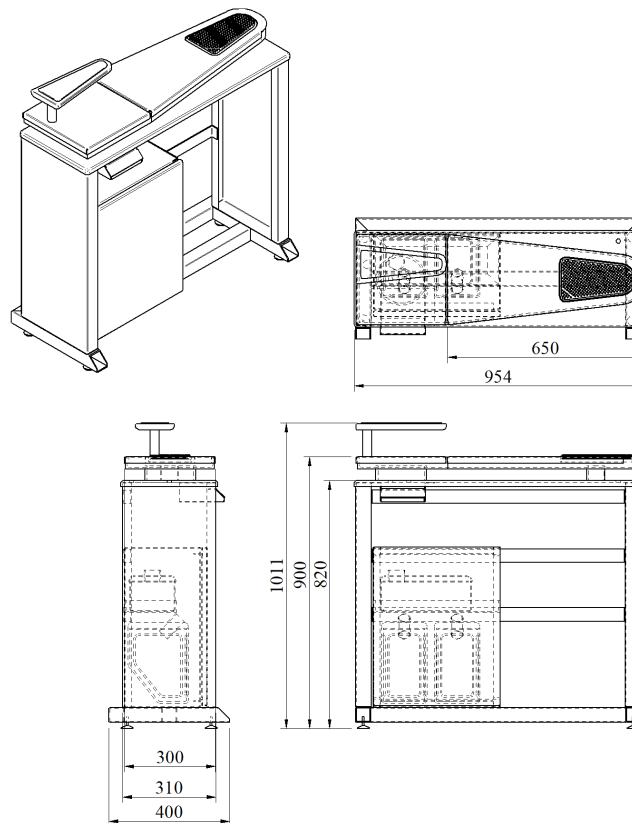


Imagen 21. Dimensiones generales del puesto de trabajo nuevo. Las menciones mostradas están en unidades de Milímetros.



Imagen 22. Nuevo puesto de trabajo.

Herramienta Manual de Vapor PowerVap

La nueva propuesta de rediseño de la herramienta manual de vapor requirió una investigación más profunda, debido a que esta herramienta implica una mayor manipulación directa por parte del operario. Durante la operación, el operario sostiene la herramienta con la mano la mayor parte del tiempo, por lo que uno de los principales objetivos fue reducir su exposición al calor generado por la herramienta. El calor generado proviene de las distintas áreas de la herramienta, como se observa en las imágenes 8 y 9. En ellas se destacan zonas críticas, como la parte superior de la boquilla, que durante la operación puede alcanzar temperaturas de hasta 97 °C. Por otro lado, el mango —zona en

contacto directo con el operario— puede llegar a los 60 °C. Estas elevadas temperaturas son consecuencia de una deficiente construcción y de la elección inadecuada de materiales.

Como resultado de la investigación, se determinó que la herramienta debía estar compuesta por dos partes diferenciadas: **la empuñadura y la cabeza**. Esta configuración busca aislar térmicamente al operario, a diferencia del modelo actual, en el que ambas partes forman una sola pieza y el calor se transfiere directamente a la empuñadura. A partir de esta premisa, se investigaron distintos tipos de empuñadura y se analizaron las **dimensiones antropométricas** de la mano para ambos géneros (masculino y femenino), con el fin de garantizar un diseño ergonómico y de uso universal.

Nombre Variable	Percentiles						
	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Datos Femeninos							
Anchura de la mano	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,1
Largura de la mano	15,4	15,7	16,1	16,6	17,2	17,7	18,1
Largura palma de la mano	8,4	8,6	8,9	9,2	9,6	10,0	10,1
Datos Masculino							
Anchura de la mano	7,7	7,9	8,1	8,4	8,7	8,9	9,1
Largura de la mano	16,8	17,2	17,7	18,3	19,0	19,6	20,0
Largura palma de la mano	9,3	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,3

Tabla 1. Percentiles dimensiones de la mano hombre y mujer.



Imagen 23. Referencia de las dimensiones de una mano.

Asimismo, se consideró que la herramienta debía ser **ambidiestra**, permitiendo su uso tanto con la mano derecha como con la izquierda, facilitando así su operación para usuarios

zurdos. Para el mecanismo de activación, se optó por un **gatillo de dedo índice** ubicado en la parte superior de la empuñadura. Este tipo de gatillo no compromete el agarre del mango, está centrado con respecto al dedo índice, mejora el control de la herramienta y es ideal para trabajos repetitivos y de precisión.

En el libro *El arte de la ergonomía*, se analizan los distintos diseños de empuñaduras utilizados en herramientas manuales. Entre ellos se mencionan la **empuñadura de arco**, la **empuñadura de pistola** y la **empuñadura recta**. Con base en esta clasificación y considerando el tipo de trabajo a realizar —terminado y pulido—, se determinó que la empuñadura tipo pistola de empuñamiento bajo es la opción más adecuada.

Esta empuñadura se diseña con un ángulo de **70° respecto al eje de expulsión del vapor**, lo que contribuye a mejorar la postura del usuario durante su utilización. Uno de sus beneficios clave es que **mantiene alineada la línea brazo-muñeca cuando se aplican fuerzas de empuje elevadas**, reduciendo así el riesgo de fatiga y lesiones musculoesqueléticas.

Asimismo, el mismo documento dedica un capítulo al análisis de los mecanismos de **accionamiento** más apropiados para herramientas manuales. Entre los distintos tipos de gatillos estudiados se encuentran: **gatillo de dedo**, **gatillo para dos dedos**, **gatillo de dedo pulgar**, **gatillo tipo palanca**, **arranque por empuje** y **gatillos de banda**. Con base en esta información, se concluyó que el mecanismo más adecuado para la herramienta es el **gatillo para dos dedos**. Esta elección se debe a que ofrece múltiples beneficios: **reduce el esfuerzo necesario para accionarlo**, **mejora la ergonomía general del equipo** y **permite una mayor flexibilidad**, ya que puede activarse cómodamente desde distintas posiciones de la empuñadura.

Finalmente, para definir las dimensiones adecuadas del mango, se consultaron datos antropométricos del estudio “*Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana, 1995*”. Se tomaron como referencia las medidas de **anchura de la mano**, **longitud total de la mano** y **longitud de la palma**, tanto en hombres como en mujeres, utilizando los percentiles P50 y P95. Esto permite asegurar que la herramienta sea adecuada

tanto para usuarios promedio como para aquellos con manos de mayor tamaño, optimizando así su uso en actividades de terminado y pulido.

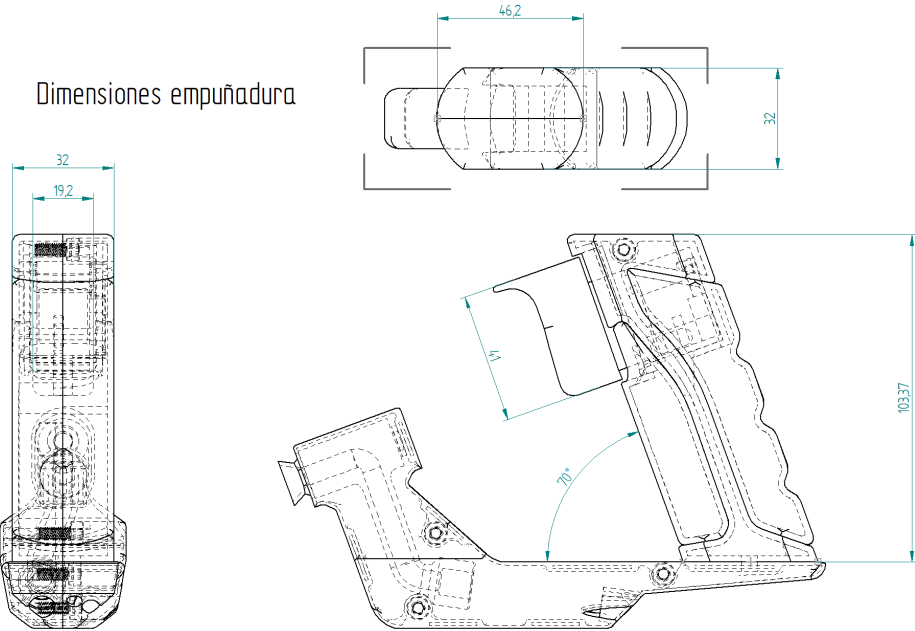


Imagen 24. Dimensiones y ángulo de la empuñadura.

