

**PREDICCIÓN DE T95 Y FLASH POINT PARA EL DIESEL BASADA EN
ESPECTROS IR Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

**ASTRID CAROLINA ÁVILA GELVEZ
MILE YURLEY HERNÁNDEZ CADENA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2018

**PREDICCIÓN DE T95 Y FLASH POINT PARA EL DIESEL BASADA EN
ESPECTROS IR Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

**ASTRID CAROLINA ÁVILA GELVEZ
MILE YURLEY HERNÁNDEZ CADENA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
INGENIERÍA QUÍMICA**

**DIRECTOR
GIOVANNI MORALES MEDINA
Ingeniero Químico, Dr.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS.....	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2. CUERPO DEL TRABAJO	20
2.1 MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1.1 Metodología	21
2.1.1.1 Obtención de espectros IR y propiedades diésel.....	21
2.1.1.2 Análisis de los espectros IR	22
2.1.1.3 Pretratamiento de los espectros	22
2.1.1.4 Entrenamiento, validación y prueba de arquitecturas de red neuronal	23
2.1.1.5 Prueba de resiliencia.....	26
2.1.1.6 Análisis de sensibilidad	26
2.1.2 Resultados	26
2.1.2.1 Obtención de espectros IR y propiedades Diésel	26
2.1.2.2. Análisis de los espectros IR.....	27
2.1.2.3 Pretratamientos.....	29
2.1.2.4 Entrenamiento, validación y prueba de las arquitecturas de red.....	33
2.1.1.5 Prueba de resiliencia.....	44
2.1.2.6 Prueba de sensibilidad.....	46
3. CONCLUSIONES	52
4. RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pretratamientos aplicados a los datos espectrales	22
Tabla 2: Funciones de transferencia usadas en las redes neuronales	24
Tabla 3. Parámetros estadísticos del grupo de muestras	27
Tabla 4. Mejores desempeños obtenidos en los entrenamientos de red neuronal	40
Tabla 5. Localización de los picos utilizados para las redes LOGSIG 24:20:1 T95 Y TANSIG 20:25:1 FP.	41
Tabla 6. Estadísticos obtenidos comparados con otros trabajos	42
Tabla 7. Prueba de resiliencia para T95. Red entrenada con función de transferencia LOGSIG	45
Tabla 8. Prueba de resiliencia para FP. Red entrenada con función de transferencia TANSIG	46

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Funcionamiento básico de redes neuronales	16
Figura 3. Espectro IR muestras de diésel 4400-6200 cm^{-1} . a) Espectros reportados en la literatura b) Espectros reportados por la GRB	28
Figura 2. Espectro IR cercano de 61 muestras Diésel en el rango de 4000 – 11998 cm^{-1}	28
Figura 4. Pretratamiento línea base	30
Figura 5. Derivada de primer orden, usando el algoritmo de Savitzky-Golay con un polinomio de orden 2 en 7 puntos	31
Figura 6. Derivada de segundo orden, usando el algoritmo de Savitzky-Golay con un polinomio de	31
Figura 7. Comparación de pretratamientos en la muestra 1	32
Figura 8. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 1, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación TANSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP	35
Figura 9. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 1, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación LOGSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP	36
Figura 10. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 2, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación TANSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP	37
Figura 11. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 2, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación LOGSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP	38
Figura 12. Dispersión de R2 contra MSE para el primer pretratamiento TANSIG para la propiedad FP	39

Figura 13. Dispersión de R2 contra MSE para el segundo pretratamiento LOGSIG para la T95.....	40
Figura 14. Comparación de datos experimentales con obtenidos en el entrenamiento de red neuronal FP	43
Figura 15. Comparación de datos experimentales con obtenidos en el entrenamiento de red neuronal FP	43
Figura 16. Selección de datos T95 para prueba de resiliencia	45
Figura 17. Selección de datos Flash point para prueba de resiliencia	45
Figura 18. Desempeño para el análisis de sensibilidad obtenido con la red neural TANSIG 20:25:1 FP	47
Figura 19. Ilustración de los picos más influyentes en la red neuronal TANSIG 20:25:1 FP, según análisis de sensibilidad	47
Figura 20. Desempeño para el análisis de sensibilidad obtenidos con la red neuronal LOGSIG 24:20:1 para T95	48
Figura 21. Ilustración de los picos más influyentes en la red neuronal LOGSIG 24:20:1 T95, según análisis de sensibilidad	49
Figura 22. Desempeño para las redes entrenadas con 11 picos influyentes en la arquitectura LOGSIG 24:20:1 para T95	50
Figura 23. Desempeños obtenidos para las redes entrenadas con 11 picos influyentes en la arquitectura LOGSIG 24:20:1 para T95	51

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Muestras con sus respectivas propiedades proporcionadas por la GRB62	
Anexo B. Datos de todo el rango espectral a analizar para llegar a las óptimas condiciones	64
Anexo C. Resultados del entrenamiento de arquitecturas de red.....	68
Anexo D. Estadísticos analizados en la selección de arquitectura de red	72
Anexo E. a) nombre de red, número de neuronas en la capa interna y funciones de activación. b) entrenamiento con 10 épocas y error de 10. c) estructura de red neuronal. d) progreso del entrenamiento de red. e) regresión de la red. f) error mínimo al cuadrado	80
Anexo F. Representación en 3 dimensiones de las variables que intervienen en el entrenamiento	81
Anexo H. Datos usados en la prueba de resiliencia.....	88

RESUMEN

TÍTULO: PREDICCIÓN DE T95 Y FLASH POINT PARA EL DIESEL BASADA EN ESPECTROS IR Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES*

AUTORES ASTRID CAROLINA ÁVILA GELVEZ
MILE YURLEY HERNÁNDEZ CADENA**

PALABRAS CLAVE: Redes neuronales artificiales, GRB, resiliencia, y diésel.

DESCRIPCIÓN:

Para el desarrollo de este proyecto, se emplearon un grupo de 61 muestras de diésel con sus respectivas propiedades. La información fue proporcionada por sección materias primas y productos terminados de la GRB. Lo anterior dio lugar a realizar 2 pretratamientos a la matriz original, con el fin de corregir línea base y posibles fluctuaciones que impiden la identificación de las contribuciones a las propiedades analizadas. Para cada uno de estos pretratamientos se realizó un entrenamiento en con la herramienta toolbox de MATLAB. Los resultados obtenidos, establecieron que el mejor desempeño fue para el pretratamiento 1 con la función de activación TANSIG y arquitectura de red 20:25:1 FP, reportando un MSE de 0.9644 y un R^2 de 0.9775; y para el pretratamiento 2 con la función de activación LOGSIG y arquitectura de red 24:20:1 T95, reportando un MSE de 0.2784 y un R^2 de 0.9803. Por otra parte la prueba de resiliencia muestra que las redes neurales son resilientes a cambios presentados cuando se eliminan datos menos representativos. En último lugar, la prueba de sensibilidad nos indica que los picos que más contribuyen en el proceso, presentan menores áreas bajo la curva de los espectros pretratados más contribuyen en el proceso, presentan menores áreas bajo la curva de los espectros pretratados..

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías físico-químicas. Escuela de ingeniería química. Director: Giovanni Morales, ingeniero químico

SUMMARY

TITLE: PREDICTION OF T95 AND FLASH POINT FOR DIESEL BASED ON IR SPECTERS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS*

AUTHORS ASTRID CAROLINA ÁVILA GELVEZ
 MILE YURLEY HERNÁNDEZ CHAIN ***

KEYWORDS: Artificial neural networks, GRB, resilience, pretreatment, diesel.

DESCRIPTION:

For the development of this project, a group of 61 diesel samples with their respective properties were used. The information was provided by the raw materials and finished products section of the GRB. This resulted in 2 pretreatments to the original matrix, in order to correct the baseline and possible fluctuations that prevent the identification of contributions to the properties analyzed. For each of these pretreatments, a training was carried out with the MATLAB toolbox tool. The obtained results, established that the best performance was for the pretreatment 1 with the activation function TANSIG and network architecture 20: 25: 1 FP, reporting an MSE of 0.9644 and a R² of 0.9775; and for pretreatment 2 with the LOGSIG activation function and network architecture 24: 20: 1 T95, reporting an MSE of 0.2784 and an R² of 0.9803. On the other hand, the resilience test shows that neural networks are resilient to changes presented when less representative data are eliminated. Finally, the sensitivity test indicates that the peaks that contribute most in the process, have smaller areas under the curve of the pretreated spectra. On the other hand, the resilience test shows that neural networks are resilient to changes presented when less representative data are eliminated. Finally, the sensitivity test indicates that the peaks that contribute most in the process, have smaller areas under the curve of the pretreated spectra.

*Bachelor Thesis

**Facultad de ingenierías físico-químicas. Escuela de ingeniería química. Director: Giovanni Morales, ingeniero químico

INTRODUCCIÓN

La demanda actual de combustibles exige el desarrollo de procedimientos eficientes para la producción comercial de diésel y gasolina derivados del petróleo. La refinería de Barrancabermeja procesa ca. 220,000 bpd, con lo cual produce 70,000 barriles de diésel, 65,000 de gasolina y 23,000 de jet¹. En lo referente al diésel, el ministerio de minas y energía define los requerimientos del producto comercial con la resolución 9-0963 de 2014; entre los parámetros de calidad que se indican en la resolución se tienen, la temperatura máxima al 95% de evaporado (T95) y el punto de inflamación mínimo (FP), definidos en los valores de 373.7°C y 65.6°C, respectivamente².

El punto de ebullición al 95% de destilado (T95) representa la temperatura a la que destila el 95 por ciento de un combustible diésel particular en una prueba estandarizada (ASTM D86); la T95 se utiliza para caracterizar la volatilidad del combustible. Un aumento en la propiedad T95 conduce a mayores emisiones en los automotores, aunque los niveles de azufre proporcionan más impacto en cuanto a las emisiones y rendimientos de los sistemas de postratamiento. Un pequeño aumento en la temperatura puede no afectar considerablemente las emisiones, siempre que el contenido general de azufre del combustible sea de 10 ppm o

¹ SUAREZ, Alfonso. La refinería de Barrancabermeja va en la ruta hacia el Euro VI. [En línea]. Revista Portafolio. 2017. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/la-refineria-de-barrancabermeja-va-en-la-ruta-hacia-el-euro-vi-506028>

² MINISTERIO DE JUSTICIA. Resolución 9-0963 (11 de septiembre de 2014) [En línea]. Por la cual se modifica el artículo 4o de la Resolución número 898 de 1995, modificado por la Resolución número 182087 de 2007, en relación con los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Diario Oficial No. 49.271 de 11 de septiembre de 2014 p.8. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_90963_2014.pdf

inferior, y el número de cetano se mantenga en 51³. El punto de inflamación (FP) de cualquier líquido es la temperatura más baja a la cual producirá suficiente vapor para establecer una mezcla inflamable en el aire. Cuanto menor sea la temperatura del punto de inflamación, más fácil será encender los vapores si hay una fuente de ignición presente. Cuanto mayor sea el punto de inflamación, más seguro será la manipulación del combustible. Los profesionales que trabajan en la industria del petróleo y el gas, deben tener en cuenta el punto de inflamación del diésel por razones de seguridad⁴. Las especificaciones por ley de la T95 y FP contribuyen a garantizar la calidad de los combustibles comerciales y su compatibilidad con las tecnologías de control de emisiones en automotores.

La medición experimental de las propiedades T95 y FP se encuentran estandarizadas en las normas ASTM D86 y ASTM D93, respectivamente. La ASTM D86 abarca la destilación atmosférica de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos, utilizando una unidad de destilación discontinua de laboratorio, para determinar cuantitativamente las características del intervalo de ebullición de productos, tales como destilados ligeros y medios, combustibles para motores y gasolinas de aviación, entre otros⁵. Por su parte, La ASTM D93, un método de prueba dinámico que depende de las velocidades de calentamiento. Estas pruebas, aunque poseen bajos valores de repetibilidad y reproducibilidad (2.67°C - 4.27°C y 2.18°C – 5.34°C para T95 y FP, respectivamente), requieren un

³ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Materia de calidad de combustibles, los niveles y las características de las emisiones en los motores diésel dependen de los parámetros de calidad del diésel: Proyecto de resolución. [En línea]. Bogotá D.C, 2017. p.1-3. (Recuperado el 20 noviembre 2017). Disponible en:

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/674559/memoria+t95+160620171.pdf/38d2eb3b-2de2-4a37-8e17-5949821f3c45>

⁴ EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS. Acuerdo para la definición de parámetros de calidad para el despacho de productos refinados desde y hacia la Refinería de Barrancabermeja (GRB) en los poliductos y oleoductos de la Vicepresidencia de Transporte y Logística. Barrancabermeja.ECOPETROL, 2014

⁵ INTERNATIONAL ASTM. Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure [En línea]. Universidad Industrial de Santander. 2016

costo apreciable y tiempo debido a su protocolo⁶ (6). Alternativamente, estas propiedades pueden ser inferidas a partir de espectros infrarrojos y modelos quimiométricos. La espectroscopia infrarroja estudia los fenómenos de interacción entre la radiación de origen infrarrojo y la materia. Para que haya absorción infrarroja, es necesario que una molécula experimente un cambio neto en su momento dipolar como consecuencia de un movimiento de vibración. El campo eléctrico de la radiación puede interactuar con la molécula. Si la frecuencia de la radiación coincide con la frecuencia natural de vibración de la molécula, tiene lugar una transferencia neta de energía que aumenta la amplitud del movimiento, dando lugar a la absorción de la radiación. La intensidad de la vibración determinados en los siguientes rangos: cercano ($14000-4000\text{ cm}^{-1}$), medio ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) y lejano ($400-100\text{ cm}^{-1}$)⁷.

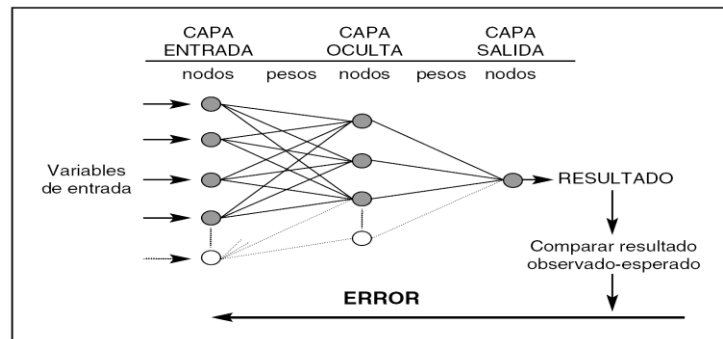
Los modelos quimiométricos corresponden a los desarrollados utilizando estadística multivariada o redes neuronales artificiales (RNA) aplicados en el tratamiento de grandes cantidades de datos con la herramienta *nntool* de MATLAB. Las redes neuronales artificiales están constituidas por neuronas interconectadas y arregladas en tres capas. Los datos ingresan por medio de la “capa de entrada”, en donde se reciben los valores de las variables predictoras. Esta información es conducida a la capa oculta, para su transformación por medio de una función de activación; el valor resultante es denominado valor o actividad neuronal, la cual usualmente se encuentra en el intervalo entre -1 y 1; una red puede contener más de una capa oculta y cada capa oculta puede contener más de una neurona. La información proveniente de la capa oculta es enviada a la capa de salida para el reporte de la

⁶ INTERNATIONAL ASTM. Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester. [Base de datos en línea]. American National Standard. 2003. (recuperado en 25 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.shxf17.com/pdf/ASTMD93-02a.pdf>

⁷ KAUPPINEN, Ari; TOIVAINEN, Maunu; AALTONEN, Jaakko; KORHONEN, Ossi; JARVINEN, Kristiin; JUUTI, Mikko; PELLINEN, Riikka y KETOLAINEN, Jarkko. Microscale Freeze-Drying with Raman Spectroscopy as a Tool for Process Development. Kuapio, Finland: Anal. Chem., 2013, 85 (4), pp 2109–2116. (Recuperado el 21 de noviembre de 2017)

variable a aproximar⁸. Los pesos son coeficientes que pueden adaptarse dentro de la red que determinan la intensidad de la señal de entrada a la capa oculta y a la capa de salida registrada por la neurona artificial. En la optimización y aproximación de los pesos de cualquier función no lineal a un determinado grado de precisión, se usa la red neuronal *Feedforward backpropagation*; con método de evaluación por medio de las funciones: mínimo error al cuadrado (MSE) y el coeficiente de regresión múltiple (R^2) como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1. Funcionamiento básico de redes neuronales



Fuente: TRUJILLANO. J y colaboradores. Redes neuronales artificiales en Medicina Intensiva. Ejemplo de aplicación con las variables del MPM II. Lleida, España, Med Intensiva: 2005;29:13-20 - Vol. 29 Núm.1

En la literatura se reportan trabajos que desarrollan modelos de predicción de propiedades basados en espectros IR, en áreas como: combustibles⁹, ciencias

⁸ QUINTANA BLANCO, Asnaldo. Implementación de un sistema de redes neuronales en matlab para la predicción del equilibrio líquido – vapor de mezclas binarias selectas. Universidad de San Buenaventura. Seccional Cartagena. 2015

⁹ ROMAN M. Balabin, EKATERINA I. Lomakina, RAVILYA Z. Safieva. Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: Analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy. Disponible en ELSEVIER. Diciembre, 2010. P. 2007-2015

biológicas¹⁰, ciencias de la computación¹¹ e industria química¹². Uno de los trabajos encontrados referentes al diésel corresponde al de Echeverría¹³, quien utilizó una base de 129 espectros IR de muestras de diésel de la refinería de Barrancabermeja y un modelo de regresión PLS. Este autor reporta un desempeño para el modelo PLS de la T95 de $R^2= 0.928$ y $MSE= 4.0$, mientras que para el modelo del FP reporta un desempeño de $R^2= 0.987$ y $MSE= 2.16$. Este autor reporta el cumplimiento de las exigencias de repetibilidad según las normas, con los modelos PLS. También se han desarrollado proyectos con modelos de predicción FP basados en redes neuronales artificiales para biodiesel¹⁴ y mezclas de diésel-biodiesel¹⁵, con un desempeño de $R^2= 0.981$ y $MSE= 0.16$ respectivamente. Otros análisis combinan muestras IR y redes neuronales en la predicción de propiedades diésel como el elaborado por Pasadakis y colaboradores¹⁶, donde recopilaron 61 muestras de diésel sin aditivos, en la refinería de MOH (Grecia) reportando valores para diferentes puntos de destilación; MSE para T95 de 1.1 usando el software Matlab (The Mathworks, Inc.). Por otra parte, se han encontrado análisis para curvas de

¹⁰ FÍGOLI, Beatriz. Desarrollo de una metodología no invasiva basada en espectroscopia Infrarroja, para la detección del potencial reproductivo de embriones previo a su transferencia en tratamientos de fertilización asistida 2017. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de ciencias exactas.2017

¹¹ LIMA, Enrique. Detección de ataques epilépticos con anticipación mediante clasificación de señales FNIRS usando redes convolucionales. Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Computación. 2017

¹² MESA, Liliana & FALCÓN, José. Evaluación del grado de contaminación por petróleo en aguas de la bahía de Santiago de Cuba. En: revista boliviana de química. 2017, vol. 34, núm. 2, pp. 56-64.

¹³ ECHEVERRÍA, Oscar. Análisis y correlación del contenido de biocombustibles, punto de chispa y t95 para el diésel utilizando espectroscopia infrarroja y métodos quimio métricos. Pregrado Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Facultad d Ingeniería Química. 2016

¹⁴ SOLOMON, Giwa; SUNDAY, Adekomaya; KAYODE, Adama & MORUF, Mukaila. Prediction of selected biodiesel fuel properties using artificial neural network. En: Frontiers in energy. December, 2015, vol 9, pp 433–445

¹⁵ JATINDER, Kumar & AJAY, Bansal. Application of artificial neural network to predict properties of diésel –biodiesel blends. En: Kathmandu. University Journal of Science, engineering and technology. Noviembre, 2010, vol. 6, no 2, pp 98-103

¹⁶ PASADAKIS N.; SOURLIGAS S. y FOTEINOPOULOS Ch.. Prediction of the distillation profile and cold properties of diesel fuels using mid-IR spectroscopy and neural networks. Mineral Resources Engineering Department, Technical University of Crete, Kounoupidiana, 73100 Chania, Greece

destilación como el elaborado por Aleme y Barbeira¹⁷, en la obtención de las propiedades FP y número de cetano, usando 300 muestras de diésel proveniente de Minas Gerais en Brasil, presentando $R^2= 0.998$ y $MSEC= 0.58$ para FP usando calibración multivariable.

