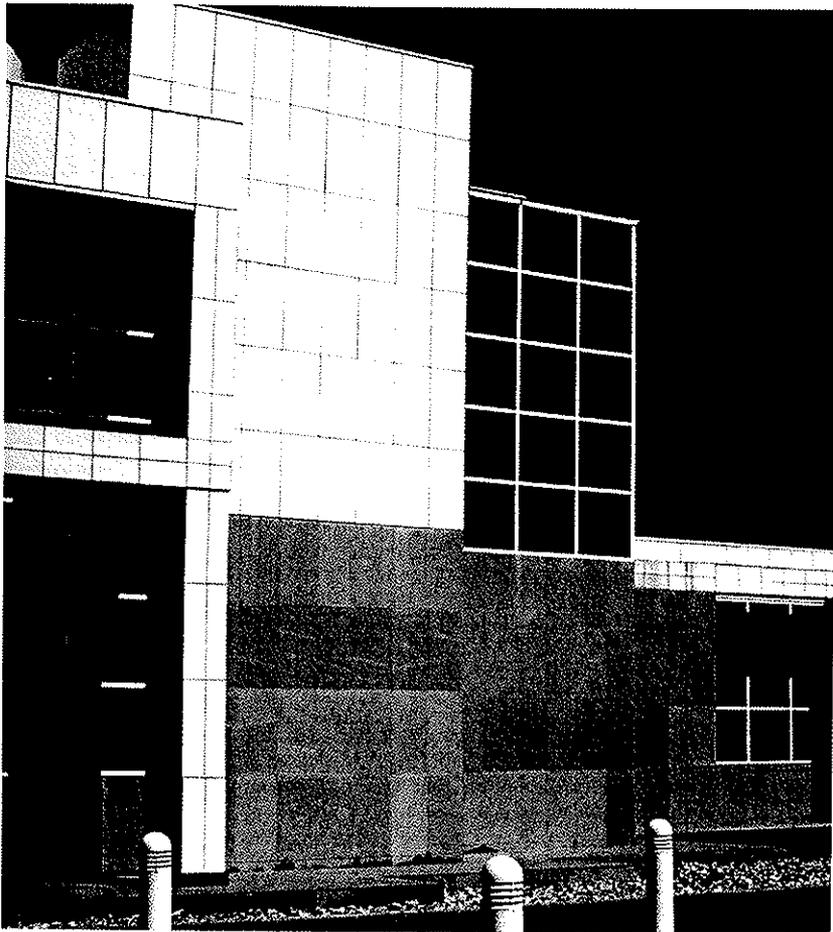




## **Memoria del trabajo**

**“PREDICCIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS  
OBTENIDAS EN LA ZAT EN SOLDADURAS DE ACEROS DE  
ALTO LÍMITE ELÁSTICO MEDIANTE EL USO DE REDES  
NEURONALES ARTIFICIALES”**



 **ita**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN

**Intituto Tecnológico de Aragón**

## **INDICE**

<b>1.- Resumen del proyecto</b>	<b>2</b>
<b>2.-Introducción</b>	<b>3</b>
<b>3.- Objeto y Alcance del estudio</b>	<b>5</b>
<b>4.- Análisis experimental: ensayos a realizar para la determinación de las propiedades mecánicas de la ZAT y resultados esperados</b>	<b>8</b>
<b>5.- Desarrollo de la herramienta de predicción</b>	<b>11</b>
5.1.- Fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales	11
5.2.- Investigaciones previas referentes a la aplicación de Redes Neuronales en la soldadura	13
<b>6.- Cronograma estimado</b>	<b>15</b>
<b>7.- Interés del proyecto</b>	<b>16</b>
<b>ANEXO I: Entes participantes</b>	<b>17</b>
<b>ANEXO II: Personal de apoyo para la realización del proyecto</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO III: Equipamiento Laboratorio</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO IV: Acreditaciones Laboratorio ITA</b>	<b>26</b>

---

## 1.-Resumen del proyecto

En el presente estudio se propone la creación de un modelo de predicción de las propiedades mecánicas y el estado metalúrgico en la Zona Afectada Térmicamente resultante de uniones soldadas de aceros al Carbono-Manganeso.

Para lograr dicho objetivo se plantean varias fases: acotación del campo de aplicación, fabricación de probetas, ensayos experimentales y creación del modelo de predicción.

El tipo de herramienta propuesta se basa en las Redes Neuronales Artificiales, temática objeto de estudio en la actualidad dentro del Instituto Tecnológico de Aragón.

La bibliografía y publicaciones existentes referentes al análisis de estructuras metalúrgicas y propiedades mecánicas de uniones soldadas mediante herramientas basadas en Redes Neuronales presentan excelentes resultados lo cual indica la idoneidad de este tipo de herramienta en el tratamiento de problemas no lineales como el que se nos presenta.

