



**BUAP**

# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

## **“MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA EN LINEAS DE PRODUCCIÓN “**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA  
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

PRESENTA:  
**JOSÉ LUIS LEÓN SOTO**

ASESOR:  
**Dr. ERASMO SALOMA RUIZ**

PUEBLA, PUE.

AGOSTO 2024



**BUAP**

Oficio No. SAC/2198/2024

**C. José Luis León Soto -201839745-  
Pasante de la carrera de Ingeniería  
Mecánica y Eléctrica  
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

**“MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN”**

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como director de tema al Dr. Erasmo Saloma Ruíz.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente  
“Pensar bien, para vivir mejor”  
H. Puebla de Z. a 02 de diciembre de 2024

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Director



M'ACGZ/barv  
C.c.p. Interesado  
C.c.p. Archivo

Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

**M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P r e s e n t e.**

El que suscribe: Dr. Erasmo Saloma Ruiz, director del tema de tesis:

**“MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN”**

Presentada por el C. José Luis León Soto -201839745-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/2198/2024 con fecha de emisión 02 de diciembre de 2024, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Pensar bien, para vivir mejor”**  
**H. Puebla de Z. a 06 de diciembre de 2024**



**Dr. Erasmo Saloma Ruiz**  
**Director de Tema**

**D'ESR/BARV**  
**C.c.p. Archivo**

# RESUMEN

El proyecto titulado "Mejora del Proceso de Soldadura en Líneas de Producción" se enfoca en la optimización del diseño e ingeniería de un dispositivo de soldadura a través de herramientas avanzadas de modelado CAD. Este rediseño tiene como objetivo principal mejorar el rendimiento y la eficiencia del proceso de soldadura en la línea de producción de la empresa VEROSTAMP S.A. de C.V. El análisis de las necesidades específicas de la empresa permitió identificar oportunidades clave de mejora en el diseño de piezas del sistema de soldadura, conocido como WELDING, para que respondan mejor a los requisitos de la producción y soporten el desgaste constante propio del proceso involucrado.

Una de las metas esenciales fue incrementar la tasa de producción (rate) de la línea, un indicador fundamental que mide la cantidad de unidades producidas en un tiempo determinado. Al mejorar el diseño del dispositivo de soldadura, no solo se optimiza la velocidad de fabricación, sino que también se incrementa la consistencia y calidad del proceso, lo que contribuye a una operación más fluida y rentable. El nuevo diseño no solo facilita un flujo continuo de producción, sino que disminuye las interrupciones por mantenimiento, ya que las piezas han sido reconfiguradas para soportar mejor las exigencias del proceso.

Además, el proyecto integra una estrategia de estandarización de componentes, un factor clave en la reducción de costos de mantenimiento. La estandarización permite que solo la zona superior de una torre de soldadura deba ser reemplazada durante los procedimientos de mantenimiento, minimizando así la necesidad de reemplazar piezas adicionales y reduciendo significativamente los tiempos de inactividad en la línea de producción. Este enfoque también simplifica el proceso de mantenimiento, ya que se reduce la complejidad en el inventario de piezas y facilita el proceso de reemplazo, permitiendo que las intervenciones sean rápidas y menos costosas.

# INDICE

RESUMEN.....	2
GLOSARIO .....	7
DEDICATORIA.....	9
AGRADECIMIENTO .....	10
INDICE DE LA FIGURA .....	11
INDICE DE TABLA.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO I.- CONTEXTUALIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	14
SECTOR Y SITUACION DE LA EMPRESA.....	14
DESCRIPCIÓN DEL SECTOR .....	14
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	15
DIAGNÓSTICO .....	16
ANTECEDENTES.....	16
PROBLEMÁTICA.....	17
PREGUNTA GENERAL .....	18
OBJETIVO .....	18
ALCANCE.....	18
CAPITULO II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	20
ENFOQUE .....	20
CONTEXTO PRODUCTIVO .....	20
En el contexto automotriz.....	20
En el contexto internacional.....	21
En el contexto nacional .....	22
GESTIÓN POR PROCESOS .....	25
SIX SIGMA .....	27
MANUFACTURA ESBELTA .....	32
5'S.....	33
CAPITULO III.- DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA.....	35
METODOLOGIA DMAIC.....	35
ENCUESTA .....	37

METODOLOGÍA ECR .....	51
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	58
CONCLUSIÓN .....	66
<b>Bibliografía</b> .....	67
ANEXOS .....	70

# GLOSARIO

**WELDING:** también conocido como “Dispositivo de Soldadura”, el cual es utilizado para realizar ensambles, involucrando dos o más elementos, cumpliendo con características específicas, las cuales son movimientos en los planos [X, Y, Z], este dispositivo generalmente es un producto interno, no está dado por el cliente, sin embargo, está basado en los puntos de medición y puntos críticos (2D) marcados por el cliente, tiene como función realizar ensambles de productos [1].

**CHECKING FIXTURE:** también es conocido como “Dispositivo de control”, el cual es una referencia de medición, consistiendo en la sujeción e inspección, se fabrica bajo diseño de un modelo primitivo 2D y 3D, generalmente proporcionado por el cliente, donde se consideran tolerancias de medición en el producto y tiene como función principal inspeccionar puntos críticos del producto [2].

**CAD 2D/DRAWING:** Es el producto que generalmente se entrega por el cliente principal, pero solo en los productos desarrollados internos se contara con el producto original y solo aquí, se podrán hacer cambios de ingeniería, sin contemplar al cliente principal, pues el desarrollo interno se hace en función a la producción dentro de la empresa [3].

**KPI (KEY PERFORMANCE INDICATOR):** Indicador clave de rendimiento, métrica cuantitativa que permite evaluar el rendimiento de un proceso productivo [4].

**PT:** Se refiere al resultado final de un proceso productivo. Los productos terminados son bienes que han pasado por todas las fases de producción y están listos para ser distribuidos y vendidos. [5].

**DATUS/RPS:** Puntos de referencia críticos, superficie o ejes sobre un objeto con los cuales las medidas son tomadas [6].

**MP:** Punto de referencia, superficie o ejes sobre un objeto con los cuales las medidas son tomadas [7].

**Tolerancia:** Diferencia entre los límites de tamaño [8].

**GD&T:** Se utiliza en los dibujos son símbolos de ingeniería para describir con precisión el tamaño, forma, orientación y ubicación de las características de la pieza [9].

GAP: Distancia entre dos objetos o caras, normalmente paralelas a la figura. [10].

Coordenadas-auto: Se utilizan para identificar el producto dentro del espacio, debido a que todo se encuentra en medidas nominales en posiciones específicas para la fabricación y ayuda a la medición en metrología [11].

AMIA: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz, a.c. [12].

RATE: Número de unidades producidas en un tiempo específico. Por ejemplo, si una línea produce 100 unidades por hora, su producción rate es de 100 unidades/hora. [13]

# **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a Dios por guiarme a lo largo de mi vida, por darme la fuerza para seguir adelante.

También a mis Padres, quienes siempre han estado conmigo apoyándome incondicionalmente, confiando fielmente en mis habilidades.

A mi Hermana quien ha sido una inspiración para buscar mejorar cada día, además por confiar siempre en mí.

De igual forma a mis Abuelos, quienes siempre me han brindado consejo para resolver los problemas.

A mis amigos Irving González Contreras y Mario Sánchez Gutiérrez, quienes me han motivado a ser mejor dentro y fuera de la institución.

# **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, primeramente, porque sin el nada de esto es seria posible, le doy gracias por haberme guiado y bendecirme con todas las personas que han formado parte de mi vida.

Le doy gracias a mis papas José Luis León y Regina Soto por haberme brindado una educación a lo largo de mi vida y por ayudarme en todo momento.

A mi Hermana María Guadalupe Leon, por animarme y motivarme siempre que he necesitado.

A mis Abuelos paternos Romarico Leon y Rita Mata, por apoyarme en mis estudios y acompañarme siempre en mis graduaciones.

A mi Abuela materna María Cruz Moreno por apoyar, brindarme consejos sobre la vida y acompañarme en mis graduaciones.

A Lorena Hernández Hernández por haberme motivado a la finalización de mis actividades escolares, así como su apoyo.

A Isis del Carmen Contreras Calderón por bríndame su apoyo dentro y fuera de la universidad.

Agradezco de la manera más cordial posible a mi asesor de tesis Dr. Erasmo Saloma Ruiz, por su apoyo y asesoramiento en la realización de mi trabajo de titulación.

Al profesor M. Ss. A. Carlos Roberto Ibáñez Juárez le agradezco el apoyo brindado a lo largo de la carrera, por su tiempo, amistad y los conocimientos transmitidos.

**José Luis León Soto**

# INDICE DE LA FIGURA

FIGURA 1.	PLANTAS DE FABRICACIÓN .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FIGURA 2.	ESTADISTICO DE PRODUCCIÓN MÉXICO ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FIGURA 3.	DISEÑO ORIGINAL DE WELDING .....	19
FIGURA 4.	DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	29
FIGURA 5.	GRADOS DE LIBERTAD.....	31
FIGURA 6.	GRÁFICO DE TENDENCIA (CRONO-ANÁLISIS) .....	36
FIGURA 7.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	44
FIGURA 8.	TORRE INNECESARIA .....	45
FIGURA 9.	TORRE DE SOLDADURA #2 .....	46
FIGURA 10.	TORRE DE SOLDADURA #1 .....	46
FIGURA 11.	DISEÑO CON MARCACION EN ZONAS DE TRABAJO .....	51
FIGURA 12.	TRASLAPE DE DOS PIEZAS EN MODELO ORIGINAL.....	52
FIGURA 13.	MARCACIÓN DE RPS .....	52
FIGURA 14.	PRODUCTO .....	53
FIGURA 15.	TORRE DE ASENTAMIENTO CONCEPTO #1.....	54
FIGURA 16.	TORRE GENERICA CONCEPTO SOPORTE #1 .....	55
FIGURA 17.	TORRE ENSAMBLE CONCEPTO #1 .....	55
FIGURA 18.	TORRE DE ASENTAMIENTO CONCEPTO #2.....	56
FIGURA 19.	TORRE ENSAMBLE CONCEPTO #2.....	56
FIGURA 20.	GRÁFICO DE TENDENCIA (CRONO-ANÁLISIS) .....	59
FIGURA 21.	DISEÑO FINAL DE TORRE #1.....	60
FIGURA 22.	DISEÑO FINAL DE TORRE #2.....	60
FIGURA 23.	CAMBIO DE INGENIERÍA CON ELIMINACIÓN DE COLICIÓN .....	61
FIGURA 24.	CAMBIO DE INGENIERÍA CONSIDERANCION DE SOLDADURA.....	62

# INDICE DE TABLA

TABLA 1.	MUESTREO DE RATE POR PIEZAS DE CADA TURNO .....	17
TABLA 2.	MEDICIÓN DE PRODUCCIÓN .....	35
TABLA 3.	DESARROLLO DE CRONO-ANÁLISIS.....	36
TABLA 4.	CRONO-ANÁLISIS .....	58
TABLA 5.	COMPARATIVA DE COSTO #1.....	62
TABLA 6.	COMPARATIVA DE COSTOS #2.....	63

# INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo tiene como objetivo plantear una solución al proceso de ensamble en la problemática de la empresa VEROSTAMP S.A. de C.V. en sus WELDINGS (dispositivos de soldadura). Este trabajo se ubica en la filosofía de “SIX SIGMA” de acuerdo con la clasificación de metodologías por el OEE (Overall Equipment Effectiveness) que apoyan la mejora continua y permite dar respuesta a dos problemáticas actuales en la industria automotriz “Costos de material y energía” y “Volatilidad Global” [14].

La situación antes mencionada se identifica como una consecuencia recurrente para aquellas empresas maquiladoras o con procesos de ingeniería menor, que mantienen los contratos por cláusulas estipuladas sin poder incrementar el costo por piezas producidas, dando, así como consecuencia que, con el paso del tiempo, el producto terminado (PT) no sea rentable y no allá oportunidades de empleo. Esta problemática afecta directamente a la economía de las empresas en el ramo automotriz, debido al incremento en el costo anual de materia prima y duración del proyecto, así como la disminución de costo por pieza en requerimiento por los clientes. Esta discrepancia es observable entre el inicio de un proyecto y el final de dicho proyecto, generando una gráfica de pérdida económica, pese a que hay gráficas costo beneficio que demuestran una mejora económica en las perdidas al inicio de un proyecto y con proyecciones de ganancia a mediano plazo, al término del proyecto se puede observar, que hay un decremento de costo-beneficio.

# CAPITULO I.- CONTEXTUALIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

## SECTOR Y SITUACION DE LA EMPRESA

### DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

Actualmente el sector Automotriz se caracteriza por ser sostenible y de gran producción en México, por la diversidad de empresas armadoras que existen, a pesar de no ser de origen mexicano y que no todos los productos producidos se quedan en el país. La AMIA (Asociación Mexicana de la industria automotriz, a.c.) se ha dado a la tarea de analizar estadísticamente el comportamiento de dicha industria, por la gran cantidad de demanda que existe y por la gran cantidad de áreas con las que cuenta el país para dar pauta al proceso productivo. Además de que México está entre los 10 países productores de autos a nivel mundial según datos de AMIA [15]. Ver figura 1

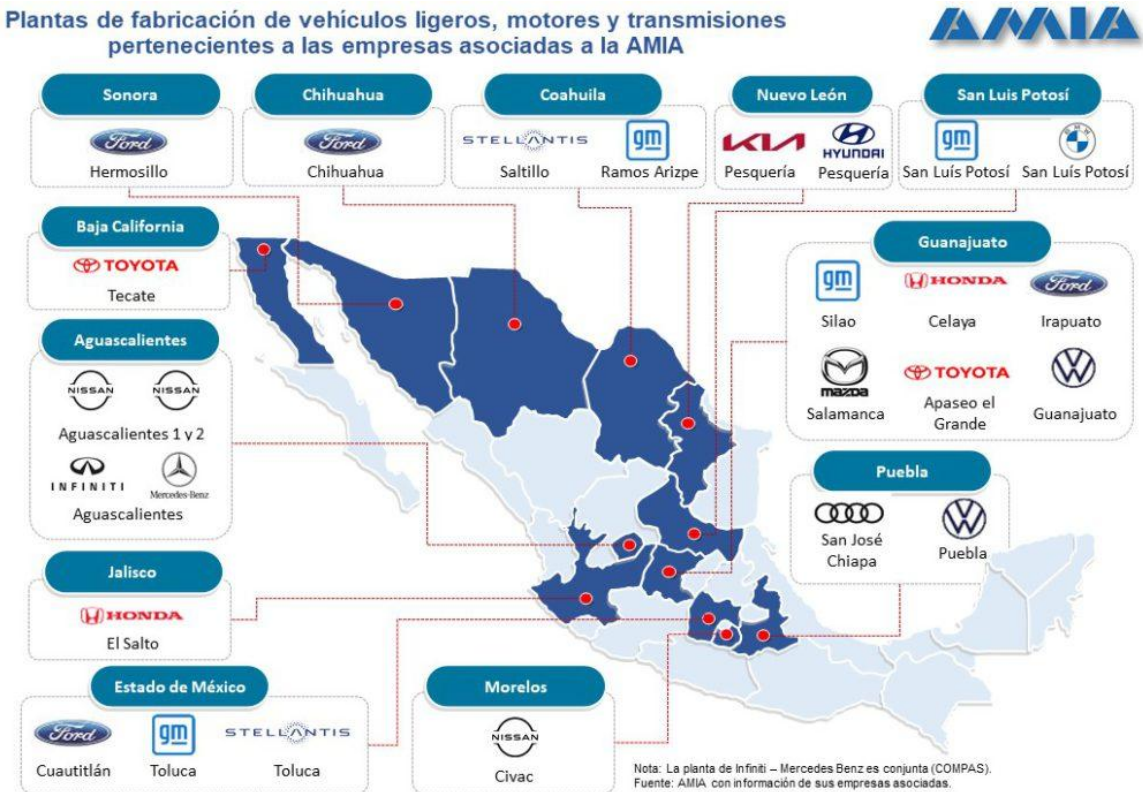


Figura 1. PLANTAS DE FABRICACIÓN

Para el presente trabajo se delimitará para el uso específico de vehículos COMPACTOS, debido a que la AIMA recolecta datos generales por empresa y segmento, como Volkswagen México, Nissan México y Ford México entre otras. La AIMA muestra el estadístico de “producción de vehículos ligeros” de enero del 2005 a febrero del 2023. Ver figura 2

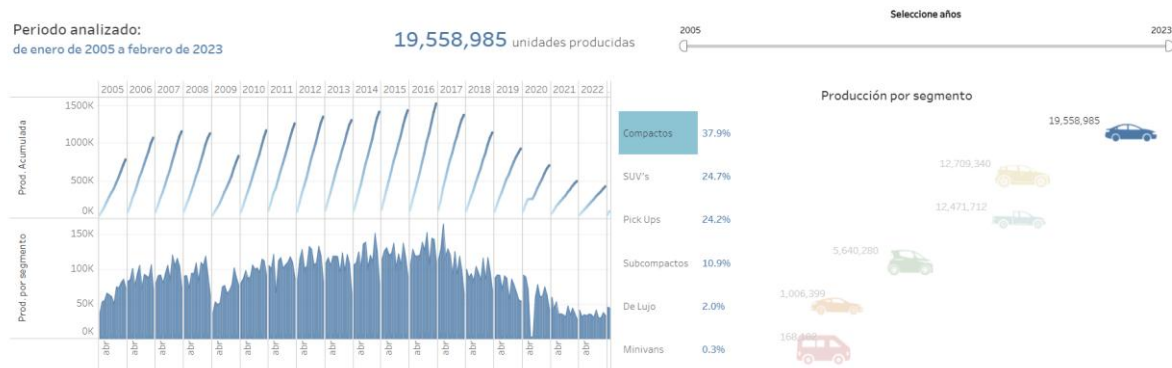


FIGURA 2. ESTADISTICO DE PRODUCCIÓN MÉXICO

Podemos observar que, en marzo de 2017, se observó un aumento significativo en la producción, mientras que en los años anteriores se evidenció un declive en la productividad. Con el paso del tiempo, el mercado chino ha logrado dominar las ventas en todo el mundo, ya que actualmente no enfrenta competencia en términos de relación costo-beneficio.

Dentro del mercado automotriz, existen empresas proveedoras de componentes que se encargan de suministrar una amplia gama de productos, desde palancas para el reclinamiento de asientos hasta el ensamblaje completo de estos. Estas empresas asumen toda la ingeniería y responsabilidades asociadas, dependiendo del tipo de componente que estén suministrando. Cada una de estas empresas tiende a especializarse en áreas específicas de componentes, lo que les permite ser mucho más rentables para las armadoras.

## DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

VEROSTAMP S.A. de C.V. es una empresa de servicios automotrices, que se dedica al servicio de terciarización del proceso de componentes metálicos tales como Brackets, palancas, trayectorias de alambre y ensamble de alambres con Brackets, entre otras cosas.

Con fecha de inicio de operaciones el 29 de junio de 2012, empezando como empresa en fabricación de chicotes, siendo único cliente Volkswagen. La empresa cuenta con prensas

para estampado en frío, dobladoras de alambre, robots para soldadura MAG y para soldadura SPOT.

## DIAGNÓSTICO

El propósito de la presente tesis de aplicación es demostrar cómo es posible mejorar el proceso productivo mediante el desarrollo de ingeniería de proceso. Esto incluye la reducción de costos asociados con el cambio de herramental, la disminución del tiempo de inactividad por mantenimiento y la mejora en la calidad del producto. Se llevará a cabo un diagnóstico de costos-beneficio específicamente centrado en el proceso de soldadura, considerando los antecedentes de errores documentados a través de informes de paros o no conformidades. Este estudio se llevará a cabo a lo largo de un período de seis meses, siguiendo una serie de pasos previamente establecidos como objetivos.

## ANTECEDENTES

Durante un periodo comprendido de 6 meses, se observó el comportamiento de la producción de piezas automotrices en la empresa VEROSTAMP S.A. de C.V., encontrando un problema en la producción de un número de parte en específico, donde constantemente había retrabajos en el producto terminado (PT), producción baja y paros por mantenimiento.

Evidenciando que el problema con mayor impacto no era las piezas comprometidas con el cliente, si no los paros de mantenimiento, encontrando que en el proceso de ensamble existía colisión entre el Robot y las torres del WELDING y el problema de mayor criticidad era la trayectoria del cordón de soldadura, con relación a la posición de las torres. Además de esto, se encontró que existía una degradación constante de las torres debido a la escoria desprendida por la soldadura.

En este sentido se analizó la información de producción general o estándar bajo la condición de números de parte totales de diferentes PT, debido a que la mayoría de las piezas son similares en condición de soldadura a otras. Ver tabla 1 [27]

TABLA 1. MUESTREO DE RATE POR PIEZAS DE CADA TURNO

<b>RATE DE NUMERO DE PARTE</b>	<b>1° TURNO (7.5 HRS).</b>	<b>2° TURNO (7 HRS).</b>	<b>3° TURNO (8 HRS).</b>	<b>PIEZAS POR HORA</b>	<b>PIEZAS POR MINUTO</b>
<b>5NN 881 559</b>	<b>450</b>	<b>420</b>	<b>480</b>	<b>60</b>	<b>1.000</b>
<b>5NN 881 560</b>	<b>525</b>	<b>490</b>	<b>560</b>	<b>70</b>	<b>1.16</b>

Como se puede identificar que hay un RATE menor, siendo piezas con similitud en trayectorias y puntos de soldadura. De igual forma se llevó a cabo una junta interna, entre los comentarios e ideas expuestas, detonaron que el área que mayor dificultad, era Ingeniera de Proyectos y Procesos, situación causada a falta de personal y falta de manejo de herramientas de diseño. Además, se encontró que una causa de errores en el proceso ha sido la falta de ingeniería con trazabilidad para desarrollar mejoras.

## PROBLEMÁTICA

A partir del análisis de los indicadores clave de rendimiento (KPI) del área de producción, se ha detectado una discrepancia en la cantidad de piezas "OK" que se producen diariamente. Esta situación pone en evidencia ciertos puntos críticos dentro del proceso de producción que requieren atención. El rendimiento observado sugiere que, a pesar de los esfuerzos por optimizar la eficiencia, existen factores que están afectando la capacidad de la planta para alcanzar los volúmenes de producción esperados, específicamente en términos de piezas que cumplen con los estándares de calidad.

El análisis de la producción inicial señala que estos problemas no solo impactan en la cantidad de piezas "OK", sino que también podrían estar relacionados con fallas en la supervisión de procesos, mantenimiento preventivo, o incluso con la capacitación del personal encargado. La reducción en el número de piezas conformes representa una pérdida significativa para la organización, tanto en términos de productividad como de costos asociados, por lo que se vuelve esencial identificar las causas raíz que están contribuyendo a esta problemática.

## PREGUNTA GENERAL

¿Podemos mejorar el proceso productivo utilizando un cambio de ingeniería, garantizando la calidad del PT y disminuyendo los costos por desgaste?

## OBJETIVO

### *Objetivo general*

- Desarrollar un procedimiento integral de diseño y validación de cambios en el proceso de soldadura (WELDING), para optimizar la eficiencia y rentabilidad de la cadena productiva.

### *Objetivo específico*

- Realizar cambio de ingeniería en Torres de RPS
- Disminuir el costo por componentes
- Mejora de trayectoria física y virtual
- Disminución del tiempo por mantenimiento en WELDING

## ALCANCE

El presente trabajo se enfoca en la mejora del proceso de soldadura tipo TIG en el modelo TIGUAN, específicamente en la pieza identificada con el número de parte VJ-560 (nombre propuesto para no revelar datos originales) basado en un cambio de ingeniería que se apoya en el uso de modelo CAD. El alcance de este estudio está limitado exclusivamente al proceso de soldadura aplicado a esta pieza en particular, por lo que los análisis, propuestas de mejora y resultados obtenidos serán válidos únicamente para este WELDING de soldadura VJ-560 Ver figura 3.

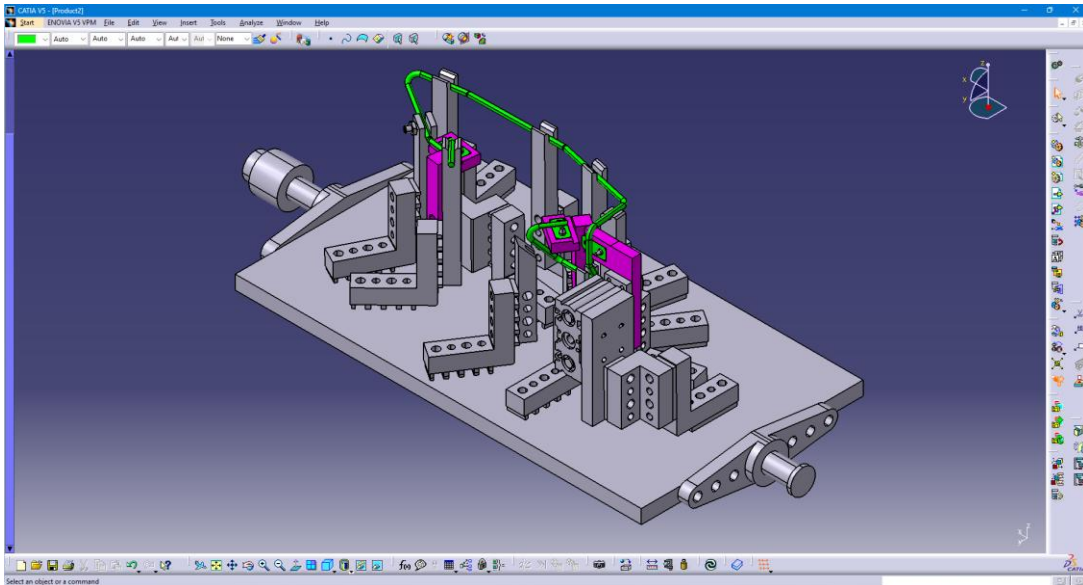


FIGURA 3. DISEÑO ORIGINAL DE WELDING [27]

No se abordarán otros procesos de producción ni modelos de piezas, ya que el enfoque se encuentra delimitado al análisis del WELDING de la parte mencionada. De esta manera, las recomendaciones y cambios sugeridos se aplicarán exclusivamente dentro del contexto definido, sin considerar variaciones en otros procesos o piezas de la línea de producción.

# CAPITULO II.- REVISIÓN DE LA LITERATURA

## ENFOQUE

De acuerdo con el objetivo principal, basando en la implementación de herramientas para la producción, el trabajo se enfocó en un tipo de investigación cuantitativo, desarrollando la ingeniería de Costo-Beneficio, incluyendo el pasado o historia de la empresa.

El desarrollo cuantitativo fue creado a partir del pospositivismo, también es considerado como el “padre” del enfoque cuantitativo, otorgando factores específicos.

1. Recolectar datos en la forma de puntuaciones (que se origina en las matemáticas).  
Es decir, los atributos de fenómenos, objetos, animales, personas, organizaciones y colectividades mayores son medidos y ubicados numéricamente.
2. Analizar tales datos numéricos en términos de su variación.
3. La esencia del análisis implica comparar grupos o relacionar factores sobre tales atributos mediante técnicas estadísticas (en el caso de las ciencias del comportamiento, mediante experimentos y estudios causales o correlacionales).

Como se menciona se centra en conocer causas o factores que están involucrados en la afectación de nuestro proceso.

## CONTEXTO PRODUCTIVO

En el contexto automotriz

H James Harrington (1993), comenta en su libro “Mejoramiento de los procesos de la empresa” Que para mejorar un proceso es necesario cambiarlo, haciéndolo más efectivo, eficiente y adaptable [16].

Es correcto decir que para mejorar un proceso se necesita un cambio, por lo que la llegada de ideas nuevas ayuda a tener una visión diferente sobre los cambios, siempre buscando los puntos que mencionó H James.

Tener el enfoque al cual gira cualquier empresa es fundamental y es el concepto de Calidad de los productos, siendo el punto de partida para cualquier empresa, haciéndola competitiva ante cualquier giro de mercado. Por su lado en la industria automotriz siempre se busca dar

calidad en las piezas, componentes o complementos que se tengan esto debido a los antecedentes históricos.

Recordando la historia que ha sufrido la industria automotriz, sabemos que al inicio de esta se comenzaron con producciones por trabajo, las cuales únicamente producían un solo producto con fecha de entrega demasiado lejana, encareciendo los autos que sin lugar a duda eran inventos nuevos para toda la población. Posteriormente se enfocaron en tratar de realizar producciones por lotes mejorando el tiempo de producción de unidades, encontrando el primer problema que nos aqueja hasta ahora, siendo la repetitividad de las piezas y que fueran iguales.

Un poco más tarde con la llegada de la producción en serie se seguía arrastrando ese problema, siendo así que se buscó dar la solución, pero ¿Cómo sabemos cuál es el problema?

Siendo los japoneses quienes se adentraron a mejorar la calidad de los productos, porque entendieron que los retrabajos que se ocasionaban en sus líneas de producción eran más complicados que ordenar y estructurar sus requerimientos, evitando de esta forma gastos innecesarios y mejorando su producción.

Kaoru Ishikawa brindo un gran aporte a la industria automotriz, siendo el causante para determinar una causa raíz de los problemas, con un modelo de estudio basado en un diagrama de ideas internas con una trazabilidad por área, que mejoro el tiempo de respuesta [17].

### En el contexto internacional

Según Sarmiento (2018). En su tesis que lleva por nombre “Incremento de la productividad en el área de producción de la empresa Mundiplast mediante un sistema de producción esbelto Lean Manufacturing” que habla sobre aumentar la productividad en el área de fabricación de una empresa. Nos dice que para poder entender un panorama más claro sobre la problemática que tiene una empresa, es necesario llevar a un análisis de cómo se encontraba el estado de la compañía con un método antes mencionado, Diagrama de Ishikawa, para conocer en qué lugar del área de producción se originaban los desperdicios, defectos o ineficiencias [18].

## En el contexto nacional

México ha desempeñado un papel destacado en la producción de piezas automotrices a nivel mundial, consolidándose como un centro manufacturero clave para la industria automotriz global. En los últimos años, su comportamiento en este sector ha estado marcado por un crecimiento sostenido, impulsado principalmente por su proximidad geográfica a Estados Unidos, la implementación de tratados comerciales ventajosos y la disponibilidad de una fuerza laboral calificada.

A continuación, se describen algunos aspectos clave sobre el comportamiento de México en la producción de piezas automotrices:

### 1. Crecimiento y Volumen de Producción

México se ha convertido en uno de los principales productores y exportadores de autopartes a nivel global. La industria de autopartes en el país ha experimentado un crecimiento constante, particularmente en regiones clave como el Bajío (Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes) y el norte del país. Para 2023, México se consolidó como el cuarto mayor exportador de autopartes del mundo, detrás de países como Alemania, Japón y China, fabricando componentes para grandes empresas automotrices globales [19].

### 2. Diversificación de la Producción

México produce una amplia gama de componentes para vehículos, entre los que se incluyen:

- Motores y transmisiones.
- Partes eléctricas y electrónicas.
- Sistemas de frenos, suspensiones y direcciones.
- Chasis y carrocerías.

La industria automotriz en México ha avanzado más allá de la fabricación de componentes básicos, adentrándose en la producción de piezas tecnológicamente sofisticadas como sensores, baterías para vehículos eléctricos y sistemas de conectividad.

### 3. Exportaciones

Estados Unidos es el principal destino de las piezas automotrices producidas en México, debido a la proximidad geográfica y los beneficios derivados del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). Aproximadamente el 80% de las autopartes que México produce están destinadas a la exportación, y más de la mitad de estas se dirigen a Estados Unidos. Además, México exporta piezas automotrices a otros mercados importantes como Canadá, Alemania, Japón y Brasil. El país también forma parte de diversas cadenas de suministro globales que abastecen tanto a la industria de vehículos convencionales como a la emergente industria de vehículos eléctricos.

### 4. Inversión Extranjera Directa (IED)

México se ha posicionado como un destino atractivo para la inversión extranjera directa en el sector automotriz, especialmente para empresas de Estados Unidos, Japón, Alemania y Corea del Sur. Grandes empresas como Bosch, Continental, ZF, Magna y Delphi han establecido fábricas en el país, impulsando la producción local de autopartes. La inversión extranjera ha crecido debido a la mayor integración regional promovida por el T-MEC, que exige un mayor contenido regional en los vehículos que se comercializan en Norteamérica [20].

### 5. Competitividad y Ventajas de Producción

México presenta varias ventajas competitivas para la producción de piezas automotrices:

- Mano de obra calificada a bajo costo: El país ofrece una combinación de costos laborales competitivos y una fuerza laboral capacitada, lo que lo hace atractivo para la manufactura.
- Proximidad a Estados Unidos: La cercanía geográfica permite reducir costos de transporte y tiempos de entrega, posicionando a México como un punto estratégico para la industria automotriz norteamericana.
- Amplia red de tratados comerciales: México tiene acceso a diversos mercados internacionales gracias a su red de tratados de libre comercio, lo que facilita la exportación de piezas automotrices sin enfrentar altos aranceles.

## 6. Desafíos Actuales

- Escasez de semiconductores: Al igual que la industria automotriz global, México ha enfrentado problemas debido a la escasez de semiconductores y otros componentes electrónicos, lo que ha ralentizado la producción en algunos casos.
- Transición hacia vehículos eléctricos: La industria de autopartes en México enfrenta el reto de adaptarse a la transición global hacia los vehículos eléctricos. Aunque el país ya ha comenzado a recibir inversiones en este sector, la producción actual sigue muy enfocada en vehículos con motores de combustión interna, lo que exige un cambio estratégico hacia la manufactura de componentes para vehículos eléctricos.
- Aumento de costos: Los precios de materias primas, como el acero y el aluminio, han impactado los costos de producción, lo que podría afectar la competitividad de las piezas automotrices fabricadas en México.

## 7. Tendencias Futuras

- Expansión hacia la electrificación: México ya está recibiendo inversiones para la producción de baterías y piezas especializadas para vehículos eléctricos. A medida que más fabricantes globales se inclinan hacia la electrificación, se espera que México aumente su participación en la producción de piezas para vehículos eléctricos y sistemas autónomos.
- Cadenas de suministro regionales: Con el fortalecimiento de la producción en Norteamérica gracias al T-MEC, México continuará desempeñando un papel clave en la regionalización de las cadenas de suministro automotrices.
- Automatización y tecnología avanzada: Se anticipa que las fábricas en México adoptarán tecnologías de manufactura avanzada, como la automatización y el uso de robots, para mejorar la eficiencia y la calidad de los componentes producidos.

En resumen, el comportamiento de México en la producción de piezas automotrices refleja una sólida integración en la cadena de suministro global. El país ha sabido capitalizar su ubicación estratégica, sus tratados comerciales y su mano de obra calificada para convertirse

en un actor relevante en la industria automotriz mundial, mientras se enfrenta a desafíos y oportunidades asociados con la transición hacia vehículos eléctricos y tecnologías avanzadas.

## GESTIÓN POR PROCESOS

La gestión por proceso se considera como una variable cuantitativa, que ha desarrollado una forma de estructurar los procesos, limpiando o depurando todo aquello que está involucrado. A continuación, se detalla las áreas de trabajo con las características que las definen.

La gestión por procesos es una práctica sistemática, que adopta su disciplina en los sectores empresariales, también conocida como Business Process Management (BPM) Cuando se habla de gestión por procesos, es necesario aclarar que se refiere a aquellas actividades productivas de una empresa y que incorporan diferentes áreas, disciplinas y actividades que van desde las financieras, hasta las de psicología o comportamiento humano [21].

Las áreas de trabajo con mayor enfoque son:

- Diseño y documentación
- Análisis y Optimización
- Implementación y cambio
- Ejecución y operación
- Retroalimentación y control

Esta metodología busca desarrollar mecanismos que mejoren todos los procesos, con ayuda de TI, al ser un diseño cuantitativo deberá verse reflejado desde el punto inicio, hasta el punto de mejor, mencionando que no tendremos fin, debido a que es una metodología que busca estar en constante cambio.

Actualmente uno de los más importantes cambios que ayudan a mejorar, optimizar y verificar estos cambios, han sido compañías como SAP, implementando un sistema de carácter empresarial, con objetivos cuantitativos pasando de datos blandos a datos duros.

Según lo antes mencionado, se entiende que el esquema de Gestión de procesos implica la agrupación de diferentes áreas multidisciplinarias. Siendo de suma importancia la adaptabilidad que tiene este esquema de trabajo, pues la capacidad de adaptación, para cuantificar cualquier proceso, lo convierte en un modelo completo.

Marlon Dumas en su libro “Fundamentals of Business Process Management” da una introducción a la gestión de procesos empresariales basando en los fundamentos teóricos, incluyendo ejemplos de aplicación práctica [22].

Basado en los planteamientos de diferentes autores, se llega a la conclusión de 7 etapas o fases.

