



**ARTÍCULO ORIGINAL  
ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y DE LA PRODUCCIÓN**

**Mejora en marmolería: Diseño y fabricación de accesorio para  
herramental**

Improvement in Marble Workshop: Design and Manufacturing of a Tool  
Fixture

Nancy Victoria Torres Ramos<sup>1,\*</sup> <https://orcid.org/0009-0003-8419-4841>  
Jesus Antonio Torres Becerra<sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0009-7383-7462>  
Martha Liliana García Mares<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0000-2489-035X>  
Laura Georgina González Pérez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0002-3443-3990>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Durango. México. Código Postal 35150.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de La Laguna. Durango. México. Código Postal 35185.

\*Autor para la correspondencia: nancy.tr@itslerdo.edu.mx

**RESUMEN**

Esta investigación se centró en optimizar el proceso de fabricación en una empresa de la Laguna dedicada a productos y proyectos de piedra natural. El alcance del estudio incluyó el diseño y fabricación de un accesorio de sujeción adaptado al herramental de ensamble, así como un rediseño del proceso de soldadura y ensamble. Mediante un análisis de las operaciones y la capacitación del personal, se logró mejorar la eficiencia y calidad en el uso del herramental. La implementación del accesorio, acompañada de un instructivo de uso, permitió reducir defectos y mejorar la eficiencia del proceso. La contribución específica de este trabajo radica en la aplicación de un enfoque integral que combina el diseño de herramientas con la formación del personal, demostrando la importancia de esta sinergia para elevar los estándares en la producción de piezas con mármol. Los resultados evidenciaron un impacto positivo en la calidad del producto y en la eficiencia del proceso, sentando las bases para futuras mejoras en la fabricación de artículos de piedra natural.

**Palabras clave:** optimización de proceso; eficiencia en la producción; diseño de accesorio.

**ABSTRACT**

This research was focused on the optimization of the manufacturing process in a company in the Laguna region, dedicated to natural stone products and projects. The scope of the study included the design and fabrication of a clamping accessory

adapted to the assembly tooling, as well as a redesign of the welding and assembly process. Through an analysis of operations and staff training, efficiency and quality the use of the tooling was improved. The implementation of the accessory, accompanied by an instruction manual, helped to reduce defects and enhance process efficiency. The specific contribution of this work lies in the application of a comprehensive approach that combines tool design with personnel training, demonstrating the importance of this synergy in raising production standards for marble pieces. The results showed a positive impact on product quality and process efficiency, laying the foundation for future improvements in the manufacturing of natural stone products.

**Keywords:** process optimization; production efficiency; fixture design.

Recibido:29/02/24

Aprobado:04/03/24

### Introducción

La ingeniería industrial tiene un impacto significativo en la optimización de procesos productivos, especialmente en sectores donde la fabricación artesanal y la variabilidad de productos exigen soluciones personalizadas y eficientes. En este ámbito, la falta de estandarización y la dificultad para adaptar herramientas a procesos específicos representan desafíos que limitan la productividad y la calidad. Esta investigación aborda estos problemas desde un enfoque robusto, aplicando principios de diseño de herramientas y gestión de procesos para desarrollar un accesorio de sujeción que mejora la eficiencia y precisión en la fabricación de productos de mármol. Al integrar el diseño técnico con la capacitación del personal, se demuestra cómo la ingeniería industrial puede transformar procesos tradicionales, elevando estándares de calidad y reduciendo costos operativos. Este trabajo no solo resuelve un problema específico, sino que también ofrece un marco metodológico aplicable a otros contextos de fabricación, destacando el papel de la ingeniería industrial como motor de innovación en entornos productivos versátiles [1, 2, 3].

Las empresas que elaboran productos de manera artesanal tienden a tener la necesidad de máquinas que se adapten a los diferentes procesos, que varían con cada producto o diseño que producen, por lo que se presentan problemáticas en la estandarización de procesos y dificultades para encontrar accesorios que se adecúen a las diferentes necesidades de producción, es por ello, que esta investigación tiene como propósito u objetivo diseñar y fabricar un accesorio que se adapte a un herramental de ensamble, que lleve a mejorar el proceso de sujeción de las piezas a soldar, diseñando un accesorio de sujeción, que facilite el trabajo y las operaciones de los trabajadores. Para lograr una mejor calidad, se complementa con un instructivo de uso, que permita formar a los trabajadores para optimizar la operatividad del accesorio y garantizar una mayor calidad en la producción.

En este escenario, las empresas se han visto en la necesidad de desarrollar sus propios accesorios, que se adecúen a sus procesos, por medio del diseño y de la aplicación de diferentes pruebas, para atender su proceso específico. En la literatura se ha documentado la construcción de dispositivos, por ejemplo, para adaptar a los brazos robóticos para garantizar la calidad en el proceso de soldadura, para reducir el tiempo en el proceso de medición y para facilitar el montaje de componentes electrónicos, además, han surgido empresas que se dedican enteramente a diseñar y fabricar estos accesorios, que se ajusten a las necesidades del proceso de las diferentes industrias. La presente investigación se inserta en este contexto, donde se destaca la importancia de diseñar dispositivos específicos para atender las necesidades particulares de la fabricación artesanal, en este caso de piezas producidas en una empresa de marmolería [1, 2, 3, 4].