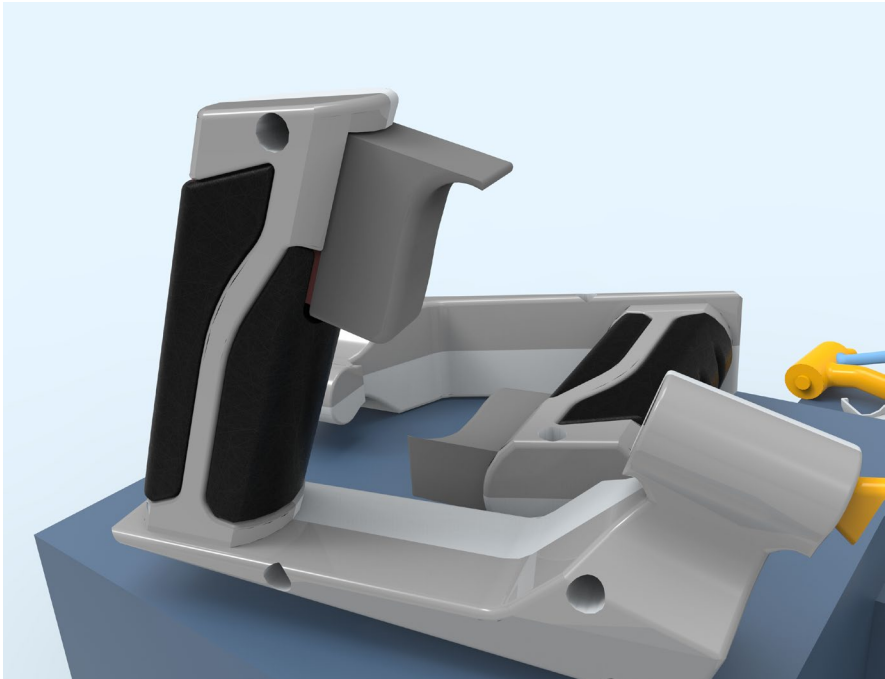


Imagen 25. Render de PowerVap.

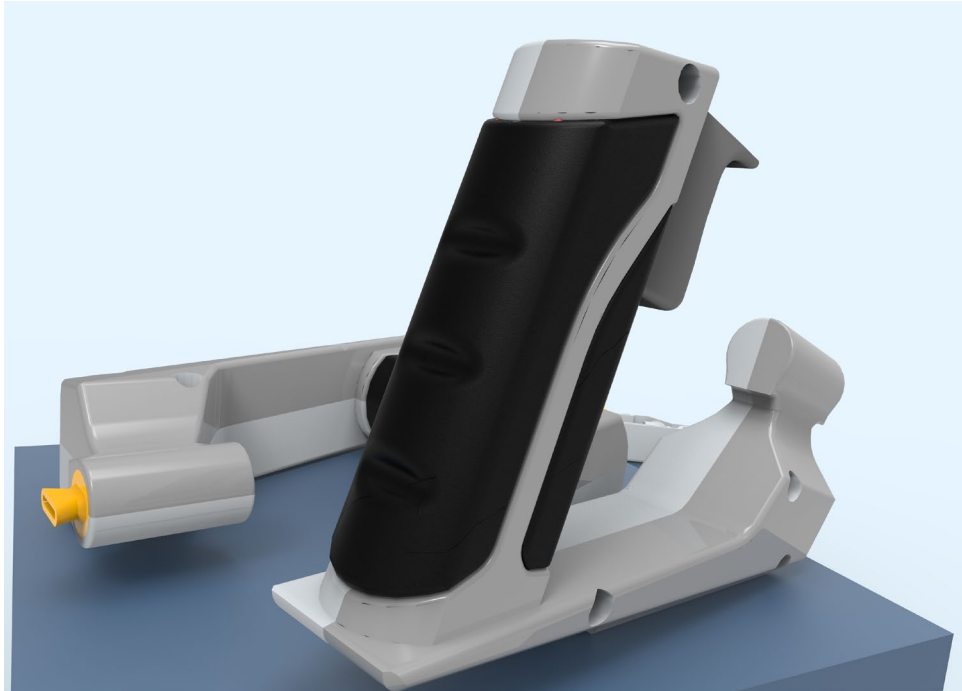


Imagen 26. Render de PowerVap.

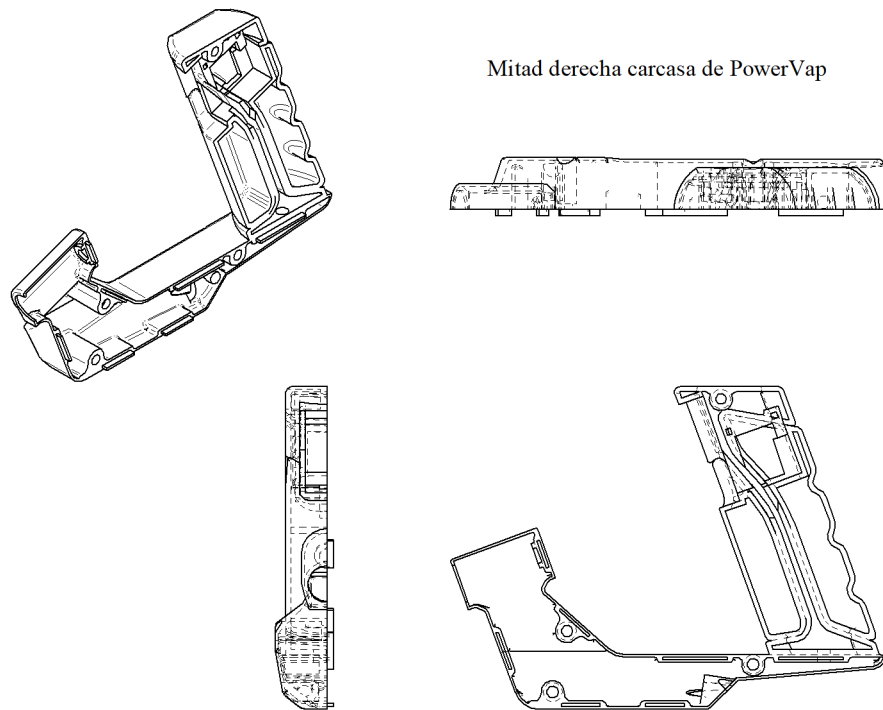


Imagen 27. Mitad derecha de la carcasa de PowerVap.

Tipos de boquillas que incorpora la PowerVap

PowerVap permite el intercambio de piezas fácilmente, lo que permitirá intercambiar las boquillas incluidas. Una de ellas será exclusiva para la emisión de vapor, mientras que la boquilla trifásica (3 en 1) ofrecerá la posibilidad de expulsar vapor, aire y agua o detergente, según las necesidades del operario y el tipo de tarea que realice en su lavandería.

Esta característica tiene un enfoque práctico, ya que **PowerVap** se comercializará por separado del puesto de trabajo. De este modo, lavanderías de menor tamaño podrán adquirir únicamente la herramienta que expulsa vapor, adaptándose a sus capacidades y requerimientos sin necesidad de una infraestructura completa.

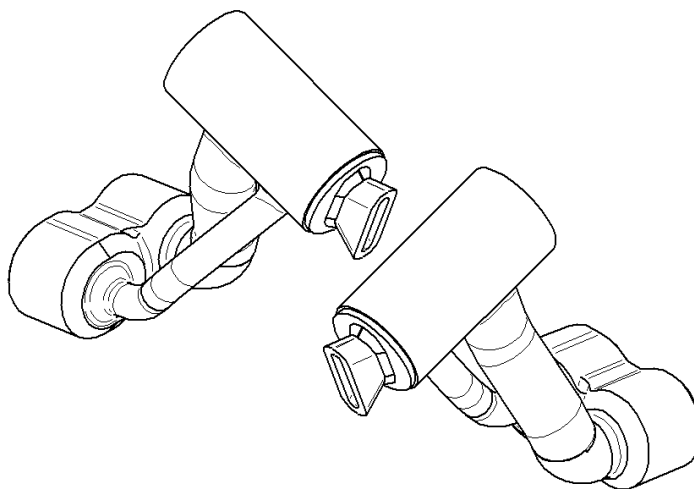


Imagen 28. Boquilla trifásica.