Según los estadísticos mostrados por Pasadakis y colaboradores, las redes neuronales artificiales entrenadas en el ajuste de la propiedad T95 ($MSE = 1.1$) muestran una mejora considerable frente al método PLS ($MSE= 4.0$) aplicado por Echeverría. Esta mejora en comparación con PLS soporta la aplicación de las RNA para el ajuste de las propiedades del diésel a partir de los espectros IR. Por lo anterior en el presente trabajo se desarrolla un protocolo para el entrenamiento de redes neuronales dirigidas a la predicción de las propiedades de T95 y FP utilizando espectros IR de muestra de diésel de la GRB (Gerencia Refinería de Barrancabermeja). En el análisis se muestran los principales resultados obtenidos de la aplicación de las RNA para la predicción de las propiedades T95 y FP a partir de espectros IR de muestras de diésel de la refinería de Barrancabermeja (GRB).

¹⁷ ALEME, Helga & BARBEIRA, Paulo. Determination of flash point and cetane index in diesel using distillation curves and multivariate calibration. Universidad Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciencias Exactas. Departamento de Química

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer y validar arquitecturas de red neuronal para la predicción de las propiedades temperatura al 95% de evaporado (T95) y punto de inflamación (FP) a partir de espectros IR de muestras de diésel de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar las arquitecturas de redes neuronales y los algoritmos de reducción de variables más utilizados para la predicción basada en espectros IR.
- Validar la arquitectura de red más adecuada para la predicción de las propiedades T95 y FP a partir de espectros IR de muestras de diésel de la GRB.
- Realizar un análisis de sensibilidad de las variables de entrada con más influencia en las arquitecturas de red con mejor desempeño en la predicción de las propiedades T95 y FP.

2. CUERPO DEL TRABAJO

2.1 MARCO REFERENCIAL

La producción de diésel en el año 2015 se sitúa en tanto con lo que corresponde a un beneficio de producción. Debido a que la refinería de Barrancabermeja produce entre 50.000 y 55.000 barriles diarios de diésel, con los que cubre el 48% del mercado nacional. Para el negocio de refinación esta producción adicional le genera ingresos mayores por el orden de 43 millones de dólares a Ecopetrol y significa una importante disminución de las importaciones de combustibles para el abastecimiento del país. Los costos y los tiempos de diésel están sujetos al cumplimiento de especificaciones de calidad, la cual se encuentra regulada por la normatividad colombiana según Resolución No. 90963 de 2014. Dentro de los parámetros de calidad para el diésel comercial definidos en la anterior resolución se encuentran el punto de inflamación (chispa), el contenido de biocombustible y la temperatura al 95% de evaporado (T-95)¹⁸.

Como alternativa se tienen los algoritmos de predicción basados en redes neuronales artificiales combustibles como el diésel, por esta razón el presente estudio se basará en un modelo de red neuronal artificial que identifiquen y faciliten la solución de problemas que por otros métodos resulta difícil o presentan

¹⁸ MINISTERIO DE JUSTICIA. Resolución 9-0963 (11 de septiembre de 2014) [En línea]. Por la cual se modifica el artículo 4o de la Resolución número 898 de 1995, modificado por la Resolución número 182087 de 2007, en relación con los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Diario Oficial No. 49.271 de 11 de septiembre de 2014 p.8. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_90963_2014.pdf

aproximaciones que con frecuencia no reflejan el comportamiento real del sistema no lineal.

Actualmente se cuenta con diferentes técnicas de identificación de métodos para la solución de problemas complejos. Sin embargo, algunos de ellos tienen una aplicabilidad limitada debido a la cantidad de no linealidades y perturbaciones presentes en los procesos.

Muchos de los métodos clásicos no conducen a resultados aceptables, por lo tanto puede ser difícil encontrar modelos matemáticos representativos. Esto ha llevado a explorar otras técnicas con el fin de eliminar estos inconvenientes y en este sentido las redes neuronales artificiales se han constituido en una de las áreas de la inteligencia artificial que ha despertado mayor interés en los últimos años y en una herramienta general para abordar una amplia clase de problemas de identificación de sistemas dinámicos. En particular, este enfoque resulta muy ventajoso cuando se trata de identificar sistemas no lineales (como es el caso de todos los procesos industriales), campo en el cual la mayoría de los métodos clásicos no conducen a resultados aceptables¹⁹.

2.1.1 Metodología

2.1.1.1 Obtención de espectros IR y propiedades diésel. Un grupo de 61 muestras de diésel con sus respectivas propiedades, se utilizaron para la finalidad del presente trabajo (anexo 1 y 2). Esta información fue proporcionada de la sección Materias Primas y Productos Terminados de la GRB²⁰. Los espectros IR fueron

¹⁹ NARVAEZ, Fabio; SIERRA, Emiro; MONTENEGRO, Manuel. (2012) Modelo basado en redes neuronales para predecir las emisiones en un motor diésel que opera con mezclas de biodiésel de higuera. Revistas SENA. Servicio Nacional de Aprendizaje. Recuperado de: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/viewFile/28/33 pagina 47

²⁰ ECHEVERRÍA, Oscar. Análisis y correlación del contenido de biocombustibles, punto de chispa y t95 para el diésel utilizando espectroscopia infrarroja y métodos químico métricos. Tesis pregrado

medidos por el laboratorio de la GRB utilizando un equipo marca ABB modelo FPLA2000. La norma EN 14078 fue aplicada para la medición de los espectros IR, que especifica la selección de condiciones óptimas en la adquisición espectral y tratamientos, para el acondicionamiento de las muestras.

2.1.1.2 Análisis de los espectros IR. Las principales bandas de los espectros fueron graficadas y elegidas según el rango cuyos datos presentan contribuciones representativas en el IR cercano. Asimismo se realizó la comparación y confirmación de grupos funcionales de los compuestos constituyentes del diésel proporcionado por la GRB y la literatura en un rango espectral de 4400-6200 cm^{-1} . Por último la selección del rango espectral más significativo en la obtención de las propiedades T95 y FP basados en estudios previos.

2.1.1.3 Pretratamiento de los espectros. Diferentes pretratamientos fueron aplicados a los espectros con el fin de corregir línea base, errores de los datos y posibles fluctuaciones que impiden la identificación de las contribuciones a las propiedades analizadas. Dos correcciones referentes a la línea base fueron aplicadas por separado a la matriz de datos de absorbancia, con lo cual se obtuvieron dos procesos de pretratamientos diferentes mostrados en la tabla 1. Los pretratamientos fueron aplicados según los procedimientos codificados en el programa The Unscrambler X versión 10.3, licenciado para la UIS.

Tabla 1. Pretratamientos aplicados a los datos espectrales

Parámetro	Pretratamiento 1	Pretratamiento 2
T95	<ul style="list-style-type: none"> Línea base Derivada de 1^{er} orden, usando el algoritmo Savitzky-golay con un 	<ul style="list-style-type: none"> Ajuste línea base Derivada de 1^{er} orden, usando el algoritmo Savitzky-golay con un

Parámetro	Pretratamiento 1	Pretratamiento 2
Punto de inflamación	<p>polinomio de orden 2 en 7 puntos</p> <ul style="list-style-type: none"> Derivada de 2^{do} orden, usando el algoritmo Savitzky-golay con un polinomio de orden 2 en 7 puntos 	<p>polinomio de orden 2 en 7 puntos</p> <ul style="list-style-type: none"> Derivada de 2^{do} orden, usando el algoritmo Savitzky-golay con un polinomio de orden 2 en 7 puntos

El pretratamiento corrección línea base modela la línea base como función simple de longitud de onda y sustrae esta función a todos los datos espectrales. Por otra parte el pretratamiento de ajuste de línea base aproxima la parte inferior de cada espectro por medio de funciones cuadráticas para asegurar un valor promedio de cero en la base de la absorbancia; un mayor detalle sobre estos pretratamientos puede ser consultado en la bibliografía²¹. La utilización de la primera derivada elimina los términos constantes a todas las longitudes de onda, es decir, desplazamientos de línea base, mientras que la segunda derivada corrige además las desviaciones causadas por los términos que varían linealmente con la longitud de onda²².

2.1.1.4 Entrenamiento, validación y prueba de arquitecturas de red neuronal.

Las entradas (input) para las redes fueron definidas, considerando los mayores valores obtenidos de los pretratamiento aplicados a la matriz de absorbancias (anexo 3). El conjunto de muestras fue dividido aleatoriamente en un conjunto de datos de entrenamiento (70%), validación (15%) y prueba (15%), en cada

²¹ ROMERO GAMERO, Miguel. Desarrollo de nuevas metodologías analíticas en el control de calidad de la industria farmacéutica. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de química. [En línea]. 2002. P.56. (Recuperado en 10 enero de 2018). Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3127/marg3de9.pdf>

²² MORENO RODRÍGUEZ, Alfonso. Desarrollo de una interfaz gráfica de redes neuronales usando Matlab. Tesis pregrado Ingeniería Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería [En línea]. 2009. P. 14. (Recuperado en 10 enero de 2018). Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8488>

entrenamiento de una red neuronal²³. Entre los factores principales para la arquitectura de red se tiene el tipo de red usada, que se encarga de aproximar cualquier función no lineal a un determinado grado de precisión, como la red neuronal *Feedforward backpropagation* o perceptrón multicapa²⁴. Las estructuras de red fueron definidas utilizando un rango de neuronas entre 2-60 para la capa oculta; esto busca definir el número de neuronas óptimo para la reproducción de las propiedades. El entrenamiento fue realizado con repetición de 10 veces para cada arquitectura de red. Las funciones de activación utilizadas, fueron Hiperbólica tangencial sigmoidal (tansig) y Logística sigmoidal (logsig), para la capa oculta y la lineal (purelin) para la capa de salida

Tabla 2. Funciones de transferencia usadas en las redes neuronales

Función de transferencia	Función de activación	Derivada
Hiperbólica tangencial sigmoidal (tansig)	$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	$f'(x) = 1 - (f(x))^2$
Logística sigmoidal (logsig)	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$
Lineal (purelin)	$f(x) = x$	$f'(x) = 1$

La función de entrenamiento elegida fue *Levenberg-Marquardt backpropagation*, la cual es una optimización basada en el método de Newton, que elimina el cálculo de la matriz Hessiana. El desempeño de las redes fue determinado en el punto mínimo de la curva de aprendizaje, exhibido por el conjunto de validación durante los entrenamientos. Lo anterior evita que las RNA presenten sobreajustes o se

²³ KHAMIS, Azme., ISMAIL, Zuhaimy, HARON, Khalid., MOHAMMED, Ahmad. The Effects of Outlier Data on Neural Network Performance. 2015.. J. Applied Science, vol5, p. 1394-1398

²⁴ SI-MOUSSA, C. et al. Prediction of high- pressure vapor liquid equilibrium of six binary systems, carbón dioxide with six esters, using an artificial neural network model. [Base de datos en línea]. Marzo 2008. En: Brazilian journal of Chemical Engineering, vol. 25, no1., p. 183 y 195. (Recuperado en enero 15 de 2018). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/b985/22eff45008ebaa86d5ddb77f2436907ae547.pdf>

especialice demasiado en el conjunto de entrenamiento²⁵. Los estadísticos utilizados (anexo 4) para el análisis del desempeño de las redes fueron el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de regresión (R²)^{26 27} según las siguientes expresiones:

$$(1) \quad E = \frac{1}{N} \sum (y_i - y_{fi})^2 \qquad (2) \quad R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - y_{fi})}{\sum (y_i - y_{prom})}$$

En donde: N= número de muestras, Y_i = salida deseada, Y_{fi} = salida predicha por la red, Y_{prom} = $\frac{y_i}{N}$

Los entrenamientos de las redes fueron ejecutados, considerando cada pretratamiento por aparte para cada propiedad y por cada función de activación. También, los entrenamientos se ejecutaron considerando la disminución del tamaño de las matrices derivadas de los pretratamientos, con el objetivo de descartar números de onda con aporte nulo en la reproducción de las propiedades; la omisión de los números de onda se efectuó hasta llegar a un tamaño de 5 columnas en la matriz para cada pretratamiento²⁸. Los entrenamientos de las arquitecturas de RNA efectuados en el presente trabajo fueron ejecutados según los códigos programados en la herramienta *nntool* de MATLAB R2017b licenciado para la UIS.

²⁵ OLDEN, Julian; JOY, Michael; DEATH, Russell. An accurate comparison of methods for quantifying variable importance in artificial neural networks using simulated data. [Base de datos en línea]. Marzo 15 de 2004. En: Ecological modelling, vol.178, 2004, 389-97. (Recuperado en 16 de mayo de 2017). Disponible en <http://www.sciencedirect.com>

²⁶ MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 45. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

²⁷ SERRANO. Antonio, SORIA. Emilio & MARTÍN, José. Redes neuronales artificiales. Universidad de Valencia. [En línea]. 2010. P. 32. (Recuperado en 20 enero de 2018). Disponible en: http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/1-2/libro_ocw_libro_de_redes.pdf

²⁸ BALABIN RM, SAFIEVA RZ, LOMAKINA EI. Near-infrared (NIR) spectroscopy for motor oil classification: from discriminant analysis to support vector machines. Department of Chemistry and Applied Biosciences, Zurich, Switzerland. 2011

2.1.1.5 Prueba de resiliencia. La prueba de resiliencia fue aplicada para determinar la respuesta de las RNA respecto a la predicción sobre muestras atípicas²⁹. La prueba fue ejecutada sobre las redes con mejor desempeño en la reproducción de las propiedades T95 y FP, según la etapa anterior. En esta prueba, diferentes conjuntos de muestras fueron retirados del entrenamiento para determinar el comportamiento de la red ante datos atípicos. Los estadísticos de validación fueron determinados sin las muestras atípicas y sus valores comparados respecto a los iniciales.

2.1.1.6 Análisis de sensibilidad. Para este análisis, una perturbación del 50% sobre los valores de los datos de entrada fue aplicada para determinar el cambio en los estadísticos de desempeño de las mejores redes, para la reproducción de las propiedades. El análisis fue aplicado por cada señal de entrada, con un posterior reentrenamiento de la RNA; con cada señal perturbada el 50% de su valor, las demás fueron mantenidas en sus valores iniciales³⁰. Con esta prueba fue posible inferir la contribución de cada señal de entrada en la reproducción de las propiedades.

2.1.2 Resultados

2.1.2.1 Obtención de espectros IR y propiedades Diésel. Los espectros para 61 muestras de diésel fueron medidos y proporcionados por la GRB para el desarrollo del presente documento. Con los datos suministrados, se formó una matriz 61 filas y 6171 columnas, en donde las filas correspondían a las muestras y las columnas a las absorbancias en 6171 números de onda del espectro infrarrojo; asimismo los vectores de respuestas fueron conformados por las propiedades temperatura al

²⁹ MACHO APARICIO, S. Metodologías analíticas basadas en espectroscopia de infrarrojo y calibración multivariante: Aplicación a la industria petroquímica. Tesis doctoral. Universidad Rovira i Virgili. Departamento de química analítica y química orgánica. Tarragona, 2012

³⁰ MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 23. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

95% de evaporados (T95) y el punto de inflamación (FP). Los descriptores estadísticos de las propiedades medidas por la GRB para las muestras de diésel se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros estadísticos del grupo de muestras

parámetro	unidad	Muestras	promedio	Desv. Est.	mínimo	Máximo
T95	°C	61	366.37	3.19	357.00	373.60
Flash Point	°C	61	75.35	4.80	65.60	92.20

2.1.2.2. Análisis de los espectros IR. La Figura 2 presenta los espectros IR medidos para las 61 muestras de diésel de la GRB; los espectros fueron obtenidos entre 12000 cm^{-1} y 4000 cm^{-1} . También, la Figura 3 compara los espectros de diésel de la GRB con espectros reportados en la literatura en el intervalo 6200 y 4400 cm^{-1} . De esta figura se tiene que las muestras presentan similitudes en su composición; i.e. el primero y segundo armónicos de los modos vibratorios del enlace C-H en los grupos metilo y metileno, alrededor de 5800 a 6300 cm^{-1} aparecen en los dos espectros. De igual forma, se tienen bandas de compuestos aromáticos, en el intervalo entre 3600 a 4800 cm^{-1} y absorbancias relacionadas con estiramientos de grupos metilo en las regiones de 4425 cm^{-1} y 6005 cm^{-1} . Un análisis de los espectros del diésel con mayor detalle sale del alcance del presente trabajo³¹.

³¹ WORKMAN J. Jr., WEYER L., Practical Guide to Interpretive Near Infrared Spectroscopy, CRC Press, Boca Raton, 2008. ISBN 9781439875254

Figura 2. Espectro IR cercano de 61 muestras Diésel en el rango de 4000 – 11998 cm^{-1}

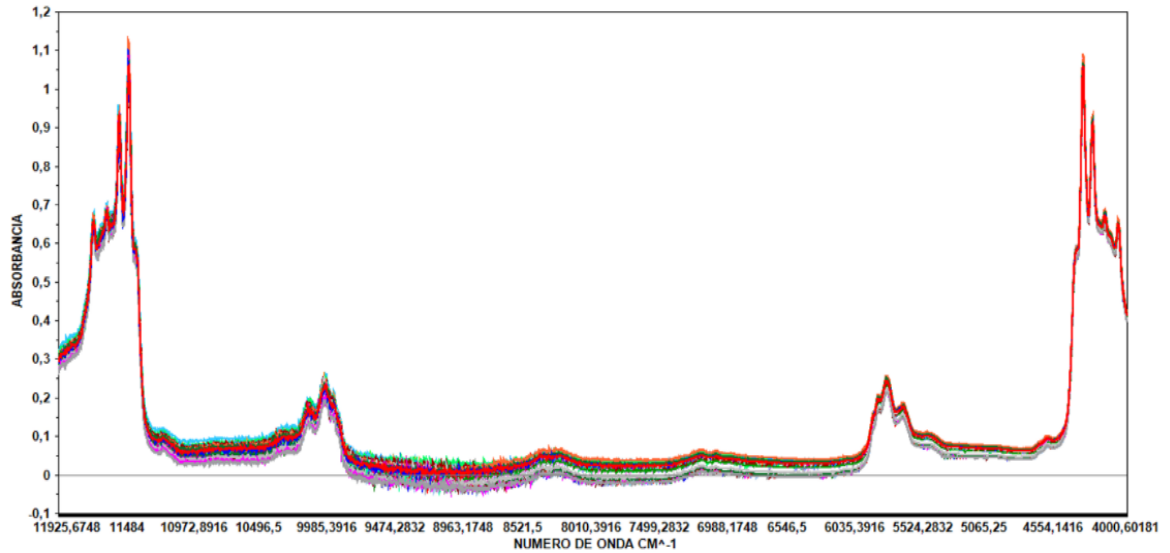
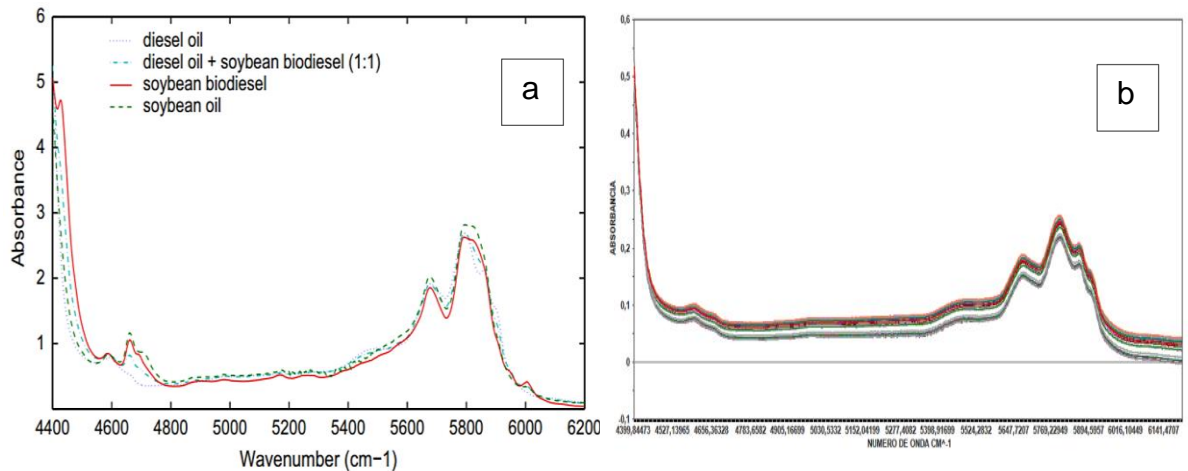


Figura 3. Espectro IR muestras de diésel 4400-6200 cm^{-1} . a) Espectros reportados en la literatura b) Espectros reportados por la GRB



Fuente: ALVES, Julio & POPPI, Ronie. Biodiesel content determination in diésel fuel blends using near infrared (NIR) spectroscopy and support vector machines (SVM).

