



**Rediseño de una mesa de soldadura modular con las necesidades técnicas,  
funcionales y ergonómicas para el personal del área de fabricación en la empresa**

**Estructuras Metálicas Castillo S.A.S, en Ibagué-Tolima.**

Grupo: Emprendimiento y empresariedad

Dahianna Ximena Gonzalez Martinez y Paula Andrea Garcia Torres

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Centro y Sur

Sede Ibagué

Especialización en Ergonomía

Mayo 2024

**Rediseño una mesa de trabajo para soldar modular las necesidades técnicas,  
funcionales y ergonómicas para el personal encargado del área de fabricación en la  
empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S, en Ibagué-Tolima.**

Dahianna Ximena Gonzalez Martinez y Paula Andrea Garcia Torres

Trabajo de Grado tipo Proyecto Capstone presentado como requisito para optar al título  
de Especialistas en Ergonomía

Asesor

Jorge Enrique Palomino Andrade

Ingeniero Agroindustrial

Grupo: Emprendimiento y empresarialidad

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Centro y Sur

Sede Ibagué

Especialización en Ergonomía

Mayo 2024

## **Dedicatoria**

*Le dedico este trabajo a todas a aquellas personas que me han apoyado durante este nuevo proceso en el campo profesional, que han depositado su confianza en mí, a aquellas personas que no pensaron que comenzar a tomar otros campos de conocimiento no era una locura. Le dedico este trabajo a todas las mujeres que aún tienen dudas para tomar decisiones sobre si mismas para crecer desde cualquier área del conocimiento, crean en ustedes, todas tenemos el potencial infinito con las herramientas y personas correctas.*

*Paula Andrea Garcia Torres*

*Le dedico este trabajo primero a Dios, es el que nos guía por caminos de sabiduría y con él todo es posible. Segundo a mis padres, ellos son mi mayor motivación para seguir cumplir mis metas y mis sueños para hacerlos sentir orgullosos de mí.*

*Dahianna Ximena Gonzalez Martinez*

## **Agradecimientos**

*Agradecimiento especial a mi compañera Ximena Gonzalez por tomar esta investigación conmigo y el haberme acogido en este proceso formativo. También a las compañeras que me guiándome durante estos semestres para realizar de manera satisfactoria el aprendizaje.*

*A docentes por apoyarnos y enseñarnos una nueva perspectiva, generar debate y obtener competencias como profesional.*

*A mí misma por no darme por vencida durante los momentos que de alguna manera no veía la salida para culminar con las obligaciones adquiridas conmigo y con mis a llegados.*

*Paula Andrea Garcia Torres*

*A mí misma por la disciplina y responsabilidad puesta en cada uno de mis proyectos, demostrándome así lo orgullosa de adquirir nuevos conocimientos enriqueciéndome en lo personal y laboral.*

*A mis compañeros por coincidir en este nuevo proceso educativo y aprender de cada uno de ellos.*

*A docentes por enseñarnos nuevos conocimientos en esta nueva etapa que decidimos iniciar para aportar positivamente a la sociedad.*

*Dahianna Ximena Gonzalez Martinez*

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Tabla de Contenido.....	5
Tabla de Ilustraciones.....	9
Índice de Tablas.....	10
Tabla de Gráficas.....	11
1. Resumen.....	12
2. Abstract.....	13
3. Introducción.....	14
4. Descripción de la compañía.....	15
4.1 Reseña Histórica.....	15
4.2 Misión, Visión, Organigrama.....	16
4.2.1. Misión.....	16
4.2.2 Visión.....	16
4.2.3 Organigrama.....	17
4.2.4. Actividad Económica.....	17
4.3 Contexto Organizacional.....	18
4.3.1 Horarios de Trabajo.....	18
4.3.2 Servicios.....	19
5. Identificación del Problema.....	20
3.1 Problemáticas Específicas.....	21
3.2 Pregunta por resolver.....	22
4. Objetivos.....	22

4.1 Objetivo General.....	22
4.2 Objetivos Específicos.....	22
5. Justificación .....	22
5. Marco Referencial.....	24
5.1 Marco Conceptual.....	24
5.2 Marco Teórico.....	29
5.3 Marco Legal .....	41
5.3.1 Resolución 2844 de 2007.....	41
5.3.2 Norma Técnica Colombiana 5693-1 del 2023 Ergonomía. ....	41
5.3.3 Guía Técnica Colombiana 290 del 2018.....	42
5.3.4 Norma Técnica Colombiana 5655 del 2018: Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo. ....	42
5.3.5 Guía de Atención Integral basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores. ....	42
5.3.6 NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Evaluación rápida de todo el cuerpo).....	43
5.3.7 NTP 1.137: Ergonomía participativa: un enfoque diferente en la gestión del riesgo ergonómico.....	43
5.3.8 NTC 5723: Evaluación de posturas de trabajo estáticas.....	43
5.3.9 NTC 5649: Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones y puntos de referencia. ....	44
5.3.10 NTC 6301: Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.....	44
6. Metodología .....	44
6.1 Tipo de Estudio .....	44

6.2 Fases del Proceso .....	45
6.2.1. Identificación del problema .....	46
6.2.2. Establecimiento de Objetivos .....	46
6.2.3 Metodología.....	47
6.2.3.1 Reconocimiento del objeto de investigación .....	48
6.2.4 Recopilación de datos .....	50
6.2.5 Análisis de Datos .....	50
6.2.6. Resultados y conclusiones .....	51
7. Diagnóstico .....	51
7.1 Resultados del diagnóstico.....	51
7.1.1 Método Análisis ergonómico de puesto de Trabajo .....	51
7.1.2 Método de Evaluación REBA.....	55
7.2 Aspectos importantes del diagnóstico.....	56
7.2.1 Método Análisis ergonómico de puesto de Trabajo .....	56
7.2.2. Método de Evaluación REBA.....	64
8. Plan de Acción .....	65
8.1 Aplicación de la metodología de diseño Design Thinking .....	65
8.1.1. Empatizar .....	65
8.1.2. Definir.....	66
8.1.2.1 Investigación de productos similares y sus propiedades.....	68
8.1.3 Idear .....	70
8.1.3.1 Matriz de Criterios de Diseño .....	70
8.1.4. Prototipar.....	72
8.1.5. Testear.....	74
8.2. Entregables de la propuesta de diseño .....	74

8.2.1 Planimetría.....	74
8.2.2. Visualización 3D.....	76
8.2.3 Presupuesto resumen de la mesa.....	76
9. Socialización de la propuesta.....	77
10. Conclusiones y recomendaciones .....	78
10.1 Conclusiones.....	78
10.2 Recomendaciones .....	79
11. Referencias Bibliográficas .....	81
12. Anexos .....	86
12.1 Árbol de Problemas.....	86
12.2 Árbol de Objetivos.....	87
12.3 Cronograma de Actividades.....	87

### Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Esquema 3D de la propuesta.....	31
Ilustración 2: Propuesta Sistema de Puesto de suelda .....	34
<i>Ilustración 3: Brida neumática para los aprietes.....</i>	<i>36</i>
Ilustración 4: Mesa Móvil diseñada.....	37
Ilustración 5: Evidencia fotográfica de la Intervención .....	39
Ilustración 6: Equipo de Soldadura.....	55
Ilustración 7: Resumen de datos REBA.....	55
Ilustración 8: Goniometría del Soldador 1 .....	58
Ilustración 9: Goniometría del Trabajador 2.....	60
Ilustración 10: Charlas con el trabajador .....	66
Ilustración 12: Proceso de Bocetaje.....	72
Ilustración 13: Funcionalidades de la Mesa.....	73
Ilustración 14: Visualización 3D .....	76

## Índice de Tablas

Tabla 1: Caracterización de la empresa .....	15
Tabla 2: Horarios de Trabajo Ordinario.....	18
Tabla 3:Horarios de Trabajo en Pandemia.....	19
Tabla 4: Resultados de la investigación TME .....	23
Tabla 5: Fases del Proceso .....	45
Tabla 6: Proceso de análisis y recopilación de Datos .....	50
Tabla 7: Productos similares 1 .....	68
Tabla 8: Productos similares 2.....	68
<i>Tabla 9: Matriz - Criterios de Diseño .....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 10: Presupuesto .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 11: Cronograma de Actividades.....</i>	<i>87</i>

**Tabla de Gráficas**

<i>Gráfica 1: Sistema ergonómico</i> .....	15
<i>Gráfica 2: Organigrama de la empresa</i> .....	17
<i>Gráfica 3: Vista Posterior y Planta</i> .....	74
<i>Gráfica 4: Vistas laterales y Frontal</i> .....	75
<i>Gráfica 5: Isometría</i> .....	75
<i>Gráfica 6: Árbol de Problemas</i> .....	86
<i>Gráfica 7: Árbol de Objetivos</i> .....	87

## 1. Resumen

Las posturas estáticas y defina concentración de un soldador de la industria de la metalmecánica es uno de los factores más importantes para analizar e intervenir el puesto de trabajo y ofrecerles un opción más eficiente y cohesiva con las necesidades ergonómicas más importantes. El objetivo de este estudio es a partir de la aplicación y análisis del puesto de trabajo generar unos criterios de diseño fundamentales y necesarios para rediseñar una mesa de trabajo proyectada como una herramienta para la efectividad e higiene postural de los soldadores. A través de la aplicación de métodos de evaluación de análisis de puesto de trabajo y métodos del diseño en sí. El diagnóstico se transformará en intervenciones que mejoren la calidad de vida de los soldadores de la empresa Ibaguereña, Estructuras Metálicas Castillo S.A.S.

Palabras Clave: Ergonomía, puesto de trabajo, soldadura, trabajo en caliente, seguridad y salud en el trabajo

## 2. Abstract

Static postures and fine concentration of a welder in the metalworking industry is one of the most important factors to analyze and intervene the workplace and offer them a more efficient and cohesive option with the most important ergonomic needs. The objective of this study is to generate fundamental and necessary design criteria to redesign a work table designed as a tool for the effectiveness and postural hygiene of welders, based on the application and analysis of the workstation. Through the application of evaluation methods of job analysis and methods of the design itself. The diagnosis will be transformed into interventions that will improve the quality of life of the welders of the company Estructuras Metálicas Castillo S.A.S.

Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Ergonomics, workplace, welding, hot work, occupational safety and health.

### 3. Introducción

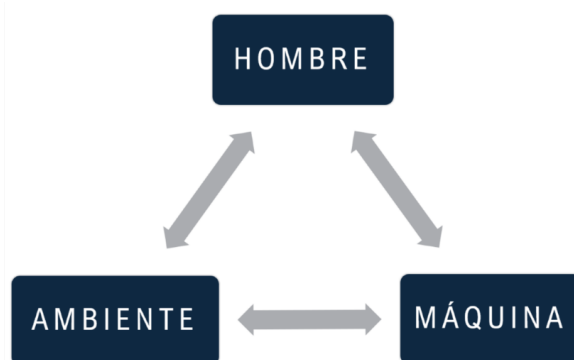
Según la NTC- 3955 de 2014 nos expone que La ergonomía es una “Disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema; profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos de diseño, con el objeto de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema”. La ergonomía es el análisis holístico que pueda estar inmerso en el ser humano y su entorno, en el que se pueden contemplar interacciones como, entender como conductor de transporte intermunicipal de cierto modelo de vehículo no es igual que un conductor de transporte interdepartamental. La profesión puede que sea la misma pero claramente el sistema de elementos e interacciones son diferentes, puede variar incluso los factores organizacionales hasta las condiciones físicas del trabajador evaluado. Por esto, la ergonomía, además de concebirse como disciplina, es una herramienta para comprender, analizar y proyectar intervenciones para mejorar la calidad de vida de los trabajadores o de cualquier humano involucrado en su ambiente.

El caso de aplicación de las dimensiones ergonómicas está enfocado en los trabajadores del área de Fabricación de la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. de la ciudad de Ibagué. La empresa mencionada se dedica a la industria metalmecánica donde se hacen trabajos de carpintería metálica (armado de barandas, puertas, ventanas, entre otros) a la medida mediante una producción en cadena de cada paso de la fabricación. Los trabajadores que entraran en el campo de estudio son los soldadores, aquellos que hacen parte de la esencia de la empresa.

El análisis se hace desde la perspectiva general hasta lo específico, para considerar aspectos más integrales, hay muchísimos aspectos que afectan directamente al sistema de trabajo que no se pueden ignorar. El puesto de trabajo a analizar es un sistema que contiene y abarca

todos los aspectos y componentes de este, para este estudio se contemplan de manera más específica los aspectos posturales y lo referente a las cargas biomecánicas presentes durante la ejecución de su labor diaria.

Gráfica 1: Sistema ergonómico



Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Descripción de la compañía

Tabla 1: Caracterización de la empresa

<b>Razón Social</b>	Estructuras Metálicas Castillo S.A.S.
<b>NIT</b>	900664672-3
<b>Número de Matrícula</b>	000239865
<b>Fecha de Matrícula</b>	15 de octubre de 2013
<b>Tipo de Organización</b>	Sociedades por acciones Simplificadas S.A.S.
<b>Número de empleados</b>	27
<b>Actividad comercial</b>	2511 - Fabricación de Productos para uso estructural 4752 - Comercio al por menor de artículos metálicos de ferretería, pintura y productos de vidrio en establecimientos especializados
<b>Dirección</b>	Carrera 12 Sur # 83-596 Km 1 Vía al aeropuerto Ibagué, Tolima.
<b>Teléfono</b>	6085 8428

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1 Reseña Histórica

Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. es una empresa en Colombia, con sede principal en Ibagué. Opera en Fabricación de Metales Estructurales Fabricados sector. La empresa se fundó el

15 de octubre de 2015 de manera formal. Aportando nuestros conocimientos, ideas, sueños y metas a diversos proyectos desde 1995, hemos evolucionado con cada paso tecnológico y creativo que nuestros clientes y el mercado desean en una carrera gratificante que nos convierte así en una de las compañías más fuertes y sólidas del territorio nacional.

Al transcurrir de estos 19 años hemos logrado desarrollar más de 100 proyectos en diversas regiones de Colombia sin importar las condiciones y sistemas de ejecución, estamos prestos a participar con nuestro grupo de ingeniería, ofreciendo una amplia suma de servicios en fabricaciones metálicas de tipo pesado y arquitectónico, perfeccionando día a día nuestra calidad usando tecnología de punta mediante sistemas CNC y de alta resistencia, realizando acuerdos empresariales, que nos permiten tener desarrollos especiales en sistemas de protección en pinturas y acabados generales.

## **4.2 Misión, Visión, Organigrama**

### ***4.2.1. Misión.***

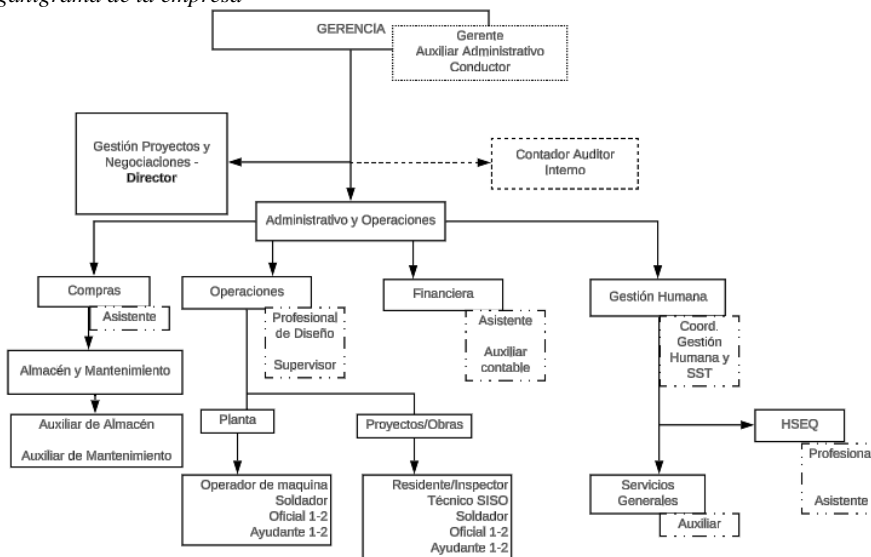
Lograr con experiencia profesional y capacitación la evolución de los procesos constructivos mediante el diseño, cálculo, carpintería metálica y estructuras, ofreciendo soporte integral en proyectos de orden nacional, para que seamos complemento integral de la comunidad a nivel operativo y creativo.

### ***4.2.2 Visión.***

Consolidarnos como la empresa número uno del país en grandes proyectos de apoyo metálico estructural, convirtiéndonos en parte activa y progresista de todos los sectores de la comunidad. Fortalecidos en la calidad de nuestros procesos, tomando como nuestras necesidades y prioridades el ambiente constructivo nacional para que seamos parte activa de la solución.