Los accesorios de sujeción son considerados dispositivos de posicionamiento, localización, soporte durante una operación de ensamble, maquinado, soldadura, inspección o algún proceso industrial. Existen diferentes tipos de accesorios de sujeción según sea su uso, dependiendo del tipo del proceso que se lleva y se pueden dividir en dos categorías principales: no permanentes y permanentes [5].

Para lograr el fin de facilitar el proceso de producción el accesorio de sujeción es un dispositivo de contención y posicionamiento, que permite que las piezas que se unen por soldadura queden totalmente firmes, evitando con ello accidentes, además, deben proteger la piedra natural. El accesorio de sujeción representa que no deben necesitarse tornillos, apoyos de sujeción extras, lo que favorecerá ahorro de tiempo de ensamble, disminución del tiempo de proceso y disminución de los costos operativos [6].

El objetivo principal de este artículo es destacar la implementación exitosa de una estrategia integral que conecta el diseño de un accesorio de sujeción con la capacitación del personal dentro del contexto de la fabricación artesanal de productos de mármol. Se evitó enfocarse únicamente en soluciones para un proceso específico, optando por ofrecer una perspectiva que aborda la necesidad de la adaptabilidad en los entornos de producción versátiles, comunes en numerosas empresas de la región del norte de México [7].

## **Métodos**

En este apartado se detalla el proceso metodológico seguido para diseñar, fabricar e implementar el accesorio de sujeción en el contexto de la marmolería. La investigación se basó en un enfoque integral que combinó técnicas de análisis de procesos, diseño asistido por computadora (CAD), fabricación y gestión de la calidad. Inicialmente, se realizó un análisis del proceso actual de fabricación y producción, identificando las áreas críticas que requerían mejora, particularmente en la sujeción de piezas durante la soldadura. Posteriormente, se utilizó el software SolidWorks para diseñar el accesorio, permitiendo su visualización y análisis en un entorno virtual antes de su fabricación, para su análisis y aprobación. La fabricación

física del accesorio se llevó a cabo utilizando técnicas de corte por chorro de agua y soldadura, aprovechando materiales reciclados para promover la sostenibilidad. Finalmente, se implementó el accesorio en la empresa, lo que incluyó el rediseño del proceso de trabajo de soldadura, la creación de un procedimiento operativo estandarizado y la capacitación del personal en el uso correcto del dispositivo. Este enfoque metodológico permitió no solo mejorar la eficiencia y calidad del proceso, sino también establecer un marco replicable para futuras mejoras en la producción de artículos de piedra en la empresa.

### Análisis del proceso de fabricación

Para comprender las necesidades específicas de sujeción de piezas a soldar en la empresa, se llevó a cabo un análisis del proceso de fabricación y producción, así como la identificación de las actividades específicas que realizan y las necesidades que presentan, respecto a la sujeción de piezas a soldar. Este paso proporcionó información esencial para identificar las actividades clave y determinar los requisitos del accesorio de sujeción. Se contempló que, para este proyecto, ya se contaba con un herramental de ensamble, el cual se observa en la figura 1, trabajado en un proyecto previo.

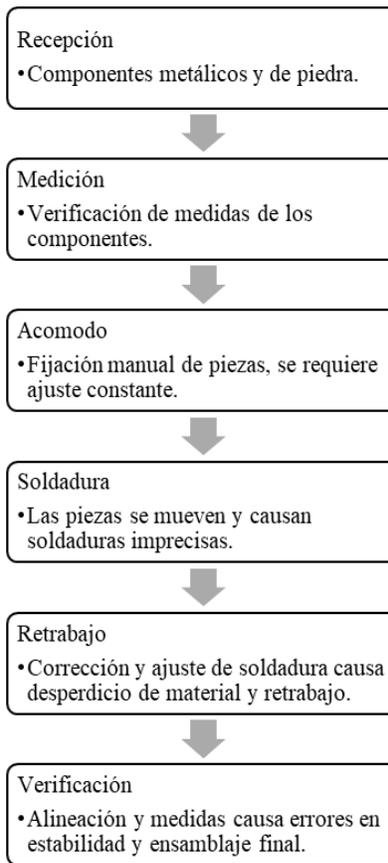


**Fig. 1** - Herramental de ensamble.

Fuente: Empresa de fabricación de productos de piedra.

En el contexto de la manufactura artesanal de productos en piedra natural y componentes metálicos, se desarrolla un proceso altamente variable pero esencialmente compuesto por diversas etapas. La secuencia general abarca desde el corte de la piedra y metal, la soldadura, la aplicación de pintura, hasta el ensamblaje final y el empaquetado. Cada diseño particular agrega su propia complejidad, haciendo que cada ciclo de producción sea único. Entre los principales productos se trabaja el mármol, granito, cantera, cuarzo y otras piedras naturales, con los que se fabrican muebles artesanales como mesas, macetas, recibidores, pisos y fachadas, muchos de los cuales emplean elementos metálicos que requieren de soldadura. Se muestra en la figura 2 el proceso previo que existía antes de la implementación del proyecto, en el que se observa dentro del proceso de soldadura la necesidad de un retrabajo y

de una verificación por parte del supervisor, para permitir que las piezas pasaran al proceso de pintura.