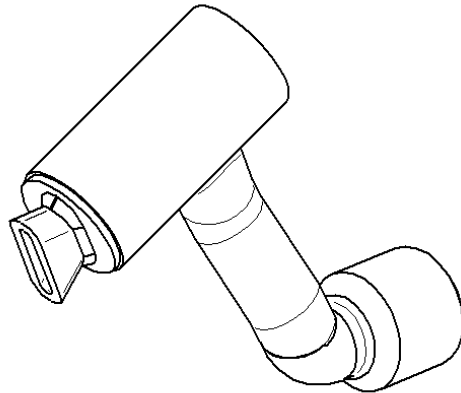


Imagen 29. Boquilla vapor.

7.1. Descripción del contexto, usuario y actividad propuestos

Para el diseño del nuevo puesto de trabajo no se realizaron modificaciones radicales, ya que se buscó mantener cierto grado de familiaridad para que el operario pueda ejecutar la tarea correctamente. Se ajustaron las dimensiones con el objetivo de mejorar la practicidad y la comodidad al manipular la prenda dentro del plano transversal del operario, reduciendo así la ejecución de posturas fuera de ángulos de confort de las articulaciones, aumentando la eficiencia en la acción de terminado y pulido.

Asimismo, se modificó la altura del puesto de trabajo con el fin de adaptarlo a operarios de diferentes estaturas, tanto hombres como mujeres, garantizando una postura adecuada durante la jornada laboral. Esto contribuye no solo a una mayor eficiencia, sino también a la preservación de la salud postural.

En cuanto a la **nueva secuencia de actividad**, el operario inicia el proceso seleccionando la boquilla adecuada (vapor, trifásica o detergente), enciende la PowerVap y posiciona la prenda sobre la superficie de trabajo. El diseño permite que, al accionar la herramienta, se mantenga una postura neutra: hombros relajados, codos próximos al cuerpo y muñecas rectas. La distribución del peso corporal se equilibra entre ambos pies gracias a

una mejor disposición de los pedales, evitando inclinaciones excesivas o la necesidad de apoyarse en un solo pie.

Cuando se requiere un cambio de función, el operario puede intercambiar la boquilla rápidamente sin alterar su postura ni interrumpir el flujo del trabajo. Al finalizar el proceso, puede revisar el acabado sin necesidad de inclinarse o adoptar posturas forzadas.

Este diseño contempla los tres elementos del **triángulo ergonómico**: el **usuario** (el operario de lavandería), la **tarea** (acabado y pulido con vapor y detergente), y el **entorno** (lavandería con limitaciones térmicas y espaciales). Las mediaciones entre el operario y la herramienta están optimizadas para reducir la fatiga muscular, aumentar la seguridad y mejorar el rendimiento en jornadas prolongadas.

7.2. Aspectos formal-estéticos y semióticos

PowerVap presenta líneas rectas con formas geométricas claras, como triángulos, que evocan la fluidez del aire. Su apariencia minimalista busca transmitir agilidad y practicidad, facilitando el reconocimiento inmediato de su uso. Esto permite que el operario comprenda rápidamente para qué sirve la herramienta y cómo se manipula, incluso sin conocimientos previos detallados.

El producto puede fabricarse en distintos materiales, como ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), ideal para procesos de moldeo por inyección, lo que permite la producción masiva de piezas. También podrá utilizarse Poliamida 12 (PA12), un material compatible con impresión 3D mediante sinterizado selectivo por láser (SLS), especialmente útil para la fabricación de lotes pequeños o prototipos.

La tipología del producto corresponde a una herramienta de limpieza para prendas textiles. Por lo tanto, debe proyectar una imagen limpia y técnica que refuerce su función principal: la higienización general de prendas de vestir.

Entre los factores comunicativos más importantes se destaca la forma del producto, la cual sugiere claramente su función. La geometría y dimensiones están diseñadas para mejorar la ergonomía y la eficiencia de los movimientos que realiza el operario al

manipular una prenda. Se espera que la herramienta sea utilizada principalmente en el sector de lavandería industrial, y que su desempeño sea óptimo tanto en empresas de alta demanda como en medianas y pequeñas, sin comprometer su funcionalidad.

7.3. Aspectos técnico-productivos

Para la construcción de la herramienta **PowerVap**, se definió que debía tener un tamaño acorde con las exigencias del proceso de terminado y pulido, priorizando un diseño ágil, ligero y compacto. Además, se consideraron determinantes ergonómicos que garantizaran la comodidad del operario durante la jornada laboral, permitiendo una manipulación eficiente y segura.

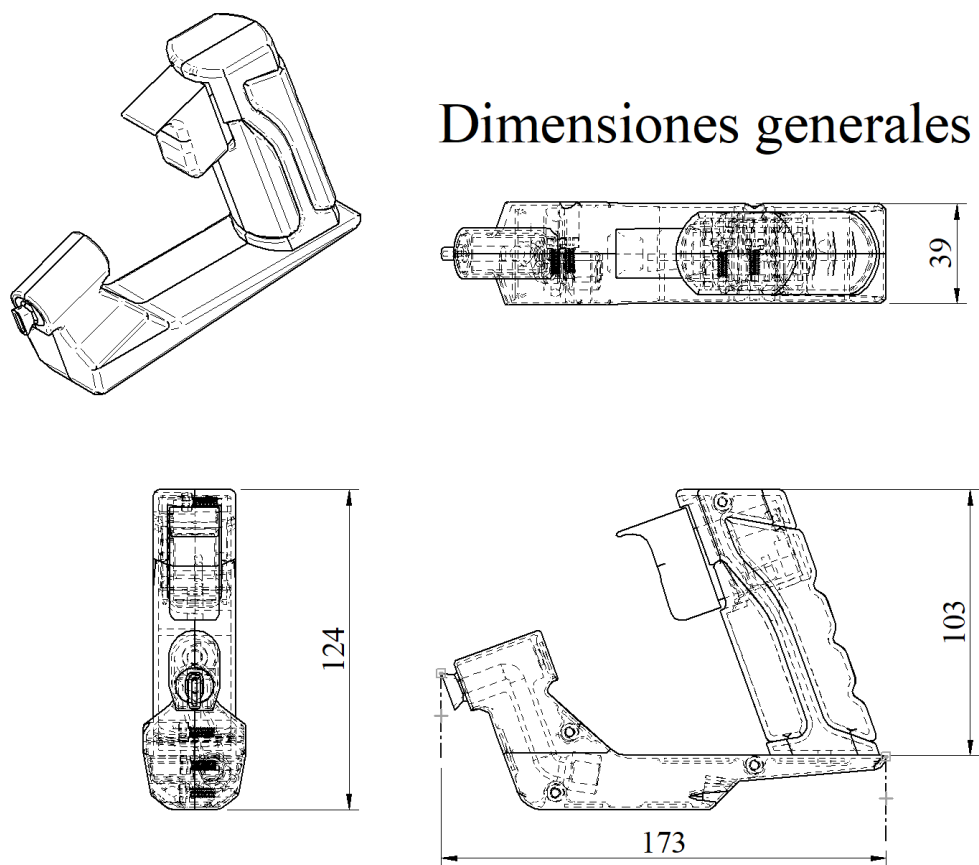


Imagen 30. Dimensiones generales de PowerVap.

En cuanto a su fabricación, se identificaron dos métodos viables: el **moldeo por inyección** y la **impresión 3D mediante sinterizado selectivo por láser (SLS)**. El moldeo por inyección es el proceso industrial más utilizado para la producción de carcasas plásticas en herramientas eléctricas y portátiles. Consiste en inyectar plástico fundido a alta presión en un molde metálico con la forma deseada; una vez enfriado, el material se solidifica y adquiere las propiedades geométricas y estructurales definidas por el molde. Para este tipo de aplicaciones, se emplean materiales termoplásticos como **ABS, policarbonato (PC)** o mezclas reforzadas, que ofrecen alta resistencia mecánica, durabilidad y excelente aislación eléctrica. Este método garantiza precisión dimensional, repetibilidad y escalabilidad, siendo ideal para la producción en masa de carcasas resistentes y ergonómicas.