### 4.2.3 Organigrama

Gráfica 2: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.4. Actividad Económica

**2511 - Fabricación de Productos para uso estructural:** esta actividad económica incluye las siguientes especificaciones, la fabricación de armazones metálicos de acero o productos similares como los puentes, armaduras, arcos, cabios, listones de vigas, soportes, entre otros. Componentes prefabricados de metal para las edificaciones. Fabricación de divisiones metálicas, puertas, cortinas, escaleras, rejas y carpintería metálica. Fabricación de aleaciones, estanterías fijas y/o móviles. Elaboración de chapas flejes, barras, tubos y perfiles, además del trabajo de piezas metálicas fundidas moldeadas, ajustadas o acopladas con soldadura. (Dian-Rut, 2024)

**4752 - Comercio al por menor de artículos metálicos de ferretería, pintura y productos de vidrio en establecimientos especializados:** comercio de artículos de ferretería y eléctricos, comercio de pinturas, barnices lacas, vinilos, masillas, esmaltes, pigmentos, removedores de pintura, elementos de construcción cacara, reparación de elementos de

albañilería, electricidad y fontanería, repuestos y componentes metálicos, marquetería y comercio de baldosas de corcho para pisos. (Dian-Rut, 2024).

### 4.3 Contexto Organizacional

Estructuras Metálicas Castillo SAS diseña, fabrica y realiza montaje de estructuras como puertas para depósito, acceso principal y cortafuego, fachadas arquitectónicas, tapas para bombas y shut de basuras, barandas, cajas personalizadas, canales y servicio de maquinaria para doblado, corte y punzonado. La empresa cuenta con un total de 27 trabajadores entre los cargos de Gerente, jefe de producción, supervisor de obra, oficiales, ayudantes, auxiliar contable, profesional de Diseño, Coordinador Gestión Humana y HSEQ e Inspector HSEQ. La empresa cuenta con las áreas de trabajo: Fabricación, Alistado, Maquinado, pintura electrostática, embalaje y entrega de producto terminado, Área de almacén y mantenimiento y Área Administrativa. A continuación, se muestran los horarios de trabajo:

#### 4.3.1 Horarios de Trabajo

Tabla 2: Horarios de Trabajo Ordinario

	<b>Personal Administrativo</b>	<b>Personal Operativo</b>	<b>Personal de Obras</b>
Jornada de la mañana	<b>Lunes a viernes</b> 7:30 am – 12:00 m	<b>Lunes a jueves</b> 7: 30 am – 12:30 pm	Cuando se requieran realizar las labores en un sitio diferente a las instalaciones de la empresa, el horario de trabajo se ajustará a las condiciones especiales del proyecto, con acuerdo de horario establecidos, que no superen las 46 horas laborales semanales, que prevé la legislación.
Hora de Almuerzo	<b>Lunes a viernes</b> 12: 00 m – 2:00 pm	<b>Lunes a viernes</b> 12:30 pm – 2:00 pm	
Jornada de la Tarde	<b>Lunes a viernes</b> 2:00 pm – 6:00 pm	<b>Lunes a viernes</b> 2:00 pm – 5:00pm	
Sábados	7:30 am – 1:00 pm	7:30 am – 11:30 am	

Fuente: Elaboración Propia

Nota: El horario de trabajo se le realizó modificaciones transitorias en el año 2020 cuando apareció la pandemia del covid-19, para prevenir contagios en los trabajadores en el uso de transporte público, quedando el horario laboral de la siguiente manera:

*Tabla 3:Horarios de Trabajo en Pandemia*

	<b>Personal Administrativo</b>	<b>Personal Operativo</b>	<b>Personal de Obras</b>
Jornada de la mañana	<b>Lunes a viernes</b> 7:30 am – 12:30 m	<b>Lunes a Viernes</b> 6: 30 am – 10:00 am	Cuando se requiera realizar las labores en un sitio diferente a las instalaciones de la empresa, el horario de trabajo se ajustará a las condiciones especiales del proyecto, con acuerdo de horario establecidos, que no superen las 46 horas laborales semanales, que prevé la legislación.
Hora de Almuerzo/ Break	<b>Lunes a viernes</b> 12: 30 m – 2:00 pm	<b>Lunes a sábado</b> 10:00 am – 10:15 am	
Jornada de la Tarde	<b>Lunes a viernes</b> 2:00 pm – 5:30 pm	<b>Lunes a jueves</b> 10:15 am – 3:00 pm <b>Viernes</b> 10:15 am – 2:00 pm	
Sábados	7:30 am – 12:00 pm	6:30 am – 12:00 pm	

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **4.3.2 Servicios**

Estructuras Metálicas Castillo SAS ofrece los siguientes servicios:

- Acabados arquitectónicos (tecnología CNC, cielos rasos de gran formato punzonados con diseño, estructuras de cubierta arquitectónica, barandas con diseño a solicitud del cliente, puertas con diseños especiales, muros metálicos divisorios, corta soles y fachadas flotantes)
- Obras Civiles (Diseños especiales de interiores y exteriores en ambientes metálicos, construcción de estructuras en alma llena y celosías, construcción de puentes peatonales metálicos, entrepiso en Steel deck)
- Metalmecánicas (Barandas y pasamanos en acero inoxidable o galvanizado, baranda metálica para puentes vehiculares y peatonales, tapas sumidero, cajas eléctricas y

cárcamos, ornamentación residencial e industrial, amoblamiento urbano y deportivo, Plataformas móviles, elevadores de carga, escaleras metálicas y puertas especiales)

- Mecánicas (fabricación de piezas metálicas - conectores y anclajes-, aplicación de revestimiento anticorrosivo y galvanizado, aplicación de revestimiento electroestático, fabricación y fabricación de cerramientos, curvado de lámina y perfiles metálicos, construcción en acero estructural, preparación de superficies, soldadura calificada y trabajos de izaje)
- Eléctricos (puertas en celosía para subestación, puerta con aislamiento, soporte para transformadores, y tapas para cajas eléctricas)

Nota: Conoce el portafolio de servicios de Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. en el siguiente enlace <https://www.behance.net/gallery/33594015/Portafolio-Estructuras-Metalicas-Castillo/modules/212442789>

## **5. Identificación del Problema**

Los trabajadores del área de fabricación de soldadura de la empresa de Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. ubicada en la ciudad de Ibagué han presentado molestias en los miembros superiores, inferiores y molestias en la región lumbar y cervical de la columna. Las molestias nombradas nacen del ejercicio de su labor donde se incluyen procesos de soldadura para el diseño, fabricación y montaje de piezas metálicas. Para realizar sus funciones adoptan posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas durante su jornada de trabajo.

Se ha evidenciado en el puesto de trabajo de los soldadores no cuentan con una adaptación ergonómica para sus puestos de trabajo, se recurre a una estructura desarrollada de

manera empírica para ejecutar sus labores y estas no responden a las necesidades antropométricas y técnicas. La jornada laboral de estos soldadores comienza a las 06:30 a.m., donde cada trabajador selecciona sus herramientas de trabajo, reciben instrucciones del jefe de producción, seguido de esto hacen una inspección preoperacional a su sitio de trabajo, herramientas y equipos a utilizar para continuar con sus tareas del día, tienen un tiempo de descanso de 15 minutos parte de su jornada de trabajo (8,5 horas) y continúan desarrollando en la mesa de trabajo empírica hasta culminar su jornada a las 03:00 p.m. Según las molestias identificadas por los mismos trabajadores y los horarios para el cumplimiento de metas que mantienen se llegó a la conclusión que es un objeto de estudio e intervención, consolidándose como un riesgo ergonómico por postura forzada. Se indaga que procesos se están llevando para seguimiento, ambiente y desarrollo de actividades para control.

### **3.1 Problemáticas Específicas**

- La información existente son auto reportes en donde manifiestan ciertas dolencias e incomodidades, pero no existe estos reportes documentados para realizar un debido análisis.
- El puesto de trabajo es una adaptación empírica para realizar la fabricación de estructuras metálicas, sin embargo, carece de características de confort biomecánico para el personal.
- El puesto de trabajo usado no es óptimo para el desarrollo de las actividades durante la jornada de trabajo generando lesiones en los miembros superiores como el entumecimiento, sensación de hormigueo y dolores en las articulaciones de las rodillas y pies por la posición bípeda mantenida
- La empresa realiza sus actividades en condiciones y medios tradicionales, cuando existen tecnologías que permiten facilitar el trabajo.

### **3.2 Pregunta por resolver**

¿Cómo se pueden disminuir los riesgos biomecánicos de los trabajadores del área de soldadura en la fabricación de estructuras metálicas de la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. a través del rediseño de su puesto de trabajo?

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo General**

Rediseñar una mesa de trabajo para soldar modular las necesidades técnicas, funcionales y ergonómicas para el personal encargado del área de fabricación en la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S, en Ibagué -Tolima.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar la aplicación de un método de evaluación ergonómico del puesto de trabajo al personal del área de fabricación de la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. de la ciudad de Ibagué.
- Establecer los criterios de diseño más relevantes a partir del análisis del puesto de trabajo ergonómico para el diseño de la mesa de soldadura modular.
- Generar la propuesta del rediseño de la mesa del puesto de trabajo para soldar de acuerdo con los criterios de diseño con la participación de los trabajadores y brindar recomendaciones según los resultados del método de evaluación ergonómico.

## **5. Justificación**

Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. es una empresa de la ciudad de Ibagué dedicada a la industria de la metalmecánica y en esta ocasión el enfoque está orientado a el alma de la

empresa, los soldadores, que hacen parte del área operativa de la empresa. Para la ejecución de su labor adoptan ciertas posturas por largos periodos de tiempo ocasionando molestias músculo esqueléticas. Esto corresponde directamente a los reportes verbales que ha recibido el área de Seguridad y Salud en el trabajo de la empresa, que reportan de manera constante molestias en el área lumbar y cervical. Se hace una valoración rápida de que puede estar sucediendo, conociendo el contexto en el que los soldadores ejercen su trabajo diariamente y se evidencia que los trabajadores han llevado a cabo adaptaciones empíricas con enfoque funcional (eficacia, rendimiento y cumplimiento de tareas) claramente para responder ante su jefe inmediato.

“Presencia de molestias músculo-esqueléticas en zona lumbar y miembros superiores asociadas a posturas forzadas en el puesto de soldadura en un taller metalmecánico y su propuesta de control” (Rodrigo, 2021) es una investigación que analiza a profundidad desde la perspectiva del riesgo biomecánico presente en esta labor, exponen las principales molestias músculo esqueléticas, tiempos de las posturas y cuáles son esas molestias que les afectan en mayor medida a los soldadores.

Tabla 4: Resultados de la investigación TME

	EDAD (AÑOS)	TIEMPO EN EL PUESTO DE TRABAJO (AÑOS)	ALT. (CM)	MOLESTIA MÚSCULO ESQUELETICA	TIEMPO DE LA MOLESTIA DURANTE ÚLTIMOS 12 MESES	MOLESTIAS EN LOS ÚLTIMOS 7 DÍAS
USUARIO 1	32	10	172	Cuello, Dorsal Lumbar	>30 días, no seguidos	Si
USUARIO 2	27	6	168	Codo o Antebrazo, Muñeca Mano Derecha	Siempre	Si
USUARIO 3	38	18	174	Dorsal Lumbar	8-30 días	Si

Tabla 1 Variables

Fuente: “Presencia de molestias músculo-esqueléticas en zona lumbar y miembros superiores asociadas a posturas forzadas en el puesto de soldadura en un taller metalmecánico y su propuesta de control”. RUEDA HINOJOSA, A. B. (2021, 1 febrero)

“Las lesiones músculo esqueléticas más comunes en el área metalmecánica, específicamente en el puesto de suelda, son las lumbalgias y lesiones en miembros superiores, estas se deben mayormente a las posturas inadecuadas”. (Rodrigo, 2021)

Se evidencia que las molestias tienen una importancia bastante alta ya que se presenta por largos periodos de tiempo, incluso en este caso “siempre”, para la discusión se comprende que existe la aplicación de método de evaluación de puesto de trabajo y que el mobiliario juega un papel muy importante ya que pasan la mayor parte del tiempo en esas posturas. Por esta razón la presente investigación analiza y entiende las necesidades no solo funcionales sino ergonómicas para generar el rediseño del puesto de trabajo para los soldadores. Conociendo directamente que el trabajador está en un puesto de trabajo con condiciones de mobiliario, el cómo se ejecutan sus funciones, las herramientas y los diferentes tipos de posturas que está adoptando a lo largo de su jornada laboral.

Las intervenciones que se proyectan buscan disminuir la fatiga muscular obtenida por las posturas mantenidas de los trabajadores y que su puesto de trabajo sea más eficiente según sus necesidades para elaborar la tarea que realizan. A lo que se le suma a esta investigación la innovación que se pretende alcanzar en el sector industrial mejorando condiciones de trabajo en las empresas dedicadas a la metalmecánica aquellas que siguen con retraso en el tiempo y en la tecnología manipulando dispositivos como herramientas, equipos y maquinaria convencional.

## **5. Marco Referencial**

### **5.1 Marco Conceptual**

**Análisis de puesto:** Pretende determinar diferentes datos relacionados con un puesto concreto de una organización. Incluye información como las tareas, funciones y

responsabilidades de la persona que ocupará dicho puesto. (*Análisis de Puestos de Trabajo: Qué Es y Cuáles Son los Pasos Para Hacerlo Adecuadamente*, 2023)

**Biomecánica:** Disciplina científica que utiliza los conocimientos de mecánica, ingeniería, anatomía, fisiología y otras disciplinas para estudiar la actividad del cuerpo humano (movimiento del cuerpo humano, cargas mecánicas y energías producidas por el movimiento) en las diferentes situaciones de su vida, y analiza las consecuencias mecánicas derivadas de esa actividad.

**Carga Física de Trabajo:** Es la exigencia de actividad física proveniente del trabajo que se contrapone con la aportación de esfuerzos físicos del trabajador a través del esfuerzo físico o trabajo muscular.

**Carga Estática:** Está asociada a las posturas de trabajo y a la actividad isométrica de los músculos.

**Ergonomía Cognitiva:** Es la rama de la ergonomía que estudia y aplica los conocimientos en psicología básica al diseño de entornos de trabajo, tareas, sistemas, etc. En otras palabras, se trata de adaptar tanto objetos, como espacios, sistemas e incluso horarios de trabajo al funcionamiento natural de las habilidades cognitivas de la persona para potenciarlas y evitar su desgaste.

**Ergonomía Física:** Es aquella dimensión de la ergonomía que se encarga de las características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas humanas en relación con la actividad física. (Los temas relevantes incluyen posturas de trabajo, manipulación de materiales, movimientos repetitivos, trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo,

distribución del lugar de trabajo, seguridad y salud física). (¿Qué Es La Ergonomía (HFE)? | Asociación Internacional De Ergonomía, n.d.)

**Ergonomía Organizacional:** Centrada en la relación entre la persona y la empresa o institución. Analiza el tipo de actividades, salario, el diseño del trabajo, la gestión de los recursos humanos o la comunicación interna de la empresa (flujos de comunicación tanto descendentes como ascendentes), los cauces de participación de los trabajadores y el trabajo en equipo. (Parte 4: “Ergonomía y psicología aplicada”. V. noviembre 2022.)

**Criterios de Diseño:** son las condicionantes generales que deben cumplir las instalaciones y satisfacer las necesidades del usuario; que se aplicarán en la zona y a cada área específica de cada zona. Para definir criterio de diseño, es necesario tener una idea tanto funcional como formal del Proyecto. (Hernández, 2015)

**Puesto de Trabajo:** es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo ser uno de los varios lugares en que se efectúa el trabajo. Algunos ejemplos de puestos de trabajo son las cabinas o mesas de trabajo desde las que se manejan máquinas, se ensamblan piezas o se efectúan inspecciones; una mesa de trabajo desde la que se maneja ordenador; una consola de control; etc. (ERGONOMIA, s. f.)

**Trastornos Musculoesqueléticos:** están relacionados con afectaciones en la espalda, cuello, los hombros y las extremidades superiores e inferiores, incluye en ellos cualquier daño o trastorno de las articulaciones u otros tejidos. (Trastornos Musculoesqueléticos, OSHA.)

**Procedimiento de Soldadura:** es controlar y dirigir el calor sobre los bordes de las piezas a entrelazar, mientras aplica, al baño de fusión, una varilla de metal adecuado. El intenso

calor necesario para fundir bordes y varilla se obtiene de la combustión de un gas. (Técnica y práctica de la soldadura, 1981 p. 6)

**Metalmecánica:** La metalmecánica es el sector que incluye las maquinarias industriales y las herramientas proveedoras a las demás industrias metálicas, abarca las máquinas industriales y herramientas proveedoras de partes a las demás, siendo el metal y las aleaciones de hierro su insumo básico para usar bienes de capital productivo. (Mecanizados Inter2000 SLU)

**Seguridad y salud en el Trabajo:** Está definida como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Su objetivo es mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, y la salud en el trabajo, que promueva y mantenga el bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones. (Artículo 1, Ley 1562 de 2012.)