#### Fase 1.-Planificación, Formación y Estrategia

Se realiza una reunión con todas las partes involucradas, teniendo como descripción principal el problema que se ha tenido, basado en los conocimientos de todos, se tiene una lluvia de ideas, para determinar posibles factores de riesgo, que pudieran afectar al desarrollo de este, así mismo se propone un alcance para delimitar dicho proyecto.

#### Fase 2.-Identificación, Diseño y Definición de fronteras

Se realizar un historial de todos los procesos de la empresa, así como el alcance que tiene cada área, también se realizar un listado de proceso que estarán involucrados en el proceso, permitiendo delimitar las problemáticas y los límites que tienen.

#### Fase 3.-Selección y Modelado del proceso clave

En esta fase se realizan selección de procesos que puedan ayudar, así mismo se crea un modelo base que ha sido el más completo, ejecutando simulaciones de es involucrando variables, sea tiempo, costes y recursos.

#### Fase 4.-Automatización y Tecnologías

Se realiza una gestión en la organización, optimizando los datos con la finalidad de automatizar tareas repetitivas, establecer flujos de trabajos eficientes, gestionar los recursos en factor humano y el factor material. Esto se ve reflejada velocidad de ejecución, sino también minimizados errores y aumentar la consistencia en a la entrega de productos o servicios.

### Fase 5.- Integración, Revisión y Análisis de los procesos

Es fase se refiere a gestión efectiva entre la colaboración de departamentos, asegurando que todos trabajan de manera colaborativa, verificando que cada proceso involucrado de respuesta a los objetivos estratégicos de la empresa.

### Fase 6.- Corrección de problemas y Adaptabilidad

Se realiza una comparativa entre las soluciones efectivas a la problemática, verificando la adaptabilidad a los posibles entornos que pueda sufrir la empresa, garantizando la flexibilidad del modelo.

Es por ello, que el modelo de Gestión del proceso es un modelo adaptable a cualquier entorno, bajo la consideración de Optimizar los procesos o problemáticas, siendo flexible para todas las áreas involucradas.

## SIX SIGMA

Es un modelo organizacional, diseñado para mejorar la calidad, costos y optimizar procesos, tomando como base los datos y factores, que son cuantificables, involucrados en equipos de trabajo, reduciendo las variables y eliminando los defectos en el proceso.

La metodología se basa en un ciclo conocido como DMAIC, este proceso describe lo siguiente “structured, data-based problema-solving process” [23].

Concepto de aplicación:

1. Hacer actividades específicas en una secuencia (finalidad de analizar).
2. Recopilación de datos en las fases del proceso (ayuda a tomar decisiones).
3. Asegurar la solución del problema eliminando la causa raíz (resolución del problema).

DMAIC comprende el uso del trabajo en equipo, debido su estructura, compuesto por las siguientes fases.

1. Definir (Define)

El propósito del punto comprende en discutir el objetivo del proyecto, el tipo de acción que se buscara incluir, además de revisar datos existentes sobre el problema, escribir o dibujar un mapa del problema donde se definen las necesidades y ayudas con las cuales se contara.

## 2. Medir (Measure)

Evaluar la existencia de sistemas de medición previamente hechos

- Mejorar en función al objetivo.
- Desarrollar un sistema de medición de ser necesario.

Observar el proceso que tenemos definido, recopilar la mayor cantidad de datos posibles, siendo datos medibles o cuantificables o no en su debido caso, por lo que todos los datos ayudaran a la mejora. Mapear el proceso con más profundidad.

## 3. Analizar (Analyze)

El propósito de analizar es poder depurar toda la información obtenida en el punto en la medición, así como agruparla en las fases definidas, conformando información de calidad, confirmando el problema.

Es importante trabajar bajo el proceso específico, y no usar la experiencia previa, de igual forma separar las opiniones que han sido recopiladas, con el objetivo de no dejarse llevar por la experiencia previa.

La acción de analizar bajo este carácter arrojará resultados como, por ejemplo:

- Encontrar la causa real del problema.
- Encontrar diferentes procesos para mejorar u optimizar sin sacrificar calidad.
- Identificar el factor crítico en el proceso.

Herramienta para agrupar información

- Diagrama de pescado o Diagrama de Ishikawa. Ver figura 4

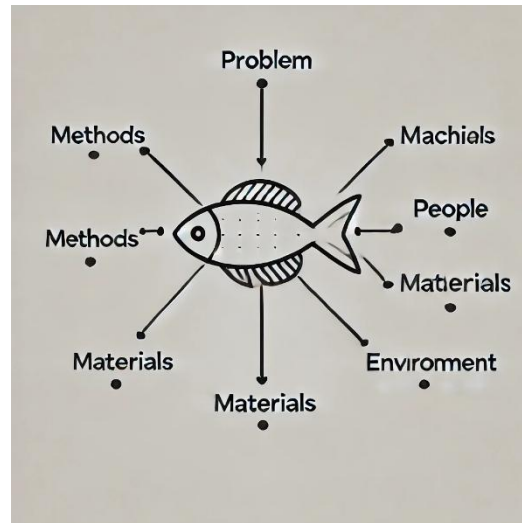


FIGURA 4. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

#### 4. Mejorar (Improve)

El propósito principal es realizar cambios en el proceso que eliminen defectos, errores, costos, etc. Los cuales están directamente relacionados con la solución del problema, siendo indispensable asegurar que las causas que se han analizado son las afectadas por el problema y los cambios en el proceso atacan el problema.

Posibles pasos para desarrollar:

- Creatividad en la solución bajo un concepto.
- Retomar la existencia de buenas prácticas (información obtenida, documentos de consulta o modelos metodológicos), para adaptar a la solución.
- Depurar los conceptos y elegir la mejor solución.
- Planear la solución, escalando los procesos.

## 5. Controlar (Control)

El propósito de controlar es asegurar que cualquier ganancia o mejora en el proceso se conserve, siendo el punto de creación de procedimientos nuevos, así como capacitar a todo el personal para que se realice el trabajo con el cambio aplicado.

Puntos específicos del control:

- Documentación de los nuevos procedimientos o cambios.
- Capacitar o entrenar a todo el equipo.
- Establecer el procedimiento nuevo (Punto crítico).

También se debe realizar una comparación para verificar la ganancia obtenida al realizar el cambio, esta comparación se toma en función a una ganancia costo, calidad, paros o producción, considerando que a partir del cambio será ganancia.

## GD&T – NORMATIVAS

El GD&T es un sistema estandarizado que define y controla la forma, la orientación, la ubicación y el perfil de las piezas mecánicas. A diferencia de las tolerancias tradicionales, que solo especifican límites de tamaño, el GD&T establece cómo se puede controlar la geometría tridimensional de una pieza. Esto incluye aspectos como la planitud, la redondez, la perpendicularidad, entre otros [24].

El ASME Y14.5 y la norma internacional ISO 1101 son los estándares más utilizados a nivel mundial para la aplicación del GD&T. Estas normas proporcionan un marco común para los ingenieros de diseño, fabricantes y control de calidad, asegurando que todos comprendan las mismas especificaciones geométricas.

## Importancia del GD&T en la Ingeniería

El uso del GD&T es vital por las siguientes razones:

- Mayor precisión y claridad: El GD&T permite definir con mayor claridad los requisitos geométricos críticos de una pieza, lo que facilita su correcta fabricación y ensamblaje.
- Mejora de la funcionalidad del producto: Al especificar con precisión cómo debe comportarse la geometría de una pieza en el ensamble, se garantiza que las partes cumplan con su función deseada.
- Reducción de costos: El uso correcto del GD&T puede reducir los costos de fabricación, al permitir rangos de tolerancias más amplios en características no críticas y así reducir el rechazo de piezas.
- Estandarización y comunicación global: El GD&T es un lenguaje técnico estandarizado que permite a ingenieros, fabricantes y clientes de diferentes partes del mundo trabajar en un mismo proyecto con una comprensión común.

## Uso de la normativa VW 01055

Todo cuerpo rígido posee en el espacio tridimensional seis grados de libertad (opciones de movimiento), tres de traslación paralelos a los ejes de un sistema de coordenadas, y tres de rotación alrededor de los ejes, véase en la siguiente figura [25].

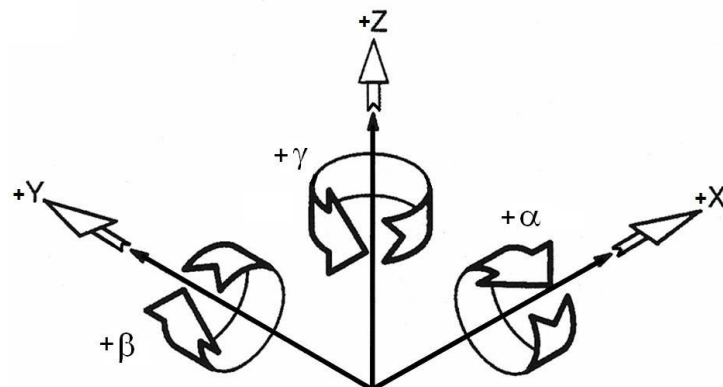


FIGURA 5. GRADOS DE LIBERTAD

Los ángulos de giro  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  en torno a los ejes X, Y y Z pueden tener dirección de giro positiva o negativa. Los ángulos de giro positivos matemáticamente se indican en el sentido de las agujas del reloj, los ángulos negativos en el sentido contrario a las agujas del reloj (cuando el movimiento de giro se efectúa con vista desde el origen en dirección positiva del eje de coordenadas).

## MANUFACTURA ESBELTA

Es una filosofía y metodología que busca optimizar y mejorar los procesos de producción, con el objetivo de disminuir desperdicios y maximizar las entradas productivas, ya sea materia prima o herramientas primarios o secundarios del proceso.

Fue llevado a cabo en un comienzo por el sistema de producción de Toyota (TPS)

Los 7 desperdicios de Lean Manufacturing

Entendamos que en todas las empresas u organizaciones siempre tendremos algún tipo de desperdicio que se podrá mejorar u optimizar, no solo podemos considerar Scrap o desperdicio a aquel producto que estamos desarrollando, sino también a todo aquel trabajo o acción que me origine ciertos costos para la empresa y de los cuales no agreguen valor al producto.

Además, Taichí Ohno explico que existen 7 tipos de desperdicio los cuales son: Sobreproducción, sobre procesamiento o procesos inapropiados, movimientos innecesarios, transporte, tiempo de espera, inventarios innecesarios y defectos.

Explicando un poco más sobre cada proceso.

**Sobreproducción:** Es cuando se produce una cantidad mayor a la cantidad que solicita el cliente, a pesar de considerar como acto beneficioso el tener un stock por cualquier eventualidad, se considera el desperdicio más crítico, debido a todo lo que implica el producir mi PT, (materia prima, entrada de proceso, gasto por producirlos ya sea tiempo máquina, tiempo operativo y costo por almacén), y la razón más fuerte, la probabilidad de que el cliente no requiera más producto.

La consecuencia es sobre inventarios, productos obsoletos, mermas y aumento de tiempo de flujo de acuerdo con ley de Little

$$Lq = \lambda * Wq$$

Sobre procesamiento: Se considera aquel cambio en la rutina de mi proceso, que no sea beneficioso para optimizar, mejorar y reducir mi proceso, en muchos casos es común escuchar que se tiene un retrabajo, esta acción es el claro ejemplo de una sobre procesamiento, pues consiste en aplicar una labor más a un producto, involucrando tiempo máquina, tiempo operario o algún tipo de consumible directo, para todo aquel sobre procesamiento, todas las empresas buscan eliminar la raíz que lo genere, debido a que si no es controlado, es un tema auditable por el cliente.

Movimientos Innesarios: Son aquellos desplazamientos extras que realizan los trabajadores cuando realizando una actividad para desempeñar su trabajo, particularmente los encargados en resolver este tipo de acciones son los Ingenieros de Procesos.

Transporte: Mover productos y materiales de un lugar sin ningún propósito de ganancia para PT, ejemplo de ello, cuando tenemos algún material que entorpezca la zona de trabajo y sea necesario moverlo para agilizar mi proceso, aunque necesariamente se volver a posicionar en el mismo lugar del que se movió.

Tiempo de espera: Aquel tiempo perdido por la demora de un proceso anterior, a la cadena de producción, perjudicando los procesos siguientes.

Inventarios: Es todo aquel producto que se encuentra dentro de la empresa sin ser procesa, sea materia prima, componentes de herramientas, equipos de stock o PT, pues resulta que generan un costo por mantenerlos y tener que mantenerlos en buen estado para cuando sea necesario.

## 5'S

Seiri – Primera S eliminar lo innecesario, hace referencia separar, seleccionar y eliminar todo aquello que no sea utilizado en para desarrollar un trabajo y de igual forma evitar que tengan elementos innecesarios.

Seiton – Segunda S ordenar y organizar todos aquellos elementos que fueron seleccionados en la etapa anterior (Seiri) recordemos que 5's es una metodología para ciclo constante, para facilitar la ubicación cuando queramos disponer de ello en algún momento.

Seiso – Tercera S limpieza, Limpiar los elementos que están involucrados en el proceso, sea lugar de trabajo, producción, documentación, etc. Principalmente fomenta mantener los espacios de trabajo limpios, para generar un hábito. Posteriormente este hará después de haber terminado con el paso 1 (Seiri) y paso 2 (Seiton) respectivamente.

Seiketsu – estandarizar Es la etapa en la cual se logra tener un sitio estandarizado en relación con cómo se debe encontrar siempre cada estación de trabajo, tanto cuando inicie y termine cada labor. Esto no se puede llevar a cabo sino se cumplen las tres primeras S ya mencionadas. 40

Shitsuke – disciplina Es la etapa final de todos los pasos ya mencionados con anterioridad, con la finalidad que se cree un hábito de disciplina por parte de los trabajadores y esta manera pueda permanecer a lo largo del tiempo.

Heijunka Es la técnica que nos ayuda en el momento de la planificación y nivelación de la demanda hacia nuestros clientes en relación con el volumen y variedad que se lleva a cabo en un periodo de tiempo, que podría darse en una jornada de trabajo, no se recomienda el uso de esta técnica si es que existe poca variación con relación a los tipos de producto. Para lograr la gestión del Heijunka se necesita un buen entendimiento que trae consigo la demanda de clientes, así como los efectos de la demanda en los procesos, por medio de una producción continua, equilibrada y lotes pequeños, se llega a fabricar con el menor nivel de desperdicio posible [26].

Del mismo modo la aplicación del Heijunka consta de un conjunto de técnicas las cuales son células de trabajo, flujo continuo y Takt Time.

# CAPITULO III.- DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

## METODOLOGIA DMAIC

Comenzando con el desarrollo de la DMAIC como herramienta principal para la mejora del proceso de soldadura, el desarrollo de cada una de las etapas han sido propuestas considerando los factores humano y máquina.

Análisis de producción inicial.

TABLA 2. MEDICIÓN DE PRODUCCIÓN

<b>TURNO</b>	<b>MINUTOS</b>	<b>HORAS</b>
T1	450	7.5 hrs
T2	420	7 hrs
T3	480	8 hrs

Para determinar el cálculo, se desarrollará la siguiente formula [1].

$$RATE = \frac{\textit{Producción por turno}}{\textit{Horas trabajadas}} \dots \quad (1)$$

$$RATE = \frac{450}{7.5} \rightarrow 60 \textit{ pzas} \quad \dots \quad (2)$$

$$\textit{Piezas por minuto} = \frac{60}{60} \rightarrow 1 \textit{ pza} \dots \quad (3)$$

El RATE es considerado para el numero de parte producida de Tiguan, siendo de 1 pieza por minuto, tomado como referencia 7.5 Horas laborales del operario.

### Crono-análisis

En este sentido se le hizo un Crono-análisis del ensamble (PT), para saber las condiciones base, para poder llevar a una comparación. El crono-análisis previamente hecho, es un estudio de campo, siendo un análisis utilizado para estudios rápido de control estadístico, Ver tabla 3.

TABLA 3. DESARROLLO DE CRONO-ANÁLISIS

<b>Día</b>	<b>1° TURNO (7.5 HRS).</b>	<b>2° TURNO (7 HRS).</b>	<b>3° TURNO (8 HRS).</b>
<i>Lunes</i>	448	417	474
<i>Martes</i>	440	414	471
<i>Miércoles</i>	438	408	465
<i>Jueves</i>	435	405	464
<i>Viernes</i>	432	404	459

De acuerdo con el Crono-análisis que se desarrolló, notamos que no tenemos una constante de PT en cuanto a la duración de piezas producidas, notando que se tardan en producir más de 1 minuto, Ver figura 6.

Afectando directamente al RATE de Producción.



FIGURA 6. GRÁFICO DE TENDENCIA (CRONO-ANÁLISIS)

De acuerdo con la gráfica de tendencia en cuanto a la producción total por día, observamos que hay baja al final de cada semana, analizando este fenómeno, tomando como referencia la tendencia por PT.

Así como una encuesta sobre los errores frecuentes en tiempos muertos por WELDING aplicada a 10 operarios del primer turno en VEROSTAMP S.A. de C.V. Se identificó que hay problemas en el proceso productivo, partiendo de los indicadores se observó cuáles podrían ser los principales fallos del proceso, haciendo una comparativa directa con el Diagrama de Flujo e identificando los modos de falla potenciales nos centraremos en estos, así mismo con la encuesta realizada a los operarios, tenemos un panorama de la falla potencial de esta problemática. Se identificó que las torres donde se aplica la soldadura MAG (Metal Active Gas) tienen una degradación mayor al resto.

## ENCUESTA

Para el desarrollo de la encuesta basada en factor humano se ha llevado por fases, en la primera fase trabajamos con la hipótesis del problema, partiendo del error en función a la trayectoria del cordón de soldadura.

En la encuesta se presentan preguntas abiertas, cerradas, de escala y específicas con la finalidad de poder tener la mayor información posible, además de considerar que tenemos conocimiento previo del problema.

### **1. Identificación del Problema**

- ¿Ha notado alguna inconsistencia o problema recurrente en el proceso?
  - SI
  - NO
- Si su respuesta fue afirmativa, ¿podría describir brevemente el problema identificado?
  - Respuesta abierta
- ¿En qué parte del proceso, considera que hay más problemas?
  - Estampado
  - Doblado de alambre
  - Ensamble (soldadura de componentes)

- Pintura
- Otra

## **2. Frecuencia y Severidad**

- ¿Con qué frecuencia ocurre este problema?
  - Todos los días
  - Una vez a la semana
  - Una vez al mes
  - Esporádico
- ¿Cómo calificaría la gravedad de este problema en el proceso?
  - Muy grave
  - Grave
  - Moderado
  - Leve

## **3. Causas del Problema**

- ¿Qué factores cree que están contribuyendo a la aparición de este problema?
  - Fallos en la maquina
  - Componentes fuera de especificación
  - Errores humanos
  - Falta de capacitación
  - Otra
- ¿Ha notado problemas relacionados con el mantenimiento de los equipos o herramientas utilizadas en el proceso?
  - SI
  - NO

## **4. Impacto en la Producción**

- ¿Qué impacto tiene este problema en la eficiencia del proceso?
  - Detiene completamente la producción
  - Reduce significativamente la velocidad de producción
  - Aumenta el tiempo de procesamiento
  - No afecta la producción
- ¿Ha provocado este problema alguna pérdida de material o recursos?

