



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Eléctrica

**DETECCIÓN DE ANOMALÍAS EN UN MOTOR
ELÉCTRICO MEDIANTE INTELIGENCIA
COMPUTACIONAL**

Autor:

Vargas Fernández, Álvaro

Tutor:

Sainz Palmero, Gregorio Ismael
Departamento de Ingeniería de
Sistemas y Automática

Valladolid, junio 2021.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo principal diseñar una metodología de diagnóstico de fallos aplicando *Inteligencia Computacional (IC)* y *Machine Learning* capaz de detectar y diagnosticar los modos de funcionamiento y fallos de un motor trifásico de corriente alterna a partir de la información sobre tensión, intensidad y par motor recogida a través de los diferentes sistemas de medición del motor. Se emplearán Redes Neuronales Artificiales (RNA), Sistemas Neurodifusos y toma de decisiones basada en OWA-RIM.

Abstract

The main objective of this work is to design a fault diagnosis methodology using Computational Intelligence (CI) and Machine Learning capable of detecting and diagnosing the operating modes and faults of a three-phase AC motor from the information on voltage, current and torque collected through the different measurement systems of the motor. Artificial Neural Networks (ANN), Neuro-Fuzzy Systems and OWA-RIM-based decision making will be used.

Palabras Clave

Inteligencia computacional, Aprendizaje automático, Detección de fallos, Diagnóstico de fallos, Toma de decisiones.

Keywords

Computational intelligence, Machine learning, Fault detection, Fault diagnosis, Decision making.

Índice General

Índice General	5
Capítulo 1 Introducción y objetivos	7
1.1 Marco del Proyecto	7
1.2 Motivación	8
1.3 Objetivos	9
1.4 Organización de la memoria	9
Capítulo 2 Fundamentos Teóricos	11
2.1 Detección	11
2.2 Procesamiento de los datos	14
2.3 Validación Cruzada	18
2.4 Inteligencia Computacional: Sistemas Neurodifusos y Redes Neuronales	21
2.4.1 Lógica Difusa:	21
2.4.2 Redes Neuronales Artificiales (RNA):	22
2.4.3 Sistemas Neurodifusos:	29
2.5 Toma Decisiones: Operadores Difusos OWA-RIM	32
Capítulo 3 Propuesta: Técnicas de IC y ML	33
3.1 Descripción de la Propuesta	33
3.2 Fase 1: Procesamiento y Normalización de Datos	36
3.3 Fase 2: Modelado de Fallos con Redes Neuronales	37
3.4 Fase 3: Toma de Decisiones	40
Capítulo 4 Trabajo Experimental	45
4.1 Caso de estudio:	45
4.2 Metodología experimental:	47
4.2.1 Conjunto datos de partida:	47
4.2.2 Metodología seguida:	48
Capítulo 5 Resultados y Análisis	57
5.1 Procesamiento de Datos	57
5.2 Sistema de Detección de Fallos	58
5.2.1 Basado en ANFIS	59

5.2.2	Basado en RBF	61
5.2.3	Basado en MLP	63
5.2.4	Híbrido en Base a los Mejores Modelos Neuronales	65
5.3	Cálculo de Residuos, Matriz Ranking y Matriz de Confusión	67
5.4	Prestaciones/Análisis Sistema Detección de Fallos	73
	Análisis por Grupos de Modo de Funcionamiento o Fallo	73
	Análisis Modos de Funcionamiento o Fallos independientes de la fase	77
Capítulo 6 Conclusiones		85
Capítulo 7 Presupuesto, Plazos y Repercusiones		89
	Presupuesto	89
	Plazos	91
	Repercusiones	92
Capítulo 8 Bibliografía		95
Índice de Figuras		99
Índice de Tablas		101
ANEXO A MODELOS GENERADOS		103

Capítulo 1

Introducción y objetivos

El presente Trabajo Fin de Grado ha sido realizado en el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

En él se procederá a tratar la detección y diagnóstico de modos de funcionamiento / fallos aplicando técnicas y sistemas de Inteligencia Computacional y Aprendizaje Automático. Se aplicará este método a un motor trifásico de corriente alterna, describiendo los procesos y procedimientos utilizados para su realización.

1.1 Marco del Proyecto

En la actualidad una de las líneas de trabajo de toda empresa se centra en producir su producto y en la medida de lo posible reducir al máximo los costes. En particular en la industria se busca implementar sistemas más robustos y baratos, para ello la automatización juega un papel fundamental. *(El Hamzaoui, Y. 2014).*

Una parte importante de los gastos en ciertas industrias reside en el mantenimiento. Por un lado puede suponer un aumento en el rendimiento debido al conocimiento del estado de los equipos y programar paradas más

cortas y precisas en las líneas de los procesos. Por otro lado un ahorro en mantenimientos correctivos, puesto que la monitorización puede atajar defectos y averías en una fase inicial, sin llegar a la destrucción de los equipos. Además supone una mejora en la seguridad del proceso, puesto que desviaciones o fallos en la línea serían recogidos con el consiguiente aviso, que sin estar monitorizados podrían pasar desapercibidos en una primera fase.

En definitiva, automatizar el proceso de detección y diagnóstico de fallos, puede favorecer enormemente el desarrollo industrial de cualquier proceso. Esta tarea, haciendo uso de diferentes técnicas, se divide en varias fases:

- En un primer momento los sensores instalados detectarían una anomalía o fallo en el sistema. Es extensible a modos de funcionamiento que no tienen por qué producir fallo, por ejemplo diferentes regímenes nominales.
- Posteriormente se produce la diagnosis del modo de funcionamiento o fallo, se clasifica y se determina al tipo de modo o fallo que es. Además se podría conocer el lugar donde se ha producido, la intensidad del mismo y las causas que lo han producido.
- Por último se volvería al estado deseado o funcionamiento normal, corrigiendo la anomalía producida, eliminando el fallo.

1.2 Motivación

La detección de fallos o comportamientos anómalos se ha convertido en un pilar fundamental en el mantenimiento industrial, ya que a pesar de la inversión inicial permite un ahorro sustancial por pérdidas de rendimiento, paradas del proceso, seguridad, etc.

La ya instaurada industria 4.0, entre otras cosas, favorece la monitorización, control y tratamiento de cantidad de datos sobre variables a tener en cuenta que favorecen enormemente la detección de anomalías o pequeñas señales previas a funcionamientos incorrectos. Tal cantidad de información debe ser gestionada de manera eficiente, con criterios razonables y operativos para una detección y diagnóstico adecuados, así como lo suficientemente rápidos para que sean útiles. Es por este camino por donde las investigaciones van avanzando (Sainz, G.I., Juez, J., Moya, E.J., Perán, J.R., 2005).

En gran medida este trabajo busca poder aplicar toda esta rama del conocimiento y de la industria; aplicando diferentes técnicas de Inteligencia Computacional.

1.3 Objetivos

Los principales objetivos de este TFG son:

- Estudiar y comprender las tecnologías englobadas en el término Inteligencia Computacional (IC).
- Estudiar y comprender la metodología y dificultades de las aproximaciones basadas en datos.
- Estudiar y comprender los conceptos de los sistemas FDI (Fault Detection , Isolation)
- Diseñar e implementar una metodología basada en IC para la realización de un sistema de detección de fallos aplicado a un motor trifásico de corriente alterna.
- Analizar metodológicamente las prestaciones de las distintas alternativas de sistemas de detección de fallos.

1.4 Organización de la memoria

Los contenidos de esta memoria se organizan de la siguiente manera:

- **Capítulo 2: Fundamentos Teóricos.** En este capítulo se presentan resumidamente los conceptos teóricos más importantes de las técnicas que se han utilizado.
- **Capítulo 3: Propuesta: Técnicas de IC y ML.** En el tercer capítulo se describe la metodología utilizada, así como las etapas en que se divide para abordar el proceso de detección y diagnóstico de modos de

Capítulo 1: Introducción y Objetivos

funcionamiento o fallo, aplicando técnicas de Inteligencia Computacional (IC) y Machine Learning (ML).

- **Capítulo 4: Trabajo Experimental.** En este capítulo se presenta el trabajo realizado basado en la propuesta presentada en el capítulo anterior.
- **Capítulo 5: Resultados y Análisis** Es este quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos.
- **Capítulo 6: Análisis Sistema Detección.** Este capítulo recoge el estudio a la luz de los resultados del sistema de detección diseñado.
- **Capítulo 7: Conclusiones.** En el séptimo capítulo se encuentran las conclusiones del sistema diseñado y el trabajo realizado.
- **Capítulo 8: Bibliografía.** Finalmente se recogen las referencias bibliográficas utilizadas para la elaboración de este trabajo.

Capítulo 2

Fundamentos Teóricos

En este capítulo se destacan y desarrollan someramente los aspectos teóricos más relevantes de las metodologías y técnicas utilizadas.

2.1 Detección

Para describir correctamente en qué consiste la detección de fallos, debemos definir previamente qué es un fallo y como se clasifican. *“Un fallo puede definirse como un funcionamiento no óptimo o un producto fuera de especificaciones.”* (Stanley, 2020). En otras palabras un fallo es un estado en el que el sistema se aleja de su funcionamiento normal.

Una posible clasificación de los fallos:

- Por el origen o causa del fallo.
- Por la capacidad para predecirlos y/o detectarlos.
- Por la progresividad de la degradación que producen en los equipos, sistemas y procesos.
- Por los efectos que tienen en la seguridad de los usuarios.
- Por las consecuencias económicas y operativas que producen.

Los cambios producidos en el funcionamiento deben ser descubiertos y corregidos en el menor tiempo posible, además de con la mayor fiabilidad en el diagnóstico, para evitar daños mayores o irreversibles.

Una parte importante de esta detección radica en el aislamiento de las variables que intervienen de manera medible en el fallo, para su análisis y estudio.

Una vez que se ha detectado el fallo es primordial diagnosticar el tipo de fallo producido. Es evidente que el hecho de conocer que durante el proceso se ha producido fallo ya es útil para evitar degradaciones del proceso, los materiales y equipos. Un paso más será el saber qué tipo de anomalía se ha producido y atender al verdadero origen de este. El motivo principal es para un mantenimiento correctivo preciso e inmediato, otro puede ser el análisis para evitarlos en un futuro o detección de errores derivados de este; también para valorar la importancia dentro del proceso global y los pros y contras de la actuación para la corrección de estos fallos.

Existe gran cantidad de técnicas para la detección de fallos. A continuación se describen una serie de ellas:

- Atendiendo al **historial de los datos** recogidos por los sensores del sistema, la simplicidad hace que sea una opción rápida y fácil para el desarrollo. Algunas de las técnicas según este criterio son:
 - **Valores límite:** conociendo el historial del proceso se establecen unos valores a partir de los cuales se estaría produciendo un fallo.
 - **Técnicas estadísticas multivariantes:** Cuando hay una gran cantidad de variables se estudia la relación entre estas para la producción de fallos. Algunas técnicas son Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis Discriminante de Fisher (FDA), etc.
 - **Análisis de frecuencia:** teniendo en cuenta que cada fallo puede tener un patrón de amplitudes y frecuencias que lo representan, esta técnica se ayuda de estos patrones para la detección del fallo.
 - **Redundancia física:** cuando hay elementos iguales en el proceso, se compara la señal de salida entre los elementos.

- Otro tipo de técnicas son las **basadas en aproximaciones de Inteligencia Computacional o Sistemas Inteligentes**. A continuación se describen las más utilizadas:
 - **Lógica Difusa:** son sistemas que hacen posible el tratamiento de información imprecisa. Realizan la combinación de diversas variables de entrada definidas en términos de conjuntos borrosos a través de un conjunto de reglas que produce una o varias salidas (*Pueyo, 2005*).
 - **Sistemas Expertos:** generan reglas que relacionan el comportamiento de los datos con las causas que los han producido. (*González, 2011*)
 - **Redes Neuronales:** poseen capacidades de aprendizaje y adaptación, imitando el funcionamiento de los sistemas de neuronas biológicas en un nivel simplificado. Esto conlleva que para este entrenamiento existan datos de todos los casos posibles a estudiar. (*Irizar, 2005*)
 - **Búsqueda Causal:** Es una técnica centrada en el seguimiento de cada uno de los fallos hasta su origen o causa. Se basa en la representación de la causalidad mediante grafos directos dirigidos (*Tapia, 2017*).
 - **Algoritmos Genéticos:** Son técnicas adaptativas muy robustas utilizadas para la resolución de problemas de búsqueda, aprendizaje y optimización. Están inspirados en la evolución natural y genética de los de los organismos vivos (*Vasco, 2015*).

- Por último existen las técnicas **basadas en métodos analíticos**. La idea principal está basada en el procesamiento, utilizando una serie de algoritmos, de los valores de las entradas y salidas; se calcula su residuo. Esta diferencia se analiza para determinar si existe un fallo o no, cuando la diferencia es distinta de cero se podría estar dando un fallo. Estas técnicas destacan por su robustez. (*Villegas, 2012*)

2.2 Procesamiento de los datos

El **objetivo principal** del procesamiento de datos es su preparación para su utilización en etapas posteriores mediante algoritmos y técnicas que se basan en estos: data driven approaches.

Las muestras pueden presentar problemas durante el procesamiento, lo que conlleva un retraso y unos gastos económicos asociados. Es por esto que resulta básico y obligatorio preparar esa muestra de datos a analizar. Tratando estos datos en bruto y buscando favorecer la accesibilidad a la información de los mismos, para así poder realizar un análisis y que permita su utilización eficiente y productiva.

Algunos de los **problemas** que pueden presentar esas muestras de datos en bruto son (Hernández y Rodríguez, 2008):

- **Datos con ruido “Noisy Data”**: se pueden presentar por varias razones como errores en las medidas de los sensores, características propias del sistema, o errores en la transmisión de los datos.
- **Existencia de redundancia “Data Redundancy”**: en algunas muestras se pueden registrar datos muy parecidos y que no aportan una gran información, pero que sí que añaden complejidad al conjunto. Por esto es importante que la muestra represente los datos relevantes y los que no lo son no se incluyan.
- **Atributos faltantes o insuficientes “Missing Values”**: se da cuando en los datos registrados ciertos atributos no están completos. Este problema es crítico en los procesos de aprendizaje, ya que uno de los requisitos de este, es que se encuentren todos los casos posibles a estudiar.
- **Cantidad de datos elevada “High Amount of Data”**: el volumen de datos afecta a la velocidad del procesamiento y análisis, así como las exigencias de los equipos que lo realizan, ralentizando cuanto mayor es el volumen.
- **Poca cantidad de datos “Poor Data”**: de la misma manera cuando es necesario someter a aprendizaje, si el número de datos es pequeño, no se llevará a cabo correctamente este proceso de aprendizaje. Por lo general la cantidad de datos que se requiere suele ser elevada.
- **Múltiples fuentes de datos “Data Inconsistency”**: cuando existen diversas fuentes que registran los datos se pueden llegar a producir problemas o inconsistencias al unificar los datos.

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos

- **Datos desde múltiples niveles de granularidad “Data Inconsistency”:** para la comparación y análisis, si los datos se encuentran en niveles diferentes, puede resultar complicado.

Existen varias técnicas que mejoran su calidad para el análisis y palían gran parte de los posibles problemas anteriormente citados. Hay varias fases o tratamiento de los datos, pudiendo aplicar todos o los que resulten útiles para la muestra dada.

- **Limpieza de datos “Data Scrubbing”:** es la primera tarea a realizar. Implica el llenado de datos faltantes, eliminación de redundancias y corrección de inconsistencias.

Existen datos faltantes o missing values, esto puede deber a varias causas. La pérdida de datos puede clasificarse en (*Rubin, 1987*):

- Missing completely at random: la probabilidad de pérdida es la misma para todo el conjunto de datos.
- Missing at random: la probabilidad de pérdida de un dato depende de la información observada.
- Missing not at random: la probabilidad de pérdida de información está condicionada por los valores perdidos.

Para solucionar este problema de datos faltantes se pueden aplicar las siguientes técnicas:

- Analizar exclusivamente las muestras en las que todas las variables contienen información.
- Analizar con el conjunto de datos, a pesar de poder tener casos con información incompleta. Esto puede llevar a tener variables con mayor cantidad de información que otras.
- Ponderando, dando mayor peso a las muestras que están completas.
- Usando imputación numérica, completando los datos basándose en la información que contiene el resto del conjunto.

Completando esta limpieza de datos se incluye la búsqueda de outliers o aquellos valores que están fuera de rango. Son valores anómalos a analizar.

Otro método para conocer estos outliers es el de Grubbs que utiliza para su análisis el estadístico:

$$T = \frac{|X - \bar{X}|}{s} \quad (\text{Ec. 1})$$

Utilizando la media y la desviación típica. Si el valor calculado es mayor que el valor tabulado se puede rechazar ese dato en función del riesgo asumido.

(Han, J., Kamber, M., Pei, J. 2012)

- **Integración de datos “Data Integration”:** con el fin de mejorar la velocidad de análisis y la calidad de los datos se han de prevenir inconsistencias y redundancias en los datos. Con este fin se aplica el análisis correccional.

Para ello se cuantifica y mide cuanto están correlacionados dos datos, A y B, haciendo uso de la expresión:

$$\frac{P(A \wedge B)}{P(A)P(B)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Si el resultado de esta operación es la unidad, A y B no estarán relacionados. Cuando el resultado sea mayor a la unidad, la correlación será positiva y sin embargo si es menor, la correlación será negativa.

(Han, J., Kamber, M., Pei, J. 2012)

- **Transformación de datos “Data Transformation”:** esta sería la tercera fase del procesamiento con los procesos de generalización, agregación y suavizado o normalización de la muestra.

La **normalización o estandarización** lleva consigo un escalado de los atributos de las variables a un rango pequeño de valores. Los casos con diferentes variables con diferentes escalas entre ellas presentarían problemas de interpretación si no son normalizados sus datos. (Gil, W., Mora, J., Pérez, S. 2013)

Existen diferentes técnicas de normalización de datos, algunas son:

- o **Normalización Min-Máx:** se aplica una transformación lineal a los datos de partida. Utilizando los valores máximo y mínimo de

los datos se escalan los datos entre esos valores, por tanto mantiene la relación entre los valores originales.

$$\text{Valor Normalizado} = \frac{x_i - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (\text{Ec. 3})$$

- **Normalización Z-Score:** este otro tipo de normalización utiliza la media y la desviación estándar de los datos; ya que no se conocen los valores máximo y mínimo que los datos pueden alcanzar. Es una de las técnicas más utilizadas.

$$\text{Valor Normalizado} = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (\text{Ec. 4})$$

- **Reducción de datos “Data Reduction”:** última tarea a realizar. Tiene como objetivo conseguir una representación menor de la muestra pero sin perder su integridad. Una muestra más pequeña favorece la velocidad de procesamiento y la reducción de recursos a emplear. Algunas de las técnicas que se pueden emplear son:
 - **Reducción de la dimensión:** de esta manera se detectan y eliminan atributos que no son relevantes en el conjunto.
 - **Compresión de datos:** se reduce su tamaño sin perder la variabilidad.
 - **Reducción de la numerosidad:** los datos pequeños se sustituyen por modelos paramétricos de los mismos. Por ejemplo el clustering o el muestreo.
 - **Discretización:** consiste en reemplazar los datos por rangos en los que se encuentran.

(González, L. 2020)

2.3 Validación Cruzada

La Validación Cruzada o Cross-Validation es una técnica utilizada para evaluar los resultados de un análisis estadístico y garantizar que son independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. El procedimiento es repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medidas de evaluación sobre diferentes particiones. (Devijver, P., Kittler, J., 1982)

Existen diferentes tipos de validación cruzada en función de cómo se proceda a la división de los subconjuntos de datos de entrenamiento y test. Algunas de ellas:

- **Validación Cruzada de K iteraciones “K-fold Cross-Validation”**: los datos se dividen en K subconjuntos. Se entrena con uno de los subconjuntos y con el resto se prueba o prueba. Este proceso se repite durante K iteraciones, con cada uno de los posibles subconjuntos de test. Una opción es realizar la media aritmética de los resultados que se producen en cada iteración para obtener un único resultado. Presenta el inconveniente de ser un método lento desde un punto de vista computacional. (Joanneum, FH., 2005-2006)

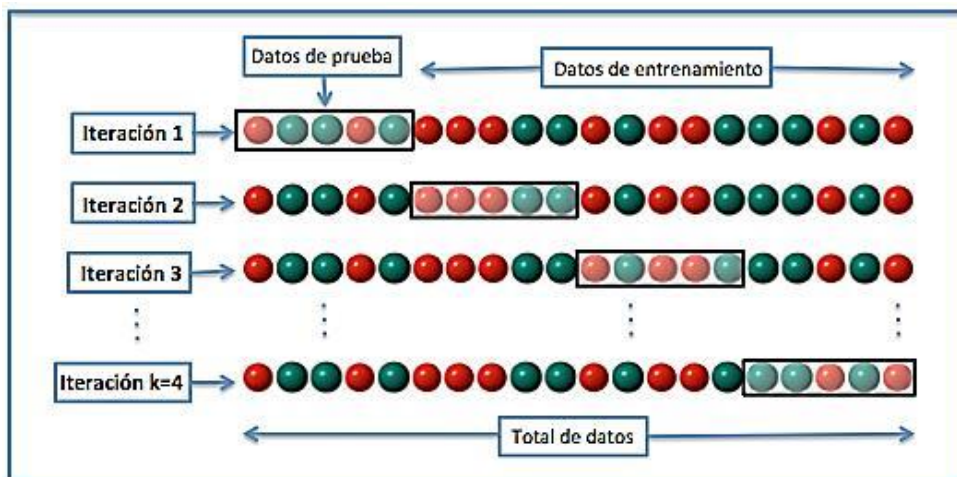


Fig. 1 Cross-Validation de K=4 Iteraciones. Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Validaci%C3%B3n_cruzada#/media/Archivo:K-fold_cross_validation.jpg

- **Validación Cruzada Aleatoria “Bootstrapping”**: se divide aleatoriamente el conjunto de datos de entrenamiento y el conjunto de datos de test. Posteriormente se calcula la media aritmética de los valores obtenidos en las divisiones. La principal ventaja es que la división de datos no depende del número de iteraciones. Una desventaja es que hay

muestras que se quedan sin evaluar y otras se evalúan más de una vez. (Moore, A., 2011)

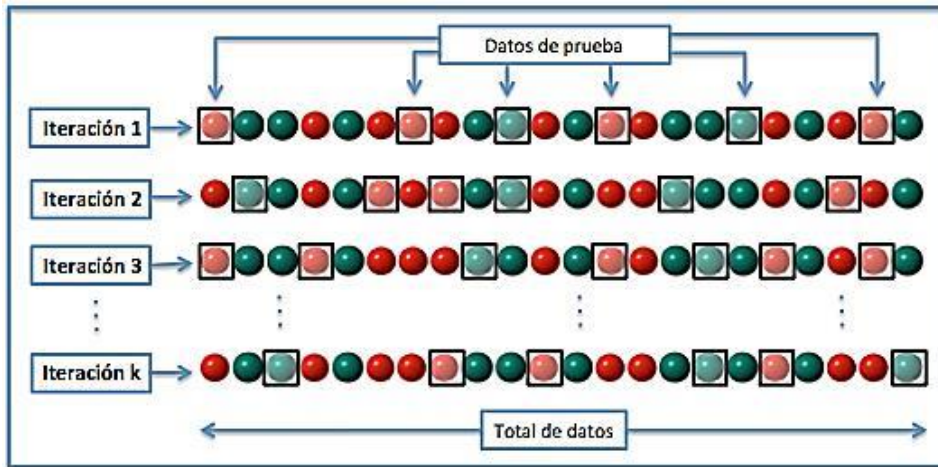


Fig. 2 Bootstrap Cross-Validation con k Iteraciones. Fuente:

https://es.wikipedia.org/wiki/Validaci%C3%B3n_cruzada#/media/Archivo:Random_cross_validation.jpg

- **Validación Cruzada dejando uno fuera “Leave-one-out cross-validation (LOOCV)”**: este método en cada iteración considera una única muestra para los datos de test y el resto de muestras se dedican al entrenamiento. Como ventaja presenta son los bajos errores que se producen; a su vez la principal desventaja es el coste computacional asociado, ya que tiene que realizar un elevado número de iteraciones, tantas como muestras se tengan, para cada uno analizar los datos tanto de entrenamiento como de test. (Elkan, C., 2011)

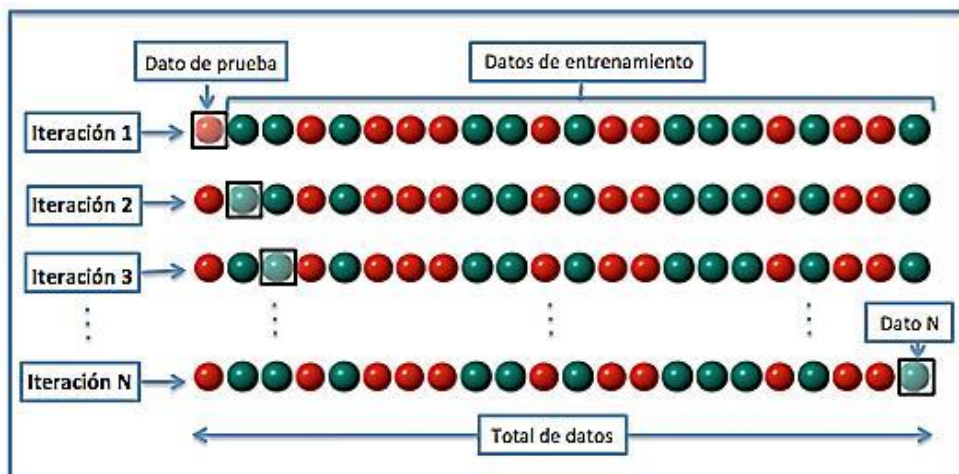


Fig. 3 LOOCV.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Validaci%C3%B3n_cruzada#/media/Archivo:Leave-one-out.jpg

Cabe destacar que si el método de predicción es costoso de entrenar, la validación cruzada será un proceso lento, ya que se entrenará en varias fases

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos

del proceso. A pesar de ello puede resultar importante realizar Validación Cruzada, ya que con Validación Simple, puedo haber un problema de varianza, porque depende del conjunto de datos que se consideren de entrenamiento y cuáles los de test. También al excluir parte de las observaciones como datos de entrenamiento, la capacidad de entrenar el modelo es menor.

2.4 Inteligencia Computacional: Sistemas Neurodifusos y Redes Neuronales

La Inteligencia Computacional (IC) se puede definir como una *“disciplina que busca dar claridad de acción ante situaciones de decisión confusas y que posee herramientas las cuales sirven para entender claramente la situación de decisión, extienden la memoria y la capacidad cognoscitiva y ayudan a superar la incertidumbre encontrando la mejor alternativa.”* (El Hamzaoui, 2014)

Entre otras, las ventajas que puede presentar implantar estos sistemas son: alto grado de acierto de las decisiones tomadas, incremento de la productividad, ahorro en tiempo y costes, autonomía y robustez de los sistemas implantados con esta tecnología.

Existen diferentes aproximaciones y técnicas que se engloban en este término: lógica difusa, redes neuronales, algoritmos genéticos, etc.

A continuación se hace una breve descripción de alguna de ellas, puesto que son las técnicas en las que se basa el presente proyecto.

2.4.1 Lógica Difusa:

“Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta un umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes.” (Lotfy A. Zadeh)

La Lógica Difusa *“Fuzzy Logic”* se refiere a los principios formales del razonamiento aproximado, considerando el razonamiento preciso (lógica clásica) como caso límite. Las características principales son su flexibilidad, tolerancia con la imprecisión, modelización de problemas no-lineales, y su base en el lenguaje natural. (Pueyo, 2005)

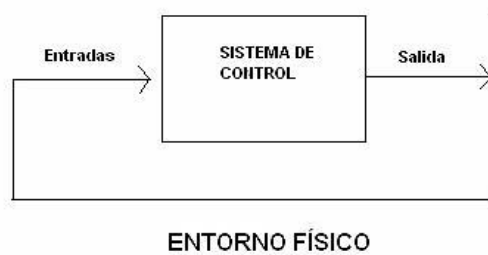


Fig. 4 Funcionamiento de Un Sistema de Control Difuso. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_difusa#/media/Archivo:SistemaDifuso.JPG

2.4.2 Redes Neuronales Artificiales (RNA):

El objetivo principal de las redes neuronales artificiales es la simulación del cómputo del cerebro humano en sistemas digitales. La capacidad de computar datos e ideas, que tienen los humanos, es altamente compleja. Dicha complejidad reside en la organización de la información en neuronas que hacen posible tareas como el reconocimiento de patrones, modelado, etc.; de forma más rápida a la que lo puede conseguir, a día de hoy, un sistema digital.

Esto se realiza mediante un procesador distribuido de forma masivamente paralela formada por el procesamiento simple de unidades que tienen una propensión natural a almacenar conocimiento experiencial y hacerlo disponible para su uso. (Haykin, 2009)

Las redes neuronales requieren un proceso de aprendizaje en el que adquirirán experiencia desde su entorno. También llamado algoritmo de aprendizaje y en el que se modifican los pesos sinópticos, que regulan las intensidades de conexión entre las neuronas.

Existe una gran variedad de redes neuronales que pueden ser clasificadas según diferentes criterios. (Ballesteros, 2017)

- **Según su arquitectura:** o lo que es lo mismo, según la disposición de sus neuronas. Estas se distribuyen generando capas que se organizan entre ellas para dar lugar a la red neuronal. Existen dos tipos:
 - o **Red neuronal monocapa:** solo cuentan con una capa de neuronas. Dentro de este grupo se encuentran aquellas que tienen conexiones a sí mismas, conocidas como auto recurrentes. Son muy utilizadas en circuitos eléctricos.

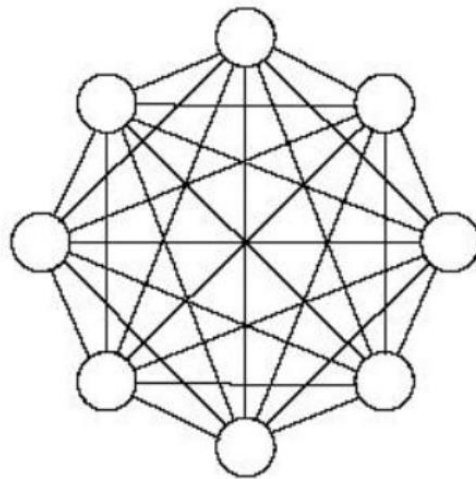


Fig. 5 Red Monocapa

- **Red neuronal multicapa:** a diferencia de las monocapa, estas están formadas por varias capas de neuronas.

Se pueden distribuir de dos maneras; en la primera de ellas las señales de las capas intermedias se dirigen hacia adelante, hacia la salida. Otra forma en la que algunas de las señales de salida o de las capas intermedias son devueltas hacia atrás.

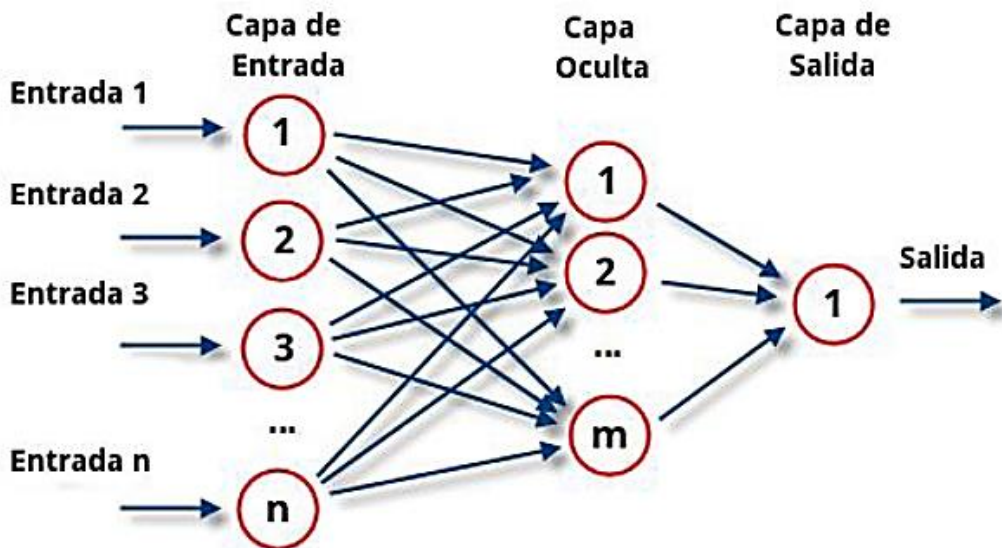


Fig. 6 Red Multicapa

- Según su aprendizaje:

- **Aprendizaje supervisado:** a la red se le presentan los datos de entrada y de la salida deseada. Con esto se consigue que se

vayan variando los pesos sinópticos hasta que la salida obtenida se parezca lo máximo posible a la salida deseada.

- **Aprendizaje no supervisado:** en su entrenamiento la red no cuenta con la salida deseada, únicamente con los datos de entrada. Utiliza la función de densidad de probabilidad de los datos para la extracción de patrones y reglas en conjunto de los datos de entrada.

2.4.2.1 Red Neuronal de Base Radial (RBF)

Estas redes neuronales son sistemas formados por varias capas con conexiones hacia delante. En cuanto una de las neuronas ocultas se activan, las neuronas de la capa de salida reacciona con una respuesta combinación lineal de las ocultas. (Colmenares, G.,2004)

La red RBF se considera una red altamente eficiente en su fase de entrenamiento y que responde muy bien ante un gran número de datos.

La estructura de este tipo de red está dividida en tres partes, una capa de entrada (encargada de la transmisión de señales a las neuronas ocultas de la red), la capa oculta (cuya función es realizar una transformación radial de carácter no lineal de los datos recibidos) y por último una capa de salida (que realiza una combinación lineal de las activaciones de la capa oculta).

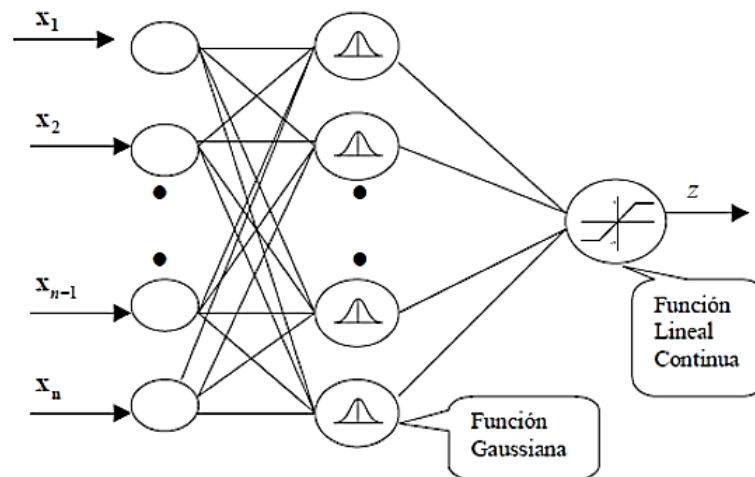


Fig. 7 Estructura Red Neuronal de Base Radial (RBF)

La capa oculta se regula por dos parámetros: centro y ancho. Normalmente existe un centro distinto para cada uno de los nodos. Respecto al ancho, este término se emplea para identificar cuál es la amplitud de la campana de Gauss originada por la transformación radial.

En un primer momento el nodo de la capa oculta se encarga de calcular cuál es la distancia euclidiana entre el vector de entrada (con n observaciones), a ese nodo en particular y al centro gravitatorio de ese nodo (c):

$$d = |x - c| = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2 + \dots + (x_n - c_n)^2} \quad (\text{Ec. 11})$$

Es uno de los parámetros de la entrada para activar las neuronas ocultas. Así la función radial suele tener un aspecto del tipo:

$$G = e^{(-d^2/a)} \quad (\text{Ec. 12})$$

Una vez se han activado los nodos de la capa oculta, se realiza la transformación lineal hasta la capa de salida. Para ello a cada una de las neuronas ocultas le corresponderá un peso (w) que multiplicado por la función de activación dará lugar a la función lineal continua de salida.

$$z = \sum w_i G \quad (\text{Ec. 13})$$

La parte del entrenamiento de este tipo de redes basa su aprendizaje en el cálculo de los centros, desviaciones y pesos de las capas ocultas.

Primeramente el algoritmo de entrenamiento se encarga de calcular cuáles son los centros y amplitudes de cada una de las neuronas de la capa oculta. Posteriormente, una vez que esas neuronas están definidas, el sistema calcula los pesos de las conexiones a la capa de salida y los umbrales de estas neuronas.

En lo que respecta al software utilizado en este trabajo para implementar esta red, existe el parámetro *spread*. El ajuste de dicho parámetro es determinante para que no se produzca *underlapping* que produce solapamiento por debajo de los puntos; y que tampoco se produzca *overlapping* que produce a su vez un mal ajuste por solaparse por encima.

En las figuras que siguen se pueden apreciar los efectos que se pueden dar. Este mal ajuste entre las salidas esperadas y las generadas conllevará unos modelos no óptimos, por lo que habrá que encontrar junto con el resto de parámetros, un *spread* adecuado que responda a una distribución como la figura 11.

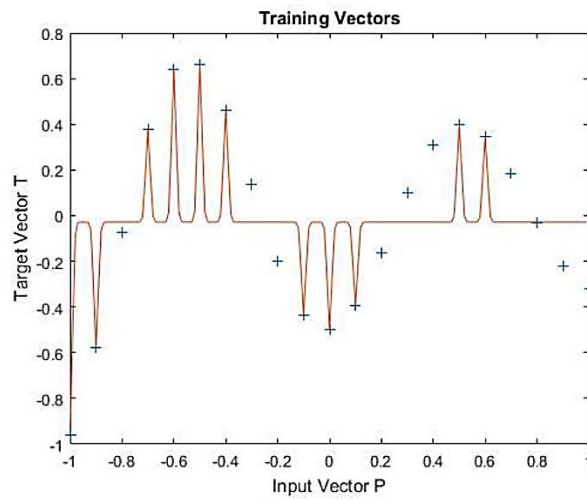


Fig. 8 Efecto Underlapping. Imagen obtenida de www.mathworks.com

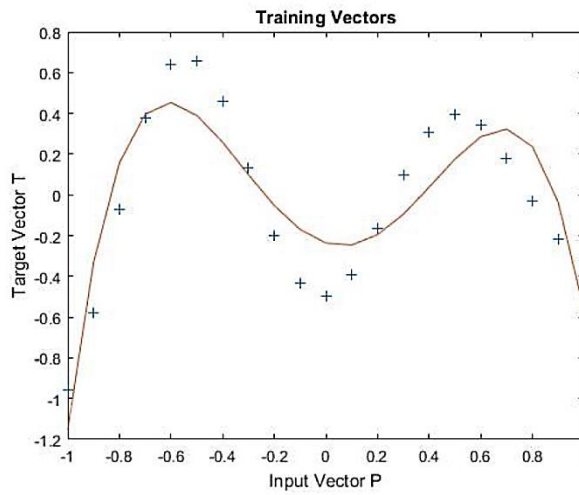


Fig. 9 Efecto Overlapping. Imagen obtenida de www.mathworks.com

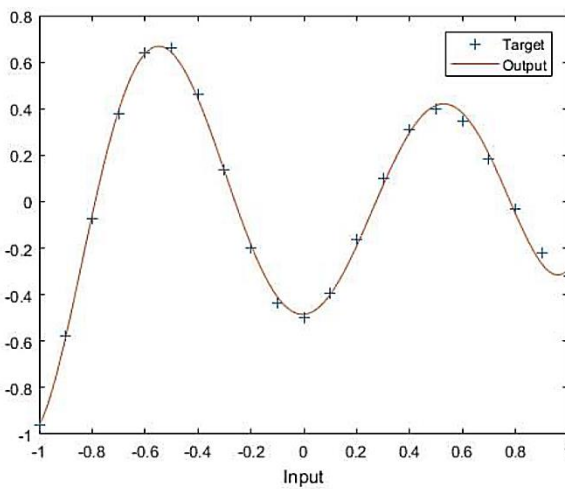


Fig. 10 Spread óptimo. Imagen obtenida de www.mathworks.com

2.4.2.2 Perceptrón Multicapa (MLP)

Otra de las redes neuronales utilizadas en el presente trabajo es la red Perceptrón Multicapa *Multilayer Perceptron*.

Es un algoritmo de entrenamiento supervisado, dividido en dos fases. Una primera fase en la que la red recibe los datos de entrada y los transmite hacia delante generando un valor de salida. Seguidamente este valor de salida es comparado con el valor esperado, produciendo un error. En la segunda fase esta información se transmite hacia atrás, produciendo un reajuste del proceso con el objetivo de optimizarlo. Variando los pesos de la función de activación para la corrección del error producido en la primera fase.

La estructura de esta red está compuesta por tres capas. La primera de entrada, la intermedia es una capa oculta y la tercera es una capa de salida.

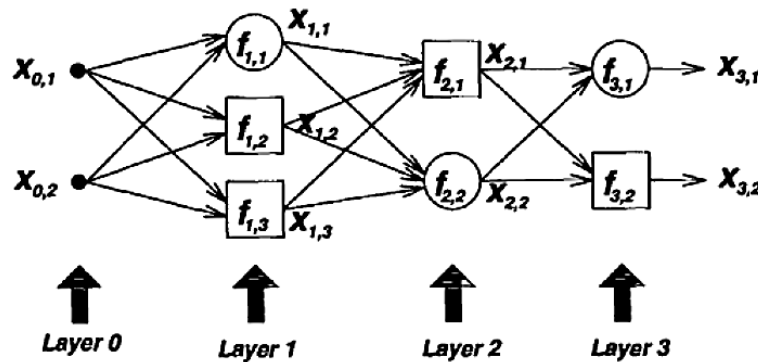


Fig. 11 Estructura Red Neuronal MLP

Es un algoritmo de entrenamiento supervisado, dividido en dos fases. Una primera fase en la que la red recibe los datos de entrada y los transmite hacia delante generando un valor de salida. Seguidamente este valor de salida es comparado con el valor esperado, produciendo un error. En la segunda fase esta información se transmite hacia atrás, produciendo un reajuste del proceso con el objetivo de optimizarlo. Variando los pesos de la función de activación para la corrección del error producido en la primera fase.

El cálculo de error de salida se medirá utilizando el método del error cuadrático medio, este error expresa la desviación elevado al cuadrado entre el valor estimado de la salida y el obtenido.

$$E_P = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N(L)} (d_k - x_{L,k})^2 \quad (\text{Ec. 14})$$

Capítulo 2: Fundamentos Teóricos

Siendo P el número de datos, d_k es la componente k -ésima del vector de valores deseados P y $x_{L,k}$ el valor de salida de la componente k -ésima con el vector de entrada P .

A continuación se realiza el cálculo de las derivadas parciales del error con respecto a los pesos que unen la última capa oculta con la de salida y a los que unen la capa de entrada con las primeras capas ocultas. γ es un parámetro conocido como factor de aprendizaje.

$$\Delta W = -\gamma \frac{\partial E_P}{\partial W} \quad (\text{Ec. 15})$$

De esta manera, se ajustan los pesos en función de los resultados de las derivadas. Para este fin, se recurre a algoritmos recursivos que comienzan por la capa de salida hasta la de entrada y van ajustando todos los pesos de la siguiente manera:

- Capa de salida:

$$W_{kj}^0(t+1) = W_{kj}^0(t) + \Delta W_{kj}^0(t+1) \quad (\text{Ec. 16})$$

- Capa oculta:

$$W_{ji}^h(t+1) = W_{ji}^h(t) + \Delta W_{ji}^{h0}(t+1) \quad (\text{Ec. 16})$$

2.4.3 Sistemas Neurodifusos:

“Son sistemas inteligentes híbridos que combinan de forma sinérgica el estilo de razonamiento tipo-humano de los sistemas difusos (o borrosos) con la estructura de aprendizaje y conexionista de las redes neuronales.” (Col. Wikipedia, 2021). Utiliza reglas IF-THEN.

Su interés reside en (Villada, García y Molina, 2011):

- Pueden aplicarse los mismos algoritmos de aprendizaje que en las redes neuronales.
- Son capaces de aportar integración al conocimiento.
- Pueden extraer conocimiento a partir de reglas de la muestra de datos.

Estos sistemas se basan en las neuronas difusas, estas simulan la morfología de una neurona.

2.4.3.1 ANFIS

ANFIS o sistema de interferencia difusa basa en red adaptativa, es una de las redes que se van a implementar en este trabajo. Es una red neuronal adaptativa basada en la implementación del modelo de inferencia difuso Takagi-Sugeno.

Genera modelos a partir de pares de datos de E/S.

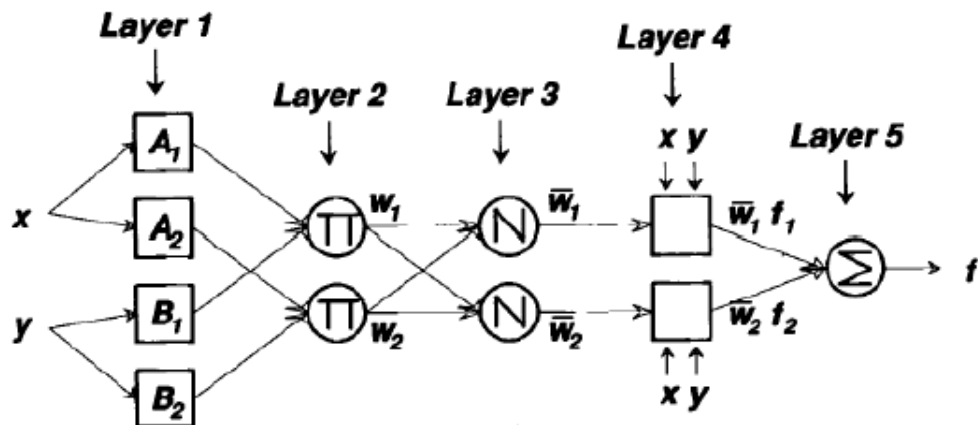


Fig. 12 Estructura ANFIS

En la figura 3 se observa como la estructura está formada por 5 capas, que a continuación se describen. (Jyh-Shing Roger Jang, 1997)

- **Capa 1:** los nodos de esta capa cumplen la función:

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \text{ para } i = 1,2 \tag{Ec. 5}$$

En esta función x e y representan los datos de entrada, $O_{1,i}$ indica la calidad de membresía de un conjunto difuso A y especifica el grado en que la entrada dada x (o y) satisface al cuantificador A.

Una de las funciones de membresía para este tipo de red puede ser la función de campana generalizada, que cuenta con el conjunto de parámetros a_i , b_i y c_i en función de los cuales la forma de esa campana varía obteniendo en consecuencia distintas funciones de membresía.

$$\mu_A = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b}} \tag{Ec. 6}$$

- **Capa 2:** este nodo tiene como resultado el producto de todas las señales de entrada que llegan a él.

$$O_{2,i} = w_i = \mu A_i(x) \cdot \mu B_i(y) \text{ para } i = 1,2 \quad (\text{Ec. 7})$$

Cada una de las salidas de los nodos de la segunda capa representa la fuerza de disparo de alguna de las reglas.

