



## **Mejora de la Calidad en las Líneas de Soldadura**

*INFORME TÉCNICO DE SEGUIMIENTO*  
*Anualidad 2021*

---

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA ANUALIDAD 2021</b> .....	<b>2</b>
2.1	SOBRE LA PREDICCIÓN DE PROYECCIONES Y/O REBABAS DE SOLDADURA .....	2
2.2	SOBRE EL DESARROLLO DE UN SISTEMA PATRÓN PARA LA DETECCIÓN DE DESALINEAMIENTO DE ELECTRODOS EN LAS PINZAS DE SOLDADURA.....	5
2.3	SOBRE EL CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DEL “TiPLIFE” SIN COMPROMETER LA INTEGRIDAD DE LA CALIDAD DE SOLDADURA.....	6
<b>3</b>	<b>PROPUESTA DE ACTIVIDADES FUTURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>10</b>

<b>Autor</b>	J. Soret	<b>Pág.</b>
<b>Fecha creación</b>	29/10/2021	<b>TIPO</b>
<b>Versión</b>		<b>INFORME DE ANUALIDAD</b>
<b>Proyecto</b>	MECASOL - FORD	

---

## 1 Introducción

El presente documento resume las tareas realizadas en el marco del proyecto “Mejora de la calidad en las líneas de soldadura” durante la anualidad 2021.

El objetivo general del proyecto es desarrollar procedimientos y técnicas para predecir, controlar y corregir los posibles defectos de las soldaduras en tiempo real.

En particular, las principales líneas de investigación son:

1. Predicción de proyecciones y/o rebabas de soldadura.
2. Desarrollo de un modelo de toma de decisiones para la corrección de proyecciones y/o rebabas a nivel de usuario de línea.
3. Desarrollo de un sistema patrón para la detección de desalineamiento de electrodos en las pinzas de soldadura.
4. Control y optimización del “*TipLife*” sin comprometer la integridad de la calidad de soldadura.

## 2 Descripción detallada de las actividades realizadas durante la anualidad 2021

Durante esta cuarta anualidad se han continuado las investigaciones en las líneas y temas de interés.

### 2.1 *Sobre la predicción de proyecciones y/o rebabas de soldadura*

Los trabajos desarrollados en 2019 permitieron confirmar la relación entre el desplazamiento lineal del electrodo y la existencia de proyección. Durante la anualidad 2020 se diseñó e implantó un sistema de monitorización y registro en tiempo real sobre el desplazamiento del electrodo, para generar archivos históricos de datos sobre los cuales realizar análisis cuantitativos y cualitativos sobre la generación de proyecciones.

Por otra parte, los estudios realizados en 2019 pusieron de manifiesto que la presión ejercida por la pinza en el momento de la soldadura condiciona la aparición de la proyección. La investigación en 2020 trató de identificar algún parámetro fácilmente medible que permitiese la cuantificación de la presión. Así, la flexión de la pinza al ejercer presión puede ser cuantificada directamente de la línea de soldadura, de modo fiable y en tiempo real, sin ocasionar un coste en material adicional ni un aumento en el tiempo de ciclo de la línea

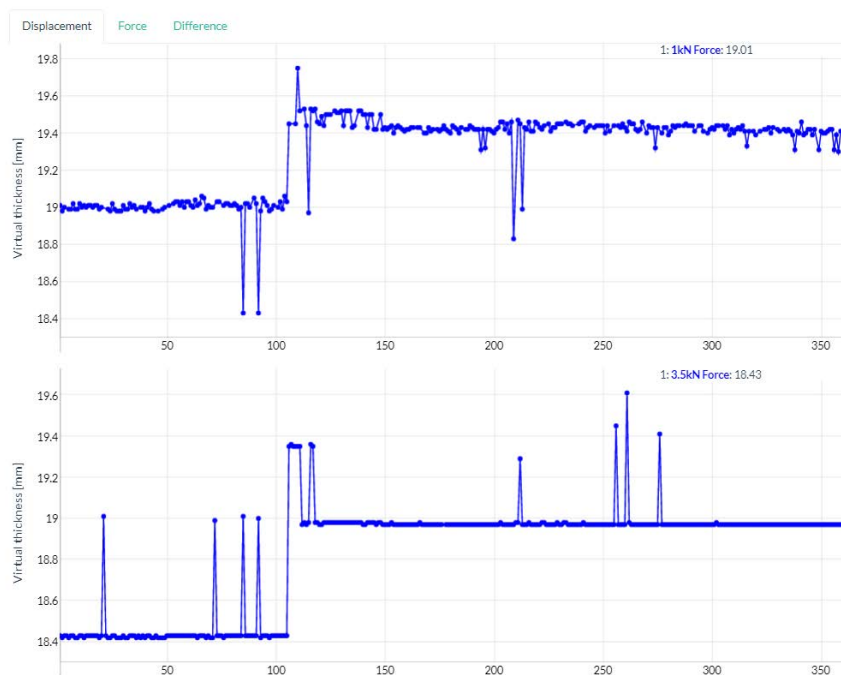
Así pues, en 2021 se ha continuado con la mejora del algoritmo de adquisición de los datos de flexión de la pinza de soldadura. En concreto se ha avanzado en la mejora del código de programa para KRC4 de manera que sea más intuitivo y consuma menos recursos de la CPU del robot. En este nuevo algoritmo únicamente se consumen recursos del robot cuando se realiza el chequeo, ya que no se utiliza en Summit para el envío de datos. Esta mejora permite reducir los tiempos de paro en las líneas debido a errores en el Summit.