**Trabajos en caliente:** Es cualquier actividad o trabajo que involucre el uso de llama abierta, que implica una fuente de ignición, o equipos que producen chispas o que se puede generar calor suficiente para encender materiales inflamables o combustibles. (Guía trabajos en caliente – Arl Sura).

**Postura Estática:** es aquella que se mantiene durante más de 4 segundos y en la que se pueden dar variaciones alrededor de un mismo nivel de fuerza generado por los músculos y otras estructuras corporales. (ISO 11226).

**Movimientos repetitivos:** son los ciclos cortos, menores de 30 segundos a 1 minuto o alta concentración de movimientos mayor al 50 % que usan pocos músculos. (GATISO).

**Manipulación Manual de cargas:** cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, entendiéndose por operación el conjunto de acciones de levantamiento, colocación, empuje, tracción, transporte o desplazamiento, pudiendo considerar el almacenamiento con fin de este proceso. (Manipulación Manual de Cargas - Salud Laboral, 2020).

**Métodos de evaluación ergonómica:** permiten identificar y valorar los factores de riesgo en los puestos de trabajo para, después, con base en los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y lo sitúen en niveles aceptables de exposición para el trabajador. (Diego-Mas, s. f.).

**Riesgo Ergonómico:** son situaciones laborales que causan desgaste en el cuerpo y pueden causar lesiones. Estos incluyen la repetición, posturas forzadas, movimientos con fuerza excesiva, posiciones estacionarias, la presión directa, vibraciones, temperaturas extremas, ruido y estrés laboral. (ErgoAdvantages, Oregon OSHA)

**Postura Anti gravitacional:** son las que se dan cuando el tronco o las extremidades se encuentran en contra de la gravedad, lo cual aumenta la carga física ya que requiere mayor actividad a nivel osteo muscular para vencer la gravedad. (Sistema de vigilancia epidemiológica MSPS, 2023).

**Postura Prolongada:** Es el posicionamiento global del cuerpo para el desempeño de una actividad de trabajo que requiere una postura continua de los segmentos corporales en un periodo de tiempo superior al 70-80% de la jornada laboral, usualmente está relacionada con el mantenimiento de una postura principal o predominante (sedente y bípeda) para poder cumplir con las exigencias del medio o de la tarea. (Sistema de vigilancia epidemiológica MSPS, 2023).

## 5.2 Marco Teórico

El oficio de soldador es una de esas labores que se encuentran inmersas en una cantidad infinita de actividades económicas alrededor del mundo, haciendo que las sean variadas y algo distantes de las realidades del contexto actual. Sin embargo, no hace que las necesidades ergonómicas desde su labor no sean generadoras de estudio y observación. Desde la escuela de Ingeniería y Tecnología – Universidad de Geociencias de China en el año 2019, se desarrolla una investigación enfocada a las posturas adoptadas por los soldadores mediante la aplicación de un software “Simulación y evaluación ergonómica de la postura de pie de los soldadores mediante el software Jack” (Zhang et al., 2019). (publicada en el idioma inglés, se usa DeepL Translate online para la traducción al español).

Los soldadores laboran largas horas en posturas forzadas, esto conlleva a la fatiga muscular temprana y puede derivar en trastornos musculoesqueléticos graves a largo plazo. Las posturas forzadas prolongadas pueden producir lesiones laborales a los soldadores generando daños fisiológicos y psicológicos a largo plazo. El mejor enfoque para disminuir la fatiga y lesiones de los empleados sería la mecanización total, pero se ve interrumpida debido al alto costo para su realización. Por lo tanto, para analizar la situación de riesgos laborales graves se centra en la postura de soldadura en China, en donde trata de prevenir accidentes.

Se analizaron y evaluaron por medio del software Jack, para mejorar la ergonomía de la postura de los soldadores, en donde se dividió en grupos de acciones: Caminar, levantar sus extremidades superiores, contraer la extremidad superior, parte inferior lumbar y de la postura de trabajo de Ovako. En donde se generó un análisis en el cual se evaluó el peso de la antorcha de soldadura, las posturas de las extremidades y la postura del cuello de los trabajadores. El estudio

postural de este análisis se enfoca en las zonas de mayor alarma dentro de la carga física del trabajador, ya que los criterios de intervención están enfocados al peso y las condicionantes de dimensiones en sus puestos de trabajo y las herramientas utilizadas por estos. Abarcando los alcances de acuerdo con las características antropométricas de los trabajadores para comprender hasta qué punto y el nivel de fatiga le genera para desempeñar su labor en su puesto de trabajo.

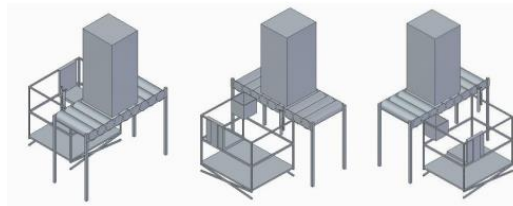
La consideración de las condiciones propias de la ergonomía física cobra protagonismo en esta investigación evidenciando que desde el análisis existen factores de fatiga. Pero estos aspectos deben estar ligados con el principio de la eficiencia de la ejecución del trabajo; este proceso fue realizado en el contexto nacional. En este proyecto se le da prioridad a la eficiencia y luego a las formas del puesto de trabajo. “Antropometría y biomecánica aplicada al rediseño del puesto de trabajo soldadura de compresor” (Agudelo Gonzalez et al., 2019), fue llevada a cabo en la Universidad Pontificia Bolivariana de sede Medellín también para el año 2019.

El objetivo principal es el diseño de un espacio de trabajo donde se proporcione un espacio suficiente para que una persona se pueda acomodar con relación a su tamaño y estructura de su cuerpo. La norma ISO 14743 instaura unos requisitos antropométricos para el diseño de los puestos de trabajo en máquinas. En ergonomía, se aplican los conceptos anteriormente mencionados en donde se analiza y ajusta las condiciones físicas de trabajo en un sistema laboral. Con estos principios se crea un diseño de sistema de trabajo que crea un entorno saludable y productivo que considere las limitaciones y capacidades físicas de los trabajadores.

Se llevó a cabo un análisis del puesto de trabajo de soldadura de compresor, en el que se necesita una gran precisión visual y se realiza mientras el trabajador está sentado. Como resultado, el trabajador mantiene una postura flexionada en la espalda y cuello durante la jornada

laboral. Además, la herramienta utilizada funciona con gas y emite una gran cantidad de luz y calor. El diseño del puesto de trabajo se enfocó en hombres de edades entre los 20 y 59 años, como población objetivo. Para obtener los datos antropométricos necesarios para el diseño, se utilizaron las dimensiones antropométricas de la población colombiana provenientes del estudio ACOPLA 95. Se realizó una reestructuración que implicó cambiar la postura de sentado por una postura de pie en el puesto de trabajo. Siguiendo las indicaciones establecidas en la norma ISO 14738, se ajustó la altura del área de trabajo y para aquellos que no se podía alterar la altura se aplicó la ecuación 3. Adicionalmente, se diseñó una plataforma que se puede ajustar la altura con la ecuación 4, para que el trabajador logra permanecer de pie para realizar su actividad laboral.

*Ilustración 1: Esquema 3D de la propuesta*



*Fuente: Antropometría y biomecánica aplicada al rediseño del puesto de trabajo soldadura de compresor.*

El primer aviso de que necesitamos una intervención se obtiene desde los usuarios directamente involucrados, aunque se pueda analizar desde las dos perspectivas; la primera es aquella que busca la innovación y eficiencia de los procesos y la otra perspectiva hace referencia al enfoque de la salud, una intención interna exterior. Para esto se ha venido haciendo una caracterización de la principal afectación que persiste para con los soldadores, en un caso de nuestro país, “Riesgo de desórdenes músculo esqueléticos en empresa de metalmecánica. Caso: costa caribe colombiana” (Durán-Uron et al., 2020).

El objetivo de este estudio es mejorar las condiciones laborales y prevenir los riesgos para la salud de los empleados, en donde se impulsa un ambiente laboral más seguro y saludable. Este estudio surge como iniciativa de una empresa del sector metalmecánico en la costa caribe colombiana, con el objetivo de comprender y mejorar las condiciones laborales de los operarios. Se enfoca principalmente en evaluar el riesgo de problemas musculoesqueléticos (DME), mediante el análisis de la postura de los trabajadores y los síntomas reportados en 17 puestos de trabajo ocupados por 61 empleados. El estudio se desarrolló en cuatro etapas: la primera consistió en identificar las condiciones laborales y las tareas a realizar, en la segunda fase se practicó el cuestionario nórdico para trastornos musculoesqueléticos, la tercera fase se aplicó el método REBA a cada puesto de trabajo y la cuarta fase se analizó la información recopilada.

Como resultado, se identificó un alto nivel de riesgo de DME que requiere intervención inmediata en los cargos de auxiliar de soldador y techero. Este estudio destaca la necesidad de implementar un sistema de supervisión epidemiológica para prevenir los desórdenes musculoesqueléticos.

Entendiendo las condiciones administrativas y de salud que están involucradas es necesaria la evaluación desde la disciplina que permite ahondar en esas condiciones y generar cambios significativos. A continuación, se presenta un proyecto que caracteriza al sector metalmecánico, área directamente relacionada con el caso de esta investigación.

El proyecto se genera para entender y gestionar los riesgos que se presentan en la empresa de metalmecánica DIAJOR. Dentro del proceso de investigación se aplican 2 procesos para entender estos riesgos, en primera instancia está el análisis de puesto de trabajo en donde se especifican elementos como las posturas, estáticos de trabajo, funciones de este y se contabiliza

cada gesto motor necesario para realizar las tareas y subtareas a las que están sometidos los trabajadores de la empresa. En segunda instancia, analiza mediante el método observacional cualitativo los factores involucrados en la organización y el trabajo el ser.

Los valores y resultados obtenidos de este análisis se generan las recomendaciones más puntuales sobre los riesgos biomecánicos y posturales existentes desde todos los actores involucrados. De este proyecto se rescata la minucia con la cual se analiza el gesto motor de los trabajadores de manera descriptiva, sin embargo, no se evidencia un bordaje más técnico que permita entender con mayor facilidad en donde se están presenciando las incidencias dentro de la ejecución del gesto motor, además que existiría mayor facilidad colocando fotografías más explícitas.

La caracterización permite contemplar que hay ciertas áreas de la ergonomía en las que se debe ahondar para entender y comprender cuales son las variables que se deben intervenir. El caso que sigue profundiza en esas condiciones de la ergonomía física que se evidencian directamente afectadas y como se evalúan esas condiciones. La siguiente investigación “Presencia de molestias musculoesqueléticas en zona lumbar y miembros superiores asociadas a posturas forzadas en el puesto de soldadura en un taller metalmecánico y su propuesta de control” (Rodrigo, 2021) en Quito, Ecuador.

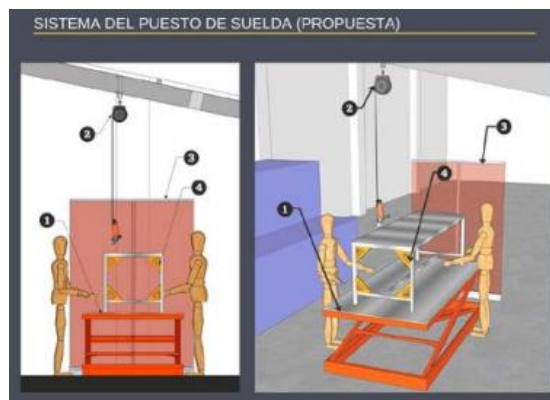
El objetivo de este estudio fue evaluar el nivel de riesgo ergonómico asociado a posturas forzadas en el puesto de soldador en un taller metalmecánico y proponer mejoras para reducir dichos riesgos y las molestias musculoesqueléticas en la zona lumbar y miembros superiores. Se desarrolló un estudio de caso con tres trabajadores de un taller de metalmecánico que experimentaban dolor en estas áreas, se usó el cuestionario nórdico de Kuorinka para evaluar la

percepción de dolor y se apoyó con el método REBA para identificar las posturas forzadas y el nivel de riesgo al que se están arriesgando.

Los resultados indicaron que dos soldadores, los más altos y con más experiencia en el puesto, presentaban molestias en la zona lumbar. Además, se identificó que la subtarea de “posicionamiento” durante la soldadura era la que presentaba un mayor riesgo ergonómico. A partir de la información recolectada, se concluyó que la altura del plano de trabajo no era adecuada en relación con las medidas antropométricas de los soldadores.

En conclusión, se propuso implementar cambios en la mesa de trabajo, incluir pausas activas, además de desarrollar un plan de prevención de riesgo y utilizar herramientas auxiliares. Estas medidas buscan fomentar una cultura del orden en donde se enfoca en la salud de los trabajadores y reducir los riesgos de los soldadores del taller de metalmecánico.

*Ilustración 2: Propuesta Sistema de Puesto de suelda*



*Fuente: Rodrigo, C. Á. E. (2021, 1 febrero). Presencia de molestias músculo-esqueléticas en zona lumbar y miembros superiores asociadas a posturas forzadas en el puesto de soldadura en un taller metalmecánico y su propuesta de control. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4160>*

El haber revisado las condiciones propias del trabajador, permite ahora dar una proyección y conceptualización más clara de cómo abordar algunos cambios, para entender un

poco a donde se quiere llegar se revisa un caso más técnico. Este proyecto, es bastante robusto en cuanto a la investigación, conceptualización y condiciones técnicas, es increíble comprender la relación en escala industrial y los análisis previos del usuario. El proyecto se llama “Diseño de una mesa de trabajo de soldadura en una línea de producción” (David & De Catalunya Departament de Resistència de Materials I Estructures A L’Enginyeria, 2023)

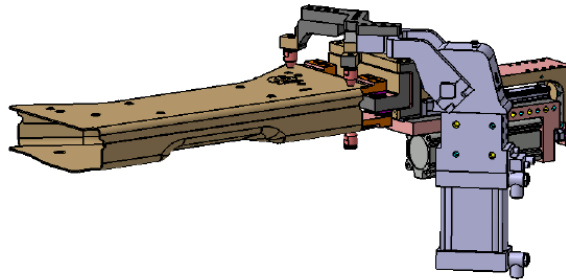
El proyecto pretende desarrollar una línea de producción para el proceso de soldadura desde una perspectiva técnica funcional que permita comprender los elementos necesarios para producirla, como soportes formales y anexos a estos como los utillajes. El trabajo está dividido en 4 grandes partes, en primera instancia se presenta el temario relacionado con los antecedentes de esta mesa y materialización del proceso de ideación como las necesidades, que es el enfoque conceptual (elementos) y el cómo se materializan los requerimientos del paso anterior (proceso de diseño y funcionamiento), la documentación necesaria para justificación de los materiales, proceso de fabricación y concepto medio medioambiental.

La segunda parte del proyecto se presenta en dos partes, una en alusión al presupuesto general donde se contempla el ítem de la fabricación, tiempos y montaje de la mesa. Luego se presenta una tabla que es similar a un APU (análisis de precios Unitario) en donde se especifica parte por parte de la composición de la mesa de soldadura cuánto cuesta y su resultante, exponiendo una visión integral de los costos de este. La tercera parte del proyecto comprende todas las condiciones de materialidad, detalles del proceso constructivo y detalles técnicos que hacen parte de la constitución del proyecto desde la perspectiva técnica, cabe aclarar que este proyecto corresponde a una respuesta técnica y tecnológica para la obtención de título desde la

Ingeniería Mecánica. Para los detalles técnicos se rescata los requerimientos de presentación desde la perspectiva planimétrica y detalle del modo constructivo de esta mesa.

La cuarta parte se compone de todos los anexos planimétricos para llevar a cabo la construcción formal de la mesa. Del proyecto se rescata la visualización integral del generar un producto con características profesionales, que permiten al constructor tener claridad de los pasos, piezas, uniones y aditamentos para el completo funcionamiento de la propuesta expuesta por el

*Ilustración 3: Brida neumática para los aprietes*



*Ilustración 10: Brida neumática para los aprietes*

Fuente: David, S. M., & De Catalunya Departament de Resistència de Materials I Estructures A L'Enginyeria, U. P. (2023, 27 junio). *Diseño de una mesa de trabajo de soldadura en una línea de producción*. <http://hdl.handle.net/2117/392557>

El anterior caso es bastante complejo, pero da una mirada completa de lo que se puede llegar a lograr en este tipo de intervenciones, es un alcance técnico y a escala industrial. Ahora se revisa un caso más pequeño al más práctico y artesanal, con el ánimo de encontrar herramientas de construcción y utilización un poco más cercanas a este proyecto, en este caso una pequeña adaptación a una necesidad identificada desde el área universitaria. El proyecto se llama “Diseño y fabricación de mesas móviles porta soldadoras para los laboratorios de soldadura de la tecnología superior mecánica automotriz durante el periodo académico Abril – octubre del 2023” (Fabricio, 2023) que tiene como objetivo diseñar una mesa que permita la movilidad y soporte de los equipos de soldadura que están utilizando en los laboratorios de Mecánica

Automotriz de la misma Institución. Del proyecto se rescata la necesidad de implementar un elemento desde las bases de la educación teniendo en cuenta que existen requerimientos desde el riesgo ergonómico que está presente en el ejercicio de la labor. El autor expone que evidencia posturas que no corresponden a la correcta ubicación del cuerpo y para esto trae como herramienta el REBA. También realiza encuestas a los usuarios de estos espacios para la mecánica automotriz relacionadas con frecuencias de uso, el estado de las herramientas para ejecutar sus labores y cómo perciben la disponibilidad de equipos durante sus prácticas.