Los entes involucrados en este proyecto son tres:

- El **Instituto Tecnológico de Aragón (ITA)** como líder del proyecto, responsable además del análisis experimental y de la creación del modelo de predicción.
- La empresa **OERLIKON, S.A.** líder europeo en la fabricación de consumibles, maquinaria, gases de protección, etc. Ejercerá labores de apoyo a la dirección del proyecto y se encargará de la fabricación de cupones, así como de la aportación de materias primas. Su papel en el proyecto es de enorme interés debido a su experiencia en materiales y conocimientos técnicos de los procesos y maquinaria.
- La empresa **IZAR, S.A.**, astillero de reconocido prestigio a nivel mundial, cuya misión es la de orientar el campo de aplicación del estudio, así como la fabricación de cupones en sus instalaciones. IZAR aportará su experiencia en aplicaciones directas de soldadura de aceros de alto límite elástico, utilizado con normalidad en el ámbito naval.

## 2.-Introducción

La mejora que la adición de elementos aleantes tiene en las propiedades mecánicas de los aceros tiene como contrapartida un desplazamiento de las curvas TTT a la derecha del diagrama, con el consiguiente aumento de riesgo de formación de fases duras y frágiles, especialmente Martensita, en la transformación metalúrgica de la Austenita durante el enfriamiento. La aparición de estas fases resulta ser catastrófica cuando se combina con tensiones elevadas y presencia de Hidrógeno, y son innumerables los accidentes en todo tipo de estructuras motivadas por la coincidencia de estos tres factores.

Este fenómeno es especialmente crítico en el proceso de soldadura, ya que en la Zona Afectada Térmicamente (ZAT) se está produciendo un tratamiento térmico de temple, debido a las elevadas velocidades de enfriamiento. La rotura se inicia en grietas originadas por la operación de soldeo que actúan como concentrador de tensiones, y que terminan propagándose bruscamente y sin previo aviso, favorecidas por la presencia de Hidrógeno que se difunde al extremo de la grieta.

Con el fin de limitar este riesgo potencial, se hace especial énfasis en el control de la composición del acero, es decir, de la cantidad de aleantes que contiene.

Así, se limita la cantidad de Carbono presente a valores cercanos al 0.20-0.25 %, por ser éste el componente de mayor influencia no solo en la templabilidad, sino también en la dureza de la Martensita. No obstante, dicha restricción no es suficiente ya que el resto de elementos de aleación también influyen en la templabilidad, apareciendo el concepto de Carbono Equivalente, expresión lineal en la cual se suman los efectos de cada aleante debidamente ponderados, para obtener un número ( $C_{eq}$ ) que no debe ser superior a un 0.45%.

La adición de Manganeso como aleante resulta especialmente beneficiosa ya que, además de elevar las características mecánicas del acero, sustituye la formación de Sulfuro de Hierro (SFe), perjudicial por favorecer la fisuración en caliente, por Sulfuro de Manganeso (SMn), de consecuencias menos perjudiciales. Por otro lado, ejerce labores de desoxidante y su efecto en la templabilidad es, aproximadamente cinco veces menor que la del Carbono. El interés de este elemento como aleante queda patente en la existencia de un grupo de aceros denominados aceros al Manganeso o al Carbono-Manganeso.

---

Como se ha mencionado anteriormente, además de la susceptibilidad del acero para la formación de fases duras, es de especial relevancia la velocidad de enfriamiento de la ZAT. Ésta depende de la naturaleza del material, del espesor de las piezas a unir, del tipo y geometría de la junta y de la energía neta aportada en el proceso de soldadura. Con el fin de limitar esta velocidad de enfriamiento, a partir de concentraciones de Carbono de un 0.25%, se recomienda el precalentamiento de la estructura antes de ser soldada.

Existen numerosas expresiones que definen la temperatura de precalentamiento necesaria, en función de la composición del Metal Base y del espesor de las piezas a soldar (Seferian) o que introducen términos como el Parámetro de Fisuración, o el Índice de Brusquedad Térmica, y parámetros como la longitud del cordón y el diámetro del electrodo (Método del Instituto Internacional de la Soldadura).

Por otro lado, cuando las secciones a soldar son de gran espesor o están muy embridadas, se procede, siempre que es posible, a un tratamiento térmico post-soldeo, con el fin de liberar tensiones térmicas, efectuar un tratamiento de revenido, y eliminar el hidrógeno por difusión. Estos tratamientos post soldadura suponen una pérdida de propiedades mecánicas, reducción del límite elástico y de la carga de rotura, por lo que deben ser contemplados en la fase de diseño.

---

### 3.- Objeto y Alcance del estudio

El objetivo principal del presente trabajo es el de la creación de una herramienta capaz de predecir el estado metalúrgico y las consiguientes propiedades mecánicas de la Zona Afectada Térmicamente por la soldadura de aceros al Carbono Manganeso. Dicha herramienta se fundamentará en resultados experimentales de probetas fabricadas expresamente para la creación del modelo de Red Neuronal Artificial (RNA), método de predicción propuesto en la presente solicitud.

En siguientes apartados se detallarán más en profundidad los fundamentos de las RNA, y se justificará su uso, basándose en estudios previos y publicaciones en los que se utilizan para fines similares.

Como también se comentará mas adelante, las posibilidades que presentan no se limitan a la mera predicción de resultados, sino que también permiten evaluar la importancia relativa de cada uno de los parámetros de entrada, así como la posibilidad de, fijados unos parámetros de entrada, analizar los efectos que, cambios en el resto de los parámetros, tienen el resultado final.