Como alternativa, especialmente en fases de desarrollo o producción en series cortas, se contempla la fabricación de ambas mitades de la carcasa mediante impresión 3D con tecnología **SLS (Sinterizado Selectivo por Láser)**, utilizando **nylon PA12 (poliamida 12)**. Esta técnica consiste en la fusión capa por capa de un polímero en polvo mediante un láser de alta potencia que sigue la geometría del modelo digital. El nylon PA12 es un material técnico de alto rendimiento, con excelentes propiedades mecánicas, térmicas y químicas, que incluye alta resistencia al impacto, buena estabilidad dimensional, bajo coeficiente de fricción y buena resistencia al desgaste y a productos químicos. Estas características lo hacen ideal para entornos industriales exigentes.

La combinación del proceso SLS con nylon PA12 permite fabricar carcasas funcionales, ligeras y robustas, sin necesidad de moldes, lo que reduce costos y tiempos en etapas tempranas del desarrollo. Además, posibilita la integración de detalles complejos como refuerzos estructurales, clips y zonas de ensamblaje directamente en la pieza, manteniendo un acabado uniforme y apto para mecanizados o recubrimientos posteriores.

En resumen, tanto el moldeo por inyección como la impresión 3D SLS con nylon PA12 representan soluciones técnicas viables para la fabricación de la PowerVap, alineando eficiencia, rendimiento y ergonomía con las necesidades del diseño industrial contemporáneo.



Imagen 31. Fotografía Nylon 12 e impresión 3D en SLS.

Formlabs. (s.f.). *Nylon 12 - Fuse 1 Grey Nylon 12* [Imagen]. Recuperado el 30 de mayo de 2025, de <https://formlabs.com>



Imagen 32. Molde por inyección.

La imagen fue tomada del sitio web Made-in-China.com y se usa exclusivamente con fines académicos bajo el principio de uso justo (fair use). Todos los derechos pertenecen a YC Plastic Tech y Made-in-China.

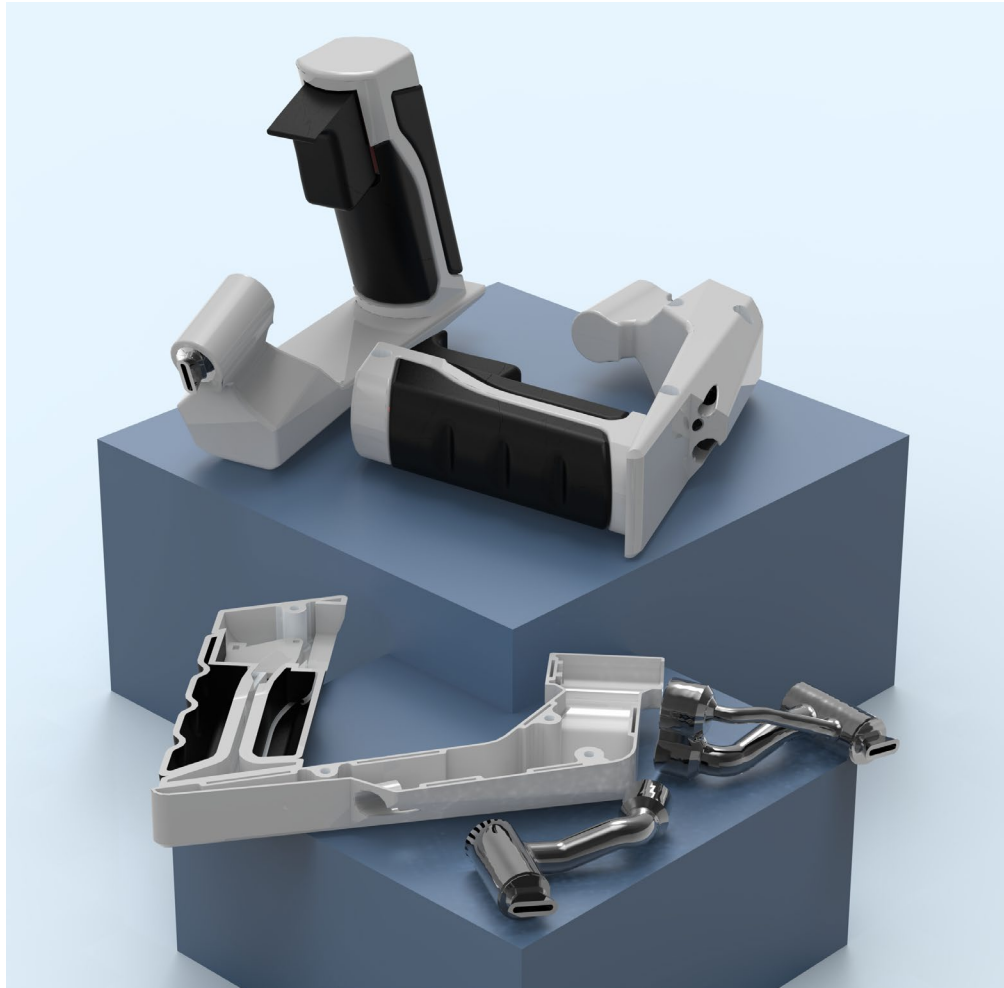


Imagen 33. Render de PowerVap.

7.4. Aspectos ambientales.

La herramienta **PowerVap**, desarrollada para el proceso de terminado y pulido en lavanderías industriales, ha sido diseñada considerando principios de sostenibilidad ambiental en cada etapa de su ciclo de vida. A continuación, se presenta un análisis detallado que abarca desde la selección de materiales hasta la disposición final del producto.

Materiales

La PowerVap está fabricada principalmente en dos materiales: **ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)** y **Nylon 12**, este último utilizado mediante **impresión 3D SLS (Sinterizado Selectivo por Láser)**.

- **ABS** es un plástico de ingeniería ampliamente utilizado por su resistencia al impacto, facilidad de manufactura y buena durabilidad. Posee una resistencia térmica moderada, sin embargo, puede sufrir deformaciones si se expone constantemente a altas temperaturas y ambientes húmedos. Es reciclable mediante procesos mecánicos, aunque su vida útil se reduce con cada reciclaje. Aun así, puede ser reutilizado para la fabricación de componentes no estructurales.
- **Nylon 12**, por su parte, ofrece alta resistencia al calor, a la humedad y al desgaste, siendo especialmente adecuado para el uso intensivo en contacto directo con vapor. Aunque su reciclaje es más complejo debido a su manufactura por SLS, es posible reutilizar el polvo parcialmente sinterizado. Este material conserva una buena vida útil en condiciones exigentes y puede ser reincorporado si no presenta daños estructurales.

Consideraciones energéticas

Durante la **etapa de fabricación**, la impresión 3D SLS demanda un alto consumo energético, pero reduce significativamente el desperdicio de material en comparación con procesos tradicionales como el moldeo por inyección.

En la **fase de uso**, el consumo energético de la herramienta depende principalmente del sistema de generación de vapor de la lavandería, ya que la PowerVap funciona como un canalizador de dicho vapor y no como generador del mismo.

Durabilidad y vida útil

Se estima que la PowerVap tendrá una **vida útil promedio de entre 5 a 8 años**, dependiendo de las condiciones operativas, como el nivel de exposición diaria al vapor y la

humedad. La durabilidad está garantizada gracias al uso de Nylon 12 en las zonas críticas que requieren mayor resistencia térmica.

Para maximizar su vida útil, se recomienda realizar un mantenimiento periódico, prestando especial atención a las juntas, uniones y boquillas, ya que son las partes más expuestas al desgaste.

Esta estimación se basa en los materiales de fabricación, ya que tanto las dos carcasas como la boquilla interna de la herramienta están fabricadas mediante tecnología de impresión SLS (sinterizado selectivo por láser) con Nylon 12. Este material ofrece una durabilidad de entre 5 y 8 años, dependiendo del uso y del cuidado que le dé el operario.