Para la realización del proceso de diseño se aplicó el método de Norton, se rescata el paso a paso del cómo se generan los procesos desde la concepción de requerimientos técnicos, proceso de bocetaje, análisis a través de puntuaciones, diseño en programas CAD, realización del prototipo (paso a paso de la construcción), producción y socialización final del proyecto

*Ilustración 4: Mesa Móvil diseñada*



*Fuente: Fabricio, A. A. A. (2023b, noviembre 10). DISEÑO y FABRICACIÓN DE MESAS MÓVILES PORTA SOLDADORAS PARA LOS LABORATORIOS DE SOLDADURA DE LA TECNOLOGÍA SUPERIOR MECÁNICA AUTOMOTRIZ DURANTE EL PERIODO ACADÉMICO ABRIL – OCTUBRE 2023.*

<http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/829>

El enfoque del siguiente trabajo va ligado a un análisis más profundo sobre las condiciones músculo esqueléticas de una empresa en Colombia dedicada a la metalmecánica, en donde se reconoce en primera instancia el riesgo y se va comprendiendo los factores

involucrados con estos desórdenes que se mencionan. La propuesta de intervención se llama “Propuesta de un plan de intervención para desórdenes musculoesqueléticos relacionados a la carga y peligros biomecánicos en el personal de la industria metalmecánica de la empresa All Plast S.A.S” (Marleny, 2022).

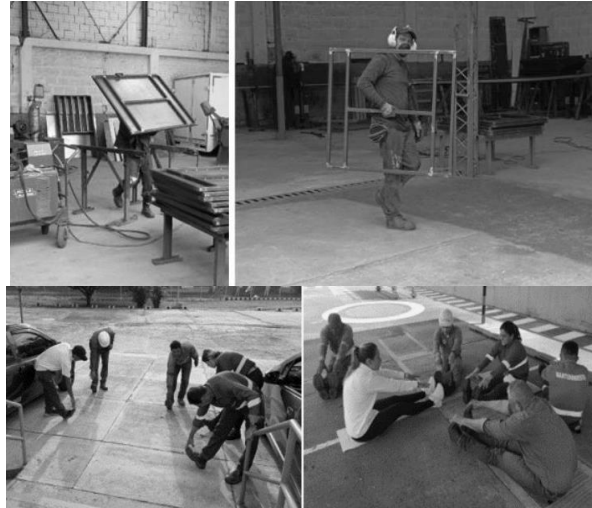
Se lleva a cabo una investigación para la empresa All Plast S.A.A en Bogotá, en donde se reconoce los síntomas y prevenir la aparición de enfermedades derivadas de las actividades repetitivas en los soldadores. Se identifican los factores de riesgo asociados con el uso y manejo de herramientas y equipos, centrándose en la cantidad y el esfuerzo físico requerido de un trabajador en cada actividad.

Se analizó los datos obtenidos por medio de la encuesta sociodemográfica, el cuestionario nórdico y el método de rápida evaluación de cuerpo entero (REBA), se pudo identificar que existe una variabilidad en el personal con sintomatología relacionada con trastornos musculoesqueléticos, en donde las molestias a nivel de espalda baja y extremidades superiores son los síntomas más recurrentes. Los instrumentos de medición y correspondiente análisis se enfocan en ocho empleados de la planta de la empresa que desempeñan labores de carga, pulido y soldadura. Se consideran variables de inclusión y exclusión para plantear acciones con el fin de prevenir trastornos musculoesqueléticos y promover la salud y la higiene laboral de los trabajadores.

Considerando los resultados del cuestionario nórdico, la encuesta sociodemográfica y la aplicación del método REBA en las actividades operativas y administrativas, se concluye que es necesario tomar medidas inmediatas para reducir el riesgo y el impacto de los trastornos

musculoesqueléticos en los trabajadores, fundamental para la productividad y el desarrollo de la empresa.

*Ilustración 5: Evidencia fotográfica de la Intervención*



*Fuente: Propuesta de un plan de intervención para desórdenes músculo esqueléticos relacionados a la carga y peligros biomecánicos en el personal de la industria metalmecánica de la empresa All Plast S.A.S.*  
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3589>

Los métodos también pueden no ser tan populares, pero pueden funcionar para entender las condiciones ergonómicas. Además, este método de análisis permite comprender todos los factores que están involucrados en el puesto de trabajo del soldador. Por eso se le atribuye con el nombre de “Análisis ergonómico para proponer mejoras al puesto de soldador de una empresa de metalmecánica Arequipa-Antioquia” (Efraín, 2022).

Este busca generar una serie de recomendaciones para el puesto de trabajo como soldador, para esto la autora relaciona entre sus objetivos la comprensión del trabajo desde los 3 dominios de la ergonomía, analizar qué condiciones están y las propuestas para reducir el riesgo ergonómico. El proyecto enfatiza en la conceptualización de la ergonomía y sus componentes, para comprender que el puesto de trabajo requiere unas necesidades. No se evidencia una profundización técnica de las condiciones ergonómicas que se pueden considerar, adiciona el uso

de un método llamado LEST, donde se enuncian aspectos relevantes para comprender ergonomía inmersa en el trabajo y busca generar una percepción más objetiva de estos.

A través del software E-lest, se ingresan los datos de acuerdo con las preguntas que corresponden al análisis de los aspectos de carga mental, Entorno Físico, Aspectos Psicosociales y tiempo de Trabajo. Al final de la aplicación del software de análisis arroja un histograma donde se ve cual es la dimensión de mayor Puntaje. La aplicación de estos análisis se transforma en las mejoras propuestas: la implementación de dotación, usos de mobiliarios más ajustables en alturas y servicios complementarios para que el puesto de trabajo se adapte a las necesidades del trabajador.

También se trae a colación una metodología para solucionar el rediseño que se está proponiendo en la presente investigación, un contexto necesario para comprender que es una forma que ayuda y ha ayudado a muchos procesos de innovación en el diseño. El ensayo se titula “Del diseño industrial al design Thinking. Perspectiva histórica de una disciplina en construcción” (De la Cárcova, 2020). El ensayo es escrito por el diseñador Industrial Alejo Garcia de la Cárvona, nos muestra la justificación y el proceso por el cual ha ido creciendo y fundamentándose de manera más consolidada la implementación de esta metodología. Explica que el génesis (sobre los años 30 del siglo pasado) de esta metodología se remonta a oficios como arquitectura, artesanía y artesanos, básicamente aquel que se involucra en el diseño (ingenierías, escenógrafos, ilustradores), ya que el mundo se encuentra en un momento de inflexión bastante fuerte por las guerras se hace necesario darle más formalismo a la industria y convertirlo en una estrategia rápida, eficiente, formal, metodológica y disciplinar. Con el

propósito de generar “estructura” para este proceso, se enfoca en el valor añadido (innovación) y las condiciones de función y forma.

Las empresas (IDEO) que buscan un impacto diferente en el mercado empiezan a asumir esta metodología para fomentar los rediseños con soluciones innovadoras y dando cabida de que el proceso de diseño nunca termina solo se transforma para volver a comenzar el ciclo. La metodología cobra protagonismo ya que se empieza a institucionalizar en todas las áreas del diseño.

### **5.3 Marco Legal**

#### ***5.3.1 Resolución 2844 de 2007.***

La presente resolución tiene por objeto adoptar las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia. Las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional adoptadas mediante la presente resolución serán revisadas y actualizadas como mínimo cada cuatro (4) años.

#### ***5.3.2 Norma Técnica Colombiana 5693-1 del 2023 Ergonomía.***

Manipulación manual, Parte 1 Levantamiento, descenso y transporte: especifica los límites recomendados para el levantamiento, descenso y transporte manuales, tomando en consideración la intensidad, frecuencia y duración de la tarea. Está diseñado para proporcionar requisitos y recomendaciones sobre la evaluación de diversas variables de la tarea, lo que permite evaluar los riesgos para la salud de la población trabajadora.

### ***5.3.3 Guía Técnica Colombiana 290 del 2018.***

Documento de aplicación de normas nacionales sobre manipulación manual (ntc 5693-1, NTC 5693-2 y NTC 5693-3) y evaluación de posturas de trabajo estáticas (NTC 5723): es un documento de aplicación que orienta a los usuarios de la serie de normas nacionales NTC 5693, que trata sobre manipulación manual, y NTC 5723, que trata sobre posturas de trabajo estáticas. Específicamente, brinda orientación a los usuarios y suministra información adicional para la elección y uso de las normas apropiadas.

### ***5.3.4 Norma Técnica Colombiana 5655 del 2018: Principios para el diseño ergonómico de sistemas de trabajo.***

Establece los principios básicos que orientan el diseño ergonómico de los sistemas de trabajo y define los términos fundamentales que resultan pertinentes. En ella se describe una aproximación integrada al diseño de estos sistemas, en el que se contempla la cooperación de expertos en ergonomía con otras personas participantes en esa actividad, atendiendo con igual importancia, los requisitos humanos, sociales y técnicos, durante el proceso de diseño.

### ***5.3.5 Guía de Atención Integral basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores.***

Emitir recomendaciones basadas en la evidencia para el manejo integral (promoción, prevención, detección precoz, tratamiento y rehabilitación) de De Quervain y Epicondilitis relacionada con movimientos repetitivos y otros factores de riesgo en el lugar de trabajo. Guía de Atención Integral de salud ocupacional basada en la evidencia para hombro doloroso relacionado con factores de riesgo en el trabajo.

**5.3.6 NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA**  
**(Evaluación rápida de todo el cuerpo)**

El método REBA ha sido desarrollado (Sue Hignett Et al, 2000) Corresponde a un sistema de análisis postural sensible para la identificación de los riesgos musculoesqueléticos en una variedad de tareas, este consiste en dividir el cuerpo en segmentos para codificarlos individualmente, con referencia a los planos de movimiento. Suministra un sistema de puntuación para la actividad muscular debida a posturas estáticas, dinámicas, inestables o por cambios rápidos de la postura.

**5.3.7 NTP 1.137: Ergonomía participativa: un enfoque diferente en la gestión del riesgo ergonómico.**

Busca promover un cambio en la manera de hacer participar a los trabajadores (y sus representantes) y de implicar activamente a la dirección de la empresa, de forma que se optimice la participación en la integración dentro del sistema de gestión de riesgos laborales de cada organización. En este caso concreto, relacionado con la gestión de los riesgos ergonómico”.

**5.3.8 NTC 5723: Evaluación de posturas de trabajo estáticas.**

Establece recomendaciones ergonómicas para diferentes tareas en el lugar de trabajo. Esta norma suministra información a quienes están involucrados en el diseño o rediseño del lugar de trabajo, tareas y productos para el trabajo, que están familiarizados con los conceptos básicos de ergonomía en general, y posturas de trabajo en particular.

**5.3.9 NTC 5649: Mediciones básicas del cuerpo humano para diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones y puntos de referencia.**

Esta norma proporciona una descripción de las medidas antropométricas que se pueden utilizar como base para la comparación de grupos poblacionales y para la creación de bases de datos antropométricas. La lista fundamental de mediciones especificada en esta norma está prevista para servir como una guía para los ergónomos, que la han requerido para definir los grupos poblacionales y aplicar sus conocimientos al diseño geométrico de los lugares donde la gente vive y trabaja.

**5.3.10 NTC 6301: Seguridad de las máquinas. Requisitos antropométricos para el diseño de puestos de trabajo asociados a máquinas.**

Presenta conceptos básicos para aplicar la terminología de la ergonomía, intenta promover el empleo de una terminología común entre expertos y usuarios, tanto en el ámbito de ergonomía como en el ámbito general.

## **6. Metodología**

### **6.1 Tipo de Estudio**

El estudio que se hará durante la investigación corresponde a un estudio de tipo cualitativo y cuantitativo donde se busca analizar las condiciones actuales, diagnosticar que elementos son los que están generando la problemática y proponer el rediseño que responda las necesidades encontradas y analizadas en la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. Para ello se identifican los elementos que la componen y cómo se relacionan. El tipo de investigación se clasifica según su objetivo en una investigación aplicada tecnológica, ya que a partir de la

propuesta de rediseño se busca de alguna manera mejorar la calidad de vida de los trabajadores del área de fabricación en la empresa.

## 6.2 Fases del Proceso

Tabla 5: Fases del Proceso

ITEM	ACTIVIDAD	RESULTADOS
1	Realizar visitas de campo al puesto de trabajo para entender cómo funciona el puesto de trabajo.	Dirigirse a la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S.
		Solicitar permiso a la gerente de personal
		Realizar recorrido por las instalaciones del área operativa
2	Realizar entrevistas a los trabajadores afectados para determinar los factores implicados en la problemática	Dirigirse al área de soldadura de la empresa
		Realizar la charla sobre las necesidades que encuentran en puesto de trabajo
		Tomar atenta nota de los requerimientos indicados por el trabajador
3	Tomar registro en vídeo y fotografías para el análisis detallado de los movimientos y posturas	Dirigirse al área de soldadura de la empresa
		Toma de fotografías desde distintos ángulos en el proceso de soldar
		Toma de tiempos para entender el gesto motor
4	Realizar la aplicación de un método de evaluación que permita abordar la mayoría de los elementos implicados	Aplicar método REBA con base al registro fotográfico
		Analizar los datos suministrados al método
5	Analizar la información recopilada para sacar las conclusiones.	Analizar los datos arrojados por el método
		Comparar los resultados con las condiciones iniciales evidenciadas
6	Transformar las problemáticas evidenciadas para usarlas como criterios de diseño	Lluvia de ideas de los trabajadores y observadores
		Realizar una matriz para organizar las necesidades encontradas
7	Realizar jornadas de ideación con los trabajadores para el diseño del prototipo.	Consultar a los trabajadores y miembros del equipo operativo sobre las condiciones técnicas
		Transformación de necesidades a elementos formales

8	Delimitar las estrategias operativas para los trabajadores y su puesto de trabajo.	Delimitación de los alcances de la propuesta
		Recomendaciones para la posible ocupación del proyecto en el futuro
9	Realizar los entregables del prototipo técnico y presupuestal de la mesa de soldadura modular.	Realizar la proyección Planimétrica de la propuesta
		Realizar la proyección 3D de la propuesta

Fuente: *Elaboración Propia*

### **6.2.1. Identificación del problema**

La identificación del problema se desarrolla a través de dos etapas, la primera en contacto directo con la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S., para conocer con el área de gestión humana que necesidades o problemáticas se han venido presentando de manera constante y que se pueden llegar a ser solucionadas a través de los conocimientos adquiridos durante la especialización. Según la información suministrada, la opción más viable como proyecto de investigación es la atención a los reportes de los soldadores por constantes molestias en la zona cervical y lumbar.

La segunda etapa para la identificación del problema se realizó a través de la técnica de metodología de investigación “Árbol de Problemas”, de la CEPAL (E. Ortegón, et al, 2005) el cual permite identificar de manera eficaz y profunda la raíz del problema, para proyectar una respuesta coherente con las necesidades planteadas en el inicio del proceso de consultoría.

### **6.2.2. Establecimiento de Objetivos**

El establecimiento de los objetivos se realizó a través de la técnica de “Árbol de objetivos”, con la guía suministrada por la CEPAL (E. Ortegón, et al, 2005), que parte de la realización del árbol de problemas para generar los entregables generales, actividades y

proyecciones. El árbol de objetivos se desplaza un nivel con respecto al árbol de problemas para obtener una relación hacia el producto o adecuación al puesto de trabajo.

### **6.2.3 Metodología**

A través del método de la observación y análisis de las incidencias del trabajo se analiza la información con la estrategia de matriz de datos de investigación denominada “Análisis ergonómico de puesto de trabajo”. La matriz cuenta con las variables contextuales del trabajo y la organización, análisis del gesto motor y las interacciones generadas dentro del sistema ergonómico de este. La información requerida para la aplicación y realización de la matriz está basada en los libros “Comprender el Trabajo para Transformarlo - La práctica de la ergonomía” edición en español (Alain Kerguelen et al, 1992) y del libro “Ergonomía y procesos de diseño: Consideraciones metodológicas para el desarrollo de sistemas y productos” (Rincón, 2017). El formato de la matriz fue desarrollado por la docente Laura Amorocho y se aplicó para la completa comprensión del puesto de trabajo.