Resulta no obstante necesario definir el alcance del proyecto, ya que el abanico de posibilidades es tan grande (tipo de material, espesores, proceso, geometría de la junta, etc.) que es inviable el crear una única herramienta que lo abarque.

Esta limitación en el campo de aplicación ha de ser tal que permita en un futuro su ampliación, bien dentro del presente proyecto o como una extensión del mismo.

Así pues, se fijarán de antemano algunos de los parámetros que intervienen y se definirán los rangos o los valores que pueden adoptar el resto.

Como primera aproximación se contemplarán los siguientes parámetros

#### Parámetros fijados de antemano:

- **Soldadura múltipaso** de secuencia predeterminada en función del proceso y espesor.

- **Temperatura de precalentamiento / Temperatura entre pasadas:** vendrá dada por las expresiones correspondientes en función del material, espesores y proceso utilizado. No obstante, se realizará control de la evolución de la temperatura del material base a lo largo del recorrido del arco, así como de la posición de extracción de las probetas dentro del cupón.

---

- **Material de aporte** Safer ND 80 (Electrodo Revestido), Fluxocord 42 (Arco Sumergido), Carbofil Ni Mo Cr (MAG).
- **Flux/Gas de protección** OP 121 TT (Arco Sumergido)/Argón Co2 (MAG)
- **Posición de soldeo y tipo de junta:** horizontal a tope (1G) en Arco Sumergido, y horizontal en T (2F) en MAG.

*Variables que se van a manejar a lo largo del estudio:*

- **Material Base:** Aceros al Carbono-Manganeso (SAE-AISI 1527, 1541 y 1566, 80 HLES)
- **Espesor piezas a unir** (se contemplarán tres espesores distintos, entre 10 y 30mm)
- **Aporte de Energía Neto:** se estudiarán tres niveles de energía aportada a la unión, partiendo del aporte teórico que se obtendrá mediante tablas, gráficas o procedimientos.
- **Procesos:** Arco Sumergido, MAG y Electrodo Revestido.

De este modo, el estudio se centra en el análisis de uniones a tope y en T de chapas de distintos tipos de acero al Carbono Manganeso de alto límite elástico de entre 10 y 30 mm de espesor mediante tres procesos, Arco Sumergido, MAG, y Electrodo Revestido, y la comprobación de los efectos que cambios en distintos parámetros (cantidad de energía aportada, espesores, composición, etc.) tienen en la estructura metalográfica y en las distintas propiedades mecánicas que se enumeran en el apartado 4, "*Análisis Experimental*"

Una vez definidas las variables del problema y los rangos de valores posibles, se procederá por parte de OERLIKON, S.A. y de IZAR, S.A. a la fabricación de las muestras de ensayo, siguiendo sus procedimientos homologados, y realizadas por personal cualificado. Éstas abarcarán las posibilidades de combinación de las variables más representativas.

Los cupones y la extracción de probetas de los mismos se fundamentarán en la norma UNE-EN 288-3/A1:1997 "Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Parte 3: Cualificación del procedimiento para el soldeo por arco de aceros".

Conforme se desarrolle la herramienta de predicción se irán explorando las distintas posibilidades, y, llegado el caso, se planteará el descartar alguna variable ó la inclusión

en el estudio de alguna nueva, así como la creación de distintas redes en función de la característica o propiedad a predecir.

---

#### **4.- Análisis experimental: ensayos a realizar para la determinación de las propiedades mecánicas de la ZAT y resultados esperados**

Una vez fabricados los cupones, es necesario el disponer de una sistemática fiable para medir las propiedades mecánicas de la ZAT, que permitirá posteriormente evaluar la precisión de las predicciones realizadas.

Por este motivo se establece una batería de ensayos a realizar, en particular, sobre la zona sometida a estudio, pero también en algunos casos, sobre el material base o sobre el conjunto de la unión, con el objeto de poder medir sus propiedades mecánicas.

Estos ensayos han de ser suficientemente representativos para la finalidad del proyecto, es decir, establecer una relación causa-efecto entre las variables del proceso de soldeo, tales como tipo proceso, aporte térmico, precalentamiento, temperatura entre pasadas, espesor de la unión, etc., y la microestructura obtenida, y con ella las propiedades de la ZAT. En esta relación se fundamentará la herramienta de predicción.

Como propiedades mecánicas de interés pueden establecerse el límite elástico, la resistencia a la tracción, la dureza, la resiliencia y la aptitud para el doblado (ductilidad) siendo los ensayos orientados a la determinación de dichas propiedades los siguientes:

- ensayo de tracción transversal;
- ensayo de doblado transversal;
- ensayo de dureza;
- ensayo de flexión por choque (Charpy);

e indirectamente los siguientes:

- examen macroscópico;
- examen microscópico;
- análisis químico.