Desensamblaje y fin de vida

La herramienta ha sido diseñada de forma **modular**, lo cual permite:

- El reemplazo de componentes específicos sin necesidad de desechar toda la herramienta.
- La recuperación y reutilización de partes como boquillas, empuñaduras o carcasas que se encuentren en buen estado.
- La **separación de materiales** (ABS y Nylon) para facilitar su tratamiento diferenciado en procesos de reciclaje.

Este enfoque modular promueve la economía circular y reduce significativamente la cantidad de residuos generados al final del ciclo de vida del producto.

Reutilización de recursos – Agua y vapor

El sistema de vapor en la lavandería donde se implementa la PowerVap funciona bajo un **circuito cerrado**, lo cual representa una **buena práctica ambiental**.

- El **vapor condensado es recolectado y reutilizado** en otros procesos que requieren agua caliente, optimizando así el uso de los recursos hídricos.
- Este sistema contribuye a una mayor **eficiencia energética** y reduce el consumo de agua potable.

- Además, disminuye la energía necesaria para calentar agua nueva, reduciendo con ello la huella de carbono del proceso completo.

Recomendaciones para mejora ambiental

Para futuras versiones del producto, se recomienda:

- Explorar el uso de **bioplásticos técnicos** reciclables o materiales certificados con menor impacto ambiental.
- Diseñar todas las piezas con **marcado de reciclaje** (códigos de identificación de resina), lo que facilitaría su clasificación y procesamiento al finalizar su vida útil.
- Implementar un **sistema de devolución o recuperación** de herramientas obsoletas que permita reacondicionar o reciclar los componentes.
- Aplicar principios de **ecodiseño**, reduciendo el número de piezas y optimizando su ensamblaje y desensamblaje para fomentar la economía circular.

7.5. Aspectos de gestión.

El desarrollo e implementación de la herramienta **PowerVap** y su respectivo puesto de trabajo implican una serie de consideraciones de gestión relacionadas con los **costos de producción, presupuesto, inversión inicial y el impacto organizacional** dentro del proceso industrial de lavanderías.

Costos y presupuesto de implementación

La PowerVap ha sido diseñada como una **herramienta ergonómica especializada para el proceso de terminado, pulido y desmanchado de prendas**. Su producción se basa en el uso de materiales como **ABS** y **Nylon 12**, este último mediante impresión 3D SLS. Si bien esta tecnología puede representar un **costo unitario elevado en etapas iniciales**, se compensa con:

- Reducción significativa de mermas de material.
- Optimización del ensamblaje por su diseño modular.

- Disminución en los tiempos de producción al reducir la necesidad de múltiples piezas.

El presupuesto de fabricación también incluye el **diseño e instalación del puesto de trabajo complementario**, que consta de:

- **Mesa de vacío:** para la manipulación segura y eficiente de las prendas.
- **Tanques de almacenamiento:** uno para líquidos (como detergentes o agua tratada) y otro para residuos químicos y textiles, lo que contribuye a la gestión responsable de desechos.
- **Panel de control:** equipado con perillas para regulación de presión, temperatura y flujo, y un sistema de **electroválvulas** para controlar el paso de vapor, agua o aire.
- Estructura fabricada con **materiales industriales resistentes** a altas temperaturas, humedad constante y exposición prolongada a químicos.

Estos elementos deben dimensionarse en función del tamaño de la lavandería, por lo que el presupuesto puede adaptarse escalonadamente, permitiendo su incorporación tanto en pequeñas como en grandes plantas industriales.

RESUMEN	PRECIOS	PRECIO POR KILO	\$
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	\$2.235.000		70.236
COSTOS MANO DE OBRA DIRECTA	\$426.136		49.165
COSTOS MATERIA PRIMA DIRECTA	\$1.392.000		
COSTOS DIRECTOS DE FABRICACION	\$1.250.000	Ganancia	30,00%
COSTOS FIJOS	\$200.000		
COSTOS VARIABLES	\$200.000		
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$5.703.136	PRECIO	\$ 8.147.338
GANANCIA	\$ 2.444.201		

Tabla 1. Precio del puesto de trabajo.

Costo de la herramienta PowerVap

La herramienta no tiene actualmente un precio fijo, ya que sería necesario fabricar una cantidad determinada de unidades para poder establecerlo. Al tratarse del desarrollo de una herramienta que no existía previamente en el mercado, es fundamental evaluar cuánto costaría su fabricación y mano de obra para determinar su valor final.

Inversión de implementación

La inversión requerida para implementar el sistema completo PowerVap contempla:

- Fabricación de la herramienta y sus componentes modulares.
- Construcción del puesto de trabajo (estructura, sistemas de vacío y líquidos).
- Capacitación mínima al operario para su uso correcto y seguro.
- Mantenimiento básico periódico y posibilidad de recambio de partes específicas (boquillas, empuñadura, filtros, etc.).

Al ser un sistema **vendido por separado**, permite a lavanderías de **menor tamaño** adquirir inicialmente solo la herramienta que expulsa vapor, facilitando su acceso gradual a tecnologías más avanzadas sin comprometer su flujo de caja.

Impacto de la propuesta en la organización o proceso

La incorporación de PowerVap en el flujo de trabajo industrial genera impactos positivos tangibles:

- **Mejora en la salud laboral** del operario, reduciendo el riesgo de lesiones musculoesqueléticas por posturas inadecuadas.
- **Aumento de la eficiencia operativa** al reducir tiempos improductivos por fatiga o mal uso de herramientas tradicionales.
- **Control más preciso** del uso de líquidos y vapor, lo que mejora el consumo energético e hídrico.
- **Reducción de accidentes laborales** por contacto directo con zonas calientes, gracias a su diseño ergonómico y seguro.
- **Posibilidad de adaptación** del puesto a distintas estaturas, géneros y turnos, aumentando la rotación de personal sin sacrificar rendimiento.

En el largo plazo, la propuesta **representa una inversión estratégica** que no solo moderniza los procesos industriales de lavandería, sino que también promueve condiciones de trabajo más humanas y sostenibles.

(Los costos de fabricación del puesto de trabajo se encuentran en la tabla 2, donde se evidencia el costo de fabricación y costo de ganancia.)

8. Comprobaciones.

8.1. Modelos de Comprobación y Prototipos

Se desarrollaron modelos de comprobación con características específicas en cuanto a tamaño, forma y fundamentos ergonómicos, con el fin de crear los prototipos que serían utilizados en pruebas de campo. Los primeros prototipos fueron elaborados con espuma Oasis, la cual fue esculpida manualmente. Esta elección de material permitió ahorrar tiempo y facilitó la modificación rápida de los modelos durante las etapas iniciales de validación.

Posteriormente, se diseñó una segunda serie de prototipos basada en las observaciones realizadas, las cuales fueron: el tamaño de la herramienta, la forma, tipos de mango, tipos de agarre, de accionamiento y practicidad a la hora de utilizarla en la actividad de terminado y pulido, estas se obtuvieron durante las pruebas realizadas con los modelos preliminares. Esta nueva fase de diseño incorporó datos más precisos, tomando como referencia dimensiones antropométricas. Las dimensiones usadas fueron: anchura de la mano, largura de la mano y largura de la palma de la mano, estas fueron analizadas tanto en el hombre como en la mujer con el fin de determinar el largo y ancho del mango para garantizar un mayor grado de precisión y ajuste ergonómico.

Los percentiles utilizados para las mujeres fueron P50 en los tres ítems (anchura de la mano, largura de la mano y largura de la palma de la mano), en el caso de los hombres se utilizó el percentil 50 en los ítems: largura de la mano, anchura de la mano y P95 en el ítem largura de la palma de la mano.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones correspondientes de la mano en hombre y mujer.