La metodología para analizar la recopilación de datos relacionados con la carga postural del trabajador es una herramienta de origen cuantitativo llamada método de evaluación ergonómica del puesto de Trabajo con enfoque hacia la carga postural REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Sue Hignett et al, 2000), que consiste en una valoración rápida de cuerpo completo, que permitirá analizar la carga postural ejercida en miembros superiores e inferiores para generar un puntaje que permita entender cuáles son los signos de alerta. Se debe agregar que, el método divide el cuerpo en dos partes para su valoración la primera parte se llama Grupo A (tronco, cuello y piernas) y la segunda parte llamada Grupo B (brazo, antebrazo y muñecas)

con el objetivo de determinar puntuaciones individuales de acuerdo a lo establecido en la tabulación del método. Es por esto que después se brindan las recomendaciones generales.

El desarrollo del proceso de diseño y planificación de este se llevará a cabo con la metodología de “Design Thinking” o en español Diseñar pensando. El uso e implementación de esta metodología de manera formal se le atribuye a los pensadores Tom y David Kelley en la Universidad de Stanford California sobre los años 70’s, sin embargo la metodología tiene como alma y lo que busca explicar es “la forma en la que los diseñadores piensan” (Admin, 2024). Esta metodología está compuesta por las siguientes etapas: Empatía, definición, ideación, prototipado y testeo. El método y teoría recomienda dentro de su aplicación adaptar las etapas anteriormente mencionadas de acuerdo a las necesidades del proceso de diseño que se vayan requiriendo, no todos los casos son iguales e igual de alcanzables. A través de la aplicación de este método lo que se busca es garantizar que el producto final corresponda a una respuesta desde la innovación y comprensión total de las necesidades del cliente.

### **6.2.3.1 Reconocimiento del objeto de investigación**

La población objeto de investigación son los 8 soldadores que pertenecen al área de fabricación, la muestra escogida es un soldador de 57 años con mayor antigüedad en el cargo, cuenta con una experiencia en el cargo de más de 19 años la cual ha desempeñado en la empresa desde sus inicios aparte lleva más de 30 años de trayectoria soldando, ha pertenecido a la fabricación, montaje e instalación de importantes proyectos nivel regional y nacional.

Con el tiempo el trabajador adquirió un rol de líder en el área con el cumplimiento de metas, retos laborales y dando resultado la eficiencia en la fabricación de los productos.

A continuación, se mencionan las funciones:

**Soldador:** Realizar trabajos de unión, armado y montaje de estructuras metálicas en espesores medios y altos, utilizando equipos de soldadura oxiacetilénica, soldadura oxicorte, arco eléctrico con electrodos revestidos 7018, así como los procedimientos de soldeo MIG. Realizar trabajos de corte de metales empleando herramientas de uso manual y/o de oxicorte y arco plasma aplicando las especificaciones técnicas descritas en la Orden de Producción o plano, cumpliendo con las especificaciones técnicas, normas de seguridad e higiene en la construcción de estructuras metálicas pesadas y medias. Para el análisis ergonómico de puesto de trabajo se toma como muestra un trabajador

### 6.2.4 Recopilación de datos

Tabla 6: Proceso de análisis y recopilación de Datos

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>TÉCNICA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>FUENTE DE INFORMACIÓN</b>	<b>TÉCNICA DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</b>
Realizar el análisis ergonómico de puesto trabajo al personal del área de fabricación de la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. de la ciudad de Ibagué.	Mediante técnica de observación y de entrevistas para con los trabajadores.	Trabajadores de la empresa	Matriz de análisis ergonómico del Trabajo, utilización de métodos de evaluación REBA para evaluar las condiciones de carga postural
Establecer los criterios de diseño más relevantes para el puesto de trabajo de la mesa de soldadura modular.	Definición de todas aquellas necesidades presentes e ideales para transformarlas en propuestas.	Los trabajadores y resultados de la aplicación del método REBA	Matriz de criterios de diseño en función de la metodología Design Thinking
Generar la propuesta de diseño de la mesa de trabajo modular para soldar de acuerdo con los criterios de diseño, contando con la participación de los usuarios para realizarlo	Propuesta de diseño con entregables para la explicación de su función	Matriz de criterios de diseño	Presentación y sustentación ante la empresa, entendiendo la prueba, error dentro del proceso de diseño y los procesos de diseño.

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.5 Análisis de Datos

El análisis de datos se realizó en concordancia con la aplicación de las 3 estrategias expuestas de la metodología. Los datos se organizaron y tabularon de tal forma que tuviese un hilo conductor con las guías de cada metodología, se comprobó constantemente la coherencia de

los datos recolectados y los pasos sugeridos. La comprobación se realizó comparando los datos obtenidos con los estudios de caso que se lograron identificar con la misma metodología.

#### **6.2.6. Resultados y conclusiones**

Los resultados y conclusiones del proceso se realizaron a través del propio proceso de la metodología. En el caso de la aplicación del análisis ergonómico del puesto de trabajo, se realizó la comparación con los 3 elementos del sistema ergonómico en el que se encuentra inmerso el puesto de trabajo. La metodología REBA, los resultados propios del método son de carácter cuantitativo, es decir a través de números, la puntuación más alta del procesamiento de datos es el resultado del análisis y con este las conclusiones de los dos últimos objetivos. Los resultados del método de Design Thinking, es la propuesta de diseño que se proyectó inicialmente

### **7. Diagnóstico**

#### **7.1 Resultados del diagnóstico**

El diagnóstico se realizó comprendiendo los resultados obtenidos por la aplicación de dos de los métodos expuestos anteriormente, la aplicación de la matriz de análisis ergonómico de puesto de trabajo y la aplicación del método REBA (Rapid Entire Body Assessment) en una de las posturas que adoptan la mayor parte de la jornada laboral.

##### **7.1.1 Método Análisis ergonómico de puesto de Trabajo**

El análisis ergonómico de puesto de trabajo tiene su enfoque en interactuar con los elementos existentes en el espacio de trabajo, las funciones establecidas para el cargo de soldador, aspectos destacados para la organización y las condiciones físicas que exponen la seguridad y salud de los trabajadores. Aquí hay algunos componentes clave que se consideran en este análisis:

1. Identificación de la actividad que desarrolla el soldador, describiendo detalladamente las tareas que realiza en el puesto de trabajo para alcanzar el objetivo de la actividad siendo la fabricación de un producto.
2. La operación ergonómica consiste en los movimientos y posiciones que el trabajador emplea en las tareas descritas en el manual de funciones establecidas por la empresa, mediante la observación en el análisis ergonómico el trabajador mantiene una posición de trabajo bípeda, dinámicas y en ocasiones estáticas durante su jornada de trabajo. A su vez, las actividades que realiza el trabajador deben emplear movimientos mantenidos en los ciclos de trabajo. dando un impacto en las extremidades superiores de acuerdo a los ángulos de trabajo generados por la falsa adaptabilidad ergonómica de la mesa de trabajo para soldar.
3. Los determinantes de la carga física comprende la descripción de la población trabajadora como lo son datos básicos del trabajador (edad, escolaridad, estado civil, condiciones físicas del trabajador, tipo de contratación, experiencia en el cargo) características del proceso de selección y contratación para el previo ingreso a la empresa, cuando el trabajador cumple con los requerimientos se alinea para cumplir con las normas de trabajo, de la empresa, acata los deberes y cumple con lo establecido.
4. Interacción Ser humano - Objeto Máquina: Se observa cómo los trabajadores interactúan con las máquinas (tronzadoras), equipos (equipo de soldar) herramientas manuales y eléctricas (pulidora) dentro del puesto de trabajo. Esto implica evaluar el correcto uso, accesibilidad, los aspectos ergonómicos, de las instrucciones de

manipulación, mantenimiento y almacenamiento proporcionada por el fabricante y/o proveedor de la máquina.

5. Interacción Espacio Físico - Ser humano: Se analiza cómo el puesto de trabajo afecta la interacción del trabajador con el desarrollo de sus tareas. Esto incluye aspectos como el diseño de la mesa para soldar, la iluminación, la exposición a temperaturas extremas (calor), condiciones físicas como el ruido, vibraciones y radiaciones no ionizantes y el uso adecuado de los elementos de protección personal en el puesto de trabajo.
6. Interacción Ser humano - Espacio físico: Se considera cómo las relaciones entre los trabajadores influyen en el desarrollo de las actividades de trabajo de la empresa. Esto abarca en el entorno de trabajo como se ve afectado por las alteraciones de orden y aseo por la manipulación de los materiales e insumos para la ejecución de la fabricación.
7. Interacción Objeto máquina - Espacio Físico: Se evalúa la distribución de cada área de trabajo, la ubicación de las máquinas, equipos, herramientas y materiales. Con el fin de garantizar que el desarrollo de las actividades en las áreas de trabajo esté coordinado de manera eficiente para facilitar el trabajo humano.

De manera que el análisis ergonómico del puesto de trabajo establece las recomendaciones de acuerdo a los resultados cualitativos recolectados en cada de las tareas desarrolladas por el trabajador para aplicarlas en el puesto de trabajo mejorando las condiciones físicas del espacio, instruyendo a los trabajadores de incorporar una adecuada higiene postural y un rediseño al puesto de trabajo para garantizar el confort ergonómico a cada uno de los soldadores para optimizar la productiva y eficacia del trabajo a la fabricación de los productos

que ofrecen, estas recomendaciones deben de contar con un seguimiento y trazabilidad en la ejecución de actividades planeadas.

Las características del equipo de soldar modelo AXT-SUPERMIG 255 que utilizan los soldadores se compone de la siguiente información:

1. Es multifuncional, consiste en tres tareas en un solo equipo de soldar con la finalidad de trabajar en diferentes materiales tanto de espesores dejando distintos acabados utilizan los siguientes tipos de soldadura: Electrodo (rango de amperaje 20-220A), Microalambre(rango de amperaje 25-250A) y Tig Lift (rango de amperaje 15-250A), por lo tanto, esto permite contar con una versatilidad de trabajo usando piezas como la pinza porta electrodo, pinza tierra y antorcha microalambre.
2. El equipo de soldar cuenta con una alimentación de energía tipo 220V/1PH y una frecuencia de 60 Hz.
3. Cuenta con un peso de 45 kilogramos y sus medidas son de 81 cm x 42 cm x 87,5 cm, adicional a esto, viene equipado con un soporte base con rodachines brindando una comodidad de traslado del equipo.
4. Su amperímetro es de modo digital permitiendo una mejor accesibilidad para ajustes de los parámetros ya que cuenta con un microchip del software.
5. El equipo tiene una capacidad del rollo Tig de 5 a 15 kilogramos.

Ilustración 6: Equipo de Soldadura



Fuente: SOLDADORA INVERSOR MIG/MAG, ELEC y TIG LIFT 250A, 220V-1PH, PANTALLA LCD, 5-15KGS – Tienda

AxTech. (s. f.). <https://axtech.com.mx/producto/axt-supermig255lcd/>

### 7.1.2 Método de Evaluación REBA

A continuación, se muestra la hoja de resultados y anexo de fotografías utilizadas para la aplicación del método.

Ilustración 7: Resumen de datos REBA

#### RESUMEN DE DATOS:

##### Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

PUNTUACIÓN CUELLO(1-3):	3
PUNTUACIÓN PIERNAS(1-4):	2
PUNTUACIÓN TRONCO(1-5):	3
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA(0-3):	0

##### Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS(1-2):	2
PUNTUACIÓN MUÑECAS(1-3):	3
PUNTUACIÓN BRAZOS(1-6):	3
PUNTUACIÓN AGARRE(0-3):	1

#### Actividad muscular:

Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas  
No existen movimientos repetitivos  
No se producen cambios posturales importantes ni posturas inestables

#### NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:

Puntuación final REBA(1-15) 9

Nivel de acción(0-4) 3

Nivel de riesgo Alto

Actuación Es necesaria la actuación cuanto antes

Fuente: Elaboración Propia en aplicación del método REBA

## **7.2 Aspectos importantes del diagnóstico**

### ***7.2.1 Método Análisis ergonómico de puesto de Trabajo***

El desarrollo del análisis ergonómico del puesto de trabajo se aplicó a un soldador de los 8 soldadores de la población trabajadora, los componentes más relevantes del análisis son:

La actividad realizada en el área de fabricación de la empresa Estructuras Metálicas Castillo SAS es conformada por el montaje, aplicación de soldadura e instalación de estructuras metálicas, dentro de estas actividades se considera las siguientes tareas de alistamiento del material de trabajo la cual consiste en corte de material (tubería metálica redonda y cuadrada) y la fabricación entre las piezas metálicas mediante unión con soldadura donde emplean el uso de equipo de soldar (electrodo, micro alambre y tig lift), herramientas manuales (Martillos, macetas, flexómetro, escuadra, nivel de mano, alicate, destornillador de estrella y pala) y eléctricas (pulidora).

El análisis ergonómico detalla a la población trabajadora de acuerdo a una recolección de datos sociodemográficos de cada uno de los soldadores como la edad, nivel de escolaridad, estado civil, condiciones físicas del trabajador, tipo de contratación, experiencia que lleva en el cargo, a continuación, se relaciona:

Trabajador masculino con edad de 56 años, con nivel de escolaridad bachiller incompleto con altura 1,65 cm y peso 86 kg, residente de la ciudad de Ibagué Tolima y oriundo de la ciudad de San Vicente del Caguán, con el cargo de soldador, con contrato de trabajo tipo termino fijo, ingresos de 1 SMMLV y con prestaciones sociales de ley, con una antigüedad de más de 10 años de experiencia en la empresa para desempeñar sus funciones en el puesto de trabajo.

En caso de que llegue a presentar ausentismo laboral por licencia no remunerada, vacaciones, por enfermedad general, laboral o accidente de trabajo en el área de fabricación se cuenta con 6 soldadores para ser distribuidos las tareas.

Los trabajadores al ingresar a la empresa se le realiza un entrevista operativa para poner a prueba sus conocimientos prácticos, luego de aprobar los trabajadores se les realiza un proceso de ingreso a la empresa que consta de realización en la IPS de exámenes médicos laborales de ingreso y periódicos cuando den lugar, para determinar si el trabajador es apto para desempeñar las funciones, entrenamiento para trabajo seguro en alturas (teniendo en cuenta que las empresa en ocasiones realiza actividades de trabajo en alturas) después de conocer los resultados es citado el trabajo para realizar la inducción de SST que consta de la divulgación de las políticas de la empresa, misión y visión, descripción del cargo, reglamento interno de trabajo, notificación de los riesgos a los que están expuestos, procedimientos de trabajo seguro establecidos de acuerdo a la actividad de la empresa, se les da a conocer a los trabajadores las instrucciones para la ejecución de las actividades, adicional esto, se les entrega documentos relacionados con las tareas (planos de operaciones, instructivos, delegación de responsabilidades).

Al personal se le realiza charlas - Capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo de acuerdo al plan de formación establecido por la empresa con el objetivo de brindarles concientización de los peligros que están expuestos en sus sitios de trabajo, instruirlos en el autocuidado para desarrollar las actividades laborales, en caminarlos en actividades de buenos hábitos saludables en promoción y prevención de la salud.

En la operación de las tareas se observó la biomecánica de los movimientos, las posturas, determinantes de la organización e interacciones hombre - máquina - espacio y que emplea en el trabajo:

**Alistamiento del material de trabajo:** Trabajador en plano sagital y eje laterolateral en posición bípeda con apoyo bipodal, miembro superior derecho brazo con abducción de  $24^{\circ}$ ,1, antebrazo con flexión de  $98,2^{\circ}$  y desviación de muñeca con  $64,1^{\circ}$  para agarre en palanca de la tronzadora para el corte de los materiales.

*Ilustración 8: Goniometría del Soldador 1*



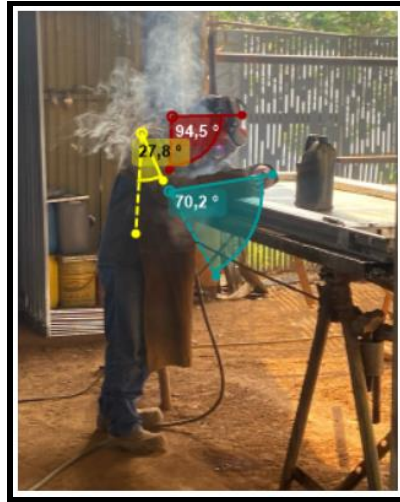
*Fuente: Matriz Análisis ergonómico puesto de trabajo*

- **Los determinantes de la carga física (Espacio físico):** Se observa un trabajador con una máquina tronzadora en un solo espacio.
- **Interacciones del trabajador - objeto máquina:** Agarre y desplazamiento utilizando movimientos de miembros superiores / miembros inferiores estáticos, corte de tubería para la fabricación.