En primer lugar, respecto al **ensayo de tracción transversal** (UNE-EN 895:1996), debe reconocerse su limitada finalidad, teniendo siempre presente la heterogeneidad metalúrgica y química inherente a una unión soldada y, en particular, a la zona afectada térmicamente (ZAT). Por ello, con él únicamente se pretende confirmar que el proceso de soldeo no ha debilitado la unión, verificando que la rotura se produce fuera de la ZAT o, en el caso de producirse dentro, que la resistencia a la tracción de la unión es al menos la exigida al material base, partiendo de la premisa de que el material de

aportación tiene una resistencia al menos igual a aquél y no presenta defecto interno alguno.

Por otra parte, la propiedad inherente al **ensayo de doblado** (UNE-EN 910:1996) es la ductilidad, permitiendo determinar la existencia o no de secciones fragilizadas en la unión debido al ciclo térmico inducido en el proceso constructivo. La aparición de grietas en el material sometido a ensayo puede confirmar la reducción de la ductilidad inicial debido a los cambios inducidos en la estructura metalográfica.

Así mismo, los valores de **dureza** (en particular, la escala Vickers UNE-EN 1043-1:1996) medidos en la ZAT facilitan información acerca de las modificaciones metalúrgicas que ha sufrido el material base en las proximidades de la línea de fusión, pudiendo obtenerse también una estimación de la anchura de la zona afectada por el calor y de la microestructura generada en ella (posible existencia de fases duras de temple, tamaño de grano, etc.)

Y, para finalizar con este primer grupo de ensayos, merece especial atención el **ensayo de flexión por choque (Charpy)** (UNE-EN 875:1996) para la obtención de la resiliencia a distintas temperaturas que, realizable tanto a temperatura ambiente como a bajas temperaturas, aportará información acerca de la posible fragilización de la unión, debido a la existencia de fases duras, a la presencia de hidrógeno y/o a una granulometría basta.

En relación al segundo grupo de ensayos, el **examen macroscópico** (UNE-EN 1321:1997) pone de manifiesto el aspecto geométrico de la unión, siendo su principal finalidad obtener la anchura de la ZAT y, en su interior, determinar la extensión de las zonas de grano grueso y de grano fino, éstas últimas presentes en procesos multipasada debido al normalizado provocado durante la ejecución de las capas posteriores del cordón.

Con mayor definición, el **examen microscópico** pone de manifiesto, sin ningún género de dudas, la microestructura metalúrgica de la zona de estudio, cerrando el lazo entre los parámetros de soldeo y las propiedades mecánicas. Los actuales métodos de análisis de imagen por ordenador permiten obtener de forma sencilla tanto el tamaño de grano como el porcentaje de cada fase presente.

Para finalizar, la laguna que podría quedar entre todas las variables que se han relacionado queda salvada con la determinación de la composición del material base mediante un **análisis químico**. Dicho análisis permitirá confirmar la composición de acero utilizado de partida y calcular el valor de carbono equivalente, como pieza clave para conocer la templabilidad potencial del acero, así como la probabilidad de formación de martensita en la ZAT.

El Instituto Tecnológico de Aragón dispone de los equipos de ensayo y certificaciones enumerados en los Anexos III y IV respectivamente, así como del personal cualificado para la realización de los mismos.

## **5.- Desarrollo de la herramienta de predicción**

A partir de las variables de entrada y de los resultados obtenidos en los ensayos en cada caso, se procederá al desarrollo de la herramienta que nos permita predecir, frente a nuevas entradas hipotéticas, las características de la unión que se obtendría.

Existen numerosas herramientas estadísticas de tratamiento de datos, no obstante, la presente propuesta opta por el desarrollo de una herramienta basada en las Redes Neuronales Artificiales, línea que ha sido desarrollada en el ITA a lo largo de los últimos años. Éstas resultan especialmente efectivas al tratar problemas de índole complejo, no lineales, y con gran cantidad de variables involucradas. Se basan en el “aprendizaje” a partir de datos conocidos, provenientes en nuestro caso de la experimentación, tras lo cual son capaces de predecir los resultados de nuevas situaciones que se les presentan.

A continuación se describen someramente los fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales, para posteriormente comentar algunas investigaciones que han sido desarrolladas con éxito previamente dentro del ámbito de las soldadura, lo que ha inducido al equipo de trabajo a proponer las Redes Neuronales Artificiales como herramienta de predicción en el presente proyecto.

### ***5.1.- Fundamentos de las Redes Neuronales Artificiales***

Las redes neuronales son modelos matemáticos simplificados de las redes de neuronas que constituyen el cerebro humano. Estos modelos están compuestos por un conjunto de “neuronas artificiales” que procesan e intercambian información.

Las neuronas de la red están estructuradas en distintas capas, de manera que cada neurona está conectada con las de la capa anterior y con las de la siguiente. La neurona se encarga de recibir señales provenientes de otras neuronas o del exterior (entradas) y, tras procesarlas, producir una salida. Las entradas son combinadas con los denominados pesos sinápticos, que reflejan el modo en que cada una de las neuronas pre-sinápticas influyen en la neurona post-sináptica.

Así pues, la arquitectura de la red consiste en una capa de entrada, una o más capas internas y una capa de salida.

---

El concepto básico es copiar el sistema de aprendizaje de un cerebro biológico, que, a partir de unos ejemplos, es capaz de generalizar y de sacar conclusiones frente a nuevos casos en principio desconocidos.