- **Capa 3:** en esta tercera capa, cada uno de los nodos calcula la fracción entre la potencia de disparo de la regla i y la suma de todas las fuerzas de disparo. Las salidas de estos nodos reciben el nombre de fuerzas de disparo normalizadas.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad (\text{Ec. 8})$$

- **Capa 4:** los nodos de la cuarta capa tiene una salida como la representada por la Ec. 9. Donde la potencia de disparo normalizada se multiplica por una función en la que q_i, p_i y r_i son distintos parámetros del nodo. Estos parámetros se denominan parámetros consecuentes.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (\text{Ec. 9})$$

- **Capa 5:** la última capa cuenta con un único nodo, encargado de calcular el sumatorio de las señales entrantes:

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (\text{Ec. 10})$$

2.5 Toma Decisiones: Operadores Difusos OWA-RIM

(Sánchez-Fernández, A., Fuente, M.J., Sainz-Palmero, G.I., Benítez, J.M., 2018)

Los operadores OWA (Yager, R., 1988) se definen como una función $F: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ asociado al vector ω

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_n) \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde $\omega_j \in [0,1]$ y $1 \leq j \leq n$, cumpliéndose, además, que

$$\sum_{j=1}^n \omega_j = 1 \quad (\text{Ec. 12})$$

Si se dispone de un conjunto de resultados $\langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \rangle$ como consecuencia de aplicar metodologías alternativas, y se ordenan de mayor a menor, resultando en $\langle \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n \rangle$, siendo β_1 el mayor y β_n el menor, el resultado de aplicar el operador OWA es:

$$F(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \sum_{j=1}^n \omega_j \beta_j \quad (\text{Ec. 13})$$

En (Yager, R., 1996) se presenta una forma de determinar los elementos del vector de pesos usando cuantificadores lingüísticos *fuzzy*. El vector ω de pesos asociado a un cuantificador Q se obtiene de la siguiente forma:

$$\omega_j = Q\left(\frac{j}{n}\right) - Q\left(\frac{j-1}{n}\right) \quad (\text{Ec. 14})$$

Con $j = 1, \dots, n$.

Existen gran variedad de cuantificadores lingüísticos del tipo Regular Increasing Monotone (RIM). En (X. Liu y S. Han, 2008) se recoge una serie de ellos.

El comportamiento del operador OWA va de un nivel más alto a un nivel menor de compensación. Para clasificarlos según su comportamiento:

$$orness(\omega) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (n-j)\omega_j \quad (\text{Ec. 15})$$

El valor del *orness* de un operador puede tomar valores entre 0 y 1. Cuando es superior a 0,5 el operador es tipo OR, pero si es inferior a 0,5, es del tipo AND.

Capítulo 3

Propuesta: Técnicas de IC y ML

3.1 Descripción de la Propuesta

En este capítulo se desarrolla la metodología utilizada para la detección y diagnóstico de fallos en un motor eléctrico trifásico de corriente alterna. En dicha metodología se utilizan técnicas de Inteligencia Computacional y Machine Learning, descritas en el capítulo de fundamentos teóricos.

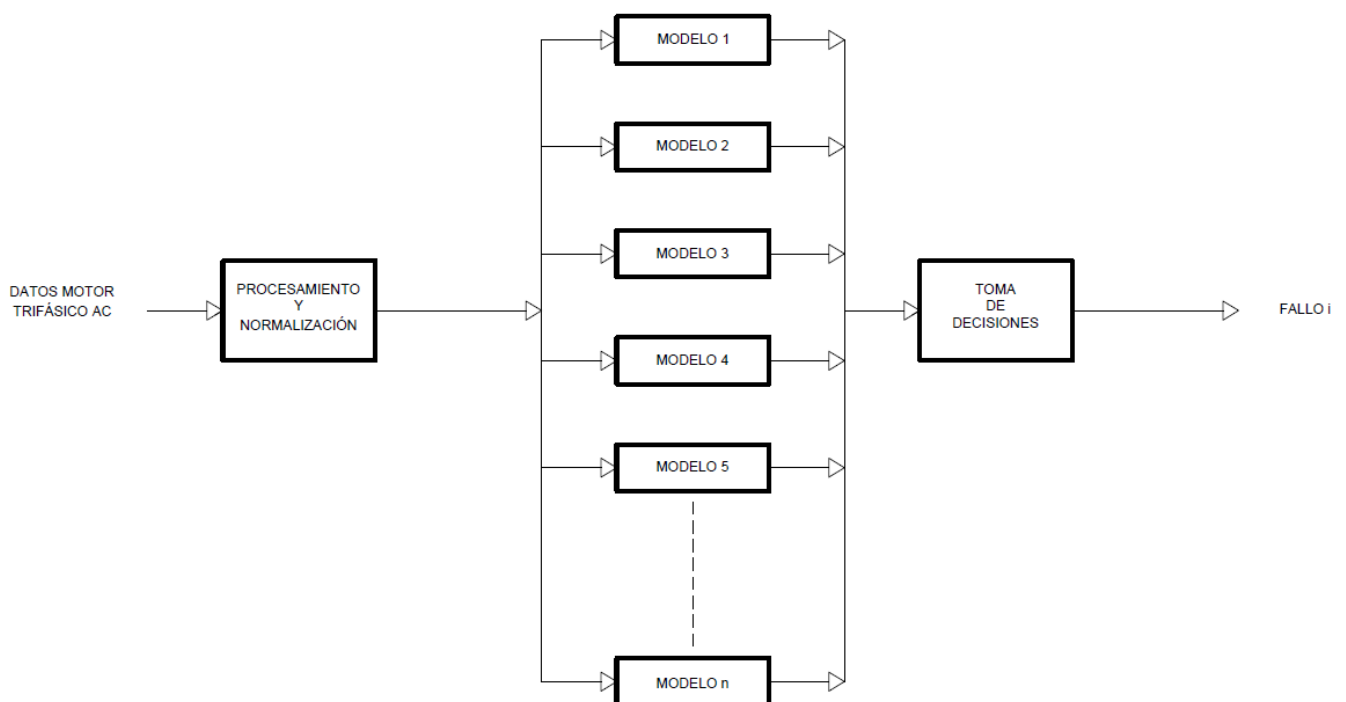


Fig. 13 Diagrama de Flujo Metodología

La finalidad última de la metodología seguida es que partiendo de los datos de diferentes variables medidas en el motor, generar un sistema de detección e identificación de los modos de funcionamiento o fallo que se están produciendo en el motor.

En la figura 15 está representado un diagrama de flujo general de la metodología a seguir. Representa de manera esquemática que partiendo de una entrada de datos procedentes del motor se obtiene como salida el o los modos de funcionamiento detectados en cada instante de tiempo; esta salida se obtiene al pasar los datos ya tratados por tantos modelos generados como modos de funcionamiento haya.

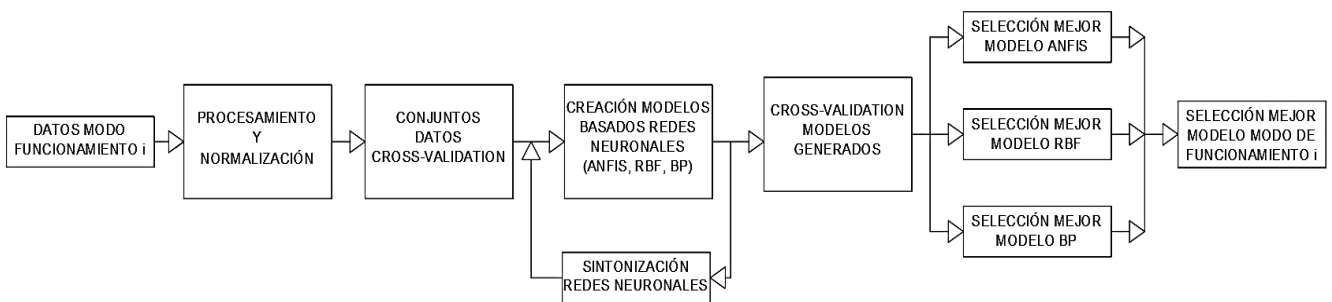


Fig. 14 Diagrama de Flujo Modelado Modo de Funcionamiento i

La figura 16 muestra el proceso para modelar cada modo de funcionamiento. En un primer lugar, a los datos obtenidos de las variables medidas se les someterá a un procesamiento y normalización para poder trabajar con ellos de la manera más adecuada.

El proceso continuará organizando esos datos, ya normalizados, en las diferentes combinaciones de conjuntos de datos para entrenamiento y test, para en las siguientes fases poder realizar la validación cruzada.

Seguidamente, para cada combinación de datos se generará un modelo con una sintonización determinada de la red neuronal con la que se esté trabajando.

Para realizar este trabajo se emplearán diferentes redes neuronales y sistemas neurodifusos. Se sintonizarán estas redes adecuadamente para cada modo de funcionamiento. Esta sintonización se llevará a cabo de manera experimental entrenando con los datos destinados a tal fin, obteniendo el error de entrenamiento para cada parametrización y modo de

funcionamiento; de la misma manera estos modelos se testearán para cada parametrización y modo de funcionamiento obteniendo un error de test.

Una vez se han obtenido tantos errores de entrenamiento y test, como combinaciones de conjuntos de datos y sintonizaciones hay; se procede a realizar la media aritmética de todos los valores de los errores, que serán tantos como combinaciones de la muestra de datos haya, para cada parametrización.

Con los errores de entrenamiento y test para cada parametrización, tras la validación cruzada, se escogerá, como modelo óptimo en cada tipo de red aquel que tenga menor error de test y un error de entrenamiento no disparado. Este proceso se realizará para cada modo de funcionamiento.

De esta manera se contará con $n \times k$ modelos, siendo n el número de modos de funcionamiento o fallos, y k el número de tipos de redes neuronales o sistemas neurodifusos utilizados.

Atendiendo al menor error de test se escogerá para un mismo modo de funcionamiento el modelo generado con un tipo de red de entre las utilizadas y su parametrización óptima. Por tanto ya se tendrá para cada modo de funcionamiento un modelo óptimo.

Seguidamente con estos modelos se formará un conjunto, siendo la dimensión de este conjunto la misma que la del número de modos de funcionamiento o fallo existentes.

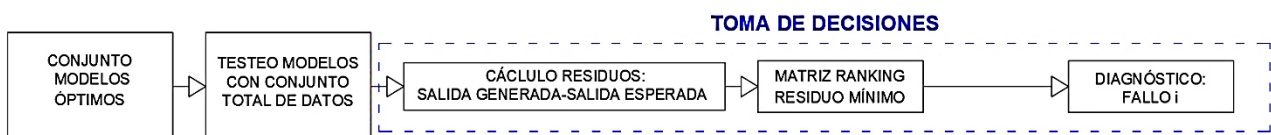


Fig. 15 Diagrama de Flujo Toma de Decisiones

A continuación se testean los modelos con el total de los datos, generando unas salidas. Habrá tantos vectores salida como modos de funcionamiento – modelos. Posteriormente se calcula el residuo de esta salida generada con la salida esperada.

Con estos residuos se genera una matriz, y en función del menor residuo se crea otra matriz ranking, que indicará la posición de menor a mayor que con que es diagnosticado el punto analizado. Es decir, si ocupa la posición 1 en el modelo 3, es que su residuo es el menor y por tanto lo detecta como modo de funcionamiento 3.

De esta matriz ranking ya se obtiene el modo de funcionamiento detectado y el resto de modos de funcionamiento en orden de menor a mayor diagnóstico.

Finalmente, como se observa en la figura 16, para comprobar las prestaciones del sistema se extrae la matriz de confusión; que se obtiene del número de veces que es diagnosticado el modo i como modo j, en función del número de datos. Al analizar esta matriz se conoce el grado de acierto del sistema generado.



Fig. 16 Diagrama de Flujo Análisis Acierto/Prestaciones Sistema

En los siguientes apartados se desarrollan estas tareas a realizar.

3.2 Fase 1: Procesamiento y Normalización de Datos

Tarea 1 – *Procesamiento y Normalización de Datos*

En primer lugar se aplicarán al conjunto de datos una serie de técnicas de procesamiento y normalizado, explicadas en el capítulo de aspectos teóricos. De esta manera se podrán utilizar adecuadamente en las siguientes fases del proceso. Por la naturaleza de los datos los trabajos a realizar serán los de: limpieza y normalización.

Tarea 1: Procesamiento y Normalización de datos

1: **for** ficheros fallo tipo 1:m **do**

2:
$$\mu = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n}$$

3:
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (x_i - \mu)^2}$$

```
4:         for datos fallo tipo 1:n do
5:             Limpieza datos
6:             Normalización Z-Score datos
7:              $x_{normalizado_i} = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$ 
8:         end for
```

3.3 Fase 2: Modelado de Fallos con Redes Neuronales

A continuación se procederá a la parte de experimentación propia de la generación de modelos con diferentes redes. Esta parte llevará consigo la sintonización de las diferentes redes para cada modo de funcionamiento y así conseguir la parametrización que produzca el menor error de test.

Tarea 2 - Creación Combinación Conjuntos de Datos– Cross -Validation

Es en este punto cuando se comenzará la tarea de validación cruzada, para ello se generarán de una misma muestra de datos combinaciones de conjuntos de datos de entrenamiento y de test.

Tarea 2: Conjuntos de datos

```
1:  for fallo i=1:n do
2:      comb_datos_fallo i=N°Ficheros
3:      datos_entrenamiento_fallo i_j=N°Ficheros-1
4:      datos_test_fallo i_j=Ficheros-datos_entrenamiento_fallo i_j
5:  end for
```

Tarea 3 - Creación Modelos / Sintonización Redes Neuronales

Sobre cada conjunto se construirá un modelo para cada tipo de red y con una parametrización concreta. Se deberán ajustar los parámetros que la definen con el fin de obtener los menores errores de test y entrenamiento.

Capítulo 3: Propuesta: Técnicas de IC y ML

Existe gran variedad de redes neuronales y neurodifusas, para este trabajo se utilizarán: sistemas adaptativos de interferencia neurodifusa (ANFIS), red neuronal de base radial (RBF) y la red MLP (MLP).

Las redes se entrenan con los conjuntos de datos de entrenamiento, estos consisten en las variables de entrada al motor, que son medidas de manera continua. La obtención de los errores se realizará comparando la salida, también medida, con la salida generada por el modelo. Por tanto un error alto de entrenamiento supondría que la salida generada en el entrenamiento (con los datos de entrenamiento) difiere mucho con la salida real (extraída de los datos de entrenamiento).

Tarea 3: Creación Modelos / Sintonización Redes Neuronales

```
1:  for fallo i=1:n do
2:      for comb_datos_fallo i_j=1:m do
3:          (error_entrenamiento(j), error_test(j))=Anfis(comb_datos_fallo_i(j))
4:      end for
5:
6:      for comb_datos_fallo i_j=1:m do
7:          (error_entrenamiento(j), error_test(j))=RBF(comb_datos_fallo_i(j))
8:      end for
9:
10:     for comb_datos_fallo i_j=1:m do
11:         (error_entrenamiento(j), error_test(j))=MLP(comb_datos_fallo_i(j))
12:     end for
13: end for
```

Tarea 4 - Cross-Validation Modelos Generados

Una vez generados los modelos para cada parametrización con todas las combinaciones de conjuntos de datos de cada muestra se calcula la media aritmética de los errores de test y entrenamiento obtenidos para una misma red y parametrización de esta.

Tarea 4: Cross-validation

```
1:  for fallo i=1:n do
2:      for sintonización j=1:m
```

Capítulo 3: Propuesta: Técnicas de IC y ML

```
3:         for combinaciones l=1:s
4:              $error_{entrenamiento}^j = \frac{\sum_1^l error_{entrenamiento}^l}{l}$ 
5:              $error_{test}^j = \frac{\sum_1^l error_{test}^l}{l}$ 
6:         end for
7:     end for
8: end for
```

Tarea 5 – Selección Mejor Parametrización por tipo de Red

Aquellos modelos que tengan el menor error de test, siempre y cuando el error de entrenamiento no se haya disparado, será el mejor modelo que se escogerá para el conjunto final.

Tarea 5: Selección Mejor Parametrización por tipo de Red

```
1: for fallo i=1:n do
2:     Mejor modelo anfis=min(error_entrenamiento, error_test)
3:
4:     Mejor modelo RBF=min(error_entrenamiento, error_test)
5:
6:     Mejor modelo MLP=min(error_entrenamiento, error_test)
7: end for
```

Tarea 6 – Selección Mejores Modelos

Una vez que se tienen los mejores modelos para cada red en función de sus parámetros, se elegirá para cada tipo de fallo el modelo óptimo de entre las tres redes posibles. El criterio utilizado será el menor error de test para cada modo de funcionamiento entre las tres redes, sin perder de vista el error de entrenamiento.

Tarea 6: Selección Mejores Modelos

```
1: for fallo i=1:n do
2:     for tipo de red j=1:m do
```

```
3:         Error_test_fallo_i (j)=error_test_red j
4:     end for
5:     Modelo_fallo i=min(Error_test_fallo_i)
5: end for
```

3.4 Fase 3: Toma de Decisiones

Tarea 1 – Testeo Modelos con Total de Datos

Cuando ya están los modelos asignados para cada modo de funcionamiento o fallo seleccionados, se volverá a testear con el conjunto de datos por cada modelo seleccionado. De esta manera se conseguirá la salida que genera cada modelo, y que posteriormente se utilizará para cuantificar la tasa de éxito en la detección y diagnosis del fallo.

Tarea 1: Testeo Modelos

```
1: for Modelos i=1:n do
2:     for total datos_entrada j=1:end do
3:         datos_salida(j)=Modelo_i(dato entrada j)
4:     end for
5: end for
```

Tarea 2 – Cálculo de Residuos

Posteriormente con el conjunto de modelos ya configurado y las salidas generadas por cada modelo se procederá a obtener los residuos. Los residuos permitirán conocer la diferencia entre los valores observados y los valores que predicen los modelos. Con estos residuos se construirá la toma de decisiones que permitirá diagnosticar el tipo de fallo que se está produciendo.

El residuo se calculará comparando la salida generada por cada modelo al introducirle el conjunto total de datos y la salida observada que se produce con esos datos de entrada. De esta manera los residuos nulos o muy pequeños deberían corresponder al conjunto de entradas en el intervalo en que se produce el fallo que corresponde al modelo coherente con esa entrada.

Tarea 2-1: Cálculo de Residuos

```
1: for Modelos i=1:n do
2:   Residuo_Modelo_i= datos_salida-salida_nominal
3: end for
```

En la tarea anterior, para cada modelo correspondiente a cada modo de funcionamiento se le introduce el conjunto de datos de entrada. Como se ha ido explicando, este modelo generará una salida acorde a como ha sido entrenado. Esta salida se restará con la salida observada, la salida registrada y medida para esos datos de entrada. Esta resta será el residuo con el que se determinará el grado de acierto que tiene el modelo para detectar el fallo para el que es óptimo. También en aquellos puntos en los que el residuo sea próximo a cero y no sea el modelo coherente con esas entradas, dará información de la tasa de falsos positivos que se producen.

Un modelo adecuado generará residuos próximos a cero en el intervalo de datos de entrada correspondientes a su modo de funcionamiento, y notablemente mayores en el resto del conjunto de datos de entrada.

Con estos residuos construiremos una matriz cuyas columnas son los vectores de los residuos calculados, por tanto habrá tantas columnas como modos de fallo haya. Las filas serán los residuos obtenidos para cada conjunto de valores de entrada en un punto.

Tarea 2 -2: Matriz de Residuos

```
1: for Modelos i=1:n do
2:   Matriz_Residuos (:,n)=Residuo_Modelo_i
3: end for
```

Tarea 3 – Matriz Ranking – Residuo Mínimo

Debido a la cantidad de datos se buscará ahora conocer cuando el residuo es adecuado, o lo que es lo mismo cuando el residuo es mínimo. Es decir, para un punto concreto con los mismos valores de entrada, el modelo que genere

el menor residuo, será aquel que mejor detecta ese punto como el modo de funcionamiento al que modela. De esta manera utilizando el operador mínimo se determinará para cada bloque de entradas que modelo detecta ese punto medido como modo de funcionamiento n .

Una solución es para cada punto medido establecer un ranking de entre todos los residuos generados por la diferencia entre la salida generada por cada modelo y la observada. De esta forma el residuo menor ocupará la primera posición y el residuo mayor la última posición.

Por tanto, creando una matriz con la posición en el ranking que ocupa cada residuo de la matriz de residuos permitirá estudiar cuantas veces en un intervalo de datos los residuos del modelo j ocupan los primeros puestos de este ranking.

La matriz ranking será una matriz $n \times m$ siendo n el número de datos y m el número de modelos expertos que hay.

Tarea 3: Matriz Ranking

```
1: for i=1:n do
2:     for Modelos j=1:m do
3:         ordena de menor a mayor
4:         ranking(i,j)=m
5:     end for
6: end for
```

Tarea 4 - Diagnóstico: Fallo i

Como consecuencia de la matriz ranking, para cada punto introducido a la caja negra que sería el sistema, mostraría un orden de detección. Ocupando las primeras posiciones estarían los modos de funcionamiento para los que su modelo coherente ha producido el residuo mínimo.

En definitiva, cuando los datos entren de manera continua, el sistema no construirá una matriz de ranking, si no que para cada punto de entrada, habrá un vector ranking, que ordenado de menor a mayor indicará de la misma manera que la matriz, la posición que ocupa cada modelo en la

Capítulo 3: Propuesta: Técnicas de IC y ML

detección y por tanto que modelo es al que más se asemeja la entrada; por tener residuo mínimo.

Tarea 4: Diagnóstico Fallo i

```
1: Residuo_Mínimo=sort (Residuos)
2: for i=1:n do
3:     for j=1:n do
4:         if Residuos(i)=Residuo_Mínimo(j) %Vectores por ser un punto
5:             ranking(i)=j
6:         end if
7:     end for
8: end for
9:
10: for i=1:n do
11:     if ranking(i)==1
12:         Printf ("Modo de Funcionamiento – Fallo i")
13:     end if
14: end for
```

Tarea 5 – Matriz de Confusión – Análisis

Paralelamente se construye a matriz de confusión que nos permitirá analizar la tasa de éxito del sistema. Partiendo de la matriz ranking para construir la matriz de confusión se suma el número de veces que el residuo es mínimo para cada modelo y fallo.

Tarea 5: Matriz de Confusión

```
1: for Modelos i=1:n do
2:     for j=1:end do
3:         if ranking(i,j)=mínimo
4:             identificar intervalo posición i
5:             m=m+1 % m=Nº de veces detectado
6:         end if % como i en el intervalo de datos del fallo j
7:     end for
8: end for
```

La matriz de confusión almacenará en la posición (i,i) las veces que detecta modo de funcionamiento i y es funcionamiento i .

En la posición (i,j) almacenará las veces que siendo modo de funcionamiento i lo detecta como modo de funcionamiento j .

En la posición (j,i) almacenará las veces que siendo modo de funcionamiento j lo detecta como modo de funcionamiento i .

De esta matriz se extraerán resultados como el número de veces que en un intervalo de datos coherente con cada modelo, dicho modelo tiene residuo mínimo y comparando con el total de puntos obtener la tasa de éxito. O lo que es lo mismo, de las veces que ese modo de funcionamiento tenía que ser detectado cuántas lo ha sido. De la misma manera para modelos que no deberían haber detectado como suyos pero tienen residuo mínimo.

En la toma de decisiones, el modelo que para un intervalo de datos más veces ocupe una posición baja del ranking, o lo que es lo mismo, el que sea mayor para una fila de la matriz de confusión, será el que el sistema detecta como modo de funcionamiento j (fila j de la matriz de confusión).

Como es lógico, en una situación ideal el mayor valor de esa fila lo ocupará el modelo coherente con los datos de entrada y no otros modelos. Esta matriz de confusión permitirá analizar lo adecuado y robusto que será el sistema diseñado, y el grado de acierto en la detección.

Cuando el sistema se implemente en un sistema de entrada de datos continuo, la propia matriz de ranking indicará punto por punto qué posición en la detección se encuentra cada modelo. Por tanto la matriz de confusión se convierte exclusivamente en una herramienta de análisis del sistema a implementar.

De esta manera la matriz indicará el porcentaje de éxito que tiene cada modelo experto para detectar cada modo de funcionamiento o fallo.

Capítulo 4

Trabajo Experimental

Durante este capítulo se desarrollará el procedimiento a emplear basado en la propuesta del capítulo anterior.

4.1 Caso de estudio:

El motor trifásico de corriente alterna sometido a estudio presenta las características de un motor industrial en el que se han sometido una serie de fallos no destructivo 15 en total.

Durante los fallos se han medido la intensidad y tensión por fase, así como el par motor de salida que se produce.

Los modos de funcionamiento o fallos generados son los siguientes:

- ***Funcionamiento Normal***
Responde al funcionamiento correcto con valores de entrada nominales.

- ***Desequilibrio Eléctrico Fase 1 / Fase 2 / Fase 3***
La intensidad y la tensión de esta fase descienden, provocando subidas en el resto de variables entrada y un descenso brusco en el par motor.
- ***Desequilibrio Mecánico***
Se produce un descenso en el par motor, sin tener una relación directa con las entradas. Puede deberse a un aumento de la carga.
- ***Fallo en Encoder***
Las variables de entrada trabajan a niveles nominales pero la recepción del par motor produce señales erráticas aumentándolo y disminuyéndolo fuera del rango nominal.
- ***Resistencia Estator Fase 1 / Fase 2 / Fase 3***
La variación de la resistencia en el estator produce un descenso en el par motor respecto al nominal.
- ***Descenso Intensidad Fase 1 / Fase 2 / Fase 3***
Se produce una bajada de intensidad en esta fase, lo que provoca un descenso del par motor y un aumento de intensidad en las otras fases.
- ***Caída Tensión Fase 1 / Fase 2 / Fase 3***
La tensión de la fase baja, manteniendo constantes el resto de variables de entrada dando lugar a una bajada seria en el par motor.

4.2 Metodología experimental:

En este apartado se describirá la metodología experimental utilizada para comprobar el procedimiento propuesto en el tercer capítulo de este trabajo.

4.2.1 Conjunto datos de partida:

Los datos de los diferentes modos de funcionamiento o fallo, están recogidos en un total de 42 ficheros, la distribución de los mismos por fallos es la siguiente:

Modo Funcionamiento / Fallo	Nº Ficheros	Nº Puntos Medidos
<i>Normal - MOD1</i>	4	14911
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-1 - MOD2</i>	6	21271
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-2 - MOD3</i>	4	15118
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-3 - MOD4</i>	4	14478
<i>Desequilibrio Mecánico - MOD5</i>	3	11172
<i>Fallo Encoder - MOD6</i>	6	18672
<i>Resistencia Estator Fase - MOD7</i>	2	10048
<i>Resistencia Estator Fase-2 - MOD8</i>	2	10048
<i>Resistencia Estator Fase-3 - MOD9</i>	2	10048
<i>Descenso Intensidad Fase-1 - MOD10</i>	1	2524
<i>Descenso Intensidad Fase-2 - MOD11</i>	1	2504
<i>Descenso Intensidad Fase-3 - MOD12</i>	1	2509
<i>Caída Tensión Fase-1 - MOD13</i>	1	4850
<i>Caída Tensión Fase-2 - MOD14</i>	1	4250
<i>Caída Tensión Fase-3 - MOD15</i>	1	4950

Tabla 1 Distribución datos y ficheros por fallo

Aunque más adelante se desarrollará, los ficheros de cada fallo se dividirán en ficheros de entrenamiento y de test. Destinando una proporción de 2/3 de los ficheros al entrenamiento y el tercio restante al test. Debido a que se utilizará el procedimiento de validación cruzada, se mantendrá la proporción pero alternando los ficheros.

4.2.2 Metodología seguida:

4.2.2.1 Procesamiento de los datos:

Para el sistema a estudio se procederá a realizar un procesamiento de los datos. Implicará la detección de valores extraños que se encuentren fuera de la muestra (Outliers), rastreo de posibles missing values y una normalización al conjunto de datos tipo z-score. Los detalles de estos procedimientos están recogidos en el capítulo 2.

Met. Experimental 1: Procesamiento de los datos

```
1: for Fallo i=1:15 do
2:     for Fichero j=1:end do
3:         Detección Outliers
4:         Rastreo Missing Values
5:         Normalización Z-Score
6:     end for
7: end for
```

4.2.2.2 Validación Cruzada (Cross-Validation)

Como ya se ha comentado a lo largo del trabajo, se aplicará validación cruzada para cada conjunto de parámetros en cada tipo de red, de esta manera los errores calculados serán la media del total de combinaciones para cada modelo según parámetros concretos dados.

En la Tabla 1 se indica el número de ficheros por fallo, se dedican dos tercios de los ficheros al entrenamiento de la red y el resto a al test. Para aplicar la validación cruzada se crearan tantas combinaciones de ficheros para entrenamiento y test como sea posible.

A continuación se indica en la Tabla 2 el número de combinaciones generadas para cada tipo de fallo. En los casos en los que el número de ficheros no permite mantenerlos enteros se ha dividido.

Capítulo 4: Trabajo Experimental

Modo Funcionamiento / Fallo	Nº Combinaciones
<i>Normal - MOD1</i>	4
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-1 - MOD2</i>	6
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-2 - MOD3</i>	4
<i>Desequilibrio Eléctrico Fase-3 - MOD4</i>	4
<i>Desequilibrio Mecánico - MOD5</i>	3
<i>Fallo Encoder - MOD6</i>	6
<i>Resistencia Estator Fase - MOD7</i>	2
<i>Resistencia Estator Fase-2 - MOD8</i>	2
<i>Resistencia Estator Fase-3 - MOD9</i>	2
<i>Descenso Intensidad Fase-1 - MOD10</i>	2
<i>Descenso Intensidad Fase-2 - MOD11</i>	2
<i>Descenso Intensidad Fase-3 - MOD12</i>	2
<i>Caída Tensión Fase-1 - MOD13</i>	2
<i>Caída Tensión Fase-2 - MOD14</i>	2
<i>Caída Tensión Fase-3 - MOD15</i>	2

Tabla 2 NºCombinaciones Cross-Validation

Se seguirá el procedimiento en cada red y combinación de parámetros, obteniendo tantos modelos para cada situación como combinaciones de ficheros hay para ese fallo. Estos modelos se convertirán en uno único con ese valor de los parámetros, y los errores de test y entrenamiento serán la media de todos.

Met. Experimental 2: Cross-Validation

```
1: for Fallo=1:15 do
2:     for Parámetros=1:m do
3:         for Combinaciones i=1:n do
4:             [Error Entrenamiento(i), Error Test(i)]=MLP
(Combinaciones_Datos
5:             Entrenamiento(i), Combinaciones_Datos Test(i), Parámetros,
6:             Combinaciones_Salidas Entrenamiento(i),
7:             Combinaciones_Salidas Test(i)]
8:         end for
9:         Error Entrenamiento_CV=media(Error Entrenamiento)
10:        Error Test_CV=media(Error Test)
11:    end for
12: end for
```

4.2.2.3 Creación de Banco de Modelos

Se pasará ahora a la generación de los modelos según las diferentes redes neuronales y sistemas neurodifusos.

La distribución de los ficheros es por modo de funcionamiento o fallo. Por tanto de estos ficheros unos estarán destinados al entrenamiento de la red y otros al test.

Los tres tipos de redes a utilizar implican un entrenamiento supervisado, ya explicado en el capítulo correspondiente a los fundamentos teóricos, se indicará la salida deseada para conjunto de datos de entrada en cada punto.

La salida generada se comparará con la salida observada (salida incluida en los ficheros), buscando la menor diferencia entre ambas. Para ello se aplicarán diferentes parametrizaciones de cada tipo de red y así conseguir diferentes modelos. Más tarde de entre esos modelos se escogerá el óptimo, que será aquel que tenga menores errores de test y entrenamiento. Sin descuidar los recursos computacionales que requieran; ya que muchas veces la disminución del error no es proporcional a la cantidad de recursos que implica generar esa red.

A continuación se describen los parámetros y características de cada red.

4.2.2.3.1 Experimentación ANFIS

Los parámetros que el software permite variar son los siguientes:

- Initial Step Size
- Step Size Decrease Rate
- Step Size Increase Rate
- Nº de Épocas

Buscando este comportamiento la parametrización en la experimentación vendrá dada por:

- Initial Step Size: 0.01
- Step Size Decrease Rate: 0.9
- Step Size Increase Rate: 1.1-1.5
- Nº de Épocas: 1-100

Capítulo 4: Trabajo Experimental

Met. Experimental 3: Creación Modelos con ANFIS

```
1: for Fallo=1:15 do
2:     for épocas=10:20:100 do
3:         for StepSizeIncreaseRate=1.1:0.2:1.5 do
4:             (Error Entrenamiento, Error Test)=anfis (Datos Entrenamiento,
5:             Datos Test, épocas, StepSizeIncreaseRate, Salidas
6:             Entrenamiento, Salidas Test)
7:         end for
8:     end for
9: end for
```

4.2.2.3.2 Experimentación RBF

Los parámetros utilizados en esta red son:

- DF
- Goal
- Spread
- N° de Neuronas

Procediendo de manera similar a la red anterior pero para estos nuevos parámetros el software indica que todas en conjunto pero en concreto el valor spread se debe estudiar su efecto en la red como ya se ha explicado en el capítulo de fundamentos teóricos.

Buscando este comportamiento la parametrización en la experimentación vendrá dada por:

- DF: 25 (por defecto en el software)
- Goal: 0.01 (por defecto en el software)
- Spread: 1-5
- N° de Neuronas: 10-50

Met. Experimental 4: Creación Modelos con RBF

```
1: for Fallo=1:15 do
```

Capítulo 4: Trabajo Experimental

```
2:   for Spread=1:1:5 do
3:     for N° Neuronas=10:10:50 do
4:       (Error Entrenamiento, Error Test)=RBF (Datos Entrenamiento,
5:         Datos Test, Spread, N° Neuronas, Salidas
6:         Entrenamiento, Salidas Test)
7:     end for
8:   end for
9: end for
```

4.2.2.3.3 Experimentación MLP

Los parámetros utilizados en esta red son:

- Goal
- Épocas
- N° de Capas

En esta red no hay un parámetro en exclusiva que indique el software que hay que tener especialmente en cuenta de manera aislada. Por se fijan los parámetros para encontrar exclusivamente el menor error de test y de entrenamiento, la experimentación será:

- Goal: 0.0
- Épocas: 0-500
- N° de Capas: 2-10

Met. Experimental 5: Creación Modelos con MLP

```
1: for Fallo=1:15 do
2:   for N°Neuronas=2:2:10 do
3:     for Épocas=0:25:500 do
4:       (Error Entrenamiento, Error Test)=MLP (Datos Entrenamiento,
5:         Datos Test, N° Neuronas, Épocas, Salidas
6:         Entrenamiento, Salidas Test)
7:     end for
8:   end for
9: end for
```

4.2.2.4 Elección Banco de Modelos

Una vez se han obtenido los modelos para cada combinación de parámetros, fallo y tipo de red se procede a la selección del modelo experto.

En una primera fase se selecciona el mejor modelo para cada fallo en cada red. Es decir, se seleccionan los mejores parámetros para cada fallo en una red concreta. El mínimo error de test será el que determine la elección, siempre y cuando el error entrenamiento no aumente demasiado entre una elección u otra.

De esta manera se obtienen los mejores modelos para cada red y fallo con una combinación de parámetros determinada.

Una vez que se han seleccionado los mejores modelos para cada fallo en cada red, se procede a escoger según el mismo criterio, aquel modelo que tenga menor error de test de entre las tres redes posibles. Así ya se tendrá el modelo experto para cada fallo.

El modelo experto para cada modo de funcionamiento o fallo es el mejor modelo de entre todos los generados con las redes ANFIS, RBF y MLP.

4.2.2.5 Cálculo de Residuos

Como se describió en el epígrafe 3.3; con el conjunto de modelos expertos se procederá a testear con los datos del total de modos de funcionamiento o fallos.

Se introducen todos los datos a cada modelo experto, obteniendo una salida generada por cada punto de entrada y que posteriormente serán utilizadas para calcular los residuos. Así tendremos tantos vectores de salidas como modelos expertos a los que se han introducido los datos, en total 15.

Cada vector de salidas generadas tendrá un intervalo en que sea más próximo a la salida real medida. Ese intervalo debe corresponder con los datos de entrada del fallo del modelo experto al que se están introduciendo los datos.

Para observarlo mejor se calcula el residuo, que consistirá en restar la salida generada con la salida medida. De esta manera obtenemos una matriz de

Capítulo 4: Trabajo Experimental

residuos de 15 columnas (una para cada modelo experto) y 137305 filas (una por cada punto medido).

Se desea ahora saber el orden de menor a mayor que ocupa el residuo de cada una de las posiciones de cada fila, aquella que ocupa la posición 1 es la que tiene un residuo menor y por tanto que mejor responde al modelo experto y detectaría como suyo. De esta manera se construye la matriz ranking, comparando todos los elementos de una fila e indicando el puesto que ocuparía en un ranking de mínimo residuo.

Estas matrices no son manejables, interesa saber el número de veces que tiene residuo mínimo en el intervalo del modo de funcionamiento i cuando pasa por el modelo experto j . Así se obtiene la matriz de confusión expuesta en el capítulo anterior.

Se irá construyendo esta matriz por filas, de manera que se leerá todo el intervalo que corresponde a un modo de funcionamiento y sumará el número de puntos que identifica como 1 en el ranking (menor residuo y salida generada muy próxima a salida medida) para cada columna que es lo mismo que decir para cada modelo experto. A continuación se construirá la siguiente fila para el siguiente intervalo de datos correspondientes al fallo i .

Met. Experimental 6: Matriz de Confusión

```
1:  for Intervalo Datos=1:15 do
2:      for Fallo j=1:15 do
3:          for i=1:1:Intervalo Datos (end) do
4:              if ranking(i,j)==1
5:                  m=m+1
6:              end if
7:          end for
8:          Matriz Confusión(nºIntervalo Datos,j)=m
10:         m=0
11:     end for
12: end for
```

De la misma manera que se obtiene una matriz de confusión para la primera posición, se construye también esta matriz para la primera terna de modos de funcionamiento o fallos detectados.

Capítulo 4: Trabajo Experimental

Esta matriz da la tasa de éxito con que se detecta cada modo de funcionamiento o fallo, o lo que es lo mismo lo adecuado que es el sistema escogido.

En el siguiente capítulo se analizarán estos resultados de las matrices junto con otra serie de resultados de la experimentación descrita.

Capítulo 5

Resultados y Análisis

En este capítulo se expondrán y analizarán los resultados obtenidos en cada fase del proceso hasta alcanzar el sistema de detección de modos de funcionamiento o fallos.

5.1 Procesamiento de Datos

En el epígrafe 4.2.2.1 ya se indicaba el tipo de procesamiento de los datos que se realiza a la muestra.

Los resultados de este procesamiento de datos y en concreto su normalización se pueden observar en la figura siguiente. En ella se representa la salida o par generado del motor en dos modos de funcionamiento diferentes, apreciando como a pesar de ver una bajada en el par, los datos se mantienen en el mismo orden de magnitud.

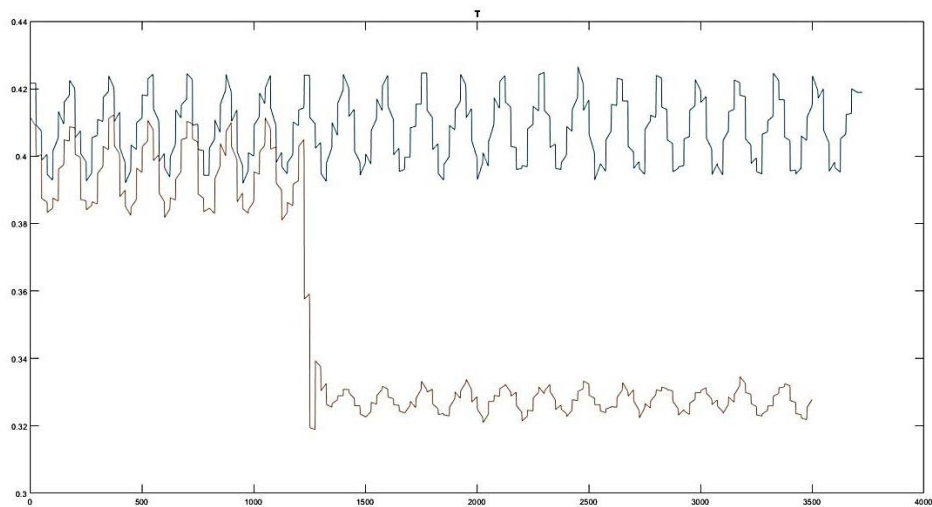


Fig. 17 Par Motor Nominal y con Fallo

Entre otras ventajas, este procesamiento de datos aporta:

- Definición de todas las variables y modos de funcionamiento en las mismas escalas numéricas.
- Acelerar el proceso de aprendizaje.
- Evitar desbordamientos y pérdidas de precisión.

5.2 Sistema de Detección de Fallos

En la metodología experimental ya descrita en capítulos anteriores, se continuará creando los modelos expertos con las redes neuronales elegidas (ANFIS, RBF y MLP). Estos se entrenan con los datos de entrenamiento de cada modo de funcionamiento o fallo.

El fin último es encontrar, la parametrización que permita un error de test y entrenamiento menor. Este error supone que cuanto menor sea mejor distingue un modo de funcionamiento de otro; o lo que es lo mismo, pone más celo en la clasificación de un dato como modo de funcionamiento.

En el Anexo A se encuentran las tablas correspondientes a la experimentación con cada conjunto de parámetros y para cada combinación de datos de entrenamiento y test, así como el resultado final de la validación cruzada; para cada modo de funcionamiento o fallo.

5.2.1 Basado en ANFIS

Para la creación de los modelos con este sistema neurodifuso se variarán los parámetros ya comentados en el capítulo anterior.

En la tabla que sigue se presentan los parámetros para los modelos con los que se obtiene menor error de test y entrenamiento. Es decir, los mejores modelos y sus parámetros para esta red y cada modo de funcionamiento o fallo.

Algoritmo	Modo de Funcionamiento	Parámetros				Error			
		Initial Step Size	Step Size Decrease	Step Size Increase	Nº Épocas	Mín. Test	Entrenamiento	Mín. Entrenamiento	Mín. Ent. - Ent.
ANFIS	NORMAL	0,01	0,9	1,5	50	0,00807	0,00367	0,00366	1,95E-06
	DES. ELÉCT. FASE 1	0,01	0,9	1,5	90	0,01089	0,00791	0,00791	0,00E+00
	DES. ELÉCT. FASE 2	0,01	0,9	1,5	30	0,04841	0,01189	0,01179	9,17E-05
	DES. ELÉCT. FASE 3	0,01	0,9	1,5	90	0,05485	0,00588	0,00588	0,00E+00
	DES. MECÁNICO	0,01	0,9	1,5	50	0,02001	0,00375	0,00374	1,02E-05
	ENCODER	0,01	0,9	1,1	50	0,03859	0,00465	0,00464	9,43E-06
	RESIST. ESTÁT. FASE 1	0,01	0,9	1,5	90	0,00594	0,00518	0,00518	0,00E+00
	RESIST. ESTÁT. FASE 2	0,01	0,9	1,5	70	0,00608	0,01582	0,01577	5,12E-05
	RESIST. ESTÁT. FASE 3	0,01	0,9	1,5	70	0,00631	0,00528	0,00526	1,81E-05
	FALLO INTEN. FASE 1	0,01	0,9	1,3	50	0,02263	0,00267	0,00230	3,67E-04
	FALLO INTEN. FASE 2	0,01	0,9	1,3	50	0,02690	0,01014	0,00896	1,18E-03
	FALLO INTEN. FASE 3	0,01	0,9	1,3	70	0,02955	0,00258	0,00236	2,21E-04
	CAÍDA TENSIÓN FASE 1	0,01	0,9	1,3	70	0,00572	0,00506	0,00494	1,24E-04
	CAÍDA TENSIÓN FASE 2	0,01	0,9	1,5	70	0,01050	0,01367	0,01363	3,72E-05
	CAÍDA TENSIÓN FASE 3	0,01	0,9	1,5	90	0,01363	0,00451	0,00451	0,00E+00

Tabla 3 Mejores Modelos ANFIS

Además de los mejores modelos para esta red y sus parámetros, en esta tabla están representados también los errores de test, que son los mínimos de entre todos los parámetros con los que se ha experimentado. Se puede observar que son valores de centésimas e incluso menores.

También están representados los errores de entrenamiento para esos modelos, también la diferencia que hay entre ellos y el mínimo error de test que se ha podido obtener en los diferentes modelos en la fase de experimentación. Se ve que esa diferencia es muy pequeña, por lo que se han escogido los mejores modelos con menor error de test y que además aseguran que el error de entrenamiento no se dispare; lo cual ya se había establecido como premisa en capítulos anteriores.

En resumen, los modelos escogidos para esta red presentan errores de test pequeños y sin que se dispare el error de entrenamiento, por lo que se les considera válidos por estas razones.