- Si, frecuentemente
- Si, pero de manera ocasional
- No

#### **5. Soluciones previas**

- ¿Se han implementado medidas correctivas para resolver este problema?
  - SI
  - NO
- Si se han tomado medidas, ¿cree que han sido efectivas para solucionar el problema?
  - Si
  - En parte
  - No

#### **6. Propuesta de Mejora**

- En su opinión, ¿cuál sería la mejor manera de abordar este problema?
  - Mejorar la capacitación del personal
  - Aumento de supervisión
  - Cambiar el diseño de las Torres
  - Otra

#### **7. Preguntas específicas**

- ¿Cuál es el principal problema en Ensamble?
  - Componentes fuera de especificación
  - Falta de capacitación del Operario
  - Errores en trayectoria del Robot
  - Diseño de WELDING
- ¿Cuál es el principal problema de los WELDING?
  - Torres fuera de especificaciones (No coinciden con la trayectoria del Alambre)
  - Uso inapropiado del dispositivo
  - Falta de calibración
  - Otra
- ¿Las torres de soldadura son óptimas para su uso?
  - SI

- NO
- ¿Cuál es el principal problema de las torres del WELDING?
  - Diseño
  - Ajuste
  - Material
  - Otra
- Siendo el diseño la causa; ¿Cuál es el problema?
  - Diseño de zona para soldadura
  - Altura
  - Ensamble con otras partes del WELDING
- ¿Por qué es un problema la zona de soldadura?
  - Respuesta abierta

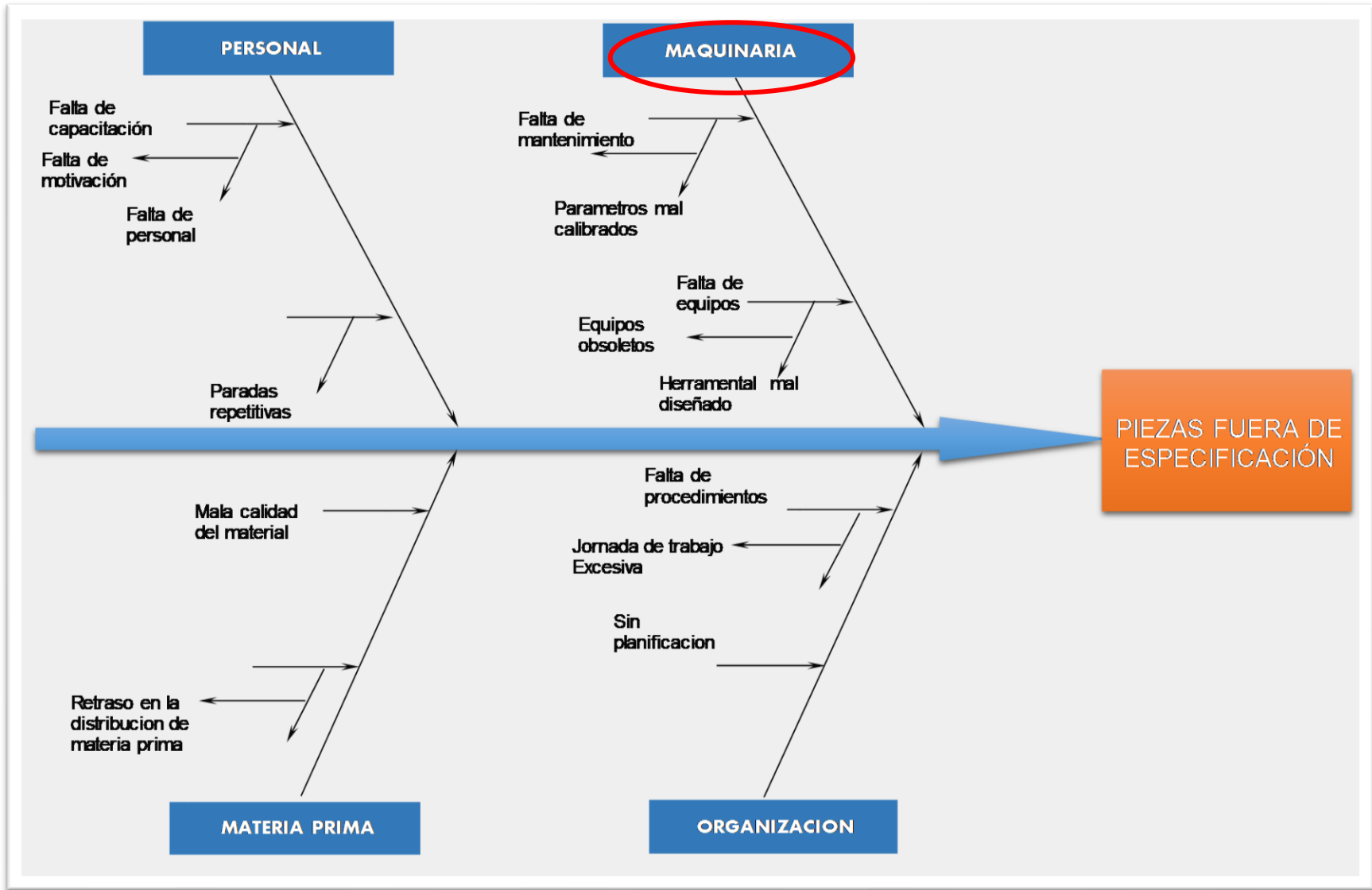
## RESULTADO DE LA ENCUESTA

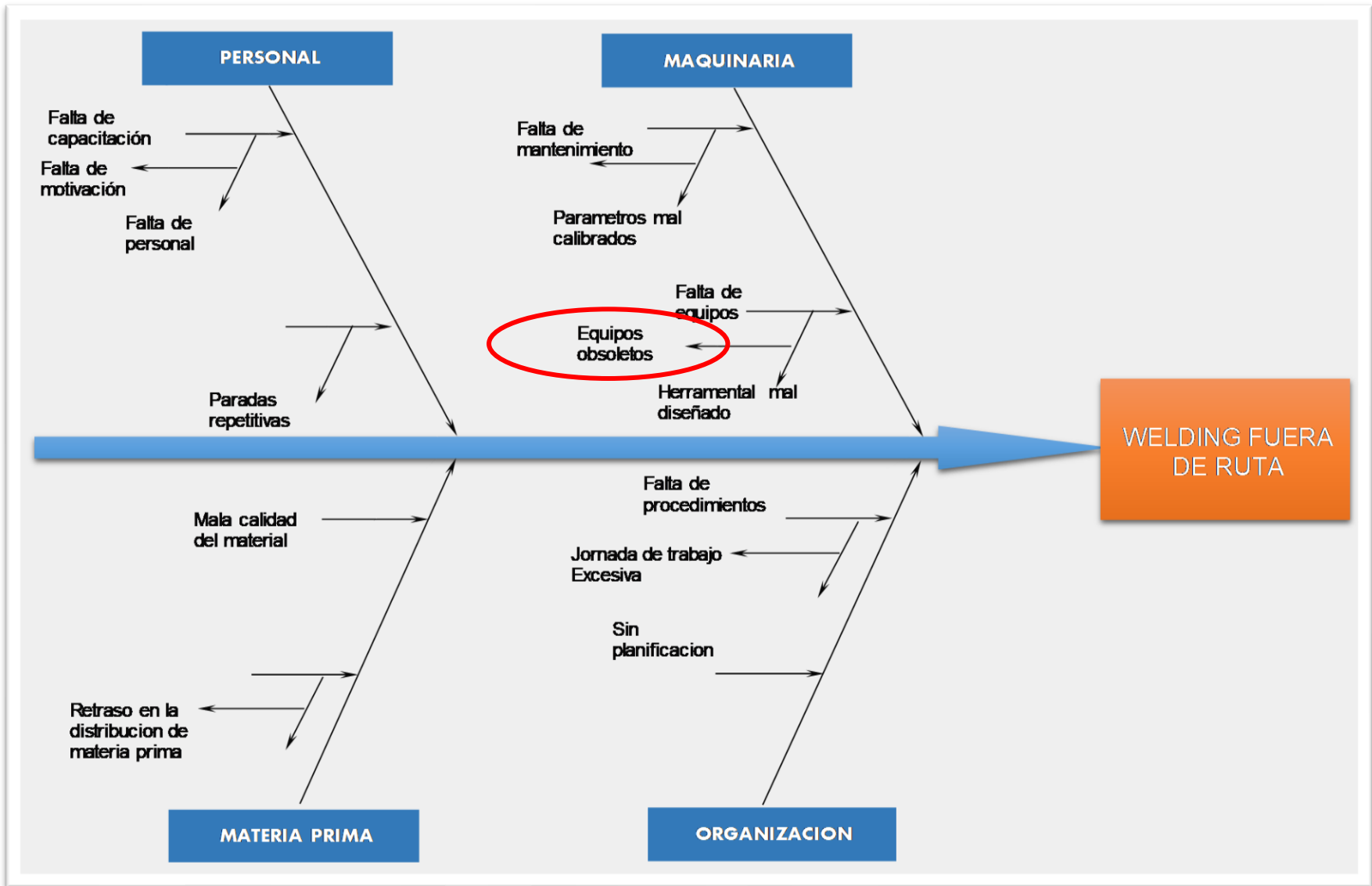
Según los resultados obtenidos en la encuesta realizada, se ha identificado que el principal obstáculo que enfrenta VEROSTAMP S.A. de C.V. radica en el proceso de desarrollo de las torres, particularmente en aquellas torres donde se lleva a cabo la formación del cordón de soldadura. Este aspecto se presenta como un desafío crítico, ya que las torres afectadas parecen mostrar deficiencias específicas en el área de soldadura, como lo son el chisporroteo, zonas innecesarias de material en el diseño, lo cual repercute en la calidad y la consistencia de los productos finales.

Los datos de la encuesta también indican que este problema persiste y que, hasta el momento, no se han implementado acciones efectivas para mitigar sus efectos o para solucionar las fallas asociadas. A pesar de que esta cuestión afecta directamente la eficiencia del proceso y puede incidir en la productividad de la empresa, los resultados sugieren que no se ha dado seguimiento a la implementación de medidas correctivas que puedan resolver este inconveniente de manera definitiva.

Este hallazgo subraya la necesidad de evaluar las prácticas y recursos actualmente destinados a la etapa del proceso de ensamble, por ello se buscará el diagrama del proceso para analizar esta etapa, con el fin de implementar mejoras específicas y desarrollar un plan de acción que aborde directamente las causas de los problemas de soldadura en las torres.

Para identificar y analizar la posible causa raíz del problema detectado en el proceso, se ha optado por el uso del diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto. Este enfoque permite organizar visualmente los factores que pueden estar influyendo en el resultado observado, clasificándolos en categorías clave como los que se muestran a continuación. Al emplear este diagrama, se busca facilitar la identificación de áreas críticas que requieren atención y la implementación de acciones correctivas.





## DIAGRAMA DE PROCESO VJ-560

El diagrama de proceso es una herramienta visual que representa las etapas, pasos o tareas de un trabajo de principio a fin. Ver figura 7

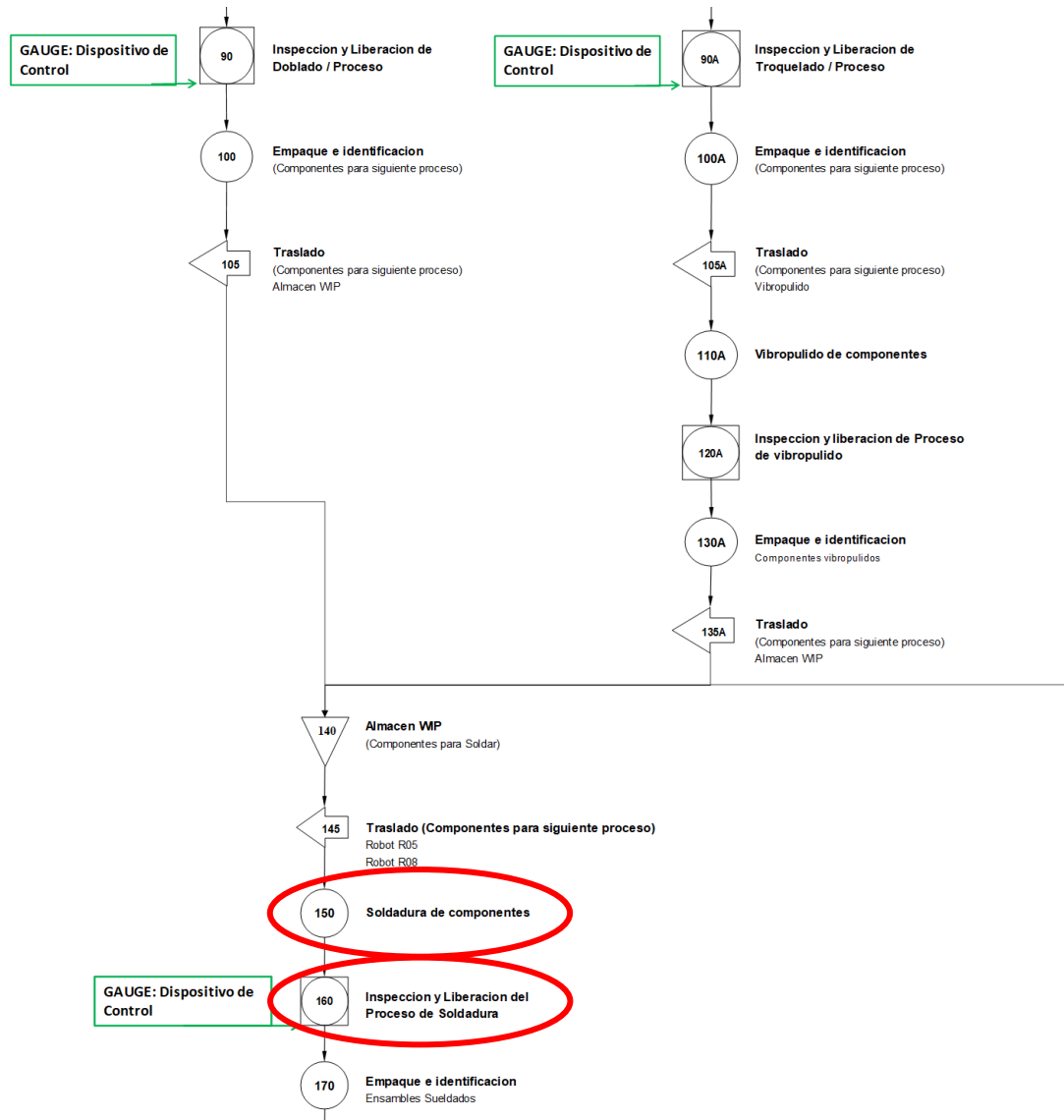


FIGURA 7. DIAGRAMA DE FLUJO

En el diagrama de flujo se identifica la Operación número 150 y 160, siendo operaciones donde se realizarán modificaciones “Soldadura de Componentes” y “Inspección y Liberación del Proceso de Soldadura”.

Específicamente los modelos de WELDING se basan en la operación 150 por ende, al realizar modificación de diseño o cambio de ingeniería, se modificará el AMEF.

En Operación 160 únicamente se identificarán las mejoras presentadas.

Por otro lado, se analizó con el departamento de calidad, ¿Cuál es la principal causa de rechazos o contenciones internas? Donde se identificó que la soldadura en los componentes placa-alambre que marcan los RPS había variación al utilizar el CF (CHECKING FIXTURE), donde encontramos variación por perlas o comúnmente conocido como “chisporroteo por soldadura”, lo cual afecta nuestra planicidad en los componentes y ocasiona la variación, dando como consecuencia un retrabajo.

Debido a que las respuestas de mayor frecuencia tanto del personal operativo como las áreas correspondientes a esta problemática como Mantenimiento y Calidad, se determinó que al paso de dos o tres semanas de haber cambiado las Torres de placa se comenzaba a encontrar una variación en la medición del WELDING.

Por otro lado, al haber identificado que la variación se detonaba por cuestiones propias de desgaste, se hizo una comparación física y virtual del WELDING, donde se relacionó la cantidad de piezas diseñadas, con las piezas físicas, en las que se encontró que hay falta de componentes, desde Torres o componentes de ajuste. Ver figura 8

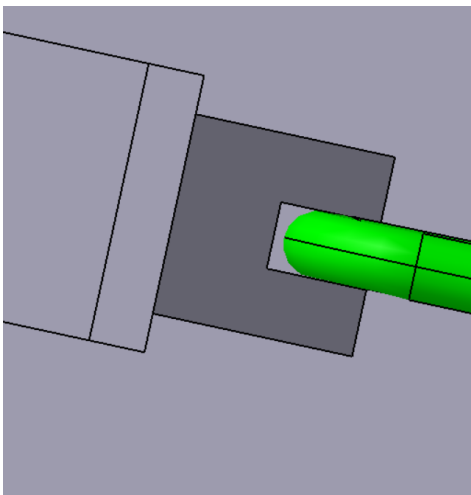


FIGURA 8. TORRE INNECESARIA [27]

### Diseño Original de Torre Soldadura #1

Como se puede observar en ambas torres, se tiene material excesivo que sobresale del acabado de placa, además de no representar ayuda al ensamble, esto debido al exceso de material en los puntos de soldadura y puntos de apoyo que se consideran, sin contemplar una tolerancia de ajuste para el uso de placa interna. Ver figura 9 y 10

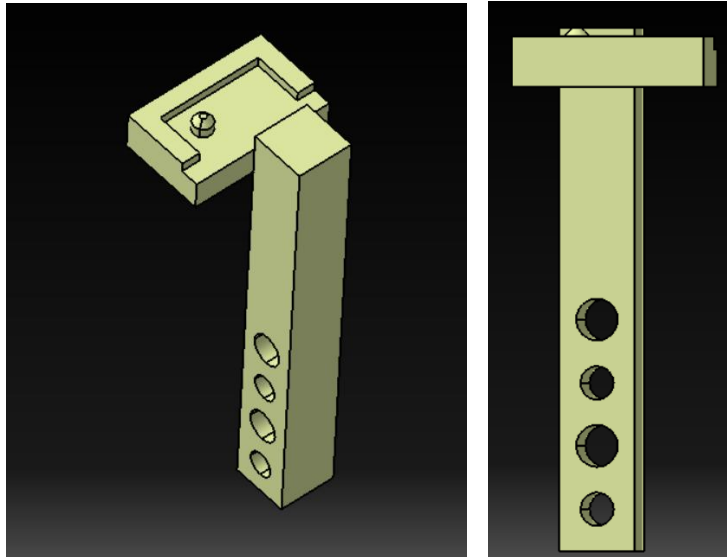


FIGURA 9. TORRE DE SOLDADURA #2

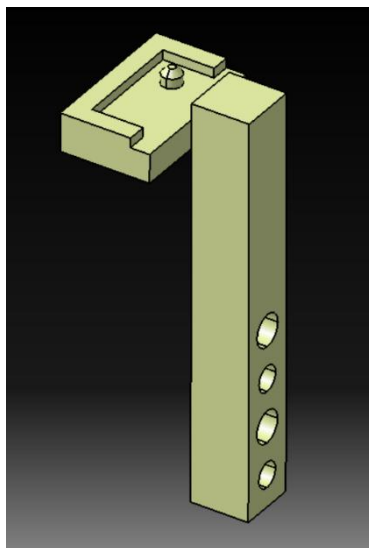


FIGURA 10. TORRE DE SOLDADURA #1

Observamos que tiene similitud con la torre #1, sin embargo, esta torre tiene una distancia longitudinal mayor a la anterior, con la finalidad de utilizar menos calzas a la hora de realizar el ensamble y ajuste de este.