El proceso de aplicación de la tecnología de redes neuronales a un problema concreto consta básicamente de tres etapas:

1. Diseño de la red. Esta etapa implica la definición de la arquitectura de la red, variables de entrada y de salida, así como número de neuronas y de capas intermedias.

2. Entrenamiento de la Red. Consiste en la presentación de una serie de ejemplos resueltos a la red a partir de los cuales utilizará un algoritmo para el ajuste de los pesos sinápticos. Para ello se definirán los valores del ritmo de aprendizaje, fijando la lenta o rápida convergencia de la red, y del error de aprendizaje.

3. Validación de la red: Además de los ejemplos utilizados en el aprendizaje de la red, es conveniente reservar una serie de ejemplos para el proceso de validación de la misma. Éstos, cuyos resultados son conocidos, serán presentados a la red que tratará de resolverlos y comparará los resultados predichos con los reales, obteniéndose una serie de errores cuya magnitud será indicativa de la capacidad de generalización del modelo creado.

4. Utilización de la Red. Una vez entrenada y validada, la Red Neuronal está preparada para ser utilizada. En cada caso se introducirán las entradas conocidas (parámetros del problema), obteniendo como resultado la (o las) salidas para las cuales ha sido entrenada.

---

## 5.2.- Investigaciones previas referentes a la aplicación de Redes Neuronales en la soldadura

La efectividad de las herramientas basadas en las Redes Neuronales Artificiales (RNA) para el reconocimiento de patrones en el ámbito de la soldadura ha sido contrastada en numerosas investigaciones.

Así, en el trabajo "*Application of Bayesian Neural Network for modeling and prediction of ferrite number in austenitic stainless steel welds*" (M. Vasudevan, M. Muruganath, A.K. Bhaduri) se analiza con éxito la influencia de la composición en el contenido de Ferrita en la soldadura de Aceros Inoxidables Austeníticos. Dicho contenido ha de estar dentro de unos límites mínimos y máximos con el fin de evitar fenómenos de agrietamiento en caliente en caso de porcentajes demasiado bajos, o, por el contrario, la aparición de rotura frágil a altas temperaturas debida a fases secundarias de ferrita  $\sigma$ .

Los diagramas constitutivos comúnmente utilizados (Schaeffler, DeLong, WRC-92) se fundamentan en expresiones lineales de Cromo y Níquel equivalentes y no tienen en cuenta factores importantes como la influencia relativa entre aleantes, presencia de elementos como el Silicio, Titanio, etc..

Mediante la creación de un modelo de red neuronal que tiene como entradas el porcentaje de trece elementos de aleación, y como única salida el FN, se establece la relación no lineal entre las mencionadas entradas y salidas, con resultados palpables en términos de error medio cuadrático, que pasa de un 5.8 en el caso del método WRC-92, a un 3.5 y un 1.99 para dos tipos de red neuronal, una de tipo "Back Propagation" y la otra tipo "Bayesian" respectivamente.

En otro estudio ("*New Weld Metal Compositions Based on a Neural Network Analysis of HSLA Weld Wire*", E. A. Metzbower, J. J. DeLoach, Sree Harsha, H. K. D. H. Bhadeshia), se utilizan redes neuronales para establecer un modelo de las propiedades a tensión (límite elástico y tensión de rotura) y la resiliencia a  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $-30^{\circ}\text{C}$  de aceros microaleados, basándose en la composición y la velocidad de enfriamiento, con el fin de desarrollar nuevas aleaciones de consumibles.