**Fig. 2** - Diagrama del proceso antes.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Después de identificar y observar cada etapa, se tomó la decisión de enfocarse específicamente en el proceso de soldadura, ya que se encontró que es una fase crítica, donde se han identificado obstáculos significativos ya que las piezas metálicas, al ser soldadas, tienden a moverse y los materiales de piedra presentan cierta fragilidad, creando complejidades en la obtención de uniones precisas y duraderas. La soldadura se convierte, de este modo, en un paso crucial que impacta directamente en la calidad del producto final.

Se realizó la toma de tiempos de la operación de soldadura manual por arco eléctrico de los operadores, durante un mes, dentro de su jornada regular de trabajo, en operaciones de soldadura de mesas, bancos o sillas de tamaño medio o similar, para realizar un promedio de sus tiempos en segundos. En este estudio no se considera la velocidad de avance, el consumo de material o el rendimiento de los electrodos, solo el tiempo promedio para completar la pieza. Se muestra en la tabla 1 el resultado de los tiempos medio en minutos de todos los registros obtenidos.

**Tabla 1** - Tiempos de soldadura antes del accesorio.

Operador	Tiempo medio en	Observaciones
----------	-----------------	---------------

	<b>minutos</b>	
Pedro	35.24	Preguntaba a sus compañeros sobre el proceso.
Pérez	30.45	No tenía conocimiento de los modelos a soldar.
Hernández	27.15	Recién ingreso.
Castro	25.73	Se observa con más experiencia.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Por medio de la observación, se determinó que, dentro de esta operación, el operador sujeta las piezas manualmente, esto causa que deba acomodarla, girarla o buscar la manera de realizar la operación sin una guía, tampoco tenían los conocimientos de las piezas que se debían soldar, cabe mencionar que solo un trabajador contaba con más experiencia en soldadura, pero ninguno de los operadores contaba con certificaciones en soldadura.

Se realizó, además, un análisis de la cantidad de defectos que los operarios debían corregir durante el tiempo en el que se está realizando la operación de soldadura, considerando estos como aquellos que se deben retrabajar o que causaron un cambio de piezas metálicas tales como: porosidad, grietas, defectos geométricos o distorsión, aspectos como salpicaduras o cráteres. Estos defectos los revisaba el supervisor y los regresaba al soldador antes de pasarlos al proceso de pintura. Se contabilizó dentro del período de observación de un mes, el número de ocasiones que a cada operador le ocurría y que tenía que regresar a corregir, o bien, cuando durante el proceso se observaba que tenía que rehacer el proceso, despegar la pieza, sustituirla o generar desperdicio. Se muestran los resultados en la tabla 2:

**Tabla 2** – Número de defectos de soldadura antes del accesorio.

<b>Operador</b>	<b>Defectos o retrabajos</b>	<b>Observaciones</b>
Pedro	28	5 movimientos no deseado de las piezas.
Pérez	17	5 componentes a desperdicio.
Hernández	15	3 componentes que se enderezaron o doblaron.
Castro	10	5 exceso de rebaba.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Se observa que los defectos en la soldadura crean un paso más en el proceso, que se presenta cuando el supervisor realiza la verificación de las piezas o bien, cuando se debe realizar el reproceso de piezas debido al rechazo del supervisor, lo que ocasiona, como se observa, componentes de desperdicio, que deben ser enviados a merma.

La respuesta estratégica a estos desafíos ha sido la incorporación de un accesorio de sujeción diseñado y fabricado internamente. Este dispositivo se ha creado para abordar específicamente las dificultades observadas en el proceso de soldadura. Su función principal es garantizar la estabilidad y fijación de las piezas durante esta etapa, reduciendo movimientos no deseados y fortaleciendo las uniones [8].

El proceso de soldadura, al requerir la sujeción de las piezas, no solo añade variabilidad en el tiempo necesario, sino que también introduce un proceso de retrabajo después de la inspección de la pieza. La manipulación manual y la sujeción durante la soldadura es propensa a errores, como se observa en la tabla 2. Además de resultar en desperdicio de material debido a ajustes imprecisos. La implementación del accesorio busca mejorar la consistencia en el proceso de soldadura, reducir el tiempo de operación y reducir el desperdicio de material [9, 10].

### **Diseño del Accesorio en SolidWorks**

Después de identificar y analizar las problemáticas en el proceso de soldadura, se emprendió la tarea de diseñar y fabricar un accesorio específico para abordar la fijación de piezas durante la soldadura. Este accesorio se ideó considerando el herramental de ensamble existente en la empresa, buscando una solución que se integrara al espacio de trabajo existente, para mejorar el proceso de soldadura.

Además de las consideraciones anteriores, para dar un enfoque sostenible y consciente del medio ambiente, se optó por trabajar con materiales reciclados y disponibles dentro de la propia empresa. Utilizando desechos de otros procesos, se logró no solo minimizar la generación de residuos, sino también aprovechar recursos ya disponibles, contribuyendo así a prácticas más sostenibles y económicamente viables.