- **Rango espectral representativo para T95 y FP según literatura.** Alves y colaboradores³² presentan una discusión sobre la aplicación de la regresión por máquinas de soporte vectorial (SVM: *support vector machine*) aplicada al ajuste de parámetros de calidad del diésel del petróleo utilizando IR³³. Según el análisis de las zonas del IR, estos autores sugieren que el mejor intervalo para realizar el ajuste de propiedades corresponde al rango espectral entre 3944 cm⁻¹ y 4769 cm⁻¹; un rango similar fue utilizado, Baldrich y Novoa³⁴ en el ajuste de propiedades diésel. Asimismo, Echeverría planteo modelos PLS para la predicción de T95 y FP de muestras de diésel de la GRB sobre el mismo rango espectral utilizado por Alves y colaboradores. Echeverría reporta valores de RMSE (*root mean square error*), comparables con la repetibilidad y reproducibilidad según las respectivas normas. Con lo anterior, este rango (3944 cm⁻¹ y 4769 cm⁻¹) fue seleccionado en el presente trabajo de grado para ajustar las propiedades T95 y FP de las 61 muestras de diésel.

2.1.2.3 Pretratamientos. Los pretratamientos especificados en la metodología fueron aplicados a las 61 muestras de diésel de la GRB. En la Figura 4 se observan los cambios generados a los espectros según corrección por línea base. En esta figura se aprecia que el mínimo valor de la absorbancia para todos los espectros corresponde a cero. También, la Figura 5 muestra el resultado de la primera derivada de los espectros; en esta figura las zonas con mayores contribuciones aparecen en las regiones de los máximos y los mínimos. Por su parte la Figura 6

³² ALVES, Julio Cesar; HENRIQUES, Claudete y POPPI, Ronei. Determination of diesel quality parameters using support vector regression and near infrared spectroscopy for an in-line blending optimizer system. [Base de datos en línea]. Julio 2012. ELSEVIER, Volumen 97, 2012, 710-717. (Recuperado en 25 enero 2018). Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236112002256>

³³ BALDRICH, Carlos & NOVOA, Luz-Ángela. Rapid characterization of diesel fuel by infrared spectroscopy. [Base de datos en línea]. Noviembre 222 de 2006. Revista CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro, vol.3 no.2 Bucaramanga. (Recuperado en 12 de febrero de 2018). Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832006000200013

³⁴ LAREDO, Georgina C, FIGUEROA, Yolanda & JIMENEZ, Federico. Comparación de los métodos analíticos existentes para la determinación del contenido de compuestos aromáticos presentes en el petróleo y sus derivados. En: Revista de la sociedad química de México, vol.47 no.3 septiembre 2003

exhibe las contribuciones reveladas con la derivada de segundo orden aplicada a la absorbancia; con este pretratamiento se obtiene un mayor número de picos que con la primera derivada, por lo cual, estos picos serán utilizadas como entradas para los entrenamientos de las diferentes arquitecturas de red neural artificial.

Figura 4. Pretratamiento línea base

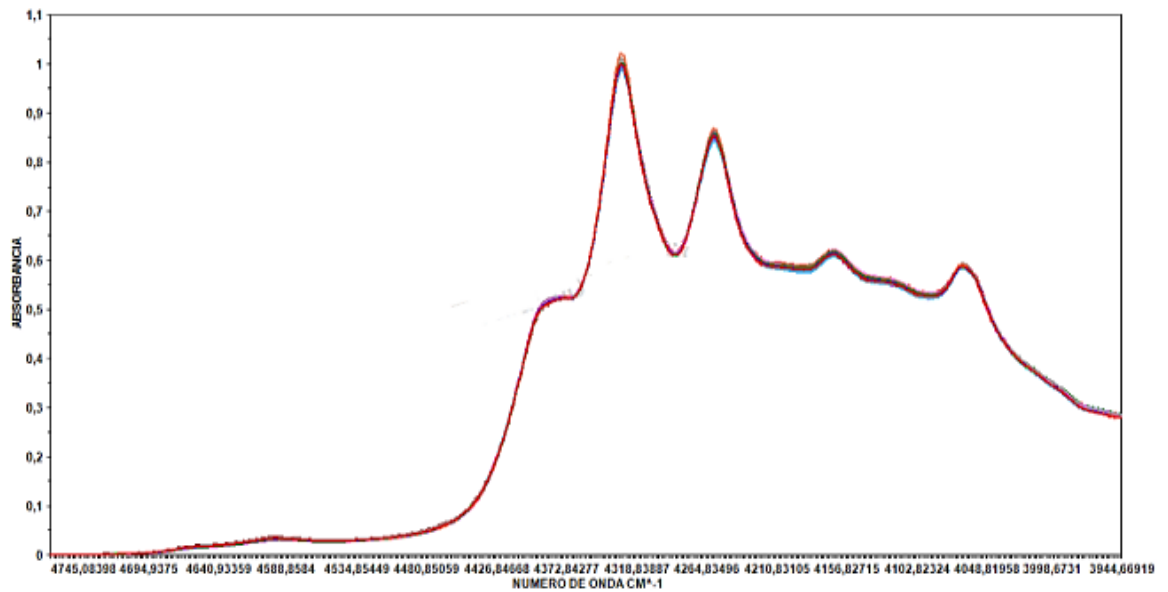


Figura 5. Derivada de primer orden, usando el algoritmo de Savitzky-Golay con un polinomio de orden 2 en 7 puntos.

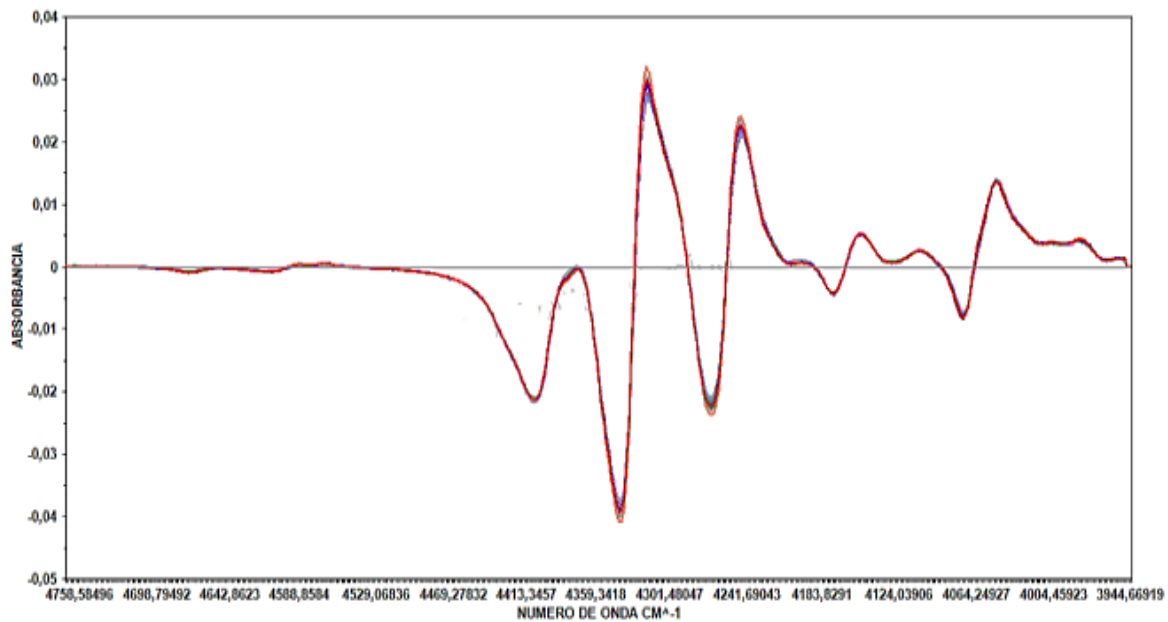


Figura 6. Derivada de segundo orden, usando el algoritmo de Savitzky-Golay con un polinomio de

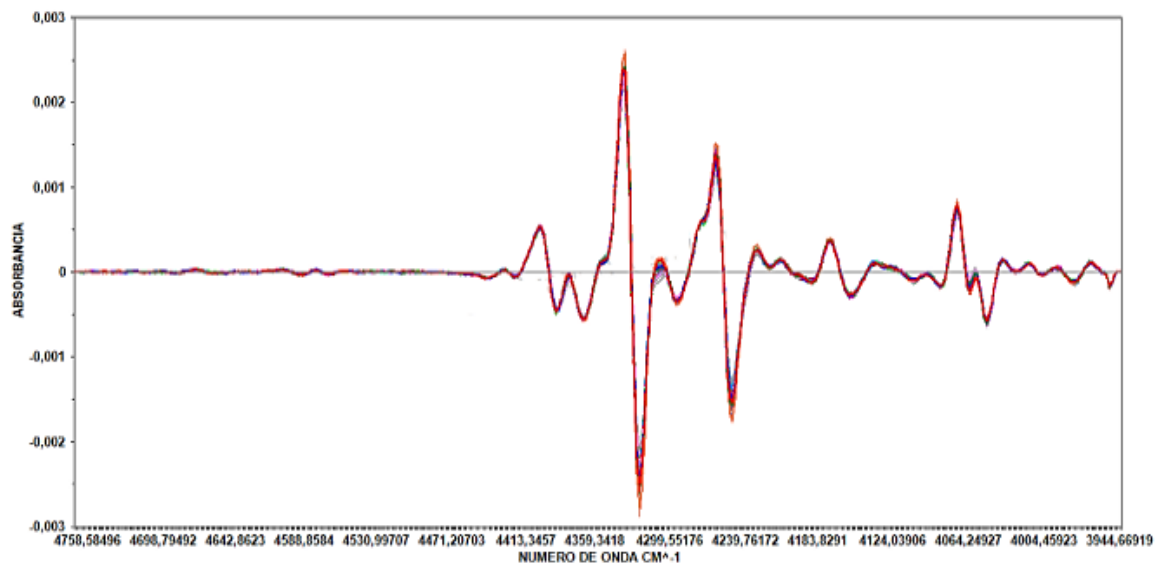
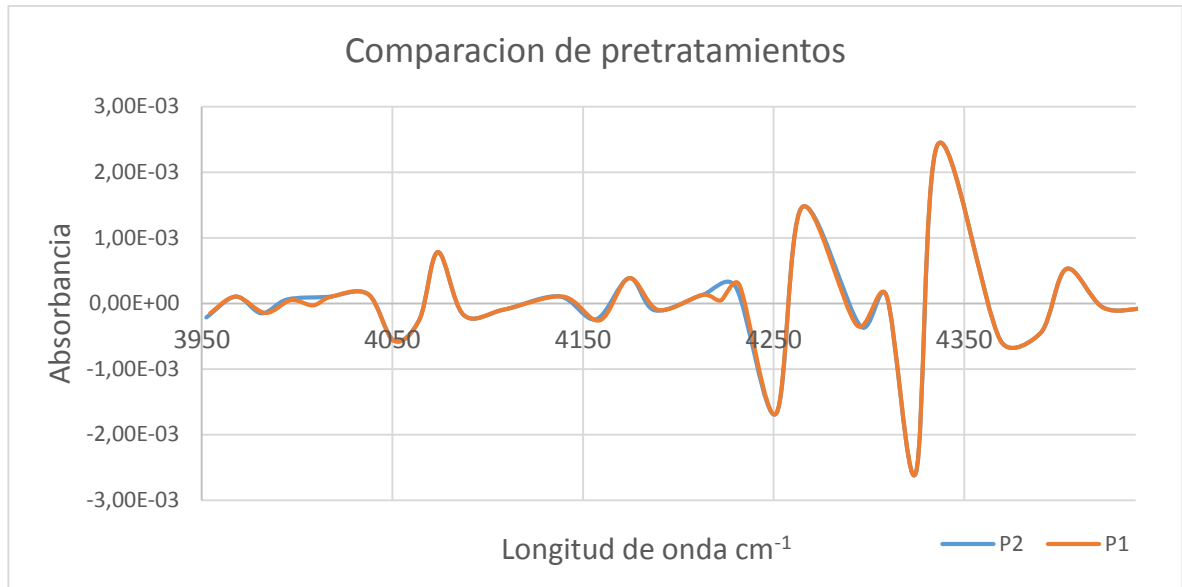


Figura 7. Comparación de pretratamientos en la muestra 1



La Figura 7 presenta una comparación entre los dos conjuntos de pretratamientos sobre un mismo espectro. Según esta figura, las regiones entre 4000-4008 y 4200-4222 presentan diferencias importantes entre los pretratamientos; el pretratamiento 1 divide la contribución en estas regiones en 2 picos, mientras que el pretratamiento 2 exhibe las contribuciones por medio de un solo pico en cada región.

La literatura reporta que estas regiones presentan contribuciones relacionadas a las vibraciones de compuestos aromáticos; la división de las contribuciones en dos picos por parte del pretratamiento 2 puede ayudar en el ajuste de propiedades relacionadas con este tipo de compuestos. Lo anterior sugiere que para la predicción de la T95 este tipo de pretratamiento conduzca a un mejor resultado ya que los compuestos aromáticos pesados aportan de manera importante en la temperatura de evaporación final del diésel³⁵.

³⁵ ROMAN M. Balabin, EKATERINA I. Lomakina, RAVILYA Z. Safieva. Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: Analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy. En: ELSEVIER. Diciembre, 2010. P. 2007-2015

2.1.2.4 Entrenamiento, validación y prueba de las arquitecturas de red.

Pasadakis y colaboradores utilizaron la arquitectura de red 28:2:1:1 (28 entradas, dos capas ocultas con 2 y 1 neurona respectivamente y ajustando una propiedad) con algoritmo de red feed-forward back propagation para la predicción de la curva de destilación en diferentes puntos y función de activación LOGSIG reportando desempeños de predicción de acuerdo a la normatividad ASTM D86. Igualmente KUMAR Jatinder & BANSAL Ajay usaron arquitectura de red de 2 entradas, una capa oculta con arreglos de 1 a 7 neuronas analizando 4 propiedades como Flash point, fire point, viscosidad y densidad para mezclas diésel- biodiesel y algoritmo de red feed forward back propagation.

La revisión anterior sugirió la selección de la arquitectura de red feed forward back propagation en el presente trabajo para el ajuste de las propiedades T95 y FP; asimismo, la estructura de red definió una capa oculta y diferente número de neuronas dentro de esta capa.

El entrenamiento de las redes consideró las matrices resultantes de cada pretratamiento (i.e. pretratamiento 1 matriz de 30x61 y pretratamiento 2 de 28x61) y los valores para las propiedades T95 y FP (targets). La influencia en la reducción del número de filas, así como, la influencia del incremento del número de neuronas en la capa oculta, fue analizada para determinar la arquitectura con mejor desempeño para la reproducción de las propiedades.

Los entrenamientos fueron realizados de forma independiente para cada propiedad, según lo recomendado en la literatura³⁶ las arquitecturas entrenadas para cada propiedad son identificadas con las siguiente nomenclatura, $y:x:1$, en donde y representa las variables de entrada que son los picos obtenidos con cada

³⁶ MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 19. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

pretratamiento (pretratamiento 1, 30 picos; pretratamiento 2, 28 picos), x el número de neuronas de la capa interna (hasta 60 neuronas) y 1 representa la propiedad ajustada. Los desempeños de las diferentes redes entrenadas fueron medidos según el coeficiente de regresión múltiple (R^2) y el error cuadrático medio (MSE) (anexos 3 y 4). Con cada valor de y y x , las redes fueron ejecutadas 10 veces para obtener los promedios de R^2 y MSE. Asimismo, todos los entrenamientos fueron detenidos cerca al mínimo del MSE reportado por el conjunto de validación (15% de los datos), lo cual evita el sobreajuste de las redes entrenadas (*early stopping*)³⁷ (anexo 5). En total la herramienta *nntool* de MATLAB 2017b fue ejecutada 10 veces para los entrenamientos de las redes.

Los desempeños obtenidos en los entrenamientos se presentan en las Figuras 8–11, las cuales muestran los estadísticos respecto al número de picos, número de neuronas, función de activación, pretratamientos y propiedades. Según los resultados del entrenamiento de las redes (Figuras 8-9) los desempeños de las redes (MSE y R^2 considerando todos los conjuntos, entrenamiento, validación y prueba) varían de acuerdo a la selección de picos (variable de entrada) y al número de neuronas de la capa interna. También existen combinaciones entre número de picos y número de neuronas que conllevan a obtener el mismo desempeño en las redes según el pretratamiento aplicado. Asimismo, las tendencias de los desempeños no cuentan con un patrón fácilmente discernible según la variación con los picos y las neuronas; en el anexo 6 se presentan las variaciones de los desempeños en coordenadas 3D.