Una característica de las mesas de WELDING, es el ajuste por medio de calzas o lainas, las cuales ayudan a dar movimiento en los ejes X, Y, Z, haciendo sencillo el control, además que permitirá generar piezas OK para la liberación por parte del área de Calidad en conjunto con Metrología. Hay que mencionar que el departamento de calidad hace uso del AMEF para saber cuál será un punto crítico dentro de la operación.

AMEF (análisis de modos y efectos de falla)

A partir de la revisión del AMEF, observamos que el punto de trabajo es el No° de falla 6, para el uso de la mesa de trabajo, ya que depende directamente del funcionamiento del WELDING, el cual su enfoque principal es el análisis de la forma de uso.

Además de ello siendo otro punto de trabajo es el No° de falla 7, siendo aquel que señala los daños a torres del WELDING, involucrando el diseño de las piezas que componen a la mesa de WELDING.

VEROSTAMP		ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS										INGENIERIA									
N° DE PARTE SNN.881.559 SNN.881.560		DESCRIPCIÓN HALTER BLENDE COVER SUPPORT		NIVEL DE ING.		NIVEL DE ALI.		NIVEL DE ALFREDO		Gle de Planta		FECHA INICIO: ##		FECHA REVISIÓN: ##		NO DE REVISIÓN: 08					
MULTIDISCIPLINARIO				Alfredo Sarmiento / Ing. de Procesos		Pedro Santos / Customer Service		Victor Soriano / Ing. de Mantenimiento		Juan de Dios / Logística											
				Fabian Hernandez / Coord. Producción		Celestino Garrido / Calidad Procesos															
Proceso / función	Requerimiento	No. De falla	Modo de Falla	Efecto (s) Potencial (es)	Severidad / Clasificación	Causa(s) potencia(es) de la Falla	Controles de prevención	Controles de detección	Detección	NPK	Acciones Recomendadas	Responsable	Fecha Compromiso	Vance %	Acciones Tomadas	Severidad	Clasificación				
Op 150 Soldadura de componentes R-05 / R-08	Parametros de soldadura dentro de especificacion	1	Parametros de soldadura fuera de especificacion	*Variacion en condicion de proceso *Cordones falsos en pieza *Desprendimiento de placas *Componentes fuera de dimensiones *No es posible ensamblar en siguiente proceso *Falla en tema de seguridad para usuario final *Reclamacion interna *Paro de linea interno y externo	5	-Llaves de paso de gas de CO2 cerradas -Presion general fuera de tolerancias por debajo de (90 PSI) -Puntas de contacto y toberas en mal estado -Ajuste de mantenimiento -Status de torres de welding en mal estado -Falta de liberacin por calidad -Personal no calificado	-Hoja de proceso -Programa Mantenimiento preventivo -ILUO / Matriz de Habilidades -Metodo de Trabajo correcto	Puesta a punto FING-17 Hoja de Parametros de Proceso FING-09	6	150											
	Componentes correctos para proceso / ensamble	2	Componentes incorrectos para proceso / ensamble	* No es posible ensamblar material en el siguiente proceso *Perdida de control de inventario *Paros de linea internos /externo	5	-Material no identificado -Material no ordenado -Remision con informacion incompleta -Falta de colocacion de cantidad en etiqueta	Etiquetas de identificacion y liberacion de material	IMTE FPRO-03	6	90											
	Cantidad de placas Placas A: 3 piezas	3	Cantidad de placas diferente a lo especificado	*Rechazo de material interno *Paro de linea interno *Problemas en ensamble del siguiente proceso cliente *No se cumple con el requerimiento del cliente *Rechazo de material cliente *Reclamacion por parte del cliente *Costo por reclamacion *Costos por scrap	5	-Metodo de trabajo incorrecto -Falta de Ayudas Visuales -Operador no calificado / falta de capacitacion del personal -Falta de material -Falta de torres en mesa welding	Control Plan de Proceso ILUO / Matriz de Habilidades	IMTE FPRO-03	6	120											
	Cantidad de alambre SNN.881.560_01	4	Cantidad de alambre incorrectos	*Rechazo de material interno *Paro de linea interno *Problemas en ensamble del siguiente proceso cliente *No se cumple con el requerimiento del cliente *Rechazo de material cliente *Reclamacion por parte del cliente *Costo por reclamacion *Costos por scrap	5	-Metodo de trabajo incorrecto -Falta de Ayudas Visuales -Operador no calificado / falta de capacitacion del personal -Falta de material -Falta de torres en mesa welding	Control Plan de Proceso ILUO / Matriz de Habilidades	IMTE FPRO-03	6	120											
	Componentes correctamente asentados en Dispositivo de ensamble	5	Componentes no asentados correctamente en Dispositivo de ensamble	*Problemas a la verificacion con el dispositivo de control *Falta de forma en el ensamble *Fuera de dimensiones *Variacion de proceso *Puntos patinados / puntos falsos *Falta de adherencia en material *Daños en torres de mesa Welding	7	-Falta de presion en los prisioneros -Falta de ajuste en mesa welding -Paros de linea por ajustes -Falta de mantenimiento preventivo -Costos por scrap +Metodo de trabajo no correcto -Operador no calificado	Programa Mantenimiento preventivo Dispositivo de control ILUO / Capacitacion al operador Metodo de Trabajo	IMTE FPRO-03	6	210											



Se ha detectado una discrepancia significativa entre el modelo físico utilizado actualmente y el modelo establecido en el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF), específicamente en el apartado de la falla No. 6. En este análisis se estipula la necesidad del uso de pisadores neumáticos en ambas zonas de trabajo de soldadura como un control crítico para mitigar posibles riesgos y mejorar la precisión y seguridad del proceso. Sin embargo, al comparar el modelo teórico con el modelo físico, se observa que dichos pisadores neumáticos no están presentes en las áreas designadas, lo cual representa una variación importante respecto a lo señalado en el AMEF [27].

La falta de implementación de estos pisadores neumáticos en las dos zonas de trabajo de soldadura puede generar una serie de riesgos operativos que fueron previamente identificados en el análisis y que, sin esta medida de control, podrían aumentar la probabilidad de fallas, afectando la consistencia y la calidad del proceso de soldadura. Además, esta diferencia entre ambos modelos puede resultar en una disminución de la eficiencia y la estabilidad en el proceso, dado que los pisadores neumáticos están diseñados para proporcionar un mejor soporte y reducir el movimiento indeseado de los componentes durante la soldadura.

No obstante, es posible abordar esta situación mediante un rediseño que elimine la necesidad de pisadores neumáticos en las zonas identificadas. Este cambio en el diseño se centra en desarrollar alternativas que mantengan la funcionalidad y estabilidad del proceso sin depender de estos componentes, lo cual puede resultar en una simplificación operativa y en una reducción de costos asociados al mantenimiento y adquisición de los pisadores neumáticos.

## METODOLOGÍA ECR

Para el desarrollo del cambio de ingeniería, se comienza utilizando una metodología, la cual está basada en SIX SIGMA.

Para lograr el objetivo se ha diseñado y simulado un prototipo de torre, funcionando tanto virtual como física, que consiste en diseñar por separado una torre, dando como resultado 2 piezas, controlando los RPS requeridos y es aplicable para usar con torres estándar en caso de alguna eventualidad que afecte al uso.

Siendo la modificación del diseño la que nos dará la pauta para el desarrollo de la metodología, la cual esta enumerada en los siguientes puntos:

### 1. Modelo CAD

El modelo CAD mostrado en la figura 11 corresponde al diseño original o la primera ingeniería del WELDING. A partir de este modelo, se inició la organización del trabajo mediante la identificación de las torres que requerirán la nueva ingeniería, las cuales fueron destacadas en color morado.

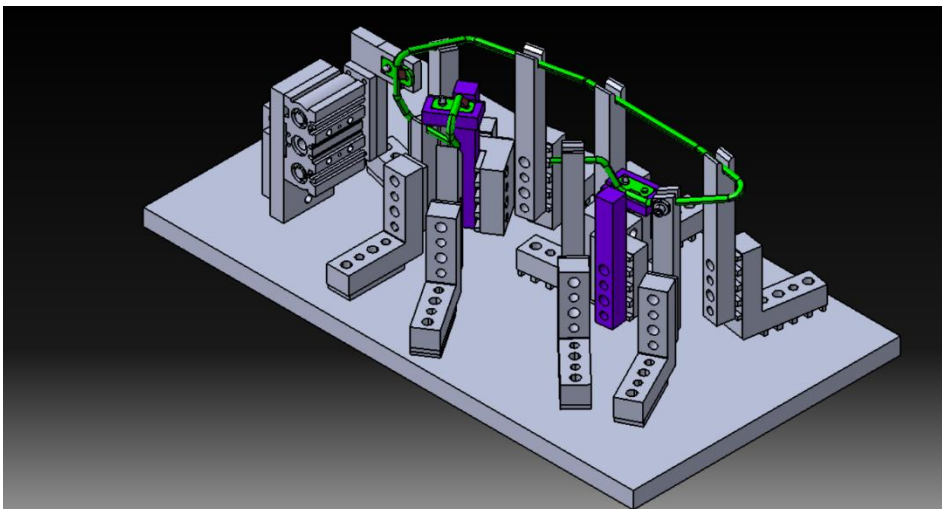


FIGURA 11. DISEÑO CON MARCACION EN ZONAS DE TRABAJO

### 2. Identificación del error y problema

Al haber realizado la comparación del CAD con el modelo físico, se observó que había componentes que marcaban errores, tales como colisión entre componentes en la simulación

de ensamble, así como falta de consideración en la trayectoria marcada por los robots encargados de soldar.

De igual forma el diseño Original, no cuenta con consideraciones del proceso, esto se puede observar en el punto de soldadura, por ello se debe trabajar en el desarrollo de la ingeniería del proceso.

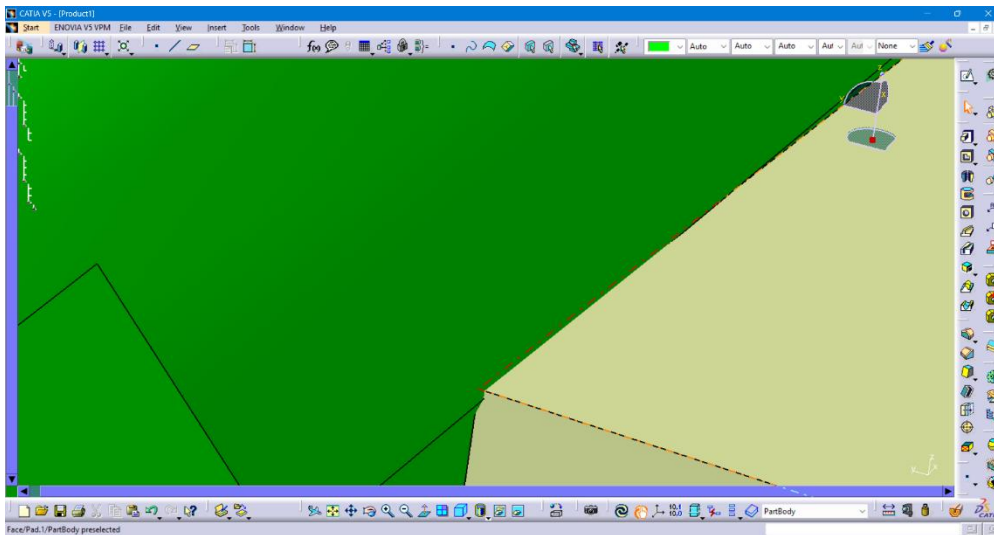


FIGURA 12. TRASLAPE DE DOS PIEZAS EN MODELO ORIGINAL [27]

### 3. Identificación de referencias

Para identificar la referencia, se aplica una separación del producto con respecto al ensamble, donde se observa que los barrenos o holes que cuentan con una “X” son las parte donde se anclaran otro tipo de componentes.

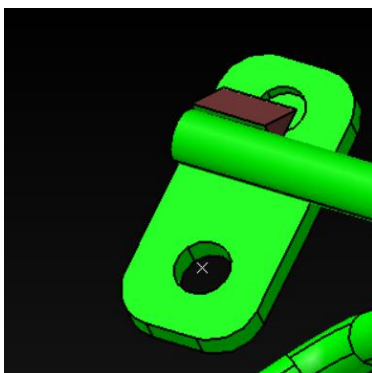


FIGURA 13. MARCACIÓN DE RPS [27]

Siendo los de mayor criticidad, debido a que el área de metrología debe trabajar con las coordenadas-auto en esos puntos y todas las liberaciones por parte de Calidad serán realizadas basándose en ellos.

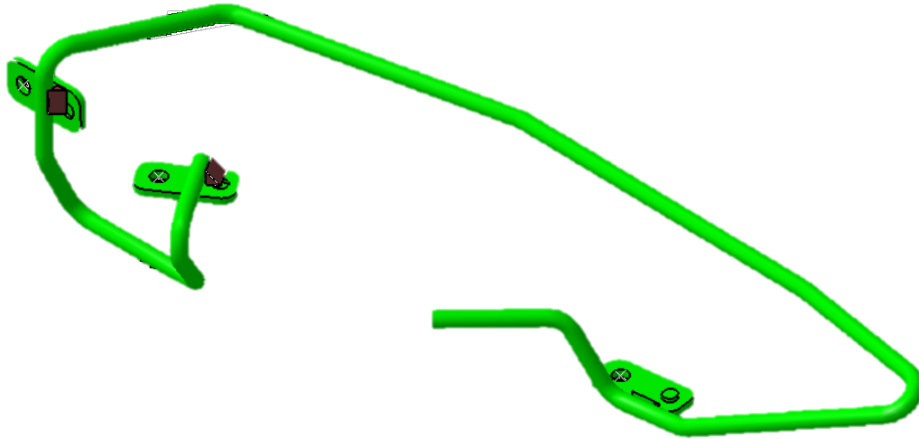


FIGURA 14. PRODUCTO [27]

Para el presente trabajo únicamente se encuentran 3 “X” o 3 RPS, ubicadas en las placas. Identificación del cordón de Soldadura, se puede observar que los puntos donde se hará el cordón de soldadura son las tangentes a la placa con el alambre.

Para identificar con mayor facilidad los puntos críticos, se modificó el color a café.

En otras palabras, se debe cuidar la posición de los 3 RPS y 3 cordones de soldadura,

#### 4. Diseño de concepto CAD

Para el diseño del primer concepto, se utilizó la torreo original 1 y 2, sin cambiar las coordenadas auto, ayudando a conservar la distribución.

Se realizó la eliminación de partes que presentaban problemas, como lo era la extensión de material en las torres, identificación de la tolerancia para el cordón de soldadura, además de incorporar una tolerancia de movimiento a la placa principal en sus ejes “X” y “Y”. Esto debido a que el principal empotramiento es el barreno interno de placa y la extrusión de material en la placa.

Además, buscando la estandarización, el concepto cuenta con una torre genérica diseñada con barrenos de ajuste y precisión, para ensamblar un bloque rectangular con las mejoras antes mencionadas. Donde uno de los barrenos de ajuste es el perno, debido al ajuste que se da en este caso es un ajuste H7, el cual controlara los movimientos de rotación en eje “Z” y un ajuste de precisión el cual es por medio de un tornillo M8 controlando la distancia de ajuste en “Z positivo o negativo”, siendo importante para el posicionamiento de placa-alambre.

Desarrollo del diseño como base del concepto tentativo.

Torre de asentamiento concepto #1

- Conservación de coordenadas
- Liberación de cordón de soldadura
- GAP de posición para placa en planos “X” y “Y”
- Ajuste por barrenos

Ver figura 15.

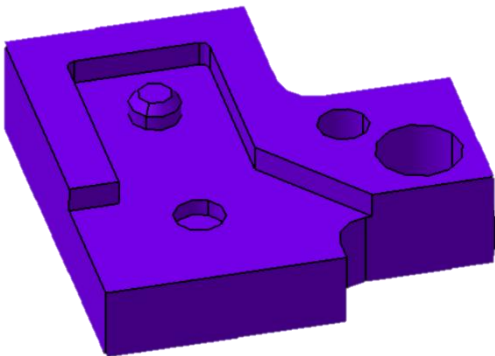


FIGURA 15. TORRE DE ASENTAMIENTO CONCEPTO #1

Torre genérica concepto soporte #1

- Conservación de coordenadas
- Acabado superficial en parte de contacto fino
- Ajuste por barrenos
- Distancia mínima para sujeción de tornillo

Ver figura 16.

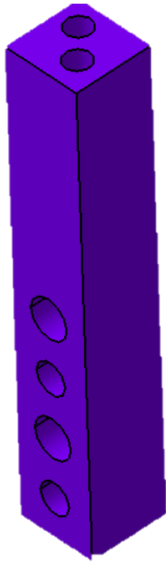


FIGURA 16. TORRE GENERICA CONCEPTO SOPORTE #1

Ensamble general del concepto de torre, el concepto basado en las coordenadas de la pieza “producto”, donde se han eliminado los traslapes entre diseños, además de configurar dos zonas, superior e inferior. Ver figura 17.