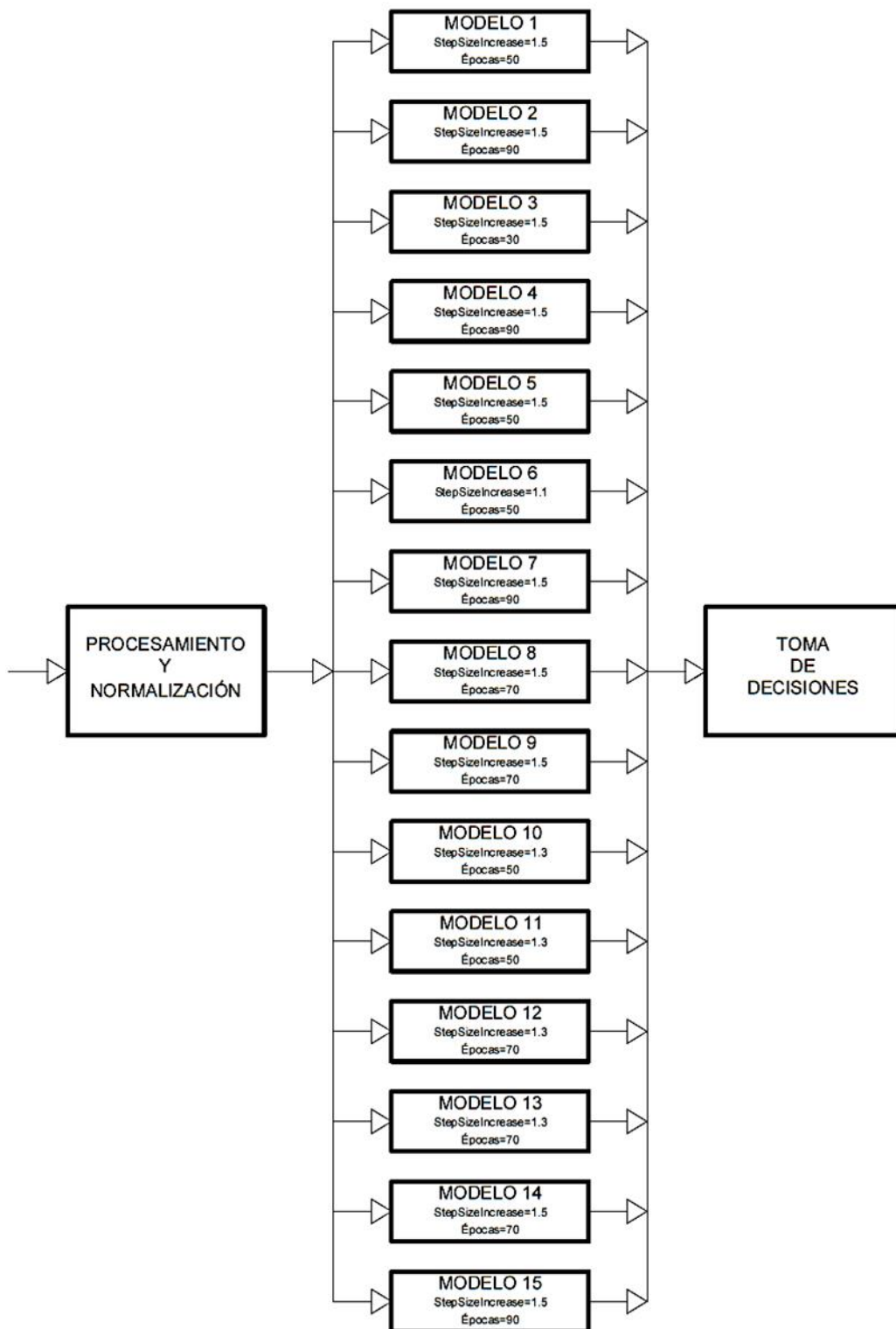


Fig. 18 Banco de Modelos basados en ANFIS

5.2.2 Basado en RBF

En cuanto a los modelos generados con redes neuronales basados en RBF, se procede de la misma manera pero con los parámetros propios de esta red.

Los resultados obtenidos para estos experimentos son:

Algoritmo	Modo de Funcionamiento	Parámetros				Error			
		DF	GOAL	SPREAD	Nº Neuronas	Mín. Test	Entrenamiento	Mín. Entrenamiento	Mín. Ent. - Ent.
RBF	NORMAL	25	0	5	10	0,00976	0,00818	0,00818	0,00E+00
	DES. ELÉCT. FASE 1	25	0	4	10	0,04703	0,04009	0,04002	6,61E-05
	DES. ELÉCT. FASE 2	25	0	1	10	0,02031	0,01868	0,01868	0,00E+00
	DES. ELÉCT. FASE 3	25	0	1	10	0,03321	0,03182	0,03182	0,00E+00
	DES. MECÁNICO	25	0	5	10	0,00936	0,00853	0,00853	0,00E+00
	ENCODER	25	0	3	10	0,01533	0,00991	0,00991	0,00E+00
	RESIST. ESTÁT. FASE 1	25	0	1	10	0,00910	0,00907	0,00907	0,00E+00
	RESIST. ESTÁT. FASE 2	25	0	2	10	0,00968	0,02815	0,02815	0,00E+00
	RESIST. ESTÁT. FASE 3	25	0	4	10	0,00941	0,00941	0,00941	0,00E+00
	FALLO INTEN. FASE 1	25	0	4	10	0,02635	0,01684	0,01624	5,99E-04
	FALLO INTEN. FASE 2	25	0	2	10	0,02562	0,05017	0,04736	2,82E-03
	FALLO INTEN. FASE 3	25	0	2	10	0,02519	0,01674	0,01484	1,89E-03
	CAÍDA TENSIÓN FASE 1	25	0	1	10	0,01499	0,01631	0,01631	0,00E+00
	CAÍDA TENSIÓN FASE 2	25	0	1	10	0,00805	0,04294	0,04294	0,00E+00
CAÍDA TENSIÓN FASE 3	25	0	5	10	0,01637	0,02061	0,01893	1,68E-03	

Tabla 4 Mejores Modelos RBF

Como para el caso anterior los errores de test están en un orden de magnitud de la centésima, siendo algo mejores que para ANFIS y los valores de errores de entrenamiento sucede de la misma manera que antes, que no se disparan.

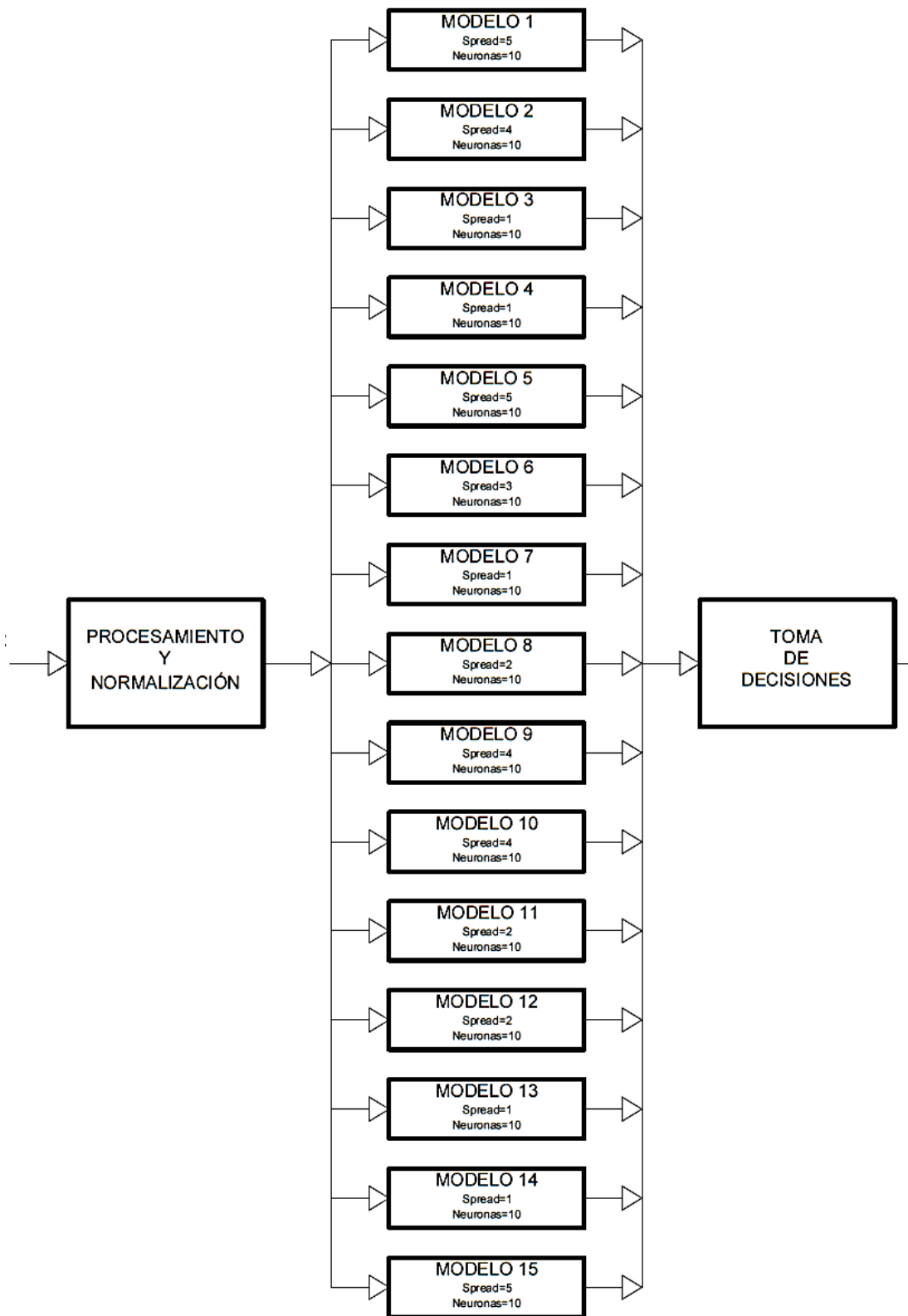


Fig. 19 Banco de Modelos basados en RBF

5.2.3 Basado en MLP

Para esta red neuronal procediendo de la misma manera, se varían los parámetros correspondientes y se obtienen los mejores modelos.

Los resultados obtenidos para estos experimentos son:

Algoritmo	Modo de Funcionamiento	Parámetros			Error			
		GOAL	Nº Épocas	Nº Neuronas	Mín. Test	Entrenamiento	Mín. Entrenamiento	Mín. Ent. - Ent.
BP	NORMAL	0	10	475	0,01081	0,00858	0,00858	0,00E+00
	DES. ELÉCT. FASE 1	0	10	500	0,01542	0,01361	0,01351	1,04E-04
	DES. ELÉCT. FASE 2	0	8	200	0,01717	0,01556	0,01522	3,41E-04
	DES. ELÉCT. FASE 3	0	10	375	0,01262	0,01059	0,01030	2,93E-04
	DES. MECÁNICO	0	10	400	0,01116	0,00959	0,00959	0,00E+00
	ENCODER	0	10	475	0,01552	0,00908	0,00900	7,55E-05
	RESIST. ESTÁT. FASE 1	0	10	50	0,00921	0,00921	0,00921	0,00E+00
	RESIST. ESTÁT. FASE 2	0	10	300	0,00972	0,02861	0,02845	1,53E-04
	RESIST. ESTÁT. FASE 3	0	10	225	0,00934	0,00933	0,00933	0,00E+00
	FALLO INTEN. FASE 1	0	8	450	0,02215	0,00676	0,00621	5,49E-04
	FALLO INTEN. FASE 2	0	6	375	0,02168	0,02050	0,02030	2,02E-04
	FALLO INTEN. FASE 3	0	8	275	0,02164	0,00617	0,00600	1,71E-04
	CAÍDA TENSIÓN FASE 1	0	10	75	0,00941	0,00994	0,00957	3,71E-04
	CAÍDA TENSIÓN FASE 2	0	10	250	0,00848	0,03032	0,02648	3,84E-03
	CAÍDA TENSIÓN FASE 3	0	8	375	0,00764	0,00777	0,00777	0,00E+00

Tabla 5 Mejores Modelos MLP

Los errores de test se encuentran en un rango pequeño por lo que son adecuados. Los errores de entrenamiento son pequeños y además siguen manteniendo pequeñas diferencias con los errores de entrenamiento mínimos obtenidos en la fase de experimentación, demostrando que no se disparan.

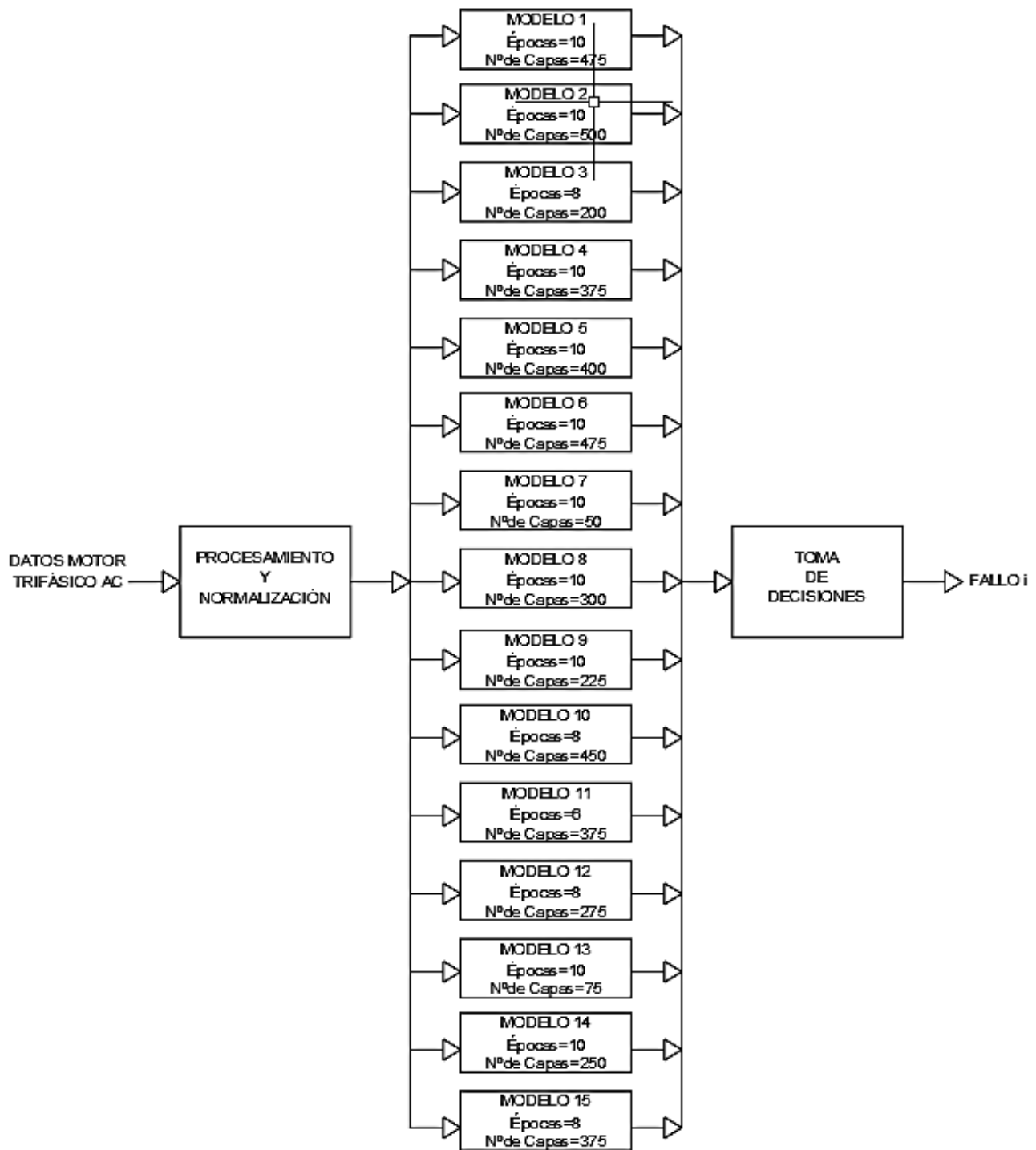


Fig. 20 Banco de Modelos basados en MLP

5.2.4 Híbrido en Base a los Mejores Modelos Neuronales

Una vez se tienen los mejores modelos para cada red y modo de funcionamiento o fallo, se escoge en función del mínimo error de test para cada fallo el mejor modelo de entre las tres redes. Estos modelos expertos serán los que formen el sistema de detección.

Modo de Funcionamiento	Red Neuronal - Sistema Neurodifuso	Error Test
NORMAL	ANFIS	0,00807
	RBF	0,00976
	BP	0,01081
DES. ELÉCT. FASE 1	ANFIS	0,01089
	RBF	0,04703
	BP	0,01542
DES. ELÉCT. FASE 2	ANFIS	0,04841
	RBF	0,02031
	BP	0,01717
DES. ELÉCT. FASE 3	ANFIS	0,05485
	RBF	0,03321
	BP	0,01262
DES. MECÁNICO	ANFIS	0,02001
	RBF	0,00936
	BP	0,01116
ENCODER	ANFIS	0,03859
	RBF	0,01533
	BP	0,01552
RESIST. ESTÁT. FASE 1	ANFIS	0,00594
	RBF	0,00910
	BP	0,00921
RESIST. ESTÁT. FASE 2	ANFIS	0,00608
	RBF	0,00968
	BP	0,00972
RESIST. ESTÁT. FASE 3	ANFIS	0,00631
	RBF	0,00941
	BP	0,00934
FALLO INTEN. FASE 1	ANFIS	0,02263
	RBF	0,02635
	BP	0,02215
FALLO INTEN. FASE 2	ANFIS	0,02690
	RBF	0,02562
	BP	0,02168
FALLO INTEN. FASE 3	ANFIS	0,02955
	RBF	0,02519
	BP	0,02164
CAÍDA TENSIÓN FASE 1	ANFIS	0,00572
	RBF	0,01499
	BP	0,00941
CAÍDA TENSIÓN FASE 2	ANFIS	0,01050
	RBF	0,00805
	BP	0,00848
CAÍDA TENSIÓN FASE 3	ANFIS	0,01363
	RBF	0,01637
	BP	0,00764

Tabla 6 Banco de Modelos por Modo de Funcionamiento y Tipo de Red

Capítulo 5: Resultados y Análisis

En la Tabla 6 se pueden ver los mínimos errores de test de cada red para cada fallo y en verde la red escogida por presentar el menor error de test.

Se observa que los errores de test de los modelos expertos no superan las 2,2 centésimas y en la gran mayoría está en torno a la centésima o por debajo. Por lo que atendiendo a este criterio son modelos expertos muy aceptables.

A modo resumen en la Tabla 7 se encuentran los modelos expertos, su red, el error de test y sus parámetros característicos.

Modo de Funcionamiento	Red Neuronal - Sistema Neurodifuso	Error Test	Error Entrenamiento	PARÁMETROS			
				Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (50)
NORMAL	ANFIS	0,00807	0,00367	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (50)
DES. ELÉCT. FASE 1	ANFIS	0,01089	0,00791	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (90)
DES. ELÉCT. FASE 2	BP	0,01717	0,01556	Goal (0,0)	Épocas (8)	Nº deCapas (200)	
DES. ELÉCT. FASE 3	BP	0,01262	0,01059	Goal (0,0)	Épocas (10)	Nº deCapas (375)	
DES. MECÁNICO	RBF	0,00936	0,00853	DF (25)	Goal (0,0)	Spread (5)	Neuronas (10)
ENCODER	RBF	0,01533	0,00991	DF (25)	Goal (0,0)	Spread (3)	Neuronas (10)
RESIST. ESTÁT. FASE 1	ANFIS	0,00594	0,00518	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (90)
RESIST. ESTÁT. FASE 2	ANFIS	0,00608	0,01582	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (70)
RESIST. ESTÁT. FASE 3	ANFIS	0,00631	0,00528	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,5)	Épocas (70)
FALLO INTEN. FASE 1	BP	0,02215	0,00676	Goal (0,0)	Épocas (8)	Nº deCapas (450)	
FALLO INTEN. FASE 2	BP	0,02168	0,02050	Goal (0,0)	Épocas (6)	Nº deCapas (375)	
FALLO INTEN. FASE 3	BP	0,02164	0,00617	Goal (0,0)	Épocas (8)	Nº deCapas (275)	
CAÍDA TENSIÓN FASE 1	ANFIS	0,00572	0,00506	Initial Step Size (0,01)	Step Size Decrease (0,9)	Step Size Increase (1,3)	Épocas (70)
CAÍDA TENSIÓN FASE 2	RBF	0,00805	0,04294	DF (25)	Goal (0,0)	Spread (1)	Neuronas (10)
CAÍDA TENSIÓN FASE 3	BP	0,00764	0,00777	Goal (0,0)	Épocas (8)	Nº deCapas (375)	

Tabla 7 Banco de Modelos

El sistema de detección estará formado por 6 modelos basados en ANFIS, 3 basados en RBF y 6 en MLP.

El siguiente paso será obtener las salidas que este sistema genera con cada modelo experto y comprobar que detecta en el rango de datos que corresponde al modo de funcionamiento o fallo para el que es experto.

5.3 Cálculo de Residuos, Matriz Ranking y Matriz de Confusión

Como ya se ha explicado anteriormente, se introducen todos los datos de entrada a cada modelo del banco de modelos escogido, generando las salidas correspondientes a cada punto medido.

Las salidas generadas deben ser casi idénticas a las salidas observadas para el intervalo de datos con el que ese modelo es coherente, para el modo de funcionamiento que ha sido diseñado. En el resto de los puntos la diferencia entre la salida generada y la observada debe ser mucho mayor, de esta manera detectará exclusivamente el modo de funcionamiento que le corresponde.

El método seguido para medir esta diferencia es el cálculo de los residuos, la diferencia entre la salida generada por el modelo y la que se ha medido en el motor AC.

En el apartado 4.2.2. del presente trabajo se calcula la matriz de residuos y a partir de ella la matriz ranking. En esta matriz ranking se indica en orden ascendente la posición que ocupa el residuo calculado. Teniendo los primeros puestos los residuos menores y los últimos puestos los mayores. De esta manera el valor 1 en una fila corresponde a la posición / modelo que su salida produce menor residuo, o lo que es lo mismo, que más se adecua a la salida esperada; por tanto el que mejor lo detecta.

Esta matriz ranking se ha generado para la muestra de datos, pero cada fila de esa matriz será lo que el sistema irá entregando cuando los datos del motor vayan entrando de manera continua. Obteniendo el diagnóstico del modo de funcionamiento o fallo.

También resulta útil calcular cuánto tiempo tarda en detectarse el fallo i desde que se empieza a producir. Este tiempo de detección se ha calculado identificando el primer puesto 1 dentro del intervalo de datos que corresponden al modo de funcionamiento i en la matriz ranking.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

El valor recogido en la tabla para cada modo de funcionamiento o fallo, es la posición o el número de puntos que pasan desde el inicio del intervalo de datos correspondientes a ese fallo y el punto en el que lo empieza a detectar.

Se puede observar que en más de la mitad de los modos de funcionamiento, la detección se produce desde el inicio, en aquellos que es más desfavorable aun así son poco puntos los que recorre sin detectar desde el inicio, comparado con el total de puntos que tiene el intervalo. Así por ejemplo el modo de funcionamiento 6 se detecta en el punto 51 y el intervalo de datos contiene 26094 puntos en total.

En resumen este tiempo es relativamente pequeño, por lo que la señal de preaviso o alarma alertaría rápidamente en nuestro sistema. Con estos resultados sería fácil poner en preaviso al equipo de mantenimiento sobre el posible fallo para: variar o parar las variables de entrada, ver la evolución del fallo, etc. Por tanto de cara a un sistema industrial vigilado son buenos resultados del tiempo de detección. Esto es un aspecto a tener en cuenta para realizar las acciones indicadas sin que se llegue a un deterioro del motor.

TIEMPO DETECCIÓN	
MOD1	1
MOD2	1
MOD3	1
MOD4	1
MOD5	1
MOD6	51
MOD7	1
MOD8	1
MOD9	2
MOD10	38
MOD11	35
MOD12	20
MOD13	1
MOD14	24
MOD15	24

Tabla 8 Instante Inicio Detección

Capítulo 5: Resultados y Análisis

Ahora se calcula el número de veces que cada fallo es detectado en los diferentes intervalos de datos. Como se ha ido explicando, el modo de funcionamiento o fallo será detectado cuando el residuo sea mínimo o lo que es lo mismo, cuando el valor sea 1 en la matriz de ranking. Se crea así la matriz de confusión de la tabla 9.

Vemos en esta matriz que como es lógico los valores de la diagonal son mayores que el resto de los de la fila. Así debe ser, ya que esta posición indica el número de veces que el modelo i detecta el fallo i para el que ha sido diseñado como óptimo y para los datos que es coherente.

El resto de las posiciones de la fila deben tener un valor pequeño, pues esto supone que el modelo apenas ha detectado otros datos correspondientes a otros modos de funcionamiento, es decir falsos negativos. En el siguiente capítulo se entrará en detalle de por qué estas posiciones no son siempre debido a la naturaleza del sistema.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

DETECCIONES

	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6	MOD7	MOD8	MOD9	MOD10	MOD11	MOD12	MOD13	MOD14	MOD15
FALLO 1	6077	2114	191	0	1872	312	1223	1125	1415	0	0	0	582	0	0
FALLO 2	48	13658	10	2501	416	584	67	66	39	38	98	1052	63	396	2235
FALLO 3	451	527	8658	1188	810	1323	174	349	238	0	9	6	117	1230	38
FALLO 4	174	189	35	5417	1648	1749	60	40	114	4	14	7	364	973	3690
FALLO 5	2204	1317	1220	0	1973	939	1003	1170	899	0	0	0	447	0	0
FALLO 6	4020	2691	1820	61	1652	2998	1876	1835	1069	0	0	0	645	5	0
FALLO 7	560	457	1559	0	942	828	4249	559	647	0	0	0	247	0	0
FALLO 8	664	645	869	0	1073	743	711	4622	559	0	0	0	162	0	0
FALLO 9	742	472	1303	0	1069	654	589	697	4290	0	0	0	232	0	0
FALLO 10	29	29	11	0	3	9	21	9	8	981	595	618	21	160	30
FALLO 11	26	7	1	0	1	6	18	27	22	636	872	376	15	321	176
FALLO 12	19	25	10	0	1	8	5	6	49	796	382	541	2	374	291
FALLO 13	25	37	0	0	2	0	15	17	15	34	278	532	3222	309	364
FALLO 14	2	9	7	6	5	6	21	11	9	5	621	490	16	2677	365
FALLO 15	75	80	2	0	7	0	25	42	132	0	68	491	58	643	3327

Tabla 9 Puntos Detectados en base al Menor Residuo en una Muestra de 154775 Puntos.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

A continuación se calcula la matriz de confusión indicando el % de éxito con que detecta el modo de funcionamiento i . No es más que la matriz anteriormente expuesta dividido entre el número de puntos medidos totales en ese intervalo. Es decir, el número de veces detectado entre el número de puntos que debería haber sido detectado.

Debido a la naturaleza de la variable de salida, se dan las 3 opciones demás probables con su correspondiente índice de los modos de funcionamiento o fallo que se estén produciendo.

Así se obtiene la matriz de confusión recogida en la Tabla 10.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

% ÉXITO															
MOD / FALLO	MOD1	MOD2	MOD3	MOD4	MOD5	MOD6	MOD7	MOD8	MOD9	MOD10	MOD11	MOD12	MOD13	MOD14	MOD15
FALLO 1	84,47%	50,36%	9,72%	0,01%	50,22%	7,59%	27,23%	24,92%	32,47%	0,00%	0,00%	0,00%	12,80%	0,00%	0,00%
FALLO 2	0,98%	98,06%	1,52%	43,72%	12,20%	13,21%	2,12%	1,61%	0,84%	7,68%	27,33%	31,93%	1,36%	10,66%	46,78%
FALLO 3	9,44%	12,36%	87,30%	62,11%	24,45%	45,69%	5,21%	7,72%	4,93%	0,11%	0,17%	0,13%	3,52%	32,60%	4,26%
FALLO 4	3,28%	4,07%	7,98%	94,72%	39,59%	37,66%	1,37%	1,37%	3,32%	0,16%	0,30%	1,19%	8,50%	42,64%	53,87%
FALLO 5	52,09%	42,50%	27,79%	0,13%	52,45%	26,23%	28,96%	32,47%	24,76%	0,00%	0,00%	0,00%	12,59%	0,03%	0,00%
FALLO 6	57,49%	38,38%	34,96%	1,72%	23,32%	55,75%	29,93%	28,44%	20,03%	0,00%	0,00%	0,00%	9,83%	0,10%	0,05%
FALLO 7	19,83%	16,39%	50,85%	0,00%	49,04%	35,28%	82,09%	15,97%	20,23%	0,00%	0,00%	0,00%	10,31%	0,00%	0,00%
FALLO 8	22,58%	23,43%	40,84%	0,00%	47,43%	29,11%	25,27%	84,77%	20,81%	0,00%	0,00%	0,00%	5,75%	0,00%	0,00%
FALLO 9	24,55%	18,04%	43,90%	0,00%	51,88%	29,99%	20,08%	22,09%	81,28%	0,00%	0,00%	0,00%	8,18%	0,00%	0,00%
FALLO 10	2,85%	2,69%	1,07%	0,00%	0,52%	1,03%	2,61%	1,19%	0,87%	87,08%	90,85%	85,22%	2,22%	14,78%	7,01%
FALLO 11	2,88%	0,60%	0,84%	0,00%	0,24%	0,44%	1,92%	2,32%	1,64%	78,47%	85,94%	53,67%	1,04%	42,53%	27,48%
FALLO 12	1,79%	1,83%	1,00%	0,00%	0,28%	0,76%	0,84%	0,72%	3,11%	59,27%	90,51%	90,35%	0,32%	25,71%	23,52%
FALLO 13	2,12%	4,70%	0,00%	0,25%	0,12%	0,00%	2,25%	1,42%	1,22%	5,24%	54,52%	60,76%	94,35%	26,23%	46,82%
FALLO 14	0,05%	0,59%	0,56%	0,78%	0,21%	0,47%	1,95%	0,66%	0,94%	29,15%	66,16%	60,52%	1,29%	86,89%	49,76%
FALLO 15	5,07%	5,29%	0,06%	0,16%	0,42%	0,08%	1,49%	2,81%	8,04%	9,19%	66,73%	59,82%	3,78%	48,95%	88,10%

Tabla 10 Tasa de Éxito Detección Terna de Fallos

5.4 Prestaciones/Análisis Sistema Detección de Fallos

En este apartado se analizará detalladamente el sistema diseñado en este trabajo.

Como se puede observar en la Tabla 10, la detección del modo de funcionamiento o fallo dentro de las tres primeras posibilidades detectados por el sistema supera el 80% en 13 de los 15 casos posibles, superando el 84% en 7 de ellos, superando el 90% en cuatro de ellos y en un caso rozando el 99%.

A la luz de estos resultados y del análisis que sigue se considera un sistema de detección fiable para un motor de corriente alterno trifásico que aporta de manera continua valores de las variables de entrada y salida.

Se procede ahora a analizar los resultados de manera más concreta.

Análisis por Grupos de Modo de Funcionamiento o Fallo

Es necesario recordar que existen en el caso de estudio 7 modos de funcionamiento o fallos, de los cuales 4 de ellos se desglosan en sus tres fases. Por tanto los fallos 2, 3 y 4 serían el mismo fallo dividido en cada fase, lo mismo para 7,8 y 9; 10,11 y 12; y finalmente 13, 14 y 15.

Observando la tabla 11 para el grupo del fallo “Desequilibrio Eléctrico” (MOD2, MOD3 y MOD4); todos presentan una tasa de éxito alta, quizás para el caso de la detección del fallo 3, baja un poco aun siendo bueno, pero se aprecia que el siguiente valor de éxito mayor pertenece al mismo fallo pero a la 3ª fase. Es por esto que aun siendo muy buenos resultados y dando información suficiente de la fase; si en algún momento no fuese así se podría saber perfectamente el grupo de fallo al que pertenece sin tener por qué conocer la fase y actuar en consecuencia.

Sucede de manera similar en los grupos de fallo “Fallo Intensidad”, siendo aún más evidente, y en el grupo “Caída de Tensión”. No sucede lo mismo para el grupo de fallo “Resistencia Estator” que presente una buena tasa de éxito pero los siguientes valores mayores no son los de las otras fases, posteriormente se analizará.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

GRUPO MODO DE FUNCIONAMIENTO	MODO DE FUNCIONAMIENTO	DETECCIÓN COMO FASE 1	DETECCIÓN COMO FASE 2	DETECCIÓN COMO FASE 3
DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO	FASE 1 (MOD 2)	98,06%	1,52%	43,72%
	FASE 2 (MOD 3)	12,36%	87,30%	62,11%
	FASE 3 (MOD 4)	4,07%	7,98%	94,72%
RESISTENCIA ESTÁTOR	FASE 1 (MOD 7)	82,09%	15,97%	20,23%
	FASE 2 (MOD 8)	25,27%	84,77%	20,81%
	FASE 3 (MOD 9)	20,08%	22,09%	81,28%
FALLO INTENSIDAD	FASE 1 (MOD 10)	87,08%	90,85%	85,22%
	FASE 2 (MOD 11)	78,47%	85,94%	53,67%
	FASE 3 (MOD 12)	59,27%	90,51%	90,35%
CAÍDA TENSIÓN	FASE 1 (MOD 13)	94,35%	26,23%	46,82%
	FASE 2 (MOD 14)	1,29%	86,89%	49,76%
	FASE 3 (MOD 15)	3,78%	48,95%	88,10%

Tabla 11 Resultados por Grupos de Fallo

Capítulo 5: Resultados y Análisis

Este análisis por grupos de fallo se realiza porque es interesante caer en la cuenta que de manera global el fallo de una fase puede afectar el resto de fases mientras se produce el fallo y que también esas medidas pueden ser valoradas como fallos. Se pueden producir picos en las otras fases por la caída en una tercera, o desequilibrios eléctricos de otra índole. Lo cual se puede apreciar en las figuras 22 Y 23 para un intervalo de datos de muestra.

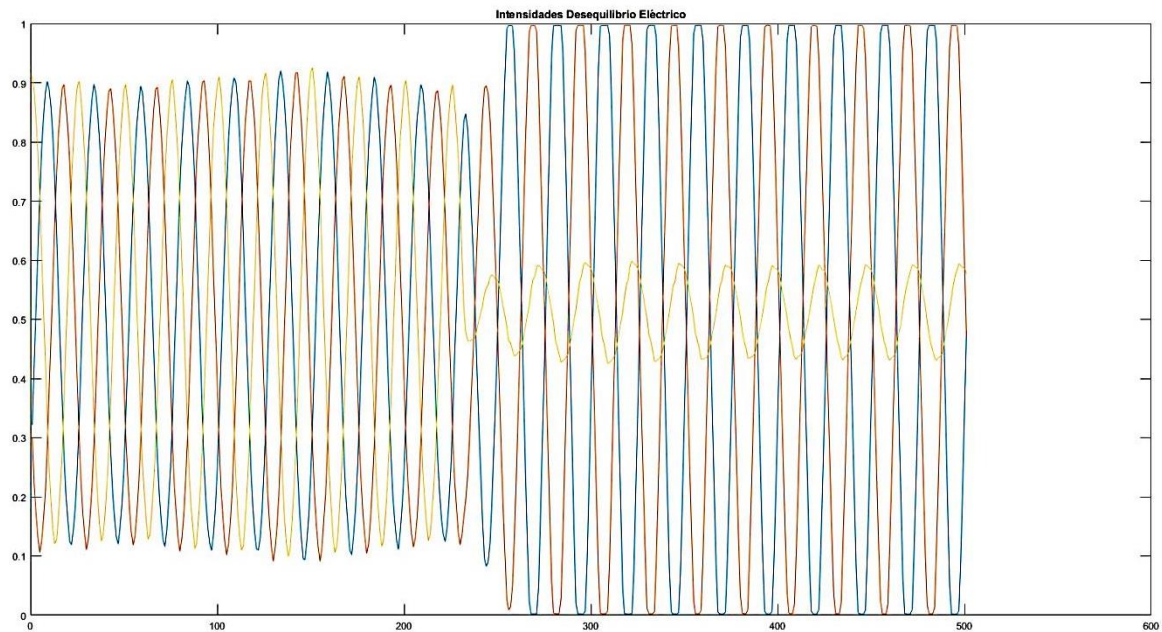


Fig. 21 Variación Intensidades Fallo 2

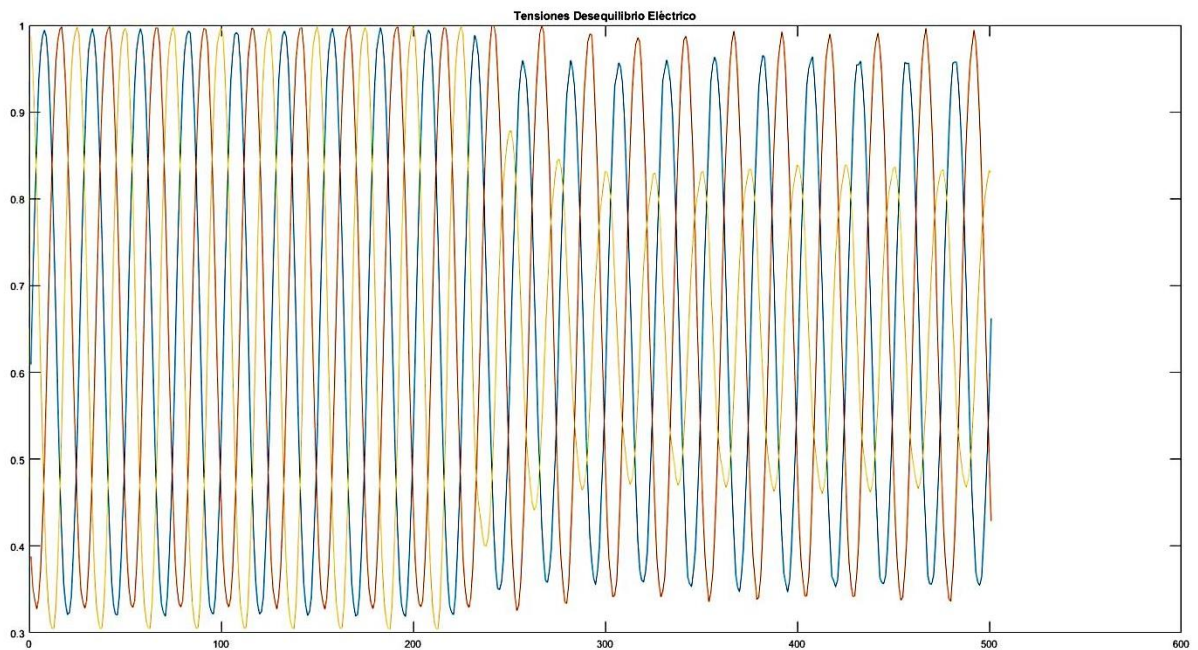


Fig. 22 Variación Tensiones Fallo 2

Capítulo 5: Resultados y Análisis

En ambas figuras se ve como la variación de una fase no es independiente, ya que otras pueden variar también. En amarillo, naranja y azul cada fase.

También puede darse la situación en que aunque el defecto se produce en las diferentes fases, los pares de salida tienen muchos puntos en común entre ellos. Así se muestra en las figuras que siguen.

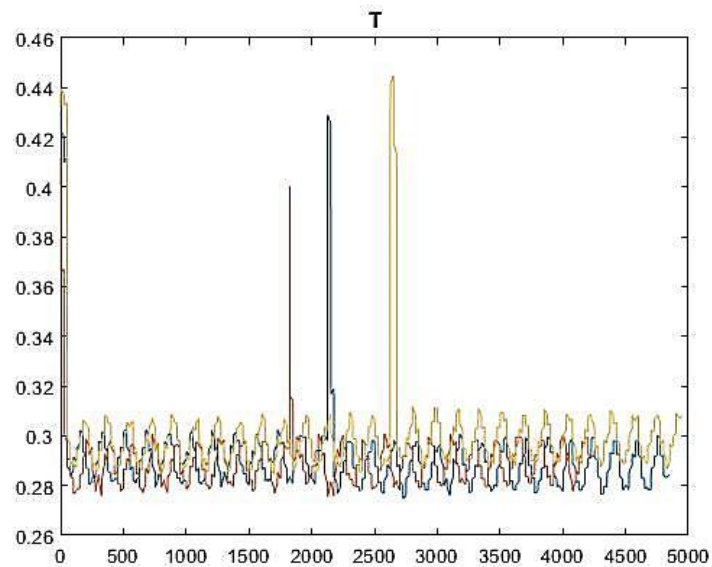


Fig. 23 Pares de Salida Caída de Tensión en las Tres Fases

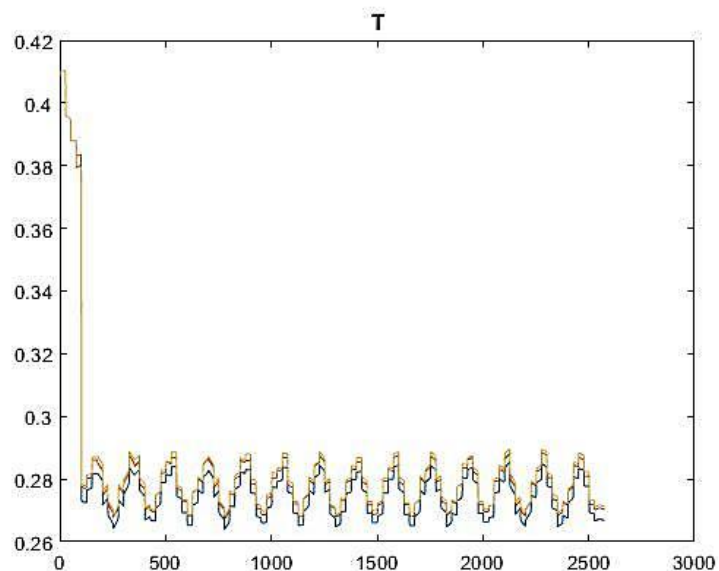


Fig. 24 Pares de Salida Fallo Intensidad en las Tres Fases

A modo de conclusión para estos fallos, el sistema detecta perfectamente el grupo de fallo dentro de la terna, acertando enormemente la fase y siendo en la mayoría de las ocasiones las otras dos opciones el mismo fallo pero en otras fases; por lo que de cara a una operación sobre el motor la discriminación de entre todos los errores queda muy acotada.

Análisis Modos de Funcionamiento o Fallos independientes de la fase

En este apartado se analizarán los resultados de aquellos modos de funcionamiento o fallo que no han sido descritos en el apartado anterior.

Analizando el modo de funcionamiento 1, o funcionamiento normal se observa que la detección dentro de la terna tiene una tasa de éxito muy alta.

El modo de funcionamiento 2 presenta una tasa de éxito al detectar el funcionamiento normal como fallo 2 cercano al 50%, esto se debe a que al simular con todos los datos, en los ficheros del fallo 2 hasta que se produce el fallo, las oscilaciones están en la salida en el mismo intervalo que el funcionamiento normal, por tanto lo puede asimilar como suyo. Además se suma que para este fallo el número de datos medidos es muy superior al resto de fallos, con más de 6000 puntos medidos más que en el modo de funcionamiento normal. Por todo esto aunque para el fallo en sí no presente un mal diagnóstico, son gran cantidad de puntos que distorsionan la estadística y para los que el modelo experto está entrenado.

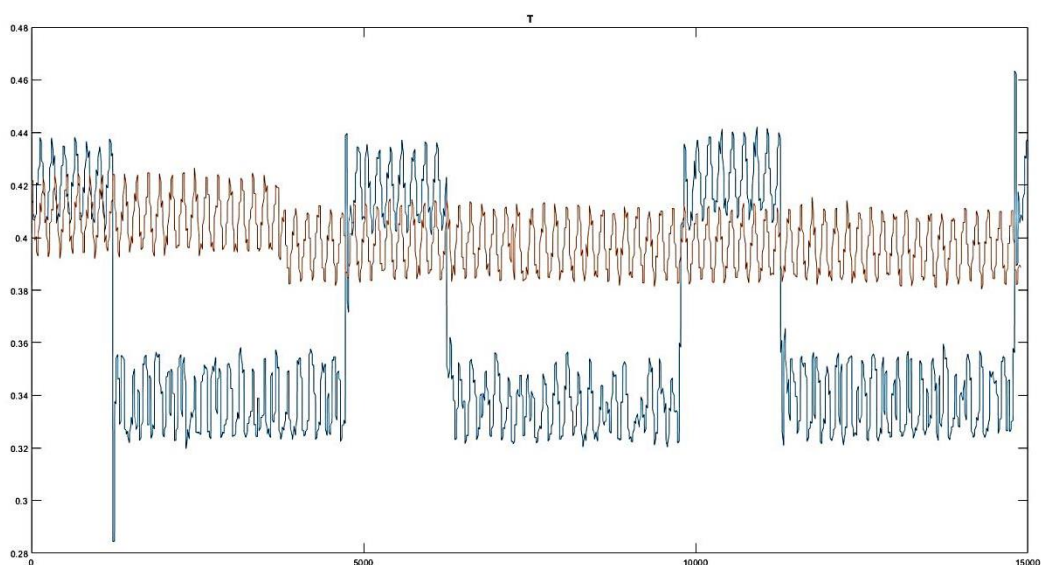


Fig. 25 Par de Salida MOD 1 y MOD 2

Capítulo 5: Resultados y Análisis

En la figura 26 se puede observar este efecto, al compartir varios intervalos con valores similares, lo que puede hacer que el modelo no sea conciso.

Se examinará el comportamiento de este modo en contraposición con los modos 5 y 6.

El modo 5 presenta una tasa de éxito junto con el modo 6 bastante inferior al resto de modos de funcionamiento, detectando en un gran porcentaje estos modos como modo 1 dentro de la terna de posibles fallos, por delante de estos modos, y dando lugar por tanto a un alto índice de falsos negativos.

Comenzando por el modo 5 o desequilibrio mecánico, para este análisis se recurre a comparar los pares de salida de funcionamiento normal y fallo por desequilibrio mecánico. Se puede comprobar que aunque hay un desequilibrio mecánico, la medición que se produce en algunos casos es bastante sutil, coincidiendo en gran cantidad de puntos y por tanto dando lugar a dudas entre un modo u otro. La figura 27, ilustra este hecho.