Nombre Variable	Percentiles						
	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Datos Femeninos							
Anchura de la mano	6,8	7,0	7,2	7,5	7,7	7,9	8,1
Largura de la mano	15,4	15,7	16,1	16,6	17,2	17,7	18,1
Largura palma de la mano	8,4	8,6	8,9	9,2	9,6	10,0	10,1
Datos Masculino							
Anchura de la mano	7,7	7,9	8,1	8,4	8,7	8,9	9,1
Largura de la mano	16,8	17,2	17,7	18,3	19,0	19,6	20,0
Largura palma de la mano	9,3	9,5	9,9	10,3	10,7	11,0	11,3

Tabla 2. Percentiles dimensiones de la mano hombre y mujer.

Los modelos de la segunda etapa fueron desarrollados mediante software de diseño 3D y fabricados utilizando tecnología de impresión 3D. Esto permitió obtener mayor nivel de detalle, verificar las dimensiones y evaluar la sensación de uso durante la actividad de terminado y pulido.

Finalmente, todos los prototipos fueron sometidos a pruebas en campo. Estos ensayos permitieron recopilar datos objetivos para su posterior análisis comparativo, con el propósito de determinar cuál modelo representa la mejor opción en términos de funcionalidad, ergonomía y eficiencia.



Imagen 34. Línea de tiempo prototipos.

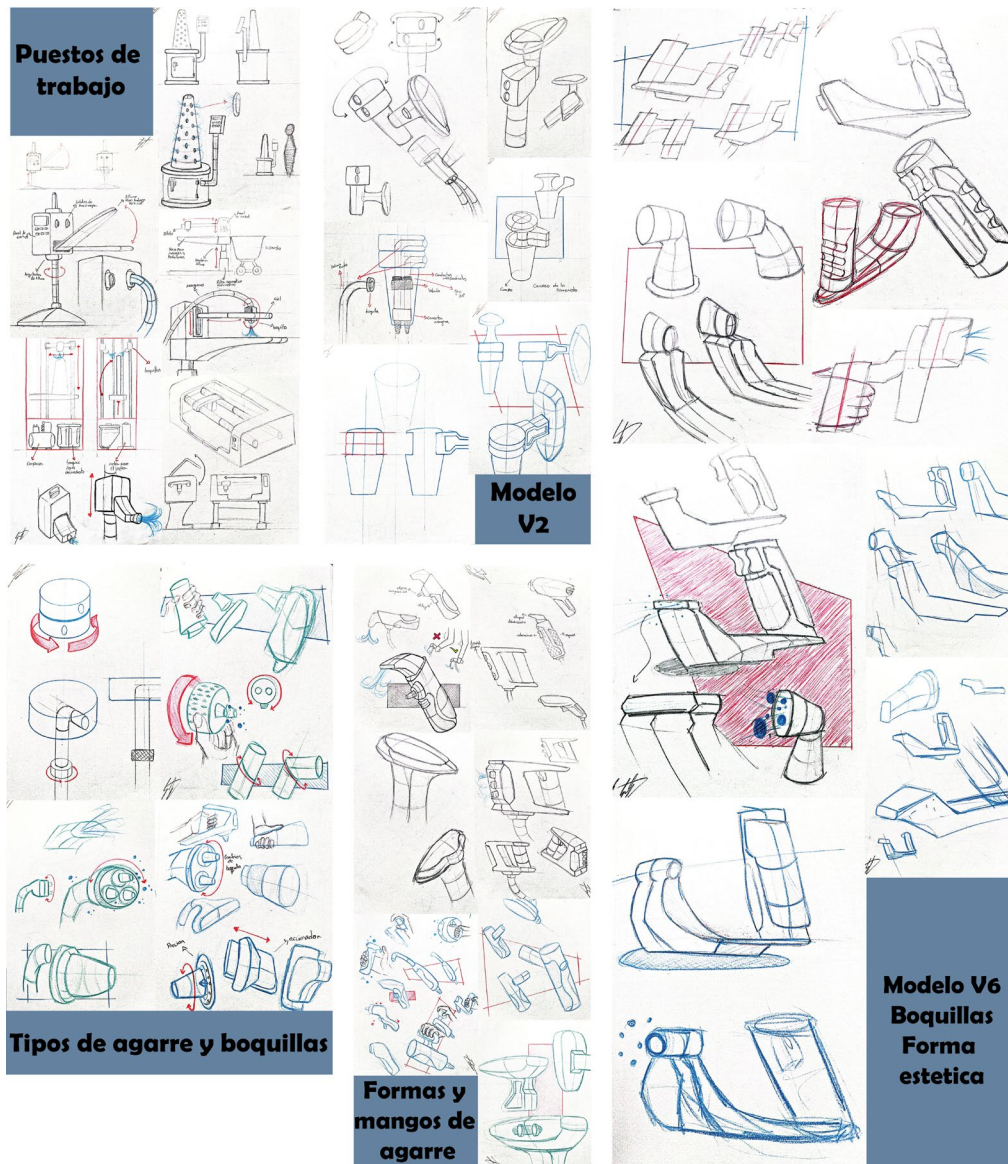


Imagen 35. Bocetación de puestos de trabajo y herramienta.

8.2. Protocolos de comprobación aplicados

A lo largo de la investigación del proyecto, se llevaron a cabo diversas pruebas de campo con el objetivo de verificar posibles mejoras en los movimientos y ángulos realizados durante la actividad de terminado y pulido. Asimismo, se evaluó la seguridad de la herramienta manual utilizada en dicha labor a partir de los datos recopilados en las grabaciones realizadas en dichas pruebas. Para ello, se realizaron grabaciones en video utilizando diferentes modelos de herramientas y variaciones en la altura del puesto de

trabajo. Esto permitió analizar si existían diferencias significativas entre los distintos escenarios de prueba. Con base a estos datos se realizó una tabla en la que se evaluaron todos los modelos de comprobación para identificar los puntos positivos y negativos, para luego ser comparados entre ellos y determinar cuál es el más apto con los diferentes modelos y alturas del puesto de trabajo.

Con el fin de obtener datos más precisos y objetivos, se empleó **Hapo LEA**, la cual es una aplicación en desarrollo que utiliza inteligencia artificial para procesar los datos de las posturas y permite hacer análisis rápidos en campo sin necesidad de equipos de alto costo. Esta permite analizar, a través de un video tomado desde un ángulo de observación desde el cual se pudiera analizar correctamente todas las extremidades, los movimientos y ángulos corporales que se ejecutan durante la actividad. A partir de los datos recolectados con los distintos modelos de herramientas y operarios, se elaboró una tabla comparativa. Esta tabla tuvo como finalidad contrastar los resultados obtenidos en función del tipo de herramienta, la altura del puesto de trabajo y el operario involucrado.

En la tabla se identifican tres colores principales. El color **rosado** representa la herramienta actual, con una altura del puesto de trabajo de 80 cm (desde el piso hasta el punto más alto). Las casillas de color **naranja** corresponden a la herramienta **PowerVap** también evaluada a una altura de 80 cm.

Este análisis permitió comparar directamente la herramienta actual con la solución propuesta. Al revisar los datos, se observa una mejora significativa en el desempeño del operario al utilizar la PowerVap. Esto se refleja en los porcentajes de los rangos de movimiento, que son menores en muchos casos, lo que indica que el operario permanece menos tiempo en posiciones forzadas durante la actividad de terminado y pulido. Asimismo, se reducen los ángulos y movimientos erróneos, lo cual sugiere una postura más ergonómica y eficiente.

En resumen, al comparar los datos entre el color rosado (herramienta actual) y el color naranja (PowerVap), se concluye que la PowerVap mejora notablemente las condiciones

ergonómicas del operario. Esto contribuye a una mayor eficiencia y reducción del riesgo de lesiones musculoesqueléticas en comparación con la herramienta actualmente en uso.}

Conclusión: El color naranja (PowerVap) representa los datos más positivos

- Menores porcentajes de riesgo postural en movimientos clave como tronco, cuello y codos.
- Reducción de puntuaciones RULA, lo que significa menor necesidad de intervención ergonómica.
- Se mantiene la misma altura de trabajo (80 cm), por lo tanto, las mejoras se atribuyen directamente al **diseño optimizado de la herramienta PowerVap**.
- Esto implica que **la PowerVap reduce el esfuerzo físico, mejora la postura del operario y disminuye la fatiga muscular**.