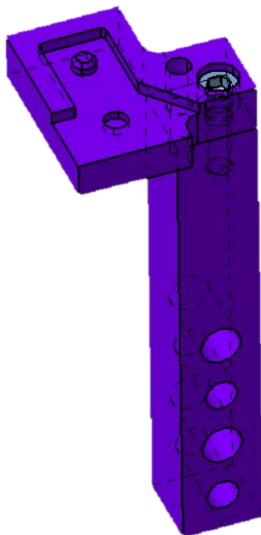


FIGURA 17. TORRE ENSAMBLE CONCEPTO #1

### Torre de asentamiento concepto #2

- Conservación de coordenadas
- Acabado superficial en parte de contacto fino
- Ajuste por barrenos

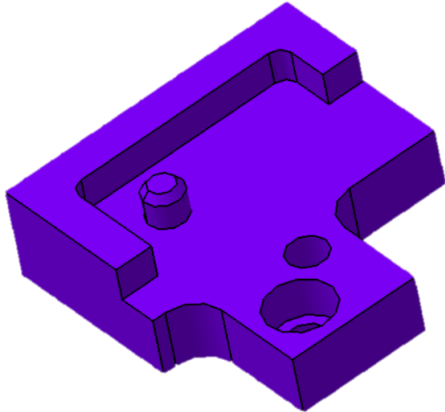


FIGURA 18. TORRE DE ASENTAMIENTO CONCEPTO #2

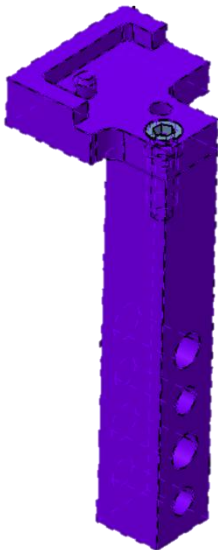


FIGURA 19. TORRE ENSAMBLE CONCEPTO #2

Como se ha mencionado, se busca obtener la mayor ganancia con los menores sacrificios posibles, por ello es importante considerar que todo diseño busca ser simple, ya que genera un costo acumulable en los maquinados.

Para una sujeción correcta del tornillo, se basa en la relación del diámetro de tornillo milimétrico multiplicado por 1.5, siendo un factor de seguridad NORMAS NAAMS, así como el uso de NORMA ISO 4762 también conocida como DIN 912 “Esta norma internacional especifica las características de los tornillos de cabeza hueca hexagonal con rosca de paso grueso desde M1,6 hasta M64 inclusive y grado de producto A.”

Para determinar la sujeción, se utilizará la siguiente formula:

$$\text{Tornillo M8} \rightarrow 8 * 1.5 = 12\dots \quad (1)$$

$$12 \text{ mm} \rightarrow \text{Sujeción correcta}\dots \quad (2)$$

Para realizar un correcto vaciado o caja para tornillo, se ha considera el uso del libro “machinery's handbook”, debió a que establece una consideración de diseño para el uso de tornillería DIN 912.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación y mejora del proceso del presente trabajo, los cuales derivan de la aplicación de la metodología previamente descrita. Los datos recolectados permiten analizar de manera cuantitativa y cualitativa las variables involucradas en el estudio, proporcionando una visión integral del fenómeno bajo investigación.

Los resultados están organizados de acuerdo con los objetivos específicos planteados, permitiendo responder de manera clara y precisa a las preguntas de investigación formuladas al inicio del proyecto. Asimismo, se incluyen gráficos, tablas y análisis descriptivos que facilitan la comprensión de los hallazgos más relevantes.

Es importante destacar que estos resultados serán interpretados y discutidos a lo largo de esta sección, donde se compararán con la literatura existente y se evaluará el cumplimiento de las hipótesis propuestas en el diseño. A continuación, se detallan los principales hallazgos obtenidos a partir de la recolección y análisis de los datos.

### Crono-análisis

La siguiente tabla se realizó con apoyo del personal de producción, checando los turnos correspondientes en la cantidad de producción total obtenida en estado OK.

TABLA 4. CRONO-ANÁLISIS

<b>Día</b>	<b>1° TURNO (7.5 HRS).</b>	<b>2° TURNO (7 HRS).</b>	<b>3° TURNO (8 HRS).</b>
<i>Lunes</i>	487	455	520
<i>Martes</i>	475	435	518
<i>Miércoles</i>	481	448	525
<i>Jueves</i>	485	440	510
<i>Viernes</i>	478	451	500

FIGURA 20. GRÁFICO DE TENDENCIA (CRONO-ANÁLISIS)



Donde se puede apreciar una mejora significativa en la cantidad de piezas producidas, resolviendo uno de los objetivos que el proyecto tenía, recordando que la cantidad de piezas que se producían tenían problemas por los tiempos de paro causados por el diseño de los componentes.

Por otro lado, en el modelo final del diseño de las torres de asentamiento se implementaron mejoras orientadas a la seguridad y funcionalidad mediante la adición de detalles específicos que contribuyen a la eliminación de filos. Para lograr este objetivo, se incorporaron chaflanes en las áreas críticas del diseño, lo cual reduce significativamente el riesgo de accidentes al minimizar los bordes cortantes Ver figura 21 Y 22.

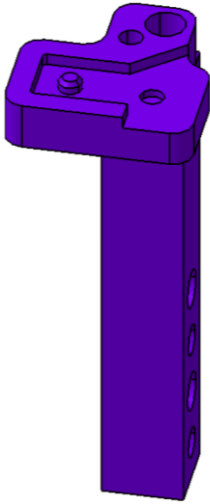


FIGURA 21. DISEÑO FINAL DE TORRE #1

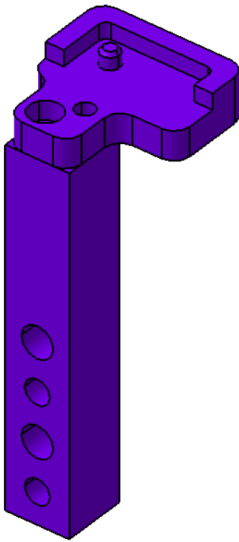


FIGURA 22. DISEÑO FINAL DE TORRE #2

Esta modificación no solo optimiza la manipulación y ensamblaje de las torres y alambre-placa, sino que también mejora su adaptabilidad en el entorno de trabajo. Así, el uso de chaflanes no solo añade un valor estético, sino que responde a una necesidad práctica de seguridad en el diseño estructural de estas torres.

Además, se logró eliminar la colisión entre el alambre y las torres que marcan los puntos de soldadura, evidenciando que la zona de colisión ha sido completamente eliminada. Además,

se dio una tolerancia considerando el cordón de soldadura. Este resultado se debe a la modificación en las torres de soldadura. Con esta mejora, se optimiza la precisión y seguridad del proceso, asegurando un flujo más eficiente y reduciendo posibles interrupciones o daños en el sistema mostrado en la figura 23 y 24.

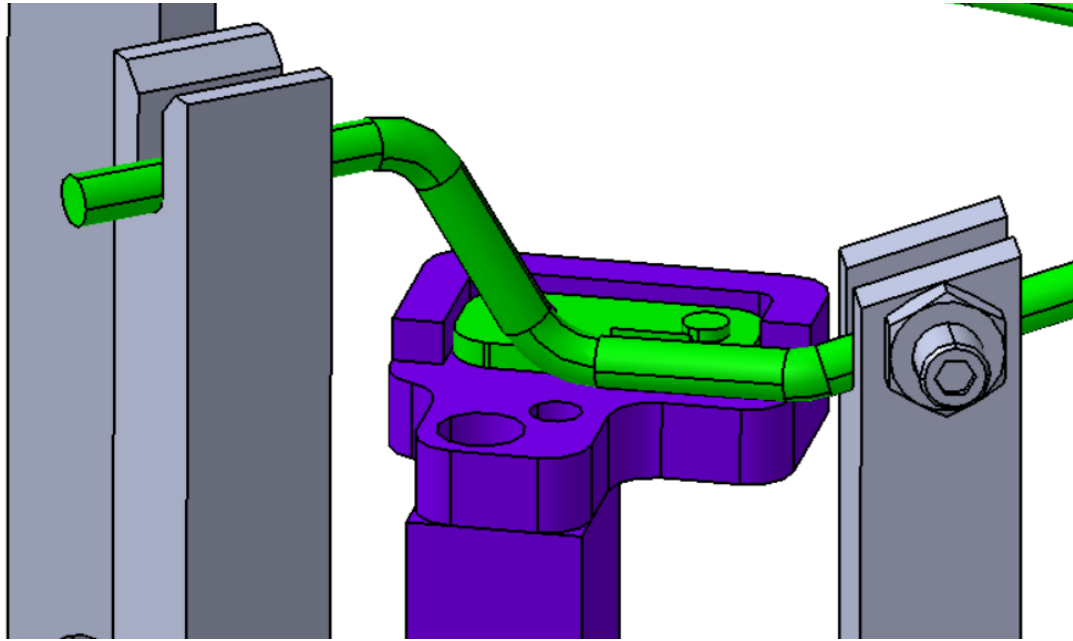


FIGURA 23. CAMBIO DE INGENIERÍA CON ELIMINACIÓN DE COLICIÓN

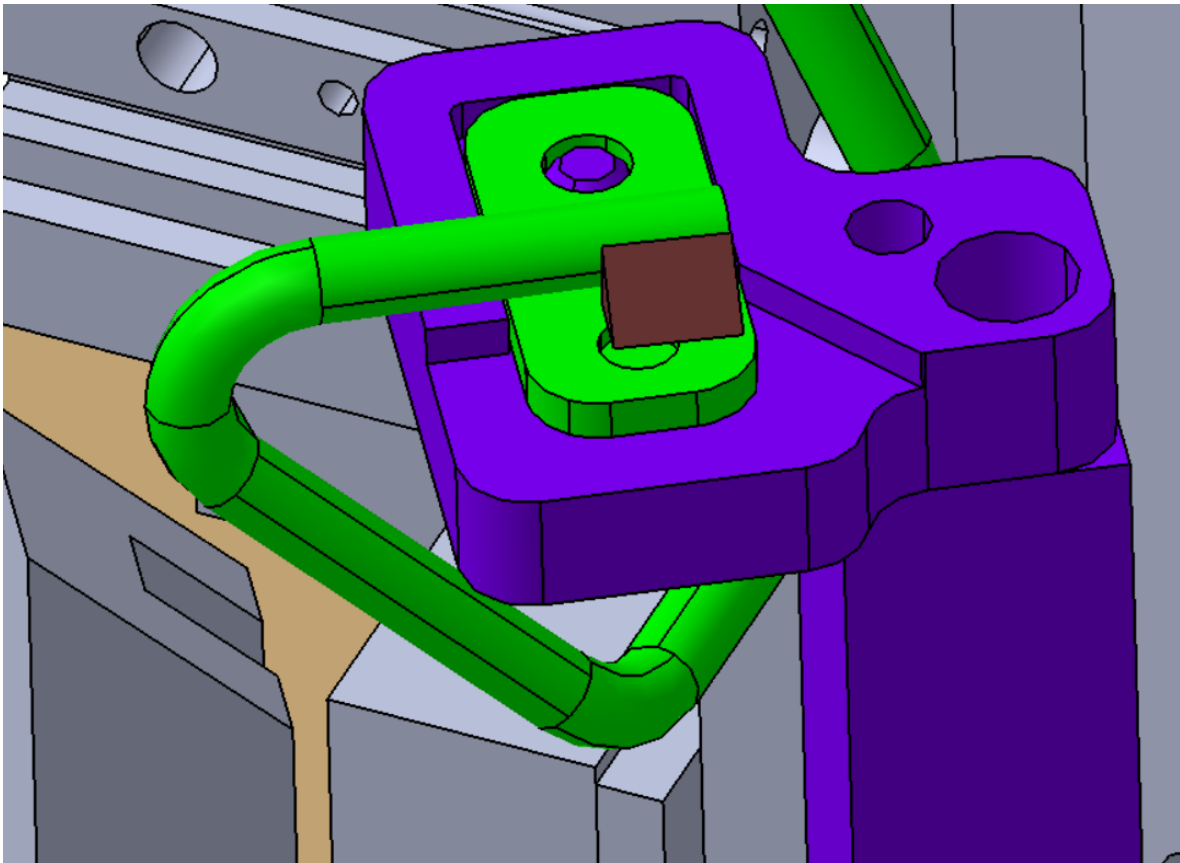


FIGURA 24. CAMBIO DE INGENIERÍA CONSIDERANCÓN DE SOLDADURA

Por último, en cuanto al costo beneficio, se tiene una comparativa entre las piezas anteriores al cambio de ingeniería y las nuevas realizadas mostrada en la tabla 5 y 6.

TABLA 5. COMPARATIVA DE COSTO #1

Comparativa de costos #1														
Costo anterior					Costo pieza superior					Costo pieza inferior				
Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 3,800.00	\$3,800.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 850.00	\$ 850.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 450.00	\$ 450.00	MXN
		Costo Neto	\$ 3,800.00				Costo Neto	\$ 850.00				Costo Neto	\$ 450.00	
		Ingeniería anterior					Cambio de ingeniería							
		Costo	\$ 3,800.00				Costo	\$ 1,300.00						
					Reducción		65.79 %							

TABLA 6. COMPARATIVA DE COSTOS #2

Comparativa de costos #2														
Costo anterior					Costo pieza superior					Costo pieza inferior				
Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 3,175.00	\$3,175.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 950.00	\$ 950.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 450.00	\$ 450.00	MXN
		Costo Neto	\$ 3,175.00				Costo Neto	\$ 950.00				Costo Neto	\$ 450.00	
		Ingeniería anterior					Cambio de ingeniería							
		Costo	\$ 3,175.00				Costo	\$ 1,400.00						
							Reducción	55.91 %						

Donde se puede apreciar significativamente el beneficio económico de la mejora propuesta, además de que se ha logrado estandarizar una pieza de torre, con la finalidad de únicamente realizar cambios en las cabezas de las torres, mejorando y agilizando el proceso de ajuste.

Pasando de un costo Torre #1 **\$3800.00 MXN** (costo medio entre las cotizaciones) a **\$1300.00 MXN** (aproximadamente) con el cambio de ingeniería desarrollado, disminuyendo en un 65.79% el costo por piezas, además considerando el cambio de ingeniería que se centra en exclusivamente cambiar la parte superior, podemos decir que la inversión terminaría siendo de **\$450.00 MXN** (costo por Torre General) y más modificaciones equivaldrían en un costo promedio de **\$850.00 MXN**. Siendo de esta forma una mejora económica por costo en mantenimiento para la Torre #1 de **\$850.00 MXN**.

Torre #2 **\$3175.00 MXN** (costo medio entre cotizaciones) a **\$1400.00 MXN** (aproximadamente) reduciendo en un 55.91% el costo de la torre, nuevamente se considera como una inversión **\$450.00 MXN** y las modificaciones serían **\$950.00 MXN**.

Por último, encontramos la corrección en el AMEF, ya que, al haber realizado un cambio en el proceso, se debe de checar con el cliente, siendo del visto bueno y explicándole el concepto del cambio, siendo autorizado por el mismo.





## CONCLUSIÓN

La implementación de la mejora en el proceso ha demostrado ser altamente efectiva en términos de optimización de los tiempos de producción, reducción de errores por soldadura y aumento en la eficiencia general. A través de la identificación de las fallas en diseño, el análisis detallado de las causas de los problemas y la puesta en marcha de soluciones puntuales, se logró no solo corregir las fallas previamente detectadas, sino también mejorar la calidad del producto final y minimizar los costos operativos.

Uno de los resultados más destacados de la mejora es el incremento en la productividad, evidenciado por la reducción del tiempo de ciclo de producción. Adicionalmente, la modificación de estandarización ayudo a economizar los costos por piezas de herramental.

Por otro lado, la reducción de desperdicio de material y el mejor uso de los recursos han contribuido significativamente a hacer el proceso más sostenible y rentable.

En resumen, la mejora realizada no solo ha alcanzado los objetivos propuestos, sino que también ha abierto oportunidades para futuras optimizaciones, posicionando al proceso como un referente en eficiencia. Estos resultados subrayan la importancia de continuar monitoreando el diseño y ajustando los procesos para mantener la competitividad en el mercado y asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

# Bibliografía

- [1]. Forster Welding Systems. (2024). Dispositivo de soldadura. Forster Welding Systems. Recuperado de <https://forster-welding-systems.com/dispositivo-de-soldadura/>
- [2]. Yamazen Mexicana. (2022, 1 de julio). Checking Fixtures para la industria automotriz en México. Yamazen. Recuperado de <https://www.yamazen.com.mx/blog/ensamble/checking-fixtures-para-la-industria-automotriz-en-mexico-1.html>
- [3]. VOLKSWAGEN. (2022). *Drawing Frames and Text Macros: Vol. VW-01014* (2022.<sup>a</sup>-05 ed.). Group standard.
- [4]. ¿Qué son los KPIs? Ejemplos para definir una estrategia de marketing digital exitosa para tu empresa. (2024, 29 agosto). Santander Open Academy. Recuperado de <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/ejemplo-de-kpi.html>
- [5]. Ceupe, A. (2022, 29 julio). Ceupe. *Ceupe*. <https://www.ceupe.com/blog/producto-terminado.html#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20producto%20terminado&text=Se%20caracteriza%20por%20ser%20un,venden%20para%20cubrir%20sus%20necesidades>.
- [6]. VOLSKSWAGEN. (2021). *Sistemática de puntos de referencia (RPS): Vol. VW 01055* (2021.<sup>a</sup>-05 ed.). Group standard.
- [7]. VOLSKSWAGEN. (2021). *Sistemática de puntos de referencia (RPS): Vol. VW 01055* (2021.<sup>a</sup>-05 ed.). Group standard.
- [8]. VOLKSWAGEN. (2016). *Planos: Vol. VW 01054* (2016.<sup>a</sup>-01 ed.). Group standard.
- [9]. VOLKSWAGEN. (2016). *Planos: Vol. VW 01054* (2016.<sup>a</sup>-01 ed.). Group standard.

- [10]. Serrano Nicolás, A. (1999). El diseño mecánico. España: Mira Editores, S.A..
- [11]. VOLSKSWAGEN. (2021). *Sistemática de puntos de referencia (RPS): Vol. VW 01055* (2021.<sup>a</sup>-05 ed.). Group standard.
- [12]. *Home*. (2024). AMIA. <https://www.amia.com.mx/>
- [13]. *rate-automation.net – rate industrial automation, LLC*. (2024). <https://rate-automation.net/>
- [14]. Berganzo, J., & Berganzo, J. (2024, 6 mayo). *Definición del OEE*. Sistemas OEE - Technology To Improve. <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20OEE%3F,Eficacia%20Global%20de%20Equipos%20Productivos%20E2%80%9D>.
- [15]. *Producción de vehículos ligeros*. (2024). AMIA. <https://www.amia.com.mx/vehiculosligeros/>
- [16]. Harrington, H. J. (1992). *\*Mejoramiento de los procesos de la empresa\**. McGraw-Hill. (Vol. 4, Serie McGraw-Hill de Calidad total). McGraw-Hill Management.
- [17]. Ishikawa, K. (2003). *¿Qué es el control total de calidad?* Argentina: Norma.
- [18]. SARMIENTO VÁSQUEZ, C. (2018). *INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MUNDIPLAST MEDIANTE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTO LEAN MANUFACTURING* (1ra edición).
- [19]. González, L. (2024, 26 marzo). México se mantiene como el 7° productor mundial de autos. *El Economista*.