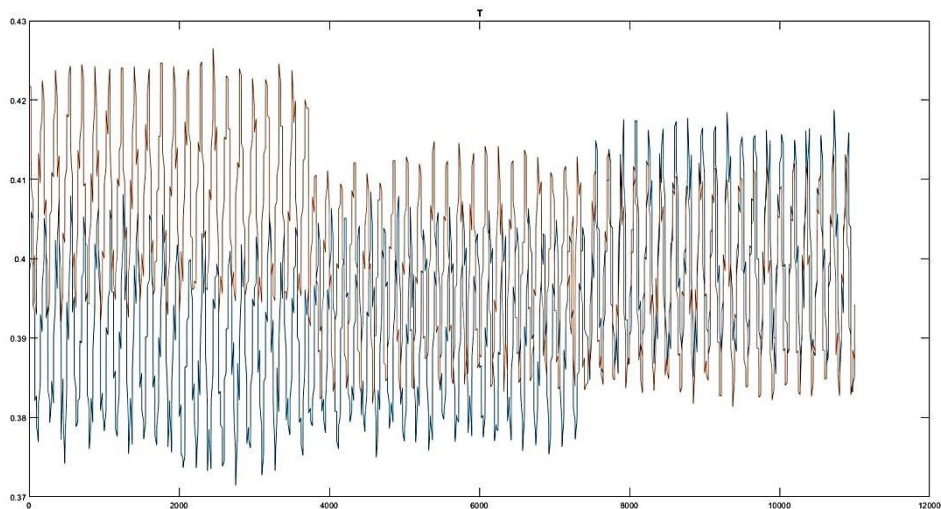


Fig. 26 Par Fallo Normal y Desequilibrio Mecánico

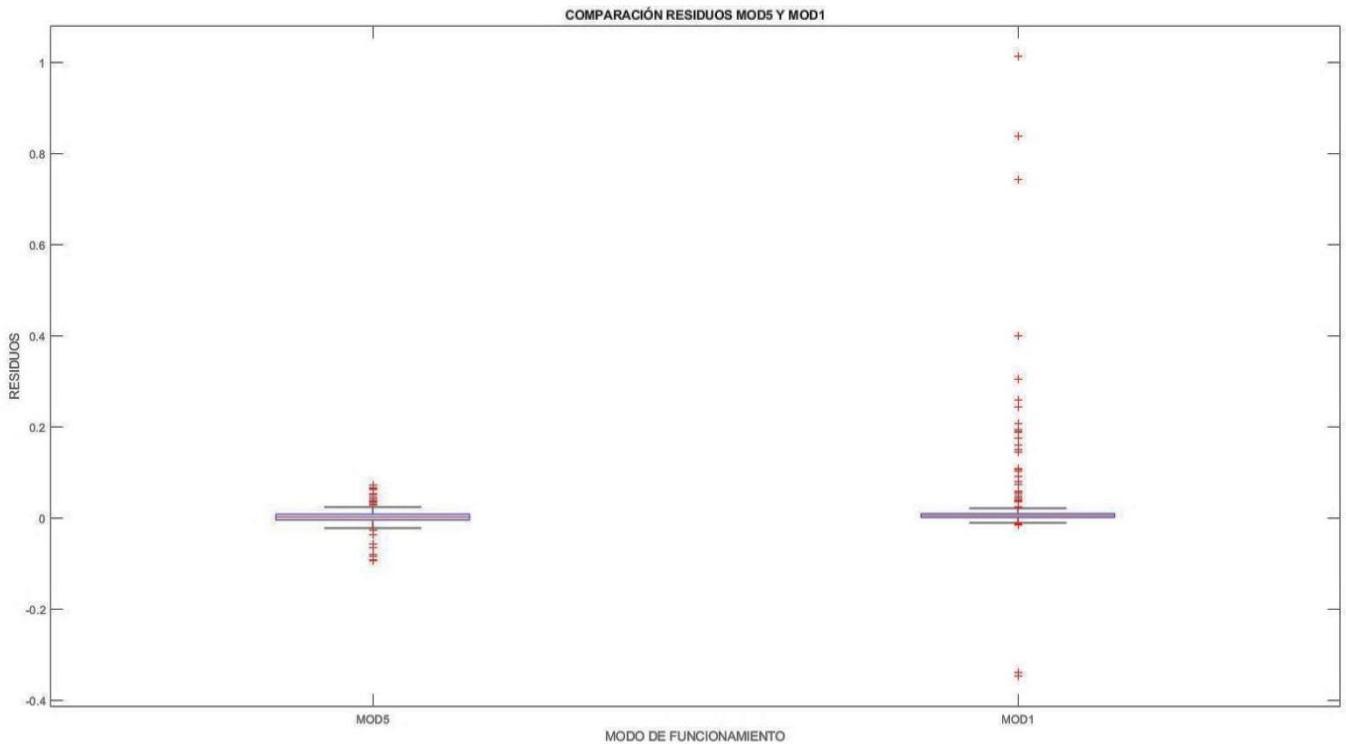


Fig. 27 Residuos MOD5 y MOD 1 Intervalo Datos Fallo 5

Otra manera de examinar esta situación es con los residuos. En la figura 28 están representados los residuos generados entre la salida simulada por los modelos expertos 5 y 1; y la salida real en el intervalo de datos correspondientes al fallo 5 o de desequilibrio mecánico.

	Desequilibrio Mecánico (MOD5)	Normal (MOD1)
Media	0.0014	0.0052
Mediana	0.0016	0.0051
Desviación Típica	0.0086	0.0178

Tabla 12 Parámetros Estadísticos Residuos MOD5 y MOD1

Como se puede observar las diferencias en los parámetros son de milésimas, comprobando también que el modo normal presenta muchos más outliers, como es lógico por ser un modo que no debería detectar.

Estos datos vuelven a demostrar que hay sutiles diferencias en la salida generada, por lo que ante grandes desequilibrios mecánicos sí que se detectaría como fallo 5 y no como funcionamiento normal, pero ante variaciones más pequeñas del par generado estaría dividido entre ambos modos.

Capítulo 5: Resultados y Análisis

Las variables de entrada de ambos funcionamientos también aportan resultados similares, las diferencias entre las entradas del funcionamiento normal y el desequilibrio eléctrico presentan variaciones muy pequeñas. Así se genera una salida, que considerando el error de entrenamiento propio del modelo, apoya la posibilidad de la dualidad existente en la detección.

Las siguientes figuras muestran estas sutiles diferencias en las variables de entrada. Se representa a continuación la tensión en una fase y la tensión en otra fase, siendo el comportamiento idéntico en el resto de fases. Es lógico por ser un desequilibrio mecánico y producirse una variación en la carga reduciendo el par.

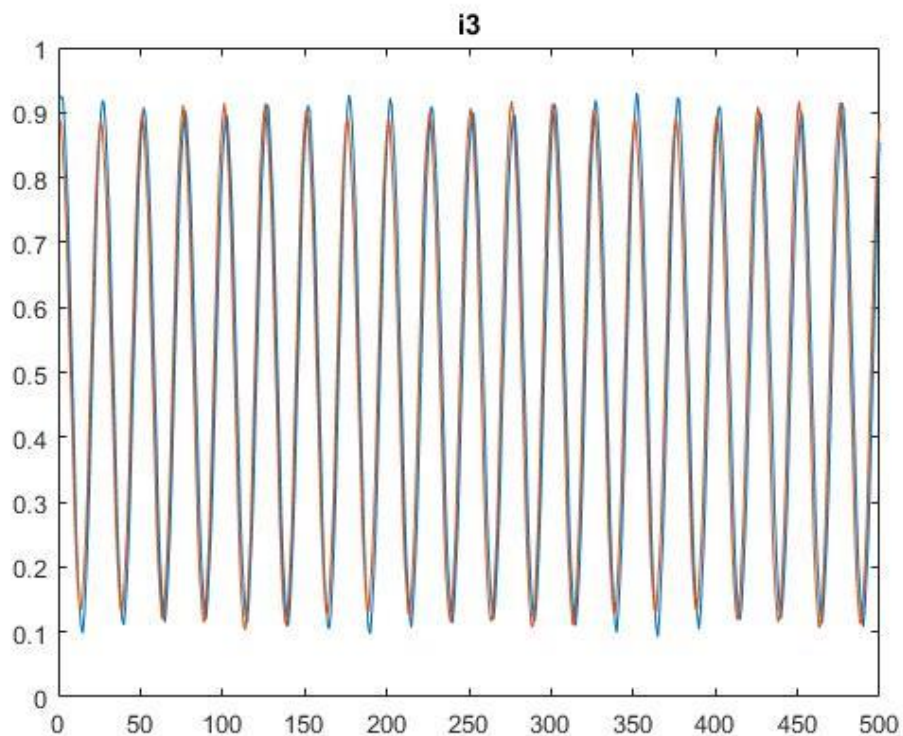


Fig. 28 Intensidad Fase 3 MOD1 y MOD5

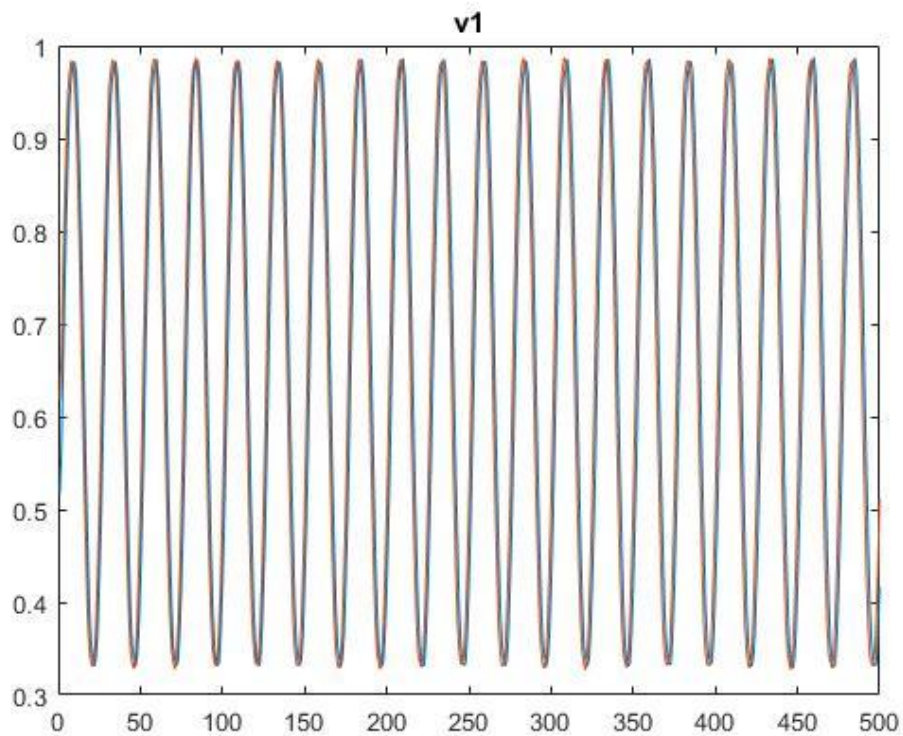


Fig. 29 Tensión Fase 1 MOD1 y MOD5

También se aprecia otro porcentaje de detección en el que el fallo 2 aparece como uno de los tres primeros casos detectados; como en el caso del funcionamiento normal, si el fallo 5 se puede identificar por la ya explicado cómo modo 1 y a su vez el modo 1 puede ser detectado en alguna ocasión como modo 2, este porcentaje está justificado.

El modo 6, siendo fallo diferente presenta el mismo comportamiento en cuanto a la detección se refiere. En este caso el par varía algo más que el fallo 5, lo que se refleja en un breve aumento de la tasa de éxito.

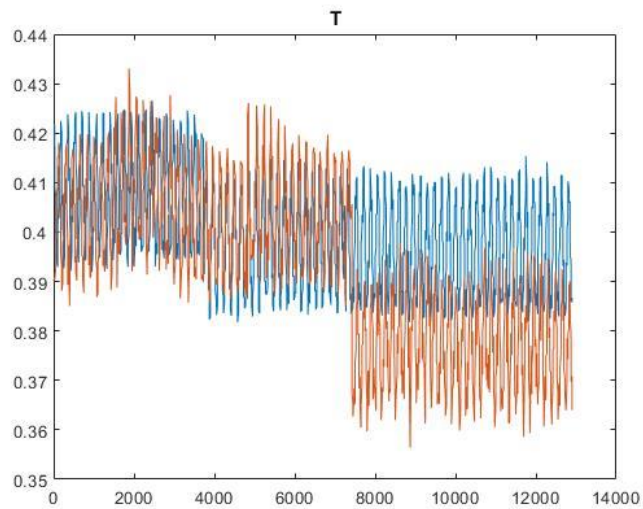


Fig. 30 Par Fallo Normal y Fallo Encoder

Se comprueba en la figura 31, como en el caso del modo anterior, que muchos puntos de las salidas de ambos modos de funcionamiento coinciden.

Analizando de la misma manera los residuos, se obtienen resultados similares.

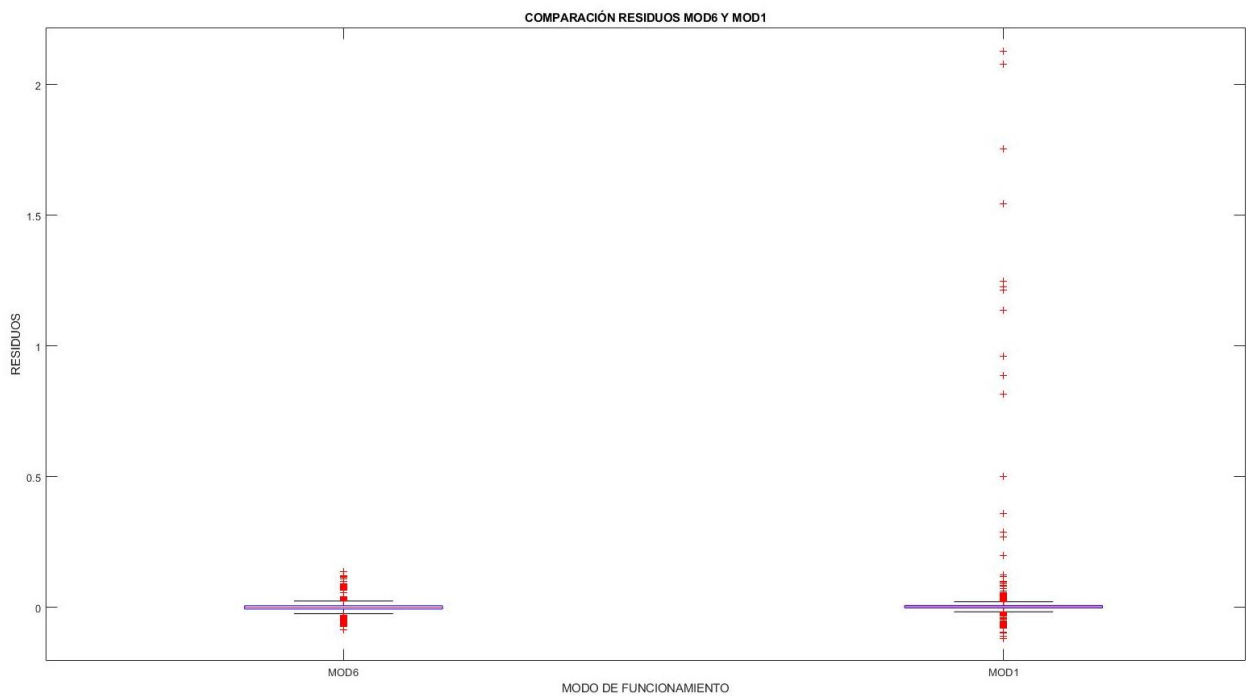


Fig. 31 Residuos MOD6 y MOD 1 Intervalo Datos Fallo 6

Capítulo 5: Resultados y Análisis

	Desequilibrio Mecánico (MOD6)	Normal (MOD1)
Media	0.0000	0.0032
Mediana	0.0002	0.0027
Desviación Típica	0.0089	0.0398

Tabla 13 Parámetros Estadísticos Residuos MOD6 y MOD1

En este caso los parámetros, la diferencia entre ambos parámetros es mayor, pero aun así están en la milésima.

Capítulo 6

Conclusiones

En este trabajo se ha diseñado un sistema de detección y diagnóstico de modos de funcionamiento o fallos en un motor trifásico AC, al que se ha sometido a 15 modos de funcionamiento no destructivos.

El sistema generado consigue detectar el modo de funcionamiento o fallo dentro de tres primeros posibles que están ocurriendo. Como se ha ido explicando a lo largo del trabajo, esta detección tiene las siguientes tasas de éxito dentro de los **tres primeros posibles modos detectados**:

- Detección Modo de Funcionamiento 1: 84,47%
- Detección Modo de Funcionamiento 2: 98,06%
- Detección Modo de Funcionamiento 3: 87,30%
- Detección Modo de Funcionamiento 4: 94,72%
- Detección Modo de Funcionamiento 5: 52,45%
- Detección Modo de Funcionamiento 6: 55,75%
- Detección Modo de Funcionamiento 7: 82,09%
- Detección Modo de Funcionamiento 8: 84,77%
- Detección Modo de Funcionamiento 9: 81,28%
- Detección Modo de Funcionamiento 10: 87,08%
- Detección Modo de Funcionamiento 11: 85,94%
- Detección Modo de Funcionamiento 12: 90,35%
- Detección Modo de Funcionamiento 13: 94,35
- Detección Modo de Funcionamiento 14: 86,89%
- Detección Modo de Funcionamiento 15: 88,10%

Capítulo 6: Conclusiones

A la luz de estos valores la detección es buena para 13 de los 15 modos de funcionamiento o fallo.

Los funcionamientos 5 y 6, desequilibrio mecánico y fallo encoder, respectivamente; son los peor detectados con un importante diferencia. En otros apartados se ha ahondado en el por qué se produce esto; sacando en conclusión que el análisis de la salida medida y las variables de entrada la variación es muy pequeña con respecto al modo de funcionamiento normal. Una posible solución para detectar correctamente estos dos fallos sería tener datos de variaciones más bruscas en las salidas y obtener así un elemento diferenciador que ahora mismo es demasiado sutil.

De manera general los tiempos de detección son adecuados, aportando una ventaja al sistema, puesto que advertiría rápidamente de una terna de fallos con el consiguiente preaviso y estado de observación de una evolución hacia fallo.

La solución considerada de mostrar tres posibles fallos detectados ofrece una información valorable de cara la fiabilidad de la detección. Por ejemplo los grupos de fallo como se ha explicado, o en alertas que según la evolución seguida del comportamiento del fallo.

Como se ha explicado, estas conclusiones parten del análisis de una muestra concreta sobre la que se ha sacado la tasa de éxito; sin embargo el sistema se implementa de manera continua generando el ranking para cada punto. Esta solución de considerar en la primera terna de posibilidades al analizar los datos de manera continua permite que las fluctuaciones de un modo de funcionamiento a otro, produzca que la prevalencia de este modo a lo largo del tiempo permita reafirmar la detección.

Los valores de los datos son para ensayos no destructivos, por tanto ante valores más pronunciados de fallo el sistema responderá con un diagnóstico más acotado y por tanto será más fiable en su conjunto.

Un aspecto a tener en cuenta que también afecta a la creación de los modelos y la diferencias entre la exactitud de unos frente a otros, reside en que las muestras de datos no tienen el mismo número de medidas para cada fallo y por tanto el entrenamiento de unos modelos es mayor que el de otros por no disponer del mismo volumen de datos.

Capítulo 6: Conclusiones

La detección con entrada de datos de manera continua por un lado mantenida en el tiempo asegurará la detección correcta ente las tres posibilidades de 13 de los modos de funcionamiento al aparecer constantemente en pantalla esa terna. Por otro lado ante grandes desviaciones de las entradas y o la salida producirá a su vez una rápida detección como se ha comprobado en las matrices ranking y confusión para las zonas del intervalo de datos en que el este es más pronunciado. Por tanto, para valores pronunciados del fallo; donde más crítico puede resultar para el proceso, la seguridad y la integridad del equipo, el sistema detecta de manera correcta para 13 de los modos de funcionamiento.

Finalmente se valora que los resultados del sistema de detección aportan valor a este fin, puesto que como se ha ido explicando a lo largo de los apartados anteriores, los modos de funcionamiento se detectan dentro de una terna de posibilidades con un acierto más que razonable.

Capítulo 7

Presupuesto, Plazos y Repercusiones

Presupuesto

El presupuesto será la valoración económica del proyecto “Detección de Fallos en un Motor AC mediante técnicas de Inteligencia Computacional”. Se ha seguido el documento (UPV,2018).

Está formado por dos conceptos: costes de personal y costes de material inventariable.

- **Coste de personal:**

El cálculo del coste de cada participante se hace con la ecuación 16:

$$\text{Coste (€)} = \text{Coste Horario (€/h)} \cdot \text{Dedicación(h)} \quad (\text{Ec. 16})$$

- **Material Inventariable:**

La amortización de los equipos se lleva a cabo con la ecuación 17:

Capítulo 7: Presupuesto y Repercusiones

$$\text{Coste (€)} = \frac{\text{Tiempo de Uso (meses)} \cdot \text{Coste del Equipo (€)}}{\text{Período de Amortización (años)} \cdot 12} \quad (\text{Ec. 17})$$

Clasificación del gasto	Amortización (años)
Adquisición equipo informático para procesos de información	6
Adquisición aplicaciones informáticas	6

Tabla 14 Amortizaciones

- Costes Totales:

Coste de Personal

Tipo de Puesto	Precio (€)	Dedicación (h)	Total (€)
Tutor	50	40	2000
Graduado Ingeniería Eléctrica	20	300	6000
Total Personal:			8000

Tabla 15 Coste de Personal

Coste de Material Inventariable

Tipo de Puesto	Precio (€)	Amortización (meses)	Tiempo de Uso (meses)	Cantidad	Total (€)
Ordenador	600	6	8	1	66,67
Conexión Fibra Óptica	30	6	8	1	3,33
Sistema Operativo	110	6	8	1	12,22
Costes Indirectos				10%	8,22
Total Personal:					90,44

Tabla 16 Coste de Material Inventariable

Concepto	Total (€)
Coste de Personal	8000
Coste de Material Inventariable	90,44
	8090,44

Tabla 17 Presupuesto de Ejecución Material

Capítulo 7: Presupuesto y Repercusiones

	Importe
Presupuesto de Ejecución Material	8090,44
Gastos Generales (13%)	1051,76
Beneficio Industrial (6%)	485,43
IVA (21%)	1698,99
	9789,43

Tabla 18 Presupuesto de Ejecución Material

El coste total del proyecto asciende a NUEVE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Plazos

A continuación se muestran las tareas realizadas con su fecha de inicio y fin, y a seguidamente el Diagrama de Gantt explicativo de los plazos y por tareas realizadas.

	Tareas	Fecha de Inicio	Duración (días)	Fecha Fin
A	Documentación / Análisis del Problema	17-7-2020	62	17-9-2020
B	Pseudocódigo / Correcciones	17-9-2020	69	25-11-2020
C	Entrenamiento y Test Redes	25-11-2020	103	8-3-2021
D	Conjuntos Cross-Validation	3-2-2021	19	22-2-2021
E	Cálculo de Residuos / Correcciones	22-2-2021	11	5-3-2021
F	Toma de Decisiones/Operadores OWA-RIM	5-3-2021	3	8-3-2021
G	Análisis de Resultados / Correcciones	8-3-2021	39	16-4-2021
H	Elaboración Memoria / Correcciones	6-4-2021	62	7-6-2021

Tabla 19 Tareas

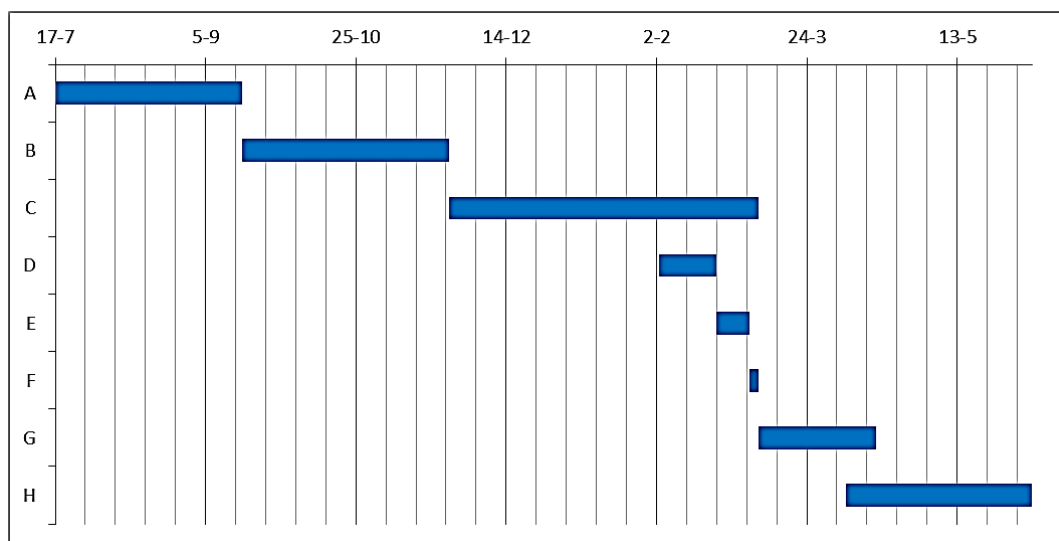


Fig. 32 Diagrama de Gantt del Proyecto

Repercusiones

El presupuesto será la La automatización de los procesos en los que intervienen motores eléctricos, parte fundamental de gran cantidad de procesos de fabricación, y más concretamente la detección y diagnóstico de los fallos que se puedan producir conlleva una serie de efectos y resultados en diversos ámbitos.

En la actualidad se está produciendo la cuarta revolución industrial con la Industria 4.0. El sistema diseñado en este trabajo se puede clasificar dentro de las tecnologías que se están utilizando con este fin.

Algunas de las consecuencias de la implantación de estas tecnologías, y más concretamente la implantación de este sistema de detección y diagnóstico de fallos, pueden ser:

- **Económicas:**
 - En un primer momento, la instalación de sensores, la monitorización de las señales, el procesado y gestión de los datos y los equipos necesarios para el desarrollo y ejecución del sistema son costosos. Si bien es cierto, esta inversión puede ser lógica comparándola con los efectos de paradas de líneas, mantenimientos correctivos, etc.
 - Aumento de la producción por estar funcionando a un nivel óptimo, ya que cuando se produce un fallo puede ser detectado y corregido o al menos valorado para que no afecte a la producción.
 - Reducción de errores, por saber si se está trabajando al régimen requerido para una cierta actividad.
 - Mejora de la calidad y velocidad de los procesos por lo anteriormente comentado.
 - Ahorro en mantenimientos correctivos y paradas no programadas, puesto que si se detecta el fallo se puede valorar si es necesario parar y se hace en una fase inicial del fallo, por lo que las averías destructivas podrían reducirse.

- **Seguridad y Salud:**
 - Reducción de la siniestralidad, puesto que los fallos se detectan en una fase inicial, pudiendo estos evolucionar o

pudiendo valorar si afectarán o no a la seguridad tanto del personal que opere con él, como de la del equipo.

- Reducción de tareas de inspección.
- La interconectividad de varios equipos de una misma línea, a pesar del coste, ayudaría a predecir futuros fallos producidos como consecuencia de la detección de fallos en otros equipos.

- **Ambientales:**

- La detección de fallos en fase temprana puede permitir el ahorro de energía que se perdería al no trabajar el motor en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Los mantenimientos sin que se haya producido averías graves, por ser detectadas antes de que se produzcan, produciría un ahorro en piezas, horas de intervención, etc.
- Se alargaría la vida útil de los motores.

- **Sociales:**

- Mejora de las condiciones de seguridad.
- Mayor cualificación de los trabajos a desarrollar, con la consiguiente oportunidad o segregación laboral.

Capítulo 8

Bibliografía

Amat, J. (2020). *Validación de modelos predictivos: Cross-validation, OneLeaveOut, Bootstrapping*. Recuperado el 17 de mayo del 2021 de https://www.cienciadedatos.net/documentos/30_crossvalidation_oneleaveout_bootstrapping

Ballesteros, A. (2017). *Neural Networks Frameworks*. Recuperado el 17 de noviembre del 2020, de <http://www.redes-neuronales.com.es/>

Caamano, J. (2018). *JuanPa Caamano*. Recuperado el 17 de noviembre del 2020, de <http://blog.espol.edu.ec/jupacaam/2011/02/17/redes-neurodifusas/>

Cedeño, A, López, J. *Detección de Fallas Parte I*. Recuperado el 22 de febrero del 2021, de <http://es.slideshare.net/acpicegudomonagas/unidad-4-tema-7-equipo-dcs-deteccion-de-fallas>

Chacón, L. (2012). *Las Fallas*. Recuperado el 10 de enero del 2021 de <http://es.slideshare.net/avanzado2/5-las-fallas>

Colaboradores de Wikipedia. *Neuro-borroso* [En Línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2021. Consultado el 30 de mayo del 2021 en [https://es.wikipedia.org/wiki/Neuro-borroso#:~:text=Un%20sistemas%20neuro%2Dborroso%20\(de,ENTONCES%20\(IF%20DTHEN\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Neuro-borroso#:~:text=Un%20sistemas%20neuro%2Dborroso%20(de,ENTONCES%20(IF%20DTHEN).)

Capítulo 8: Bibliografía

- Colmenares, G. (2004). *Función de base radial*. Recuperado el 20 de mayo del 2021, <https://es.slideshare.net/mayraaj1/capitulo4-funciones-basesradiales>
- Colomer, J. , Meléndez, J. , Ayza, J. (sf). *Sistemas de Supervisión*. Trabajo de Investigación de integrantes del Centro de Investigación CEA-IFAC.
- Correa-Henao, G. J., Montoya-Suárez, L. M. (2013). *Aplicación del modelo ANFIS para predicción de series de tiempo*. Lámpsakos, 15.
- Delgado, R. (2018). *Introducción a la Validación Cruzada (k-fold Cross Validation) en R*. Recuperado el 17 de mayo del 2021 de http://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/405322_6d94d05e54b24ba99438f49a6f8662a9.html
- Devijver, P. A., Kittler, J. (1982). *Pattern Recognition: A Statistical Approach*. Prentice-Hall, Londres, 1982
- El Hamzaoui, Y. (2014). *Introducción a la Inteligencia Computacional y su Aplicación en la Ingeniería*. Universidad Autónoma de Cd Juárez.
- Elkan, C. (2011). *Evaluating Classifiers*. University of California, San Diego.
- Gil, W., Mora, J., Pérez, S. (2013). *Análisis del procesamiento de los datos de entrada para un localizador de fallas en sistemas de distribución*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- González, L. AprendelA. *Reducción de la Dimensionalidad* [En Línea]. Recuperado el 29 de mayo del 2021 <https://aprendeia.com/reduccion-de-la-dimensioalid-ad-machine-learning/#:~:text=Como%20su%20nombre%20lo%20indica,un%20conjunto%20de%20variables%20principales>.
- González, C. (2011). *Sistema Experto para el desarrollo de soluciones de interoperabilidad en Sistemas de Información para Laboratorios Clínicos basado en el Estándar Internacional HL7*. “Revista Virtual Universidad Católica del Norte”. No. 32
- Han, J., Kamber, M., Pei, J. (2012). *Data Mining. Concepts and Techniques.Third Edition*. Morgan Kaufmann, 2001
- Haykin, S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*. Pearson.
- Hernández, C. L., Rodríguez, J. E. (2009). *Preprocesamiento de datos estructurados*. *Vinculos*, 28-37.
- Irizar, M (2005). *La inteligencia computacional en la identificación de sistemas*. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones(Vol. 26, Issue 1). Editorial Universitaria de la República de Cuba
- Joanneum, FH. (2005-2006). *Cross-Validation Explained*. Institute for Genomics and Bioinformatics – Graz University of Technology. Recuperado el 25 de abril del 2021 de <https://genome.tugraz.at/proclassify/help/pages/XV.html>

Capítulo 8: Bibliografía

Jyh-Shing Roger Jang, C.-T. S. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice Hall.

MathWorks, «MathWorks,» [En línea]. Recuperado el 15 de abril del 2021 de <https://es.mathworks.com/help/>

Moore, A. (2011). *Cross-validation for detecting and preventing overfitting*. Carnegie Mellon University. Recuperado el 27 de abril del 2021 de <https://www.cs.cmu.edu/~./awm/tutorials/overfit10.pdf>

Prieto, C. (2008). *Trabajo Fin de Curso 2007-2008 Experto Universitario en Mantenimiento e Instalaciones Industriales. Máster en Mantenimiento Industrial y Técnicas de Diagnóstico*. Recuperado el 19 de noviembre del 2020, https://web.archive.org/web/20100926060922/http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Fiabilidad_Mantenibilidad_y_Mantenimiento.pdf

Pueyo, R. P. (2005). *Procesado y Optimización de Espectros Raman mediante Técnicas de Lógica Difusa*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Rubin, D. (1987). *Inference and Missing Data*. Cambridge. Biometrika.

Sainz, G.I., Juez, J., Moya, E.J., Perán, J.R. (2005). *Fault detection and fuzzy rule extraction in AC motors by a neuro-fuzzy ART-based system*. Universidad de Valladolid.

Stanley, G. (2020). *A Guide to Fault Detection and Diagnosis*. Recuperado el 30 de mayo del 2021 de <https://gregstanleyandassociates.com/whitepapers/FaultDiagnosis/faultdiagnosis.htm>

Tapia, D. E. (2017). *Localización Óptima de Sensores para Detectar Fugas en Sistemas de Distribución de Agua Potable*.

UPV (2018). *Recomendaciones en la elaboración de presupuestos en actividades de I+D+I*.

Vallejo, J (2018). *Detección y Diagnóstico de Fallos Mediante Operadores Lingüísticos*. Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid.

Vasco, U. e. (2015). *Algoritmos genéticos*. Recuperado el 15 de mayo del 2021, de www.sc.ehu.es/ccwbayes/docencia/mmcc/docs/temageneticos.pdf

Villada, F., García, E., , Molina, J. D. (2011). *Pronóstico del Precio de la Energía Eléctrica usando Redes Neuro-Difusas*.

Villegas, T. (2012). *Aplicación de Técnicas Robustas para Detección y Diagnóstico de Fallos*. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid.

Yager, R. (1988). *On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. vol. 18, pp. 183–190

Capítulo 8: Bibliografía

Yager, R. (1996). *Quantifier guided aggregation using OWA operators*. International Journal of Intelligent Systems. vol. 11, pp. 49–73

Liu, X., Han, S. (2008). *Orness and parameterized rim quantifier aggregation with owa operators: A summary*. International Journal of Approximate Reasoning, vol. 48, no. 1, pp.77–97

Sánchez-Fernández, A., Fuente, M.J., Sainz-Palmero, G.I., Benítez, J.M., (2018). *Operadores lingüísticos OWA-RIM para la diagnosis de fallos en plantas complejas*. XVIII Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA 2018), I Workshop en Aplicaciones de la Inteligencia Artificial para la Industria 4.0, 23-26 de octubre de 2018 Granada, España / Francisco Herrera (aut.), 2018, págs. 1327-1332

Índice de Figuras

Fig. 1 Cross-Validation de K=4 Iteraciones.	18
Fig. 2 Bootstrapping Cross-Validation con k Iteraciones.....	19
Fig. 3 LOOCV.....	19
Fig. 4 Funcionamiento de Un Sistema de Control Difuso.....	22
Fig. 5 Red Monocapa	23
Fig. 6 Red Multicapa	23
Fig. 7 Estructura Red Neuronal de Base Radial (RBF)	25
Fig. 8 Efecto Underlapping.	27
Fig. 9 Efecto Overlapping.....	27
Fig. 10 Spread óptimo.	27
Fig. 11 Estructura Red Neuronal MLP	28
Fig. 12 Estructura ANFIS.....	30
Fig. 13 Diagrama de Flujo Metodología.....	33
Fig. 14 Diagrama de Flujo Modelado Modo de Funcionamiento i.....	34
Fig. 15 Diagrama de Flujo Toma de Decisiones	35
Fig. 16 Diagrama de Flujo Análisis Acierto/Prestaciones Sistema	36
Fig. 17 Par Motor Nominal y con Fallo.....	58
Fig. 18 Banco de Modelos basados en ANFIS	60
Fig. 19 Banco de Modelos basados en RBF	62
Fig. 20 Banco de Modelos basados en MLP	64
Fig. 21 Variación Intensidades Fallo 2	75
Fig. 22 Variación Tensiones Fallo 2	75
Fig. 23 Pares de Salida Caída de Tensión en las Tres Fases	76
Fig. 24 Pares de Salida Fallo Intensidad en las Tres Fases.....	76
Fig. 25 Par de Salida MOD 1 y MOD 2.....	77
Fig. 26 Par Fallo Normal y Desequilibrio Mecánico.....	78
Fig. 27 Residuos MOD5 y MOD 1 Intervalo Datos Fallo 5	79
Fig. 28 Intensidad Fase 3 MOD1 y MOD5.....	80
Fig. 29 Tensión Fase 1 MOD1 y MOD5	81
Fig. 30 Par Fallo Normal y Fallo Encoder	82
Fig. 31 Residuos MOD6 y MOD 1 Intervalo Datos Fallo 6	82
Fig. 32 Diagrama de Gantt del Proyecto	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Distribución datos y ficheros por fallo.....	47
Tabla 2 N°Combinaciones Cross-Validation	49
Tabla 3 Mejores Modelos ANFIS	59
Tabla 4 Mejores Modelos RBF	61
Tabla 5 Mejores Modelos MLP.....	63
Tabla 6 Banco de Modelos por Modo de Funcionamiento y Tipo de Red.....	65
Tabla 7 Banco de Modelos.....	66
Tabla 8 Instante Inicio Detección	68
Tabla 9 Puntos Detectados en base al Menor Residuo en una Muestra de 154775 Puntos.....	70
Tabla 10 Tasa de Éxito Detección Terna de Fallos.....	72
Tabla 11 Resultados por Grupos de Fallo	74
Tabla 12 Parámetros Estadísticos Residuos MOD5 y MOD1	79
Tabla 13 Parámetros Estadísticos Residuos MOD6 y MOD1	83
Tabla 14 Amortizaciones	90
Tabla 15 Coste de Personal	90
Tabla 16 Coste de Material Inventariable	90
Tabla 17 Presupuesto de Ejecución Material	90
Tabla 18 Presupuesto de Ejecución Material	91
Tabla 19 Tareas	91
Tabla 21 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con ANFIS	104
Tabla 22 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con ANFIS	106
Tabla 23 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con ANFIS	107
Tabla 24 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con ANFIS	108
Tabla 25 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 5 con ANFIS	109
Tabla 26 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con ANFIS	111
Tabla 27 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con ANFIS	112
Tabla 28 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con ANFIS	113
Tabla 29 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con ANFIS	114
Tabla 30 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con ANFIS..	115
Tabla 31 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con ANFIS..	116
Tabla 32 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con ANFIS..	117
Tabla 33 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con ANFIS..	118
Tabla 34 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con ANFIS..	119
Tabla 35 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con ANFIS..	120
Tabla 36 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con RBF	121
Tabla 37 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con RBF	123
Tabla 38 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con RBF	124
Tabla 39 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con RBF	125

Tabla 40 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 5 con RBF	126
Tabla 41 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con RBF	128
Tabla 42 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con RBF	129
Tabla 43 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con RBF	130
Tabla 44 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con RBF	131
Tabla 45 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con RBF	132
Tabla 46 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con RBF	133
Tabla 47 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con RBF	134
Tabla 48 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con RBF	135
Tabla 49 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con RBF	136
Tabla 50 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con RBF	137
Tabla 51 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con MLP	140
Tabla 52 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con MLP	144
Tabla 53 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con MLP	147
Tabla 54 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con MLP	150
Tabla 55 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 5 con MLP	152
Tabla 56 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con MLP	156
Tabla 57 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con MLP	158
Tabla 58 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con MLP	160
Tabla 59 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con MLP	162
Tabla 60 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con MLP	164
Tabla 61 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con MLP	166
Tabla 62 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con MLP	168
Tabla 63 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con MLP	170
Tabla 64 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con MLP	172
Tabla 65 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con MLP	174

ANEXO A

MODELOS GENERADOS

En las siguientes tablas se muestran los modelos generados sobre los que se ha efectuado Cross-Validation, y se han escogido los mejores para cada modo de funcionamiento.

NORMAL - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00374147331403565	0.00374015658202328	0.00373887329654817	10	0.00402252002631939	0.00402321024479856	0.00402384526935965
30	0.00370676603485466	0.00369565843046907	0.00369466993582526	30	0.00402400263038512	0.00402213357355823	0.00402202230322665
50	0.00369113793333188	0.00369043276100175	0.00368987438749756	50	0.00402336220110951	0.00402286640589845	0.00402181329392900
70	0.00368934571432664	0.00368913415418487	0.00368877800874193	70	0.00402253412612733	0.00402214261557175	0.00402168603731612
90	0.00368874070097609	0.00368860993421403	0.00368824822584333	90	0.00402215982638489	0.00402203213419751	0.00402196485106001
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00370334044826931	0.00370258003211752	0.00370184063382025	10	0.00426031244344988	0.00425864847708490	0.00425701160824442
30	0.00367842294283855	0.00367304155182177	0.00367149353020808	30	0.00423899232967614	0.00426535889751724	0.00427517331168206
50	0.00366837940792102	0.00366782413287820	0.00366490561779439	50	0.00426561300425357	0.00424144529466123	0.00424009900423513
70	0.00366392286164469	0.00366434564195349	0.00366228755372352	70	0.00424709126505205	0.00424585992799389	0.00424548795996876
90	0.00366243162229836	0.00366205346075511	0.00366089802758332	90	0.00424926182795997	0.00424778699477702	0.00424759142803394
Combinación 3							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00365618388577069	0.00365607583552329	0.00365596575643843	10	0.0130182356749057	0.0130206279103440	0.0130129294691618
30	0.00365369017390347	0.00365357494869351	0.00365353660405786	30	0.0127591307899504	0.0135883622521894	0.0124837463398652
50	0.00365300182370001	0.00365290785739263	0.00365281553988435	50	0.0128681412673671	0.0131294902956502	0.0120099387667825
70	0.00365259803993053	0.00365253748255225	0.00365232512571977	70	0.0128518747011820	0.0130343355291819	0.0122047626737654
90	0.00365238080262155	0.00365240043426507	0.00365173071845443	90	0.0121838453309605	0.0120848069651319	0.0122741605381921
Combinación 4							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00365618394110052	0.00365607587453785	0.00365596579933076	10	0.0130182306530840	0.0130204860456514	0.0130126660946186
30	0.00365369041076198	0.00365354823016511	0.00365354455395882	30	0.0127652615950420	0.0135578539940290	0.0125193156054040
50	0.00365300293912296	0.00365289082095337	0.00365282326501571	50	0.0128690031020864	0.0131239180652354	0.0120111778595412
70	0.00365259874146063	0.00365252801862843	0.00365233210353983	70	0.0128513632316018	0.0130338432850562	0.0122063378468330
90	0.00365239459199118	0.00365229534935772	0.00365173936202760	90	0.0121277185500314	0.0122827614105552	0.0122744748774608
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00368929539729404	0.00368872208105049	0.00368816137153440	10	0.00857982469943976	0.00858074316946971	0.00857661311034611
30	0.00367314239058967	0.00366895579028736	0.00366831115601250	30	0.00844684683626341	0.00885842717932346	0.00832506439004447
50	0.00366638052601897	0.00366601389305649	0.00366510470254800	50	0.00850652989370415	0.00862943001536133	0.00807075723112193
70	0.00366461633934062	0.00366463632432976	0.00366393069793126	70	0.00849321583099080	0.00858404533945093	0.00816956862947083
90	0.00366398692947180	0.00366383979464798	0.00366315408347717	90	0.00814574638383420	0.00815934687616542	0.00820454792368672

Tabla 20 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con ANFIS

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 1 - ANFIS

Combinación 1

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00850352293169646	0.00849079256251325	0.00847810710332649	10	0.0126338647293637	0.0126011620261875	0.0125672525059282
30	0.00822777919085103	0.00813447397562291	0.00811849030100927	30	0.0119286452802644	0.0126357056528304	0.0128008561914026
50	0.00810891044006637	0.00808991041395547	0.00807994281429848	50	0.0124791545043704	0.0126067942410528	0.0126333983266704
70	0.00807615590479977	0.00805399880815375	0.00804035591937683	70	0.0120955758245020	0.0123349229202413	0.0119888232031185
90	0.00805510420261977	0.00803203519679396	0.00802570768115843	90	0.0121604774457280	0.0117596305333028	0.0116757127276548

Combinación 2

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00805114307802095	0.00803891597219757	0.00802673010635145	10	0.0122615776191783	0.0122299039808069	0.0121975358127836
30	0.00781845152158448	0.00772592312937034	0.00770962818078362	30	0.0113954570636187	0.0114785814231796	0.0115032194566273
50	0.00768270209119767	0.00767202991584806	0.00764923614203198	50	0.0113731699425851	0.0113471602071251	0.0115554718531291
70	0.00764504991754855	0.00764909683661166	0.00763272151678946	70	0.0112474388028001	0.0113832190778339	0.0115304320595036
90	0.00762517013044789	0.00763145902795221	0.00761704422177730	90	0.0112171571294953	0.0113914722098232	0.0115405602272086

Combinación 3

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00799262430974268	0.00798123853545121	0.00796993496313848	10	0.0119908891601143	0.0119749824501877	0.0119584152584010
30	0.00766610802428693	0.00761609029487039	0.00762369534185766	30	0.0114444886544003	0.0114407731031501	0.0115139589653501
50	0.00756655091845210	0.00757388494298393	0.00756842128138729	50	0.0115704311563535	0.0116044839777929	0.0116193606615254
70	0.00753613736932196	0.00753065190099981	0.00749937385556053	70	0.0116071687618874	0.0116166389179712	0.0115571588596576
90	0.00751080121473060	0.00748161762706539	0.00745872598508298	90	0.0116051259544037	0.0115867849098057	0.0114795788441909

Combinación 4

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00823059006485669	0.00821938991893499	0.00820831457885567	10	0.0108978935845453	0.0108908411784850	0.0108836463571184
30	0.00790000920739475	0.00781066406261809	0.00777770779096521	30	0.0106472992052597	0.0106819737871899	0.0106243014419162
50	0.00777453841321229	0.00772429883245225	0.00768933494857444	50	0.0106126056383344	0.0105066527446547	0.0104409215967728
70	0.00771262274707399	0.00768340870064435	0.00766392039205245	70	0.0104759741908933	0.0104347155948934	0.0104211486222633
90	0.00768077621025257	0.00766599945985472	0.00765047335509003	90	0.0104233627071651	0.0104116399386356	0.0104151961668356

Combinación 5							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00874556432032295	0.00873198667853196	0.00871830418049898	10	0.00972656798631186	0.00972611437334589	0.00972564473424463
30	0.00844576586838263	0.00838593615625887	0.00836292787575137	30	0.00960924210425645	0.00954771376195083	0.00955080013302940
50	0.00834744640630483	0.00833394544528501	0.00832329122572032	50	0.00951439541198778	0.00947370575453082	0.00946453456708057
70	0.00831759176200320	0.00830110409383710	0.00830187102353459	70	0.00950023331562131	0.00946496161872503	0.00943636841637706
90	0.00830046249914752	0.00828488252356156	0.00828575338412142	90	0.00947634288604725	0.00944252875806501	0.00940871842001378
Combinación 6							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00885133010234362	0.00883878861177368	0.00882633162955709	10	0.0118060977039112	0.0117929811011326	0.0117784829364918
30	0.00856382943203858	0.00848246677847685	0.00849997730706624	30	0.0113033621387457	0.0111000273850362	0.0111671910050793
50	0.00845032181379237	0.00843221993624558	0.00846230998612347	50	0.0110099740082768	0.0109622366728768	0.0108001040403547
70	0.00842052182934694	0.00840594539920531	0.00842437287649381	70	0.0108975603539131	0.0108567799954069	0.0108402857500920
90	0.00840561100581386	0.00838855215422730	0.00839894591443446	90	0.0108283499526949	0.0107858181449452	0.0108297336617278
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00839579580116389	0.00838351871323378	0.00837128709362136	10	0.0115528151305708	0.0115359975183576	0.0115184962674946
30	0.00810365720742307	0.00802592573286958	0.00801540446623890	30	0.0110547490744242	0.0111474625188895	0.0111933878655675
50	0.00798841168050427	0.00797104824779505	0.00796208939968933	50	0.0110932884436513	0.0110835055996722	0.0110856318409222
70	0.00795134658834907	0.00793736762324200	0.00792710259730128	70	0.0109706585416029	0.0110152063541786	0.0109623694851687
90	0.00792965421050203	0.00791409099824252	0.00790610842361077	90	0.0109518026792557	0.0108963124157629	0.0108915833412719