Asimismo, se profundizó en el análisis de los datos obtenidos, comprobando las ventajas y desventajas del sistema propuesto. En primer lugar, se comprobó como el sistema era capaz de medir de los cambios de presión de las pinzas de soldadura al modificar los parámetros desde el programa de soldadura del chequeo. Posteriormente se verificó la fiabilidad del sistema a una calibración de la presión.

Sin embargo, se comprobó como el desajuste de “Tool Center Point” (TCP) del robot ocasionaba una variación importante en las medidas (fig 1), por lo que se procedió a un análisis más exhaustivo para la mejora de la programación y del posterior procesado de datos.

La investigación permitió concluir que el TCP debe tratarse como un offset del sistema: es un desajuste de posición de los electrodos (habitualmente en un rango de 1 a 10mm). Así, la diferencia entre las presiones calculadas en el chequeo de 1kN y 3,5kN debería permanecer constante, a menos que la pinza de soldadura presente pérdidas de presión (fig. 2).

Finalmente, los trabajos en la anualidad 2021 han iniciado la programación de una aplicación en R para la visualización de los chequeos llevados a cabo para la detección de pérdidas de presión (fig. 3). Se ha comenzado con la programación de cuatro robots para la validación de este nuevo sistema. Se espera continuar a lo largo de la próxima anualidad con la programación de toda una línea de soldadura para una validación final.



*Fig. 1. Desajuste de posición debido a la variación del TCP*



Fig. 2. Mejora de presión con la medida de la diferencia.



Fig. 3. Pestaña de la aplicación se Shiny para la visualización del chequeo de presión

## 2.2 Sobre el desarrollo de un sistema patrón para la detección de desalineamiento de electrodos en las pinzas de soldadura

El objetivo es detectar y evaluar el desalineamiento de electrodos ubicados en la pinza mediante la medida del campo magnético generado al paso de la corriente durante la soldadura. Los estudios básicos realizados en 2018 y basados en simulaciones con condiciones de contorno simples demostraron la correlación entre ambos factores. A lo largo de 2019 se avanzó con nuevas simulaciones, modelizando distintos problemas mecánicos y otras circunstancias propias de una línea de soldadura real, y se diseñó un experimento simple. Durante la anualidad 2020 se continuó con la mejora del sistema de toma de datos y el funcionamiento general del dispositivo.

Los trabajos realizados en esta línea durante 2021 han consistido en el desarrollo de dos nuevas versiones orientadas a mejorar la comunicación adaptándose a los protocolos y estándares propios de la factoría.

La primera versión del dispositivo diseñado durante 2020 empleaba una comunicación cableada ethernet para verificar el concepto. La segunda versión, desarrollada en la primera mitad de 2021, exploró el uso de protocolos inalámbricos para reducir los costes de implantación y simplificar el proceso de instalación. Así, se sustituyó en núcleo Arduino Industrial 101 por una placa de proceso ESP32 con la posibilidad de comunicación inalámbrica Wifi/LoRa. Esta versión permitió evaluar la capacidad de creación de mallas de comunicación entre dispositivos mediante WiFi y la comunicación con la base de datos mediante ethernet, y la correcta operativa en entorno real de uso.

Sin embargo, la restricción impuesta por la factoría al empleo de comunicaciones inalámbricas en la banda de 2,4GHz hace inviable la instalación masiva de dispositivos de desalineamiento de segunda generación. Por ello, a lo largo del segundo semestre de la anualidad se abordó un diseño de última generación. Basado en una placa de desarrollo TTGO ESP32 LoRa, es capaz de emplear dicho protocolo en la banda del 868MHz. Este dispositivo se encuentra en fase final de desarrollo esperando ser validado durante la próxima anualidad (fig.4).