**Tabla 3** - Comparación de costos: Materiales nuevos vs. Materiales sobrantes.

<b>Material</b>	<b>Cantidad utilizada</b>	<b>Costo del material nuevo</b>	<b>Costo del material sobrante</b>
Acero A36 (placa base)	1 placa	\$295 USD por placa	\$0 USD (sobrante)
Acero A36 (placas ángulo)	2 placas	\$472 USD por placa	\$0 USD (sobrante)
Varilla roscada	1 unidad	\$5 USD por unidad	\$0 USD (sobrante)
Tornillos hexagonales	4 unidades	\$34 USD por kilo	\$0 USD (sobrante)
Balero	1 unidad	\$7 USD por unidad	\$0 USD (sobrante)
Pintura	0.5 litros	\$17 USD por litro	\$0 USD (sobrante)
<b>Total</b>		<b>\$830 USD</b>	<b>\$0 USD</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra y costos del mercado.

En la tabla 3 se observa un análisis del costo de adquirir los materiales para la fabricación del accesorio, cabe destacar que los costos se tomaron de los proveedores de la empresa y tienen una cantidad mínima de pedido, que es la que se refleja en la tabla anterior. También se observa que se busco dentro del material de desecho, desperdicios, sobrantes de productos y con estos se construyó el accesorio.

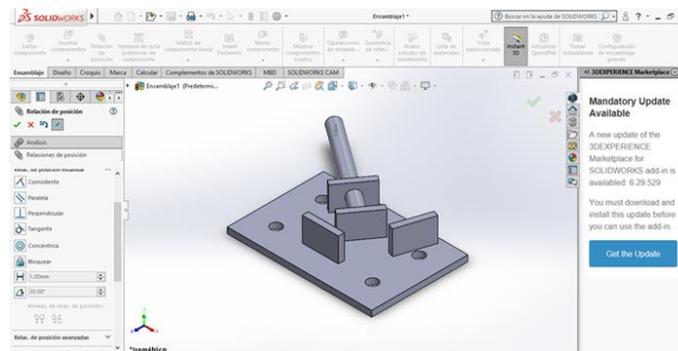
Para el diseño del accesorio se utilizó el software SolidWorks, que es parte de la infraestructura tecnológica disponible en la empresa y cuenta con una licencia del programa. Este software, ampliamente utilizado en el ámbito del diseño asistido por computadora (CAD), se alineó perfectamente con los recursos y conocimientos técnicos de la organización, permitiendo desarrollar el accesorio con los recursos propios de la empresa. El uso de SolidWorks facilitó la visualización del accesorio en

el contexto del herramental de ensamble existente, asegurando su integración efectiva con el proceso de producción.

Previo a la fase del diseño del accesorio, se realizó la revisión de la literatura especializada para identificar las mejores prácticas en la creación de accesorios que aborden específicamente la fijación de piezas en procesos de soldadura. Este análisis incluyó la evaluación de diversos tipos de accesorios, considerando su eficacia, versatilidad y aplicabilidad al contexto específico de la empresa. La investigación bibliográfica sirvió como base para definir los criterios de diseño que mejor se adaptaran a las necesidades y desafíos particulares del proceso de ensamblaje y soldadura de la empresa [5].

El accesorio se clasificó como un accesorio removible no permanente, específicamente dentro de la categoría de mordazas para soldar ángulos. El accesorio de sujeción es del tipo removible no permanente y su clasificación entra dentro de las mordazas para soldar ángulos ya que sujeta dos piezas de tal forma que el ángulo deseado y sujeto para que no se muevan los componentes, como lo hacen las mordazas [11].

El accesorio se debe enganchar al herramental de ensamble por medio de tornillos de cabeza hexagonal de media pulgada por tres pulgadas de largo con sus tuercas y guasas de tal forma que no se mueva y quede fijo en el herramental de ensamble con el que cuenta la empresa. Se realizó el accesorio para ayudar a sujetar la estructura de metal en la mesa herramental de ensamble, diseñada previamente para esta empresa con el diseño que se observa en la figura 3.



**Fig. 3** - Diseño del accesorio en software.

Fuente: Elaboración propia en SolidWorks.

Después de tener el diseño de cada una de las partes del accesorio en SolidWorks se guardó cada una de las piezas en un formato dxf para pasarlas a un programa de computadora conectada a una máquina cortadora por chorro de agua para su ejecución.

### Fabricación Física del Accesorio

La fabricación del accesorio siguió un enfoque cronológico, abarcando el corte, soldadura y pintura de los materiales. Se aprovechó el corte en la máquina cortadora por chorro de agua para ejecutar el diseño, ya que es una máquina que está disponible en la empresa y que favorece el corte y acabado en las placas de acero. La selección de materiales como el acero A36, se consideraron ya que son piezas de desecho de proceso propios de la empresa, por lo que no se realizó ningún gasto extra.