³⁷ KHAMIS, Azme., ISMAIL, Zuhaimy , HARON, Khalid ., MOHAMMED, Ahmad. The Effects of Outlier Data on Neural Network Performance. 2015.. J. Applied Science, 5, 1394-1398

Figura 8. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 1, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación TANSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP

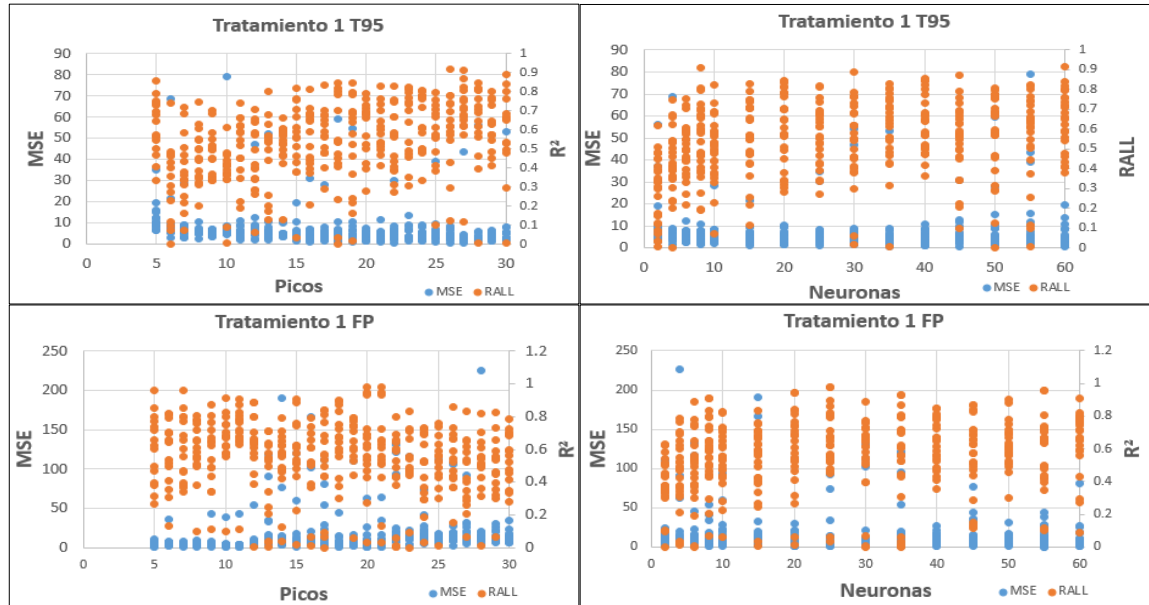


Figura 9. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 1, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación LOGSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP

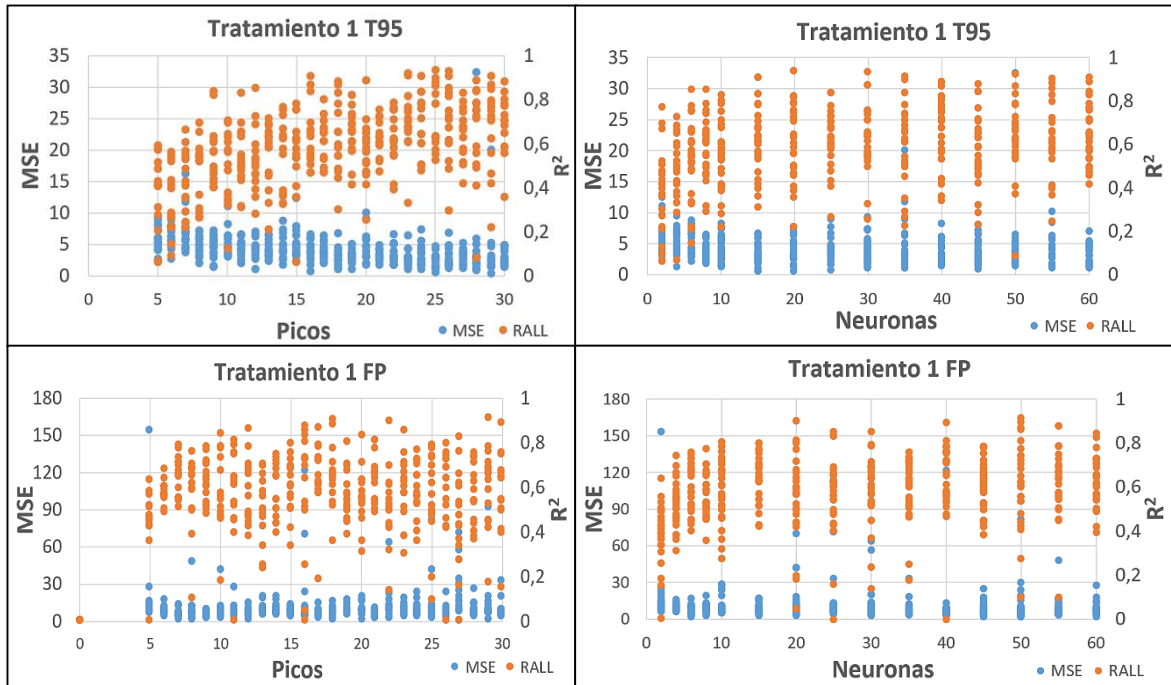


Figura 10. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 2, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación TANSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP

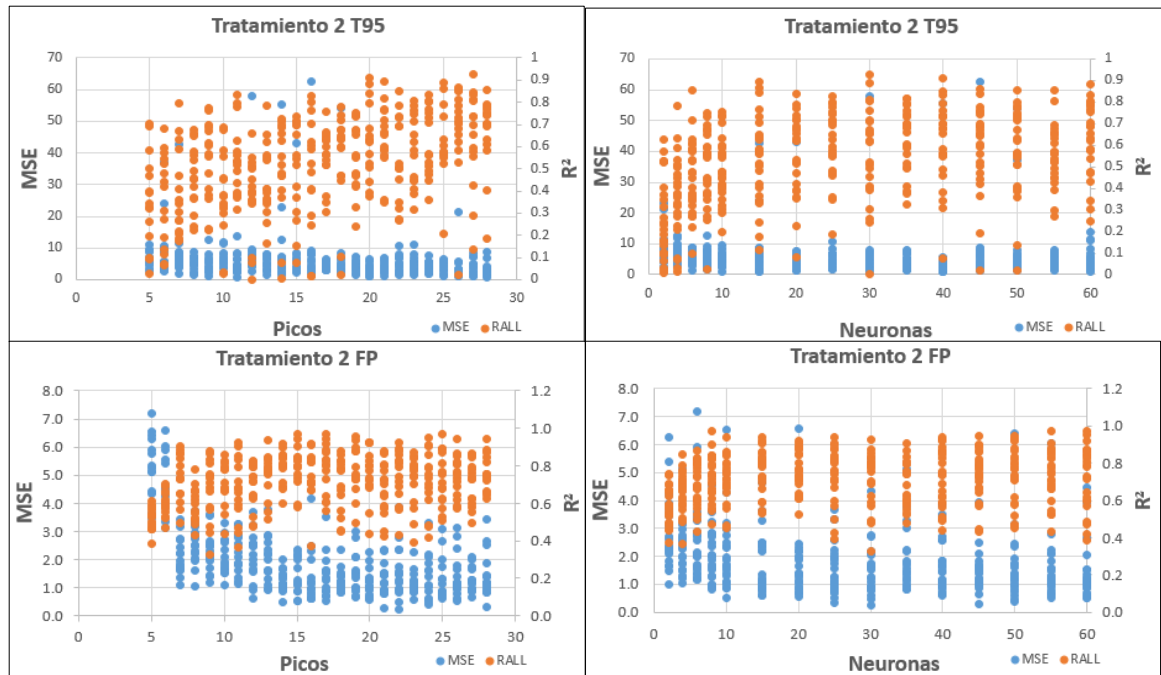
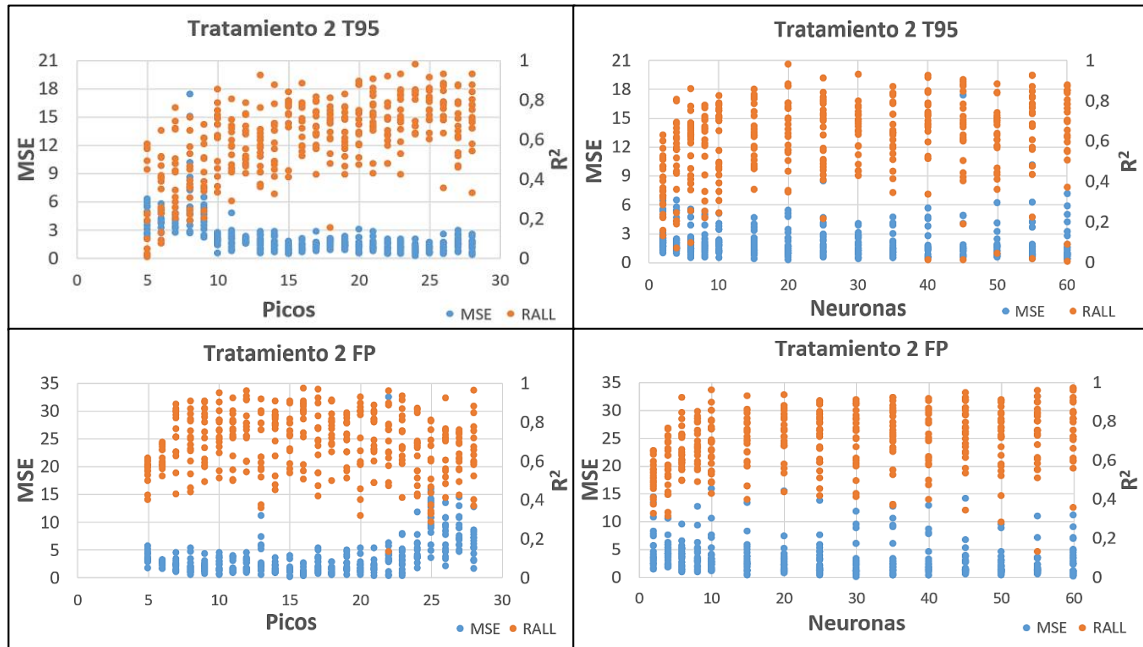


Figura 11. Desempeños reportados según el número de picos obtenidos por el pretratamiento 2, el número de neuronas de la capa oculta utilizando función de activación LOGSIG para la predicción de las propiedades T95 Y FP



Las redes con mejor desempeño se definen considerando los 2 estadísticos R2 y MSE. El anexo 7 muestra los mejores desempeños obtenidos por las diferentes arquitecturas en coordenadas R2 vs MSE. Las arquitecturas con mejor desempeño se muestran en Figuras 12 -13 y se resumen en la tabla 4

Según las Figuras 12, 13, anexo 7 y la tabla 4 diferentes arquitecturas de redes neuronales entrenadas presentan desempeños elevados para la predicción de las 2 propiedades; para el FP, el mejor desempeño reporta un R² de 0,9775 y un MSE de 0,9644, utilizando pretratamiento 1 y función de activación TANSIG, 25 neuronas internas y 20 picos (20:25:1), mientras que a la T95 el mejor desempeño fue de R² igual a 0,9853 y MSE de 0,2784, utilizando pretratamiento 2 y función de activación LOGSIG, 20 neuronas internas y 24 picos (24:20:1).

Figura 12. Dispersión de R2 contra MSE para el primer pretratamiento TANSIG para la propiedad FP

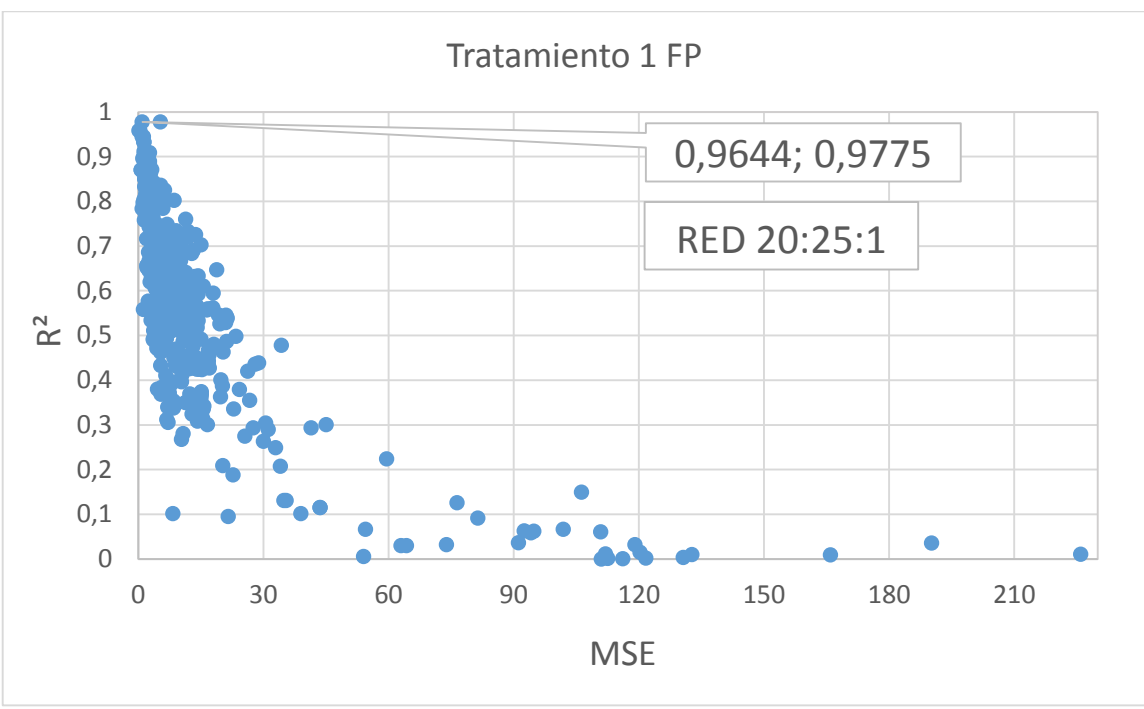


Figura 13. Dispersión de R² contra MSE para el segundo pretratamiento LOGSIG para la T95

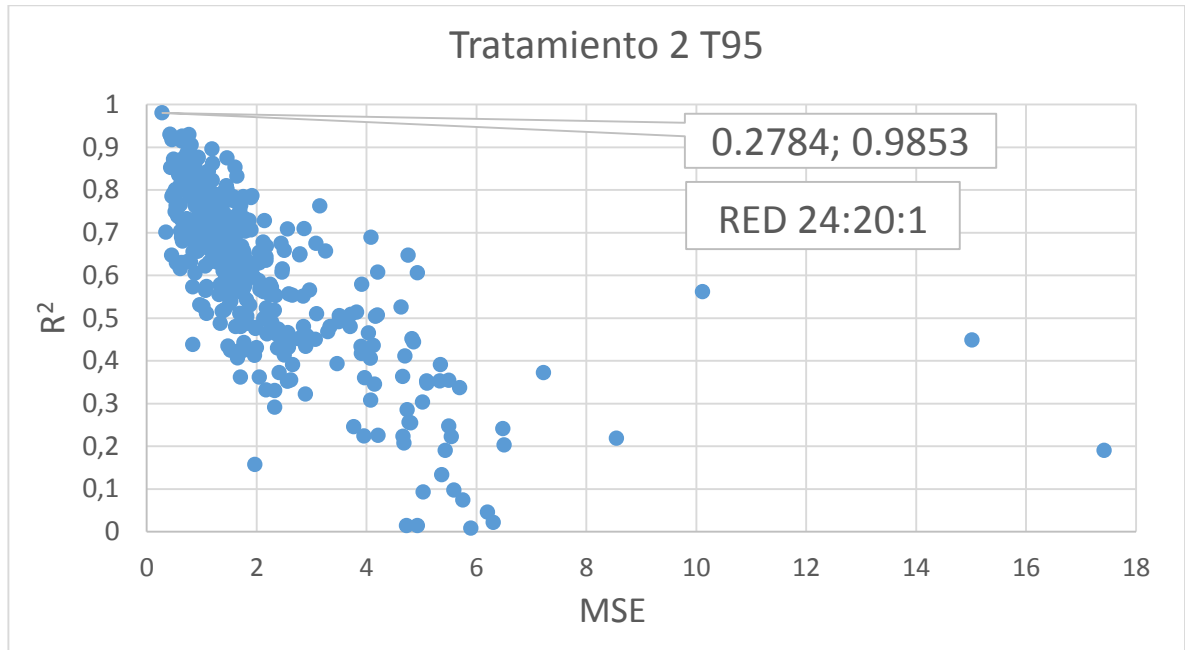


Tabla 4. Mejores desempeños obtenidos en los entrenamientos de red neuronal

Pretratamiento	función de transferencia	T95		FP	
		R ²	MSE	R ²	MSE
pretratamiento 1	TANSIG	0.9183	0.5745	0.9775	0.9644
	LOGSIG	0.9378	0.5921	0.9718	1.7541
Pretratamiento 2	TANSIG	0.9251	1.0690	0.9695	0.5320
	LOGSIG	0.9853	0.2784	0.9746	1.2279

Los números de onda que aportan a las redes con mejor desempeño se presentan en la Tabla 5. En esta tabla es posible apreciar que las redes neuronales fueron entrenadas con el mismo número de onda pero T95 utiliza 4 números de onda adicionales.

Tabla 5. Localización de los picos utilizados para las redes LOGSIG 24:20:1 T95 Y TANSIG 20:25:1 FP.

T95			FP		
Neurona: 20	MSE:0.2784	R ² : 0.9803	Neurona: 25	MSE : 0.9644	R ² : 0.9775
PICOS			PICOS		
4444.21			4444.21		
4422.99			4422.99		
4403.70			4403.70		
4390.20			4390.20		
4368.99			4368.99		
4336.19			4336.19		
4324.63			4324.63		
4309.19			4309.19		
4293.77			4293.76		
4264.83			4264.83		
4251.33			4251.33		
4232.05			4232.05		
4222.40			4222.40		
4212.76			4212.76		
4189.62			4189.62		
4174.19			4174.19		
4158.76			4158.76		
4139.47			4139.47		
4108.61			4108.61		
4087.39			4087.39		
4073.89			-		
4064.25			-		
4050.75			-		
4037.25			-		

La Tabla 6 presenta una comparación entre los resultados de desempeño obtenidos en el presente trabajo y los estadísticos reportados en diferentes trabajos de la literatura para el ajuste de las propiedades T95 y FP a partir de espectros IR de muestras diésel.

Tabla 6. Estadísticos obtenidos comparados con otros trabajos

Método	T95		FP	
	R ²	MSE	R ²	MSE
RNA	0.9853	0.2784	0.9775	0.9644
R-PLS	0.9279	4.0037	0.9870	2.1594
Curvas de destilación	-	-	0.998	0.5800
RNA ^a	-	-	0.9810	-
RNA ^b	-	-	-	0.1600
RNA ^c	-	1.1000	-	-

a) Biodiesel , b) Mezcla diésel-biodiesel , c) Muestras diésel Grecia

Según esta tabla, los desempeños obtenidos en el presente trabajo para el ajuste de la T95 superan a los obtenidos a partir de la regresión PLS³⁸; asimismo, el presente trabajo exhibe desempeños similares para la predicción del FP a partir de métodos basados en curva de destilación³⁹ y otras RNA reportados en la literatura^{40,41,42}.

En las Figuras 14 y 15 se detallan las dispersiones de las propiedades experimentales versus los valores ajustados por las RNA con los mejores desempeños de predicción según MSE y R2. Según estas figuras, una gran cantidad de datos se encuentran sobre la línea de pendiente uno; i.e, las RNA respectivas reproducen los valores experimentales reportados por la GRB.

³⁸ ECHEVERRÍA, Oscar. Op. cit., p.

³⁹ ALEME. Helga & BARBEIRA. paulo. Op. cit., p. 130.