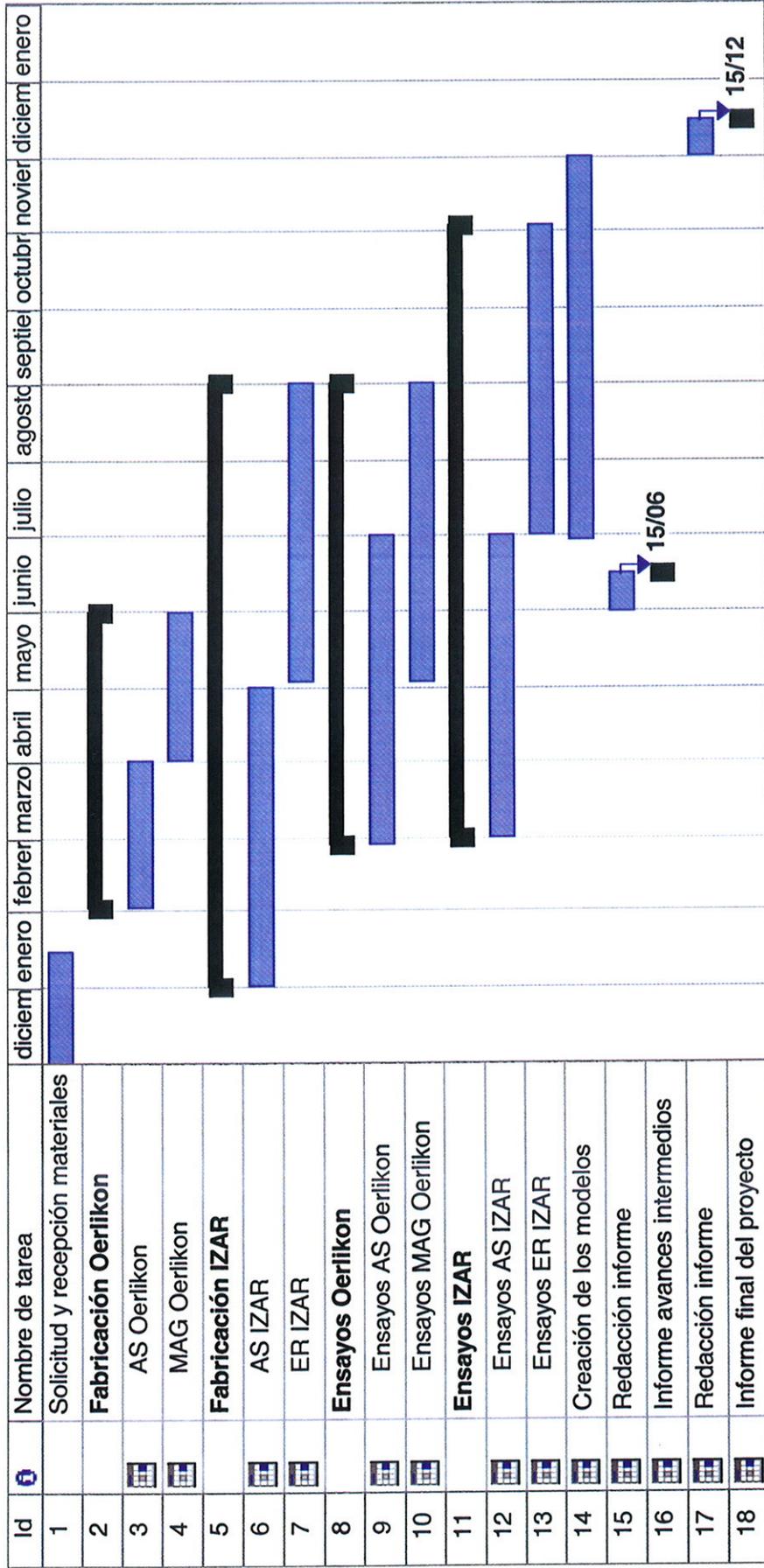
En cuanto a la soldadura multipasada, la importancia de la temperatura entre pasadas en el estado metalúrgico de la ZAT es sobradamente conocida, resultando

---

crítica en aceros de alto límite elástico, por su tendencia a la creación de fases excesivamente duras, con el riesgo potencial que éstas suponen.

En el estudio "*Effect of interpass temperature on properties of high-strength weld metals*" (Mike Lord, Gill Jennings) se crean dos Redes Neuronales, una para la predicción del Límite Elástico y otra para la Tensión de Rotura, a partir de 19 entradas (15 correspondientes a la cantidad de aleantes, y las 4 restantes al aporte neto de energía, temperatura entre pasadas, tiempo de revenido y temperatura de revenido). Los resultados que se obtienen ponen de manifiesto la variación tanto del Límite Elástico como de la Tensión de Rotura en función de la temperatura entre pasadas, y se concluye que para un relación de  $LE/TR=0.8$  (deseable para que el material resultante tenga la ductilidad mínima exigible) la temperatura entre pasadas ha de ser de  $200^{\circ}\text{C}$  como mínimo.

## 6.- Cronograma estimado



## **7.- Interés del proyecto**

La presente propuesta supone, caso de llevarse a cabo, una importante innovación en el estudio del comportamiento de los materiales soldados en España. Estudios similares, basados en Redes Neuronales para la predicción de las estructuras metalográficas resultantes de los tratamientos térmicos debidos a la soldadura y sus propiedades mecánicas, se han llevado a cabo por investigadores de países punteros en la tecnología de la soldadura (Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, etc.), mostrando, a la vista de los resultados obtenidos, un camino a seguir.

La Redes Neuronales son especialmente efectivas al tratar problemas complejos, con gran número de variables, y donde la relación causa efecto no es lineal, características del problema tratado. Requieren no obstante y en el caso que nos atañe, de una base experimental sólida y representativa que servirá para la creación del modelo de predicción

El proyecto propuesto no es más que un primer paso en una línea de investigación innovadora y a todas luces prometedora, con un interés científico y técnico palpable, con una repercusión práctica inmediata.

---

# ANEXO I

## ENTES PARTICIPANTES

---

## INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN

(www.ita.es)

El Instituto Tecnológico de Aragón (ITA) fue creado por Decreto 68/1984 de 13 de Septiembre de la Diputación General de Aragón, con el objetivo fundamental de potenciar las posibilidades tecnológicas de las empresas de Aragón, de manera que fueran capaces de desarrollar nuevos productos y procesos, en la perspectiva de mejorar su competitividad y ante el nuevo reto que suponía la incorporación a la Unión Europea.

Posteriormente, y según la Ley 7/1997, de 10 de Octubre, de la Comunidad Autónoma de Aragón se modificó su naturaleza jurídica pasando a ser una Entidad de Derecho Público sin ánimo de lucro, con personalidad jurídica y patrimonio propio, dependiente del Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo de la Diputación General de Aragón.