Se procedió a cortar primero la base del accesorio de material acero A36 de un grosor de un cuarto de pulgada quedando la placa de base. Enseguida se cortaron las dos placas que sirven para dar el ángulo realizadas en acero A36 con un grosor de tres cuartos de pulgada. Posteriormente se cortaron dos placas en acero A36 con grosor de tres cuartos de pulgada con circunferencias en el centro de diámetro de 1.06 pulgadas donde se colocará una tuerca y la otra con un diámetro de 1.384 pulgadas en el cual se introducirá un balero como se observa en la figura 4. La selección del acero A36, con un grosor de un cuarto de pulgada para la placa base y tres cuartos de pulgada para las placas de ángulo, se hizo cuidadosamente, considerando las propiedades mecánicas necesarias para garantizar la resistencia y durabilidad del accesorio.



**Fig. 4 -** Máquina de corte por chorro de agua.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Al tener cortadas las placas para hacer el accesorio se recabaron los demás materiales como la varilla roscada de una pulgada de grosor y dos tuercas de la misma medida. También se necesitó un balero que se colocó en una de las placas con circunferencia con el fin de que no gire la placa que sujetara a los materiales al soldar y cuatro tornillos hexagonales de media pulgada por 3 de largo con dos guasas cada uno y su respectiva tuerca que se usarán para sujetar el accesorio al herramental de ensamble y se reunieron para su inspección, como se observa en la figura 5.



**Fig. 5** - Proceso de armado.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Al tener los materiales se procedió a armar el accesorio. Enseguida se procedió a preparar el equipo de protección personal, la máquina de soldar de electrodo y los consumibles de soldadura, en este caso se usó el electrodo E7018, adecuado para el tipo de placa A36 que se estaba soldando, garantizando una unión resistente y duradera. De manera similar se usó de forma completa el equipo de protección personal como se observa en la figura 6. Al soldar las piezas, se dejaron marcas estratégicas que indican los principales ángulos utilizados en la empresa, facilitando así la correcta posición de las placas antes de fijarlas definitivamente, para marcar donde deberán quedar posicionadas las placas que dan el ángulo al producto específico, antes de fijarlas y soldarlas como manera de control [12].



**Fig. 6** - Proceso de soldadura.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Después se soldó a la placa de la circunferencia de 1.06 pulgadas la tuerca ya que en ella va a girar la varilla roscada y va a servir para dirigir la placa que apretará el material a soldar. Enseguida, en la placa con la circunferencia de 1.384 pulgadas de diámetro se introdujo el balero haciendo uso de un martillo de plástico para que el balero quedara a presión, teniendo el balero en la placa ahora se soldó a la varilla roscada, esta placa es la que sujetará los perfiles que se soldarán en el proceso de fabricación. A continuación, se soldó la placa con la tuerca a la base y se revisó que realizara su función. Al terminar se quitaron los excesos de soldadura para darle

mejor acabado al accesorio con un pulidor usando disco de ligadura y se colocó una varilla al final de la varilla roscada con el fin de que fuera más fácil el ajuste de apriete del accesorio.

Como último paso, se fijó el accesorio a la mesa herramental haciendo uso de los cuatro tornillos quedando sujeto al área de trabajo como se observa en la figura 7 y cuando se aseguro que el accesorio contaba con calidad, se procedió a pintarlo, usando pintura que sobró de productos que se emplean en la empresa.



**Fig. 7 - Accesorio de sujeción.**

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

## **Implementación en la Empresa y Capacitación**

Tras la fabricación del accesorio, se procedió a su instalación en el herramental de ensamble de la empresa. Además, se desarrolló un procedimiento detallado y se impartió capacitación a los trabajadores. El instructivo de uso se centró en garantizar la correcta utilización del accesorio, enfatizando la seguridad y las mejores prácticas en todas las etapas del proceso. La capacitación se realizó a los 4 trabajadores y al supervisor, entre los temas que se explicaron estuvieron el uso y lectura del instructivo, de acuerdo con los principales modelos realizados de mesa, banco y silla de tamaño promedio. Se muestra en la figura 8 el nuevo procedimiento, en donde se observa que se eliminó el proceso de retrabajo por acomodo, ya que el accesorio fija la pieza de acuerdo con el modelo a soldar. Los temas de la capacitación se observan a continuación, en la tabla 4:

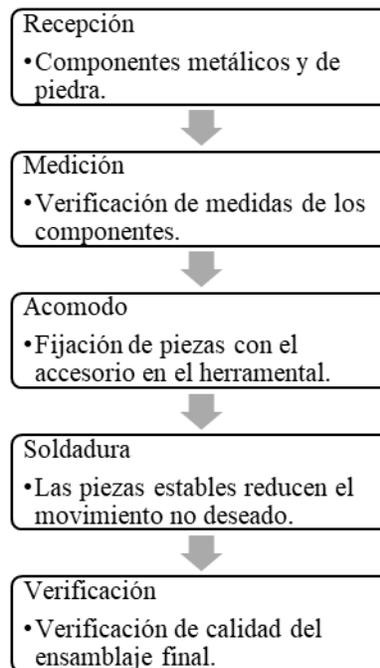
**Tabla 4 – Capacitación a los trabajadores.**

<b>Tema</b>	<b>Horas</b>	<b>Participantes</b>
Instrucciones para el montaje, desmontaje y operación del accesorio.	4	Operarios de soldadura
Normas de seguridad y uso de equipo de protección personal	3	Operarios de

(EPP).		soldadura
Rediseño del proceso y operaciones con el nuevo accesorio.	2	Operarios y supervisores
Herramientas de calidad y procedimientos para reducir defectos.	3	Operarios y supervisores

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Tras analizar el proceso se realizó el rediseño, contemplando el uso del accesorio, se elaboró un procedimiento que se documentó mediante un instructivo de uso del accesorio y su correcta instalación en el herramental de ensamble, con la finalidad de que los trabajadores utilicen correctamente el nuevo accesorio, este procedimiento se implementó en la empresa, por medio de una capacitación sobre el nuevo proceso de trabajo y el montaje y desmontaje del accesorio, para asegurar la calidad en el proceso de fabricación y el correcto empleo de los nuevos métodos de trabajo [13].