Tabla 21 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con ANFIS

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 2 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.0137988986966124	0.0137959080320774	0.0137929871481084	10	0.0580810379496937	0.0581262038542876	0.0581680613296528
30	0.0137047777392269	0.0136343786680266	0.0136155606795072	30	0.0553359338390761	0.0638463957792700	0.0539932367572816
50	0.0135885893304981	0.0135690433097400	0.0135839424314950	50	0.0652928912408702	0.0653455865444926	0.0860114490063853
70	0.0135632791881061	0.0135448342714760	0.0135466892323745	70	0.0737505957119204	0.0756823408962125	0.0956318803028556
90	0.0135448225940744	0.0135258579216733	0.0135258150068823	90	0.0800751857569810	0.0756433887458893	0.0934182092947501
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.0127421535290844	0.0127356426124856	0.0127292805610648	10	0.0135547052730285	0.0135466789750496	0.0135387759799780
30	0.0125911035189207	0.0125019597746364	0.0124878924683613	30	0.0133717255407490	0.0133501651679281	0.0134045079225888
50	0.0124648364819722	0.0124398960624838	0.0124273095201559	50	0.0133751056202892	0.0133748258891449	0.0133592185156277
70	0.0124381199976393	0.0124148297507390	0.0123910367645426	70	0.0133859199530047	0.0133528113481384	0.0133647689947957
90	0.0124159660484296	0.0123935085056773	0.0123669684919762	90	0.0133574984865618	0.0133600028053487	0.0133649079101479
Combinación 3							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.00997841960114488	0.00997548667622365	0.00997265557211330	10	0.113944778297461	0.113931419329386	0.113931259573873
30	0.00990772650901203	0.00987419407260022	0.00987314898477252	30	0.118776144150036	0.108285254470561	0.112107244910773
50	0.00986186850430051	0.00986471442238648	0.00985140791319294	50	0.115516305937988	0.120514997402006	0.124724867961979
70	0.00984987970591735	0.00984316513855258	0.00983194423261391	70	0.123841203770733	0.136578909184323	0.143974580053434
90	0.00983883889155846	0.00982795084451432	0.00982068090402749	90	0.135482262517629	0.155081839603735	0.156331597529947
Combinación 4							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.0117391683581623	0.0117320319733820	0.0117252512103552	10	0.0143472116519075	0.0143447570118574	0.0143422399906782
30	0.0116055773681619	0.0115593719566077	0.0115641402888831	30	0.0142420469976698	0.0141705513768128	0.0141547917721245
50	0.0115397426767844	0.0115279862091661	0.0115251190470986	50	0.0141599596399859	0.0141937229502598	0.0141459939458032
70	0.0115154424050025	0.0114981948215782	0.0114866485726336	70	0.0141602276811119	0.0141753705912620	0.0141276797206978
90	0.0114850635361957	0.0114665673412073	0.0114606265771779	90	0.0141367966118632	0.0141381684474445	0.0140940157081162
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
10	0.0120646600462510	0.0120597673235421	0.0120550436229104	10	0.0499819332930227	0.0499872647926453	0.0499950842185456
30	0.0119522962838304	0.0118924761179677	0.0118851856053810	30	0.0504314626318827	0.0499130916986430	0.0484149453406918
50	0.0118637592483888	0.0118504100009441	0.0118469447279856	50	0.0520860656097833	0.0533572831964758	0.0595603823574487
70	0.0118416803241663	0.0118252559955864	0.0118140797005412	70	0.0562844867791926	0.0599473580049840	0.0667747272679457
90	0.0118211727675646	0.0118034711532681	0.0117935227450160	90	0.0607629358432587	0.0645558499006044	0.0693021826107403

Tabla 22 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con ANFIS

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 3 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00592839061220700	0.00592742777380900	0.00590339996797301	50	0.0582617765605550	0.0577874454456493	0.0565484698706128
70	0.00591735340391730	0.00589824163164831	0.00588212282262611	70	0.0574769900359312	0.0564241105222468	0.0555283378549538
90	0.00588470609246790	0.00588336860157512	0.00587508086626836	90	0.0609731711234224	0.0574343198836400	0.0548541441707806
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00592839061220700	0.00592742777380900	0.00590339996797301	50	0.0582617765605550	0.0577874454456493	0.0565484698706128
70	0.00591735340391730	0.00589824163164831	0.00588212282262611	70	0.0574769900359312	0.0564241105222468	0.0555283378549538
90	0.00588470609246790	0.00588336860157512	0.00587508086626836	90	0.0609731711234224	0.0574343198836400	0.0548541441707806
Combinación 3							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00592839061220700	0.00592742777380900	0.00590339996797301	50	0.0582617765605550	0.0577874454456493	0.0565484698706128
70	0.00591735340391730	0.00589824163164831	0.00588212282262611	70	0.0574769900359312	0.0564241105222468	0.0555283378549538
90	0.00588470609246790	0.00588336860157512	0.00587508086626836	90	0.0609731711234224	0.0574343198836400	0.0548541441707806
Combinación 4							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00592839061220700	0.00592742777380900	0.00590339996797301	50	0.0582617765605550	0.0577874454456493	0.0565484698706128
70	0.00591735340391730	0.00589824163164831	0.00588212282262611	70	0.0574769900359312	0.0564241105222468	0.0555283378549538
90	0.00588470609246790	0.00588336860157512	0.00587508086626836	90	0.0609731711234224	0.0574343198836400	0.0548541441707806
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00592839061220700	0.00592742777380900	0.00590339996797301	50	0.0582617765605550	0.0577874454456493	0.0565484698706128
70	0.00591735340391730	0.00589824163164831	0.00588212282262611	70	0.0574769900359312	0.0564241105222468	0.0555283378549538
90	0.00588470609246790	0.00588336860157512	0.00587508086626836	90	0.0609731711234224	0.0574343198836400	0.0548541441707806

Tabla 23 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con ANFIS

DESEQUILIBRIO MECÁNICO - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00370077820796843	0.00370083643731681	0.00370127677992308	50	0.00482524543660055	0.00483267146959735	0.00483343220319658
70	0.00370005674741196	0.00369957352338099	0.00370010032158156	70	0.00482033512901125	0.00482095725576898	0.00482856273395720
90	0.00369929606388449	0.00369858289647561	0.00369840274827936	90	0.00482913561715650	0.00481917320499016	0.00482569777046119
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00378465217045202	0.00378450532361420	0.00378400173657409	50	0.0497215675018985	0.0499297940056207	0.0507383204370975
70	0.00378414735285055	0.00378395187153294	0.00378320794133900	70	0.0513245277690974	0.0519842564653516	0.0543234480815981
90	0.00378368269169294	0.00378342118304251	0.00378241844648455	90	0.0534013636533438	0.0545457394375388	0.0580513116043971
Combinación 3							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00377180144747495	0.00376981115871002	0.00376369564385563	50	0.00442870600899604	0.00442776708327180	0.00445284181104661
70	0.00376570298816615	0.00375838309720552	0.00375139332119187	70	0.00444833183446926	0.00443858624904080	0.00444620423821513
90	0.00375342731061836	0.00374818340797199	0.00373769655813596	90	0.00444353183546317	0.00444021206217248	0.00445022652542909
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00375241060863180	0.00375171763988035	0.00374965805345093	50	0.0196585063158317	0.0197300775194966	0.0200081981504469
70	0.00374996902947622	0.00374730283070648	0.00374490052803748	70	0.0201977315775260	0.020414599900538	0.0211994050179235
90	0.00374546868873193	0.00374339582916337	0.00373950591763329	90	0.0208913437019878	0.0212683749015672	0.0224424119667625

Tabla 24 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 5 con ANFIS

DESEQUILIBRIO ENCODER - ANFIS

Combinación 1

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00454683571116039	0.00454608715812357	0.00454669825712236	50	0.0436671308969510	0.0469636888248284	0.0572557095952879
70	0.00454411253040735	0.00454322818690157	0.00454326762312311	70	0.0553278227518975	0.0616107374166391	0.0686395187220026
90	0.00454236777006012	0.00454196125525301	0.00454165009543602	90	0.0661279398439246	0.0687303006797669	0.0728924425659784

Combinación 2

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00452465373938593	0.00452465717191460	0.00452061714229428	50	0.108347651393585	0.114335458700939	0.111821695905438
70	0.00451819155532964	0.00451499563944598	0.00451225567891571	70	0.115308481955473	0.121298769822201	0.118183826026862
90	0.00451310668138376	0.00449854724391567	0.00449478453230938	90	0.119163434840079	0.110671200074662	0.102962002697390

Combinación 3

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00456358878440499	0.00456063308879497	0.00455822458496810	50	0.0205423908005687	0.0222040561395820	0.0237587824909503
70	0.00456005153387574	0.00455772941544569	0.00455626235072728	70	0.0227741151160762	0.0242017024904895	0.0251480614143329
90	0.00455800460914626	0.00455612515676357	0.00455504867641383	90	0.0242364759536990	0.0253426703495634	0.0267434546120022

Combinación 4

ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00470300077468467	0.00469877884831811	0.00466983873022005	50	0.0205895795701476	0.0198950905443213	0.0298212385418447
70	0.00470148712255547	0.00467610556004825	0.00466641678264352	70	0.0209233052150374	0.0295599963940618	0.0285257530659624
90	0.00470053884760706	0.00466909857570399	0.00466327565085800	90	0.0219694807970632	0.0311959692058147	0.0283358421542376

Combinación 5							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00478851125078652	0.00478479827039385	0.00478493687137475	50	0.00477412907550920	0.00476742814592833	0.00476806620080409
70	0.00478435618427458	0.00477952130798431	0.00477953117920577	70	0.00476587277868565	0.00476497533659932	0.00476555039053146
90	0.00478173839115159	0.00477516911300222	0.00477522608663298	90	0.00476538723682517	0.00476287641623894	0.00476331559472164
Combinación 6							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00484426157189874	0.00484435962559709	0.00484093554883757	50	0.0336127802905079	0.0248728575263185	0.0246727717941225
70	0.00483731441958697	0.00483649133111012	0.00483660290149546	70	0.0280009019518470	0.0260818440512827	0.0256697010180910
90	0.00483414206638487	0.00483448146922194	0.00483469927474997	90	0.0255189311054948	0.0241638206830398	0.0246237316569947
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00466180863872021	0.00465988569385703	0.00465354185580285	50	0.0385889436712116	0.0388397633136529	0.0420163774214080
70	0.00465758555767162	0.00465134524015599	0.00464905608601847	70	0.0411834166281695	0.0445863375852123	0.0451554017729638
90	0.00465498306095561	0.00464589713564340	0.00464411405273336	90	0.0436302749628476	0.0441444729015143	0.0433867982135541

Tabla 25 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con ANFIS

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 1 -ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00533731319134614	0.00531289749552681	0.00529581245326658	50	0.00570132594022038	0.00567933939037857	0.00566403884072793
70	0.00529853225024346	0.00528089407339741	0.00526625384779257	70	0.00567084872260164	0.00565674828555363	0.00564543349635420
90	0.00527628353164307	0.00526456177881105	0.00524915756995642	90	0.00565455038959558	0.00564698972037374	0.00563467955982075
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00516547546803232	0.00513818294426607	0.00515426005801352	50	0.00630148501833670	0.00628841316601785	0.00631032206515570
70	0.00513314932154521	0.00511283004968625	0.00513696958387717	70	0.00630893687397251	0.00625289458728762	0.00631661927211361
90	0.00511588978171092	0.00510029663365936	0.00511925206548525	90	0.00626506410850288	0.00623321585620792	0.00624217432496515
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00525139432968923	0.00522554021989644	0.00522503625564005	50	0.00600140547927854	0.00598387627819821	0.00598718045294181
70	0.00521584078589434	0.00519686206154183	0.00520161171583487	70	0.00598989279828707	0.00595482143642062	0.00598102638423391
90	0.00519608665667700	0.00518242920623520	0.00518420481772084	90	0.00595980724904923	0.00594010278829083	0.00593842694239295

Tabla 26 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con ANFIS

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 2 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00536108466151047	0.00538843422822301	0.00535425792184067	50	0.00620290926135154	0.00620495966188898	0.00615045650565090
70	0.00533529844370136	0.00534097065104600	0.00532299468581814	70	0.00617041140270567	0.00617400639958332	0.00614390664425073
90	0.00531701234437814	0.00530672881750745	0.00530222491466312	90	0.00615882109101181	0.00616379368092225	0.00617236806077139
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00540169051588119	0.00537877872764445	0.00537616700587628	50	0.00602205069741119	0.00602343948051830	0.00601838342565295
70	0.00537457313371258	0.00535904121520486	0.00535306944235841	70	0.00602763917768502	0.00602751235535564	0.00602134587341290
90	0.00536093843879151	0.00534940784060876	0.00534243499037996	90	0.00603085628289675	0.00602852026646071	0.00602056880052675
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.0159577712968670	0.0159158888114757	0.0159031380667956	50	0.00611247997938137	0.00611419957120364	0.00608441996565193
70	0.0158703998088734	0.0158338567298057	0.0158174638329557	70	0.00609902529019534	0.00610075937746948	0.00608262625883181
90	0.0158234735003460	0.0157806287189973	0.0157662916314172	90	0.00609483868695428	0.00609615697369148	0.00609646843064907

Tabla 27 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con ANFIS

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 3 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00539780124283576	0.00537339344186645	0.00536903405506673	50	0.00622224482010041	0.00622578659060672	0.00622913612305760
70	0.00536300011727152	0.00535115288602971	0.00534577463265999	70	0.00622604506420744	0.00623024685010733	0.00622150022630321
90	0.00534609321420864	0.00533821243664923	0.00533129901272168	90	0.00623741110991402	0.00623805009182359	0.00622613370518036
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00525217751412814	0.00524009078542467	0.00525674463952750	50	0.00644279531115387	0.00644891517793243	0.00640385729674577
70	0.00523624635127274	0.0052282458424709	0.00520986547340511	70	0.00645598637847809	0.00644800033666396	0.00640586603207349
90	0.00523072968995970	0.00520204993075883	0.00518821470962790	90	0.00646168545702407	0.00646720288927142	0.00642742792864257
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00532498937848195	0.00530674211364556	0.00531288934729712	50	0.00633252006562714	0.00633735088426957	0.00631649670990168
70	0.00529962323427213	0.00528698873513840	0.00527782005303255	70	0.00634101572134276	0.00633912359338565	0.00631368312918835
90	0.00528841145208417	0.00527013118370403	0.00525975686117479	90	0.00634954828346904	0.00635262649054750	0.00632678081691146

Tabla 28 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con ANFIS

FALLO INTENSIDAD FASE 1 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00332979433925073	0.00322044101003921	0.00308853841213484	50	0.00268669149941949	0.00250143190274798	0.00260356979175604
70	0.00295117360645818	0.00265218949410490	0.00353567862258121	70	0.00260614139453498	0.00251840568666699	0.00256356304636640
90	0.00283026317249235	0.00247815184039026	0.00360017861342325	90	0.00257648602402090	0.00251621904401841	0.00256356304636640
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00211328233616964	0.00211328233616964	0.00211328233616964	50	0.0427504101148429	0.0427504101148429	0.0427504101148429
70	0.00212423369709683	0.00212423369709683	0.00212423369709683	70	0.0427504101148429	0.0427504101148429	0.0427504101148429
90	0.00210996811781249	0.00212075812634169	0.00211429334432772	90	0.0427504101148429	0.0427504101148429	0.0427504101148429
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00272153833771018	0.00266686167310442	0.00260091037415224	50	0.0227185508071312	0.0226259210087955	0.0226769899532995
70	0.00253770365177750	0.00238821159560087	0.00282995615983902	70	0.0226782757546890	0.0226344079007550	0.0226569865806047
90	0.00247011564515242	0.00229945498336597	0.00285723597887549	90	0.0226634480694319	0.0226333145794307	0.0226569865806047

Tabla 29 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con ANFIS

FALLO INTENSIDAD FASE 2 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00668404579842364	0.00663759064519660	0.00613790093393674	50	0.00303077412314400	0.00302833561582672	0.00319001711650653
70	0.00660250717994822	0.00656112408867570	0.00596929739164596	70	0.00304617112156102	0.00304535635676274	0.00314517736138258
90	0.00654200458952912	0.00650117356583342	0.00536485599005534	90	0.00303355591687492	0.00305508651050519	0.00311183566020020
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00212898692381027	0.00212060821592215	0.00211889217211362	50	0.0591158967116965	0.0507641072525593	0.0510941882503673
70	0.00211718292326679	0.00211677010232508	0.00211622302356696	70	0.0510223825920801	0.0509334544982104	0.0510632295948328
90	0.00211565920045408	0.00211587656225536	0.00211546190615998	90	0.0508903910748975	0.0509066978130370	0.0510696569002870
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.0104467055747280	0.0101437726137083	0.00946155578923168	50	0.0310733354174203	0.0268962214341930	0.0271421026834369
70	0.00950336619576349	0.00931129312409364	0.00933223025546056	70	0.0270342768568206	0.0269894054274866	0.0271042034781077
90	0.00917396362648844	0.00900384284457029	0.00896069506093627	90	0.0269619734958862	0.0269808921617711	0.0270907462802436

Tabla 30 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con ANFIS

FALLO INTENSIDAD FASE 3 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00449265395598963	0.00405219179681720	0.00332064011230218	50	0.00280252857921151	0.00288253678377336	0.00271425059239995
70	0.00307092989946027	0.00302817670576548	0.00277807101835025	70	0.00270179396627038	0.00275340093511422	0.00272222035140177
90	0.00261002119290520	0.00265216624674539	0.00258630826051284	90	0.00267390401289653	0.00271294952625887	0.00279415092232298
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00449265395598963	0.00405219179681720	0.00332064011230218	50	0.0567510426266286	0.0573064114432541	0.0576027557416059
70	0.00307092989946027	0.00302817670576548	0.00277807101835025	70	0.0569187292932655	0.0563511255119763	0.0567445032946977
90	0.00261002119290520	0.00265216624674539	0.00258630826051284	90	0.0565230640763773	0.0565184232082266	0.0568754067488865
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00331865087590087	0.00309781151004451	0.00273224886205427	50	0.0297767856029201	0.0300944741135137	0.0301585031670029
70	0.00260581749237848	0.00258413443299238	0.00245951388801508	70	0.0298102616297680	0.0295522632235453	0.0297333618230497
90	0.00237501608634442	0.00239586279715993	0.00236330013395312	90	0.0295984840446369	0.0296156863672427	0.0298347788356048

Tabla 31 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con ANFIS

CAIDA TENSIÓN FASE 1 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00590459453985646	0.00590140435291893	0.00584246019985733	50	0.00407229523424638	0.00406561638158218	0.00433207505621481
70	0.00583442708722406	0.00581955266413287	0.00575612245287166	70	0.00412624309139979	0.00412014755497596	0.00436649703658905
90	0.00577999767759752	0.00576099474125834	0.00568714325102961	90	0.00416895566573597	0.00417450528800850	0.00443773687265250
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00431854501059039	0.00430771913651724	0.00428798186928675	50	0.00752316670941863	0.00769206141426773	0.00759489993629104
70	0.00424445563176278	0.00430845689569264	0.00422524950673084	70	0.00733035835383452	0.00732638893410444	0.00730780036562157
90	0.00418131738356341	0.00421218351462641	0.00419211604246543	90	0.00735794049933171	0.00735589077365288	0.00731679709078170
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00511156977522342	0.00510456174471809	0.00506522103457204	50	0.00579773097183251	0.00587883889792496	0.00596348749625292
70	0.00503944135949342	0.00506400477991275	0.00499068597980125	70	0.00572830072261716	0.00572326824454020	0.00583714870110531
90	0.00498065753058046	0.00498658912794238	0.00493962964674752	90	0.00576344808253384	0.00576519803083069	0.00587726698171710

Tabla 32 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con ANFIS

CAIDA TENSIÓN FASE 2 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00507363527039915	0.00503788963925806	0.00502340115657290	50	0.00312652617677851	0.00313115336497160	0.00314060469656618
70	0.00501305850923630	0.00488328910365406	0.00500715040030997	70	0.00312853571643516	0.00319069126447897	0.00317537550724099
90	0.00490479298326575	0.00498501738686965	0.00540749865716628	90	0.00317132538955374	0.00319411227409359	0.00317410882779360
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00314509513227142	0.00314525715166637	0.00315077883298540	50	0.0324760713201108	0.0326413351851900	0.0394013658956418
70	0.00314291315297919	0.00313253410519370	0.00314471426851379	70	0.0328131707015831	0.0380737091572021	0.0178332212032914
90	0.00313288807538974	0.00312481289103250	0.00313726384556470	90	0.0207966989238150	0.0439102010852823	0.0180278200176453
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.0142101111264539	0.0140741801196593	0.0139484683736090	50	0.0178012987484446	0.0178862442750808	0.0212709852961040
70	0.0139411953399062	0.0138004431601664	0.0136694034361750	70	0.0179708532090091	0.0206322002108405	0.0105042983552662
90	0.0137319165347415	0.0136321713613696	0.0137202056224450	90	0.0119840121566844	0.0235521566796880	0.0106009644227194

Tabla 33 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con ANFIS

CAIDA TENSIÓN FASE 3 - ANFIS							
Combinación 1							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00610573451568290	0.00598078362831083	0.00592607992822392	50	0.00334173978349561	0.00333147444958305	0.00337308506746524
70	0.00595394626002839	0.00580079151421366	0.00568097639243257	70	0.00320981201343254	0.00332125576298972	0.00336731897888066
90	0.00583863031297088	0.00557842425392526	0.00551917042894106	90	0.00331049267791830	0.00330797820570540	0.00334705933332753
Combinación 2							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00387261778410740	0.00377530633064710	0.00366623476029180	50	0.00976863239089439	0.00968405660643082	0.00979551421017443
70	0.00369359003858165	0.00365626203744597	0.00352459385149110	70	0.00947003111348637	0.00940681259554308	0.00899781756779214
90	0.00362620663669570	0.00360290993502695	0.00349721901972299	90	0.00920063432958143	0.00916633228564284	0.00865242089261088
RESULTADOS CROSS-VALIDATION							
ÉPOCAS	ENTRENAMIENTO / STEP SIZE INCREASE RATE			ÉPOCAS	TEST / STEP SIZE INCREASE RATE		
	1,1	1,3	1,5		1,1	1,3	1,5
50	0.00498917614989515	0.00487804497947897	0.00479615734425786	50	0.00655518608719500	0.00650776552800693	0.00658429963881983
70	0.00482376814930502	0.00472852677582982	0.00460278512196184	70	0.00633992156345945	0.00636403417926640	0.00618256827333640
90	0.00473241847483329	0.00459066709447610	0.00450819472433202	90	0.00625556350374986	0.00623715524567412	0.00599974011296920

Tabla 34 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con ANFIS

NORMAL - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0105177921426206	0.0105177921426206	0.0105177921426206	0.0105177921426206	0.0105177921426206	1	0.0109141310326762	0.0109141310326762	0.0109141310326762	0.0109141310326762	0.0109141310326762
2	0.00965530273132726	0.00965530273132726	0.00965530273132726	0.00965530273132726	0.00965530273132726	2	0.00978903888923521	0.00978903888923521	0.00978903888923521	0.00978903888923521	0.00978903888923521
3	0.00914627475220777	0.00914627475220777	0.00914627475220777	0.00914627475220777	0.00914627475220777	3	0.00906113874368693	0.00906113874368693	0.00906113874368693	0.00906113874368693	0.00906113874368693
4	0.00894585107452423	0.00894585107452423	0.00894585107452423	0.00894585107452423	0.00894585107452423	4	0.00876385051748070	0.00876385051748070	0.00876385051748070	0.00876385051748070	0.00876385051748070
5	0.00885578515236100	0.00885578515236100	0.00885578515236100	0.00885578515236100	0.00885578515236100	5	0.00862880101208973	0.00862880101208973	0.00862880101208973	0.00862880101208973	0.00862880101208973
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00912140169414799	0.00912140169414799	0.00912140169414799	0.00912140169414799	0.00912140169414799	1	0.0118583320984283	0.0118583320984283	0.0118583320984283	0.0118583320984283	0.0118583320984283
2	0.00859312108757081	0.00859312108757081	0.00859312108757081	0.00859312108757081	0.00859312108757081	2	0.0107289677508426	0.0107289677508426	0.0107289677508426	0.0107289677508426	0.0107289677508426
3	0.00825814285179183	0.00825814285179183	0.00825814285179183	0.00825814285179183	0.00825814285179183	3	0.0100023206135024	0.0100023206135024	0.0100023206135024	0.0100023206135024	0.0100023206135024
4	0.00812062996096698	0.00812062996096698	0.00812062996096698	0.00812062996096698	0.00812062996096698	4	0.00970417791563924	0.00970417791563924	0.00970417791563924	0.00970417791563924	0.00970417791563924
5	0.00805758604996601	0.00805758604996601	0.00805758604996601	0.00805758604996601	0.00805758604996601	5	0.00956811323598564	0.00956811323598564	0.00956811323598564	0.00956811323598564	0.00956811323598564
Combinación 3											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00913335070374518	0.00913335070374518	0.00913335070374518	0.00913335070374518	0.00913335070374518	1	0.012307767220659	0.012307767220659	0.012307767220659	0.012307767220659	0.012307767220659
2	0.00864397496864978	0.00864397496864978	0.00864397496864978	0.00864397496864978	0.00864397496864978	2	0.0114292106016809	0.0114292106016809	0.0114292106016809	0.0114292106016809	0.0114292106016809
3	0.00809978261387810	0.00809978261387810	0.00809978261387810	0.00809978261387810	0.00809978261387810	3	0.0107220009036487	0.0107220009036487	0.0107220009036487	0.0107220009036487	0.0107220009036487
4	0.00775654270021927	0.00775654270021927	0.00775654270021927	0.00775654270021927	0.00775654270021927	4	0.0104278732826607	0.0104278732826607	0.0104278732826607	0.0104278732826607	0.0104278732826607
5	0.00757155520778333	0.00757155520778333	0.00757155520778333	0.00757155520778333	0.00757155520778333	5	0.0103152560774845	0.0103152560774845	0.0103152560774845	0.0103152560774845	0.0103152560774845
Combinación 4											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0106015231147234	0.0106015231147234	0.0106015231147234	0.0106015231147234	0.0106015231147234	1	0.0102899630494680	0.0102899630494680	0.0102899630494680	0.0102899630494680	0.0102899630494680
2	0.0100266931260271	0.0100266931260271	0.0100266931260271	0.0100266931260271	0.0100266931260271	2	0.0101348283212461	0.0101348283212461	0.0101348283212461	0.0101348283212461	0.0101348283212461
3	0.00909163814994879	0.00909163814994879	0.00909163814994879	0.00909163814994879	0.00909163814994879	3	0.0102350268210677	0.0102350268210677	0.0102350268210677	0.0102350268210677	0.0102350268210677
4	0.00852713333373410	0.00852713333373410	0.00852713333373410	0.00852713333373410	0.00852713333373410	4	0.0104198338128237	0.0104198338128237	0.0104198338128237	0.0104198338128237	0.0104198338128237
5	0.00823386304543269	0.00823386304543269	0.00823386304543269	0.00823386304543269	0.00823386304543269	5	0.0105406140107686	0.0105406140107686	0.0105406140107686	0.0105406140107686	0.0105406140107686
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00984351691380929	0.00984351691380929	0.00984351691380929	0.00984351691380929	0.00984351691380929	1	0.0113425484506596	0.0113425484506596	0.0113425484506596	0.0113425484506596	0.0113425484506596
2	0.00922977297839374	0.00922977297839374	0.00922977297839374	0.00922977297839374	0.00922977297839374	2	0.0105205113907512	0.0105205113907512	0.0105205113907512	0.0105205113907512	0.0105205113907512
3	0.00864895959195662	0.00864895959195662	0.00864895959195662	0.00864895959195662	0.00864895959195662	3	0.0100051217704764	0.0100051217704764	0.0100051217704764	0.0100051217704764	0.0100051217704764
4	0.00833753926736115	0.00833753926736115	0.00833753926736115	0.00833753926736115	0.00833753926736115	4	0.00982893388215109	0.00982893388215109	0.00982893388215109	0.00982893388215109	0.00982893388215109
5	0.00817969736388576	0.00817969736388576	0.00817969736388576	0.00817969736388576	0.00817969736388576	5	0.00976319608408212	0.00976319608408212	0.00976319608408212	0.00976319608408212	0.00976319608408212

Tabla 35 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con RBF

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 1 - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0426733720691347	0.0426733720691347	0.0426733720691347	0.0426733720691347	0.0426733720691347	1	0.0498450979455484	0.0498450979455484	0.0498450979455484	0.0498450979455484	0.0498450979455484
2	0.0424392979529154	0.0424392979529154	0.0424392979529154	0.0424392979529154	0.0424392979529154	2	0.0479340916103945	0.0479340916103945	0.0479340916103945	0.0479340916103945	0.0479340916103945
3	0.0421430771827628	0.0421430771827628	0.0421430771827628	0.0421430771827628	0.0421430771827628	3	0.0467222623757485	0.0467222623757485	0.0467222623757485	0.0467222623757485	0.0467222623757485
4	0.0423891627944854	0.0423891627944854	0.0423891627944854	0.0423891627944854	0.0423891627944854	4	0.0478450340393280	0.0478450340393280	0.0478450340393280	0.0478450340393280	0.0478450340393280
5	0.0421279503408393	0.0421279503408393	0.0421279503408393	0.0421279503408393	0.0421279503408393	5	0.0462007300934950	0.0462007300934950	0.0462007300934950	0.0462007300934950	0.0462007300934950
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0426658422902272	0.0426658422902272	0.0426658422902272	0.0426658422902272	0.0426658422902272	1	0.0431959356736221	0.0431959356736221	0.0431959356736221	0.0431959356736221	0.0431959356736221
2	0.0422544845115808	0.0422544845115808	0.0422544845115808	0.0422544845115808	0.0422544845115808	2	0.0426622585987824	0.0426622585987824	0.0426622585987824	0.0426622585987824	0.0426622585987824
3	0.0412951083749758	0.0412951083749758	0.0412951083749758	0.0412951083749758	0.0412951083749758	3	0.0417186426741137	0.0417186426741137	0.0417186426741137	0.0417186426741137	0.0417186426741137
4	0.0418692396740449	0.0418692396740449	0.0418692396740449	0.0418692396740449	0.0418692396740449	4	0.0421848463105048	0.0421848463105048	0.0421848463105048	0.0421848463105048	0.0421848463105048
5	0.0415402352983792	0.0415402352983792	0.0415402352983792	0.0415402352983792	0.0415402352983792	5	0.0417639251795168	0.0417639251795168	0.0417639251795168	0.0417639251795168	0.0417639251795168
Combinación 3											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0387035514468464	0.0387035514468464	0.0387035514468464	0.0387035514468464	0.0387035514468464	1	0.0540512319571225	0.0540512319571225	0.0540512319571225	0.0540512319571225	0.0540512319571225
2	0.0384165858121900	0.0384165858121900	0.0384165858121900	0.0384165858121900	0.0384165858121900	2	0.0531248710759813	0.0531248710759813	0.0531248710759813	0.0531248710759813	0.0531248710759813
3	0.0370123550366010	0.0370123550366010	0.0370123550366010	0.0370123550366010	0.0370123550366010	3	0.0522901186749168	0.0522901186749168	0.0522901186749168	0.0522901186749168	0.0522901186749168
4	0.0369085888475827	0.0369085888475827	0.0369085888475827	0.0369085888475827	0.0369085888475827	4	0.0517413640581844	0.0517413640581844	0.0517413640581844	0.0517413640581844	0.0517413640581844
5	0.0389628064652019	0.0389628064652019	0.0389628064652019	0.0389628064652019	0.0389628064652019	5	0.0543121014232860	0.0543121014232860	0.0543121014232860	0.0543121014232860	0.0543121014232860
Combinación 4											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0380682233803357	0.0380682233803357	0.0380682233803357	0.0380682233803357	0.0380682233803357	1	0.0551690531734039	0.0551690531734039	0.0551690531734039	0.0551690531734039	0.0551690531734039
2	0.0377005038232606	0.0377005038232606	0.0377005038232606	0.0377005038232606	0.0377005038232606	2	0.0543139219240326	0.0543139219240326	0.0543139219240326	0.0543139219240326	0.0543139219240326
3	0.0363750639892908	0.0363750639892908	0.0363750639892908	0.0363750639892908	0.0363750639892908	3	0.0533621909237818	0.0533621909237818	0.0533621909237818	0.0533621909237818	0.0533621909237818
4	0.0362694963820378	0.0362694963820378	0.0362694963820378	0.0362694963820378	0.0362694963820378	4	0.0528471455749345	0.0528471455749345	0.0528471455749345	0.0528471455749345	0.0528471455749345
5	0.0367047189565949	0.0367047189565949	0.0367047189565949	0.0367047189565949	0.0367047189565949	5	0.053559494643909	0.053559494643909	0.053559494643909	0.053559494643909	0.053559494643909

Combinación 5											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0425682409009109	0.0425682409009109	0.0425682409009109	0.0425682409009109	0.0425682409009109	1	0.0434274922306885	0.0434274922306885	0.0434274922306885	0.0434274922306885	0.0434274922306885
2	0.0421435988197764	0.0421435988197764	0.0421435988197764	0.0421435988197764	0.0421435988197764	2	0.0431595998726494	0.0431595998726494	0.0431595998726494	0.0431595998726494	0.0431595998726494
3	0.0411041680219747	0.0411041680219747	0.0411041680219747	0.0411041680219747	0.0411041680219747	3	0.0419934430832917	0.0419934430832917	0.0419934430832917	0.0419934430832917	0.0419934430832917
4	0.0410259310824735	0.0410259310824735	0.0410259310824735	0.0410259310824735	0.0410259310824735	4	0.0419281455747075	0.0419281455747075	0.0419281455747075	0.0419281455747075	0.0419281455747075
5	0.0413078715501359	0.0413078715501359	0.0413078715501359	0.0413078715501359	0.0413078715501359	5	0.0423091201026611	0.0423091201026611	0.0423091201026611	0.0423091201026611	0.0423091201026611

Combinación 6											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0427339766824486	0.0427339766824486	0.0427339766824486	0.0427339766824486	0.0427339766824486	1	0.0495759177050080	0.0495759177050080	0.0495759177050080	0.0495759177050080	0.0495759177050080
2	0.0426141494882448	0.0426141494882448	0.0426141494882448	0.0426141494882448	0.0426141494882448	2	0.0480482163068526	0.0480482163068526	0.0480482163068526	0.0480482163068526	0.0480482163068526
3	0.0421962184052036	0.0421962184052036	0.0421962184052036	0.0421962184052036	0.0421962184052036	3	0.0464349493532282	0.0464349493532282	0.0464349493532282	0.0464349493532282	0.0464349493532282
4	0.0420599873446640	0.0420599873446640	0.0420599873446640	0.0420599873446640	0.0420599873446640	4	0.0456356100707460	0.0456356100707460	0.0456356100707460	0.0456356100707460	0.0456356100707460
5	0.0421578505702011	0.0421578505702011	0.0421578505702011	0.0421578505702011	0.0421578505702011	5	0.0463702137629968	0.0463702137629968	0.0463702137629968	0.0463702137629968	0.0463702137629968

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0412355344616506	0.0412355344616506	0.0412355344616506	0.0412355344616506	0.0412355344616506	1	0.0492107881142322	0.0492107881142322	0.0492107881142322	0.0492107881142322	0.0492107881142322
2	0.0409281034013280	0.0409281034013280	0.0409281034013280	0.0409281034013280	0.0409281034013280	2	0.0482071598981155	0.0482071598981155	0.0482071598981155	0.0482071598981155	0.0482071598981155
3	0.0400209985018015	0.0400209985018015	0.0400209985018015	0.0400209985018015	0.0400209985018015	3	0.0470869345141801	0.0470869345141801	0.0470869345141801	0.0470869345141801	0.0470869345141801
4	0.0400870676875480	0.0400870676875480	0.0400870676875480	0.0400870676875480	0.0400870676875480	4	0.0470303576047342	0.0470303576047342	0.0470303576047342	0.0470303576047342	0.0470303576047342
5	0.0404669055302254	0.0404669055302254	0.0404669055302254	0.0404669055302254	0.0404669055302254	5	0.0474186733377244	0.0474186733377244	0.0474186733377244	0.0474186733377244	0.0474186733377244

Tabla 36 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con RBF

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 2 - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0197627511078480	0.0197627511078480	0.0197627511078480	0.0197627511078480	0.0197627511078480	1	0.0200145915499564	0.0200145915499564	0.0200145915499564	0.0200145915499564	0.0200145915499564
2	0.0197623045175540	0.0197623045175540	0.0197623045175540	0.0197623045175540	0.0197623045175540	2	0.0200218180521674	0.0200218180521674	0.0200218180521674	0.0200218180521674	0.0200218180521674
3	0.0197615061170513	0.0197615061170513	0.0197615061170513	0.0197615061170513	0.0197615061170513	3	0.020022853022756	0.020022853022756	0.020022853022756	0.020022853022756	0.020022853022756
4	0.0197611843797324	0.0197611843797324	0.0197611843797324	0.0197611843797324	0.0197611843797324	4	0.0200232132670340	0.0200232132670340	0.0200232132670340	0.0200232132670340	0.0200232132670340
5	0.0197610277560773	0.0197610277560773	0.0197610277560773	0.0197610277560773	0.0197610277560773	5	0.0200233794326411	0.0200233794326411	0.0200233794326411	0.0200233794326411	0.0200233794326411
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0189168870848538	0.0189168870848538	0.0189168870848538	0.0189168870848538	0.0189168870848538	1	0.0194892883893200	0.0194892883893200	0.0194892883893200	0.0194892883893200	0.0194892883893200
2	0.0189183174416687	0.0189183174416687	0.0189183174416687	0.0189183174416687	0.0189183174416687	2	0.0194933185694607	0.0194933185694607	0.0194933185694607	0.0194933185694607	0.0194933185694607
3	0.0189180403526384	0.0189180403526384	0.0189180403526384	0.0189180403526384	0.0189180403526384	3	0.0194935743581578	0.0194935743581578	0.0194935743581578	0.0194935743581578	0.0194935743581578
4	0.0189194096526876	0.0189194096526876	0.0189194096526876	0.0189194096526876	0.0189194096526876	4	0.0194943629861000	0.0194943629861000	0.0194943629861000	0.0194943629861000	0.0194943629861000
5	0.0189192510603989	0.0189192510603989	0.0189192510603989	0.0189192510603989	0.0189192510603989	5	0.0194944126243453	0.0194944126243453	0.0194944126243453	0.0194944126243453	0.0194944126243453
Combinación 3											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0168285250530484	0.0168285250530484	0.0168285250530484	0.0168285250530484	0.0168285250530484	1	0.0225426704243819	0.0225426704243819	0.0225426704243819	0.0225426704243819	0.0225426704243819
2	0.0168275922112990	0.0168275922112990	0.0168275922112990	0.0168275922112990	0.0168275922112990	2	0.0225440663015669	0.0225440663015669	0.0225440663015669	0.0225440663015669	0.0225440663015669
3	0.0168290804053975	0.0168290804053975	0.0168290804053975	0.0168290804053975	0.0168290804053975	3	0.0225444811843875	0.0225444811843875	0.0225444811843875	0.0225444811843875	0.0225444811843875
4	0.0168297654989372	0.0168297654989372	0.0168297654989372	0.0168297654989372	0.0168297654989372	4	0.0225437494845538	0.0225437494845538	0.0225437494845538	0.0225437494845538	0.0225437494845538
5	0.0168297633688208	0.0168297633688208	0.0168297633688208	0.0168297633688208	0.0168297633688208	5	0.0225437953613737	0.0225437953613737	0.0225437953613737	0.0225437953613737	0.0225437953613737
Combinación 4											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0192159330867189	0.0192159330867189	0.0192159330867189	0.0192159330867189	0.0192159330867189	1	0.0191942464585029	0.0191942464585029	0.0191942464585029	0.0191942464585029	0.0191942464585029
2	0.0192188706205378	0.0192188706205378	0.0192188706205378	0.0192188706205378	0.0192188706205378	2	0.0191970909742113	0.0191970909742113	0.0191970909742113	0.0191970909742113	0.0191970909742113
3	0.0192189510519469	0.0192189510519469	0.0192189510519469	0.0192189510519469	0.0192189510519469	3	0.0191993564569219	0.0191993564569219	0.0191993564569219	0.0191993564569219	0.0191993564569219
4	0.0192192579270803	0.0192192579270803	0.0192192579270803	0.0192192579270803	0.0192192579270803	4	0.0191989437616245	0.0191989437616245	0.0191989437616245	0.0191989437616245	0.0191989437616245
5	0.0192193512164677	0.0192193512164677	0.0192193512164677	0.0192193512164677	0.0192193512164677	5	0.0191987136450180	0.0191987136450180	0.0191987136450180	0.0191987136450180	0.0191987136450180
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0186810240831173	0.0186810240831173	0.0186810240831173	0.0186810240831173	0.0186810240831173	1	0.0203101992055403	0.0203101992055403	0.0203101992055403	0.0203101992055403	0.0203101992055403
2	0.0186817711977649	0.0186817711977649	0.0186817711977649	0.0186817711977649	0.0186817711977649	2	0.0203140734743516	0.0203140734743516	0.0203140734743516	0.0203140734743516	0.0203140734743516
3	0.0186818944817585	0.0186818944817585	0.0186818944817585	0.0186818944817585	0.0186818944817585	3	0.0203150663254357	0.0203150663254357	0.0203150663254357	0.0203150663254357	0.0203150663254357
4	0.0186824043646094	0.0186824043646094	0.0186824043646094	0.0186824043646094	0.0186824043646094	4	0.0203150673748281	0.0203150673748281	0.0203150673748281	0.0203150673748281	0.0203150673748281
5	0.0186823483504412	0.0186823483504412	0.0186823483504412	0.0186823483504412	0.0186823483504412	5	0.0203150752658445	0.0203150752658445	0.0203150752658445	0.0203150752658445	0.0203150752658445

Tabla 37 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con RBF

DESEQUILIBRIO ELÉCTRICO FASE 3 - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0314448796521497	0.0314448796521497	0.0314448796521497	0.0314448796521497	0.0314448796521497	1	0.0342785408858729	0.0342785408858729	0.0342785408858729	0.0342785408858729	0.0342785408858729
2	0.0315395182524020	0.0315395182524020	0.0315395182524020	0.0315395182524020	0.0315395182524020	2	0.0343246420628379	0.0343246420628379	0.0343246420628379	0.0343246420628379	0.0343246420628379
3	0.0315421991906987	0.0315421991906987	0.0315421991906987	0.0315421991906987	0.0315421991906987	3	0.0343201413888598	0.0343201413888598	0.0343201413888598	0.0343201413888598	0.0343201413888598
4	0.0315422026193194	0.0315422026193194	0.0315422026193194	0.0315422026193194	0.0315422026193194	4	0.0343221573346114	0.0343221573346114	0.0343221573346114	0.0343221573346114	0.0343221573346114
5	0.0315421928027895	0.0315421928027895	0.0315421928027895	0.0315421928027895	0.0315421928027895	5	0.0343231903992530	0.0343231903992530	0.0343231903992530	0.0343231903992530	0.0343231903992530
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0332825336480803	0.0332825336480803	0.0332825336480803	0.0332825336480803	0.0332825336480803	1	0.0310876761157102	0.0310876761157102	0.0310876761157102	0.0310876761157102	0.0310876761157102
2	0.0333619454186657	0.0333619454186657	0.0333619454186657	0.0333619454186657	0.0333619454186657	2	0.0311666322236911	0.0311666322236911	0.0311666322236911	0.0311666322236911	0.0311666322236911
3	0.0333601446304314	0.0333601446304314	0.0333601446304314	0.0333601446304314	0.0333601446304314	3	0.0311666028011259	0.0311666028011259	0.0311666028011259	0.0311666028011259	0.0311666028011259
4	0.0333614865158205	0.0333614865158205	0.0333614865158205	0.0333614865158205	0.0333614865158205	4	0.0311672971461892	0.0311672971461892	0.0311672971461892	0.0311672971461892	0.0311672971461892
5	0.0333620886120189	0.0333620886120189	0.0333620886120189	0.0333620886120189	0.0333620886120189	5	0.0311675996775975	0.0311675996775975	0.0311675996775975	0.0311675996775975	0.0311675996775975
Combinación 3											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0315558985159085	0.0315558985159085	0.0315558985159085	0.0315558985159085	0.0315558985159085	1	0.0341622878805376	0.0341622878805376	0.0341622878805376	0.0341622878805376	0.0341622878805376
2	0.0315980505892251	0.0315980505892251	0.0315980505892251	0.0315980505892251	0.0315980505892251	2	0.0342774191713531	0.0342774191713531	0.0342774191713531	0.0342774191713531	0.0342774191713531
3	0.0316001375190212	0.0316001375190212	0.0316001375190212	0.0316001375190212	0.0316001375190212	3	0.0342744980166168	0.0342744980166168	0.0342744980166168	0.0342744980166168	0.0342744980166168
4	0.0316014925313749	0.0316014925313749	0.0316014925313749	0.0316014925313749	0.0316014925313749	4	0.0342735563550979	0.0342735563550979	0.0342735563550979	0.0342735563550979	0.0342735563550979
5	0.0316020651432697	0.0316020651432697	0.0316020651432697	0.0316020651432697	0.0316020651432697	5	0.0342730760552405	0.0342730760552405	0.0342730760552405	0.0342730760552405	0.0342730760552405
Combinación 4											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0310153232598883	0.0310153232598883	0.0310153232598883	0.0310153232598883	0.0310153232598883	1	0.0333266713787409	0.0333266713787409	0.0333266713787409	0.0333266713787409	0.0333266713787409
2	0.0311074896103034	0.0311074896103034	0.0311074896103034	0.0311074896103034	0.0311074896103034	2	0.0334176451929894	0.0334176451929894	0.0334176451929894	0.0334176451929894	0.0334176451929894
3	0.0311076012276844	0.0311076012276844	0.0311076012276844	0.0311076012276844	0.0311076012276844	3	0.0334154705279805	0.0334154705279805	0.0334154705279805	0.0334154705279805	0.0334154705279805
4	0.0311083525346785	0.0311083525346785	0.0311083525346785	0.0311083525346785	0.0311083525346785	4	0.0334169647840330	0.0334169647840330	0.0334169647840330	0.0334169647840330	0.0334169647840330
5	0.0311086796168947	0.0311086796168947	0.0311086796168947	0.0311086796168947	0.0311086796168947	5	0.0334176356577271	0.0334176356577271	0.0334176356577271	0.0334176356577271	0.0334176356577271
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0318246587690067	0.0318246587690067	0.0318246587690067	0.0318246587690067	0.0318246587690067	1	0.0332137940652154	0.0332137940652154	0.0332137940652154	0.0332137940652154	0.0332137940652154
2	0.0319017509676490	0.0319017509676490	0.0319017509676490	0.0319017509676490	0.0319017509676490	2	0.0332965846627179	0.0332965846627179	0.0332965846627179	0.0332965846627179	0.0332965846627179
3	0.0319025206419589	0.0319025206419589	0.0319025206419589	0.0319025206419589	0.0319025206419589	3	0.0332941781836458	0.0332941781836458	0.0332941781836458	0.0332941781836458	0.0332941781836458
4	0.0319033835502983	0.0319033835502983	0.0319033835502983	0.0319033835502983	0.0319033835502983	4	0.0332949939049829	0.0332949939049829	0.0332949939049829	0.0332949939049829	0.0332949939049829
5	0.0319037565437432	0.0319037565437432	0.0319037565437432	0.0319037565437432	0.0319037565437432	5	0.0332953754474545	0.0332953754474545	0.0332953754474545	0.0332953754474545	0.0332953754474545