⁴⁰ SOLOMON. Giwa, SUNDAY. Adekomaya, KAYODE. Adama & MORUF. Mukaila. Op. Cit., p. 440

⁴¹ JATINDER, Kumar, AJAY, Bansal. Op. cit., p. 100

⁴² N. Pasadakis, S. Sourligas y Ch. Op. cit., P. 1135

Figura 14. Comparación de datos experimentales con obtenidos en el entrenamiento de red neuronal FP

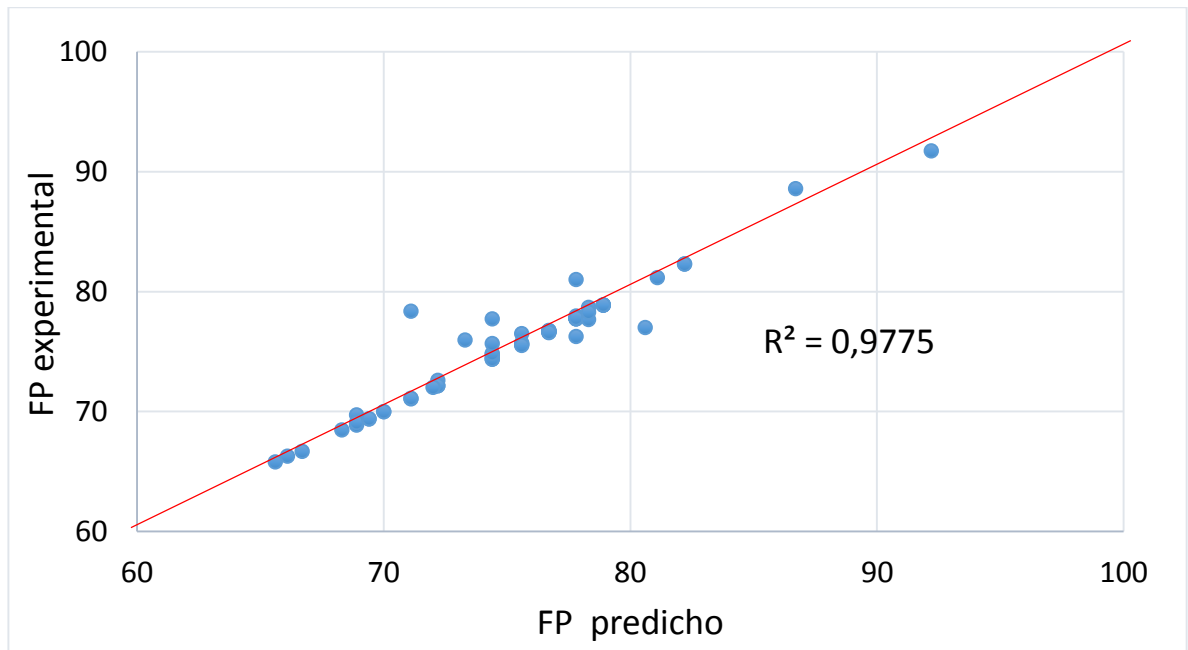
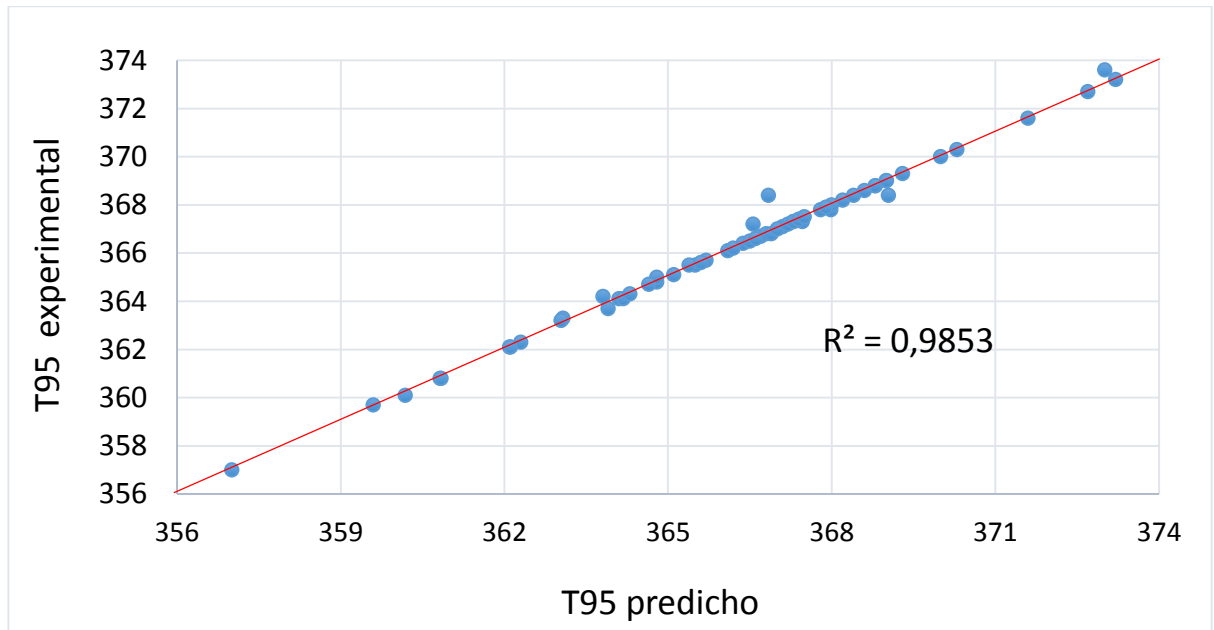


Figura 15. Comparación de datos experimentales con obtenidos en el entrenamiento de red neuronal FP



2.1.1.5 Prueba de resiliencia. Con la obtención de las mejores redes neuronales (Pretratamiento 2, 24:20:1 – LOGSIG para T95; pretratamiento 2, 20:25:1- TANSIG para FP) (anexo 8) se realizó un análisis de la arquitectura de red ante datos atípicos.

Para la prueba de resiliencia, los valores más alejados de las propiedades fueron descartados para la ejecución de un nuevo entrenamiento⁴³. En las Figuras 16 y 17 se exhiben las muestras que se encuentran más alejadas en cada conjunto de propiedades; el 15% de las muestras se encuentra por fuera la región punteada en cada propiedad. Estas muestras fueron omitidas en un nuevo entrenamiento con la arquitectura de red respectiva; el número total de muestras que conforman la matriz para la prueba de resiliencia corresponde a 52.

Los resultados de la prueba se ilustran en las Tablas 7 y 8. Según estas tablas la eliminación del 15% de los datos conduce a un mejor desempeño respecto al estadístico MSE en cada propiedad. Tanto el entrenamiento de la matriz original y sin el 15% cumplen con los valores de repetibilidad y reproducibilidad; según la norma ASTM D86 de medición de la T95, la repetibilidad y la reproducibilidad corresponden a los valores de 2.67°C y 4.27°C, respectivamente, mientras que la norma ASTM D93 para FP, la repetibilidad y reproducibilidad corresponden a los valores de 2.18°C y 5.34°C, respectivamente. Asimismo los valores para el coeficiente múltiple de regresión no se ven afectados por la disminución en el número de muestras. Con esto, las redes resultan resilientes a los valores atípicos.

⁴³ GEVREY, Muriel; DIMOPOULOS, Ioannis; LEK, Sovan. Review and comparison of methods to study to contribution of variables in artificial neural network models. [Base de datos en línea]. Marzo 22 de 2003. Ecological modelling, Vol. 160, 2003, 349-264. (Recuperado en 27 de enero de 2018). Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380002002570>

Figura 16. Selección de datos T95 para prueba de resiliencia

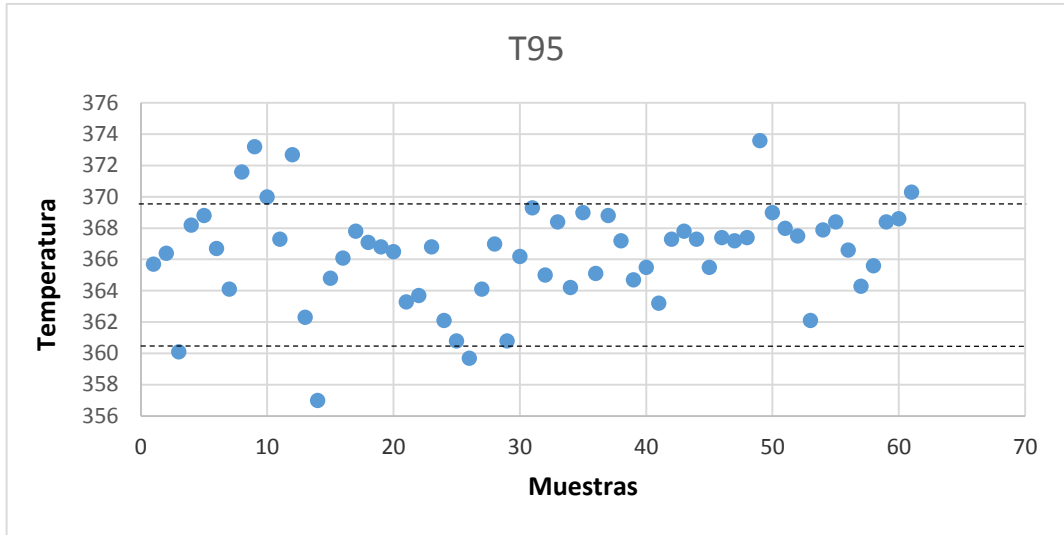


Figura 17. Selección de datos Flash point para prueba de resiliencia

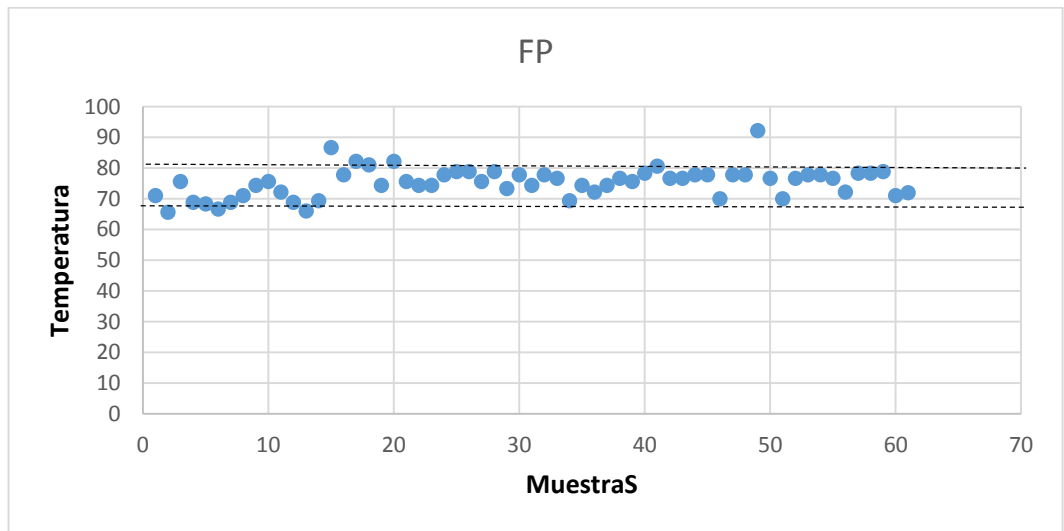


Tabla 7. Prueba de resiliencia para T95. Red entrenada con función de transferencia LOGSIG

T95				
Tipo	Neuronas	picos	MSE	R ²
Todos los datos	20	24	0.2784	0.9853
Sin atípicos	20	24	0.0557	0.9786

Tabla 8. Prueba de resiliencia para FP. Red entrenada con función de transferencia TANSIG

FP				
Tipo	Neuronas	picos	MSE	R ²
Todos los datos	25	20	0.9644	0.9776
Sin atípicos	25	20	0.4234	0.9741

2.1.2.6 Prueba de sensibilidad. Según lo descrito en la metodología, la prueba de sensibilidad fue realizada perturbando una variable de entrada a la vez y reentrenando la red; la perturbación redujo el 50% del valor de cada variable de entrada, según lo recomendado en la literatura⁴⁴. Los resultados del análisis de sensibilidad se representan en la Figura 18. Según esta figura los números de onda con mayor influencia en el desempeño de la red 20:25:1 TANSIG para el ajuste del FP corresponden a 4294, 4074 y 3983 cm⁻¹ (anexo 9).

Asimismo la Figura 19 ilustra sobre los espectros pretratados, los picos más influyentes según el análisis de sensibilidad para el FP (figura 18); según la Figura 19, los picos más influyentes no corresponden a los que presentan mayor área bajo la curva; lo anterior se debe a que el Flash Point depende de compuestos livianos, que se encuentran en menor proporción en el diésel⁴⁵ (el área bajo la curva en el espectro, está relacionada con la concentración de los compuestos).

⁴⁴ SOUSA FERNANDES, David Douglas; GOMES, Adriano; BEZERRA DA COSTA, gean. Determination of biodiesel content in biodiesel/diesel blends using NIR and visible spectroscopy with variable selection. [Base de datos en línea]. Diciembre 15 2011. ELSEVIER, Volumen 87, 2011, 30-34. (Recuperado en 1 febrero 2018). Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914011008307>

⁴⁵ LAMUS, A; GUZMAN, B; MURCIA, R; CABANZO y MEJÍA-OSPINO, E. Uso de Análisis Multivariado En La Determinación SARA De Crudos Por Espectroscopia NIR. [Base de datos en línea]. Octubre 4 de 2011. Revisata colombiana de física, Vol. 43, No. 3 de 2011. (Recuperado en 10 febrero 2018). Disponible: https://www.researchgate.net/publication/237045492_Uso_de_Analisis_Multivariado_En_La_Determinacion_SARA_De_Crudos_Por_Espectroscopia_NIR

Figura 18. Desempeño para el análisis de sensibilidad obtenido con la red neural TANSIG 20:25:1 FP

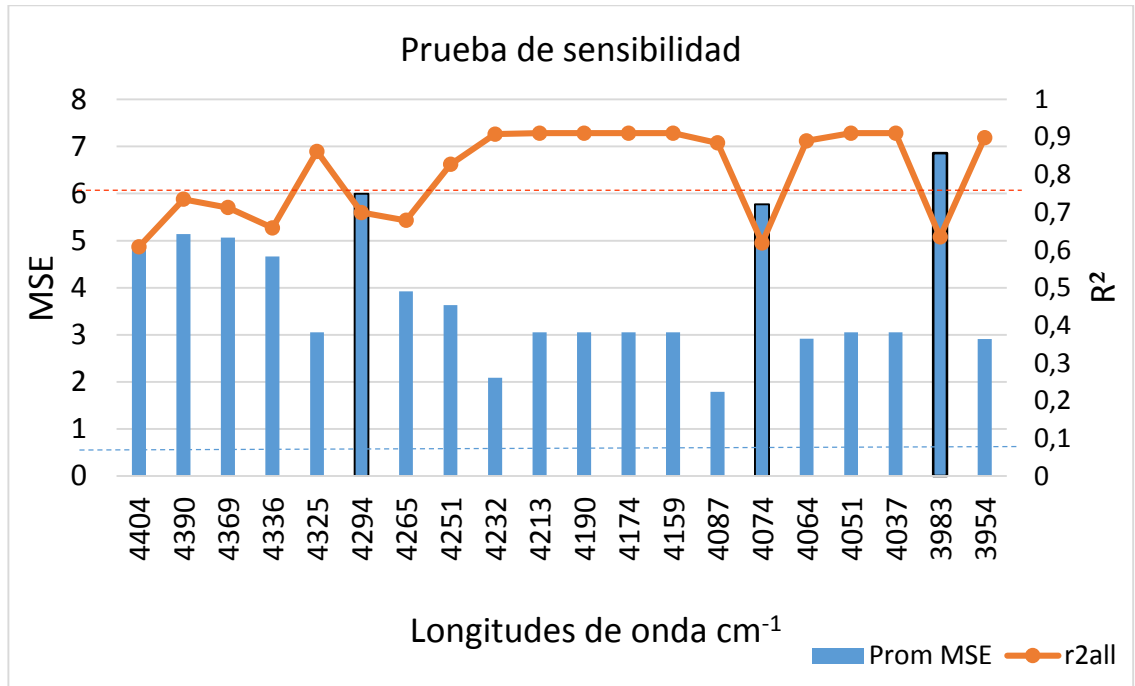
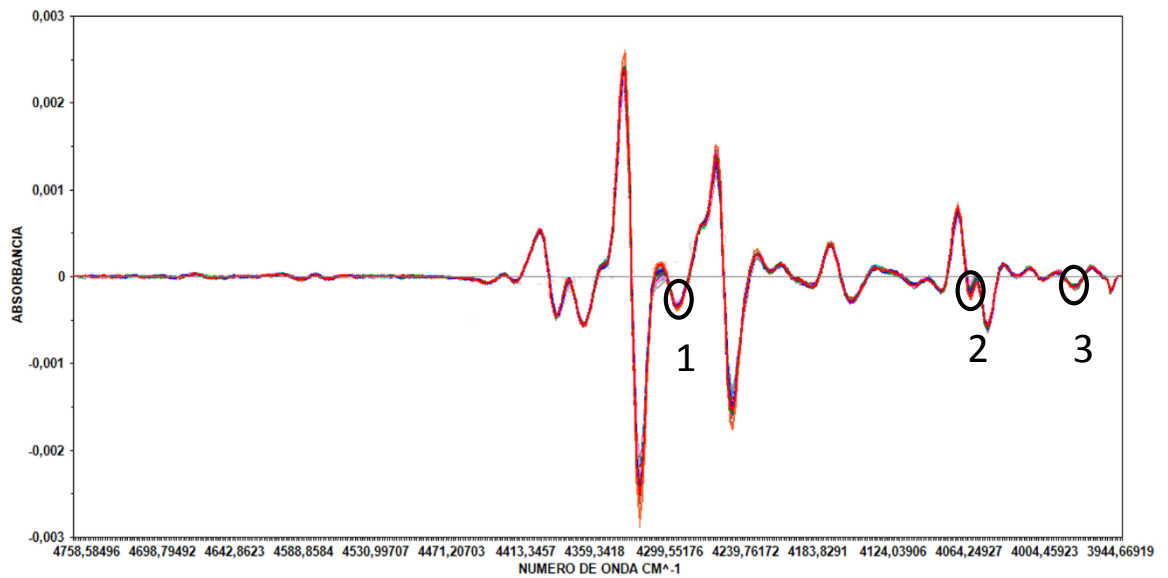


Figura 19. Ilustración de los picos más influyentes en la red neuronal TANSIG 20:25:1 FP, según análisis de sensibilidad



De igual forma, un análisis de sensibilidad para la red 24:20:1 - LOGSIG para T95 con el fin de determinar cuáles son las variables de mayor influencia en el ajuste. Los resultados del análisis de sensibilidad se representan en la figura 20.

Asimismo la Figura 21 ilustra sobre los espectros pretratados, los picos más influyentes según el análisis de sensibilidad para la propiedad T95 (Figura 20); según la Figura 21, la cual localiza las entradas más influyentes sobre el espectro pretratado, los picos más influyentes no corresponden a los que presentan mayor área bajo la curva (similar a lo ocurrido para FP); lo anterior puede deberse a que el aporte para la T95 proviene de compuestos aromáticos pesados, los cuales pueden estar en baja composición.