**Fig. 8** - Diagrama del proceso después.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Al brindar capacitación a los trabajadores, se les explicó el uso correcto del accesorio esto con el fin de que el operador pueda manejar sin ningún problema la herramienta y se puso especial énfasis en las consideraciones de seguridad durante todo el proceso, garantizando un entorno de trabajo seguro. El instructivo entregado a la empresa incluye el objetivo, justificación, procedimiento, colocación y sujeción, herramientas, seguridad del trabajador y buenas prácticas de cuidado del material [14].

Después de dos semanas en las que se acompañó en el uso y operación del accesorio, se procedió a realizar una toma de tiempos durante una semana, en condiciones similares, los resultados se muestran en la tabla 5:

**Tabla 5** - Tiempos de soldadura después de implementación del accesorio

<b>Operador</b>	<b>Tiempo medio en minutos</b>	<b>Observaciones</b>
Pedro	32.28	Preguntaba a sus compañeros sobre el proceso.
Pérez	26.40	No tenía conocimiento de los modelos a soldar.
Hernández	23.28	Recién ingreso.
Castro	20.43	Se observa con más experiencia.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Con la implementación del accesorio se observó una reducción en el tiempo medio de operación para cada trabajador. En promedio, el tiempo de operación disminuyó en 4.28 minutos por operador, esta reducción refleja una mayor eficiencia en el proceso de soldadura.

De manera similar al proceso anterior, se analizaron los defectos enlistados en el análisis previo a la implementación, los resultados se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6** - Defectos de soldadura después de implementar el accesorio.

<b>Operador</b>	<b>Defectos o retrabajos</b>	<b>Observaciones</b>
Pedro	17	2 movimientos no deseado de las piezas.
Pérez	11	1 componentes a desperdicio.
Hernández	9	0 componentes que se enderezaron o doblaron.
Castro	6	3 exceso de rebaba.

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa de fabricación de productos de piedra.

Después de una semana utilizando el accesorio se observó una reducción en los defectos o retrabajos durante el proceso de soldadura. En promedio, los defectos disminuyeron en 6.25 por operador, la calidad de las soldaduras contribuyó a una disminución en el desperdicio de material.

## **Resultados**

El diseño, la elaboración y la implementación del accesorio de sujeción, que se adapta al herramental de ensamble existente la empresa de artículos de mármol, junto con la capacitación del personal y el instructivo de operaciones, demostró resultados en la optimización del proceso de fabricación, específicamente en el tiempo de soldadura. Se observó una reducción en el tiempo medio de operación por trabajador, pasando de un promedio inicial de 29.64 minutos a un promedio final de 25.36 minutos, lo que representa una disminución de 4.28 minutos por unidad. Esta mejora en la eficiencia se atribuye a la introducción del accesorio, que simplificó el proceso de sujeción y redujo la necesidad de ajustes manuales.

Además, se logró una reducción en los defectos o retrabajos de soldadura, los cuales disminuyeron en promedio de 17.5 a 11.25 por operador, lo que equivale a una reducción del 35.7%. Este resultado refleja una mejora sustancial en la calidad de las uniones soldadas, gracias a la estabilidad que proporciona el accesorio durante el proceso y favorece una producción más consistente y de calidad.

Adicionalmente, la capacitación del personal en el uso del accesorio, junto a su instructivo de operación, fue un factor clave para el éxito de la implementación. Los trabajadores recibieron instrucciones detalladas sobre el uso del accesorio, lo que permitió una adopción efectiva del nuevo proceso. La capacitación aseguró el uso correcto del dispositivo y también reforzó las prácticas de seguridad, contribuyendo a una mayor consistencia en la producción.

Estos resultados evidencian que la combinación del diseño del accesorio, el rediseño del proceso y la capacitación del personal generaron un impacto positivo en la eficiencia del proceso de fabricación. La estandarización de las operaciones y la reducción de tiempos y defectos sientan las bases para futuras mejoras en la producción de artículos de mármol, en otras áreas de la empresa.

Se espera en un futuro diseñar otros elementos que se adapten al trabajo, que promuevan un enfoque más sostenible y competitivo en la industria. La innovación se debe posicionar como una constante, fomentando el desarrollo de accesorios adicionales que enriquezcan la versatilidad de la mesa herramental de ensamble.