Actualmente, el marco legal de funcionamiento, dependencia orgánica del Gobierno de Aragón, así como la naturaleza de sus órganos rectores queda establecida en el Decreto Legislativo 5/2000 del 29 de Junio del Gobierno de Aragón, que deroga la Ley 7/1997 de 10 de Octubre.

Las Áreas técnicas de actividad del Instituto son:

- *Eléctrica y Nuevas Tecnologías.*
- *Mecánica y Nuevos Materiales.*
- *Servicios Técnicos.*
- *Formación.*

El **Área Mecánica y de Nuevos Materiales**, involucrada en la presente solicitud, tiene como misión cubrir el soporte a las industrias relacionadas con su actividad, tales como el metal, plásticos y materiales compuestos.

Cuenta con las siguientes líneas de trabajo:

- \* *Servicios Tecnológicos de I+D: Diseño y Simulación de Producto, Prototipado Rápido, Diseño de Máquinas, Materiales y Procesos, Producción y Mantenimiento y Medidas dinámicas*
  - \* *Laboratorio de Ensayos Mecánicos*
  - \* *Programación Técnica*
  - \* *Industria del Ascensor*
-

## **OERLIKON SOLDADURA, S.A**

(<http://www.oerlikon.es/>)

Oerlikon Soldadura, S.A. esta presente en el mercado español de soldadura desde 1.932, desarrollando la actividades de comercialización de consumibles para la soldadura, equipos de soldadura y automatismos, fabricados por SAF (Francia), FRO (Italia )y Oerlikon (Alemania), empresas del grupo AirLiquide al que también pertenece Oerlikon Soldadura,S.A..

En el año 1.991 Oerlikon Soldadura, S.A. forma parte del grupo Air Liquide Welding, S.A., sociedad que desarrolla la actividad de soldadura del grupo AIR LIQUIDE

Oerlikon Soldadura, S.A. emestá situada actualmente en El Burgo de Ebro (Zaragoza), donde dispone de una planta de producción de electrodos e hilo tubular de 7000 m<sup>2</sup>. En ella, se ubican también los servicios comerciales y logísticosde la compañía.

Desde 1996, Oerlikon Soldadura, S.A. posee la certificación ISO-9002 por Bureau Veritas Quality International. Además, una extensa red de delegaciones distribuidas por toda España.

---

## IZAR, S.A.

(<http://www.izar.es/cgi-bin/run.dll/portalizar/jsp/home.do>)

IZAR es la empresa española líder del sector de la construcción naval civil y militar, surgida en diciembre de 2000 tras la fusión de Astilleros Españoles S.A. (AESAs) y la Empresa Nacional Bazán.

Por su dimensión y cifra de negocio ocupa el segundo puesto en Europa y el noveno en el mundo entre las empresas de construcción naval.

Su actividad industrial se organiza en cuatro líneas de negocio

- Construcción Naval
- Propulsión y Energía
- Reparación y Transformación de Buques (Carenas)
- Sistemas de Control y Armas

La línea de actividad más importante de IZAR es la construcción naval que incluye la construcción de buques mercantes y militares, así como los artefactos offshore. La integración de los centros de IZAR se produce a través de su especialización en distintos tipos de buque, bajo una dirección general, apoyada por una potente Oficina Técnica.

Los 8 astilleros que componen este área poseen una larga experiencia y han construido buques para todo el mundo. Su oferta es además amplísima e incluye desde buques LNG, Fragatas, Ferries, Submarinos, unidades Off-shore, buques Hospital y Dragas, hasta Lanchas Rápidas y Yates de Lujo.

Persona de contacto en Izar:

Oscar Fernández García (e-mail: [oferandez.technorpro@izar.es](mailto:oferandez.technorpro@izar.es))

Area de Estructuras

IZAR, Construcciones Navales

Astillero de Cartagena

Carretera de la Algameca s/n

Tlfno.: + 34 968 32 77 76

Fax: + 34 968 50 41 78

---

ANEXO II  
PERSONAL DE APOYO PARA LA  
REALIZACIÓN DEL PROYECTO

---

<b>Nombre</b>	M <sup>a</sup> Eugenia ESCARIO GONZALEZ (ITA)
<b>Cargo:</b>	Técnico Laboratorio ensayos químicos, climáticos y metalográficos del Laboratorio de Mecánica y Nuevos Materiales del Instituto Tecnológico de Aragón.
<b>Titulación</b>	Ingeniera Técnica Industrial (rama química 1996) Ingeniero Técnico Industrial (DGA, 1998)
<b>Experiencia</b>	Técnico Laboratorio de Mecánica y Nuevos Materiales del Instituto Tecnológico de Aragón. (1998-actualidad)..
<b>Otros</b>	Realizados diversos cursos de ensayos en materiales. Módulo Postgrado de Materiales Colaboración en diversos proyectos de investigación junto con el departamento de materiales del Área de Mecánica y Nuevos Materiales.