Figura 20. Desempeño para el análisis de sensibilidad obtenidos con la red neuronal LOGSIG 24:20:1 para T95

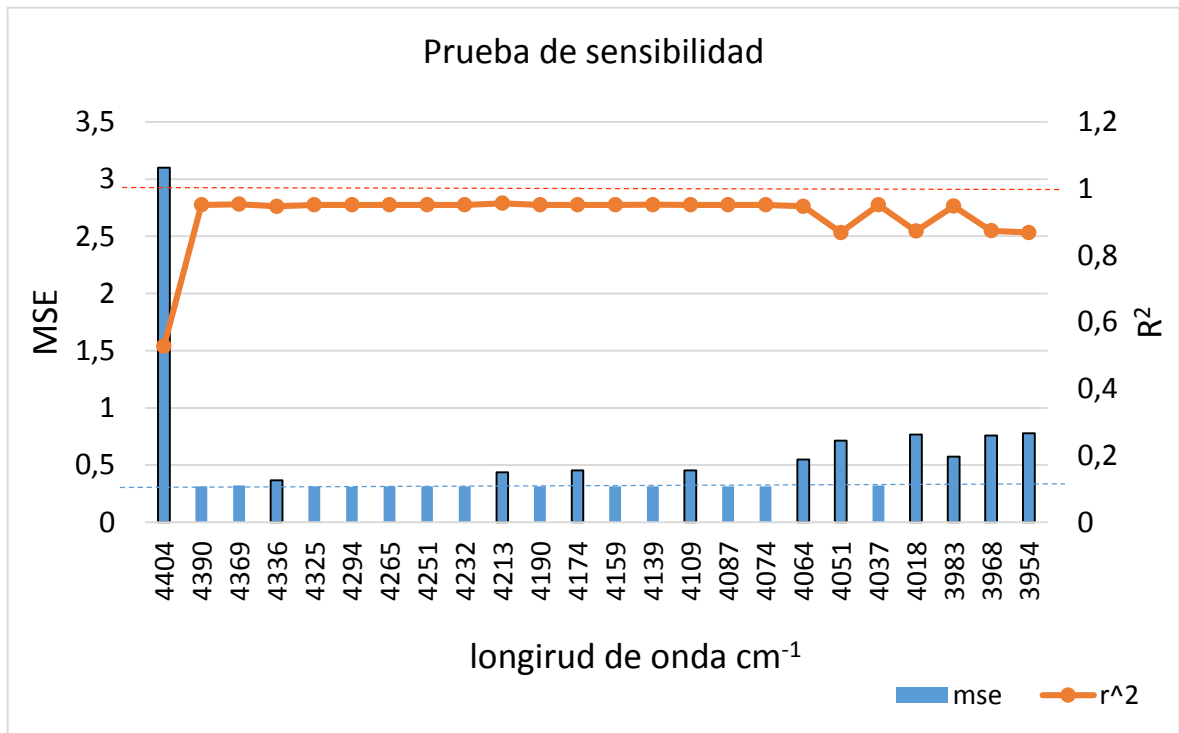
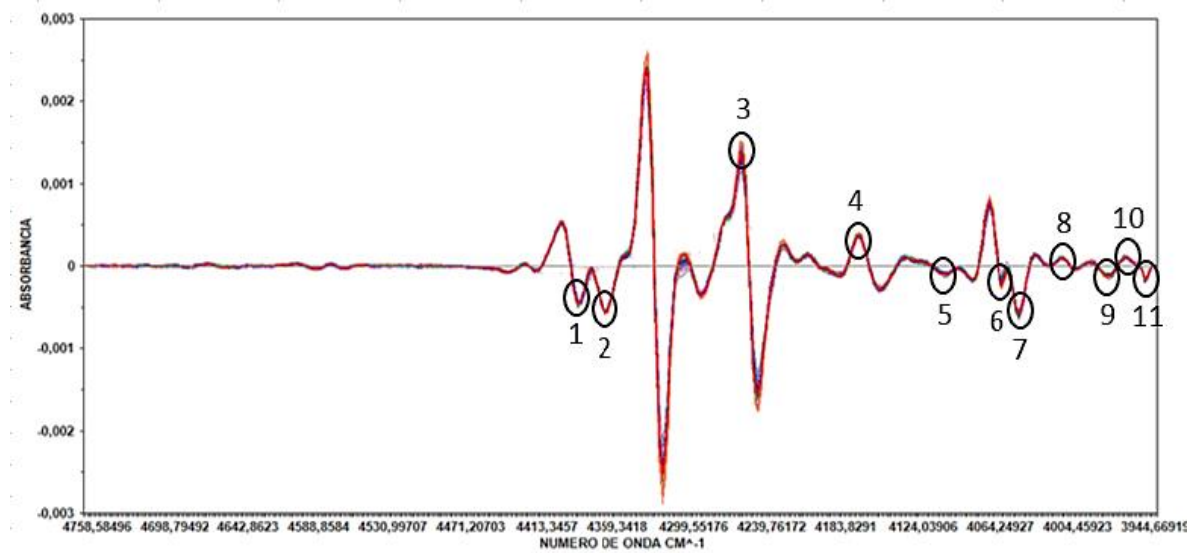
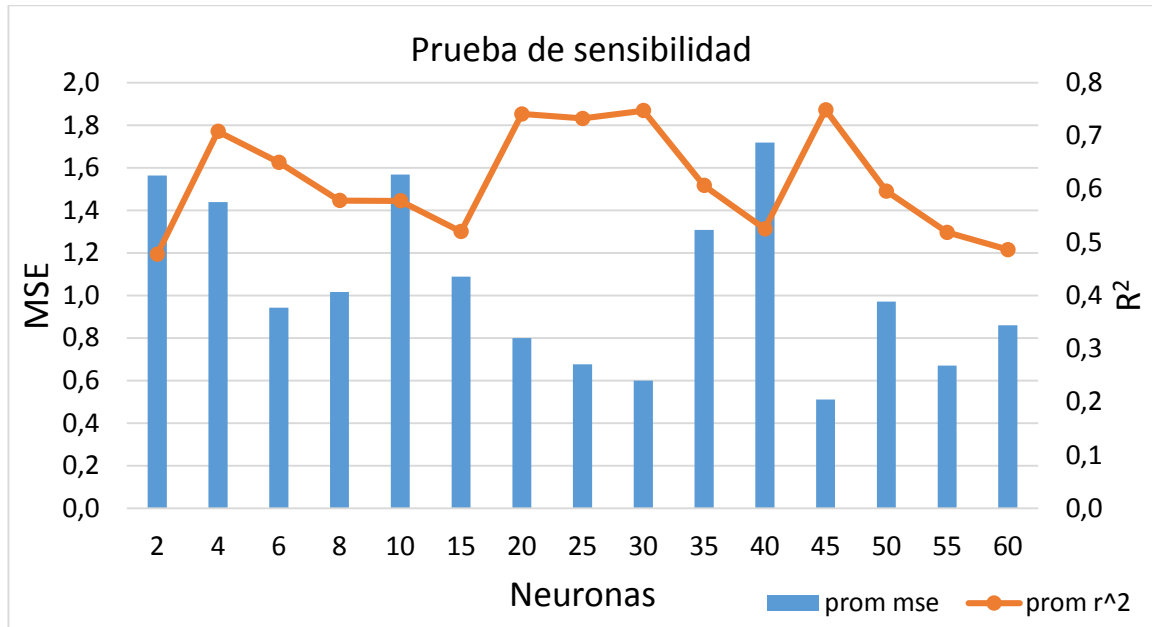


Figura 21. Ilustración de los picos más influyentes en la red neuronal LOGSIG 24:20:1 T95, según análisis de sensibilidad



Para determinar si sólo los picos más influyentes pueden ajustar la propiedad T95, nuevos entrenamientos fueron aplicados a la mejor arquitectura de red, cambiando el número de neuronas de la capa oculta.

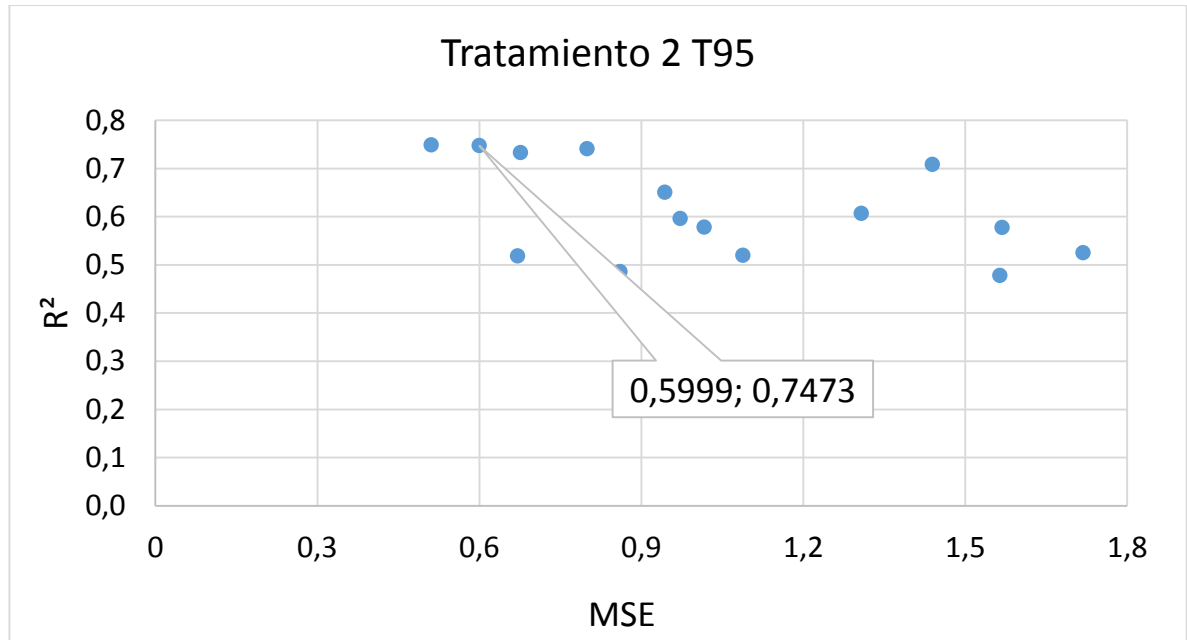
Figura 22. Desempeño para las redes entrenadas con 11 picos influyentes en la arquitectura LOGSIG 24:20:1 para T95



El entrenamiento de las redes sin considerar los picos menos sensibles reporta desempeños bajos en la predicción de la propiedad T95 para diferente número de neuronas en la capa interna (Figuras 22 y 23); los nuevos entrenamientos mostraron una disminución considerable en los desempeños (R^2 y MSE) comparados con los obtenidos en las redes 24:20:1 - LOGSIG para T95 y 20:25:1 - TANSIG para FP (Tablas 7 y 8). Este comportamiento se da porque entrenamos los 11 picos que garantizan un perturbación considerable en esta prueba y en la obtención de la propiedad objetivo T95, es decir, son los más influyentes y no deberían variarse en conjunto porque no todos generan la misma proporción en el cambio de los resultados, es mejor hacer el análisis variando individualmente y en conjunto con los picos menos influyentes, pero que representan un buen arreglo de datos para el entrenamiento de las redes.

Los desempeños de esta prueba se observan en la figura 23. El mejor desempeño se obtuvo para la red 11:45:1 LOGSIG T95, reportando R^2 de 0.75 y un MSE de 0.59.

Figura 23. Desempeños obtenidos para las redes entrenadas con 11 picos influyentes en la arquitectura LOGSIG 24:20:1 para T95



3. CONCLUSIONES

Las arquitecturas de red entrenadas y validadas en el presente trabajo ajustan satisfactoriamente las propiedades temperatura para el 95% de destilado (T95) y punto de chispa (FP) a partir de los espectros IR pretratados de muestras de diésel de la refinería de Barrancabermeja. La aplicación de dos correcciones para la línea base de los espectros IR resultó en dos pretratamientos, cuyas diferencias se encuentran en la división en dos picos para los intervalos de números de onda entre 4008 y 4000 cm^{-1} y entre 4222 y 4200 cm^{-1} ; el pretratamiento 1 conlleva a un pico en cada intervalo, mientras el pretratamiento 2 conduce a dos picos en cada intervalo. Las matrices derivadas de los pretratamientos fueron utilizadas para el entrenamiento de diferentes redes cambiando el número de picos utilizados, así como, el número de neuronas de la capa oculta y la función de activación para esta misma capa. Las redes con los mejores desempeños en cuanto a R2 y MSE fueron, para T95, pretratamiento 2, arquitectura 24:20:1 - LogSig, reportando R2 de 0.9803 y MSE de 0.2784; para FP, pretratamiento 1, arquitectura 20:25:1 - TanSig, reportando R2 de 0.9775 y MSE de 0.9644. Los desempeños mostrados por estas arquitecturas de red cumplieron con los valores de repetibilidad y reproducibilidad especificadas en las normas ASTM D86 y ASTM D93 para la T95 y el FP, respectivamente. Estas redes resultaron resilientes al considerar el 15% de datos atípicos, reportando también el cumplimiento de las respectivas restricciones de repetibilidad y reproducibilidad. Asimismo, la prueba de sensibilidad indica que los picos que más contribuyen para el ajuste de las arquitecturas de red están relacionados con composiciones bajas de compuestos, tanto para la T95 como para el FP.

4. RECOMENDACIONES

Aumentar el número de espectros IR de muestras de diésel en el entrenamiento y la validación de las arquitecturas de red con mejor desempeño para ampliar la aplicación de los modelos desarrollados.

BIBLIOGRAFÍA

ALEME, Helga & BARBEIRA, Paulo. Determination of flash point and cetane index in diesel using distillation curves and multivariate calibration. Universidad Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciencias Exactas. Departamento de Química.

ALVES, Julio Cesar; HENRIQUES, Claudete y POPPI, Ronei. Determination of diesel quality parameters using support vector regression and near infrared spectroscopy for an in-line blending optimizer system. [Base de datos en línea]. Julio 2012. ELSEVIER, Volumen 97, 2012, 710-717.(Recuperado en 25 enero 2018). Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236112002256>

BALABIN RM, SAFIEVA RZ, LOMAKINA EI. Near-infrared (NIR) spectroscopy for motor oil classification: from discriminant analysis to support vector machines. Department of Chemistry and Applied Biosciences, Zurich, Switzerland. 2011

BALDRICH. Carlos & NOVOA. Luz-Ángela. Rapid characterization of diesel fuel by infrared spectroscopy. [Base de datos en línea]. Noviembre 222 de 2006. Revista CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro, vol.3 no.2 Bucaramanga. (Recuperado en 12 de febrero de 2018). Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832006000200013

ECHEVERRÍA, Oscar. Análisis y correlación del contenido de biocombustibles, punto de chispa y t95 para el diésel utilizando espectroscopia infrarroja y métodos quimio métricos. Pregrado Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Facultad d Ingeniería Química. 2016

ECHEVERRÍA, Oscar. Análisis y correlación del contenido de biocombustibles, punto de chispa y t95 para el diésel utilizando espectroscopia infrarroja y métodos químico métricos. Tesis pregrado Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química. 2016

EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS. Acuerdo para la definición de parámetros de calidad para el despacho de productos refinados desde y hacia la Refinería de Barrancabermeja (GRB) en los poliductos y oleoductos de la Vicepresidencia de Transporte y Logística. Barrancabermeja.ECOPETROL, 2014.

FÍGOLI, Beatriz. Desarrollo de una metodología no invasiva basada en espectroscopia Infrarroja, para la detección del potencial reproductivo de embriones previo a su transferencia en tratamientos de fertilización asistida 2017. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Facultad de ciencias exactas.2017

GEVREY, Muriel; DIMOPOULOS, Ioannis; LEK, Sovan. Review and comparison of methods to study to contribution of variables in artificial neural network models. [Base de datos en línea]. Marzo 22 de 2003. Ecological modelling, Vol. 160, 2003, 349-264. (Recuperado en 27 de enero de 2018). Disponible: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380002002570>.

INTERNATIONAL ASTM. Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure [En línea]. Universidad Industrial de Santander. 2016.

INTERNATIONAL ASTM. Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester. [Base de datos en línea]. American National Standard. 2003. (recuperado en 25 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.shxf17.com/pdf/ASTMD93-02a.pdf>

JATINDER, Kumar & AJAY, Bansal. Application of artificial neural network to predict properties of diésel –biodiesel blends. En: Kathmandu. University Journal of Science, engineering and technology. Noviembre, 2010, vol. 6, no 2, pp 98-103.

KAUPPINEN, Ari; TOIVIAINEN, Maunu; AALTONEN, Jaakko; KORHONEN, Ossi; JARVINEN, Kristiin; JUUTI, Mikko; PELLINEN, Riikka y KETOLAINEN, Jarkko. Microscale Freeze-Drying with Raman Spectroscopy as a Tool for Process Development. Kuapio, Finland: Anal. Chem., 2013, 85 (4), pp 2109–2116. (Recuperado el 21 de noviembre de 2017)

KHAMIS, Azme., ISMAIL, Zuhaimy , HARON, Khalid ., MOHAMMED, Ahmad. The Effects of Outlier Data on Neural Network Performance. 2015.. J. Applied Science, vol5, p .1394-1398.

KHAMIS, Azme., ISMAIL, Zuhaimy , HARON, Khalid ., MOHAMMED, Ahmad. The Effects of Outlier Data on Neural Network Performance. 2015.. J. Applied Science, 5, 1394-1398.

LAMUS, A; GUZMAN, B; MURCIA, R; CABANZO y MEJÍA-OSPINO, E. Uso de Análisis Multivariado En La Determinación SARA De Crudos Por Espectroscopia NIR. [Base de datos en línea]. Octubre 4 de 2011. Revisata colombiana de física, Vol. 43, No. 3 de 2011. (Recuperado en 10 febrero 2018). Disponible: https://www.researchgate.net/publication/237045492_Uso_de_Analisis_Multivariado_En_La_Determinacion_SARA_De_Crudos_Por_Espectroscopia_NIR

LAREDO, Georgina C, FIGUEROA, Yolanda & JIMENEZ, Federico. Comparación de los métodos analíticos existentes para la determinación del contenido de compuestos aromáticos presentes en el petróleo y sus derivados. En: Revista de la sociedad química de México, vol.47 no.3 septiembre 2003.

LIMA, Enrique. Detección de ataques epilépticos con anticipación mediante clasificación de señales FNIRS usando redes convolucionales. Maestría en Ciencias de la Computación. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería. Departamento de Computación. 2017.

MACHO APARICIO, S. Metodologías analíticas basadas en espectroscopia de infrarrojo y calibración multivariante: Aplicación a la industria petroquímica. Tesis doctoral. Universidad Rovira i Virgili. Departamento de química analítica y química orgánica. Tarragona, 2012.

MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 45. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 23. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

MARÍN DIAZARAQUE, Juan. Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Universidad Carlos III de Madrid. [En línea]. 2012. p. 19. (Recuperado en 16 enero de 2018). Disponible en: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/CursoNN12.pdf>

MESA, Liliana & FALCÓN, José. Evaluación del grado de contaminación por petróleo en aguas de la bahía de Santiago de Cuba. En: revista boliviana de química. 2017, vol. 34, núm. 2, pp. 56-64.

MINISTERIO DE JUSTICIA. Resolución 9-0963 (11 de septiembre de 2014) [En línea]. Por la cual se modifica el artículo 4o de la Resolución número 898 de 1995, modificado por la Resolución número 182087 de 2007, en relación con los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Diario Oficial No. 49.271 de 11 de septiembre de 2014 p.8. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_90963_2014.pdf

MINISTERIO DE JUSTICIA. Resolución 9-0963 (11 de septiembre de 2014) [En línea]. Por la cual se modifica el artículo 4o de la Resolución número 898 de 1995, modificado por la Resolución número 182087 de 2007, en relación con los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión. Diario Oficial No. 49.271 de 11 de septiembre de 2014 p.8. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: http://servicios.minminas.gov.co/compilacionnormativa/docs/pdf/resolucion_minminas_90963_2014.pdf

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Materia de calidad de combustibles, los niveles y las características de las emisiones en los motores diésel dependen de los parámetros de calidad del diésel: Proyecto de resolución. [En línea]. Bogotá D.C, 2017. p.1-3. (Recuperado el 20 noviembre 2017). Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/674559/memoria+t95+160620171.pdf/38d2eb3b-2de2-4a37-8e17-5949821f3c45>

MORENO RODRÍGUEZ, Alfonso. Desarrollo de una interfaz gráfica de redes neuronales usando Matlab. Tesis pregrado Ingeniería Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería [En línea]. 2009. P. 14. (Recuperado en 10 enero de 2018). Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8488>

NARVAEZ, Fabio; SIERRA, Emiro; MONTENEGRO, Manuel. (2012) Modelo basado en redes neuronales para predecir las emisiones en un motor diésel que opera con mezclas de biodiésel de higuera. Revistas SENA. Servicio Nacional de Aprendizaje. Recuperado de: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/viewFile/28/33 pagina 47

OLDEN, Julian; JOY, Michael; DEATH, Russell. An accurate comparison of methods for quantifying variable importance in artificial neural networks using simulated data. [Base de datos en línea]. Marzo 15 de 2004. En: Ecological modelling, vol.178, 2004, 389-97. (Recuperado en 16 de mayo de 2017). Disponible en <http://www.sciencedirect.com>

PASADAKIS N.; SOURLIGAS S. y FOTEINOPOULOS Ch.. Prediction of the distillation profile and cold properties of diesel fuels using mid-IR spectroscopy and neural networks. Mineral Resources Engineering Department, Technical University of Crete, Kounoupidiana, 73100 Chania, Greece

QUINTANA BLANCO, Asnaldo. Implementación de un sistema de redes neuronales en matlab para la predicción del equilibrio líquido – vapor de mezclas binarias selectas. Universidad de San Buenaventura. Seccional Cartagena. 2015.

ROMAN M. Balabin, EKATERINA I. Lomakina, RAVILYA Z. Safieva. Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: Analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy. Disponible en ELSEVIER. Diciembre, 2010. P. 2007-2015.