RESULTADOS PRUEBAS EN DIFERENTES MODELOS

	HERRAMIENTA ACTUAL	MODELO V1 ALTURA 87CM	MODELO V2 ALTURA 87CM	MODELO V4 ALTURA 87CM - HOMBRE 163CM	MODELO V4 ALTURA 87CM - FEMENINA 165CM	MODELO V4 ALTURA 97cm - HOMBRE 185cm	MODELO V5 ALTURA 87cm - HOMBRE 163cm	MODELO V5 ALTURA 97cm - HOMBRE 185cm	MODELO V5 ALTURA 87cm - HOMBRE 163cm	MODELO V5 ALTURA 97cm - HOMBRE 185cm
FLEXIÓN CUELLO	30° - 43%	30° - 100%	30° - 100%	20° - 61%	30° - 77%	30° - 78%	30° - 80%	30° - 90%	30° - 50%	30° - 97%
INCLINACIÓN CUELLO	30° - 61%	30° 40° - 50%	40° - 74%	40° - 77%	30° 40° - 23%	40° - 63%	40° - 77%	40° - 82%	40° - 41%	40° - 96%
ROTACIÓN CUELLO	40° - 41%	40° - 87%	40° - 60%	40° - 100%	30° 40° - 52%	40° - 52%	40° - 77%	40° - 52%	40° - 84%	30° - 55%
FLEXIÓN TRONCO	30° - 72%	0° - 100%	0° - 77%	0° - 100%	0° - 78%	0° - 100%	0° - 100%	0° - 100%	0° - 82%	0° - 100%
ROTACIÓN TRONCO	0° 10° - 100%	0° 10° - 100%	0° 10° - 100%	0° 10° - 100%	0° 10° - 96%	0° 10° - 100%	0° 10° - 97%	0° 10° - 100%	0° 10° - 97%	0° 10° - 100%
INCLINACIÓN TRONCO	0° 10° - 95%	0° 10° - 97%	0° 10° - 97%	0° 10° - 98%	0° 10° - 98%	0° 10° - 91%	0° 10° - 89%	0° 10° - 96%	0° 10° - 92%	0° 10° - 100%
ABDUCCIÓN HOMBRO IZ	25° 50° - 55%	25° 50° - 66%	25° 50° - 55%	25° 50° - 56%	0° 25° - 57%	0° 25° - 75%	0° 25° - 58%	0° 25° - 98%	0° 25° - 58%	0° 25° - 78%
ABDUCCIÓN HOMBRO DECH	0° 25° - 88%	0° 25° - 100%	0° 25° - 91%	0° 25° - 52%	0° 25° - 80%	0° 25° - 90%	0° 25° - 100%	0° 25° - 63%	0° 25° - 56%	0° 25° - 80%
FLEXIÓN HOMBRO IZ	0° 40° - 89%	0° 40° - 100%	0° 40° - 87%	0° 40° - 93%	0° 40° - 97%	0° 40° - 100%	0° 40° - 99%	0° 40° - 100%	0° 40° - 83%	0° 40° - 100%
FLEXIÓN HOMBRO DERCH	0 40° - 97%	0 40° - 100%	0° 40° - 81%	0° 40° - 100%	0° 40° - 97%	0° 40° - 100%	0° 40° - 100%	0° 40° - 100%	0° 40° - 100%	0° 40° - 100%
FLEXIÓN CODO IZ	40° 80° - 60%	40° 80° - 66%	40° 80° - 82%	40° 80° - 72%	80° 120° - 50%	0° 40° - 71%	40° 80° - 73%	40° 80° - 82%	40° 80° - 39%	40° 80° - 68%
FEXIÓN CODO DERCH	80° 120° - 81%	80° 120° - 63%	40° 80° - 58%	80° 120° - 87%	80° 120° - 72%	40° 80° - 81%	80° 120° - 92%	40° 80° - 58%	80° 120° - 73%	40° 80° - 58%
RULA										
HOMBRO DERECHO	SCORE 4 - 54%	SCORE 1-2 73%	SCORE 3-4 78%	SCORE 3-4 94%	SCORE 3-4 77%	SCORE 3-4 70%	SCORE 1-2 66%	SCORE 3-4 91%	SCORE 3-4 85%	SCORE 3-4 77%
HOMBRO IZ	SCORE 3-4 91%	SCORE 3-4 100%	SCORE 3-4 92%	SCORE 3-4 56%	SCORE 3-4 95%	SCORE 3-4 92%	SCORE 3-4 90%	SCORE 1-2 55%	SCORE 3-4 70%	SCORE 1-2 67%
CODO IZ	SCORE 2 44%	SCORE 2 66%	SCORE 4 46%	SCORE 2 57%	SCORE 1 66%	SCORE 3 94%	SCORE 2 80%	SCORE 3 90%	SCORE 2 55%	SCORE 3 74%
CODO DERCH	SCORE 1 82%	SCORE 1 99%	SCORE 1 87%	SCORE 1 73%	SCORE 1 64%	SCORE 2 56%	SCORE 1 100%	SCORE 1 65%	SCORE 2 66%	SCORE 1 60%
CUELLO	SCORE 3-4 68%	SCORE 3-4 100%	SCORE 3-4 100%	SCORE 3-4 88%	SCORE 3-4 94%	SCORE 3-4 92%	SCORE 3-4 97%	SCORE 3-4 97%	SCORE 3-4 70%	SCORE 3-4 100%
TRONCO	SCORE 1-2 93%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%	SCORE 1-2 100%

IMAGENES DE PROTOTIPOS



Imagen 36. Resultados pruebas en diferentes modelos.

8.3. Resultados de las comprobaciones, recomendaciones, ajustes a segunda versión.

Para realizar las pruebas que permitan comprobar si **PowerVap** representa una mejora frente a la herramienta actualmente utilizada, se presentó el prototipo al operario y al propietario de la lavandería. A ambos se les explicó los principales cambios del diseño y la secuencia de uso de la herramienta, con el fin de que el operario pudiera utilizarla correctamente.

La herramienta fue dejada en funcionamiento durante medio turno de trabajo, con el objetivo de observar su comportamiento en condiciones reales de trabajo, específicamente en la actividad habitual en la que será utilizada diariamente. Durante esta prueba se evaluó tanto el desempeño del material como la respuesta del operario ante la nueva herramienta.

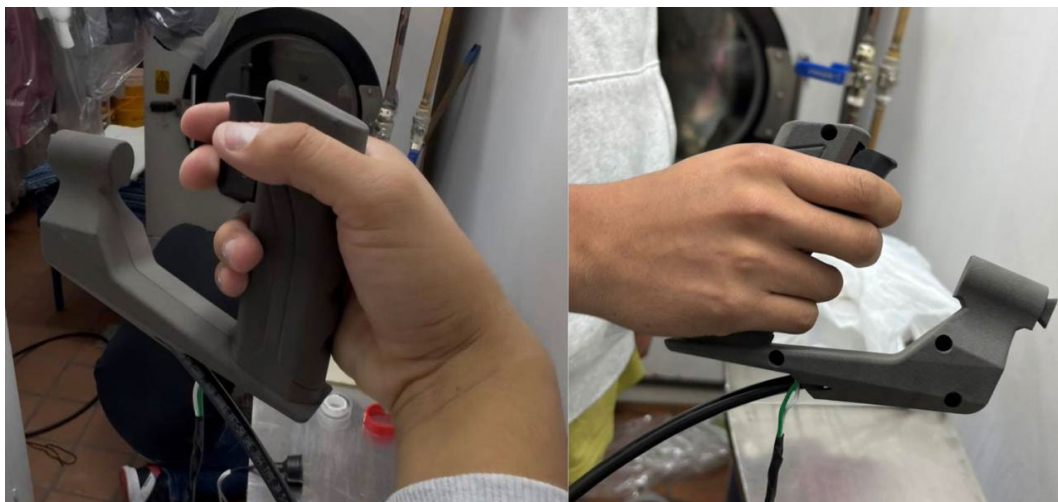


Imagen 37 y 38. PowerVap en operación.



Imagen 39. Herramienta actual y PowerVap.