- **Interacciones objeto máquina - trabajador:** Actividad que genera emisiones de ruido, vibraciones, material particulado (virutas) y proyección de partículas en el espacio de corte.
- **Interacciones trabajador - Espacio físico:** El trabajador se ubica el área de corte generando modificaciones dentro del área de fabricación.
- **Interacciones Espacio - trabajador:** El área de fabricación cuenta con un área 68 mts<sup>2</sup> cubierta, los materiales están ubicados a un lado de la tronadora y en área de almacenamiento de manera clasificados. El trabajador realiza desplazamientos dentro del área para agarrar cada uno de los materiales generando contacto físico, ruido moderado por el movimiento de estos, e incómodo por el corte de acuerdo a la medida solicitada.
- **Interacciones Objeto máquina - Espacio Físico:** El área de fabricación cuenta con un área de suficiente capacidad para todo el almacenamiento, cuenta con adecuada iluminación y ventilación.

**Fabricación entre las piezas metálicas mediante unión con soldadura:** Trabajador en plano sagital con eje latero-lateral en posición bípeda con apoyo bipodal con flexión de cuello de 94,5°, miembro superior derecho hombro con flexión de 27,8°, antebrazo con flexión de 69,5° sujetando la pieza metálica para soldar.

*Ilustración 9: Goniometría del Trabajador 2*



*Fuente: Matriz Análisis ergonómico puesto de trabajo*

- **Los determinantes de la carga física (Espacio físico):** Se observa un trabajador con un equipo de soldar en un solo espacio físico.
- **Interacciones del trabajador - objeto máquina:** Agarre y desplazamiento ejerciendo en los miembros superiores e inferiores movimientos alrededor de la pieza a soldar en el área de fabricación.
- **Interacciones objeto máquina - trabajador:** Actividad que genera emisiones de ruido, material particulado (virutas), humos metálicos, proyección de partículas, radiaciones no ionizantes y exposición a temperaturas extremas (calor) mediante el proceso de soldadura en el espacio de fabricación.
- **Interacciones trabajador - Espacio físico:** El trabajador se ubica en el puesto de trabajo la mesa de soldar generando modificaciones en el ambiente dentro del área de fabricación.
- **Interacciones Espacio - trabajador:** El área de fabricación cuenta con un área 68 m<sup>2</sup> cubierta, los materiales están ubicados a un lado del puesto de trabajo clasificando el

material cortado para la fabricación y el material armado para ser trasladado a la siguiente área de alistado. El trabajador realiza desplazamientos dentro del área para agarrar cada uno de los materiales generando contacto físico, de ruido, material particulado (virutas), humos metálicos, proyección de partículas, radiaciones no ionizantes y exposición a temperaturas extremas (calor), de acuerdo con el diseño establecido.

- **Interacciones Objeto máquina - Espacio Físico:** El área de fabricación cuenta con un área de suficiente capacidad para todo el almacenamiento, cuenta con adecuada iluminación y ventilación.

Mediante el método de observación se determina los factores laborales a los que se encuentran expuestos los trabajadores de esta área para realizar las actividades las y el armado de estas piezas para la fabricación de los productos , adicional a esto, el uso adecuado de los elementos de protección personal tales como careta de soldar, máscara respiradora con filtros, gafas de seguridad claras y oscuras, tapa oídos de inserción, peto de soldar con mangas, guantes de soldador, ropa de trabajo y botas de soldador caña alta con el propósito de prevenir la ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades de origen laboral establecidos y suministrados por el área de HSEQ de la empresa.

Durante el análisis se pudo apreciar que los trabajadores se exponen a varios riesgos laborales los cuales son, los riesgos físicos como la presencia del ruido, vibraciones, radiaciones no ionizantes y temperaturas extremas, seguido de riesgo químico por humos metálicos, gases, vapores y material particulado (virutas), riesgo mecánico por proyección de partículas. Se presente por la utilización de máquinas como la tronadora la cual tiene la función de corte del

material metálico, seguido del equipo de soldar el cual mediante el proceso de unión de las piezas metálicas y por último menos importante la herramienta de potencia la pulidora la cual mediante su uso para pulir y corte en los extremos de las piezas generan riesgo y problemas de salud a nivel disergonómico.

**Recomendaciones a intervenir:** La valoración del análisis ergonómico nos lleva a considerar las disposiciones laborales que tienen los trabajadores en los puestos de trabajo en especial los del área de fabricación ya que mediante este método podemos determinar que el puesto de trabajo no cumple con las características ergonómicas para el confort de los trabajadores, por lo tanto, Evidenciamos en el proceso debe ejercer una postura mantenida y movimiento repetitivos durante el ciclo de trabajo, por lo que se presenta el desgaste físico y alteraciones osteomusculares de los trabajadores por la exposiciones a agentes físicos, mejorando las condiciones físicas del espacio, instruyendo a los trabajadores de incorporar una adecuada higiene postural y un rediseño al puesto de trabajo para garantizar el confort ergonómico a cada uno de los soldadores para optimizar la productiva y eficacia del trabajo a la fabricación de los productos que ofrecen, estas recomendaciones deben de contar con un seguimiento y trazabilidad en la ejecución de actividades planeadas.

El desarrollo del análisis ergonómico del puesto fue aplicado al área de fabricación la cual identifica los aspectos de la actividad que realizan los soldadores a su vez lo que su entorno lo rodea de acuerdo a los factores ambientales, del trabajo y sociales de la organización. Este análisis nos permite analizar y dar una valoración de los movimientos corporales de los miembros superiores e inferiores del trabajador al momento de realizar las funciones de fabricación.

Mediante el método de observación se determina los factores laborales a los que se encuentran expuestos los trabajadores de esta área para realizar las actividades las cuales consisten en corte de material (tubería metálica redonda y cuadrada) y el armado de estas piezas para la fabricación de los productos donde emplean el uso de equipo de soldar (electrodo, micro alambre y tig lift), herramientas manuales y eléctricas (pulidora), adicional a esto, el uso adecuado de los elementos de protección personal para prevenir la ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades de origen laboral.

Durante el análisis se pudo apreciar que los trabajadores se exponen a múltiples riesgos laborales entre ellos, los riesgos físicos como la presencia del ruido, vibraciones, radiaciones no ionizantes y temperaturas extremas, seguido de riesgo químico por humos metálicos y material particulado (virutas) y riesgo mecánico por proyección de partículas. Se presente por la utilización de máquinas como la tronzadora la cual tiene la función de corte del material metálico, seguido del equipo de soldar el cual mediante el proceso de unión de las piezas metálicas y por último menos importante la herramienta de potencia la pulidora la cual mediante su uso para pulir y corte en los extremos de las piezas generan riesgo y problemas de salud a nivel disergonómico.

Del análisis ergonómico hay que mencionar, además involucran a la población trabajadora de acuerdo a una recolección de datos básicos de cada uno (edad, escolaridad, estado civil, condiciones físicas del trabajador, tipo de contratación, experiencia en el cargo) por otra parte, los componentes organizacionales son considerados para analizar los componentes organizacionales establecidos, documentados y aplicados a los procesos para la selección del

personal de acuerdo a los lineamientos y requerimientos para cada uno de los cargos constituidos en la empresa.

La valoración del análisis ergonómico nos lleva a considerar las disposiciones laborales que tienen los trabajadores en los puestos de trabajo en especial los del área de fabricación ya que mediante este método podemos determinar que el puesto de trabajo no cumple con las características ergonómicas para el confort de los trabajadores.

Hipervínculo de la aplicación del análisis ergonómico del puesto de trabajo: [Análisis Ergonómicos Soldador.xlsx](#)

### **7.2.2. Método de Evaluación REBA**

La aplicación del método REBA, se hizo con base a la información suministrada por el análisis ergonómico del trabajo, en donde se identificó que el mayor riesgo ergonómico era referenciado a las posturas, en la clasificación de posturas prolongada. Recordemos que el método REBA identifica la carga postural del trabajador, recordemos que entre mayor el puntaje de un segmento corporal, es mayor la penalización de la carga o fatiga muscular presenta. Los elementos más relevantes de los resultados de la aplicación del método son:

- La puntuación obtenida del grupo A, en segmento corporal del cuello en donde la puntuación está en un rango de 1 a 3, el método arroja como resultado 3, es decir la puntuación más alta, haciendo referencia que es uno de los elementos por corregir de manera inmediata.
- La puntuación obtenida del grupo B, en el segmento corporal de antebrazo en donde la puntuación está en un rango de 1 a 2, el método arroja como resultado 2, es decir la puntuación más alta, segmento que requiere intervención inmediata.

- La puntuación obtenida del grupo B, en el segmento corporal de muñecas en donde la puntuación está en un rango de 1 a 3, el método arroja como resultado 3, es decir la puntuación más alta, segmento que requiere intervención.
- Según la puntuación final del método REBA, donde la puntuación está en un rango del 1 al 15, en este caso arroja 9 puntos; que según el método de evaluación aquellos puntajes que estén entre el rango de 8 a 10 se identifica en el RIESGO ALTO “es necesaria hacer una actuación cuanto antes”.
- Las puntuaciones siguientes están representadas en los segmentos corporales de brazos, tronco y piernas. Siendo así los siguientes por intervenir en el rediseño de puesto de trabajo.

Teniendo en cuenta las penalizaciones más altas y medias de la aplicación del método se trasladaron a los criterios de diseño biomecánicos en función de la disminución de los riesgos posturales presentados en estos diagnósticos para el cargo de soldador de la empresa Estructuras metálicas Castillo S.A.S. de la ciudad de Ibagué.

Hipervínculo de la aplicación del método REBA: [MÉTODO REBA \(1\).xlsx](#)

## **8. Plan de Acción**

### **8.1 Aplicación de la metodología de diseño Design Thinking**

#### ***8.1.1. Empatizar***

La fase de empatizar es el punto de partida del proceso de Design Thinking, sentando las bases para un óptimo desarrollo. En esta etapa se establece el arquetipo de usuario al que se dirigirá el proyecto, se establecen los objetivos de investigación y se selecciona las técnicas de recopilación de información adecuada. El propósito principal de esta fase es identificar los

deseos y necesidades relevantes para el usuario. Se emplean técnicas como entrevistas en profundidad, la observación y el focus group, entre otras que permiten recolectar información valiosa para el posterior diseño y desarrollo del proyecto. (Design Thinking España, 2024).

Para el desarrollo de la etapa empatizar, se recurre al concepto de los soldadores a través de la consulta sobre sus puestos de trabajo además de considerar el concepto generado por el área de HSEQ. Para recopilar esta información se realizaron 3 técnicas para la aplicación de la etapa de la empatía, las cuales son la inmersión para conocer el usuario, se responden las preguntas qué, por qué y cómo (en este caso la información analizada en el método - análisis ergonómico del trabajo) y por último la observación del usuario en su entorno de trabajo en el que se identificó aquellos factores (aplicación de método de evaluación de trabajo postural REBA) más importantes que afectan directamente al usuario (Pomar, 2020).

*Ilustración 10: Charlas con el trabajador*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **8.1.2. Definir**

La segunda etapa del proceso se enfoca en la organización de toda la información recopilada, con el objetivo de identificar áreas de oportunidad para ofrecer soluciones relevantes a los deseos y necesidades del usuario. Una técnica utilizada comúnmente es el clusterizado o saturar y agrupar. Se realiza una lluvia de ideas en post-its, luego se agrupan según su contenido y finalmente se busca encontrar una frase que sintetice la información. Esta técnica permite

visualizar de manera clara y ordenada las diferentes temáticas y patrones encontrados en los datos recopilados, esto proporciona una base sólida para el desarrollo de soluciones efectivas. (Design Thinking España, 2024)

Para el desarrollo de esta etapa se recapitulan los resultados relevantes obtenidos del conocer la situación de manera integral, con el fin de que sean considerados como el eje de transformación hacia la innovación del producto. Recordemos que la ergonomía se basa en la adaptación del puesto de trabajo al usuario en este caso los soldadores. La definición de este proceso se concretó así

- Disminución de las penalizaciones más altas en la aplicación del método REBA.
- Adaptaciones del plano de trabajo y alturas para ajuste por trabajador.
- Espacio para el almacenamiento de los accesorios del equipo soldador.
- Adaptación en la inclinación del plano de trabajo.
- Posibilidad de ajuste del plano en longitud para las diferentes piezas.

Además, se revisan qué productos en el mercado cuentan con esas características o similares para tener en cuenta cuáles podrían ser las soluciones a las necesidades. Se hace una revisión y se reúne a través del siguiente cuadro.

### 8.1.2.1 Investigación de productos similares y sus propiedades



Tabla 7: Productos similares 1

ITEM	Descripción del producto	Valor	COP
1	TANLEY FATMAX FMST1-75672, Mesa de trabajo plegable, Gran superficie de trabajo, Patas metálicas, Soportar hasta 455 kg	114.82 euros	\$481.338,12 11/05/2023
2	Mesa de soldadura VEVOR 30''' x 20''' 400 libras capacidad de carga mesa de banco de trabajo de soldadura de acero	78.99 dólares	\$306.961,96 11/05/2023
3	Mesa Para Soldadura Perforada Con Puntos De Fijación Tbhkm100	775 euros impuestos	\$3'248.885 11/05/2023
4	Mesas de soldadura con utillaje - Utillaje para robot de soldadura - Posicionadores con mesa de soldadura - Siegmond	1200 euros	\$5'030.532 11/05/2023

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra una tabla de recopilación de mesas de soldadura en el mercado que no se puede acceder a su valor comercial, pero se rescatan las propiedades funcionales de la mesa.

Tabla 8: Productos similares 2

Marca	Imagen	Descripción
Forster		Gracias al ajuste de altura e inclinación electrohidráulico, esta mesa de soldadura constituye la base para un puesto de trabajo flexible y ergonómico. Carrera electrohidráulica de 550 mm – 1050 mm Basculación electrohidráulica +/- 45° Cargas puntuales de hasta 1,5 t Peso de las piezas constructivas hasta 2,0 t Perfil de planitud superficial 0,05 mm
Forster		Las mesas de soldadura reversibles FÖRSTER están equipadas con un accionamiento giratorio electromotorizado que permite un posicionamiento continuo de 360°.  Todos los modelos están equipados de serie con 12

		<p>raíles para permitir el acceso a todos los lados de la soldadura. Para piezas de trabajo de hasta 3000 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 360°- Función de rotación</li> <li>● Cargas puntuales de hasta 1,5 t</li> <li>● Cargas superficiales de hasta 1,5 t</li> <li>● Perfil de planitud superficial +/- 0,05 mm</li> </ul>
GPPH GROUP		<p>El <b>sistema de elevación hidráulica</b> permite ajustar la altura del tablero de la mesa con suavidad y precisión. Esto facilita la adaptación de la altura de las mesas a los proyectos que se van a soldar y garantiza una comodidad de trabajo óptima. <b>Material del tablero:</b> Los tableros se fabrican con material de alta calidad: acero S355J2+N o acero inoxidable de grado 1.4301. La elección del material del tablero depende de sus preferencias.</p>
Nomad		<p>Mesa portátil sobre la que poder realizar tus trabajos de soldadura cómodamente. Una de nuestras <u>herramientas especiales</u> más destacadas y que ofrece mayores ventajas. Principalmente te permite realizar tus fijaciones en cualquier sitio que necesites. Desplázate cómodamente y regula la altura de la mesa a tu antojo. Contacta con nosotros para más información.</p> <p>La mesa portátil Nomad cuenta con increíbles mejorías. Una de ellas es que la altura de la mesa se regula entre 660 y 810mm. Además, es fácil de transportar gracias a las ruedas giratorias que posee en sus patas, las cuales estabilizan la mesa sobre superficies irregulares. Asimismo, la mesa de soldadura FixturePoint posee rieles a ambos lados los cuales se pueden utilizar como vallas, o <u>guías</u>, de sujeción.</p>
Rhino Cart		<p>Sistema móvil que permite la fijación y sujeción en soldaduras y fabricación. Mesa reversible con un tratamiento nitrurado y con unas dimensiones de 1.200 x 750 mm.</p>
Siegmund		<p>El robusto bastidor de perfiles de aluminio con el extraordinario diseño de Siegmund es la base de nuestro banco de trabajo. Equipado con una placa perforada probada de Siegmund, se pueden acoplar fácilmente varios accesorios como topes, accesorios o tornillos de banco al banco de trabajo para sujetar de forma segura su pieza de trabajo. con la altura</p> <p>Patatas ajustables, proporcionamos una postura de trabajo ergonómica cómoda para nuestro banco de trabajo.</p>

### **8.1.3 Idear**

Una vez establecido el reto, se procede a la fase de diseño de la solución, donde la primera etapa es la de idear, en esta fase se busca generar la mayor cantidad de ideas posibles que respondan al reto planteado. Se realiza el brainstorming y otras herramientas para fomentar la generación de ideas. El objetivo principal es explorar diferentes enfoques y perspectivas para encontrar soluciones innovadoras y creativas. (Design Thinking España, 2024)

Para el desarrollo de la etapa de definir se recurre a la realización de un matriz para consolidar la información, tanto del proceso de diagnóstico, como de la etapa anterior que en donde se indaga el usuario directamente, haciendo preguntas relacionadas al cómo lo quieren o que aspectos le cambiarían, además de asesorías técnicas relacionadas con posibles materiales para la estructura del producto y se revisan diversas opciones similares entendiendo todos los componentes técnicos y aplicación para generar la innovación que se requiere en este proceso.