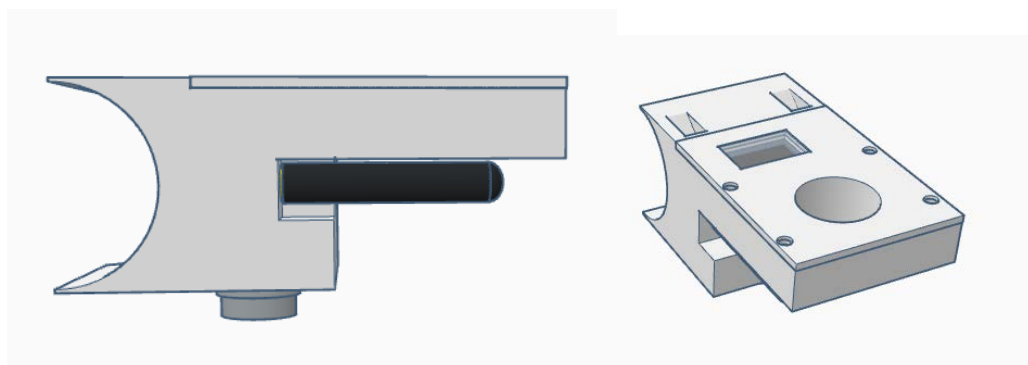


Fig. 4. Diseño 3d detector de desalineamiento final.

De igual manera ha avanzado en la validación del método, realizando distintos estudios sobre los electrodos y analizando las medidas experimentales obtenidas. Finalmente, se ha creado una aplicación para la visualización de datos en tiempo real para cada una de las pinzas de soldadura bajo estudio (fig.5.) Se ha implementado una batería de alertas basadas en el cálculo del vector de desplazamiento a partir de las medidas de campo magnético de los ejes x e y.

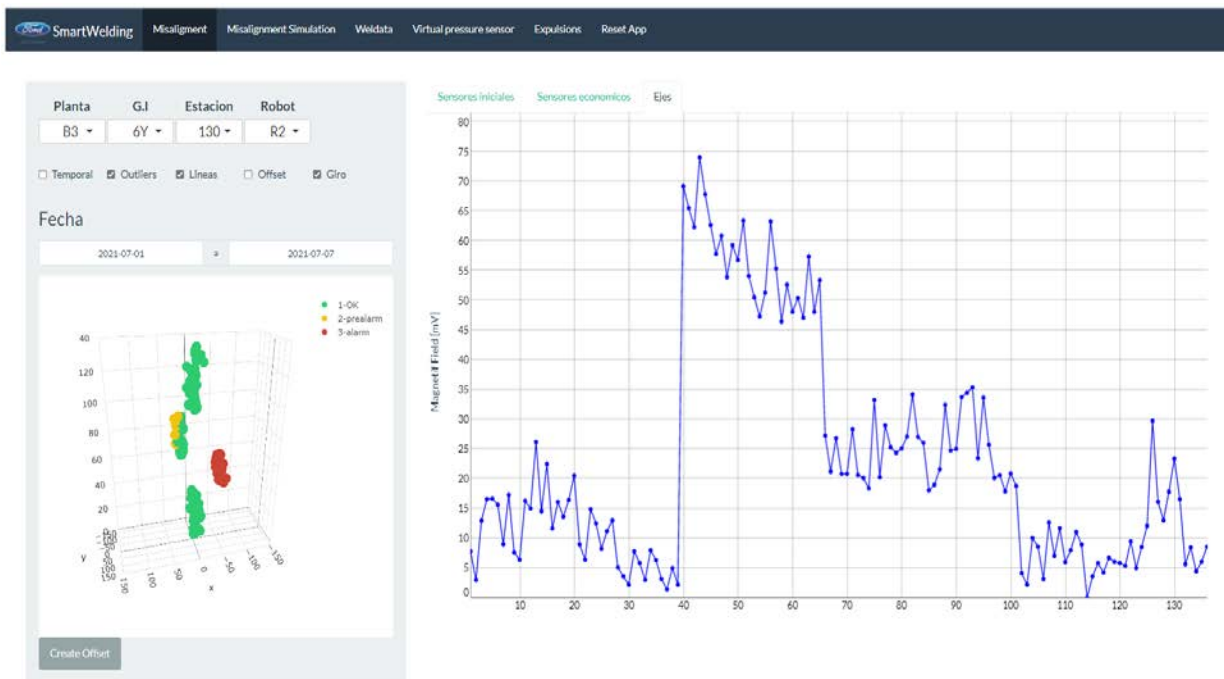


Fig. 5. Aplicación para la gestión de datos de desalineamiento.