Adicionalmente, se aplicó una entrevista al operario para corroborar si percibe algún tipo de mejora en sus movimientos, eficiencia y comodidad al realizar la actividad de terminado y pulido (desmanchado). Esto permitirá contrastar su experiencia con la herramienta anterior y validar el impacto ergonómico de PowerVap.

Entrevista con el operario

1. Experiencia previa

1. ¿Cómo describirías tu experiencia usando la herramienta tradicional para el proceso de desmanche?

La herramineta tradicional presenta incomodidad y calor en la parte del mango, la postura erguida es incomoda debido a que me apoyo en la pierna izquierda todo el tiempo cuando estoy vaporizando.

2. ¿Qué molestias físicas experimentabas durante o después de usar la herramienta anterior?

No podia permanecer firme, el peso del cuerpo se siente desequilibrado.

3. ¿Cuál consideras que era la parte más incómoda o exigente del proceso antes de implementar la nueva herramienta?

Permanecia la mayor parte del tiempo inclinado en el lado izquierdo del cuerpo y las altas temperaturas en la mano cuando utilizo la herrmineta por largas horas de vaporizado.

2. Impacto de la nueva herramienta

4. ¿Qué cambios percibiste al usar la nueva herramienta PowerVap en comparación con la anterior?

La herramieta PowerVap se siente más liviana, practica, es facil de usar ,se adapta a la mano y aisla el calor producido, bella.

5. ¿Sientes que tu postura corporal mejoró al utilizar la nueva herramienta? ¿De qué manera?

Ya permanesco firme, el apoyo del cuerpo está balancado por las dos piernas, mis manos ya no se calientan.

6. ¿Experimentaste alguna reducción en la fatiga o molestias musculares? Si es así, ¿en qué zonas del cuerpo?

Si, en las manos, en el momento de estar vaporizando y permaneco firme al estar de pie.

7. ¿Te sentiste más seguro o cómodo al realizar el proceso de desmanche con esta herramienta?

Si, me encantó, me dió seguridad, practicidad y adaptabilidad.

3. Sensaciones y percepción del cuerpo

8. ¿Notas alguna diferencia en la distribución del peso corporal o en la necesidad de cambiar de apoyo durante la jornada?

Si, permaneco firme y el peso de mi cuerpo está bien distribuido, manos y muñecas en buena posición, el cuerpo permanece recto en una posición ideal y no siento fatiga.

9. ¿Sientes que la herramienta facilita o dificulta la ejecución correcta del proceso de desmanche?

Ya facilita el desmanchado y la adaptabilidad hace que sea practico y rapido acostumbrarse a ella.

4. Funcionalidad y adaptabilidad

10. ¿Qué tan fácil fue adaptarte a la nueva herramienta? ¿Requirió mucho aprendizaje?

No, es muy practica y se facilita para el trabajo de desmanche.

11. ¿Consideras que la herramienta permite realizar el trabajo de forma más eficiente?

¿Por qué?

Si claro, más eficiente por lo liviana, aísla el calor.

12. ¿Recomendarías esta herramienta a otros compañeros operarios? ¿Qué beneficios destacarías?

Es completamente recomendable para el gremio de la industria de la lavandería, ya que es una innovación excelente para la salud del operario.

5. Observaciones finales

13. ¿Qué aspectos mejorarías en la herramienta PowerVap?

Variedad de boquillas, que estas tengan diferentes tamaños para que el vapor salga con más y menos presión, cambio de material para los orificios de los tornillos, que estos sean metálicos.

14. ¿Crees que este tipo de innovaciones pueden mejorar la salud laboral en el sector de lavanderías?

Si claro, ya uno puede permanecer firme en la zona de trabajo y el calor producido por la herramienta ya no se siente.

9. Conclusiones

La creación de la herramienta **PowerVap** representó un desafío personal y profesional que me llevó a explorar procesos de investigación y desarrollo que nunca antes había enfrentado. Como estudiante de diseño, al principio deseaba avanzar rápidamente hacia la etapa de bocetación y creación del producto, pero pronto comprendí que un proyecto verdaderamente viable requiere mucho más: investigación profunda, comprensión de la problemática, validación ergonómica y justificación técnica.

Este logro fue posible gracias a un estudio integral en el que se identificaron las principales problemáticas del entorno laboral, como la carga postural excesiva y la exposición al calor generada por la herramienta actual, la cual no cumplía con estándares ergonómicos ni con materiales de seguridad adecuados. A partir de estos hallazgos, se desarrolló un producto final compuesto por la herramienta PowerVap y un puesto de trabajo complementario, que juntos ofrecen una solución ergonómica, segura y funcional.

El proyecto me tomó dos semestres, tiempo durante el cual pasé por diferentes fases: ideación, bocetación, modelado 3D, desarrollo de prototipos, pruebas de campo y validación comparativa. Fue en estas pruebas donde confirmé que el diseño no solo se trata de estética o funcionalidad, sino de escuchar, observar y entender el entorno real del ser humano que interactúa con el producto. En ese proceso, descubrí una pasión por la ergonomía aplicada al diseño de producto, un campo en el que deseo especializarme profesionalmente.

Algo que me motivó profundamente fue el reconocimiento que recibió el diseño tanto de la herramienta como del puesto de trabajo. Saber que una propuesta puede generar un impacto positivo y transformar la vida de un operario o cliente es una muestra clara de que estamos haciendo algo valioso. Recuerdo con especial gratitud el comentario de un trabajador encargado del planchado de prendas con prensa, quien al terminar el proyecto me dijo: *“La herramienta está genial. ¿Por qué no haces lo mismo con mi puesto, la mesa de plancha?”* Ese comentario no solo fue un reconocimiento al diseño, sino también una evidencia tangible del impacto real que podemos lograr.

Este tipo de reacciones refuerzan mi convicción de que el diseño industrial tiene un poder transformador. No se trata solo de crear productos, sino de generar valor, mejorar condiciones laborales y ofrecer soluciones adaptadas a las necesidades reales del usuario. Esta experiencia me enseñó que el diseño puede cambiar vidas, y que ese impacto positivo no se limita a este proyecto de lavandería, sino que puede aplicarse a cualquier producto, servicio o experiencia que nosotros, como diseñadores industriales, decidamos abordar con responsabilidad y compromiso.

Referencias Bibliográficas

Asociación Española de Normalización (AENOR). (1995). *UNE-EN 27243:1995. Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT (temperatura de globo y bulbo húmedo)*. <https://www.aenor.com>

Atlas Copco. (s.f.). *Guía de bolsillo: Ergonomía*.
<https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/local-countries/spain/documents/Guia-de-Bolsillo-Ergonomia.pdf>

Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.
<https://www.harperacademic.com/book/9780061937743/change-by-design/>

Cámara de Comercio de Bogotá. (2021). *El sector servicios en la región Bogotá - Cundinamarca: Dinámica sectorial*. Cámara de Comercio de Bogotá.
<https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/18262>

Formlabs. (s.f.). *Nylon 12 - Fuse 1 Grey Nylon 12* [Imagen]. Recuperado el 30 de mayo de 2025, de <https://formlabs.com>

Instituto Distrital de Patrimonio Cultural. (2019). *Historia de los oficios en Bogotá*. Instituto Distrital de Patrimonio Cultural.
<https://idpc.gov.co/publicaciones/producto/historia-de-los-oficios-en-bogota/>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). *NTP 1189: Evaluación del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT*. INSST.
<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/36-serie-ntp-numeros-1176-a-1190-ano-2023/ntp-1189-evaluacion-del-riesgo-de-estres-termico-indice-wbgt>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1990). *Resolución 1792 de 1990: Por la cual se adoptan valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
https://www.igac.gov.co/sites/default/files/transparencia/normograma/resolucion_1792_de_1990.pdf

Nielsen Norman Group. (2018, 28 de noviembre). *Design Thinking*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/design-thinking/>

YC Plastic Tech. (s.f). *Custom injection molding plastic, professional plastic injection mold* [Imagen]. Made-in-China.com. Recuperado el 30 de mayo de 2025, de https://es.made-in-china.com/co_ycplastictech/product_Custom-Injection-Molding-Plastic-Professional-Plastic-Injection-Mold_uoyyoinseu.html