<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-se-mantiene-como-el-7-productor-mundial-de-autos-20240326-0002.html>

- [20]. Secretaría de Economía. (2014). INDUSTRIA AUTOMOTRIZ. *PROMÉXICO, 2014.*
- [21]. Pérez Fernández de Velasco, J. A. (2012). Gestión por procesos. España: ESIC Editorial.
- [22]. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, H. A. (2018). Fundamentals of Business Process Management. Alemania: Springer Berlin Heidelberg.
- [23]. Pande, P. S., Holpp, L. (2001). What Is Six Sigma? Ucrania: McGraw Hill LLC.
- [24]. MIDeXACTo. (2023, noviembre). *TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS GD&T* [Diapositivas; Curso].
- [25]. VOLSKSWAGEN. (2021). *Sistemática de puntos de referencia (RPS): Vol. VW 01055* (2021.<sup>a</sup>-05 ed.). Group standard.
- [26]. Santiago, H. (2018). Herramientas para la gestión de calidad. España: Grupo Editorial Círculo Rojo SL.
- [27]. VEROSTAMP S.A. de C.V. (2024). INFORMACIÓN DE PRODUCCION [Conjunto de datos]. En *INFORMACIÓN DE PRODUCCION.*

# ANEXOS

## ANEXO 1. CARTA DE AUTORIZACIÓN VEROSTAMP



Agosto 2024

Asunto: Autorización

**A quien corresponda**  
PRESENTE.

Por medio de la presente autorizo que el C. José Luis León Soto, haga uso correcto de la información pertinente que necesite para la realización de su tesis profesional.

De igual manera, es mi deseo establecer que esta autorización es voluntaria, además, no habrá deber alguno de confidencialidad cuando la información proporcionada sea de dominio público.

Atentamente

  
Isis del Carmen Contreras Calderón

Ing. en SGC/Atención a clientes



---

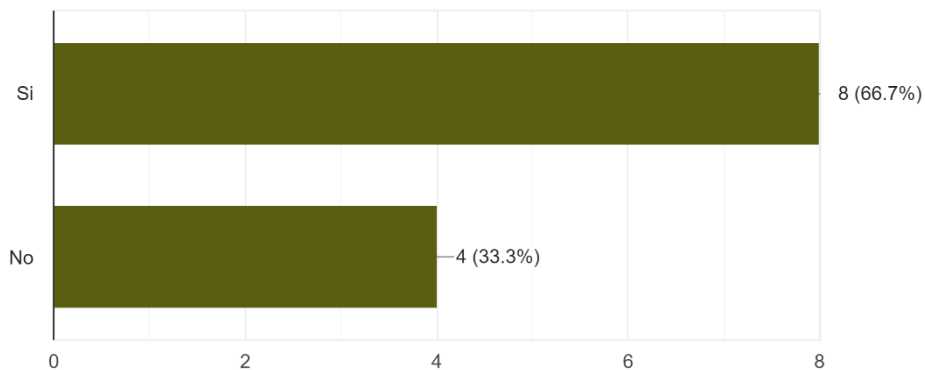
VEROSTAMP S.A. de C.V.  
VER120629RM6  
Calle Enrique No. 6  
Parque Industrial Bralemex  
C.P. 72710  
Tel. (222) 2 31 99 43  
Cuautlancingo, Pue., México



## ANEXO 2. RESULTADOS DE ENCUESTA

¿Ha notado alguna inconsistencia o problema recurrente en el proceso?

12 respuestas



Si su respuesta fue afirmativa, ¿podría describir brevemente el problema identificado?

8 respuestas

Diferentes niveles de CAD

en los componentes

Hay un mal ensamble y diseño erróneo

Fallas en el tema de soldadura.

Pese a tener muestras de referencia, durante el proceso como operador no es posible tenerla a la mano, lo que dificulta que sepamos si lo que estamos haciendo es correcto.

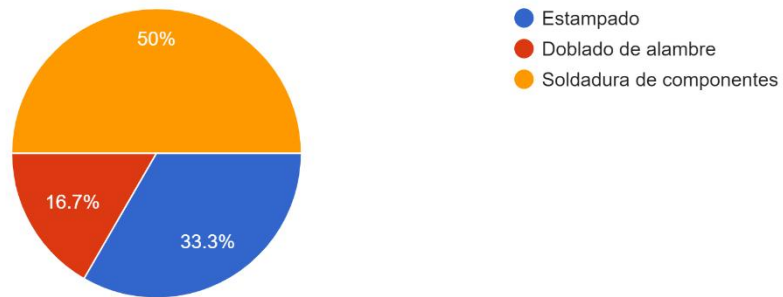
Los diseños

Fallas en el proceso de soldadura por falta de mantenimiento a robots

Piezas malas

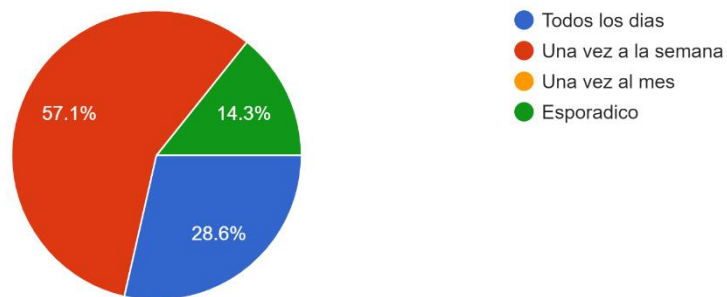
¿En que parte del proceso, considera que hay mas problemas?

12 respuestas



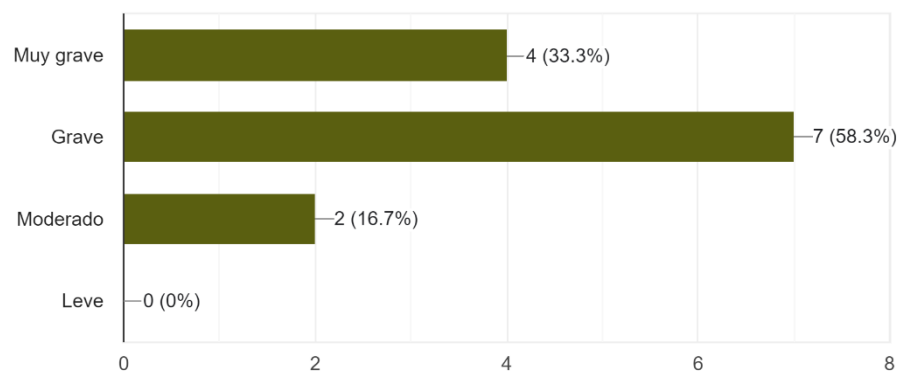
¿Con qué frecuencia ocurre este problema?

7 respuestas



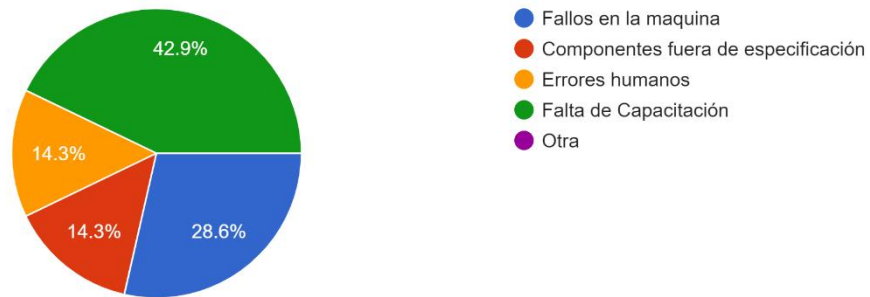
¿Cómo calificaría la gravedad de este problema en el proceso?

12 respuestas



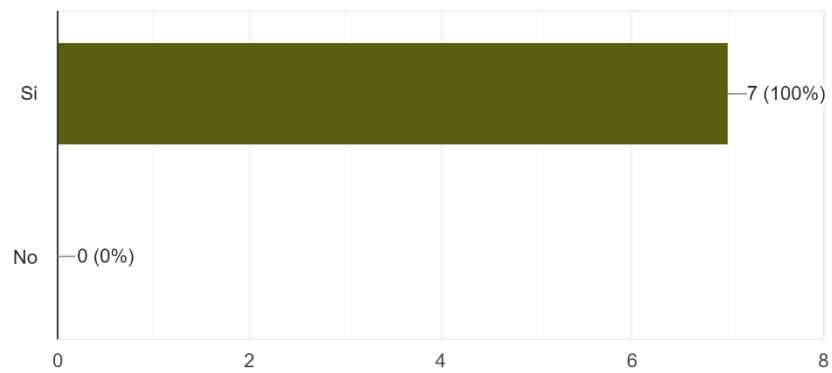
¿Qué factores cree que están contribuyendo a la aparición de este problema?

7 respuestas



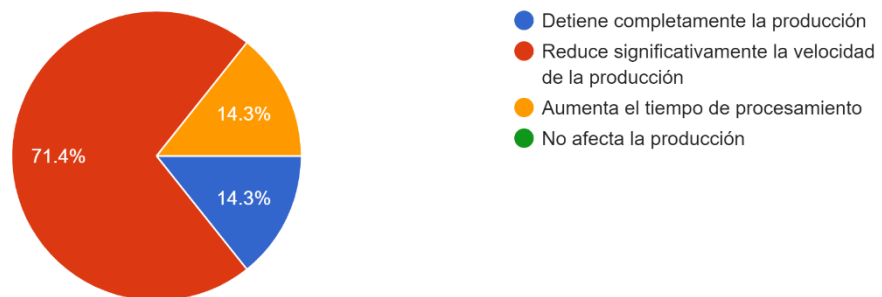
¿Ha notado problemas relacionados con el mantenimiento de los equipos o herramientas utilizadas en el proceso?

7 respuestas



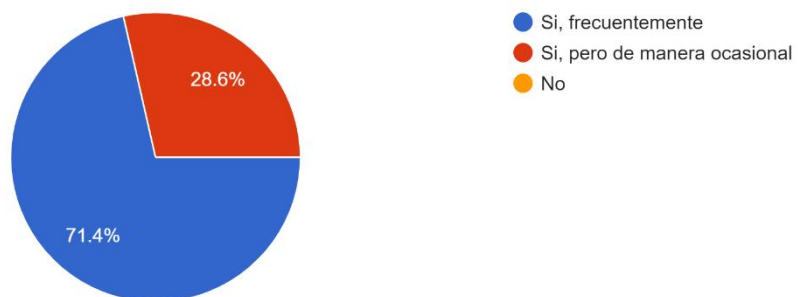
¿Qué impacto tiene este problema en la eficiencia del proceso?

7 respuestas



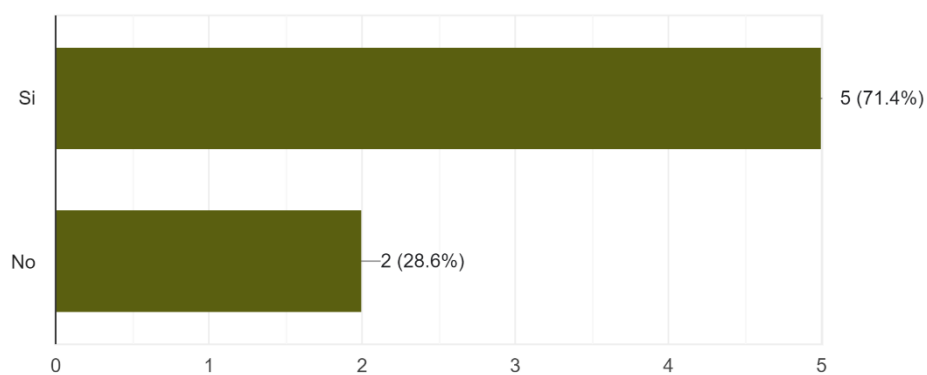
¿Ha provocado este problema alguna pérdida de material o recursos?

7 respuestas



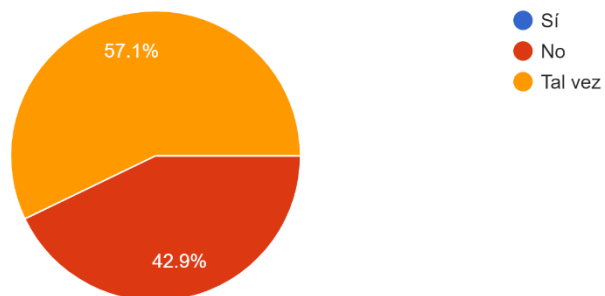
¿Se han implementado medidas correctivas para resolver este problema?

7 respuestas



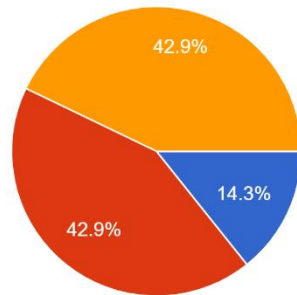
Si se han tomado medidas, ¿cree que han sido efectivas para solucionar el problema?

7 respuestas



En su opinión, ¿cuál sería la mejor manera de abordar este problema?

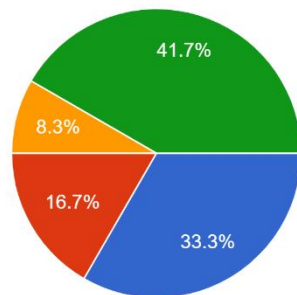
7 respuestas



- Mejorar la capacitación del personal
- Aumento de supervisión
- Cambiar el diseño de las torres
- Otra

¿Cual es el principal problema en Ensamble?

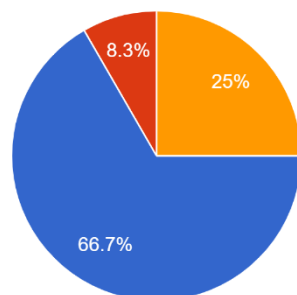
12 respuestas



- Componentes fuera de especificación
- Falta de capacitación del Operario
- Error en trayectoria del Robot
- Diseño de WELDING

¿Cuál es el principal problema de los WELDING?

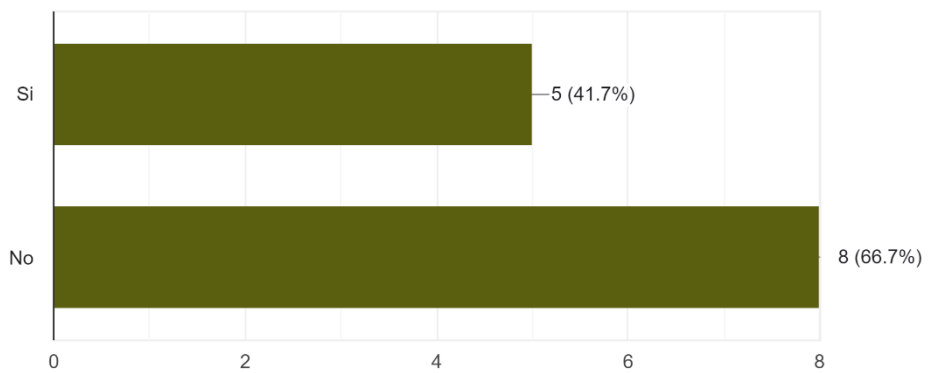
12 respuestas



- Torres fuera de especificaciones (No coinciden con la trayectoria del Alambre).
- Uso inapropiado del dispositivo
- Falta de Calibración

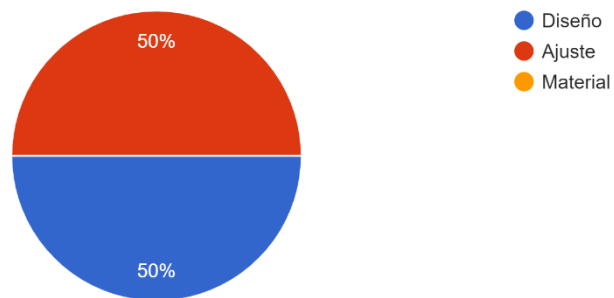
¿La torres de soldadura son optimas para su uso?

12 respuestas



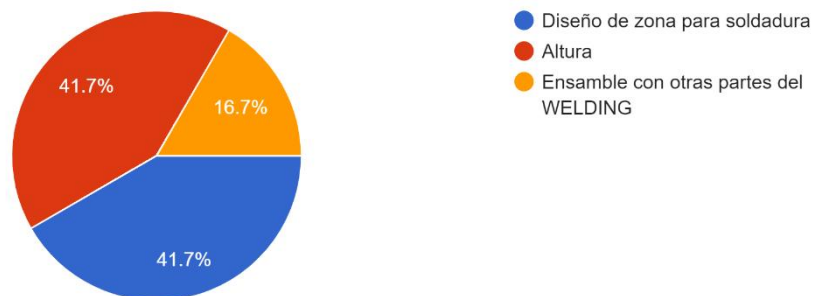
¿Cuál es el principal problema de las torres del WELDING?

12 respuestas



Siendo el diseño la causa; ¿Cuál es el problema?

12 respuestas



¿Por qué es un problema la zona de soldadura?

3 respuestas

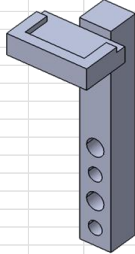
Tipo de diseño

Ya que al estar mal en ensamble y diseño se ve perjudicado

El proceso de soldadura preciso no se puede llevar a cabo por todo lo anterior mencionado, se requieren ajustes tanto en planta como en personal.

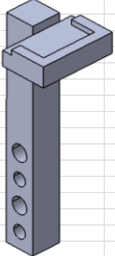
ANEXO 2.