### Discusión

El diseño y fabricación del accesorio de sujeción demostró ser efectivo para mejorar el proceso de fabricación en la empresa de marmolería. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en el tiempo de operación, con una disminución promedio de 4.28 minutos por unidad, pasando de 29.64 minutos a 25.36 minutos. Esta mejora en la eficiencia se atribuye a la simplificación del proceso de sujeción, que eliminó la necesidad de ajustes manuales repetitivos y optimizó el flujo de trabajo.

Además, la implementación del accesorio tuvo un impacto en la reducción de defectos en la soldadura. Los defectos o retrabajos disminuyeron en promedio de 17.5 a 11.25 por operador, lo que representa una reducción del 35.7%. Este resultado corrobora que el accesorio proporcionó una mayor estabilidad durante el proceso de soldadura, mejorando la precisión y la calidad de las uniones. La estandarización del proceso, respaldada por el uso del accesorio, permitió obtener resultados más consistentes y reducir el desperdicio de material, como se encontró en un estudio previo de soldadura [11].

Un aspecto clave de la implementación fue la capacitación del personal. Los trabajadores recibieron instrucciones detalladas sobre el uso del accesorio, lo que facilitó su adopción rápida y efectiva. La capacitación no solo aseguró el manejo correcto del dispositivo, sino que también reforzó las prácticas de seguridad y calidad. Este enfoque integral, que combina el diseño de herramientas con la

formación del personal, está respaldado por la literatura, que destaca la importancia de la capacitación para maximizar los beneficios de las innovaciones en procesos productivos [15, 16].

La efectividad del accesorio también se reflejó en la estandarización del proceso de fabricación. Al garantizar la repetibilidad y consistencia en cada fase, se minimizaron las variabilidades no deseadas, lo que resultó en un proceso más uniforme. Estos hallazgos están alineados con estudios previos que resaltan el papel de los dispositivos de sujeción en la mejora de la eficiencia y la calidad en entornos de fabricación versátiles [8, 10].

Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones de esta investigación. Futuros estudios deberían evaluar el impacto del accesorio en la productividad y los costos operativos a largo plazo, así como explorar su aplicabilidad en otras empresas con condiciones de producción similares. Además, se sugiere investigar el diseño de accesorios adicionales que puedan adaptarse a otras etapas del proceso de fabricación, con el objetivo de seguir mejorando la eficiencia y la calidad en la producción de artículos de mármol.

### **Conclusiones**

1. La implementación del accesorio de sujeción permitió una reducción en el tiempo medio de operación. En promedio, los operadores disminuyeron su tiempo de trabajo en 4.28 minutos por unidad, pasando de un promedio inicial de 29.64 minutos a un promedio final de 25.36 minutos. Esto refleja una mejora en la eficiencia del proceso de sujeción y ensamblaje.
2. El accesorio también contribuyó a una reducción en los defectos o retrabajos durante el proceso de soldadura. En promedio, los defectos disminuyeron en 6.25 por operador, pasando de un promedio inicial de 17.5 defectos a un promedio final de 11.25 defectos. Esto demuestra una mejora sustancial en la calidad de las soldaduras y una reducción en el desperdicio de material.
3. La introducción del accesorio, junto con la capacitación del personal, permitió estandarizar el proceso de sujeción y soldadura, lo que se tradujo en una mayor consistencia en los resultados y una reducción en la variabilidad y presencia de defectos.
4. Se identifica la necesidad de diseñar futuros elementos y accesorios que puedan adaptarse al proceso de trabajo, con el objetivo de facilitar las operaciones y mejorar aún más la calidad de los productos fabricados.
5. La investigación resalta la importancia de la innovación en accesorios y herramientas específicas para el sector, reconociendo el potencial de estas contribuciones para impulsar la eficiencia y competitividad en la producción de artículos que se fabrican en la región de manera artesanal.
6. Se sugieren posibles aplicaciones y generalizaciones de la metodología utilizada en el diseño del accesorio, no solo para la empresa en cuestión, sino también

para otras empresas del sector que enfrenten desafíos similares en el proceso de ensamble y fabricación.