ROMAN M. Balabin, EKATERINA I. Lomakina, RAVILYA Z. Safieva. Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: Analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy. En: ELSEVIER. Diciembre, 2010. P. 2007-2015

ROMERO GAMERO, Miguel. Desarrollo de nuevas metodologías analíticas en el control de calidad de la industria farmacéutica. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de química. [En línea]. 2002. P.56. (Recuperado en 10 enero de 2018). Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3127/marg3de9.pdf>

SERRANO. Antonio, SORIA. Emilio & MARTÍN, José. Redes neuronales artificiales. Universidad de Valencia. [En línea]. 2010. P. 32. (Recuperado en 20 enero de 2018). Disponible en: http://ocw.uv.es/ingenieria-y-arquitectura/1-2/libro_ocw_libro_de_redes.pdf

SI-MOUSSA, C. et al. Prediction of high- pressure vapor liquid equilibrium of six binary systems, carbón dioxide with six esters, using an artificial neural network model. [Base de datos en línea]. Marzo 2008. En: Brazilian journal of Chemical Engineering, vol. 25, no1., p. 183 y 195. (Recuperado en enero 15 de 2018). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/b985/22eff45008ebaa86d5ddb77f2436907ae547.pdf>

SOLOMON, Giwa; SUNDAY, Adekomaya; KAYODE, Adama & MORUF, Mukaila. Prediction of selected biodiesel fuel properties using artificial neural network. En: Frontiers in energy. December, 2015, vol 9, pp 433–445.

SOUSA FERNANDES, David Douglas; GOMES, Adriano; BEZERRA DA COSTA, gear. Determination of biodiesel content in biodiesel/diesel blends using NIR and

visible spectroscopy with variable selection. [Base de datos en línea]. Diciembre 15 2011. ELSEVIER, Volumen 87, 2011, 30-34. (Recuperado en 1 febrero 2018). Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914011008307>

SUAREZ, Alfonso. La refinería de Barrancabermeja va en la ruta hacia el Euro VI. [En línea]. Revista Portafolio. 2017. (Recuperado en 20 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/la-refineria-de-barrancabermeja-va-en-la-ruta-hacia-el-euro-vi-506028>

WORKMAN J. Jr., WEYER L., Practical Guide to Interpretive Near Infrared Spectroscopy, CRC Press, Boca Raton, 2008. ISBN 9781439875254

ANEXOS

Anexo A. Muestras con sus respectivas propiedades proporcionadas por la GRB

Muestras	LAB FP [°C]	LAB T95[°C]	Muestras	LAB FP [°C]	LAB T95[°C]
1	71.1	365.7	32	77.8	365
2	65.6	366.4	33	76.7	368.4
3	75.6	360.1	34	69.4	364.2
4	68.9	368.2	35	74.4	369
5	68.3	368.8	36	72.2	365.1
6	66.7	366.7	37	74.4	368.8
7	68.9	364.1	38	76.7	367.2
8	71.1	371.6	39	75.6	364.7
9	74.4	373.2	40	78.3	365.5
10	75.6	370	41	80.6	363.2
11	72.2	367.3	42	76.7	367.3
12	68.9	372.7	43	76.7	367.8
13	66.1	362.3	44	77.8	367.3
14	69.4	357	45	77.8	365.5
15	86.7	364.8	46	70	367.4
16	77.8	366.1	47	77.8	367.2
17	82.2	367.8	48	77.8	367.4
18	81.1	367.1	49	92.2	373.6
19	74.4	366.8	50	76.7	369
20	82.2	366.5	51	70	368
21	75.6	363.3	52	76.7	367.5
22	74.4	363.7	53	77.8	362.1
23	74.4	366.8	54	77.8	367.9
24	77.8	362.1	55	76.7	368.4
25	78.9	360.8	56	72.2	366.6

Muestras	LAB FP [°C]	LAB T95[°C]	Muestras	LAB FP [°C]	LAB T95[°C]
26	78.9	359.7	57	78.3	364.3
27	75.6	364.1	58	78.3	365.6
28	78.9	367	59	78.9	368.4
29	73.3	360.8	60	71.1	368.6
30	77.8	366.2	61	72	370.3
31	74.4	369.3			

Anexo B. Datos de todo el rango espectral a analizar para llegar a las óptimas condiciones

Pretratamiento 1. (4444.2-4174.2 cm⁻¹)

N° MUESTRA/ LONGITUD DE ONDA	4444.2	4433.0	4403.7	4390.2	4369.0	4356.2	4324.6	4309.2	4293.8	4264.8	4251.3	4232.0	4222.4	4212.8	4189.6	4174.2
1	-7.7E-05	-6.3E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.2E-04	-3.3E-04	1.5E-03	-1.7E-03	2.8E-04	4.6E-05	1.3E-04	-9.9E-05	3.9E-04
2	-7.9E-05	-6.4E-05	5.3E-04	-4.8E-04	-5.8E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.2E-04	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.8E-04	5.9E-05	1.3E-04	-1.1E-04	3.8E-04
3	-7.3E-05	-6.4E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.4E-03	-2.4E-03	1.7E-05	-3.1E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	6.5E-05	1.5E-04	-1.0E-04	3.7E-04
4	-7.6E-05	-6.0E-05	5.9E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.4E-03	1.8E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.6E-04	5.3E-05	1.3E-04	-1.1E-04	3.7E-04
5	-7.9E-05	-5.2E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	7.1E-05	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.6E-04	5.6E-05	1.4E-04	-9.9E-05	3.8E-04
6	-7.4E-05	-6.4E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.7E-06	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.7E-04	5.3E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.7E-04
7	-7.2E-05	-5.9E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.4E-03	-2.7E-05	-2.9E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.7E-04	7.6E-05	1.3E-04	-7.9E-05	3.6E-04
8	-7.2E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.7E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	2.1E-05	-2.8E-04	1.4E-03	-1.4E-03	2.4E-04	5.8E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.6E-04
9	-7.4E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.2E-03	4.3E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.2E-04	7.0E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.6E-04
10	-7.8E-05	-7.0E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-6.3E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.2E-04	5.9E-05	1.4E-04	-1.0E-04	3.6E-04
11	-7.8E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	1.3E-05	-3.1E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.6E-04	4.5E-05	1.5E-04	-1.0E-04	3.7E-04
12	-7.9E-05	-5.4E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.2E-03	-2.2E-03	3.1E-06	-3.0E-04	1.2E-03	-1.3E-03	2.4E-04	5.0E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.6E-04
13	-7.9E-05	-5.4E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	1.3E-05	-3.1E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.6E-04	4.5E-05	1.5E-04	-1.0E-04	3.7E-04
14	-7.5E-05	-6.5E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.4E-03	9.3E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.4E-04	6.7E-05	1.3E-04	-8.2E-05	3.7E-04
15	-7.2E-05	-5.5E-05	5.2E-04	-4.3E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.1E-03	1.2E-04	-3.0E-04	1.2E-03	-1.3E-03	2.2E-04	8.2E-05	1.3E-04	-9.8E-05	3.6E-04
16	-6.9E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.8E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.2E-03	-4.0E-05	-3.1E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.2E-04	6.2E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.5E-04
17	-7.0E-05	-4.0E-05	5.2E-04	-4.6E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.1E-03	-5.5E-05	-3.1E-04	1.2E-03	-1.3E-03	2.1E-04	7.0E-05	1.6E-04	-1.0E-04	3.8E-04
18	-7.2E-05	-5.2E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.2E-03	3.3E-05	-3.2E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.1E-04	7.4E-05	1.4E-04	-1.0E-04	3.9E-04
19	-7.8E-05	-6.4E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.2E-03	-2.3E-03	-2.8E-05	-3.2E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.3E-04	4.8E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.8E-04
20	-7.5E-05	-6.8E-05	5.1E-04	-4.4E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.2E-03	3.6E-05	-3.1E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.1E-04	7.4E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.7E-04
21	-7.4E-05	-6.6E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-4.0E-06	-3.0E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.2E-04	7.6E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.9E-04
22	-7.7E-05	-5.5E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-2.4E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.3E-04	6.1E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.7E-04
23	-7.5E-05	-5.8E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.5E-04	6.8E-05	1.3E-04	-1.3E-04	3.7E-04
24	-7.4E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.5E-03	4.5E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.7E-04	5.3E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.8E-04
25	-7.6E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.6E-04	6.2E-05	1.4E-04	-1.2E-04	3.5E-04
26	-6.9E-05	-6.6E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.7E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.1E-04	-3.3E-04	1.5E-03	-1.7E-03	2.8E-04	6.0E-05	1.2E-04	-1.1E-04	3.7E-04
27	-7.4E-05	-5.9E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.4E-05	-3.1E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	6.0E-05	1.3E-04	-1.1E-04	4.0E-04
28	-7.3E-05	-5.6E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	1.0E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	5.3E-05	1.5E-04	-1.2E-04	3.9E-04
29	-7.3E-05	-5.6E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.3E-03	9.0E-07	-3.1E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	7.2E-05	1.5E-04	-1.2E-04	3.9E-04
30	-7.3E-05	-5.4E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.4E-03	8.0E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.7E-04	5.1E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.8E-04
31	-7.8E-05	-6.1E-05	5.2E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	3.7E-05	-3.3E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.4E-04	4.8E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.7E-04
32	-7.0E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.4E-03	2.9E-05	-2.9E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.6E-04	5.2E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.9E-04
33	-7.7E-05	-5.1E-05	5.1E-04	-4.4E-04	-5.7E-04	2.3E-03	-2.4E-03	6.1E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	5.9E-05	1.6E-04	-1.1E-04	3.9E-04
34	-7.3E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	3.5E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.5E-04	6.9E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.8E-04
35	-7.3E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	1.3E-04	-3.6E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.7E-04	6.1E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.8E-04
36	-7.5E-05	-6.1E-05	5.2E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.5E-04	8.0E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.8E-04
37	-7.0E-05	-5.8E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	7.1E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.6E-04	6.8E-05	1.3E-04	-1.0E-04	3.6E-04
38	-7.2E-05	-5.3E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	1.2E-04	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.8E-04	5.2E-05	1.4E-04	-1.2E-04	3.8E-04
39	-7.4E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.0E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.7E-04	6.0E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.7E-04
40	-7.8E-05	-6.2E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.7E-03	9.1E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	5.1E-05	1.5E-04	-1.2E-04	3.9E-04
41	-8.1E-05	-7.0E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	6.7E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	7.0E-05	1.2E-04	-9.7E-05	3.8E-04
42	-8.1E-05	-6.9E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	8.2E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	4.9E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.8E-04
43	-8.2E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	8.6E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.8E-04	4.4E-05	1.4E-04	-1.0E-04	3.8E-04
44	-7.5E-05	-5.7E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	3.9E-05	-3.5E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.6E-04	5.1E-05	1.5E-04	-1.2E-04	3.6E-04
45	-7.7E-05	-5.1E-05	5.4E-04	-4.8E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.2E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.6E-03	2.5E-04	6.6E-05	1.5E-04	-1.1E-04	3.8E-04
46	-7.8E-05	-5.3E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	8.6E-05	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.8E-04	5.7E-05	1.4E-04	-1.2E-04	3.8E-04
47	-7.5E-05	-6.7E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.5E-03	-2.5E-03	1.3E-04	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.8E-04	7.5E-05	1.3E-04	-1.1E-04	3.7E-04
48	-7.5E-05	-7.0E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.1E-04	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	3.0E-04	4.2E-05	1.4E-04	-1.3E-04	3.8E-04
49	-7.6E-05	-6.6E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.5E-04	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.8E-04	6.6E-05	1.3E-04	-1.1E-04	3.8E-04
50	-7.4E-05	-4.1E-05	5.1E-04	-4.3E-04	-5.3E-04	2.3E-03	-2.3E-03	4.4E-05	-2.8E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	7.7E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.8E-04
51	-7.1E-05	-5.9E-05	5.1E-04	-4.8E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.7E-04	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	6.0E-05	1.3E-04	-1.3E-04	3.9E-04
52	-7.4E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	8.6E-05	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.6E-04	7.0E-05	1.3E-04	-1.2E-04	3.9E-04
53	-7.0E-05	-6.7E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.3E-04	-3.3E-04	1.4E-03	-1.7E-03	2.8E-04	6.4E-05	1.3E-04	-1.1E-04	4.0E-04
54	-7.0E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.4E-04	-3.3E-04	1.4E-03	-1.7E-03	2.8E-04	5.6E-05	1.4E-04	-1.2E-04	3.8E-04
55	-7.0E-05	-6.3E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.8E-03	1.6E-04	-3.8E-04	1.5E-03	-1.7E-03	3.2E-04	3.9E-05	1.2E-04	-1.2E-04	4.0E-04
56	-8.3E-05	-6.4E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	7.1E-05	-3.2E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.4E-04	6.3E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.7E-04
57	-8.3E-05	-5.3E-05	5.4E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	5.2E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.6E-04	6.8E-05	1.2E-04	-1.2E-04	3.6E-04
58	-7.8E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.4E-03	3.3E-05	-3.2E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	5.4E-05	1.4E-04	-1.1E-04	3.6E-04
59	-7.0E-05	-5.4E-05	5.4E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	4.9E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	5.4E			

Pretratamiento 1. (4158.8- 3954.3 cm⁻¹)

N° MUESTRA/ LONGITUD DE ONDA	4158.8	4139.5	4108.6	4087.4	4073.9	4064.2	4050.7	4037.2	4018.0	4008.3	3996.7	3983.2	3967.8	3954.3
1	-2.65E-04	1.1E-04	-9.3E-05	-1.8E-04	7.8E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	-2.8E-05	5.1E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-1.5E-04
2	-2.5E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.6E-04	8.2E-04	-2.6E-04	-5.5E-04	1.5E-04	1.1E-04	-3.8E-05	6.1E-05	-1.4E-04	1.0E-04	-1.5E-04
3	-2.7E-04	1.0E-04	-9.7E-05	-1.8E-04	7.4E-04	-1.8E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.7E-05	-2.9E-05	4.2E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-1.5E-04
4	-2.7E-04	1.1E-04	-1.7E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-1.8E-04	-6.1E-04	1.4E-04	1.2E-04	-3.8E-05	5.1E-05	-1.3E-04	9.6E-05	-1.5E-04
5	-2.6E-04	9.7E-05	-1.1E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.6E-05	-2.6E-05	5.7E-05	-1.2E-04	9.6E-05	-1.6E-04
6	-2.8E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.8E-04	7.9E-04	-2.5E-04	-5.7E-04	1.3E-04	1.0E-04	-3.1E-05	6.5E-05	-1.4E-04	1.0E-04	-1.5E-04
7	-2.6E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.6E-04	-2.2E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.9E-05	-3.3E-05	5.7E-05	-1.3E-04	8.9E-05	-1.5E-04
8	-2.8E-04	1.0E-04	-1.0E-04	-1.6E-04	7.2E-04	-1.6E-04	-6.0E-04	1.4E-04	1.0E-04	-2.8E-05	4.9E-05	-1.1E-04	9.0E-05	-1.5E-04
9	-2.8E-04	1.1E-04	-8.4E-05	-1.6E-04	7.3E-04	-6.0E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.6E-05	-3.2E-05	5.4E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.6E-04
10	-2.7E-04	1.1E-04	-8.8E-05	-1.7E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-6.0E-04	1.3E-04	1.0E-04	-3.1E-05	5.4E-05	-1.1E-04	9.5E-05	-1.4E-04
11	-2.7E-04	1.0E-04	-1.0E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-2.0E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.7E-05	-2.7E-05	3.9E-05	-1.1E-04	9.8E-05	-1.4E-04
12	-2.8E-04	1.1E-04	-9.1E-05	-1.6E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.9E-04	1.4E-04	9.8E-05	-3.5E-05	5.3E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.5E-04
13	-2.7E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.0E-04	-4.1E-05	4.8E-05	-1.2E-04	9.1E-05	-1.5E-04
14	-2.7E-04	1.2E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.9E-04	-2.3E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.8E-05	4.2E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.6E-04
15	-2.9E-04	1.1E-04	-8.8E-05	-1.6E-04	6.7E-04	-2.1E-05	-6.3E-04	1.2E-04	9.5E-05	-3.1E-05	3.2E-05	-1.0E-04	8.3E-05	-1.5E-04
16	-2.7E-04	9.0E-05	-1.1E-04	-1.6E-04	7.0E-04	-1.2E-04	-6.1E-04	1.4E-04	9.2E-05	-2.0E-05	3.5E-05	-1.1E-04	9.9E-05	-1.6E-04
17	-3.1E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.5E-04	7.1E-04	-1.2E-04	-6.3E-04	1.4E-04	9.1E-05	-2.6E-05	4.4E-05	-9.5E-05	1.1E-04	-1.6E-04
18	-2.8E-04	9.6E-05	-1.1E-04	-1.6E-04	7.0E-04	-1.2E-04	-6.1E-04	1.4E-04	9.0E-05	-3.1E-05	3.6E-05	-1.0E-04	1.0E-04	-1.5E-04
19	-2.7E-04	9.9E-05	-9.9E-05	-1.5E-04	7.2E-04	-1.3E-04	-6.1E-04	1.3E-04	1.0E-04	-4.1E-05	4.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-1.5E-04
20	-2.8E-04	1.0E-04	-1.0E-04	-1.6E-04	7.0E-04	-1.2E-04	-6.2E-04	1.3E-04	1.0E-04	-2.8E-05	2.9E-05	-1.0E-04	9.3E-05	-1.5E-04
21	-2.8E-04	1.1E-04	-9.1E-05	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	1.0E-04	-3.8E-05	4.1E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-1.6E-04
22	-2.8E-04	1.2E-04	-9.4E-05	-1.6E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.8E-05	-3.1E-05	3.6E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-1.6E-04
23	-2.7E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-1.9E-04	-6.0E-04	1.4E-04	8.9E-05	-1.9E-05	3.4E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.8E-04
24	-2.9E-04	1.2E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.9E-04	-5.8E-04	1.3E-04	9.0E-05	-2.0E-05	3.7E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.7E-04
25	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.9E-04	-5.8E-04	1.5E-04	9.7E-05	-3.6E-05	4.6E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.6E-04
26	-2.8E-04	9.9E-05	-1.8E-04	-1.8E-04	7.7E-04	-2.2E-04	-5.7E-04	1.5E-04	9.2E-05	-2.9E-05	4.1E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-1.7E-04
27	-2.9E-04	1.0E-04	-9.6E-05	-1.7E-04	7.8E-04	-2.1E-04	-5.9E-04	1.4E-04	9.9E-05	-1.3E-04	4.1E-05	-1.3E-04	1.2E-04	-1.8E-04
28	-2.9E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.4E-04	-6.1E-04	1.5E-04	1.0E-04	-3.1E-05	3.1E-05	-1.1E-04	1.2E-04	-1.7E-04
29	-2.9E-04	1.0E-04	-8.5E-05	-1.7E-04	7.1E-04	-1.4E-04	-6.1E-04	1.4E-04	1.0E-04	-2.7E-05	2.7E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.7E-04
30	-2.7E-04	1.1E-04	-1.2E-04	-1.7E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.5E-05	4.0E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.8E-04
31	-2.9E-04	1.1E-04	-8.9E-05	-1.8E-04	7.5E-04	-1.9E-04	-6.0E-04	1.4E-04	1.0E-04	-2.4E-05	2.9E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-1.8E-04
32	-2.7E-04	1.1E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	7.3E-04	-1.6E-04	-6.1E-04	1.3E-04	9.5E-05	-3.1E-05	3.1E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-1.7E-04
33	-2.6E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.5E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-6.0E-04	1.5E-04	1.2E-04	-4.1E-05	3.2E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.8E-04
34	-2.8E-04	8.8E-05	-1.0E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-5.9E-04	1.3E-04	1.0E-04	-2.9E-05	3.9E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.8E-04
35	-2.8E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.8E-04	7.9E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.3E-05	4.2E-05	-1.3E-04	1.2E-04	-1.8E-04
36	-2.7E-04	1.1E-04	-9.5E-05	-1.7E-04	7.7E-04	-1.9E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.7E-05	3.4E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.7E-04
37	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.5E-05	-3.1E-05	4.1E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.7E-04
38	-2.6E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.9E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.5E-04	1.0E-04	-3.2E-05	4.1E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.7E-04
39	-2.6E-04	9.0E-05	-1.1E-04	-1.8E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.6E-04	1.4E-04	9.9E-05	-2.7E-05	4.5E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-1.6E-04
40	-2.7E-04	9.1E-05	-9.6E-05	-1.8E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.7E-04	1.5E-04	1.1E-04	-3.5E-05	4.3E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.7E-04
41	-2.7E-04	9.6E-05	-1.1E-04	-1.8E-04	7.4E-04	-1.8E-04	-5.7E-04	1.3E-04	9.8E-05	-2.1E-05	3.7E-05	-1.3E-04	9.9E-05	-1.7E-04
42	-2.8E-04	9.7E-05	-8.8E-05	-1.7E-04	7.2E-04	-1.6E-04	-5.9E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.2E-05	3.5E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.6E-04
43	-2.9E-04	8.6E-05	-1.0E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-1.8E-04	-5.9E-04	1.4E-04	8.9E-05	-2.5E-05	4.0E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.8E-04
44	-2.8E-04	1.0E-04	-8.8E-05	-1.8E-04	7.7E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.5E-04	1.0E-04	-2.8E-05	3.8E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-1.7E-04
45	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.5E-04	1.0E-04	-3.2E-05	4.4E-05	-1.2E-04	1.2E-04	-1.7E-04
46	-2.7E-04	1.0E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	7.6E-04	-1.9E-04	-5.9E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.1E-05	3.8E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-1.7E-04
47	-2.7E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.9E-04	1.5E-04	1.1E-04	-3.5E-05	4.0E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.6E-04
48	-2.6E-04	9.3E-05	-1.1E-04	-1.8E-04	7.8E-04	-2.2E-04	-5.6E-04	1.5E-04	1.1E-04	-3.8E-05	3.8E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.7E-04
49	-2.7E-04	9.7E-05	-9.8E-05	-1.6E-04	7.8E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.1E-04	-2.8E-05	4.9E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.7E-04
50	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.6E-04	6.7E-04	-2.2E-05	-6.2E-04	1.3E-04	8.7E-05	-8.8E-06	3.5E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-1.6E-04
51	-2.8E-04	9.9E-05	-1.1E-04	-1.6E-04	7.7E-04	-2.2E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.8E-05	-3.3E-05	4.8E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-1.6E-04
52	-2.8E-04	9.9E-05	-1.1E-04	-1.7E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.3E-05	4.5E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-1.7E-04
53	-2.7E-04	8.5E-05	-9.4E-05	-1.6E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.5E-04	1.0E-04	-3.6E-05	4.5E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.7E-04
54	-2.8E-04	1.1E-04	-9.1E-05	-1.8E-04	7.8E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.5E-04	1.0E-04	-2.7E-05	5.0E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-1.7E-04
55	-2.7E-04	1.1E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	8.2E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	-4.0E-05	5.4E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-1.7E-04
56	-2.8E-04	1.0E-04	-9.1E-05	-1.8E-04	7.5E-04	-1.8E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.3E-05	-3.2E-05	3.4E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.6E-04
57	-2.8E-04	1.2E-04	-8.1E-05	-1.7E-04	7.6E-04	-1.7E-04	-5.9E-04	1.3E-04	9.5E-05	-3.4E-05	4.7E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.6E-04
58	-2.9E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.6E-04	7.3E-04	-1.6E-04	-6.0E-04	1.3E-04	9.4E-05	-2.9E-05	4.6E-05	-1.0E-04	1.1E-04	-1.5E-04
59	-3.0E-04	1.0E-04	-9.3E-05	-1.7E-04	7.5E-04	-1.6E-04	-6.1E-04	1.4E-04	1.0E-04	-3.1E-05	4.5E-05	-1.0E-04	1.1E-04	-1.6E-04
60	-2.7E-04	1.1E-04	-7.7E-05	-1.7E-04	7.3E-04	-1.4E-04	-6.1E-04	1.3E-04	1.0E-04	-3.5E-05	4.5E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-1.6E-04
61	-2.8E-04	1.2E-04	-8.7E-05	-1.6E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.1E-05	-2.8E-05	4.4E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-1.5E-04