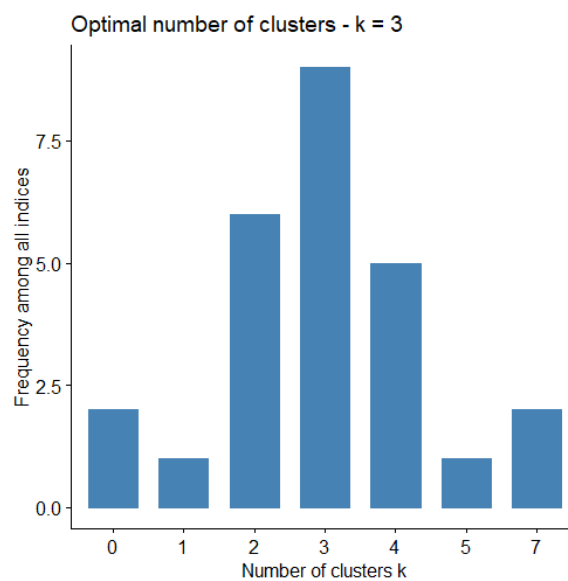
### 2.3 Sobre el control y optimización del “TipLife” sin comprometer la integridad de la calidad de soldadura.

Durante la anualidad 2020 se abordó una nueva línea de investigación para tratar de determinar la influencia del “TipLife” y el estado de los electrodos en la integridad del punto de soldadura. Hasta entonces, la detección de problemas de fresados en la línea de soldadura se basaba en una técnica denominada “autochequeo”. La investigación iniciada entonces pretende avanzar en la técnica proporcionado, además del diagnóstico cualitativo sobre el estado de los electrodos, la capacidad de indicar la causa de la incidencia. En definitiva se pretende diseñar un sistema experto de alarmas en las líneas de producción para facilitar la realización del mantenimiento oportuno.

La investigación comenzó con la identificación de los sucesos de fallo, el estudio de sus patrones y la evaluación de su probabilidad y severidad, y determinar en qué casos y condiciones podrían predecirse. En concreto, se centró el estudio en las variables de corriente y de resistencia para la determinación de problemas de fresado.

Durante 2021 se ha continuado profundizando en este estudio con el desarrollo de un método para la clasificación o clusterizado de cada robot de soldadura dependiendo de la tendencia de los datos de autochequeo.

Inicialmente se realizó un análisis estadístico de las variables de resistencia e intensidad para conocer el comportamiento de la varianza, los cuantiles y los rangos de cada una de las pinzas de soldadura. Posteriormente se seleccionó un algoritmo de clasificación no supervisado (k-means) para el clusterizado de los datos. Se analizaron 540 pinzas de soldadura para concluir con un número óptimo de clústeres según el método de evaluación NbClust:  $k=3$  (fig. 6).



*Fig. 6* Cálculo del número óptimo de clusters.

Como puede observarse (fig. 7.) los tres clústeres generados muestran un grado de dispersión distinto. Estos clústeres agrupan los datos para representar tres estados de alarma: “alarma”, “pre-alarma” o “correcto”.





Fig. 7. Clustering de los datos de autochequeo

Seguidamente se diseñó un algoritmo para evaluar el control de cada soldadura cada hora. El algoritmo clasifica etiquetando en tiempo real cada control de soldadura dependiendo de su pertenencia a cada clúster. Así, por ejemplo, se establece que aquellos controles de soldadura agrupados en el clúster 1 están en estado “alarma” y por tanto es necesario realizar acciones correctivas sobre ellos.

Además, se implementó el envío de alarmas automáticas por medio del envío de colas de datos desde Rstudio a Rabbit. Se consiguió realizar el envío de alarmas por Webex en local a la espera de finalizar con la validación del sistema.

Las funcionalidades anteriormente descritas fueron convenientemente integradas en la aplicación de análisis, como muestra la figura 8.