### Referencias

1. Dongbo-W. Hui-W. Jinsong-P. Kaiyao-Z. Jie-Y. Machining fixture for adaptive CNC machining process of near-net-shaped jet engine Blade. Chinese Journal of Aeronautics. 2020; Volumen 33. Número 4; [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 1000-9361. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1000936119302523>
2. Seloane-W. Mpfu-B. Ramatsetse-D. Modungwa. Conceptual design of intelligent reconfigurable welding fixture for rail car manufacturing industry, Procedia CIRP. 2020; Volumen 91; [Citado: 10 febrero 2024]. ISSN 2212-8271. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120308702>
3. Ivanov-V. Liaposhchenko-O. Denysenko-Y. Pavlenko-I. Ensuring economic efficiency of flexible fixtures in multiproduct manufacturing. Engineering Management in Production and Services, 2021; Volumen13. Número 1. [Citado: 10 febrero 2024] eISSN: 2543-912X Disponible en: <https://sciendo.com/article/10.2478/emj-2021-0004>
4. Manafi-D. Nategh-M. Integrating the setup planning with fixture design practice by concurrent consideration of machining and fixture design principles. International Journal of Production Research, 2020. Volumen 59. Número 9. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN: 1366-588X. DOI: 10.1080/00207543.2020.1736357
5. Radhwan H. Design and Analysis of Jigs and Fixtures for Manufacturing Process. Materials Science and Engineering. 2019; Volumen 551. Numero. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN: 1757-899X Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/551/1/012028>
6. Venkataraman K. Design of Jigs, Fixtures and Press Tools. 2 Ed. Chennai (India): Springer Cham. ISBN 978-3-030-76532-3; 2021. 258 p.
7. Oliver-C. Javier-P. Andres-G. Dragos-A. Stewart-L. Conformable fixture systems with flexure pins for improved workpiece damping. Journal of Manufacturing Processes. 2020; Volumen 50, [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 1526-6125 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.12.045>
8. Vijaykumar-D. Kamble-A. Mathew-T. Brief review of methodologies for creation of cohesive fixture design, Materials Today: Proceedings. 2020; Volumen 22. Número 4, Paginas 3353-3363. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 2214-7853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.285>
9. Morales -J. Marin-C. Pérez-R. Design and development of hydraulic clamping device for broaching process: Revista De Ciencias Tecnológicas. 2023; Volumen 6. Número 4. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 2594-1925 Disponible en: <https://doi.org/10.37636/recit.v6n4e321>
10. Ivanov-V. Botko-F. Dehtiarov-I. Kočiško-M. Evtuhov-A. Pavlenko-I. Trojanowska-J. Development of Flexible Fixtures with Incomplete Locating: Connecting Rods Machining Case Study. Machines. 2022; Volumen 10. Número 7. [Citado: 10 febrero 2024]. ISSN: 2075-1702 Disponible en: <https://doi.org/10.3390/machines10070493>
11. Xiaogang-Z. Yulong-L. Zhongyuan-Z. Jin-Z. Wan-Z. Reliability assessment of multistate flexible manufacturing cells considering equipment failures. Computers & Industrial Engineering. Volumen 185. 2023. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 0360-8352. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109625>
12. D´Amico-E. Los Diseñadores Industriales Intra-Emprendedores Para La Innovación En Las PyMES Argentinas: El Caso De Rmb Soldadura» Revista IDI+. 2023; Volumen 6. Número 2. pp. 4-18, [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 2215-5112 Disponible en: doi:10.18845/ridip.v6i2.6977

13. González-C. Manzanares-C. Sistemas de Gestión de la Calidad ISO 9001 Guía de aplicación. Editorial UNED. 2020 .183 páginas. [Citado: 10 febrero 2024] ISBN 978-84-362-7640-4 Disponible en:

[https://books.google.es/books?id=Lz0BEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=Lz0BEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

14. Zaldivar-D. Valenzuela-C. Gómez-C. Loja-G. Manual de procedimientos para el proceso productivo de la empresa hilanderías unidas S.A. Revista: Prohominum. 2022; Volumen 3. Número 2. [Citado: 10 febrero 2024]. ISSN: 2665-0169 Disponible en: <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0065>

15. Corrado-A. Polini-W. Tolerance analysis tools for fixture design: a comparison. Procedia CIRP. 2020; Volumen 92. Páginas 112-117. [Citado: 10 febrero 2024] ISSN 2212-8271. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.05.174>

16. Hilarón-F. Bojacá-E. Bojacá-D. Diseño y simulación de un sistema automatizado para producción avícola en la región del Guavio. INVENTUM. 2020; Volumen 15. Número 28. Páginas 3-32. [Citado: 10 febrero 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.15.28.2020.3-32>

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

#### **Contribución de cada autor:**

**Nancy Victoria Torres-Ramos:** Planteamiento de la investigación y enfoque de diseño, junto con la metodología y la construcción del marco teórico utilizados. Análisis de las fuentes de información.

**Jesus Antonio Torres-Becerra:** Diseño y desarrollo de la investigación, de los productos y capacitación a empleados.

**Martha Liliana García-Mares:** Elaboración y revisión del estilo utilizado para la presentación de las referencias.

**Laura Georgina González- Pérez:** Búsqueda de fuentes bibliográficas y revisión de estilo.

#### **Sobre los autores:**

**Nancy Victoria Torres-Ramos:** Ingeniería Industrial, Maestría en Educación, Doctorado en Educación. Docente investigadora de la carrera de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en el Estado de Durango México. Integrante y líder del Cuerpo Académico en Consolidación "Mejora de Procesos Industriales y de Servicio".

**Jesus Antonio Torres-Becerra:** Ingeniería Industrial, Maestría en Educación. Jefe de la carrera de Ingeniería Industrial, en la Universidad Tecnológica de La Laguna Durango.

**Martha Liliana García-Mares:** Ingeniería Industrial, Maestría en Administración, Doctorado en Desarrollo Educativo. Docente investigadora de la carrera de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en el Estado de Durango México. Integrante del Cuerpo Académico en Consolidación "Mejora de Procesos Industriales y de Servicio".

**Laura Georgina González- Pérez:** Licenciatura en Comercio internacional, Maestría en Educación, Doctorado en Desarrollo Educativo. Docente investigadora de la carrera de Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, en el Estado de Durango México. Integrante del Cuerpo Académico en Consolidación "Mejora de Procesos Industriales y de Servicio".