Comparativa de costos														
Proveedor 1					Proveedor 2					Proveedor 3				
Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$4,270.00	\$4,270.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$3,800.00	\$3,800.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$4,100.00	\$4,100.00	MXN
		Costo Neto	\$	4,270.00			Costo Neto	\$	3,800.00			Costo Neto	\$	4,100.00
Diseño														



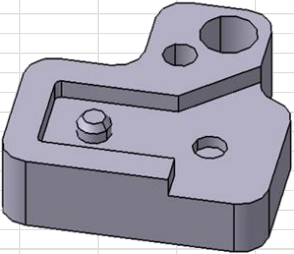
### ANEXO 3

Comparativa de costos														
Proveedor 1					Proveedor 2					Proveedor 3				
Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 3,175.00	\$ 3,175.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 3,650.00	\$ 3,650.00	MXN
		Costo Neto	\$ 3,500.00				Costo Neto	\$ 3,175.00				Costo Neto	\$ 3,650.00	
Diseño														



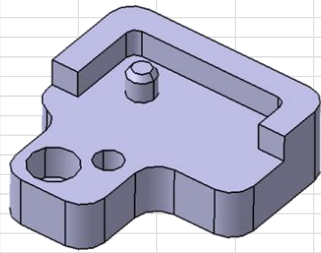
### ANEXO 4

Comparativa de costos														
Proveedor 1					Proveedor 2					Proveedor 3				
Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripción	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 850.00	\$ 850.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 900.00	\$ 900.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 1,150.00	\$ 1,150.00	MXN
		Costo Neto	\$ 850.00				Costo Neto	\$ 900.00				Costo Neto	\$ 1,150.00	



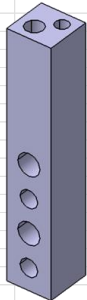
## ANEXO 5

Comparativa de costos														
Proveedor 1					Proveedor 2					Proveedor 3				
Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 1,100.00	\$ 1,100.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 950.00	\$ 950.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	MXN
		Costo Neto	\$ 1,100.00				Costo Neto	\$ 950.00				Costo Neto	\$ 1,200.00	

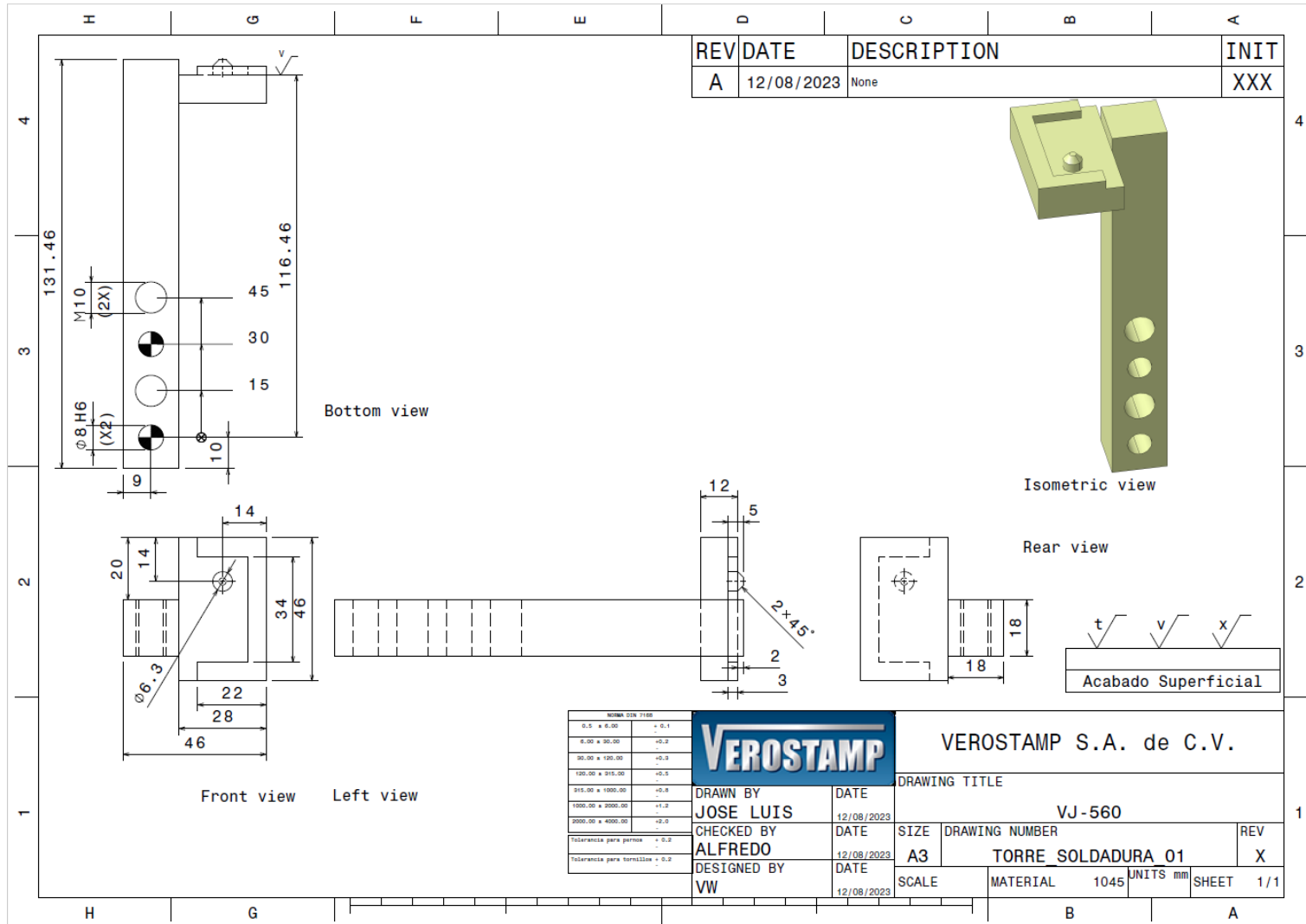


## ANEXO 6

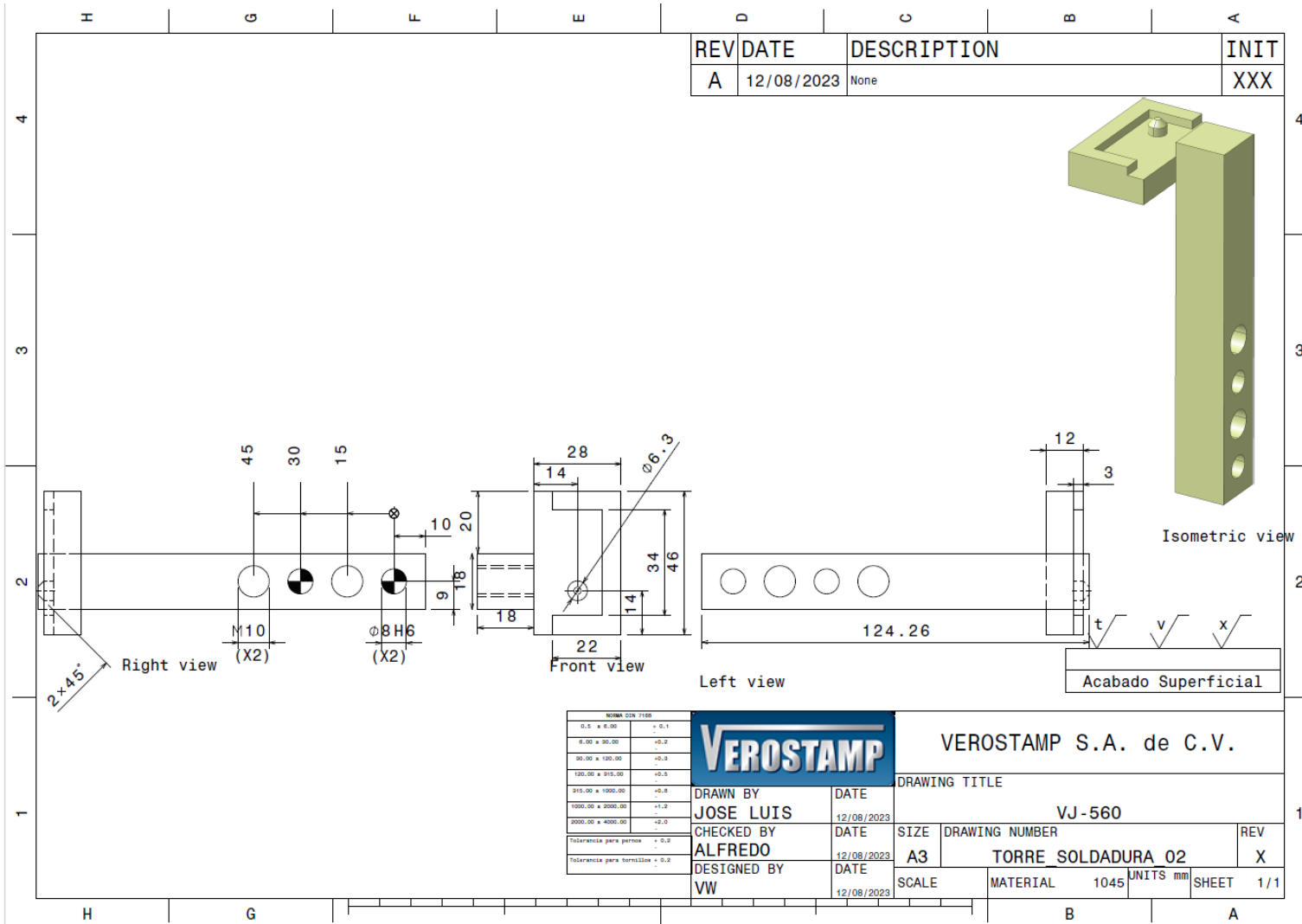
Comparativa de costos														
Proveedor 1					Proveedor 2					Proveedor 3				
Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda	Descripcion	Cantidad	Precio	Costo	Moneda
Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 500.00	\$ 500.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 450.00	\$ 450.00	MXN	Bloque de material 1045, maquinado conforme a IGES, acabado de nitruración	1	\$ 500.00	\$ 500.00	MXN
		Costo Neto	\$ 500.00				Costo Neto	\$ 450.00				Costo Neto	\$ 500.00	



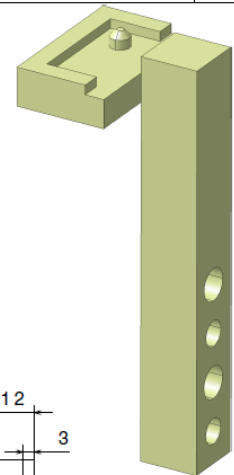
ANEXO 7



ANEXO 8



REV	DATE	DESCRIPTION	INIT
A	12/08/2023	None	XXX



Isometric view

t	v	x
Acabado Superficial		

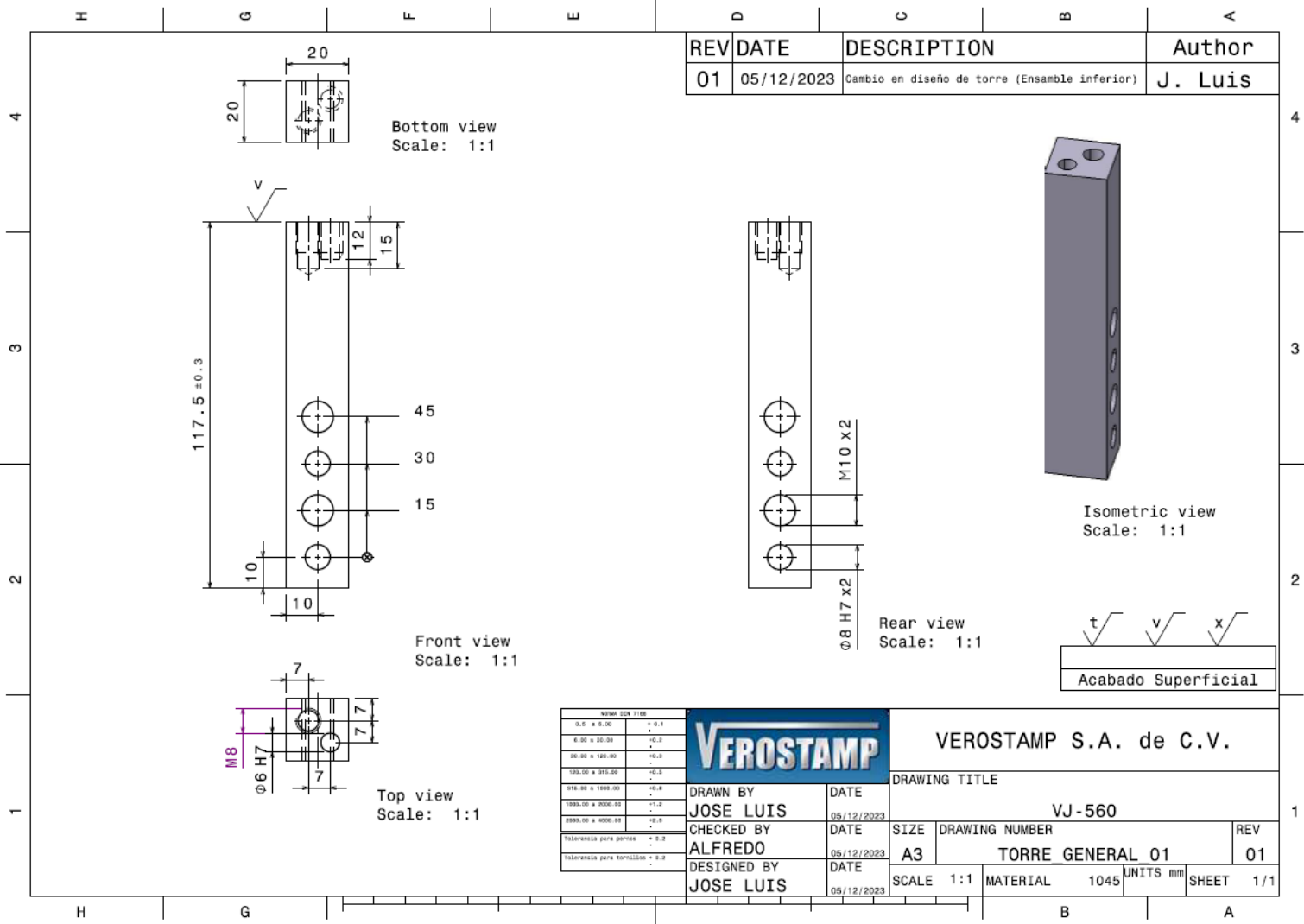
NORMA DIN 7100	
0.5 x 6.00	+ 0.1
6.00 x 30.00	- 0.2
30.00 x 120.00	- 0.3
120.00 x 210.00	- 0.5
210.00 x 1000.00	- 0.8
1000.00 x 2000.00	- 1.2
2000.00 x 4000.00	- 2.0
Tolerancia para pernos	- 0.2
Tolerancia para tornillos	- 0.2



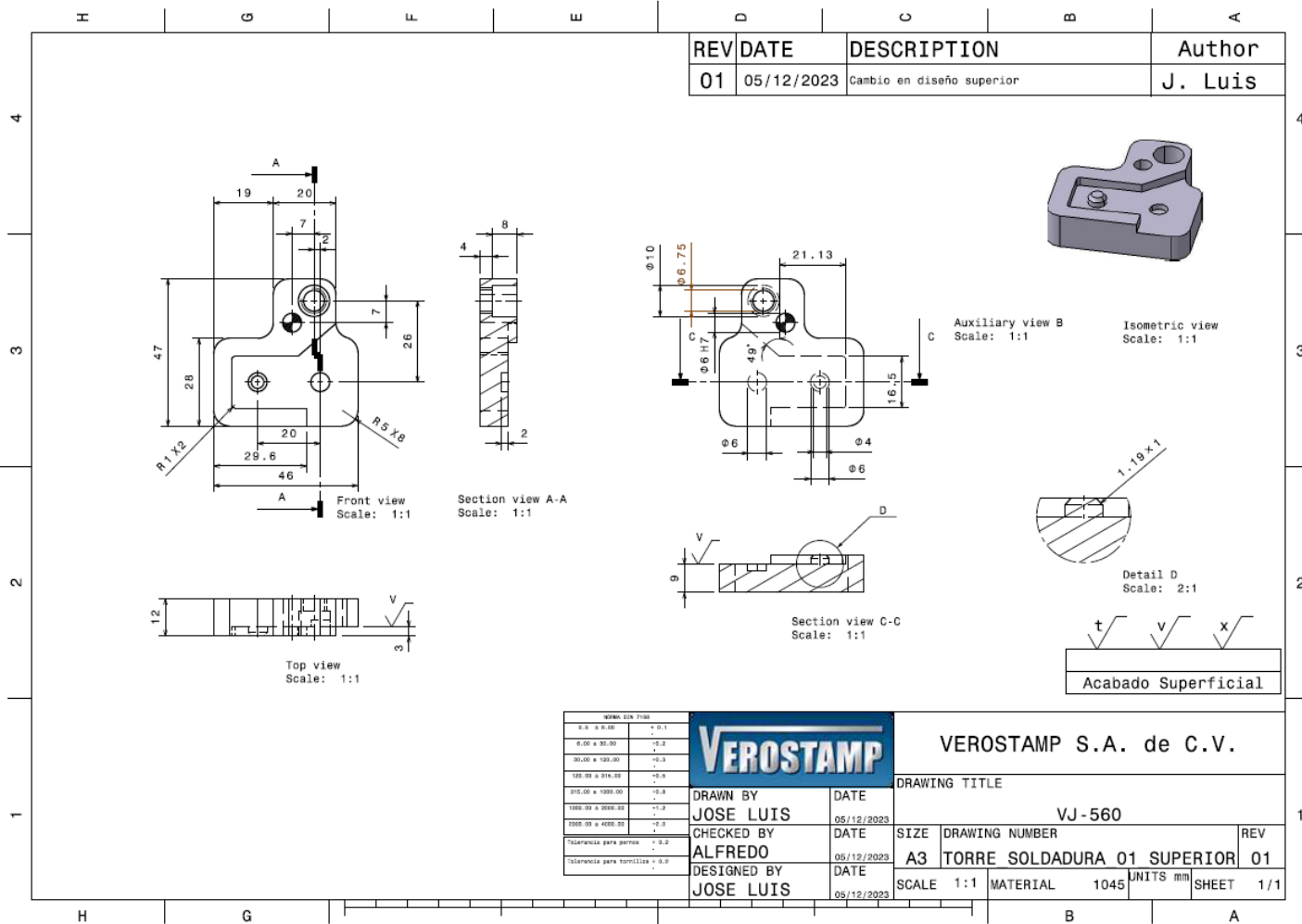
VEROSTAMP S.A. de C.V.

DRAWN BY <b>JOSE LUIS</b>	DATE 12/08/2023	DRAWING TITLE <b>VJ-560</b>		REV <b>X</b>
CHECKED BY <b>ALFREDO</b>	DATE 12/08/2023	SIZE <b>A3</b>	DRAWING NUMBER <b>TORRE SOLDADURA 02</b>	
DESIGNED BY <b>VW</b>	DATE 12/08/2023	SCALE	MATERIAL <b>1045</b>	UNITS <b>mm</b>
			SHEET	<b>1/1</b>

ANEXO 9



ANEXO 10



ANEXO11