Tabla 38 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con RBF

DESEQUILIBRIO MECÁNICO - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0101128590550756	0.0101128590550756	0.0101128590550756	0.0101128590550756	0.0101128590550756	1	0.0103869907959966	0.0103869907959966	0.0103869907959966	0.0103869907959966	0.0103869907959966
2	0.00887905532249811	0.00887905532249811	0.00887905532249811	0.00887905532249811	0.00887905532249811	2	0.00829854867898613	0.00829854867898613	0.00829854867898613	0.00829854867898613	0.00829854867898613
3	0.00885772001642621	0.00885772001642621	0.00885772001642621	0.00885772001642621	0.00885772001642621	3	0.00824390587266742	0.00824390587266742	0.00824390587266742	0.00824390587266742	0.00824390587266742
4	0.00890024361183342	0.00890024361183342	0.00890024361183342	0.00890024361183342	0.00890024361183342	4	0.00832090585908883	0.00832090585908883	0.00832090585908883	0.00832090585908883	0.00832090585908883
5	0.00892676530991490	0.00892676530991490	0.00892676530991490	0.00892676530991490	0.00892676530991490	5	0.00836963461822894	0.00836963461822894	0.00836963461822894	0.00836963461822894	0.00836963461822894
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00893136212607999	0.00893136212607999	0.00893136212607999	0.00893136212607999	0.00893136212607999	1	0.0141676046369229	0.0141676046369229	0.0141676046369229	0.0141676046369229	0.0141676046369229
2	0.00864533814589924	0.00864533814589924	0.00864533814589924	0.00864533814589924	0.00864533814589924	2	0.0134236309484159	0.0134236309484159	0.0134236309484159	0.0134236309484159	0.0134236309484159
3	0.00815636485617760	0.00815636485617760	0.00815636485617760	0.00815636485617760	0.00815636485617760	3	0.0124463977747276	0.0124463977747276	0.0124463977747276	0.0124463977747276	0.0124463977747276
4	0.00784797570997068	0.00784797570997068	0.00784797570997068	0.00784797570997068	0.00784797570997068	4	0.0119617568907019	0.0119617568907019	0.0119617568907019	0.0119617568907019	0.0119617568907019
5	0.00767781875946304	0.00767781875946304	0.00767781875946304	0.00767781875946304	0.00767781875946304	5	0.0117399716249304	0.0117399716249304	0.0117399716249304	0.0117399716249304	0.0117399716249304
Combinación 3											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0104197152608255	0.0104197152608255	0.0104197152608255	0.0104197152608255	0.0104197152608255	1	0.00948930454725494	0.00948930454725494	0.00948930454725494	0.00948930454725494	0.00948930454725494
2	0.00897649633043824	0.00897649633043824	0.00897649633043824	0.00897649633043824	0.00897649633043824	2	0.00776781578580715	0.00776781578580715	0.00776781578580715	0.00776781578580715	0.00776781578580715
3	0.00892333450777125	0.00892333450777125	0.00892333450777125	0.00892333450777125	0.00892333450777125	3	0.00781072491985165	0.00781072491985165	0.00781072491985165	0.00781072491985165	0.00781072491985165
4	0.00895904787571823	0.00895904787571823	0.00895904787571823	0.00895904787571823	0.00895904787571823	4	0.00790281771409555	0.00790281771409555	0.00790281771409555	0.00790281771409555	0.00790281771409555
5	0.00898414687902259	0.00898414687902259	0.00898414687902259	0.00898414687902259	0.00898414687902259	5	0.00795554186526614	0.00795554186526614	0.00795554186526614	0.00795554186526614	0.00795554186526614
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00982131214732701	0.00982131214732701	0.00982131214732701	0.00982131214732701	0.00982131214732701	1	0.0113479666600582	0.0113479666600582	0.0113479666600582	0.0113479666600582	0.0113479666600582
2	0.00883362993294520	0.00883362993294520	0.00883362993294520	0.00883362993294520	0.00883362993294520	2	0.00982999847106974	0.00982999847106974	0.00982999847106974	0.00982999847106974	0.00982999847106974
3	0.00864580646012502	0.00864580646012502	0.00864580646012502	0.00864580646012502	0.00864580646012502	3	0.00950034285574888	0.00950034285574888	0.00950034285574888	0.00950034285574888	0.00950034285574888
4	0.00856908906584077	0.00856908906584077	0.00856908906584077	0.00856908906584077	0.00856908906584077	4	0.00939516015462876	0.00939516015462876	0.00939516015462876	0.00939516015462876	0.00939516015462876
5	0.00852957698280017	0.00852957698280017	0.00852957698280017	0.00852957698280017	0.00852957698280017	5	0.00935504936947516	0.00935504936947516	0.00935504936947516	0.00935504936947516	0.00935504936947516

Tabla 39 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 5 con RBF

DESEQUILIBRIO ENCODER - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00963328242188672	0.00963328242188672	0.00963328242188672	0.00963328242188672	0.00963328242188672	1	0.0267984421730362	0.0267984421730362	0.0267984421730362	0.0267984421730362	0.0267984421730362
2	0.00875007744573213	0.00875007744573213	0.00875007744573213	0.00875007744573213	0.00875007744573213	2	0.0216811388455014	0.0216811388455014	0.0216811388455014	0.0216811388455014	0.0216811388455014
3	0.00853204388362875	0.00853204388362875	0.00853204388362875	0.00853204388362875	0.00853204388362875	3	0.0205042122418832	0.0205042122418832	0.0205042122418832	0.0205042122418832	0.0205042122418832
4	0.00847183905898539	0.00847183905898539	0.00847183905898539	0.00847183905898539	0.00847183905898539	4	0.0201856587872678	0.0201856587872678	0.0201856587872678	0.0201856587872678	0.0201856587872678
5	0.00844833385785187	0.00844833385785187	0.00844833385785187	0.00844833385785187	0.00844833385785187	5	0.0200620922308790	0.0200620922308790	0.0200620922308790	0.0200620922308790	0.0200620922308790

Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0141427787746555	0.0141427787746555	0.0141427787746555	0.0141427787746555	0.0141427787746555	1	0.0147308146993917	0.0147308146993917	0.0147308146993917	0.0147308146993917	0.0147308146993917
2	0.0108557735122481	0.0108557735122481	0.0108557735122481	0.0108557735122481	0.0108557735122481	2	0.0120212957304270	0.0120212957304270	0.0120212957304270	0.0120212957304270	0.0120212957304270
3	0.0101863293404447	0.0101863293404447	0.0101863293404447	0.0101863293404447	0.0101863293404447	3	0.0115515362947764	0.0115515362947764	0.0115515362947764	0.0115515362947764	0.0115515362947764
4	0.00999992010494684	0.00999992010494684	0.00999992010494684	0.00999992010494684	0.00999992010494684	4	0.0114163171984332	0.0114163171984332	0.0114163171984332	0.0114163171984332	0.0114163171984332
5	0.0110250246728424	0.0110250246728424	0.0110250246728424	0.0110250246728424	0.0110250246728424	5	0.0121654011531890	0.0121654011531890	0.0121654011531890	0.0121654011531890	0.0121654011531890

Combinación 3											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0132844793480193	0.0132844793480193	0.0132844793480193	0.0132844793480193	0.0132844793480193	1	0.0179083124536288	0.0179083124536288	0.0179083124536288	0.0179083124536288	0.0179083124536288
2	0.00848791469149465	0.00848791469149465	0.00848791469149465	0.00848791469149465	0.00848791469149465	2	0.0130016542416881	0.0130016542416881	0.0130016542416881	0.0130016542416881	0.0130016542416881
3	0.00746361527350259	0.00746361527350259	0.00746361527350259	0.00746361527350259	0.00746361527350259	3	0.0130727645382670	0.0130727645382670	0.0130727645382670	0.0130727645382670	0.0130727645382670
4	0.00776343409400075	0.00776343409400075	0.00776343409400075	0.00776343409400075	0.00776343409400075	4	0.0131050658717713	0.0131050658717713	0.0131050658717713	0.0131050658717713	0.0131050658717713
5	0.00799824624495310	0.00799824624495310	0.00799824624495310	0.00799824624495310	0.00799824624495310	5	0.0131245250564766	0.0131245250564766	0.0131245250564766	0.0131245250564766	0.0131245250564766

Combinación 4											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00963862827986912	0.00963862827986912	0.00963862827986912	0.00963862827986912	0.00963862827986912	1	0.0288475283149296	0.0288475283149296	0.0288475283149296	0.0288475283149296	0.0288475283149296
2	0.00917517178615578	0.00917517178615578	0.00917517178615578	0.00917517178615578	0.00917517178615578	2	0.0252799738421178	0.0252799738421178	0.0252799738421178	0.0252799738421178	0.0252799738421178
3	0.00891856663041216	0.00891856663041216	0.00891856663041216	0.00891856663041216	0.00891856663041216	3	0.0233683277271222	0.0233683277271222	0.0233683277271222	0.0233683277271222	0.0233683277271222
4	0.00966873650737881	0.00966873650737881	0.00966873650737881	0.00966873650737881	0.00966873650737881	4	0.0288818273567080	0.0288818273567080	0.0288818273567080	0.0288818273567080	0.0288818273567080
5	0.00967182683800894	0.00967182683800894	0.00967182683800894	0.00967182683800894	0.00967182683800894	5	0.0289067833292613	0.0289067833292613	0.0289067833292613	0.0289067833292613	0.0289067833292613

Combinación 5											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0145003568325842	0.0145003568325842	0.0145003568325842	0.0145003568325842	0.0145003568325842	1	0.0170501333207186	0.0170501333207186	0.0170501333207186	0.0170501333207186	0.0170501333207186
2	0.0128004276221674	0.0128004276221674	0.0128004276221674	0.0128004276221674	0.0128004276221674	2	0.0138555458436068	0.0138555458436068	0.0138555458436068	0.0138555458436068	0.0138555458436068
3	0.0120398340456127	0.0120398340456127	0.0120398340456127	0.0120398340456127	0.0120398340456127	3	0.0123913447336776	0.0123913447336776	0.0123913447336776	0.0123913447336776	0.0123913447336776
4	0.0145849140944006	0.0145849140944006	0.0145849140944006	0.0145849140944006	0.0145849140944006	4	0.0169291735306404	0.0169291735306404	0.0169291735306404	0.0169291735306404	0.0169291735306404
5	0.0145959326996897	0.0145959326996897	0.0145959326996897	0.0145959326996897	0.0145959326996897	5	0.0169538360774758	0.0169538360774758	0.0169538360774758	0.0169538360774758	0.0169538360774758

Combinación 6											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0149296870535179	0.0149296870535179	0.0149296870535179	0.0149296870535179	0.0149296870535179	1	0.0141139689156543	0.0141139689156543	0.0141139689156543	0.0141139689156543	0.0141139689156543
2	0.0127959021406593	0.0127959021406593	0.0127959021406593	0.0127959021406593	0.0127959021406593	2	0.0117228137375121	0.0117228137375121	0.0117228137375121	0.0117228137375121	0.0117228137375121
3	0.0123123183502400	0.0123123183502400	0.0123123183502400	0.0123123183502400	0.0123123183502400	3	0.0111146360502439	0.0111146360502439	0.0111146360502439	0.0111146360502439	0.0111146360502439
4	0.0121942296072556	0.0121942296072556	0.0121942296072556	0.0121942296072556	0.0121942296072556	4	0.0109617684804444	0.0109617684804444	0.0109617684804444	0.0109617684804444	0.0109617684804444
5	0.0121508676363559	0.0121508676363559	0.0121508676363559	0.0121508676363559	0.0121508676363559	5	0.0109050974132783	0.0109050974132783	0.0109050974132783	0.0109050974132783	0.0109050974132783

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0126882021184221	0.0126882021184221	0.0126882021184221	0.0126882021184221	0.0126882021184221	1	0.0199081999795599	0.0199081999795599	0.0199081999795599	0.0199081999795599	0.0199081999795599
2	0.0104775445330762	0.0104775445330762	0.0104775445330762	0.0104775445330762	0.0104775445330762	2	0.0162604037068089	0.0162604037068089	0.0162604037068089	0.0162604037068089	0.0162604037068089
3	0.00990878458730682	0.00990878458730682	0.00990878458730682	0.00990878458730682	0.00990878458730682	3	0.0153338035976617	0.0153338035976617	0.0153338035976617	0.0153338035976617	0.0153338035976617
4	0.0104471789111613	0.0104471789111613	0.0104471789111613	0.0104471789111613	0.0104471789111613	4	0.0169133018708775	0.0169133018708775	0.0169133018708775	0.0169133018708775	0.0169133018708775
5	0.0106483719916170	0.0106483719916170	0.0106483719916170	0.0106483719916170	0.0106483719916170	5	0.0170196225434267	0.0170196225434267	0.0170196225434267	0.0170196225434267	0.0170196225434267

Tabla 40 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con RBF

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 1 - RBF											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00918236887731053	0.00918236887731053	0.00918236887731053	0.00918236887731053	0.00918236887731053	1	0.00901906967041951	0.00901906967041951	0.00901906967041951	0.00901906967041951	0.00901906967041951
2	0.00923959199234837	0.00923959199234837	0.00923959199234837	0.00923959199234837	0.00923959199234837	2	0.00907319217096335	0.00907319217096335	0.00907319217096335	0.00907319217096335	0.00907319217096335
3	0.00925252654752382	0.00925252654752382	0.00925252654752382	0.00925252654752382	0.00925252654752382	3	0.00914006370393866	0.00914006370393866	0.00914006370393866	0.00914006370393866	0.00914006370393866
4	0.00923755455440108	0.00923755455440108	0.00923755455440108	0.00923755455440108	0.00923755455440108	4	0.00912309543497132	0.00912309543497132	0.00912309543497132	0.00912309543497132	0.00912309543497132
5	0.00929443549447169	0.00929443549447169	0.00929443549447169	0.00929443549447169	0.00929443549447169	5	0.00914227580071524	0.00914227580071524	0.00914227580071524	0.00914227580071524	0.00914227580071524
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00896365831421147	0.00896365831421147	0.00896365831421147	0.00896365831421147	0.00896365831421147	1	0.00918320935541655	0.00918320935541655	0.00918320935541655	0.00918320935541655	0.00918320935541655
2	0.00902842062628014	0.00902842062628014	0.00902842062628014	0.00902842062628014	0.00902842062628014	2	0.00922985011207406	0.00922985011207406	0.00922985011207406	0.00922985011207406	0.00922985011207406
3	0.00913384292137499	0.00913384292137499	0.00913384292137499	0.00913384292137499	0.00913384292137499	3	0.00925943222000019	0.00925943222000019	0.00925943222000019	0.00925943222000019	0.00925943222000019
4	0.00911604147263118	0.00911604147263118	0.00911604147263118	0.00911604147263118	0.00911604147263118	4	0.00924236967184403	0.00924236967184403	0.00924236967184403	0.00924236967184403	0.00924236967184403
5	0.00910656049269557	0.00910656049269557	0.00910656049269557	0.00910656049269557	0.00910656049269557	5	0.00923323633890205	0.00923323633890205	0.00923323633890205	0.00923323633890205	0.00923323633890205
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00907301359576100	0.00907301359576100	0.00907301359576100	0.00907301359576100	0.00907301359576100	1	0.00910113951291803	0.00910113951291803	0.00910113951291803	0.00910113951291803	0.00910113951291803
2	0.00913400630931425	0.00913400630931425	0.00913400630931425	0.00913400630931425	0.00913400630931425	2	0.00915152114151870	0.00915152114151870	0.00915152114151870	0.00915152114151870	0.00915152114151870
3	0.00919318473444940	0.00919318473444940	0.00919318473444940	0.00919318473444940	0.00919318473444940	3	0.00919974796196943	0.00919974796196943	0.00919974796196943	0.00919974796196943	0.00919974796196943
4	0.00917679801351613	0.00917679801351613	0.00917679801351613	0.00917679801351613	0.00917679801351613	4	0.00918273255340768	0.00918273255340768	0.00918273255340768	0.00918273255340768	0.00918273255340768
5	0.00920049799358363	0.00920049799358363	0.00920049799358363	0.00920049799358363	0.00920049799358363	5	0.00918775606980864	0.00918775606980864	0.00918775606980864	0.00918775606980864	0.00918775606980864

Tabla 41 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con RBF

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 2											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00959525073617160	0.00959525073617160	0.00959525073617160	0.00959525073617160	0.00959525073617160	1	0.00947291280221981	0.00947291280221981	0.00947291280221981	0.00947291280221981	0.00947291280221981
2	0.00961618377229118	0.00961618377229118	0.00961618377229118	0.00961618377229118	0.00961618377229118	2	0.00947394502296379	0.00947394502296379	0.00947394502296379	0.00947394502296379	0.00947394502296379
3	0.00971529595251878	0.00971529595251878	0.00971529595251878	0.00971529595251878	0.00971529595251878	3	0.00962391202719326	0.00962391202719326	0.00962391202719326	0.00962391202719326	0.00962391202719326
4	0.00968415710105271	0.00968415710105271	0.00968415710105271	0.00968415710105271	0.00968415710105271	4	0.00959453654743147	0.00959453654743147	0.00959453654743147	0.00959453654743147	0.00959453654743147
5	0.00966234787497987	0.00966234787497987	0.00966234787497987	0.00966234787497987	0.00966234787497987	5	0.00957849447453048	0.00957849447453048	0.00957849447453048	0.00957849447453048	0.00957849447453048
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00969505045833666	0.00969505045833666	0.00969505045833666	0.00969505045833666	0.00969505045833666	1	0.0100116497686589	0.0100116497686589	0.0100116497686589	0.0100116497686589	0.0100116497686589
2	0.00958119440683482	0.00958119440683482	0.00958119440683482	0.00958119440683482	0.00958119440683482	2	0.00988730235760875	0.00988730235760875	0.00988730235760875	0.00988730235760875	0.00988730235760875
3	0.00951998580525046	0.00951998580525046	0.00951998580525046	0.00951998580525046	0.00951998580525046	3	0.00982088166213126	0.00982088166213126	0.00982088166213126	0.00982088166213126	0.00982088166213126
4	0.00949198077938813	0.00949198077938813	0.00949198077938813	0.00949198077938813	0.00949198077938813	4	0.00979062048424126	0.00979062048424126	0.00979062048424126	0.00979062048424126	0.00979062048424126
5	0.00947778129516951	0.00947778129516951	0.00947778129516951	0.00947778129516951	0.00947778129516951	5	0.00977528640951834	0.00977528640951834	0.00977528640951834	0.00977528640951834	0.00977528640951834
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0282021222048984	0.0282021222048984	0.0282021222048984	0.0282021222048984	0.0282021222048984	1	0.00974228128543933	0.00974228128543933	0.00974228128543933	0.00974228128543933	0.00974228128543933
2	0.0281482833703026	0.0281482833703026	0.0281482833703026	0.0281482833703026	0.0281482833703026	2	0.00968062369028627	0.00968062369028627	0.00968062369028627	0.00968062369028627	0.00968062369028627
3	0.0282533446497916	0.0282533446497916	0.0282533446497916	0.0282533446497916	0.0282533446497916	3	0.00972239684466226	0.00972239684466226	0.00972239684466226	0.00972239684466226	0.00972239684466226
4	0.0281749337618800	0.0281749337618800	0.0281749337618800	0.0281749337618800	0.0281749337618800	4	0.00969257851583637	0.00969257851583637	0.00969257851583637	0.00969257851583637	0.00969257851583637
5	0.0282342350262796	0.0282342350262796	0.0282342350262796	0.0282342350262796	0.0282342350262796	5	0.00967689044202441	0.00967689044202441	0.00967689044202441	0.00967689044202441	0.00967689044202441

Tabla 42 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con RBF

RESISTENCIA ESTÁTOR FASE 3											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00926789693068438	0.00926789693068438	0.00926789693068438	0.00926789693068438	0.00926789693068438	1	0.00936393913959448	0.00936393913959448	0.00936393913959448	0.00936393913959448	0.00936393913959448
2	0.00927236971558329	0.00927236971558329	0.00927236971558329	0.00927236971558329	0.00927236971558329	2	0.00932557397951420	0.00932557397951420	0.00932557397951420	0.00932557397951420	0.00932557397951420
3	0.00939734082552388	0.00939734082552388	0.00939734082552388	0.00939734082552388	0.00939734082552388	3	0.00950663385298053	0.00950663385298053	0.00950663385298053	0.00950663385298053	0.00950663385298053
4	0.00936387171701556	0.00936387171701556	0.00936387171701556	0.00936387171701556	0.00936387171701556	4	0.00947000116941947	0.00947000116941947	0.00947000116941947	0.00947000116941947	0.00947000116941947
5	0.00948692056328401	0.00948692056328401	0.00948692056328401	0.00948692056328401	0.00948692056328401	5	0.00956449180896686	0.00956449180896686	0.00956449180896686	0.00956449180896686	0.00956449180896686
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00970001909308216	0.00970001909308216	0.00970001909308216	0.00970001909308216	0.00970001909308216	1	0.00958042703814544	0.00958042703814544	0.00958042703814544	0.00958042703814544	0.00958042703814544
2	0.00955880622726738	0.00955880622726738	0.00955880622726738	0.00955880622726738	0.00955880622726738	2	0.00945025846151364	0.00945025846151364	0.00945025846151364	0.00945025846151364	0.00945025846151364
3	0.00948769724739126	0.00948769724739126	0.00948769724739126	0.00948769724739126	0.00948769724739126	3	0.00938570623256402	0.00938570623256402	0.00938570623256402	0.00938570623256402	0.00938570623256402
4	0.00945626189927142	0.00945626189927142	0.00945626189927142	0.00945626189927142	0.00945626189927142	4	0.00935728765659786	0.00935728765659786	0.00935728765659786	0.00935728765659786	0.00935728765659786
5	0.00944042433195860	0.00944042433195860	0.00944042433195860	0.00944042433195860	0.00944042433195860	5	0.00934298610793473	0.00934298610793473	0.00934298610793473	0.00934298610793473	0.00934298610793473
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00948395801188327	0.00948395801188327	0.00948395801188327	0.00948395801188327	0.00948395801188327	1	0.00947218308886996	0.00947218308886996	0.00947218308886996	0.00947218308886996	0.00947218308886996
2	0.00941558797142534	0.00941558797142534	0.00941558797142534	0.00941558797142534	0.00941558797142534	2	0.00938791622051392	0.00938791622051392	0.00938791622051392	0.00938791622051392	0.00938791622051392
3	0.00944251903645757	0.00944251903645757	0.00944251903645757	0.00944251903645757	0.00944251903645757	3	0.00944617004277227	0.00944617004277227	0.00944617004277227	0.00944617004277227	0.00944617004277227
4	0.00941006680814349	0.00941006680814349	0.00941006680814349	0.00941006680814349	0.00941006680814349	4	0.00941364441300866	0.00941364441300866	0.00941364441300866	0.00941364441300866	0.00941364441300866
5	0.00946367244762131	0.00946367244762131	0.00946367244762131	0.00946367244762131	0.00946367244762131	5	0.00945373895845079	0.00945373895845079	0.00945373895845079	0.00945373895845079	0.00945373895845079

Tabla 43 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con RBF

FALLO INTENSIDAD 1											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0263833176772416	0.0263833176772416	0.0263833176772416	0.0263833176772416	0.0263833176772416	1	0.0123898661312561	0.0123898661312561	0.0123898661312561	0.0123898661312561	0.0123898661312561
2	0.0269918994234842	0.0269918994234842	0.0269918994234842	0.0269918994234842	0.0269918994234842	2	0.0123597918580487	0.0123597918580487	0.0123597918580487	0.0123597918580487	0.0123597918580487
3	0.0271589875692361	0.0271589875692361	0.0271589875692361	0.0271589875692361	0.0271589875692361	3	0.0122412637297999	0.0122412637297999	0.0122412637297999	0.0122412637297999	0.0122412637297999
4	0.0275837705805638	0.0275837705805638	0.0275837705805638	0.0275837705805638	0.0275837705805638	4	0.0113819197067828	0.0113819197067828	0.0113819197067828	0.0113819197067828	0.0113819197067828
5	0.0275278774763271	0.0275278774763271	0.0275278774763271	0.0275278774763271	0.0275278774763271	5	0.0114304834140344	0.0114304834140344	0.0114304834140344	0.0114304834140344	0.0114304834140344

Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00609900487940975	0.00609900487940975	0.00609900487940975	0.00609900487940975	0.00609900487940975	1	0.0414745175673106	0.0414745175673106	0.0414745175673106	0.0414745175673106	0.0414745175673106
2	0.00610787650335094	0.00610787650335094	0.00610787650335094	0.00610787650335094	0.00610787650335094	2	0.0414036383715995	0.0414036383715995	0.0414036383715995	0.0414036383715995	0.0414036383715995
3	0.00609999031072721	0.00609999031072721	0.00609999031072721	0.00609999031072721	0.00609999031072721	3	0.0413432636192132	0.0413432636192132	0.0413432636192132	0.0413432636192132	0.0413432636192132
4	0.00609677103871463	0.00609677103871463	0.00609677103871463	0.00609677103871463	0.00609677103871463	4	0.0413187273182638	0.0413187273182638	0.0413187273182638	0.0413187273182638	0.0413187273182638
5	0.00609518946541577	0.00609518946541577	0.00609518946541577	0.00609518946541577	0.00609518946541577	5	0.0413066940778142	0.0413066940778142	0.0413066940778142	0.0413066940778142	0.0413066940778142

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0162411612783257	0.0162411612783257	0.0162411612783257	0.0162411612783257	0.0162411612783257	1	0.0269321918492834	0.0269321918492834	0.0269321918492834	0.0269321918492834	0.0269321918492834
2	0.0165498879634176	0.0165498879634176	0.0165498879634176	0.0165498879634176	0.0165498879634176	2	0.0268817151148241	0.0268817151148241	0.0268817151148241	0.0268817151148241	0.0268817151148241
3	0.0166294889399816	0.0166294889399816	0.0166294889399816	0.0166294889399816	0.0166294889399816	3	0.0267922636745065	0.0267922636745065	0.0267922636745065	0.0267922636745065	0.0267922636745065
4	0.0168402708096392	0.0168402708096392	0.0168402708096392	0.0168402708096392	0.0168402708096392	4	0.0263503235125233	0.0263503235125233	0.0263503235125233	0.0263503235125233	0.0263503235125233
5	0.0168115334708715	0.0168115334708715	0.0168115334708715	0.0168115334708715	0.0168115334708715	5	0.0263685887459243	0.0263685887459243	0.0263685887459243	0.0263685887459243	0.0263685887459243

Tabla 44 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con RBF

FALLO INTENSIDAD 2											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0264324422021053	0.0264324422021053	0.0264324422021053	0.0264324422021053	0.0264324422021053	1	0.0118847384489656	0.0118847384489656	0.0118847384489656	0.0118847384489656	0.0118847384489656
2	0.0276416567629727	0.0276416567629727	0.0276416567629727	0.0276416567629727	0.0276416567629727	2	0.0105728194493727	0.0105728194493727	0.0105728194493727	0.0105728194493727	0.0105728194493727
3	0.0274088786623070	0.0274088786623070	0.0274088786623070	0.0274088786623070	0.0274088786623070	3	0.0108574779832877	0.0108574779832877	0.0108574779832877	0.0108574779832877	0.0108574779832877
4	0.0273288784574532	0.0273288784574532	0.0273288784574532	0.0273288784574532	0.0273288784574532	4	0.0109575103186965	0.0109575103186965	0.0109575103186965	0.0109575103186965	0.0109575103186965
5	0.0272773498948314	0.0272773498948314	0.0272773498948314	0.0272773498948314	0.0272773498948314	5	0.0110329151913299	0.0110329151913299	0.0110329151913299	0.0110329151913299	0.0110329151913299
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00610851991080364	0.00610851991080364	0.00610851991080364	0.00610851991080364	0.00610851991080364	1	0.0405971392080790	0.0405971392080790	0.0405971392080790	0.0405971392080790	0.0405971392080790
2	0.00612697170675870	0.00612697170675870	0.00612697170675870	0.00612697170675870	0.00612697170675870	2	0.0406685485878378	0.0406685485878378	0.0406685485878378	0.0406685485878378	0.0406685485878378
3	0.00612170672433495	0.00612170672433495	0.00612170672433495	0.00612170672433495	0.00612170672433495	3	0.0406308274684621	0.0406308274684621	0.0406308274684621	0.0406308274684621	0.0406308274684621
4	0.00611965846207859	0.00611965846207859	0.00611965846207859	0.00611965846207859	0.00611965846207859	4	0.0406164467644139	0.0406164467644139	0.0406164467644139	0.0406164467644139	0.0406164467644139
5	0.00611865971111676	0.00611865971111676	0.00611865971111676	0.00611865971111676	0.00611865971111676	5	0.0406094384327888	0.0406094384327888	0.0406094384327888	0.0406094384327888	0.0406094384327888
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0473551794182788	0.0473551794182788	0.0473551794182788	0.0473551794182788	0.0473551794182788	1	0.0262409388285223	0.0262409388285223	0.0262409388285223	0.0262409388285223	0.0262409388285223
2	0.0501727071377018	0.0501727071377018	0.0501727071377018	0.0501727071377018	0.0501727071377018	2	0.0256206840186053	0.0256206840186053	0.0256206840186053	0.0256206840186053	0.0256206840186053
3	0.0501150487258998	0.0501150487258998	0.0501150487258998	0.0501150487258998	0.0501150487258998	3	0.0257441527258749	0.0257441527258749	0.0257441527258749	0.0257441527258749	0.0257441527258749
4	0.0502700849792964	0.0502700849792964	0.0502700849792964	0.0502700849792964	0.0502700849792964	4	0.0257869785415552	0.0257869785415552	0.0257869785415552	0.0257869785415552	0.0257869785415552
5	0.0502004761819563	0.0502004761819563	0.0502004761819563	0.0502004761819563	0.0502004761819563	5	0.0258211768120593	0.0258211768120593	0.0258211768120593	0.0258211768120593	0.0258211768120593

Tabla 45 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con RBF

FALLO INTENSIDAD 3											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0237536457086702	0.0237536457086702	0.0237536457086702	0.0237536457086702	0.0237536457086702	1	0.0133354994622278	0.0133354994622278	0.0133354994622278	0.0133354994622278	0.0133354994622278
2	0.0272492970932183	0.0272492970932183	0.0272492970932183	0.0272492970932183	0.0272492970932183	2	0.0105890949948122	0.0105890949948122	0.0105890949948122	0.0105890949948122	0.0105890949948122
3	0.0271935268914711	0.0271935268914711	0.0271935268914711	0.0271935268914711	0.0271935268914711	3	0.0106505234955505	0.0106505234955505	0.0106505234955505	0.0106505234955505	0.0106505234955505
4	0.0271355418198507	0.0271355418198507	0.0271355418198507	0.0271355418198507	0.0271355418198507	4	0.0107261922601950	0.0107261922601950	0.0107261922601950	0.0107261922601950	0.0107261922601950
5	0.0271074682743840	0.0271074682743840	0.0271074682743840	0.0271074682743840	0.0271074682743840	5	0.0107618695479036	0.0107618695479036	0.0107618695479036	0.0107618695479036	0.0107618695479036
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00593342845832712	0.00593342845832712	0.00593342845832712	0.00593342845832712	0.00593342845832712	1	0.0385464801752563	0.0385464801752563	0.0385464801752563	0.0385464801752563	0.0385464801752563
2	0.00622771278561868	0.00622771278561868	0.00622771278561868	0.00622771278561868	0.00622771278561868	2	0.0397963972693251	0.0397963972693251	0.0397963972693251	0.0397963972693251	0.0397963972693251
3	0.00624700729372313	0.00624700729372313	0.00624700729372313	0.00624700729372313	0.00624700729372313	3	0.0398915543841261	0.0398915543841261	0.0398915543841261	0.0398915543841261	0.0398915543841261
4	0.00627554959993178	0.00627554959993178	0.00627554959993178	0.00627554959993178	0.00627554959993178	4	0.0400130881544721	0.0400130881544721	0.0400130881544721	0.0400130881544721	0.0400130881544721
5	0.00627440754183755	0.00627440754183755	0.00627440754183755	0.00627440754183755	0.00627440754183755	5	0.0400052700818715	0.0400052700818715	0.0400052700818715	0.0400052700818715	0.0400052700818715
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0148435370834987	0.0148435370834987	0.0148435370834987	0.0148435370834987	0.0148435370834987	1	0.0259409898187421	0.0259409898187421	0.0259409898187421	0.0259409898187421	0.0259409898187421
2	0.0167385049394185	0.0167385049394185	0.0167385049394185	0.0167385049394185	0.0167385049394185	2	0.0251927461320687	0.0251927461320687	0.0251927461320687	0.0251927461320687	0.0251927461320687
3	0.0167202670925971	0.0167202670925971	0.0167202670925971	0.0167202670925971	0.0167202670925971	3	0.0252710389398383	0.0252710389398383	0.0252710389398383	0.0252710389398383	0.0252710389398383
4	0.0167055457098913	0.0167055457098913	0.0167055457098913	0.0167055457098913	0.0167055457098913	4	0.0253696402073335	0.0253696402073335	0.0253696402073335	0.0253696402073335	0.0253696402073335
5	0.0166909379081108	0.0166909379081108	0.0166909379081108	0.0166909379081108	0.0166909379081108	5	0.0253835698148876	0.0253835698148876	0.0253835698148876	0.0253835698148876	0.0253835698148876

Tabla 46 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con RBF

CAÍDA TENSIÓN FASE 1											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0195526255722265	0.0195526255722265	0.0195526255722265	0.0195526255722265	0.0195526255722265	1	0.00832027348293994	0.00832027348293994	0.00832027348293994	0.00832027348293994	0.00832027348293994
2	0.0194736002605889	0.0194736002605889	0.0194736002605889	0.0194736002605889	0.0194736002605889	2	0.00949758015894245	0.00949758015894245	0.00949758015894245	0.00949758015894245	0.00949758015894245
3	0.0203341221292245	0.0203341221292245	0.0203341221292245	0.0203341221292245	0.0203341221292245	3	0.00943997808211174	0.00943997808211174	0.00943997808211174	0.00943997808211174	0.00943997808211174
4	0.0204122706067675	0.0204122706067675	0.0204122706067675	0.0204122706067675	0.0204122706067675	4	0.00944241293118774	0.00944241293118774	0.00944241293118774	0.00944241293118774	0.00944241293118774
5	0.0204469045376476	0.0204469045376476	0.0204469045376476	0.0204469045376476	0.0204469045376476	5	0.00944207889859047	0.00944207889859047	0.00944207889859047	0.00944207889859047	0.00944207889859047
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0130674056680365	0.0130674056680365	0.0130674056680365	0.0130674056680365	0.0130674056680365	1	0.0216570089486160	0.0216570089486160	0.0216570089486160	0.0216570089486160	0.0216570089486160
2	0.0135510909952531	0.0135510909952531	0.0135510909952531	0.0135510909952531	0.0135510909952531	2	0.0219338932516213	0.0219338932516213	0.0219338932516213	0.0219338932516213	0.0219338932516213
3	0.0138636234577905	0.0138636234577905	0.0138636234577905	0.0138636234577905	0.0138636234577905	3	0.0224403184678108	0.0224403184678108	0.0224403184678108	0.0224403184678108	0.0224403184678108
4	0.0139492223968075	0.0139492223968075	0.0139492223968075	0.0139492223968075	0.0139492223968075	4	0.0225840177708840	0.0225840177708840	0.0225840177708840	0.0225840177708840	0.0225840177708840
5	0.0139851502505652	0.0139851502505652	0.0139851502505652	0.0139851502505652	0.0139851502505652	5	0.0226449567403707	0.0226449567403707	0.0226449567403707	0.0226449567403707	0.0226449567403707
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0163100156201315	0.0163100156201315	0.0163100156201315	0.0163100156201315	0.0163100156201315	1	0.0149886412157779	0.0149886412157779	0.0149886412157779	0.0149886412157779	0.0149886412157779
2	0.0165123456279210	0.0165123456279210	0.0165123456279210	0.0165123456279210	0.0165123456279210	2	0.0157157367052819	0.0157157367052819	0.0157157367052819	0.0157157367052819	0.0157157367052819
3	0.0170988727935075	0.0170988727935075	0.0170988727935075	0.0170988727935075	0.0170988727935075	3	0.0159401482749613	0.0159401482749613	0.0159401482749613	0.0159401482749613	0.0159401482749613
4	0.0171807465017875	0.0171807465017875	0.0171807465017875	0.0171807465017875	0.0171807465017875	4	0.0160132153510359	0.0160132153510359	0.0160132153510359	0.0160132153510359	0.0160132153510359
5	0.0172160273941064	0.0172160273941064	0.0172160273941064	0.0172160273941064	0.0172160273941064	5	0.0160435178194806	0.0160435178194806	0.0160435178194806	0.0160435178194806	0.0160435178194806

Tabla 47 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con RBF

CAÍDA TENSIÓN FASE 2											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00944261936970819	0.00944261936970819	0.00944261936970819	0.00944261936970819	0.00944261936970819	1	0.00486505296901332	0.00486505296901332	0.00486505296901332	0.00486505296901332	0.00486505296901332
2	0.0106050393589848	0.0106050393589848	0.0106050393589848	0.0106050393589848	0.0106050393589848	2	0.00629587827346846	0.00629587827346846	0.00629587827346846	0.00629587827346846	0.00629587827346846
3	0.0107176704116622	0.0107176704116622	0.0107176704116622	0.0107176704116622	0.0107176704116622	3	0.00637234766266022	0.00637234766266022	0.00637234766266022	0.00637234766266022	0.00637234766266022
4	0.0108521768720803	0.0108521768720803	0.0108521768720803	0.0108521768720803	0.0108521768720803	4	0.00643825646200705	0.00643825646200705	0.00643825646200705	0.00643825646200705	0.00643825646200705
5	0.0108449785177770	0.0108449785177770	0.0108449785177770	0.0108449785177770	0.0108449785177770	5	0.00643385666432855	0.00643385666432855	0.00643385666432855	0.00643385666432855	0.00643385666432855
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.00595591590800310	0.00595591590800310	0.00595591590800310	0.00595591590800310	0.00595591590800310	1	0.0112295240742640	0.0112295240742640	0.0112295240742640	0.0112295240742640	0.0112295240742640
2	0.00718430505305623	0.00718430505305623	0.00718430505305623	0.00718430505305623	0.00718430505305623	2	0.0126234745278685	0.0126234745278685	0.0126234745278685	0.0126234745278685	0.0126234745278685
3	0.00744247370505328	0.00744247370505328	0.00744247370505328	0.00744247370505328	0.00744247370505328	3	0.0128093834841309	0.0128093834841309	0.0128093834841309	0.0128093834841309	0.0128093834841309
4	0.00745032374737462	0.00745032374737462	0.00745032374737462	0.00745032374737462	0.00745032374737462	4	0.0128234017700698	0.0128234017700698	0.0128234017700698	0.0128234017700698	0.0128234017700698
5	0.00745376206903442	0.00745376206903442	0.00745376206903442	0.00745376206903442	0.00745376206903442	5	0.0128296305849794	0.0128296305849794	0.0128296305849794	0.0128296305849794	0.0128296305849794
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0429419097159154	0.0429419097159154	0.0429419097159154	0.0429419097159154	0.0429419097159154	1	0.00804728852163867	0.00804728852163867	0.00804728852163867	0.00804728852163867	0.00804728852163867
2	0.0454257610945916	0.0454257610945916	0.0454257610945916	0.0454257610945916	0.0454257610945916	2	0.00945967640066847	0.00945967640066847	0.00945967640066847	0.00945967640066847	0.00945967640066847
3	0.0467276076799066	0.0467276076799066	0.0467276076799066	0.0467276076799066	0.0467276076799066	3	0.00959086557339558	0.00959086557339558	0.00959086557339558	0.00959086557339558	0.00959086557339558
4	0.0467961222565179	0.0467961222565179	0.0467961222565179	0.0467961222565179	0.0467961222565179	4	0.00963082911603843	0.00963082911603843	0.00963082911603843	0.00963082911603843	0.00963082911603843
5	0.0469802877048979	0.0469802877048979	0.0469802877048979	0.0469802877048979	0.0469802877048979	5	0.00963174362465397	0.00963174362465397	0.00963174362465397	0.00963174362465397	0.00963174362465397

Tabla 48 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con RBF

CAÍDA TENSIÓN FASE 3											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0200827027986651	0.0200827027986651	0.0200827027986651	0.0200827027986651	0.0200827027986651	1	0.0104579730701072	0.0104579730701072	0.0104579730701072	0.0104579730701072	0.0104579730701072
2	0.0225313089393808	0.0225313089393808	0.0225313089393808	0.0225313089393808	0.0225313089393808	2	0.0103177417088775	0.0103177417088775	0.0103177417088775	0.0103177417088775	0.0103177417088775
3	0.0237185065630425	0.0237185065630425	0.0237185065630425	0.0237185065630425	0.0237185065630425	3	0.00883890922700759	0.00883890922700759	0.00883890922700759	0.00883890922700759	0.00883890922700759
4	0.0236052706610346	0.0236052706610346	0.0236052706610346	0.0236052706610346	0.0236052706610346	4	0.00896800434110003	0.00896800434110003	0.00896800434110003	0.00896800434110003	0.00896800434110003
5	0.0239349977875830	0.0239349977875830	0.0239349977875830	0.0239349977875830	0.0239349977875830	5	0.00855974921885020	0.00855974921885020	0.00855974921885020	0.00855974921885020	0.00855974921885020
Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0177825501151914	0.0177825501151914	0.0177825501151914	0.0177825501151914	0.0177825501151914	1	0.0250808459462425	0.0250808459462425	0.0250808459462425	0.0250808459462425	0.0250808459462425
2	0.0175061775819193	0.0175061775819193	0.0175061775819193	0.0175061775819193	0.0175061775819193	2	0.0245716668255355	0.0245716668255355	0.0245716668255355	0.0245716668255355	0.0245716668255355
3	0.0173788190930403	0.0173788190930403	0.0173788190930403	0.0173788190930403	0.0173788190930403	3	0.0243381444290554	0.0243381444290554	0.0243381444290554	0.0243381444290554	0.0243381444290554
4	0.0173229802289711	0.0173229802289711	0.0173229802289711	0.0173229802289711	0.0173229802289711	4	0.0242362780421378	0.0242362780421378	0.0242362780421378	0.0242362780421378	0.0242362780421378
5	0.0172947822471886	0.0172947822471886	0.0172947822471886	0.0172947822471886	0.0172947822471886	5	0.0241849701717442	0.0241849701717442	0.0241849701717442	0.0241849701717442	0.0241849701717442
RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS					SPREAD	NÚMERO DE NEURONAS				
	10	20	30	40	50		10	20	30	40	50
1	0.0189326264569283	0.0189326264569283	0.0189326264569283	0.0189326264569283	0.0189326264569283	1	0.0177694095081749	0.0177694095081749	0.0177694095081749	0.0177694095081749	0.0177694095081749
2	0.0200187432606501	0.0200187432606501	0.0200187432606501	0.0200187432606501	0.0200187432606501	2	0.0174447042672065	0.0174447042672065	0.0174447042672065	0.0174447042672065	0.0174447042672065
3	0.0205486628280414	0.0205486628280414	0.0205486628280414	0.0205486628280414	0.0205486628280414	3	0.0165885268280315	0.0165885268280315	0.0165885268280315	0.0165885268280315	0.0165885268280315
4	0.0204641254450029	0.0204641254450029	0.0204641254450029	0.0204641254450029	0.0204641254450029	4	0.0166021411916189	0.0166021411916189	0.0166021411916189	0.0166021411916189	0.0166021411916189
5	0.0206148900173858	0.0206148900173858	0.0206148900173858	0.0206148900173858	0.0206148900173858	5	0.0163723596952972	0.0163723596952972	0.0163723596952972	0.0163723596952972	0.0163723596952972

Tabla 49 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con RBF

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0242808678858253	0.0163904513517328	0.0273724472181866	0.0253003229334737	0.0331495376296950	0	0.0270117520427891	0.0165459384924134	0.0277708950269586	0.0258954515078399	0.0323102265926655
25	0.00958030931221463	0.00957453608355406	0.00961620028888841	0.00954414988926005	0.00954093298681320	25	0.0119819661333339	0.0119533273627105	0.0120272939086988	0.0120092540631367	0.0119253861379324
50	0.00957783223350061	0.00959079461218840	0.00950187119284155	0.00954339939617893	0.00937256418929683	50	0.0120010550418183	0.0120329508201426	0.0119846530783113	0.0119856200655055	0.0117279883603433
75	0.00958765153642967	0.00959450255948322	0.00968660863674089	0.00950192731463818	0.00932056357387772	75	0.0119808260061650	0.0119137627923044	0.0121198789774783	0.0119050403994473	0.0117210259548498
100	0.0095809200833835	0.00957978341075950	0.00962655622350783	0.00954264055399787	0.00934454331667885	100	0.0120206490806405	0.0120197985144492	0.0121055147139535	0.011989788325803	0.0117252913546270
125	0.00958207494003896	0.00959512703904349	0.00956067976115309	0.00934699347601722	0.00946502173411019	125	0.0120265384129502	0.0120168679776465	0.0120209662606367	0.0117234211265036	0.0119222558776164
150	0.00958958504771192	0.00956653643002303	0.00955068867841070	0.00951521753774893	0.00948477577070302	150	0.011966550289533	0.0120025911888400	0.0119427798021064	0.0118409596258125	0.0118203900494974
175	0.00959484542619151	0.00955794785587766	0.00952389712773212	0.00945090629281070	0.00925986571954683	175	0.0120764980897748	0.0119166552680488	0.0119307597354505	0.0118430664221412	0.0116012116195322
200	0.00956225859260390	0.00953543615337374	0.00957233745977486	0.00924467373546000	0.00922374039833106	200	0.0118879013365288	0.0119243113640377	0.0119738562777389	0.0116395368843836	0.0115167118894355
225	0.00957259088948871	0.00956610850783991	0.00956796524515571	0.00954004501876522	0.00909734310274045	225	0.0120099661842217	0.0119959008062417	0.0119712993865251	0.0119157598044717	0.0114458386910905
250	0.00957106199630056	0.00957110912491759	0.00951626511640073	0.00943442700593138	0.00912088585130872	250	0.0120187986375772	0.0119653916696604	0.0119805607037519	0.0118610422664041	0.0114497471617208
275	0.00957103762078608	0.00951876586591092	0.00962942291855513	0.00955775467488496	0.00954453783261391	275	0.0119937211724815	0.0119021887561792	0.0120582809334946	0.0119798455401621	0.0119579238026459
300	0.00957749558430544	0.00957703388806039	0.00956306591316957	0.00943338842243065	0.00966728304130616	300	0.0119249510880900	0.0119739051710031	0.0119811728558835	0.0117846973260170	0.0121560971948073
325	0.0095951763891338	0.00960735047873810	0.00965479397087097	0.00918243592931760	0.00953091701022778	325	0.0119533326560679	0.0120077791961833	0.0121218840127344	0.0115723510343909	0.0119213779998520
350	0.00957828346604714	0.00953280847389984	0.00958591365479838	0.00894056724708327	0.00941327623871798	350	0.0120197298737534	0.0120048744604743	0.0120555132921555	0.0112122395548024	0.0118443213458536
375	0.00957218588187533	0.00961341727518654	0.00954531353729100	0.00944240723840117	0.00930226236435652	375	0.0119782286604886	0.0120900817317030	0.0119717124733793	0.0117744195931234	0.0116700822738249
400	0.00958210633664369	0.00956246056329218	0.00957405954637642	0.00957897743970497	0.00946430417125345	400	0.0120201605293721	0.0119291591503791	0.0119715077769443	0.0119673361601795	0.0118135872738295
425	0.00958065714004233	0.00959126536034109	0.00959287961619084	0.00882276260229933	0.00883607171439822	425	0.0120033482051729	0.0120479820197351	0.0120065299500997	0.0110037354136739	0.0111014597607768
450	0.0095871668576361	0.00959220877623828	0.00957758513139481	0.00950688329563010	0.00897572852136481	450	0.0120431976531513	0.0120453434627757	0.0120346797625117	0.0119257981346936	0.0112597477624712
475	0.00957863361379892	0.00961224890797731	0.00961813236336940	0.0087389862026593	0.00858113681014275	475	0.0120075194175764	0.0119397600698206	0.0120542990131500	0.0109429962340117	0.0108091829655382
500	0.00958924232813808	0.00958214600238402	0.00954286453533977	0.00952980648125956	0.00950374347460213	500	0.0121356224514454	0.0119738822859737	0.0119229699837228	0.0119206790875895	0.0118486255610266