<b>Nombre</b>	Fidel Luis GONZÁLEZ BLASCO (Oerlikon)
<b>Cargo:</b>	Monitor de Prácticas en el Centro de Desarrollo y Formación de Soldadura de Oerlikon/Air Liquide
<b>Titulación</b>	1987-1991 F.P.II Máquinas Herramientas La Salle Sto. Ángel Titulación Internacional de Especialista Europeo de Soldadura (E.W.S)
<b>Experiencia</b>	1995-2001 Oerlikon Soldadura, S.A. Departamento de Calidad. Gestión de certificados Ensayos destructivos Controles de soldabilidad 1992-1994 Industrias Juymar Calderería
<b>Otros</b>	Curso CADDY (250h) (1991) Curso CAD (400h) (1990) Curso Soldadura (300 h) (1989) Curso Neumática (250h) (1998)

# ANEXO III

## EQUIPAMIENTO LABORATORIO

## LISTADO ENSAYOS MECÁNICOS SOBRE UNIONES SOLDADAS

Procedimiento	Norma de ensayo	Nombre del ensayo
2PE11260	UNE-EN 910:1996	E. doblado transversal de unión soldada
2PE11270	UNE-EN 895:1996	E. tracción transversal de unión soldada
2PE11280	UNE-EN 875:1996	E. flexión choque probeta Charpy de unión soldada
2PE11290	UNE-EN 1043-1:1996	E. de dureza Vickers HV de uniones soldadas
2PE11440	UNE-EN 1043-2:1996	E. de microdureza Vickers HV de uniones soldadas
2PE11300	UNE-EN 1321:1997	E. macrografía de unión soldada

### LISTADO DE EQUIPAMIENTO:

Máquina Universal de Ensayos de 200 kN	
Máquina Universal de Ensayos de 1000 kN	
Péndulo Charpy de 300 J	
Durómetro Vickers-Brinell-Rockwell	
Microdurómetro Vickers	

## LISTADO ENSAYOS QUÍMICOS

Procedimiento	Nombre del ensayo
2PE30030	Determinación contenido de C y S en aceros y fundiciones
2PE30010	Det. Contenido de Si por gravimetría
2PE30040	Determinación de metales mediante ICP
2PE30020	Análisis químico de aceros y fundiciones mediante espectroscopia de emisión por chispa
	Determinación de elementos traza mediante espectrometría de absorción atómica en cámara de grafito
	Estudio metalografico de material metálico
	Ensayos de envejecimiento climático (T <sup>a</sup> , HR, niebla salina neutra).

## LISTADO DE EQUIPAMIENTO:

Espectrómetro de emisión atómica en plasma de acoplamiento inductivo ICP	Microscopio metalográfico
Espectrómetro de emisión atómica por chispa	Software de adquisición y tratamiento de imagen TECNOMIP
Analizador automático LECO CS-300	Cámaras climáticas con control de T <sup>a</sup> y humedad
Espectrómetro de absorción atómica en cámara de grafito con corrector de fondo Zeeman	Cámara de choque térmico
Equipos de preparación metalográfica de muestras	Cámara de corrosión en niebla salina.

ANEXO IV  
ACREDITACIONES LABORATORIO (ITA)

---

## ALCANCE DE ACREDITACIÓN

### INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ARAGÓN (ITA) Laboratorio de Mecánica y Nuevos Materiales

Dirección: C/ María de Luna, 8; 50018 Zaragoza  
 Tlfno: 976 / 71.62.50 Fax: 976 / 71.62.01

Está acreditado por la ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN, conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2000 (CGA-ENAC-LEC), para la realización de ensayos:

#### Materiales metálicos

#### Categoría 0 (Ensayos en el laboratorio permanente)

PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO
Materiales metálicos	Tracción (Hasta 200 kN)	UNE 7474-1:1992 UNE 7474-1:1992 ERRATUM EN 10002-1:1990 EN 10002-1/AC1:1990
	Flexión por choque sobre probeta Charpy (Hasta 300 J; -80°C a Tª ambiente)	EN 10045-1 :1990 UNE 7475-1 : 1992
	Plegado simple (Hasta 200 kN)	UNE-EN ISO 7438:2000
	Dureza Vickers (HV1, HV10 y HV30)	UNE-EN ISO 6507-1: 1998 UNE-EN ISO 6507-1:1998 ERRATUM
Uniones soldadas	Tracción transversal (Hasta 200 kN)	UNE-EN 895 :1996
	Flexión por choque sobre probeta Charpy (Hasta 300 J; -80°C a Tª ambiente)	UNE-EN 875 : 1996
	Doblado (Hasta 200 kN)	UNE-EN 910 : 1996
	Dureza Vickers (HV1, HV10 y HV30)	UNE-EN 1043-1 : 1996

PRODUCTO/MATERIAL A ENSAYAR	ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO
Uniones soldadas (continuación)	Microdureza Vickers (HV1)	UNE-EN 1043-2: 1997
	Fractura (rotura)	UNE-EN 1320 :1997
	Macrográfico	UNE-EN 1321 : 1997
Aceros y fundiciones	Determinación automática por infrarrojos de: C: (0.010% - 3.5 %) S: (0.002% - 0.35%)	Procedimiento interno 2PE30030
Acero	Determinación gravimétrica de: Si: (0,1% - 0,5%)	Procedimiento interno 2PE30010