Los avances en esta línea de investigación son especialmente relevantes, y fueron presentados en el congreso ICINCO 2021:

Ibáñez, D., García, E., Martos, J. and Soret, J.A “Novel Method for the Real-time Force Losses Detection in Servo Welding Guns. Proceedings of the 18th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO 2021), pp 669-676. ISBN: 978-989-758-522-7”. DOI: 10.5220/0010549006690676In

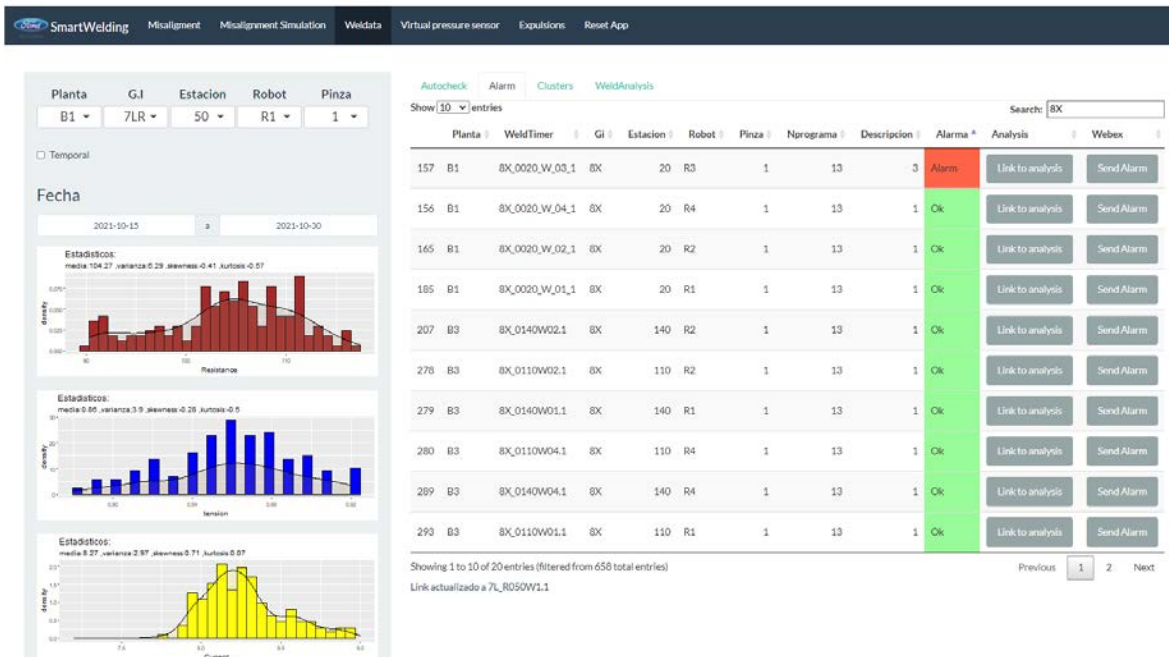


Fig. 8. Pestaña de la aplicación se Shiny para la visualización del autochequeo

### 3 Propuesta de actividades futuras

Una vez expuestas las distintas actividades realizadas durante anualidad 2021 se propone continuar con los trabajos según el plan previsto. En concreto, los paquetes de trabajo a abordar de modo inmediato son:

1. Estudio y adición de nuevas variables al algoritmo predictivo. Se propone avanzar con la validación y la determinación del estado de la presión de la pinza con el nuevo método propuesto.
2. Desarrollo del detector de desalineamiento. Se espera durante la siguiente anualidad finalizar con la validación del nuevo dispositivo con comunicación LoRa
3. Estudio y análisis de los resultados del algoritmo de clusterizado de los patrones de comportamiento de la degradación de los electrodos y posibles modificaciones si la investigación lo requiere.
4. Revisión y planificación si procede de actividades en las líneas objetivo de la investigación pendientes.

---

## 4 Conclusión

Durante la anualidad 2021 se ha continuado con el Plan de Investigación previsto, avanzando sobre las conclusiones dadas en las anteriores anualidades y obteniendo en cada caso resultados de interés técnico y científico.

Es especialmente las aportaciones realizadas en los congresos internacionales ICINCO2021 e YIC2021. En ellas se mostraron los avances de la investigación acerca del desarrollo de un sistema patrón para la detección de problemas de fresados y pérdidas de presión respectivamente. Se continúa trabajando activamente en la difusión del conocimiento adquirido mediante publicación en revistas científicas de relevancia científico-técnica.

A lo largo de esta anualidad se ha seguido la línea de trabajo establecido en anualidades anteriores, avanzando en aquellos puntos que se han considerado esenciales para la consecución del objetivo final marcado en las bases del convenio. A pesar de las fuertes restricciones dadas por la alerta sanitaria ocasionada por la pandemia COVID19, los trabajos se han ejecutado siguiendo las directrices generales marcadas en la planificación expuesta en el contrato. Las leves modificaciones en el detalle son dadas por la lógica actualización de las condiciones de ejecución y avance del estado de la técnica

A la vista de lo expuesto se propone continuar con el proyecto según objetivos, calendario y presupuesto convenidos.