Tabla 50 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 1 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0899327185727303	0.144442572490106	0.134017607236286	0.16172688224418	0.156059860677367	0	0.0819154599422711	0.148233222969210	0.137846167805374	0.170278107802907	0.14909075715962
25	0.0361956061985207	0.0263181046114856	0.0217519670271385	0.0220101827990299	0.0215558247873326	25	0.0436832094739730	0.0298090891045890	0.0259576759317567	0.0261505553871245	0.0248057694941695
50	0.0298097139176373	0.0214749507165753	0.0189514663069930	0.0198604026924632	0.0182349377600534	50	0.0362278569598511	0.0243389504707723	0.0226489628924842	0.0241598407950181	0.0212759797464984
75	0.0284314128958408	0.0196998861132356	0.0185688013969447	0.0173718518468503	0.0176543797280124	75	0.0328813708481996	0.0227693426475999	0.0217008534860239	0.0209537562497922	0.0206328290387015
100	0.0286695384331765	0.0195346864380712	0.0182957686971505	0.0163683940148840	0.0164038444342708	100	0.0345557101935325	0.0227894537083776	0.0219129209351917	0.0194822803660787	0.0193863742638193
125	0.0247367983481927	0.0186662701240534	0.0163729163554392	0.0158121543421998	0.0152332249611521	125	0.0294827892718721	0.0224962683642328	0.0194206067176188	0.0182147181658671	0.0178823413995685
150	0.0258197755840038	0.0179590572255234	0.0161566161202643	0.0159820924302313	0.0148774610386495	150	0.0303103764051982	0.0213873389374927	0.0190790324173983	0.0187506826592267	0.0168155257603539
175	0.0258341540754080	0.0178073248150168	0.0165160980343880	0.0152194280998338	0.0148860179129095	175	0.0306782086996062	0.0207266280120802	0.0196448581416897	0.0173817674799272	0.0179605836106380
200	0.0248891965088773	0.0176531633788091	0.0160176241956331	0.0152696120741720	0.0147859197498892	200	0.0280495620406701	0.0205985458460422	0.0188361976164955	0.0178479057900494	0.0167821064948798
225	0.0230485791656669	0.0174828219358738	0.016369055536235	0.0151544911733011	0.0143228004224249	225	0.0269884242540889	0.0209365750707487	0.0190055875817225	0.0174869459389277	0.0167700558569649
250	0.0256679213417023	0.0180191423166714	0.0152285119482114	0.0150801758822524	0.0140959437538408	250	0.0304800464806250	0.0213614781643264	0.0173961232426498	0.0174610676251598	0.0158788242384281
275	0.0223189763418145	0.0169593725092771	0.0155741130723280	0.0146836329070493	0.0140879838648040	275	0.0253395944616865	0.0195090402735009	0.0183004309684919	0.0174017550459615	0.0163138449334981
300	0.026785632625352	0.0168519412541588	0.01514414071369311	0.0145513817245115	0.0139259721558697	300	0.0302959228626131	0.0199980184372860	0.0181816993933638	0.0168685700577490	0.0160611598067797
325	0.0220927423182271	0.0169195293735326	0.0151432190915387	0.0143350136324036	0.0139690966385842	325	0.0267270652458717	0.0199139081283813	0.0178686699124663	0.0164986454293318	0.0160187416840590
350	0.0239665710867007	0.0168069166902088	0.0150473511032970	0.0146401515238533	0.0141747019813478	350	0.0284442350483401	0.0195106182203900	0.0174228765471643	0.0171537493827666	0.0164155769602818
375	0.0247050482993009	0.0163750104927922	0.015755962223432	0.0138738865461617	0.0140916599488234	375	0.0309397134773778	0.0200062737091613	0.0187123631916972	0.0160022502882977	0.016246150648678
400	0.0253832286173309	0.0170743007177346	0.0145750096185092	0.0141704274316009	0.0139220237278665	400	0.0302700885666538	0.0199244521976444	0.0171383480530772	0.0162682474529935	0.0161728658192480
425	0.020449366896358	0.0157324979348599	0.0157330415836789	0.0142702025314251	0.0135207111288505	425	0.0241586208089939	0.0177169127663208	0.0188379569213929	0.0163681430862396	0.0157850277084825
450	0.0219695733738343	0.0175043112429371	0.0151836675358434	0.0140268249995369	0.0141043534321145	450	0.0246603823534031	0.0207257558121668	0.0178078173537266	0.0162600049673887	0.0161265106068154
475	0.019359478038695	0.0168928364813690	0.0146236024828956	0.0137922860224218	0.0135104505317511	475	0.0222506505259178	0.019664079997655	0.0167212620223873	0.0160900578635433	0.0156789265101460
500	0.0235269524794623	0.0167252241512384	0.0144564392026826	0.0139552498520834	0.0136146237494523	500	0.0263039398116033	0.0202783934082556	0.0169000132994896	0.0158914222530923	0.0154170033942940

Tabla 51 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 2 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0618462755505818	0.0662101226315652	0.0946807188286763	0.128987252792255	0.125778072166652	0	0.0618030297000387	0.0606669287437423	0.0924795807408055	0.127077409065856	0.130703727017707
25	0.0179911947232185	0.0176742811910066	0.0174218884675405	0.0168576235643338	0.0176408608922753	25	0.0195535262048926	0.0192777300954585	0.0190480540309019	0.0184492561297436	0.0192560198223955
50	0.0177413635213418	0.0167047722497777	0.0163606469712626	0.0159671365979172	0.0158263604731927	50	0.0191805411844561	0.0185040127918605	0.0180497390927347	0.0177211839853972	0.0175582425593012
75	0.0173654040085534	0.0164964775304453	0.0161144541760639	0.0158069986643673	0.0159306779965731	75	0.0189092973787792	0.0186572873323309	0.0179025541164934	0.0179115671587297	0.0183248466926571
100	0.0174748880367360	0.0161435272305865	0.0158409617170844	0.0156613219269778	0.0155646235165899	100	0.0192706304865976	0.0180597773449527	0.0178102058002827	0.0175282689402388	0.0175889368703562
125	0.0176270694023632	0.0160132842086455	0.0157107354795077	0.0156634638239495	0.0155173391426383	125	0.0193863642411284	0.0177702567082166	0.0176848597164477	0.0173008617732774	0.0175889368703562
150	0.0170717429948453	0.0158070088822913	0.0155679119974728	0.0156224333786813	0.0153667276030901	150	0.0190736168633546	0.0177262932957035	0.0173461346294200	0.0178179257877748	0.0173098842689628
175	0.0166238600302482	0.0160183712845174	0.0155750061361285	0.0155059880973254	0.0156714493531026	175	0.0184587823689069	0.0179198868768581	0.0173517762131660	0.0172761196032132	0.0174429991203527
200	0.0171004082868031	0.0162895988754410	0.0156107261619575	0.0155605326703517	0.0155099600972739	200	0.0193097413790443	0.0179002222734240	0.017783855386672	0.0171718515361748	0.0174230464218033
225	0.0172223064121726	0.0158319442297914	0.0159943757658149	0.0153987959194749	0.0153999597462961	225	0.0189003825213916	0.0179043832834100	0.0180336274533340	0.0171889592689253	0.0176000710116508
250	0.0169889061438484	0.0159190139703088	0.0155772259615500	0.0155144049488920	0.0156808085053911	250	0.0195073812721852	0.0181565536581633	0.0173894249869879	0.0173731209089707	0.0176530109651326
275	0.0175342642606281	0.0159513776003740	0.0156434203080792	0.0153755391668448	0.0154428572408050	275	0.0192197729670912	0.0180410994109462	0.0174588776963555	0.0172979385813759	0.0174257574287203
300	0.0176813271721369	0.0157532201266338	0.0156663049163719	0.0155537859414648	0.0153956252856885	300	0.0195481451922528	0.0180166193127102	0.0177541764439132	0.0174315121999498	0.0175171328675947
325	0.0174716088738765	0.0161786116198314	0.0156596437843452	0.0154907027530089	0.0155406918234701	325	0.0191445350199581	0.0180124027822945	0.0181701715403161	0.0175765294434922	0.0173723308267773
350	0.0166153590988995	0.0159838336857536	0.0156981260018239	0.0155958313824831	0.0152394813270138	350	0.0185992222338627	0.0182445995399060	0.0176595891109486	0.0177313593902226	0.0172959354087673
375	0.0173037034343372	0.0159177755920081	0.0154673671760121	0.0156008598955281	0.0154844430038147	375	0.0191389035012066	0.0181552644538646	0.0174309439289307	0.0176596314459187	0.0176813683992302
400	0.0174701213792856	0.0157902506250646	0.0158937230451154	0.0155695847345898	0.0154933330447958	400	0.0190738220742219	0.0181175785671590	0.0176889287907897	0.0179066565102279	0.0176246879253044
425	0.0167231829362143	0.0157610320330833	0.0155705434007457	0.0156507901395197	0.0152200257778306	425	0.0187102324413563	0.0177042372004362	0.0172884461971021	0.0172538006239469	0.0178365806502890
450	0.0177320288491590	0.0157705938880458	0.0156647414350627	0.0155329119958633	0.0154620858369245	450	0.0194876840062575	0.0183310527680645	0.0175545983093251	0.0176030109109418	0.0175385481305163
475	0.0172164533231491	0.0159349085021344	0.0157860671166742	0.0155466697442106	0.0154629361761379	475	0.0190266191329477	0.0179395698056167	0.0173346811570684	0.017351787637389	0.0174265517528861
500	0.017526397558588	0.0162062484140044	0.0154954096410080	0.0154659880402652	0.0153717463020588	500	0.0191933749299640	0.0181934459628665	0.0174184471537646	0.0175026295501416	0.0175489704243866

Tabla 52 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 3 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO					TEST						
	NN					NN					
ÉPOCAS	2	4	6	8	10	ÉPOCAS	2	4	6	8	10
0	0.0696642383818175	0.104469733404006	0.114443529000175	0.0865652870912838	0.100567948600410	0	0.0756169973253670	0.110077422730815	0.109259499443451	0.0869674435259587	0.0993918767191124
25	0.0276815402097039	0.0193397215988347	0.0177763801547984	0.0150989316395083	0.0153919723983191	25	0.0291456292661429	0.0222163282044104	0.0202557024601289	0.0169792830247485	0.0179582862349721
50	0.0226205501630877	0.0162090264661204	0.0129718391656084	0.0123570722883415	0.0126712107934815	50	0.0254533292361114	0.0212454147709181	0.0151091366602507	0.0156222735016523	0.018658288232974
75	0.0231500715597861	0.0155161048734863	0.0128529410237945	0.0117150937794078	0.0115177286835345	75	0.0277513787443067	0.0212069948957962	0.0181697625796471	0.0146498373193206	0.0146781566415714
100	0.0197447606520853	0.0128724474295985	0.0121917299999604	0.0114198736430543	0.0110261473904504	100	0.0268482647696595	0.0156242436821526	0.0154184789560825	0.0176193093443008	0.0144910047159294
125	0.0186585235838928	0.0133576696474467	0.0114955081022961	0.0108524544043880	0.0109110997031090	125	0.02693919143354998	0.0276603099867264	0.0172881942774788	0.0161029047823589	0.0138195669307622
150	0.0189914461950657	0.0118128527971155	0.0113730749203823	0.0112705615750924	0.0107397532134515	150	0.0273507645761525	0.0245168712376314	0.0170107101465748	0.017474775459903	0.0132934102750440
175	0.0182811045372032	0.0138770842249563	0.0111043268292904	0.0110136938577089	0.0109693257722341	175	0.0303617393438559	0.023884598545066	0.0142190647262197	0.0141273883735753	0.0151501141627928
200	0.0221379782450265	0.0117428356445570	0.0110271623933493	0.0106289367909334	0.0105586699157808	200	0.0250785558076413	0.0187515443249109	0.0194190752397726	0.0130259981846016	0.0127994902471769
225	0.0143388917168396	0.0122101340728383	0.0106740650591955	0.0108705400537250	0.0102976175011525	225	0.0315525860709094	0.0240714482696537	0.0209955793778647	0.0142211022830736	0.0137070539267220
250	0.0210562947025941	0.0121802032239863	0.0112709726701465	0.0105662511781837	0.0105407942030577	250	0.0240348871792385	0.0243832826179176	0.0162263968255126	0.0159655142280628	0.0135933587589299
275	0.0213430708430070	0.0125595395758617	0.0108157144751410	0.0109146665748461	0.0106304766453463	275	0.0240970218747422	0.0223843299510403	0.0144361708771436	0.0160652878654528	0.0141571539888455
300	0.0186574969493422	0.0119809811207854	0.0107231852018233	0.0104804260481548	0.0103608616783488	300	0.0265141241468883	0.0207656014404059	0.0163336257008125	0.0145923551356268	0.0142703031936358
325	0.0179344531566857	0.0119775364280845	0.0106558901586626	0.0104066696658755	0.010586665996008	325	0.0279620145335272	0.0235395839913374	0.0138946927699296	0.0134234614819405	0.0138066828845677
350	0.0166778842176665	0.0119132777939153	0.0108759735524681	0.0107810732416214	0.0103665664495869	350	0.0344875144020502	0.0204250844175657	0.0157566242430128	0.0135286907300561	0.0129207591765840
375	0.0169624935662647	0.0119598662607320	0.0108597866960551	0.0103277260496466	0.0105905401990334	375	0.0260497082013887	0.0210383531668541	0.0186234913496103	0.0160739826136569	0.0126195646802105
400	0.0146291316392315	0.0114530011672225	0.0110011058152462	0.0106649887027959	0.0105808692989878	400	0.0324910865609934	0.01979663701299004	0.0154190483845679	0.0152786124597676	0.0130114815810721
425	0.014865512863647	0.0121755490927147	0.0112136710746982	0.0107636812938591	0.0103587783387289	425	0.0290247904972712	0.0278714370115258	0.0141776852910720	0.0171900275240161	0.0134362911736007
450	0.0184545768176038	0.0114842280549924	0.0112249058364360	0.010675669882681	0.0104493809322947	450	0.0258239320430653	0.0170875725804192	0.0194276511300080	0.0151120643642589	0.012628545611981
475	0.0140434581811873	0.0119100248460496	0.0108314754829506	0.0106569350130696	0.0105954558870264	475	0.0326124421283178	0.0250442792143040	0.0145156431726942	0.0137401373339158	0.0170184435452569
500	0.0217570298456004	0.0114444752896037	0.0105409307905631	0.0106083296160162	0.0106062978065559	500	0.0313546167327716	0.0221628479685847	0.0152180454694778	0.0136187071816422	0.0135782872184637

Tabla 53 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 4 con MLP

Combinación 5

Table with columns ENTRENAMIENTO and TEST, sub-columns NN (2, 4, 6, 8, 10) and EPOCAS (0-50), containing numerical data for combination 5.

Combinación 6

Table with columns ENTRENAMIENTO and TEST, sub-columns NN (2, 4, 6, 8, 10) and EPOCAS (0-50), containing numerical data for combination 6.

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0358412348724290	0.0574082994484758	0.0529192209461412	0.0420641146620674	0.0591551978487625	0	0.0397913431151129	0.0559620979087907	0.0572907973702746	0.0483384991659665	0.0576510857502110
25	0.0136169373348934	0.0135282149258880	0.0135267854973319	0.0133704133207382	0.0132946888817188	25	0.0213389565383683	0.021283665686786	0.0213080557127235	0.0207551124010426	0.0209299275902164
50	0.0136593109222657	0.0133365208549647	0.0133173780075574	0.0131722112854703	0.0129022915153940	50	0.0214412737230611	0.021082555677370	0.0209036411077428	0.0207934338261020	0.0204708319111104
75	0.0135856457019476	0.0131154272880543	0.0127697359565956	0.0126285807457551	0.0122143284930614	75	0.0213134259098166	0.0208473169618717	0.0202024193408720	0.0200527891144758	0.0195960827547950
100	0.0133848345355209	0.0133087625371364	0.0126564990168396	0.0124570372311078	0.0121614492635692	100	0.0211189244341457	0.0209337510193160	0.0200069861519113	0.0199230885845913	0.0194517788564524
125	0.0133070551120454	0.0130111750546009	0.0125570307128461	0.0121750108208813	0.0117583988858567	125	0.0210992421913156	0.0206556467437033	0.0200461870358978	0.0195201689983673	0.0189309234003126
150	0.0135120880842767	0.0125273548238211	0.0123672844153044	0.0120903301298947	0.0118240744796976	150	0.0211289473777865	0.0200129896194566	0.0196592878381054	0.0194748495719848	0.0187141857748974
175	0.0136430415048710	0.0133152938806114	0.0117896567519339	0.0113670073721556	0.0114747683343608	175	0.0214164561499702	0.0209701645961181	0.0193237531088769	0.0185283946064251	0.0187803187178056
200	0.0133365848048260	0.0126360612521804	0.0118933547108994	0.0114929742709461	0.0110633979695128	200	0.0209819391763809	0.0202428403722062	0.0191190004240176	0.0184853974071397	0.0179030574943485
225	0.0134540700247598	0.0126587385630696	0.0115063332588666	0.0111483722843914	0.0111803978165976	225	0.0211039472116756	0.0203854189602098	0.0187983163115571	0.0181198533775142	0.0180029888981564
250	0.0136483932378475	0.0123107803278350	0.0118167464235341	0.0115616012294794	0.0105117533247484	250	0.0213826535284138	0.0196385654856126	0.0191376013199006	0.0185659836896811	0.0172860587245423
275	0.0134357428741432	0.0124224409171448	0.0114780416684634	0.0112136952425601	0.0105364715752602	275	0.0212718440882784	0.0202166850097576	0.0190442774513014	0.0181125345456614	0.0174275119718711
300	0.013476021883056	0.0118845309200206	0.0116507868758461	0.0106408373591012	0.0105352669821734	300	0.0211525802941133	0.0194777413119137	0.0192969477316048	0.0178324011484034	0.0175840221916373
325	0.0136273986978548	0.0121014157455117	0.0117179151983804	0.0105763964968277	0.0104233546701904	325	0.0214290194854468	0.0195683845762693	0.0191940952886496	0.0174796347578500	0.0177567337110547
350	0.0136264376130407	0.0123894056372420	0.0109354148074424	0.0104034980305409	0.00962700474399201	350	0.0213271700758810	0.0198237660242836	0.0179092643016014	0.0173105605277907	0.0163284408112288
375	0.0133986395239816	0.0132643955668315	0.0104781357466689	0.0102274391895654	0.01025541813175405	375	0.0210207699205575	0.0209254828651620	0.0178923110919317	0.0174834234991003	0.017830982106022
400	0.0130814298860074	0.0114129691514012	0.0111452082866902	0.0102053387961995	0.00989496895000569	400	0.0208936865078080	0.0189591012886324	0.0184259190770225	0.0168727283798510	0.0166297474178174
425	0.0135815996387202	0.0116797304505721	0.0102820484180646	0.0104772731164247	0.0106167297350539	425	0.0213281611516916	0.0188609773709367	0.0172557361134745	0.0176809544664906	0.0173312609469262
450	0.013481586983737	0.0130308985733860	0.0112561827375534	0.0100188056582829	0.00931231301773227	450	0.0212736958651716	0.0205009734626217	0.0185263005341763	0.016688401422876	0.0162063641617354
475	0.0134898149889517	0.0114333311583795	0.0100209806649303	0.0100508579213659	0.00907922404783589	475	0.021260460758647	0.0190901711073292	0.0171624361382847	0.0170979021290082	0.015522336063118
500	0.013442583026242	0.0118582205199569	0.0106552163915590	0.00971296075232707	0.0090370368793367	500	0.0210419881530485	0.0195814859820708	0.0179562131484197	0.0165260755040975	0.0156277606941434

Tabla 55 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 6 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0131216780966779	0.0177120457412324	0.0396849660005677	0.0284638506655156	0.0227695264753180	0	0.0133513161402151	0.0175677132782956	0.0396677297419878	0.0286312446556819	0.0228643184174932
25	0.00939201929820514	0.00938273708961734	0.00940383236595472	0.00930339146657500	0.00939582045186409	25	0.00940596486986227	0.00935905348620247	0.00944323681201690	0.00929530763800814	0.00941847465398935
50	0.00938454530876994	0.00947660749567481	0.00937260846897005	0.00943579550905204	0.00921160851119383	50	0.00938324154471038	0.00947672982433905	0.00940058177564446	0.00942526138562102	0.00920877793245620
75	0.00938952689972934	0.00947461576543250	0.00935971687280988	0.00939088607313840	0.00946004015510948	75	0.00938646482776621	0.00944315043722676	0.00936101535159157	0.00943018046885760	0.00948865975551478
100	0.00937473706249171	0.00944735353124515	0.00937116174888910	0.00935685182715060	0.00949835342152699	100	0.00937931442493678	0.00943800618959223	0.00937296405438130	0.00936077305502932	0.00951460604287700
125	0.00932561393475366	0.00934455487636710	0.00935587355844205	0.00929657988075848	0.00938735014082714	125	0.00932953893208111	0.00934790026597849	0.00937729882623492	0.00932587629109526	0.00938197890929781
150	0.00937549851998275	0.00944914865147964	0.00930855488027533	0.00930249450570582	0.00947297182949128	150	0.00938760107986865	0.00940909897391447	0.00929418794652729	0.00929556100481587	0.00949054906248253
175	0.00937068249637086	0.00937366549043689	0.00934456691202688	0.00946009764134034	0.00943461408821829	175	0.00937492950003260	0.00941068472715535	0.00934368600284567	0.00948233623613123	0.00943876237419283
200	0.00935640105978813	0.00936216937933228	0.00944266684986932	0.00944289285828018	0.00925591459223061	200	0.00937784954332774	0.00935963639517522	0.00948474982255258	0.00944218115079204	0.00927804877624501
225	0.00937169123358678	0.00937153562496676	0.00943762709844712	0.00923651446509784	0.00939602610587605	225	0.00937627351893359	0.00938643365204809	0.00942486511895795	0.00921812529952894	0.00938205180727176
250	0.00938376089238896	0.00930029711228858	0.00932053891254921	0.00929804471503392	0.00938641342759711	250	0.00939264889185564	0.00928202262985714	0.00933357633569826	0.00931848310008783	0.00938621461031149
275	0.00941952631175962	0.00933650269890250	0.00928558413078195	0.00936292583863349	0.00929396945110612	275	0.00940019769453579	0.00936243452475251	0.00928101710621795	0.00941418640048123	0.00932247087394916
300	0.00938985415618432	0.0093771475695893	0.00937326301329116	0.00932913812250500	0.00939881892931926	300	0.00939676015199104	0.00940303414884633	0.00936171035239452	0.00932768365051879	0.00943414493627755
325	0.00937364205668763	0.00936600657683333	0.00935705462912180	0.00940741460927125	0.00933859174296705	325	0.00938344938121528	0.00935249668867638	0.00933374519103900	0.00939863462342311	0.00936229182586954
350	0.00935417998735941	0.00936202865791489	0.00942566635198884	0.00926461249906056	0.00934046699582937	350	0.00936286661237723	0.00935927746675759	0.00942322306439207	0.00927849610214440	0.00931066698049264
375	0.00937734883618653	0.00934705505525899	0.00938405614944476	0.00932919631879972	0.00926905851466453	375	0.0093772848365729	0.00935033763388205	0.00938640774055962	0.00938040884849240	0.00927184319239693
400	0.00935285973112753	0.00934753678518771	0.00945528206883895	0.00929576168352236	0.00933220560729866	400	0.00935968073167892	0.00934470522560539	0.00945126745674524	0.00933421714648998	0.0093932368933950
425	0.00940359077150937	0.00936028987736715	0.00933728245222102	0.00933681842688957	0.00932705163614483	425	0.00941164894966601	0.00937662114552388	0.00934598326630770	0.00935388573801530	0.00934711323292722
450	0.00937070527828718	0.0094427533372568	0.00937130056669882	0.00941045563948908	0.00930116054832660	450	0.00938490725045769	0.00946525267416324	0.00938424504811212	0.00940488225687955	0.00929497906326436
475	0.00935159749484877	0.00938548153221330	0.0093389867678143	0.00940465379045449	0.00925984693224555	475	0.00935819472951555	0.00939370628979089	0.00935552462264987	0.00941957993169019	0.00925577723430565
500	0.00936922416825280	0.00943440902079893	0.00938553518893066	0.00937281646888545	0.00930368920958736	500	0.00936764886127161	0.00943813198401437	0.00941563031202197	0.00936157394799410	0.00931034617665952

Tabla 56 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 7 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0486956528143779	0.0619899892379868	0.105750832423979	0.0780919630723261	0.0736707127714893	0	0.0124768507802705	0.0158409174302503	0.0363682585953251	0.0171259415133954	0.0193695305925582
25	0.0289221757447022	0.0290179047685726	0.0290264795483668	0.0289863604340854	0.0285978188588913	25	0.00999972062803878	0.0100300552184588	0.0100980071571470	0.0100293175152074	0.00981087433794562
50	0.0288957631217003	0.0289612172677307	0.0287797050708331	0.0286703528041138	0.0284581054885508	50	0.0099124632300163	0.00993426448348275	0.00992841245046736	0.00976456348076412	0.00980113363086747
75	0.0289284111203104	0.0290564423137617	0.0290380203668941	0.0287230481220864	0.0288401418886683	75	0.00995918174503019	0.00988205971605912	0.0100452431518590	0.00977938451605112	0.00990887104133258
100	0.0289198307424709	0.0289570036551462	0.0288682819603182	0.0289158159590398	0.0285670234508565	100	0.00990687496020188	0.00996807104812967	0.00998786953370011	0.00996760308380693	0.00975343687826991
125	0.0288446916542367	0.0288318815650605	0.0289185259528040	0.0287261943735407	0.0288999884793687	125	0.00996237134247890	0.00989956002286249	0.00999173349277889	0.00986539864023839	0.00997864328309369
150	0.0288576818702186	0.0290187550979679	0.028771371282591	0.0288868985124096	0.0286936933526764	150	0.00995267739500506	0.0100256870417406	0.00995134805085596	0.0100208374668003	0.00974292924097336
175	0.0289188902753778	0.0289793179369592	0.0287405204262692	0.0289814979748629	0.0286688859199717	175	0.00998772549062790	0.00999209424387044	0.00989489070256419	0.00986632746117611	0.00997066813263745
200	0.0288775246765760	0.0288929458423106	0.0289473231770265	0.0287755356113457	0.0286993344525024	200	0.00995805037007351	0.00994979487123819	0.00990784902885686	0.00976854993904134	0.00980791800671388
225	0.0289325328973477	0.0290293337029498	0.0288917990761846	0.0286665502240166	0.0285103232062739	225	0.0100379028188403	0.00998375862909019	0.00992973908157268	0.00990119013113155	0.00991081421636416
250	0.0289202849691928	0.0289244345864814	0.0288283791663379	0.0287693379607716	0.0286517214964692	250	0.00992925733775180	0.0098947452812344	0.00994637405498604	0.00996622299528390	0.00979876873894154
275	0.0289700384278063	0.0287405663463833	0.0287042410494433	0.0287445374940413	0.028454280540799	275	0.0100703813163586	0.00984176914185087	0.00990482903024262	0.0100574988957520	0.00985417841119571
300	0.0288817735592245	0.0289219490149042	0.0287178988636877	0.0286892889113289	0.0286071523055232	300	0.00997944281717826	0.00997382005569605	0.00992709870066685	0.00987271565899960	0.00971290490046932
325	0.0288922013138874	0.0290290278375697	0.0288087615478915	0.0288615592012634	0.0287307097203513	325	0.00990627611151997	0.0100437160982721	0.00993311089912402	0.00997172377851884	0.00997835719909444
350	0.0288571285543553	0.0288996668902618	0.0289471572272861	0.0285684219443863	0.0286125027689683	350	0.00992290529255616	0.00996725898193364	0.00997115727370689	0.00981486094930785	0.00979230948993662
375	0.0289190156804514	0.0288842382103874	0.0289701640449371	0.0286658136705922	0.0287250624335273	375	0.0100425529862617	0.00992283270306480	0.0100049521365334	0.00976626148492960	0.00991603836637346
400	0.0289264939686621	0.0288782709621404	0.0289536675024756	0.0286123620787544	0.0286352365662989	400	0.00995250437329452	0.00999113801255702	0.00992320931100293	0.00984719761189291	0.00989686280209573
425	0.0289065536487188	0.0289483189477578	0.0289748662119187	0.0288322731785100	0.0288438373259570	425	0.00995731211664876	0.0100158437449543	0.0100224946812916	0.00984887545597217	0.0100314922443333
450	0.0289802569169239	0.0289905124415619	0.0289555612255762	0.0288902213661680	0.0288944842879973	450	0.0100347766690318	0.00997461808054058	0.0100212670762055	0.00990819556192702	0.00997281132870372
475	0.0289144458454164	0.0289525833001629	0.0285606225027717	0.0288788912939472	0.0286980017872889	475	0.00994559873113155	0.00996172029904132	0.00989238087390441	0.0099184668285327	0.0099056551157049
500	0.0288809747300041	0.0290823483906571	0.0288278532684242	0.0288458406896098	0.0285014493175111	500	0.00997682354430699	0.0100541609216306	0.00988714873966071	0.00991204452735997	0.00977957845613775

Tabla 57 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 8 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0234795351534222	0.0290398348544022	0.0289661076367457	0.0325656582689459	0.0308379965182311	0	0.0237726198278424	0.0290136276482366	0.0288317702431555	0.0324026748709226	0.0305921619840275
25	0.00967332106598291	0.00972249136517686	0.00965395888259089	0.00977031066586201	0.00946373252941207	25	0.00968422521631812	0.00973222229911970	0.00966494637812203	0.00977803867834014	0.00947053590534216
50	0.00969031992897433	0.00963818956571701	0.00958562678504376	0.00956647926736753	0.00952801462374071	50	0.00969502605499736	0.00965311419417890	0.00959262633131840	0.00957757290986985	0.00951110208587983
75	0.00969423185579397	0.00975277753637604	0.00975079183347729	0.00965705902803060	0.00959030293473822	75	0.00969087317906418	0.00975189005165955	0.00975470728751606	0.00965818547601568	0.00961729808373699
100	0.00967531593260174	0.00967197145702011	0.00958907234962662	0.00970490992221677	0.00941580823651820	100	0.00968469654553598	0.00968986755090862	0.00956811765145787	0.00971844566956379	0.00944651550580532
125	0.00967816407240125	0.00967385119191395	0.00969041808688804	0.00966052666616919	0.00963417859367616	125	0.00968090503188177	0.00967005921267723	0.00969979200069528	0.00967047279276046	0.00966448237967924
150	0.00963870890062726	0.00966040669258314	0.00962416146737128	0.00968786838897421	0.00960748137727310	150	0.00965340096651608	0.00965272740289288	0.00964014420409057	0.00969262568952807	0.00964114219158455
175	0.00967876899185599	0.00969132446260639	0.00958357125035388	0.00972098376984678	0.00939204434778464	175	0.00967836682983219	0.00971012480515725	0.00959706013037815	0.00970240740489392	0.00940260231723894
200	0.00969260801945034	0.00968339791144316	0.00966906301826899	0.00963497456615201	0.00974218326536660	200	0.00970354062321807	0.00968852386978901	0.00966735383221294	0.00961924387991110	0.00974444130591256
225	0.00968578248223773	0.00980406162262112	0.00960001406446382	0.00963778920641986	0.00932618129175351	225	0.00968473648880125	0.00980895902107183	0.00960468392160576	0.00963747450560031	0.00934025631717280
250	0.00967830819617305	0.00974155788203741	0.00968324551755624	0.00960961521392835	0.00956273052670949	250	0.00968092223706652	0.0097449260222354	0.00964792672436595	0.00958774042959563	0.00959723456883215
275	0.00969259908138541	0.00965426862989416	0.00963688044122750	0.00943973541664782	0.00940592464036472	275	0.00969499150517515	0.00964988962045444	0.00963839238668810	0.00947316838719452	0.0094299061693172
300	0.00963454604752940	0.00968662002975341	0.00956170908598742	0.00961884918158086	0.00958694640946344	300	0.00962036039728963	0.00969709448841657	0.00954336820594110	0.00962267280710908	0.00957767941363339
325	0.00965653387043188	0.00973495133301480	0.00962062492893990	0.00960104646020569	0.00952409563609470	325	0.00967306888258441	0.00974822924358381	0.00962371640348938	0.00960494219553583	0.00949711879268466
350	0.00966528571104480	0.00968397136952187	0.00965645077696218	0.00960232081889831	0.00960445244295610	350	0.00966937245054305	0.00969830671485492	0.00963921790824070	0.00959261794190901	0.00961488447600479
375	0.0096620089949664	0.00970519198320192	0.00970179762777970	0.00961113697162855	0.00961498223659178	375	0.00966223084271271	0.00969070919082553	0.00969777497512018	0.00958110906549414	0.00961813397231799
400	0.00973359417328221	0.00965516741291127	0.00969683237459431	0.00958185549769367	0.00948205015575158	400	0.00975433532006577	0.00967464286773650	0.00970459900956168	0.00961339405522406	0.00949273184845903
425	0.00965909557668679	0.00971295498474304	0.00970112919734912	0.00973850265866657	0.00961812207434672	425	0.00966624823269732	0.00972807887813090	0.00967686082948176	0.00975299366658384	0.0096091196488569
450	0.00968070510186045	0.00968982696344701	0.00960250428997138	0.00966291671949189	0.00972393371730551	450	0.00968890709451176	0.00972215900668665	0.00958699225277390	0.00966535477612341	0.0097002175827367
475	0.00970446991758989	0.00969003811122005	0.00945576393569633	0.00968685322616044	0.00962535720471873	475	0.00970043185643290	0.00968719235138357	0.00946252523150541	0.00967643277131367	0.00958544016690792
500	0.00966437992604292	0.00967831204112835	0.00967576924722448	0.00965638339636771	0.00953001162757415	500	0.00966947631623030	0.00969021606988295	0.00967083664537294	0.00967686036081192	0.00955614721150479

Tabla 58 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 9 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0903412828679827	0.0589546659869990	0.0781630765805459	0.0649921245121923	0.0570940752371477	0	0.110611268877600	0.0770953283915249	0.0943188756944636	0.0805615756602441	0.0651430857321127
25	0.0137202101067685	0.0116769292455213	0.00964173268982310	0.00862742599755361	0.00801211881452839	25	0.0250362493650956	0.0231898622293883	0.0241427644655244	0.0247175213410499	0.0231954677251999
50	0.0144313783157217	0.00710665871852550	0.00817065052033743	0.00871967521147057	0.00677238482375948	50	0.0248421423473226	0.0244645384758648	0.0253055723121609	0.0263229219666939	0.0257161918323901
75	0.00768681853649320	0.0101806352022839	0.00897210006806451	0.00665649596113402	0.00679971563517211	75	0.0241073502945166	0.0256158174296703	0.0252588148723099	0.0240831100441093	0.0250371038243718
100	0.0133909476401501	0.00672547802727943	0.00721027241284885	0.00693877741310474	0.00647891967275239	100	0.0236165330966713	0.0233290623433064	0.0239954908736634	0.0240942656211259	0.0237242595616067
125	0.00637799523923043	0.00711508612184666	0.00689898329347024	0.00665838468116776	0.00662664432404186	125	0.0231960361645523	0.0243548820443194	0.0251131768953127	0.0232492573336709	0.0226277097169418
150	0.0132580074046924	0.00717539807667649	0.00760450609507094	0.00685604172921455	0.00655295206174694	150	0.0235546929346872	0.0242587523397816	0.0246427934791122	0.0252921324773880	0.022676485449242
175	0.0135011564319040	0.00638221955079401	0.00743969983595477	0.00872569281618923	0.00630840568193617	175	0.0242880137683218	0.0248182601355439	0.0237805682296181	0.0239028684394516	0.0225411721772243
200	0.00630745517294585	0.00644030696893785	0.00705414946449093	0.00905643714686445	0.00698155592629516	200	0.0245201056726774	0.0238234992358545	0.0239078964633705	0.0249336033755845	0.0253142259117970
225	0.0134550180470794	0.00827223837458785	0.00670144928002900	0.00672453284556726	0.00790441426257905	225	0.0248804362243631	0.0245520017287029	0.0232310293389562	0.0237017640362681	0.022536235509227
250	0.00655079734278617	0.00642350608775189	0.00661688408641590	0.00727906347855801	0.00667601989146402	250	0.0230653029178986	0.0229893622094266	0.0230808942895946	0.0236896411421455	0.0249453520408644
275	0.00653359408029314	0.00686388840117565	0.00698434066317141	0.00679819934990585	0.00692454394254605	275	0.0241396649508155	0.0233297567098393	0.0245588210605789	0.0235135544082924	0.0227619826126432
300	0.00641214903412794	0.00634307474689535	0.00679606393965059	0.00805123123827879	0.00641638197863312	300	0.0241403158453704	0.0232189232587026	0.0243256257625082	0.0242514398532310	0.0230528362114198
325	0.00640926981860135	0.00668573806965272	0.00700488058314825	0.00713074985137111	0.00624194972237698	325	0.0231489737030411	0.0248297864578238	0.0248705162804759	0.0239033072312024	0.0240081482387447
350	0.00686429296813279	0.00620724600369192	0.00650556365218596	0.00719127541475254	0.00621461747780107	350	0.0239741970177701	0.0237695126159114	0.0243779921665661	0.0238570203073043	0.0241315541834135
375	0.0134442601321825	0.00685705627060561	0.00630039474484238	0.00765235507607422	0.00778519980670800	375	0.0249463616848161	0.0236965876636610	0.0228045310782373	0.0230005220626422	0.0252774543853088
400	0.00686112187349245	0.00669710246844879	0.00691440153570824	0.00661337738846829	0.00697587437502435	400	0.0246841788211218	0.0233692185147041	0.0251172600543560	0.0234370715967337	0.0238742188958976
425	0.0139650085174462	0.00647457365750996	0.00734341450825981	0.00698591716071646	0.00632899349323203	425	0.024601133855299	0.0248813534794521	0.0228587806070691	0.0239629264568555	0.0229698411686146
450	0.00689761894130498	0.00885485581222023	0.00733977908293208	0.00675644376404388	0.00651768789208793	450	0.0244836737317067	0.0256266629591338	0.0248570222548437	0.022147594723402	0.0239539248334757
475	0.0111459015457977	0.00675259808027603	0.00652128089289133	0.00624534144907690	0.00691390117152659	475	0.0230334457154061	0.0228050759477952	0.023908504593400	0.0244222814347205	0.024647046301030
500	0.00646253558439112	0.00631408690284707	0.00703773608440865	0.00704771427772537	0.00675569121322922	500	0.0240460903582953	0.0233954040345011	0.0225827737450799	0.0248674446122144	0.0247743784944868

Tabla 59 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 10 con MLP

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.172426286548597	0.192138696326433	0.157414416202982	0.170425079976517	0.273472433772821	0	0.0603810092296935	0.111215721087514	0.0533694426903390	0.0770730952513727	0.146915239383090
25	0.040998791620729	0.0337006664750269	0.0293164972685847	0.0309351789720678	0.0251212161183730	25	0.0258873440271833	0.0234588976808091	0.0223640917606225	0.0231295826126661	0.0242772208792857
50	0.0417996432968252	0.0231516627758457	0.0241940691763717	0.0259728368130896	0.0212629987521242	50	0.0246276544634957	0.0243873773885126	0.0246331534197561	0.0244581114869831	0.0228254957668089
75	0.0352454886226085	0.0281502086119173	0.0235936525043135	0.0215745964328468	0.0207945436132589	75	0.0249419211054612	0.0255204118136794	0.0239688659017122	0.0242808341443803	0.0239343660379931
100	0.0340219049885837	0.0265815461168594	0.0221820306939696	0.0213955409306868	0.0219241268443236	100	0.0250028530808200	0.0275400131907633	0.0250799204632298	0.0247528116554701	0.0247104311306356
125	0.0212112835769993	0.0214711735488817	0.0219727754852487	0.0210360806442562	0.0211102546329927	125	0.0247763096720758	0.0242864240739746	0.0228064404494762	0.0243395907059209	0.0225054230003445
150	0.0426031707803084	0.0213112456596021	0.0218735560942986	0.0203008055307343	0.0208928135043236	150	0.0273040665421894	0.0234757466420069	0.0226729772075828	0.0245667164737840	0.0221578108774330
175	0.0378816866122740	0.0209943880756867	0.0241441829111104	0.0230109985834386	0.0203033121971037	175	0.0247199468491214	0.0230197265857586	0.0231751457035134	0.0243060758782664	0.0240075542759609
200	0.0331030407647340	0.0207361585736580	0.0212395556347619	0.0237822603572052	0.0220722567084562	200	0.0238644081289131	0.0231238422015095	0.0233606477812867	0.0228731812348712	0.0232641795154989
225	0.0407165500573373	0.0254046561604717	0.0214644817773713	0.0212343489857164	0.0220618240922610	225	0.02304881885531557	0.0241538351293639	0.0229849659333961	0.0241875013704974	0.0244302978792206
250	0.0327274562860238	0.0217849947152729	0.0211979413172532	0.0225494931155982	0.0211211282965918	250	0.0244105614088887	0.0230104670188753	0.0234333028686478	0.0237209353301261	0.0224568509517309
275	0.0347577401052305	0.0208564757260280	0.0213533543484826	0.0204570438328564	0.0213659156977397	275	0.0289721244464939	0.0243436393762954	0.0251836022857968	0.0235604084625839	0.0240926037582170
300	0.0271276949905780	0.0203789895055442	0.0213046523735143	0.0225938296965715	0.0220565632643805	300	0.0230164019835616	0.0225418918877738	0.0234224841408974	0.0237682269247699	0.0248532643557968
325	0.0237018419310586	0.0208265383071136	0.0213946365060318	0.0224464910488578	0.0213712721221609	325	0.0230877276803962	0.0232431888443794	0.0240215924614216	0.0240221025605316	0.0226458152930695
350	0.0210286810602223	0.0204133832097924	0.0207197845414311	0.0216350581148527	0.0207147451842881	350	0.0227353848345020	0.0234905061414494	0.0241280512338891	0.0228695908618285	0.0247608355431085
375	0.0407996745125305	0.0206203862709763	0.0205028034249291	0.0215321678567851	0.0207650084157042	375	0.0243069673629911	0.0244771366679496	0.0216848627250069	0.0229442089685562	0.0230023692379404
400	0.0276948743845957	0.0205710776722856	0.0214117345195913	0.0210202758028161	0.0212021012651021	400	0.0264518630853914	0.0235145482792824	0.0231211917878860	0.0219757154620023	0.0232303371362937
425	0.0342337563730366	0.0235322052594748	0.0214535796436086	0.0211555419784884	0.0219101862924929	425	0.0251848413923474	0.0230387479214719	0.0223860948873439	0.0229237696039563	0.0233894838963206
450	0.0310786820923940	0.0250424552337978	0.0215932131719614	0.0210586590083511	0.0207411508511858	450	0.0254825142265748	0.0226989313026256	0.0224635722060800	0.025253561823477	0.0229304206814381
475	0.0316238516138994	0.021252845649018	0.0214389009025297	0.0209944616339246	0.0214320390272729	475	0.0243661319149736	0.0241558847584837	0.0246360204427679	0.0248170944949386	0.0234023164627982
500	0.0272244646547011	0.0206712604821941	0.0212349986157216	0.0215638045102218	0.0210103497326632	500	0.0248523017905609	0.0221684974973014	0.0228826555185846	0.0241404952290122	0.0238148267087222

Tabla 60 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 11 con MLP

FALLO INTENSIDAD - FASE 3

Combinación 1

Table with 2 main sections: ENTRENAMIENTO and TEST. Each section has 5 columns for 'ÉPOCAS' (2, 4, 6, 8, 10) and 5 rows of data points.

Combinación 2

Table with 2 main sections: ENTRENAMIENTO and TEST. Each section has 5 columns for 'ÉPOCAS' (2, 4, 6, 8, 10) and 5 rows of data points.