#### **8.1.3.1 Matriz de Criterios de Diseño**

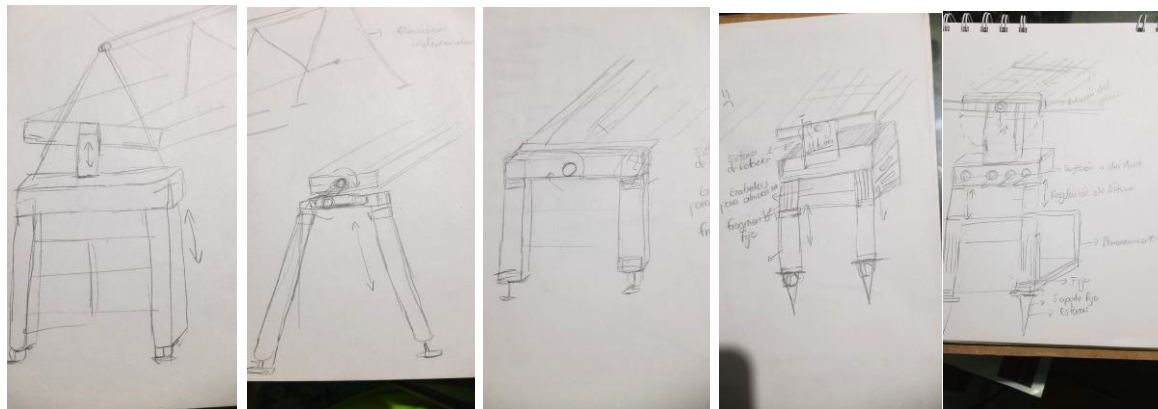
*Tabla 9: Matriz - Criterios de Diseño*

<b>CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>USUARIO</b>	<b>OBSERVADOR</b>
<b>FUNCIONALES</b>	Almacenamiento del equipo de soldadura evitando contaminantes ambientales, químicos y/o biológicos. Facilidad de uso y construcción.	Soporte en suelos irregulares y regulares. Soporte de los accesorios del equipo de soldadura.
<b>FORMALES</b>	Ocupación de espacio actual. Facilidad para la unión de piezas alrededor de la mesa.	Dimensiones en longitudes similares. Mantenimiento de la forma básica de la estructura actual. Soporte necesario para las piezas a unir.
<b>TECNOLÓGICOS</b>	Fácil transporte en el área de trabajo. Fácil utilización de la mesa por parte de los trabajadores.	Adaptación de los planos de trabajo de forma manual en proyección automática. Adaptación modular a otras mesas y utillaje.
<b>MATERIALIDAD</b>	Platina de 3/16 x 3 x 6 m Masilla poliéster ultrafina blanco referencia 19167 Varilla lisa de ½” 6m	Elaboración en un material resistente al proceso de soldadura y trabajo pesado. Materiales de alta durabilidad y fácil mantenimiento.
<b>ERGONÓMICAS</b>	Evitar las molestias reportadas por los trabajadores.	Adaptación del plano de trabajo en altura, inclinación, distribución y sujeción. Soporte de los equipos y utillaje que no interfiera con la actividad. Consideración de los percentiles antropométricos colombianos.
<b>LIMITANTES</b>	La no apropiación de la nueva tecnología por parte de los trabajadores. No cumplir con las necesidades mínimas del trabajador	Posibilidad de materializar el diseño para realizar el testeo. La implementación de adaptaciones electrónicas. Suficiencia de conocimiento en el área de la metalmecánica

*Fuente: Elaboración Propia*

Además, Dentro del proceso de ideación se realizó el proceso de bocetaje de lo que se busca llegar para apropiar la propuesta de diseño, a continuación, se muestran las imágenes correspondientes:

*Ilustración 11: Proceso de Bocetaje*



*Fuente: Elaboración Propia*

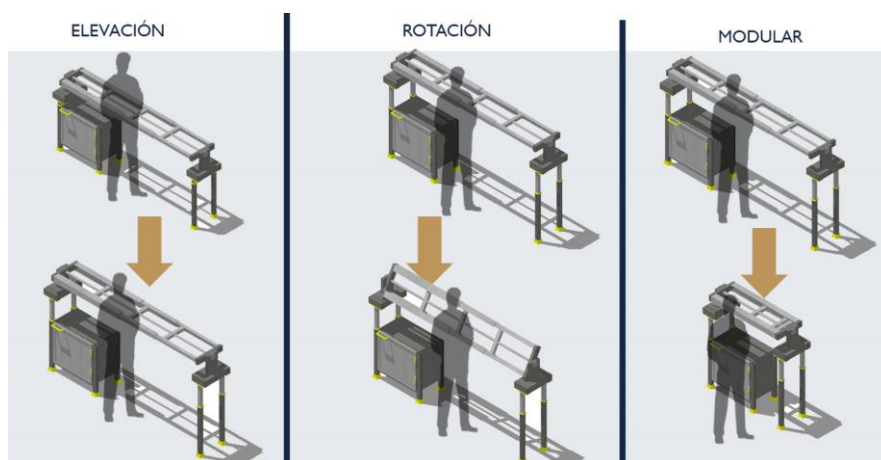
#### **8.1.4. Prototipar**

Después de generar ideas, se realiza una selección y se procede a prototiparlas. La fase de prototipado consiste en dar forma y materializar las ideas para mostrarlas al usuario y obtener su feedback sobre qué tan bien se ajusta la solución diseñada a sus necesidades. El nivel de detalle del prototipo dependerá del momento en el que se encuentre. Existen diversas formas de prototipar como lo son la prueba de concepto, el storyboard o la maqueta física. (Design Thinking España, 2024)

El objetivo del prototipo es fallar rápidamente y de manera económica, permitiendo al usuario indicar si el enfoque del diseño es adecuado esto permite que se realicen los ajustes correspondientes de manera ágil antes de avanzar en el desarrollo del prototipo. (Design Thinking España, 2024)

Para el proceso de Prototipo se desarrolló un primer acercamiento a través de un software CAD, para comprender las dimensiones antropométricas necesarias. Dichas dimensiones se tomaron teniendo en cuenta las siguientes variables: sexo, postura de trabajo percentiles del 5 al 95, requerimientos enunciados en los criterios de diseño del punto anterior y los aportes realizados por parte de los trabajadores. De las tablas Acopla 95 se rescatan aquellas proporciones antropométricas que tienen relación directamente con el trabajo como la altura de ojos, se contempla la rotación del plano de trabajo para evitar la flexión cervical y el aspecto modular para adaptación a las dimensiones de los productos que puedan estar fabricando. La forma principal de esta propuesta está inspirada en la adaptación que los mismos trabajadores han venido utilizando. El alcance de esta propuesta es meramente formal y funcional, los demás elementos de carácter técnico quedan proyectados en el punto correspondiente a las recomendaciones del proyecto.

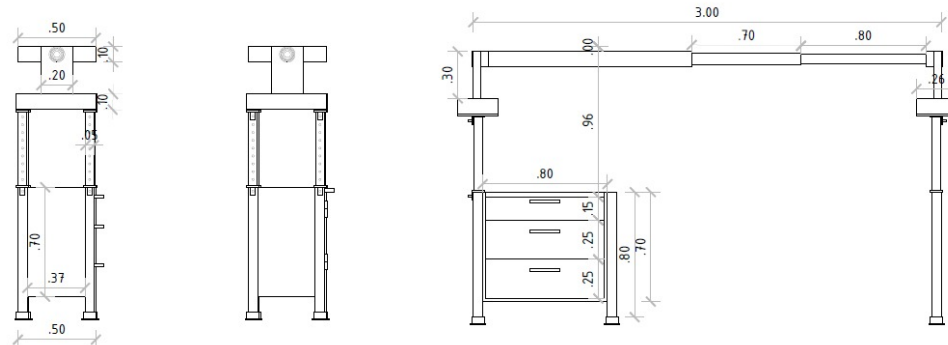
*Ilustración 12: Funcionalidades de la Mesa*



*Fuente: Elaboración Propia*



Gráfica 4: Vistas laterales y Frontal

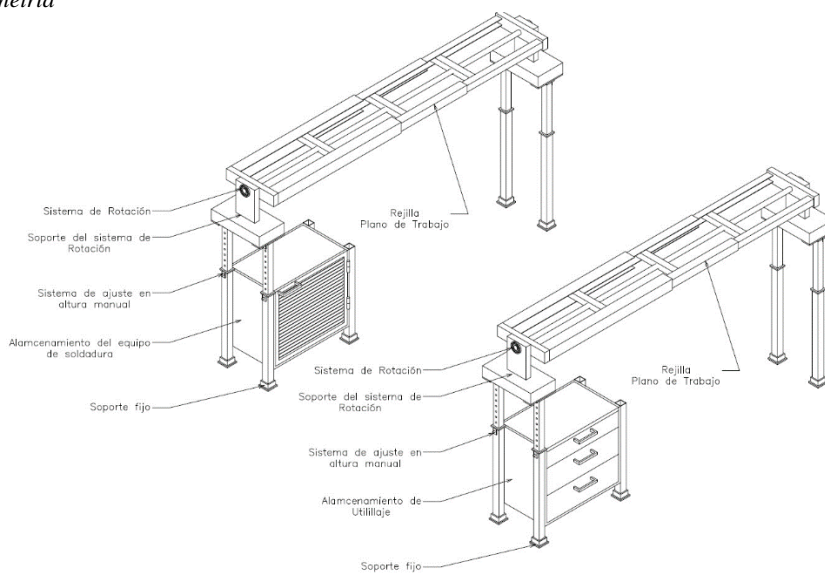


VISTAS LATERALES

VISTA FRONTAL

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 5: Isometría

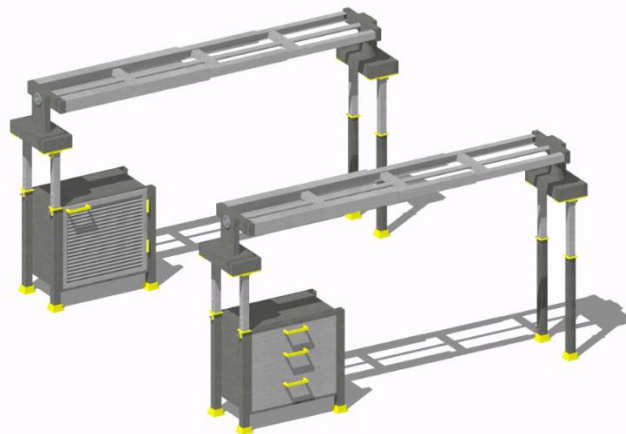


Fuente: Elaboración Propia

Hipervínculo de planos: [Planos Mesa 2.pdf](#)

## 8.2.2. Visualización 3D

Ilustración 13: Visualización 3D



Fuente: Elaboración Propia

Hipervínculo de la Animación de la mesa: [Vídeo sin título - Hecho con Clipchamp \(5\).mp4](#)

## 8.2.3 Presupuesto resumen de la mesa

A continuación, se muestra una aproximación del presupuesto de la mesa de soldadura modular (el presupuesto de la mesa adjunto es con base a los planos anteriormente expuestos).

Tabla 10: Presupuesto

NOMBRE DE LA EMPRESA					
PRESUPUESTO DE OBRA					
		TIPO DE OBRA			
		PROPIETARIO			
		UBICACIÓN DE LA OBRA:			
		M <sup>2</sup> DE CONSTRUCCION			
		COSTO TOTAL DE LA OBRA			
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
P.01	Bases inferiores de la mesa, todas realizadas en elementos y tubos metálicos de 1/8 de grosor, a excepción de los tubos que son de 1/4.	und	1,00	\$2.568.426,48	\$2.568.426,48
P.02	Postes graduables de la mesa, todas realizadas en elementos y tubos metálicos de 1/8 de grosor, a excepción de los tubos que son de 1/4. Este elemento cuenta con un sistema graduable para cambiar la altura de la mesa de acuerdo a la necesidad	und	1,00	\$2.231.445,59	\$2.231.445,59
P.03	Parte superior graduable de la mesa, todas realizadas en elementos y tubos metálicos de 1/8 de grosor, a excepción de los tubos que son de 1/6. Este elemento cuenta con un sistema graduable para cambiar el largo de la mesa de acuerdo a la necesidad	und	1,00	\$903.815,33	\$903.815,33
<b>MONTO TOTAL ACUMULADO</b>					<b>\$5.703.687,40</b>
<b>IVA 19%</b>					<b>\$1.083.700,61</b>
<b>PROFIT 5%</b>					<b>\$54.185,03</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>\$6.841.573,04</b>

Hipervínculo de presupuesto: [Presupuesto.xlsx](#)

## **9. Socialización de la propuesta**

Hemos desarrollado una propuesta para el rediseño de una mesa de soldadura modular con las necesidades técnicas, funcionales y ergonómicas para el personal del área de fabricación en la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S, en Ibagué-Tolima, con el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo, aumentar la eficiencia y productividad, garantizar la seguridad y salud en el trabajo de los trabajadores del área de fabricación de la empresa.

El rediseño de una mesa modular de soldadura se escogió para optimizar el proceso de fabricación, permitiendo un acceso más fácil y mejorado para soldar las piezas metálicas y accesibilidad del movimiento de los soldadores alrededor de la mesa. Además, permitirá ajustar su configuración según las necesidades específicas del diseño de cada producto a fabricar. Esto garantizará una mayor versatilidad y eficiencia en el uso del espacio de trabajo. Se utilizarán materiales de alta resistencia y durabilidad para garantizar la estabilidad y la integridad estructural de la mesa para trabajos en caliente en tiempos de trabajo prolongados.

La adaptabilidad ergonómica de la mesa modular se ajustará a las necesidades y características del soldador para brindar un confort ergonómico, estas especificaciones contemplan la altura de la mesa, la accesibilidad a los elementos, herramientas y equipos de trabajo, teniendo en cuenta los principios ergonómicos su objetivo es reducir la fatiga y prevenir lesiones musculoesqueléticas en los soldadores.

El rediseño de la mesa modular de soldadura, se realizará con la participación de los soldadores para tener en cuenta sus opiniones, recomendaciones y su experiencia en el trabajo que ellos ejecutan, con el propósito de que la mesa modular cumpla sus necesidades y expectativas para desarrollar el trabajo. Se brindará capacitación de higiene postural, realizar

adecuadamente las pausas saludables, uso y manipulación adecuada del rediseño de la mesa modular para soldar a los soldadores, garantizando un mejoramiento en las condiciones de trabajo y en el entorno físico de trabajo disminuyendo la aparición de lesiones osteomusculares y enfermedades laborales a los soldadores.

## **10. Conclusiones y recomendaciones**

### **10.1 Conclusiones**

- La implementación de un rediseño de una mesa de soldadura modular ha demostrado reducir la fatiga y el riesgo de padecer desórdenes músculo esqueléticos a los soldadores del área de fabricación. Al incorporar adaptaciones ergonómicas acordes a las necesidades como el ajuste de altura, para brindar una postura más cómoda y saludable durante las tareas de soldadura.
- La mesa modular para soldar permite una adaptabilidad según las necesidades de producción, optimizando así el uso del espacio en el área de fabricación. Esta versatilidad también facilita la realización de diferentes trabajos de soldadura lo que mejora la eficiencia productiva.
- El rediseño de la mesa de soldadura modular ha sido desarrollado teniendo en cuenta los estándares técnicos pertinentes, asegurando la seguridad y la calidad en el proceso de soldadura. La selección de materiales resistentes al calor, que soporte el peso de los materiales que se utiliza para fabricar los productos, la accesibilidad para el almacenamiento de herramientas manuales y eléctricas primaria y constante, estabilidad para la garantizar un entorno de trabajo seguro y confort ergonómico a los trabajadores.

- Los métodos evaluativos son unas herramientas importantes para la implementación de los rediseños de los puestos de trabajo considerando la valoración y evaluación de los miembros superiores e inferiores que más actividad física implica en la realización de las tareas donde se emplea factores disergonómicos como son las posiciones, el esfuerzo y los movimientos, nos permite identificar el mayor porcentaje para concluir el nivel de riesgo.
- Uno de los factores más importantes dentro de la carga postural evaluada es la consideración de los horarios de trabajo, los tiempos de descanso y el cumplimiento de objetivos en campo que tienen los trabajadores del área de soldadura.