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0347675883436326	0.0377106949024832	0.0393404424502686	0.0432657571097608	0.0831773731310684	0	0.0493903607778326	0.0528682108516760	0.0553863075689028	0.0503576640114994	0.0958179694565460
25	0.0135250444770540	0.0121508516695302	0.00911216591516513	0.0112268859438895	0.00727443134589926	25	0.0227872401868115	0.0244911789162208	0.0220745869093044	0.0235917422641401	0.0226164156868532
50	0.0134307836393425	0.00799012876523289	0.00745435611609182	0.0081462657142385	0.00695198791096433	50	0.0257357724004099	0.0223263910014352	0.0243275768910211	0.0233053023598296	0.0252766487071639
75	0.0138713997711639	0.00673663687421531	0.00688983501317065	0.00672149817327929	0.0063788570223247	75	0.0239931341116963	0.0225416504103255	0.0245324659209493	0.0252920911588936	0.0232892604017123
100	0.00695772412176728	0.00697743780107091	0.00696500093987208	0.00677184299689112	0.00706342903485585	100	0.0237893789031966	0.0230588657164933	0.0247066373593920	0.0249153616775864	0.0228115604243431
125	0.00685299366966268	0.00683136879808905	0.00773294557979564	0.00669778346538549	0.00691335293558448	125	0.0235367161968059	0.0247603829351278	0.0242317671880520	0.0221788871644588	0.0246309875448797
150	0.0140172535952785	0.00684016337503303	0.00681572115933051	0.00647732695623563	0.00672753089467330	150	0.0259403931825720	0.0241266685767347	0.0226109076496129	0.0224685738641630	0.0235847089607005
175	0.0172347189616564	0.00661621336384580	0.00862019377076069	0.00691174630782849	0.00659545089558676	175	0.0252631590407788	0.0248992109323045	0.0250123868343401	0.0232173031511687	0.0228806899903188
200	0.0133111709325772	0.00669463985750583	0.00683600172092774	0.00686309293887612	0.00693411003717110	200	0.0247546356751851	0.0233670358209069	0.0236359914946279	0.0232999170906346	0.0226994524870777
225	0.0136780278530435	0.0092176746646126	0.00711768142236139	0.00679487267978156	0.00656327082261816	225	0.0237571959761329	0.0236226685216584	0.0232376236194979	0.0242215354151159	0.0235546944887974
250	0.0124082251633376	0.00728061039342279	0.00676078199107733	0.00740394704694720	0.00715848445132752	250	0.0248098469300346	0.0231664332805229	0.0241818540248930	0.0235716137104795	0.0233423600169074
275	0.0135160793281653	0.00654973888491791	0.00658197801878286	0.00616730993072308	0.00668646351944048	275	0.0285510177718253	0.0244800940692025	0.0235383869853840	0.0216427733793233	0.0227968387807371
300	0.0137616151447548	0.00678225346833007	0.00679322927074156	0.0067112449270333	0.00637551535633099	300	0.0256365009617147	0.0230872900966030	0.0233682142505157	0.0231948857745966	0.0245818493350598
325	0.00654478822675816	0.00670836507028045	0.00672751404736837	0.00763331775232990	0.0072944884726227	325	0.0219518469578469	0.0230634450420782	0.0223856296492544	0.0243505987245050	0.0249046785986769
350	0.00649624078808859	0.00680864233780745	0.00661939840125106	0.00678095806547213	0.00693885902103072	350	0.0233381710399418	0.0246280959253545	0.0235663338759904	0.0233195168661934	0.0235236989276100
375	0.0137433586097143	0.00651623132643931	0.00682151458829311	0.00649618273449836	0.00599653712033166	375	0.0245249950951618	0.0243037597042138	0.0228442700113927	0.0230725471549111	0.0241523662633017
400	0.00659339726832634	0.00657966892566085	0.00659388092739703	0.00678721430349403	0.00687675649483893	400	0.0238179749934579	0.0221735421276475	0.0239414188236878	0.0248424037494290	0.0236282917689204
425	0.00654307905259445	0.00939256582022587	0.00681844739193894	0.00665907645183234	0.00849195238745983	425	0.0237512658886243	0.0250487623089384	0.0230537434655153	0.0245575650972606	0.0231033842494048
450	0.0138047420865426	0.00690355110151587	0.00664513513193064	0.00692571233882455	0.00693438192248545	450	0.0241387709625598	0.0243561572370493	0.0244512634112751	0.0234042167447261	0.0241799856336884
475	0.0134083929190401	0.00673462412082020	0.00680062093915233	0.00644897501883587	0.00682207981184287	475	0.023978710057127	0.0222825876566506	0.0246355194097800	0.0233559811779753	0.0227587289619425
500	0.00662781157617238	0.00682336225681054	0.00656748167691892	0.00699396765955902	0.00613827166010572	500	0.0229213575586603	0.0232409738246852	0.0237094954365046	0.0235795267001683	0.0222707137487204

Tabla 61 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 12 con MLP

CAIDA DE TENSION - FASE 1											
Combinación 1											
ENTRENAMIENTO						TEST					
NN						NN					
ÉPOCAS	2	4	6	8	10	ÉPOCAS	2	4	6	8	10
0	0.0338390265954599	0.0971490353537480	0.0948706879896472	0.102904800232115	0.200129466741338	0	0.0273797064217533	0.100468840886211	0.0949284917125790	0.105546881607854	0.197795169821568
25	0.0173511653318529	0.0188771792237950	0.0113021457000593	0.0150330144930935	0.0121493697808676	25	0.00791336842389645	0.00837996437941395	0.00787930565983231	0.00924850736243805	0.00789625986870413
50	0.0181543470934852	0.0116500693411992	0.0195071829022072	0.0113810544647697	0.0118276517300361	50	0.00869020565346860	0.00715875701465173	0.00927871087469897	0.00860162324196404	0.00855969370076652
75	0.0214028450416082	0.0126892122350467	0.0152913371777462	0.0121666504101477	0.0109154411543748	75	0.00915257338067594	0.00892155181527783	0.00881982722958279	0.00906618785039749	0.00796570252152959
100	0.0123301230486143	0.0118048605543323	0.0146822702357796	0.0105810026746587	0.0112762905519012	100	0.00818716646687238	0.00844920107168243	0.00929542806364847	0.00799023731255809	0.00816999231029680
125	0.0189300850306301	0.0123412500423495	0.0110730165477462	0.0104884474763447	0.0110461105489977	125	0.0083659657226200	0.0100662337334588	0.00788589946491978	0.00772396681086370	0.00865627543391752
150	0.0178867693409435	0.0139412802586753	0.0110824212782458	0.0109574884257467	0.0102945614534268	150	0.0105942244762244	0.00892110903565004	0.00885854096097450	0.00767277043997775	0.0077924636751504
175	0.0179613804170868	0.0138294889080670	0.0107935621146160	0.0108611493949293	0.0104454477023721	175	0.00887075688417929	0.00795518474040211	0.00891245604998775	0.00860931988223091	0.00760078120461034
200	0.0179171660283107	0.0117594757528073	0.0135328219954723	0.0109544171594716	0.0123199366353205	200	0.00835490907737289	0.00841442061412867	0.00892212409002593	0.00856993930885730	0.00955242295308895
225	0.0185954509136452	0.0127449605447473	0.0127849019366224	0.0120607433060384	0.0140462631111193	225	0.00952158427882557	0.00885287756972013	0.00840342540864579	0.00912009913072345	0.00922975501384575
250	0.0166975397381749	0.0128883558317773	0.0146054481455089	0.0128782046951695	0.015599058028127	250	0.00795470979611008	0.0102990829361686	0.00953989093905691	0.00911548569185443	0.00963207397231775
275	0.0124976339070124	0.0104703189588166	0.0135523221599340	0.0107207612408131	0.0101595125761948	275	0.00908085940084810	0.00785912879093008	0.0089685885486320	0.00817851469167264	0.00798563689380248
300	0.0214334271209104	0.0195403958961346	0.0111930551841696	0.0107187938810204	0.0125327546575862	300	0.00893146532813070	0.0089860072745744	0.00865401599318853	0.0074344665548973	0.00833809206194967
325	0.0180019370087186	0.0114178064367843	0.0112811103613974	0.0135313040166013	0.0113088671595940	325	0.00891429782195066	0.00884608291632997	0.0091373184455528	0.0109169025686133	0.00902766504436080
350	0.0170320132327031	0.0126984465210641	0.0114174107732235	0.0109579604782504	0.0117549636080863	350	0.00823256129946651	0.00993972679338579	0.00887013853834177	0.00759552032733370	0.00886937860789273
375	0.0178954574658537	0.0135187446781581	0.01171197936412	0.0113889604297776	0.0105405955004381	375	0.00826466767242915	0.00949827636843196	0.00882482069791038	0.00919657142720408	0.00829897128848802
400	0.0204458947239371	0.0165310680259737	0.011118454102140	0.0110032494033331	0.0110969511295308	400	0.0103648937311280	0.00827311814509144	0.00845560253612521	0.00744971456680895	0.00693929309108117
425	0.0168712342269939	0.0121806890500605	0.0113401159606772	0.0135672424141855	0.0120573764209161	425	0.00827589946653332	0.00920295570323903	0.0092524858612741	0.00953551594284917	0.00890082499295849
450	0.021312839351256	0.0224287963299894	0.0111924178415739	0.0115532741927867	0.015872673261067	450	0.00953624664532310	0.0111716427489601	0.00788059308909807	0.00861380606352418	0.00768939309207698
475	0.0183838073861674	0.0121016152349030	0.0131549420069849	0.0111092342841792	0.0123721713691648	475	0.00904832981036075	0.00916942167433866	0.00891956541746647	0.00758981614329994	0.00713712733648191
500	0.0128497524623578	0.0119764100658191	0.0119668624393314	0.0124500539091215	0.0104313280551420	500	0.00850136122961688	0.00884581248962710	0.00916382192376093	0.0102119283401605	0.00651382072378865

Combinación 2											
ENTRENAMIENTO						TEST					
NN						NN					
ÉPOCAS	2	4	6	8	10	ÉPOCAS	2	4	6	8	10
0	0.0425198561464458	0.0876088022873165	0.132746872197823	0.260886484688802	0.0926219336893531	0	0.0496658120287499	0.0943344432226188	0.130020651609554	0.257577835780649	0.0992015730357762
25	0.0148027737900214	0.0134936740600939	0.0110363839236223	0.0103222011161825	0.0106268289872045	25	0.0237477697973888	0.0207281906746817	0.0152097162539168	0.0146239714509880	0.0152700453029845
50	0.0112712571449190	0.0103160950815113	0.0102608591498733	0.0106161881998977	0.0107119929917994	50	0.0159624964436488	0.0127516964954619	0.0136770381137888	0.0141339926351302	0.0141143662147367
75	0.0122905527601742	0.0114939756837319	0.0144872786501627	0.00980887330027673	0.00896810811970044	75	0.0190723248116872	0.0169284582588573	0.0234413492218148	0.0129043983453188	0.0108497053986221
100	0.0131294009670220	0.0102941904976718	0.0122082917733916	0.0105297005811348	0.00947393032674366	100	0.0208666658750960	0.0136803580244299	0.0179706767514549	0.0136574816982616	0.0131164668710356
125	0.0130390843923907	0.0137501724995317	0.0114480333044911	0.00983820196438877	0.0100775674113984	125	0.0204003335594391	0.0211506010546043	0.0174293234447198	0.0132039922202616	0.0135122805164683
150	0.0104655637699852	0.0100397820260381	0.01007711695116182	0.0104709497441795	0.0106005772876017	150	0.0142323295000029	0.0135852076656437	0.0136088540234622	0.0142857225984563	0.0152410882882488
175	0.0108823682638241	0.0135352044292986	0.00941943117194305	0.0107254791202485	0.0128716131146410	175	0.0148076268273946	0.0214725347365780	0.0118598202279091	0.0155252123617896	0.0129219307549506
200	0.0128218218524490	0.0109605383253161	0.0107268885531409	0.0113078730246597	0.0119242479908510	200	0.0198742706360406	0.0146484328407202	0.014807886621387	0.0150452565991118	0.0153919440312876
225	0.0126216029508387	0.0141807193523768	0.0110975535198644	0.0119779687035339	0.0107966499305374	225	0.0196907460932702	0.0226076853022024	0.0146109263780190	0.0176632996497318	0.0136870603942371
250	0.0121321767707762	0.0111818489514367	0.0105877696227849	0.0107665173759247	0.00942622744479854	250	0.0183231758037373	0.0161864347591561	0.0138604665436792	0.0139071056303920	0.0128226792229464
275	0.0123587095222310	0.0110917438511271	0.00964143613929034	0.010483659014203	0.00898137175781774	275	0.0193886120491012	0.0140003719438085	0.0125477413264376	0.0139463170264783	0.0118865584665670
300	0.0106178016561102	0.0103239408395566	0.0107291836791789	0.00963556153903209	0.0109452715805381	300	0.0147238365955450	0.0144602460574513	0.0141997351366254	0.0128241848835381	0.0143601853993437
325	0.0130735264154968	0.0110963377201736	0.00971477649387691	0.00979908177406187	0.0102847393448459	325	0.0208365751802182	0.0140754967068974	0.0129904981597757	0.0128534134060252	0.0139818611044623
350	0.0110980889746634	0.0112826767070435	0.00932971246563178	0.00976127826705892	0.00979211379105606	350	0.0161956408115402	0.0161693120104112	0.0118205549366732	0.0125995810605512	0.0126241636175169
375	0.0107091218488194	0.0118310205237587	0.0102165412122483	0.00951992952362713	0.00920683180804937	375	0.0148310485339990	0.0175089173923743	0.0140497632848307	0.0126847665873607	0.012351732913741
400	0.0113720413141454	0.0148495016550476	0.0103549989314606	0.00949558842984692	0.01059749100467210	400	0.0165050777055606	0.0232517929954454	0.014340261613610	0.0123309146188028	0.0146943443319897
425	0.0146373399902040	0.0137069006368847	0.0111957246952709	0.0112223881445874	0.0108989554522952	425	0.02080183703495572	0.0200183073495572	0.015772001800768	0.0164650689763082	0.0149578100730129
450	0.0122711838481313	0.0119686991620633	0.0104132435358943	0.0120317058950385	0.0106143486267799	450	0.0184790168896164	0.018332330196444	0.0133259939250603	0.0162431401161516	0.0153468794155034
475	0.0112172713201820	0.0124176638519621	0.011795060982348	0.0115390119993482	0.00895862620518869	475	0.015927672637161	0.0188206273688296	0.0171674369291207	0.0158450916837703	0.0118132214744548
500	0.0116903413234784	0.0113289538158474	0.00923223887605664	0.0098110416248268	0.0110049707419326	500	0.0178336105926428	0.0155346893920688	0.0122027864794991	0.0134139753049120	0.01562810808865694

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0381794413709529	0.0923789188205322	0.113808780093735	0.181895642460459	0.146375700215345	0	0.0385227592252516	0.0974016420544151	0.112474571661066	0.181562358694252	0.148498371428672
25	0.0160769695609372	0.0161854266419445	0.0111692648118408	0.0126776078046380	0.0113880993840360	25	0.0158305691106426	0.0145540775270478	0.0115445109568746	0.0119362394067130	0.0115831525858443
50	0.0147128021192021	0.0109830821996753	0.0148840210260403	0.0109986213323337	0.0112698223609178	50	0.0123263510485587	0.00995522675505682	0.0114778744942439	0.0113678079385471	0.0113370299577516
75	0.0168466899108912	0.0120915939593883	0.0148893079139545	0.0109877618552122	0.00994177463703761	75	0.0141124490961816	0.0129250050370675	0.0161305882256988	0.0109852930978582	0.00940770396010583
100	0.0127297620078182	0.0110495255260021	0.0134452810045856	0.0105553516278968	0.0103751104393224	100	0.0145269161709842	0.0110647795480562	0.0136330524075517	0.0108238595054098	0.0106432295906662
125	0.0159845847114969	0.0130457112709407	0.0112605249261186	0.0101633247203667	0.0105618389801680	125	0.0143831496658506	0.0156084173940316	0.0126576114548198	0.0102389795155626	0.0110842779751929
150	0.0141761665554644	0.0119905311423567	0.0105767953949320	0.0107142190849631	0.0104475693705142	150	0.0124137269881137	0.0112531583506469	0.0112336974922183	0.0109792465192170	0.0115167759819819
175	0.0144218743404554	0.0136823466686828	0.0101064966432795	0.0107933142575889	0.0116585304085065	175	0.0118391918557869	0.0147138597384901	0.0103861381389484	0.0120672661220103	0.0134463559797805
200	0.0153694939403798	0.0113600070390617	0.0121298552743066	0.0111311450920656	0.0121220918130857	200	0.0141145898567068	0.0115314267274244	0.0118650053760823	0.0118076324393845	0.0124721834921883
225	0.0156085269322420	0.0134628399485620	0.0119412277282434	0.0120193560047862	0.0124214790208284	225	0.0146061651860479	0.0157302814359613	0.0115071758933324	0.0133916993902276	0.0114584077040414
250	0.0144148582544755	0.0120351023916070	0.0125966088841469	0.0118223610355471	0.0125126616234901	250	0.0131389427999237	0.0132427588476623	0.0117001787413681	0.0115132821611232	0.0112264765976321
275	0.0124281717146217	0.0107810314049719	0.0115968791496122	0.0106023135711167	0.00957044216700625	275	0.0142322357249746	0.0109297503673693	0.0107223000906504	0.0110624158590755	0.00993609767018472
300	0.0160256143885103	0.0149321683678456	0.0109611194316737	0.010177177100262	0.0117390131190621	300	0.0118299254938424	0.0117231266674544	0.0114268755649070	0.0101288157695139	0.0113491387306467
325	0.0155377317121077	0.0112570720784789	0.0104979434276373	0.0116651928953316	0.0107968130303999	325	0.0148754365010844	0.0114607898116137	0.0110639350021655	0.0118851579873192	0.0115047630744115
350	0.0140650511045833	0.0119905616140538	0.0103735616194276	0.0103596193726547	0.0107735386995712	350	0.0122141010555034	0.0130545194018985	0.0103453467375075	0.0100975506961924	0.0107467711127048
375	0.0142842896528366	0.0126748826009584	0.0109638695929447	0.0104544448867029	0.00987371365424372	375	0.0115478581032141	0.0135035968804031	0.011437219913705	0.0109402118656046	0.0103253517899310
400	0.0159089680190413	0.0156902848405106	0.0107334221708373	0.0102494189165900	0.0108472210881259	400	0.0134368157183443	0.0157624555702684	0.0113979333487431	0.00989032809244639	0.0108168187115355
425	0.0157542871085989	0.0129437948434726	0.0112679203279740	0.0123948152793865	0.0114786159366056	425	0.0160630035889903	0.0146106315263981	0.0122182243831021	0.0130003104595791	0.0119293178316357
450	0.0167920338916285	0.0171987477460263	0.0108028306887341	0.0117924900439126	0.0131008079764433	450	0.0140076311674698	0.0147519878843023	0.0106032935070792	0.0124284730898379	0.0115181362537902
475	0.0148005393531747	0.0122596395434326	0.0124749740526099	0.0113241231417637	0.0106653987871788	475	0.0124880035703884	0.0139950245215842	0.0130435011732936	0.0117147539135351	0.00947519690546836
500	0.0122700468929181	0.0116526819408333	0.0105995506576940	0.0111305475358021	0.0107181493985373	500	0.0131674859111299	0.0121902509408479	0.0106833042016300	0.0118129518225362	0.0110709644061790

Tabla 62 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 13 con MLP

CAIDA DE TENSION - FASE 2

Combinación 1

ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.0742368783840832	0.128746843666138	0.0991521193554872	0.121437768732784	0.0612902329642635	0	0.0731925064298415	0.128282197240580	0.0988273057467054	0.120172344611881	0.0606976924166919
25	0.0111012191147044	0.00980204524883387	0.0105443885259145	0.0104258361683387	0.0100692244183311	25	0.00666365596103143	0.00641473304532216	0.00656383037331109	0.00695453724020299	0.00656786088092779
50	0.0100953227575995	0.0100322605782022	0.0103131953495791	0.00967458958676508	0.00899334296177547	50	0.00657162090192660	0.00663924471742998	0.00675226710385114	0.00654093200436274	0.00648583892280864
75	0.0103000012551365	0.0106650997678663	0.0106722500139743	0.00847383958884264	0.00902261688702233	75	0.00657681049581502	0.00692318790408251	0.00667399097408628	0.00579742958344175	0.00640331537809670
100	0.010973774477378	0.00898182795102143	0.00959051396840680	0.0111382817697498	0.00833297091460630	100	0.00657639186053506	0.0065961512727684	0.00605148159713922	0.00703966477684084	0.00617663155697892
125	0.0101026534548966	0.0104571978941855	0.00830535117065694	0.00901374644785704	0.00855022301118410	125	0.00660787607252146	0.00666336889991639	0.00615732993399087	0.00657829427201062	0.00644380221715706
150	0.0100502547946203	0.0110904442258996	0.00838624032813771	0.009970924454943611	0.00893058583719420	150	0.00660082694148394	0.00656498720957031	0.00601845850114559	0.00705530082867578	0.0060860309114812
175	0.00984960028940037	0.0112123818954381	0.0101121900730161	0.00904898504084377	0.0107529516297681	175	0.00628385620263696	0.00686978284410725	0.00713660389012832	0.00679626820372015	0.00732787488787577
200	0.0103183339688638	0.0110060225242701	0.00966867935334279	0.00869889903687896	0.00921946728614673	200	0.00660416452287707	0.00670561542974422	0.00642724879070679	0.0064181600419734	0.00661967952595673
225	0.0110267956987480	0.00867490541880500	0.00991797486432086	0.00899538756439258	0.00935748845660490	225	0.00669388974597342	0.00655144309919412	0.00666440940800534	0.00641963498933304	0.00682047338193593
250	0.0103232357785739	0.0105188062688950	0.00916121384626609	0.0107635864581975	0.00890203095237763	250	0.00659023511153618	0.00659417286898398	0.00661935656793459	0.00729631265925053	0.00647136049854154
275	0.0109847796190924	0.00888243508217695	0.0104948464486631	0.00838543009678701	0.00950292427128720	275	0.00661859704962484	0.00621131925435784	0.00660134722510531	0.0061268367566209	0.00709109311610762
300	0.0110075351324659	0.00979086230997909	0.00938716639846137	0.0105251913384731	0.00890938691070572	300	0.00661614862568394	0.00662312985225639	0.00637213732059879	0.00716522726744342	0.00584209769540394
325	0.00995477530175733	0.0100611289928901	0.0109301991220270	0.00868785018104168	0.0103002342544228	325	0.00662598976387505	0.0064727009710872	0.00664427180363944	0.00661843696209097	0.00661835450460116
350	0.0110465848569717	0.00839825729725150	0.00959652839100000	0.00908023246850344	0.00894033602695732	350	0.00661023119516043	0.00627038176269396	0.00664050521493316	0.0068909858846349	0.00631835450460116
375	0.00979148242350415	0.0096592455583051	0.00916997415063544	0.0103496457751378	0.00823737659392321	375	0.00659747062483253	0.00650621756390056	0.00643654675246703	0.0070475492428244	0.0059481375266330
400	0.00912469338044455	0.00844605227837291	0.00848329746068507	0.00927720372813318	0.00843172823819888	400	0.00660874868094436	0.00626267083084945	0.00599463493252888	0.00720573302567858	0.00581924317680644
425	0.0100265300345886	0.0102314366773146	0.00997411137784030	0.00978963124989841	0.00998819283875055	425	0.00658513307521082	0.00685658378101594	0.00644002372908211	0.00633537420304918	0.00661388135368214
450	0.00885268837005044	0.0109018459879410	0.00969976180984520	0.00858133849039774	0.00984488504318126	450	0.006585149275635	0.0062626425611908	0.00616396408707106	0.00647481501464841	0.00647481501464841
475	0.0110022248749139	0.0097824298479327	0.00961523630204147	0.00839566505760551	0.00890070628643224	475	0.00655494007076635	0.00660786705351848	0.00639366063779783	0.006930829263356	0.0068544519324734
500	0.010478000954677	0.00936256582443842	0.00944937193921591	0.00868149178910778	0.00855813558956790	500	0.00664259274974957	0.00649346683293619	0.00600646336696927	0.00656257632304219	0.00623685938355319

Combinación 2

ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.121735749791555	0.102927410105317	0.0708999281623898	0.0572511319859546	0.0333938525730333	0	0.122369385996275	0.103805826858985	0.0721122200927684	0.0580632836381767	0.0358744133422039
25	0.00754207180157147	0.00700564183542196	0.00760485960586220	0.00785410662486961	0.00785410662486961	25	0.0130983842428230	0.0123975620725703	0.0131935863945244	0.0123150073781957	0.0128735486768637
50	0.00756147562513444	0.00768581893033915	0.00759157807763342	0.00742412583060457	0.00712075739367408	50	0.0128786050171738	0.0133022327216603	0.0136820903991471	0.0133589710663865	0.0115029934025553
75	0.00764506428503268	0.00753986854136042	0.00754683680189308	0.00786205746400074	0.00772842135657543	75	0.0128821495667133	0.0120629420819005	0.0123435317393061	0.0132484614949416	0.0134025022552061
100	0.00755469442751437	0.00735987310855209	0.00686165387188409	0.00682283923230993	0.00674667643112320	100	0.0129256377637475	0.0121554110216354	0.011329205319316	0.0122662527977665	0.0117467470258185
125	0.00753796247086839	0.00744394227960965	0.00686849015803047	0.007471971037865194	0.00677054852242386	125	0.013073172657493	0.0126121222127142	0.0112212044142004	0.012194365216156	0.0134513512643516
150	0.00755981928934936	0.00748097259977883	0.00656301790017006	0.00740457162361136	0.00781138216787139	150	0.0129100989993171	0.0130352532286423	0.0111192243208548	0.0125501143183969	0.0150294717537962
175	0.00746123947473684	0.00757462214609835	0.00767004716339181	0.00695593562879201	0.00731698206071466	175	0.0125126459687491	0.012901837368599	0.0124671456039772	0.0122714371587771	0.0121311171532522
200	0.00751489091290402	0.00771845355609109	0.00700952953450597	0.00679449634406111	0.00804919630119602	200	0.0130351046071363	0.0126972784604608	0.0111920033401079	0.0112285796243993	0.013155204502154
225	0.00703014251744220	0.00710324304792925	0.00644897292530894	0.00697851230576355	0.00670189541779447	225	0.0125411609611113	0.0122651484882439	0.0105680448335934	0.0122512466515676	0.010937018950500
250	0.00759201416749236	0.00760425206330883	0.0067249793262708	0.0067094077189214	0.0058942512487283	250	0.0130711955153498	0.0131664652451060	0.0113543644917186	0.0103282732593866	0.0104833315744667
275	0.00756493004500595	0.00757139092502894	0.00788243919731532	0.00720537945473070	0.00810968813502981	275	0.0130721320800862	0.013005000392564	0.0131946090079255	0.0125917038278797	0.0129854770704469
300	0.00756975411565564	0.00748525674329325	0.00732452671012580	0.0075722455750303	0.00819009736439623	300	0.0129710831783912	0.0129606687444510	0.0122666577826622	0.0128507384329600	0.0127737600325465
325	0.00756059525847864	0.00772991454299733	0.00757015960787889	0.00666348368278479	0.0065557725183976	325	0.0129266839756864	0.0126968463500436	0.0128867337906591	0.0118789750816844	0.0124147816299456
350	0.00756569647534656	0.00749960454947572	0.00728176102299255	0.00732057461378980	0.00623958515362981	350	0.0130779539550107	0.0126228097047104	0.0119327173185836	0.0123991068856544	0.0123588023666706
375	0.007804263834330128	0.00667168485138551	0.00710328230005573	0.00616917859135186	0.00720369197140687	375	0.0132161299597330	0.0110406103062232	0.0105660019594754	0.0120046022975495	0.0119660107742755
400	0.00751407654498200	0.00805410668259963	0.00743422517639718	0.0072420279945796	0.0067600959613270	400	0.0129348938808522	0.01310310115720148	0.0131451815836713	0.0125709633612066	0.0138073253948238
425	0.00759603529853330	0.00750902784380539	0.00720707061911067	0.00689944928454508	0.008072836012071322	425	0.013512358058533	0.0122487630507690	0.0122487630507690	0.011358587510597	0.0118412667595954
450	0.00748700799291776	0.00686614239447556	0.00719585401637221	0.00712722064930358	0.00575423505071900	450	0.0129754590999562	0.0116492619355373	0.0128616823584707	0.0136239923587437	0.0107570902296023
475	0.00744578346991489	0.0075781128500518	0.00719140084303613	0.00707203984881415	0.00738926821034997	475	0.0129452379086468	0.0124907293079450	0.0131523990686910	0.0138618143338992	0.0113085920570530
500	0.00744151507167379	0.00751422934047154	0.00743738675418311	0.00688733267683283	0.00735018591910988	500	0.0128432323380108	0.0121159261115199	0.0121830116293971	0.0139744179775677	

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.278887679814418	0.270256694409367	0.303950592948227	0.399676940450068	0.293406218223752	0	0.0977809462130584	0.116044012049782	0.0854697629197369	0.0891178141250290	0.0482860528794479
25	0.0430401032574455	0.0392804681331098	0.0308398535550303	0.0325196355715204	0.0325127344148913	25	0.00988102010192722	0.00940614755894625	0.00987870838391772	0.00963477230919935	0.00972070477889574
50	0.0404263436151664	0.0304018956393902	0.0352759161120136	0.0303432975424984	0.0298410191470446	50	0.00972511295982019	0.00997073871954513	0.0102171787514991	0.00894995153537464	0.0089944161268195
75	0.0441409692581769	0.0343751967703650	0.0353427511956135	0.0283148763698080	0.0282241305293825	75	0.00972948003126414	0.00949306499299148	0.00950876135669619	0.00952294553919167	0.00990290881665140
100	0.0359372005600151	0.0296723212932109	0.0321061512623777	0.0282078438643563	0.0280973172643717	100	0.00975101481214129	0.00937578114720612	0.00868770106453541	0.00965295878730368	0.00896168929139869
125	0.0356581522145937	0.0333035017854791	0.0282990156143993	0.0280374331320934	0.0271357952188262	125	0.00984259666913537	0.00963774555631531	0.00868926717409564	0.00938632989681311	0.00994757674075432
150	0.0396282392277983	0.0305105754021756	0.0273111331104771	0.0290149272338795	0.0275271082446394	150	0.00975546297040054	0.00980012021910632	0.00856884141100021	0.00980270757353632	0.0105577510724722
175	0.0348592543305988	0.0350747797856017	0.0284629354198594	0.0305591242634995	0.0290153347962083	175	0.00939825108569303	0.00988498329024657	0.00980187474705275	0.00953385268124862	0.00972949620056400
200	0.0367115761111691	0.0341594126059011	0.0309351925247842	0.0289302955890461	0.0303399837078192	200	0.00981963456500666	0.00970144649510251	0.00880962606540735	0.00884519781429833	0.00988744198808609
225	0.0390522935959244	0.0305879406359025	0.0284501374155549	0.0285602626022323	0.0294087614289681	225	0.00961752535354237	0.00940829579371453	0.00861622712079936	0.00933544082045030	0.00895708763849748
250	0.0397553472784000	0.0307295593966779	0.0304694492980187	0.0285997681930989	0.0303235569286319	250	0.00983071531344300	0.00988031905704499	0.00898686052982658	0.00881229295931857	0.00847734603650410
275	0.0353514994134844	0.0295631178165224	0.0296553505221573	0.0274721414215377	0.0278539137829423	275	0.00984536456485550	0.00960815979680710	0.00989797811651543	0.00935719375177089	0.0100382819432773
300	0.0422946366059723	0.0349367311704352	0.0283508485578549	0.0284623685721960	0.0292947211440035	300	0.00979361590203756	0.00979189929835368	0.00931939755163047	0.0100079828502017	0.0093072886397522
325	0.0413779497192763	0.0368537243278380	0.028860666249568	0.0283527273551145	0.0275752242811707	325	0.00977633686978073	0.00958475822357614	0.00976550279714926	0.00918303475097024	0.00951660929601830
350	0.0419053760046375	0.0292851303218674	0.0302615471459260	0.0278857854661526	0.0287401185710823	350	0.00984409257508554	0.00944659573370216	0.00928661126675839	0.00964504673705892	0.00933857843563587
375	0.0412820998002332	0.0304481686983884	0.0284953723808952	0.0264805804225716	0.0265301435396475	375	0.00990693529228277	0.00877341393506190	0.00850127435597122	0.00952607861091598	0.00895708726346942
400	0.0359330515246358	0.0326348631497246	0.0287953003916458	0.0271310556077463	0.0291605434026863	400	0.00977182128089830	0.00968288620143213	0.00956990825810010	0.00991084819344260	0.00981328338581510
425	0.0387581927427846	0.0358228158261673	0.0288578633328868	0.0291459281233027	0.0291573192620592	425	0.00976784908101139	0.0101844597934462	0.00934439338992553	0.00884560649075660	0.0092275405662077
450	0.0368687476292973	0.0393518329048404	0.0273983918756192	0.0292916891447548	0.0311844632527088	450	0.00978031919991770	0.00920235671414682	0.00956216245982488	0.00989397822290739	0.00861595262212537
475	0.0405769262960663	0.0290115417132048	0.0301754503121123	0.0270616543796442	0.027117593674453	475	0.00975008898970656	0.00954929818073172	0.00977302985324441	0.00978056131326639	0.00908152262515018
500	0.0395979082006826	0.0351402315718023	0.0298030988614629	0.0292852980246136	0.027388372081685	500	0.00974290579388020	0.00973704476123662	0.00906119473924461	0.00937279397648967	0.0101046386805604

Tabla 63 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 14 con MLP

CAIDA DE TENSION - FASE 3

Combinación 1

ENTRENAMIENTO						TEST					
NN						NN					
ÉPOCAS	2	4	6	8	10	ÉPOCAS	2	4	6	8	10
0	0.167021108245138	0.0415995722727844	0.0910603757202215	0.206582472429607	0.0873029682437107	0	0.167555425740313	0.0363391546483767	0.0884986578806347	0.207826954624439	0.0858945853581553
25	0.0197233993594250	0.0162830633204548	0.0111770102016994	0.0113213617945817	0.0124081663660560	25	0.00727192184092675	0.00860154405378631	0.00818149390115598	0.00760853248948502	0.00804094649548861
50	0.019290196782688	0.0109471638194786	0.0135284633862281	0.0113532328615572	0.0105751435997864	50	0.00699235138336870	0.00727282913911691	0.00912410899440038	0.00676693115624041	0.00783965484296301
75	0.0190488450690870	0.00915508225009816	0.0129633306016468	0.009102338174254883	0.0101106364381800	75	0.00703138605022045	0.00737085856359854	0.00815709391239268	0.00713428621056411	0.00716800638939178
100	0.0183319461666349	0.00975072447779597	0.0109275380032902	0.00903973272892813	0.0108663925825688	100	0.00692803737348270	0.00721115848953717	0.00778424577685659	0.00725949721767111	0.0073262267732830
125	0.0104924991345691	0.00962838093293795	0.0104719847217972	0.00993641001006726	0.00933924890673902	125	0.00731396776682210	0.00724212303156845	0.00760301203025262	0.00712732361578245	0.00774118199773762
150	0.0185847558824323	0.00951585824539148	0.00923876977767017	0.0112190652723196	0.00951570265497895	150	0.00709485231510523	0.00779507804624134	0.00652773242568944	0.00750423766782951	0.00768884111547518
175	0.00935028598828277	0.00926296088074936	0.00935147931108192	0.00944955426471878	0.00895122448864711	175	0.00752798526090602	0.00737259754059167	0.00736374999390674	0.00673145381509726	0.00729186050756451
200	0.00926512505482886	0.0187526470918970	0.0115513811271744	0.0110503441053621	0.0106734904515785	200	0.00707250241582211	0.00752644412865315	0.00714082732120359	0.00764729258002756	0.00727362742009810
225	0.0190965761748095	0.00991772885091415	0.00883645145469101	0.00898070893295481	0.00924619163769664	225	0.00702748981800897	0.0078572281454982	0.00709384594839060	0.00730012563519677	0.00712202098032322
250	0.0187758459214827	0.00946101638215079	0.0107103240545848	0.00977291425514889	0.0120581962322452	250	0.00710800782587901	0.00777309119872064	0.00811545044854553	0.00677504334164733	0.00710448215318156
275	0.0189969169778511	0.0123417974619328	0.00950002295664542	0.00879522606999732	0.00937461699593145	275	0.00690909365394346	0.00797399591341126	0.0073438311007602	0.00714086316139217	0.00673620402748289
300	0.0194006604219305	0.0139842194464446	0.00842780800110452	0.00886328872401504	0.00853088027344587	300	0.00737028129061632	0.00808304933837776	0.00713382702212710	0.00641527882867566	0.0068931507103803
325	0.019975371939293	0.0248798848386680	0.0088881529128278	0.00919257565039128	0.00829033785854674	325	0.0073829595911802	0.00783077852478172	0.00713791378222746	0.007541834850457335	0.00644570031628927
350	0.0198428940790414	0.0102418178924849	0.0137234235297349	0.00865317736731742	0.0115879276958591	350	0.00731940413716626	0.00811067563459327	0.00829306359873392	0.00668433808931393	0.00761575238951296
375	0.020949924827335	0.0104279132520774	0.00878476885785469	0.00828316825540508	0.00918617578675884	375	0.00703467029274735	0.00763423132372106	0.00666557632523256	0.00630911550141259	0.0075066483264422
400	0.00950443785622392	0.0084187738887506	0.00984337852487133798	0.00924454572598795	0.0109080752331669	400	0.00720342095222984	0.00715789266853985	0.007339931643873200	0.00685370491778359	0.00725534526951054
425	0.0139572137648182	0.0185559274413445	0.0103628360232037	0.00924509290828686	0.0089584233233911	425	0.00798494546229512	0.00696150182089848	0.00825511367401207	0.0071852346383817	0.00703419657179436
450	0.00891983150009144	0.00843830492596078	0.00834834975005546	0.0085152156293915	0.00949005476556392	450	0.0071664607306189	0.00690823410066776	0.00687167483736311	0.00722189121643786	0.00764009219791440
475	0.019292590375834	0.00888382113910275	0.00831268636957249	0.00959955443017088	0.00798205101303261	475	0.00764235322462902	0.00727933703766169	0.00669657990921919	0.00748208037818593	0.00650938023619437
500	0.0188441113566555	0.0221503613748164	0.0114358508952059	0.0100180331512233	0.00924298305921546	500	0.00739448107265367	0.00995244780453358	0.00820354116254560	0.00763112579841064	0.00686538200101231

Combinación 2

ENTRENAMIENTO						TEST					
NN						NN					
ÉPOCAS	2	4	6	8	10	ÉPOCAS	2	4	6	8	10
0	0.118422740466155	0.0824817251334314	0.119171922470885	0.0502912228308745	0.112073982235806	0	0.118606459262860	0.0832026968014696	0.119438667330879	0.0544294803567889	0.112381103728772
25	0.0155595771173157	0.0130459983835219	0.0106141369233431	0.0103319979649823	0.011917726524538	25	0.0212880836876553	0.0177417392356231	0.0133293524537550	0.0124522618758825	0.0148118815418251
50	0.0144800899309258	0.01011723835514100	0.00935055335850589	0.0102374041394025	0.0104531496170177	50	0.0197844899409909	0.0114463188600328	0.0103343090234033	0.0127904933170542	0.0129785142669915
75	0.0175946300853151	0.0172071550626285	0.00972446914580382	0.00921599380209333	0.0097030710291214	75	0.0244920046453843	0.024289424283252	0.0112779822500031	0.00972212385570119	0.0125275301834877
100	0.00955446406250669	0.0111531659970482	0.00994203467200291	0.00830413074193124	0.00949837377580030	100	0.0115188478397248	0.0140734607129656	0.0117515951532564	0.00999017266376678	0.0113314612596084
125	0.0112140199548596	0.0129860599223436	0.00843115532607676	0.00937834988687714	0.00848789203696925	125	0.0144318555921255	0.0168296287414732	0.00937810707888645	0.0103984675109295	0.0102844781513535
150	0.0147093156782658	0.00895281344856798	0.00928064742511235	0.00800685494246571	0.00790140708820582	150	0.0200677345073492	0.0105181206386699	0.00993668299613845	0.00916990329317994	0.00924403562587166
175	0.0142136342278668	0.01473490131155119	0.00957916100567006	0.0140771450774666	0.00769245059627365	175	0.0195924728417999	0.0197760695209031	0.0113874235438448	0.018780291746908	0.00958293779250942
200	0.0155858144049818	0.00812168796142064	0.00938108448593206	0.00905456150765883	0.0084936297504568	200	0.0218360800276940	0.00970978515459320	0.0116039797915790	0.0109810635149698	0.0103541842416287
225	0.00973401893636513	0.00855432045070325	0.00781442013030215	0.00812720439178125	0.0086689890418356	225	0.0117273448975861	0.00999069043669262	0.00956919293538236	0.0089304092939758	0.0102285800753514
250	0.013989821802999	0.00980483929578718	0.00914916360064569	0.00694737282986489	0.0087213830708790	250	0.0193737037855933	0.0123275078479475	0.0114253214873268	0.00865910092971057	0.00954106564985180
275	0.0083000287575796	0.00876854935396236	0.00823963414246643	0.00935362007932689	0.00957971382962359	275	0.00957880821413098	0.00996510899801610	0.00967387161549932	0.0111357783823744	0.0114034229727969
300	0.0145600947648179	0.00874878710546224	0.00963995714267082	0.00960965610434804	0.0103000515013348	300	0.0198245258048641	0.0106087898075144	0.0114816006962857	0.0118951267026929	0.0124018617933167
325	0.0141897082601719	0.00852237612416274	0.00933627237345035	0.00883115940534806	0.00831047313672624	325	0.0197628805102272	0.0105467486684122	0.0110641684025123	0.0105993772224333	0.0098455029883184
350	0.0172254743887488	0.00844945767641507	0.00917425810926937	0.00999834773738529	0.00916531086657601	350	0.0242898898231358	0.00942738187004524	0.0112056019843742	0.0109038732100817	0.0105219728942123
375	0.0154499493362543	0.00848104953556664	0.0100049802673550	0.00725027844926669	0.00868561541870953	375	0.0211609271462599	0.00975190337797905	0.0120623737421850	0.00897332500997024	0.0100347790374657
400	0.0139049592295385	0.00897202386858025	0.0103729789331969	0.00799949593361194	0.00921083156162059	400	0.0191445259102766	0.0099695511997026	0.0127290861892187	0.00966558134576663	0.0111832139743126
425	0.0144280321704314	0.00946165000292489	0.00763586798967089	0.00756805252311004	0.00943795447674613	425	0.0196971718160495	0.0117200232939473	0.00846049475788389	0.0092122255471964	0.0111767048120060
450	0.0148938996122780	0.0180998770092509	0.00794715679749745	0.0107746234326899	0.0110781359360638	450	0.0202903059637207	0.0246038143088666	0.00947131041180820	0.0132815953096017	0.0129779995175518
475	0.0138118146033711	0.00725944206764324	0.0102816290043547	0.00644681213917051	0.00863236426871828	475	0.0189661717139404	0.00945969713999733	0.0126449299424783	0.00935960012350371	0.0097747455990188
500	0.0178920960917320	0.00794794272221168	0.0100844868189329	0.010722643604591	0.00818911105496909	500	0.0252537353911626	0.0100465436047597	0.0117269149488566	0.0123901366337999	0.00936689014842482

RESULTADOS CROSS-VALIDATION											
ENTRENAMIENTO						TEST					
ÉPOCAS	NN					ÉPOCAS	NN				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
0	0.142721924355646	0.0620406487031079	0.105116149095553	0.128436847630241	0.0996884752397584	0	0.143080942501587	0.0597709257249231	0.103968662605757	0.131128217490614	0.0991378445434634
25	0.0176414882383704	0.0146645308519883	0.010895735625212	0.0108266798797820	0.0121629659092549	25	0.0142800027642910	0.0131716416447047	0.0107554231774555	0.0100303971826838	0.0114264140186569
50	0.0168851423045973	0.0105597736854443	0.0114395083723670	0.0107953185004799	0.0105141466084021	50	0.0133884206621798	0.00935957399957486	0.00972920900890181	0.00977871223664728	0.0104090845549772
75	0.0183217375772011	0.0131811186563633	0.0113438998737253	0.00915916598817410	0.00990683677054606	75	0.0157616953478024	0.0158301413959605	0.00971753808119789	0.00842820503313265	0.00984776828643972
100	0.0139432051145708	0.0104519452374221	0.0104347863376466	0.00867193173542969	0.0101823831521846	100	0.00922344260660376	0.0106423096012514	0.00976792046505647	0.00862483494071895	0.00932884196846835
125	0.0108532595447143	0.0113072204276408	0.00945157002393697	0.00965737999847220	0.00891357047185414	125	0.0108729116794738	0.0120358758865208	0.00849055955456953	0.00876289556355595	0.00901283007454554
150	0.0166470356303491	0.00923433584697973	0.00925970860139126	0.00961296010739264	0.00870855487159239	150	0.0135812934112272	0.00915659934245563	0.00823220771091394	0.00833707048050472	0.00846643837067342
175	0.0117819601080748	0.0119989310961506	0.00946532015837596	0.0117633496710927	0.00832183754246038	175	0.0135602065545430	0.0135743335307474	0.00937558676887576	0.0127558414948940	0.00843739915003697
200	0.0124254697299053	0.0134371675266588	0.0104662328065532	0.0100524528065105	0.00958356010106207	200	0.0144542912217581	0.00861811464162317	0.00937240355639132	0.00931417804749868	0.00881390583086017
225	0.0144152975555873	0.00923602645397334	0.00832543579249658	0.00855395666236803	0.00895759047094010	225	0.00937741735779755	0.00892395662562122	0.00833151944188648	0.00811526746429717	0.00867530052783731
250	0.0163828640508913	0.00963292783896899	0.00992974382761523	0.00836014354250689	0.0104151672665166	250	0.0132408558057361	0.0100502995233341	0.00977038596793618	0.00771707213567895	0.00832277390151668
275	0.0136484728668135	0.0105551734079476	0.00886982854955593	0.00907442307466210	0.0094771654127752	275	0.00824395093403722	0.00896955245571368	0.00850862736278767	0.00913832077188328	0.00906981350013989
300	0.0169803775934012	0.0113665032759534	0.0090338827188767	0.00923647241418169	0.00941546588739034	300	0.0135974035477402	0.00970856957067609	0.0093071385920638	0.00915520276568427	0.00964750625182734
325	0.0170825327270506	0.0167011304814153	0.00911254383236657	0.00901186752786967	0.00830040549763649	325	0.0135760882346726	0.00918876359659696	0.00910104109236990	0.00907036286340830	0.00814562530756056
350	0.0185341842338951	0.00934563778445000	0.0114488408195021	0.00932576255235135	0.0103766192812176	350	0.0158046469801510	0.00876902875231925	0.00974933279155407	0.00879410564969780	0.00906886264186261
375	0.0181999371594939	0.00945448139382201	0.00939487456260486	0.00776672335233588	0.00893589560273419	375	0.0140977987195036	0.00869306735084555	0.00936397503370876	0.00764122025569142	0.00877071369005495
400	0.0117046985428812	0.008694498882872765	0.0101031169022674	0.00862202082979995	0.0100594533973946	400	0.0131739750289782	0.00855942389425943	0.0100342013139754	0.00825964313177511	0.00921927962191156
425	0.0141926229676248	0.0140087887221347	0.00899935200643731	0.00840657257669445	0.0091981889004262	425	0.0138410586391723	0.00934676255471838	0.00835780421594798	0.00819872750902865	0.00910545069190017
450	0.0119068655561847	0.0132690909676058	0.00814775327377646	0.00964491953099152	0.0102840952293154	450	0.0137283833683913	0.0157560242047672	0.008171492624585966	0.0102517432630198	0.0103090458577331
475	0.0165523827704772	0.00807163160337300	0.00929715768696361	0.00802318328467069	0.00830720764087545	475	0.0133042624692847	0.00836951708882951	0.00967075492584875	0.00842084025084482	0.00814207739804812
500	0.0183681037241938	0.0150491520485140	0.0107601688570694	0.010370338258412	0.00871604705709228	500	0.0163241082319081	0.0099949572264662	0.00996522805570112	0.0100106312161053	0.008116613607471856

Tabla 64 Modelos Generados Modo Funcionamiento MOD 15 con MLP