## **10.2 Recomendaciones**

- El rediseño ergonómico a los puestos de trabajo es primordial realizar una investigación detallada sobre las necesidades técnicas, funcionales y ergonómicas del personal del área de fabricación. Esto implica contar con la participación de los trabajadores del área mediante la realización de encuestas, entrevistas y método de observación para analizar y comprender las necesidades presentes del puesto de trabajo y las condiciones de los trabajadores.
- Se invita a la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S., a la revisión y adopción de la propuesta con el ánimo de proporcionarle a los trabajadores mayor confort y efectividad en los procesos operativos.
- La mesa de soldar queda en la etapa de anteproyecto (de los procesos de diseño) la proyección es que se continúe usando el método de innovación en diseño, se materialice el prototipo para hacer las respectivas pruebas en donde se revisen las siguientes

variables: ajuste del diseño, revisión de la penalización en las posturas, comportamiento del material y adaptaciones necesarias. Hay que recordar que el método sugiere la devolución a etapas anteriores con el fin de obtener constantemente actualizaciones coherentes.

- La propuesta de diseño ofrece las sugerencias ideales después de un proceso de análisis minucioso de las necesidades, como recomendación para la implementación es necesario hacer una evaluación de carácter técnico para considerar las limitantes y ampliación de modelos constructivos para llevarlo a feliz término e implementación.
- La adaptación ergonómica brindará a los trabajadores una percepción de autocuidado postural en el desarrollo de sus tareas, con el fin de evitar de que sufran lesiones osteomusculares.
- Es de suma importancia incluir en el plan de capacitaciones temas que vayan encaminados sobre el riesgo ergonómico, formando trabajadores en las recomendaciones establecidas para tener buenas prácticas saludables en el trabajo.
- Establecer una conducta en los soldadores para realizar pausas saludables durante la jornada de trabajo, estableciendo el periodo de un breve descanso en su ciclo laboral.
- Se deberá seguir las instrucciones establecidas por el fabricante sobre el uso y manipulación adecuada en la operación de la mesa modular para soldadura para garantizar y prolongar vida útil.
-

## 11. Referencias Bibliográficas

Ergonomía. Definiciones y conceptos ergonómicos. (2014). En ICONTEC: Normas Técnicas Colombianas (NTC 3955).

¿Qué es la ergonomía (HFE)? | Asociación Internacional de Ergonomía. (n.d.).  
<https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>

Diego-Mas, José Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta 03-04-2024]. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

Hernández, A. (2015). CRITERIOS DE DISEÑO definen. [www.academia.edu](http://www.academia.edu).  
[https://www.academia.edu/10661503/CRITERIOS\\_DE\\_DISE%C3%91O\\_Definen?source=swp\\_share](https://www.academia.edu/10661503/CRITERIOS_DE_DISE%C3%91O_Definen?source=swp_share)

ERGONOMIA. (s. f.).  
[https://training.itcilo.org/actrav\\_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm](https://training.itcilo.org/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm)

Trastornos musculoesqueléticos. (n.d.). Safety and Health at Work EU-OSHA.  
<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>

Giachino, J. W., & Weeks, W. (e-book 2023). Técnica y práctica de la soldadura. Reverté. p 6.

Manipulación manual de cargas - Salud Laboral. (2020, 7 enero). Salud Laboral.  
<https://saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/manipulacion-manual-de-cargas/>

Diego-Mas, J. A. (s. f.). Selección de métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Universidad Politécnica de Valencia.

<https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/select/select.php#:~:text=Los%20m%C3%A9todos%20de%20evaluaci%C3%B3n%20ergon%C3%B3mica,de%20exposici%C3%B3n%20para%20el%20trabajador.>

Zhang, Y., Wu, X., Gao, J., Chen, J., & Xv, X. (2019). Simulation and Ergonomic Evaluation of Welders' Standing Posture Using Jack Software. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4354.

<https://doi.org/10.3390/ijerph16224354>

Agudelo Gonzalez, W. G., Giraldo Gaméz, S. G., Gomez Duque, M. G., & Pérez Mergarejo, E. P. (2019). Antropometría y biomecánica aplicada al rediseño del puesto de trabajo soldadura de compresor. *LIBRO DE MEMORIAS ENSIII 2019*, 2619-4201.

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30841/LIBRO%20DE%20MEMORIAS%20ENSIII%202019.pdf?sequence=1#page=128>

Gutiérrez, J. G. C., & Valencia Lopez, C. (2021). *Ergonomía en el sector metalmecánico en el periodo 2021* [Proyecto de Grado, Universidad Católica de Manizales].

<https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3565>

Rodrigo, C. Á. E. (2021, 1 febrero). *Presencia de molestias músculo-esqueléticas en zona lumbar y miembros superiores asociadas a posturas forzadas en el puesto de soldadura en un taller metalmecánico y su propuesta de control.*

<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4160>

Márquez Martín, Ó. (2023, June 27). Diseño de una mesa de trabajo de soldadura en una línea de producción (T treball Final de Grau). UPC, Escola d'Enginyeria de Barcelona Est,

Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria. Retrieved from

<http://hdl.handle.net/2117/392557>

Fabricio, A. A. A. (2023, 10 noviembre). Diseño Y Fabricación De Mesas Móviles Porta Soldadoras Para Los Laboratorios De Soldadura De La Tecnología Superior Mecánica Automotriz Durante El Periodo Académico Abril – Octubre 2023.

<http://dspace.tecnologicosudamericano.edu.ec/jspui/handle/123456789/829>

Marleny, M. R. L. (2022). *Propuesta de un plan de intervención para desórdenes músculo esqueléticos relacionados a la carga y peligros biomecánicos en el personal de la industria metalmecánica de la empresa All Plast S.A.S.*

<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3589>

Efraín, P. Z. J. (2022). *Análisis ergonómico para proponer mejoras al puesto de soldador de una empresa metal mecánica de Arequipa, 2022.*

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12504>

Durán-Uron, A. E. ., Dávila-Moreno, J. C. ., & Jimenez-Castro, D. D. . (2020). Riesgo de desórdenes músculo esquelético en empresa metal-mecánica. Caso: costa caribe colombiana. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 8(2), 23–28.

<https://doi.org/10.15649/2346030X.799>

García de la Cárcova, A. (2020). Del diseño industrial al design thinking. Perspectiva histórica de una disciplina en construcción. *Cuadernos Del Centro De Estudios De Diseño Y Comunicación*, (94). <https://doi.org/10.18682/cdc.vi94.3890>

Manipulación Manual de Cargas Parte I Levantamiento, descenso y transporte. (2023). En *ICONTEC: Normas Técnicas Colombianas (NTC 5693-1)*.

Aplicación de las normas nacionales sobre manipulación manual. (2018). En ICONTEC: Normas Técnicas Colombianas (GTC 290).

NTP 177: La carga física de trabajo: definición y evaluación:

[https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp\\_177.pdf/83584437-a435-4f77-b708-b63aa80931d2](https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_177.pdf/83584437-a435-4f77-b708-b63aa80931d2)

Biomecánica: <https://es.wikipedia.org/wiki/Biomec%C3%A1nica>

Procedimiento de evaluación de Riesgo ergonómicos y psicosociales: c.carga estática y dinámica:

<https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/C-%20Carga%20f%EDsica/8%20y%209%20carga%20est%Eltica%20y%20din%Elmica.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2001). *NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. método REBA (Rapid Entire Body Assessment)* (NTP 601). Recuperado 4 de abril de 2024, de

[https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp\\_601.pdf/2989c14f-2280-4eef-9cb7-f195366352ba](https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_601.pdf/2989c14f-2280-4eef-9cb7-f195366352ba)

Hidalgo, I. V. (2021, 16 noviembre). *Tipos de estudio y métodos de investigación • gestiopolis*.

Gestiopolis. <https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>

Muguirra, A. (2023, 26 junio). *Tipos de investigación y sus características*. QuestionPro.

<https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/>

Design Thinking España. (2024, 31 marzo). *Descubre la metodología Design Thinking de forma clara y sencilla*. <https://xn--designthinkingespaa-d4b.com/>

Ortegón, E. O., Pacheco, J. F. P., & Prieto, A. P. (2005). *Metodología del Marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas* [Naciones Unidas]. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/1/S056394\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5608/1/S056394_es.pdf)

Admin. (2024, 14 marzo). Qué es Design Thinking - Design Thinking en Español. *Design Thinking en Español, la primera plataforma online en difundir contenido libre en español sobre el método Design Thinking e innovación*. <https://designthinking.es/que-es-design-thinking/>

BECERRA, O. R. (2017). *Ergonomía y procesos de diseño: Consideraciones metodológicas para el desarrollo de sistemas y productos* (2nd ed.). Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkwnq83>

Daniellou, F., Duraffourg, J., Guérin, F., Kerguelen, A., & Laville, A. (1992). *Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie* (1.ª ed.). Madrid: Editorial Modus Laborandi. [https://www.academia.edu/39675061/Comprender\\_el\\_trabajo\\_para\\_transformarlo\\_1\\_?sm=b](https://www.academia.edu/39675061/Comprender_el_trabajo_para_transformarlo_1_?sm=b)

Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. <https://hdl.handle.net/11362/5607>

Design Thinking España. (2024, March 31). *Descubre la metodología Design Thinking de forma clara y sencilla*. <https://xn--designthinkingespaa-d4b.com/>

Pomar, P. (2020, 13 octubre). *7 técnicas para empatizar en el DESIGN THINKING (imprescindibles)*. Thinkernautas - Creatividad E Innovación. <https://thinkernautas.com/7-tecnicas-empatizar-design-thinking>

Mesa de soldadura - FÖRSTER welding systems. (s. f.). FÖRSTER Welding Systems.

<https://forster-welding-systems.com/mesa-de-soldadura/>

Admin. (2023, 27 noviembre). Mesas elevadoras de soldadura XWT - GPPH Group. Mesas de

Soldadura GPPH. [https://gpph-group.com/es\\_co/productos/mesas-de-soldadura-elevadas/](https://gpph-group.com/es_co/productos/mesas-de-soldadura-elevadas/)

Mesas de Soldadura. Gran rendimiento y durabilidad. (2023, 28 julio). Euroweld.

<https://euroweld.es/mesas-soldadura/>

Admin. (2024b, mayo 9). Código CIU 2511 Actividades Económicas DIAN. DIAN-

RUT. <https://dian-rut.com/codigo-ciu/2511/>

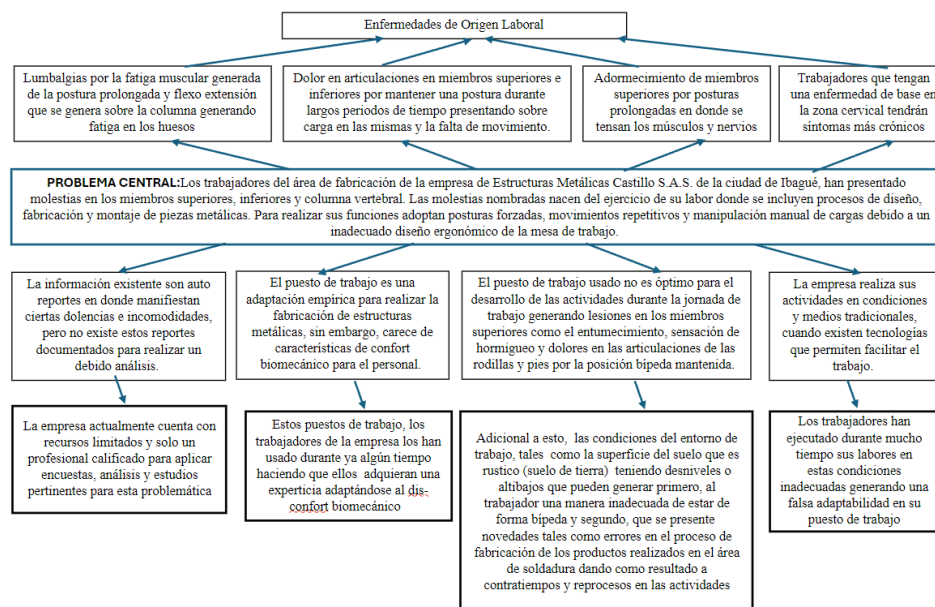
Admin. (2024c, mayo 9). Código CIU 4752 Actividades Económicas DIAN. DIAN-

RUT. <https://dian-rut.com/codigo-ciu/4752/>

## 12. Anexos

### 12.1 Árbol de Problemas

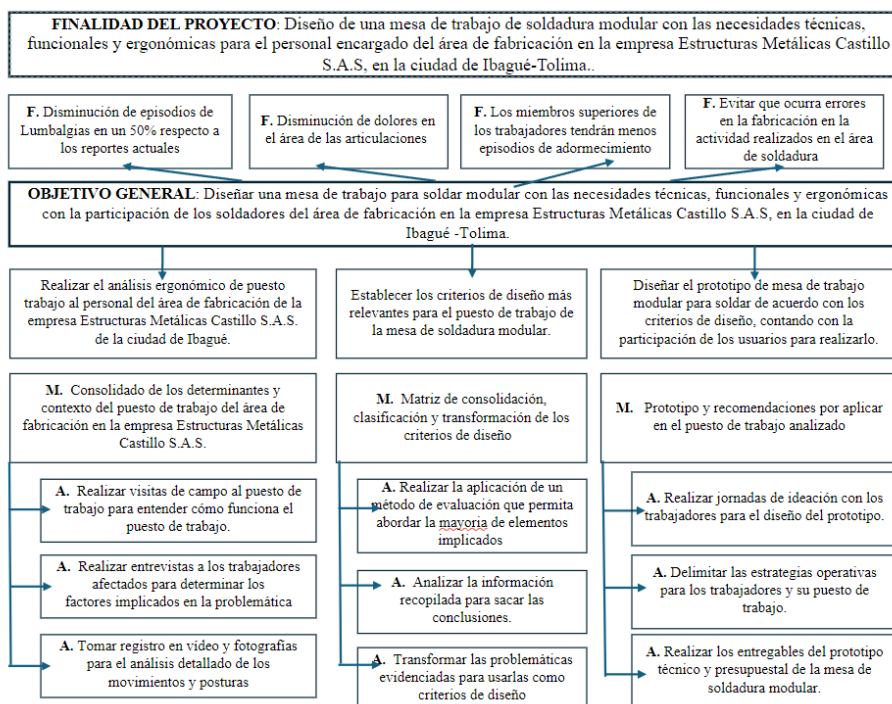
Gráfica 6: Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración Propia

## 12.2 Árbol de Objetivos

Gráfica 7: Árbol de Objetivos



Fuente: Elaboración Propia

## 12.3 Cronograma de Actividades

Tabla 11: Cronograma de Actividades

OBJETIVO GENERAL	ESPECÍFICOS	RESULTADOS	ACTIVIDADES	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
Rediseñar una mesa de trabajo para soldar modular las necesidades técnicas, funcionales y ergonómicas para el personal encargado del área de fabricación en la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S, en Ibagué -Tolima.	Realizar la aplicación de un método de evaluación ergonómico del puesto de trabajo al personal del área de fabricación de la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. de la ciudad de Ibagué.	Realizar visitas de campo al puesto de trabajo para entender cómo funciona el puesto de trabajo.	Dirigirse a la empresa Estructuras Metálicas Castillo S.A.S. Solicitar permiso a la gerente de personal Realizar recorrido por las instalaciones del área operativa					
		Realizar entrevistas a los trabajadores afectados para determinar los factores implicados en la problemática	Dirigirse al área de soldadura de la empresa Realizar la charla sobre las necesidades que encuentran en puesto de trabajo Tomar atenta nota de los requerimientos indicados por el trabajador					
		Tomar registro en video y fotografías para el análisis detallado de los movimientos y posturas	Dirigirse al área de soldadura de la empresa Toma de fotografías desde distintos ángulos en el proceso de soldar Toma de tiempos para entender el gesto motor					
	Establecer los criterios de diseño más relevantes a partir del análisis del puesto de trabajo ergonómico para el diseño de la mesa de soldadura modular.	Realizar la aplicación de un método de evaluación que permita abordar la mayoría de elementos implicados	Aplicar método REBA con base al registro fotográfico Analizar los datos suministrados al método					
		Analizar la información recopilada para sacar las conclusiones.	Analizar los datos arrojados por el método Comparar los resultados con las condiciones iniciales evidenciadas					
		Transformar las problemáticas evidenciadas para usarlas como criterios de diseño	Lluvia de ideas de los trabajadores y observadores Realizar una matriz para organizar las necesidades encontradas					
	Generar la propuesta del rediseño de la mesa del puesto de trabajo para soldar de acuerdo con los criterios de diseño con la participación de los trabajadores y brindar recomendaciones según los resultados del método de evaluación ergonómico.	Realizar jornadas de ideación con los trabajadores para el diseño del prototipo.	Consultar a los trabajadores y miembros del equipo operativo sobre las condiciones técnicas Transformación de necesidades a elementos formales.					
		Delimitar las estrategias operativas para los trabajadores y su puesto de trabajo.	Delimitación de los alcances de la propuesta Recomendaciones para la posible ocupación del proyecto en el futuro					
		Realizar los entregables del prototipo técnico y presupuestal de la mesa de soldadura modular.	Realizar la proyección Planimétrica de la propuesta Realizar la proyección 3D de la propuesta					
				<b>ENTREGA FINAL.</b>				

Fuente: Elaboración Propia