Pretratamiento 2. (4446.1- 4187.7 cm-1)

1	4446.1	4423.0	4403.7	4390.2	4369.0	4336.2	4324.6	4309.2	4295.7	4264.8	4251.3	4230.1	4212.8	4187.7
2	-7.2E-05	-6.3E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.2E-04	-3.5E-04	1.5E-03	-1.7E-03	2.5E-04	1.3E-04	-1.0E-04
3	-7.8E-05	-6.4E-05	5.3E-04	-4.8E-04	-5.8E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.2E-04	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.5E-04	1.3E-04	-1.1E-04
4	-6.8E-05	-6.0E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.4E-03	-2.4E-03	1.4E-05	-3.2E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.5E-04	-1.0E-04
5	-7.2E-05	-6.3E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.3E-03	1.3E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.4E-04	-1.1E-04
6	-7.5E-05	-5.2E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	7.1E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.3E-04	1.3E-04	-1.1E-04
7	-6.8E-05	-6.2E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.7E-06	-3.1E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.1E-04	1.4E-04	-1.1E-04
8	-6.9E-05	-5.9E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.2E-03	2.2E-05	-2.9E-04	1.2E-03	-1.4E-03	1.9E-04	1.3E-04	-8.0E-05
9	-6.9E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.7E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	2.1E-05	-2.9E-04	1.4E-03	-1.4E-03	2.2E-04	1.5E-04	-1.1E-04
10	-7.2E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.2E-03	-4.2E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.0E-04	1.3E-04	-1.1E-04
11	-7.2E-05	-7.0E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-6.3E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.0E-04	1.4E-04	-9.2E-05
12	-7.8E-05	-5.4E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	2.3E-05	-3.1E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.3E-04	1.5E-04	-1.1E-04
13	-7.8E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.2E-03	-2.2E-03	1.5E-06	-3.1E-04	1.2E-03	-1.3E-03	2.1E-04	1.4E-04	-9.8E-05
14	-7.5E-05	-6.5E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.4E-03	9.3E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.1E-04	1.4E-04	-7.8E-05
15	-6.7E-05	-5.5E-05	5.2E-04	-4.3E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.1E-03	-1.2E-04	-2.9E-04	1.2E-03	-1.3E-03	1.9E-04	1.3E-04	-1.0E-04
16	-6.1E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.4E-04	2.2E-03	-2.2E-03	-4.0E-05	-3.1E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.0E-04	1.5E-04	-1.0E-04
17	-6.5E-05	-4.0E-05	5.2E-04	-4.6E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.1E-03	-5.5E-05	-3.0E-04	1.2E-03	-1.3E-03	1.9E-04	1.6E-04	-9.6E-05
18	-6.8E-05	-5.2E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.2E-03	-3.3E-05	-3.3E-04	1.2E-03	-1.4E-03	2.0E-04	1.4E-04	-1.0E-04
19	-7.1E-05	-5.4E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.2E-03	-2.3E-03	-2.8E-05	-3.2E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.1E-04	1.5E-04	-1.0E-04
20	-7.1E-05	-6.6E-05	5.1E-04	-4.4E-04	-5.3E-04	2.2E-03	-2.2E-03	-3.6E-05	-3.0E-04	1.2E-03	-1.4E-03	1.9E-04	1.4E-04	-1.1E-04
21	-7.3E-05	-6.6E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-4.0E-06	-3.3E-04	1.3E-03	-1.4E-03	1.9E-04	1.5E-04	-9.7E-05
22	-7.8E-05	-5.5E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-2.4E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.1E-04	1.5E-04	-1.1E-04
23	-7.2E-05	-5.8E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.3E-04	-1.1E-04
24	-7.0E-05	-5.3E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.5E-03	4.5E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	1.5E-04	-9.9E-05
25	-6.8E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	1.4E-04	-1.2E-04
26	-6.7E-05	-6.6E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.7E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.1E-04	-3.5E-04	1.5E-03	-1.7E-03	2.5E-04	1.2E-04	-1.0E-04
27	-6.8E-05	-5.9E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.4E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.5E-04	1.3E-04	-1.1E-04
28	-6.9E-05	-5.9E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	1.0E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.4E-04	1.5E-04	-1.1E-04
29	-7.0E-05	-5.6E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-9.0E-07	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.1E-04	1.5E-04	-1.0E-04
30	-6.5E-05	-5.4E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.5E-03	8.0E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.4E-04	-1.1E-04
31	-7.4E-05	-6.1E-05	5.2E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	3.7E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.5E-04	-1.1E-04
32	-6.3E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.4E-03	2.9E-05	-3.0E-04	1.3E-03	-1.4E-03	2.3E-04	1.5E-04	-1.0E-04
33	-7.3E-05	-5.3E-05	5.1E-04	-4.4E-04	-5.7E-04	2.3E-03	-2.4E-03	6.1E-05	-3.1E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.6E-04	-1.1E-04
34	-7.2E-05	-5.3E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.4E-03	3.5E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.4E-04	-1.1E-04
35	-7.3E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	1.3E-04	-3.8E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.3E-04	-1.1E-04
36	-6.7E-05	-6.1E-05	5.2E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.3E-03	-2.4E-03	4.8E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.3E-04	-1.2E-04
37	-6.6E-05	-5.8E-05	5.2E-04	-4.5E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	7.1E-05	-3.3E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.3E-04	-9.7E-05
38	-7.4E-05	-5.3E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.5E-03	1.2E-04	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.5E-04	1.4E-04	-1.2E-04
39	-6.7E-05	-6.0E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.0E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.2E-04
40	-7.4E-05	-6.2E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.7E-04	2.4E-03	-2.7E-03	9.1E-05	-3.6E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.5E-04	1.5E-04	-1.1E-04
41	-7.0E-05	-7.0E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	6.7E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.3E-04	1.2E-04	-9.5E-05
42	-7.5E-05	-6.9E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	8.2E-05	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.4E-04	1.4E-04	-9.7E-05
43	-6.9E-05	-5.7E-05	5.2E-04	-4.6E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	8.6E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.6E-04	1.4E-04	-1.0E-04
44	-6.9E-05	-5.7E-05	5.2E-04	-4.7E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	6.3E-05	-3.6E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.5E-04	1.5E-04	-1.2E-04
45	-7.4E-05	-5.1E-05	5.4E-04	-4.6E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	9.2E-05	-3.5E-04	1.3E-03	-1.6E-03	2.3E-04	1.5E-04	-1.2E-04
46	-7.5E-05	-5.7E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	8.6E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.6E-04	1.4E-04	-1.1E-04
47	-6.9E-05	-6.7E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.5E-03	-2.5E-03	1.5E-04	-3.5E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.1E-04
48	-6.9E-05	-6.6E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.1E-04	-3.6E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.7E-04	1.4E-04	-1.2E-04
49	-6.8E-05	-6.6E-05	5.1E-04	-4.5E-04	-5.4E-04	2.3E-03	-2.6E-03	1.5E-04	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.6E-04	1.4E-04	-1.2E-04
50	-6.8E-05	-4.1E-05	5.1E-04	-4.3E-04	-5.3E-04	2.3E-03	-2.3E-03	-4.4E-05	-2.9E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.1E-04	1.3E-04	-1.0E-04
51	-6.8E-05	-5.9E-05	5.1E-04	-4.8E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.4E-05	-2.9E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.2E-04
52	-7.0E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.6E-03	8.6E-05	-3.6E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.2E-04
53	-6.8E-05	-6.7E-05	5.1E-04	-4.6E-04	-5.8E-04	2.4E-03	-2.6E-03	1.3E-04	-3.5E-04	1.4E-03	-1.7E-03	2.5E-04	1.3E-04	-1.1E-04
54	-6.7E-05	-6.0E-05	5.2E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.5E-03	-2.6E-03	1.4E-04	-3.4E-04	1.4E-03	-1.7E-03	2.5E-04	1.4E-04	-1.2E-04
55	-7.1E-05	-6.3E-05	5.3E-04	-4.6E-04	-5.7E-04	2.6E-03	-2.8E-03	1.6E-04	-3.9E-04	1.5E-03	-1.7E-03	2.9E-04	1.2E-04	-1.3E-04
56	-7.2E-05	-6.4E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.3E-04	2.3E-03	-2.4E-03	7.1E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.4E-04	-1.1E-04
57	-7.8E-05	-5.3E-05	5.4E-04	-4.6E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	5.2E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.3E-04	1.2E-04	-9.7E-05
58	-7.4E-05	-5.5E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.4E-03	3.3E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.5E-03	2.3E-04	1.4E-04	-9.7E-05
59	-6.7E-05	-5.4E-05	5.4E-04	-4.4E-04	-5.6E-04	2.4E-03	-2.5E-03	4.9E-05	-3.3E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.5E-04	1.3E-04	-1.1E-04
60	-6.9E-05	-5.9E-05	5.3E-04	-4.4E-04	-5.5E-04	2.4E-03	-2.5E-03	2.4E-05	-3.4E-04	1.4E-03	-1.6E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.2E-04
61	-7.7E-05	-4.9E-05	5.3E-04	-4.5E-04	-5.5E-04	2.3E-03	-2.5E-03	5.9E-05	-3.4E-04	1.3E-03	-1.5E-03	2.4E-04	1.3E-04	-1.2E-04

Pretratamiento 2. (4174.2- 3952.4 cm⁻¹)

N° MUESTRA/ LONGITUD DE ONDA	4174.2	4156.8	4137.5	4108.6	4087.4	4073.9	4064.2	4050.7	4037.2	4016.0	3994.8	3981.3	3967.8	3952.4
1	3.9E-04	-2.4E-04	1.1E-04	-9.3E-05	-1.8E-04	7.8E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	6.1E-05	-1.5E-04	1.1E-04	-2.1E-04
2	3.8E-04	-2.5E-04	9.6E-05	-1.1E-04	-1.6E-04	8.2E-04	-2.6E-04	-5.5E-04	1.5E-04	1.1E-04	6.6E-05	-1.4E-04	1.0E-04	-2.1E-04
3	3.7E-04	-2.8E-04	9.8E-05	-9.7E-05	-1.8E-04	7.4E-04	-1.8E-04	-5.8E-04	1.4E-04	8.5E-05	5.1E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.1E-04
4	3.7E-04	-2.8E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-1.8E-04	-6.1E-04	1.4E-04	9.6E-05	5.9E-05	-1.3E-04	9.6E-05	-2.1E-04
5	3.7E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.3E-05	6.4E-05	-1.3E-04	9.6E-05	-2.1E-04
6	3.8E-04	-2.5E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.8E-04	7.9E-04	-2.5E-04	-5.7E-04	1.3E-04	9.6E-05	7.3E-05	-1.5E-04	1.0E-04	-2.1E-04
7	3.7E-04	-2.6E-04	9.9E-05	-1.1E-04	-1.8E-04	7.6E-04	-2.2E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.3E-05	6.7E-05	-1.3E-04	8.9E-05	-2.1E-04
8	3.6E-04	-2.9E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.6E-04	7.2E-04	-1.6E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.1E-05	5.4E-05	-1.1E-04	9.0E-05	-2.1E-04
9	3.6E-04	-2.9E-04	1.1E-04	-8.4E-05	-1.6E-04	7.3E-04	-1.8E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.2E-05	4.7E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.1E-04
10	3.6E-04	-2.7E-04	1.1E-04	-8.8E-05	-1.7E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-6.0E-04	1.3E-04	9.4E-05	4.3E-05	-1.1E-04	9.5E-05	-2.1E-04
11	3.6E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-2.0E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.0E-05	5.7E-05	-1.1E-04	9.8E-05	-2.1E-04
12	3.6E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-9.1E-05	-1.6E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.9E-04	1.4E-04	9.7E-05	5.2E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.1E-04
13	3.7E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	1.0E-04	5.2E-05	-1.2E-04	9.1E-05	-2.1E-04
14	3.7E-04	-2.7E-04	1.2E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.9E-04	-2.3E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.7E-05	4.2E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.3E-04
15	3.6E-04	-2.9E-04	1.1E-04	-8.8E-05	-1.6E-04	6.7E-04	-7.1E-05	-6.3E-04	1.2E-04	8.9E-05	2.4E-05	-1.0E-04	8.3E-05	-2.1E-04
16	3.5E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.6E-04	7.0E-04	-1.2E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.1E-05	2.5E-05	-1.0E-04	9.3E-05	-2.1E-04
17	3.8E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
18	3.7E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-9.4E-05	-1.6E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-6.0E-04	1.4E-04	8.7E-05	3.8E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-2.2E-04
19	3.8E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.5E-04	-1.9E-04	-6.0E-04	1.4E-04	7.7E-05	3.5E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-2.4E-04
20	3.7E-04	-2.7E-04	1.2E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-6.0E-04	1.3E-04	8.6E-05	3.9E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-2.4E-04
21	3.7E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.9E-04	-5.8E-04	1.5E-04	8.3E-05	4.0E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.3E-04
22	3.7E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-9.9E-05	-1.5E-04	7.2E-04	-1.3E-04	-6.1E-04	1.3E-04	1.0E-04	4.0E-05	-9.4E-05	1.0E-04	-2.1E-04
23	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.2E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.1E-05	2.5E-05	-1.0E-04	9.3E-05	-2.2E-04
24	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
25	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
26	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
27	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
28	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
29	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
30	3.9E-04	-2.9E-04	1.3E-04	-1.3E-04	-1.6E-04	7.1E-04	-1.3E-04	-6.2E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.8E-05	-9.7E-05	1.0E-04	-2.2E-04
31	3.7E-04	-2.8E-04	1.0E-04	-8.9E-05	-1.8E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.6E-05	4.5E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.5E-04
32	3.9E-04	-2.6E-04	1.1E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	7.3E-04	-1.6E-04	-6.0E-04	1.4E-04	8.5E-05	3.4E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-2.4E-04
33	3.9E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-1.0E-04	-1.5E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-6.0E-04	1.5E-04	1.0E-04	4.0E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-2.4E-04
34	3.8E-04	-2.7E-04	9.4E-05	-1.0E-04	-1.7E-04	7.4E-04	-1.7E-04	-5.9E-04	1.3E-04	9.2E-05	4.2E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.5E-04
35	3.8E-04	-2.6E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.8E-04	7.9E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.2E-05	5.0E-05	-1.3E-04	1.2E-04	-2.5E-04
36	3.8E-04	-2.7E-04	1.1E-04	-9.5E-05	-1.7E-04	7.7E-04	-1.9E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.6E-05	3.6E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.3E-04
37	3.6E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.4E-04	9.2E-05	4.3E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.3E-04
38	3.8E-04	-2.6E-04	9.5E-05	-1.1E-04	-1.7E-04	7.9E-04	-2.3E-04	-5.7E-04	1.5E-04	1.0E-04	5.0E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.4E-04
39	3.7E-04	-2.6E-04	9.3E-05	-1.1E-04	-1.8E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.6E-04	1.4E-04	9.1E-05	4.8E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.3E-04
40	3.8E-04	-2.6E-04	9.8E-05	-9.6E-05	-1.8E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.7E-04	1.5E-04	1.0E-04	4.3E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
41	3.8E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.4E-04	-1.8E-04	-5.7E-04	1.3E-04	9.4E-05	4.2E-05	-1.4E-04	9.9E-05	-2.3E-04
42	3.8E-04	-2.8E-04	1.0E-04	-8.8E-05	-1.7E-04	7.2E-04	-1.6E-04	-5.9E-04	1.4E-04	1.0E-04	4.1E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.2E-04
43	3.8E-04	-2.9E-04	1.0E-04	-1.0E-04	-1.7E-04	7.6E-04	-1.8E-04	-5.9E-04	1.4E-04	8.8E-05	4.1E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.4E-04
44	3.6E-04	-2.7E-04	1.1E-04	-8.8E-05	-1.8E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.5E-04	9.3E-05	4.8E-05	-1.3E-04	1.0E-04	-2.3E-04
45	3.8E-04	-2.6E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.7E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.5E-04	9.2E-05	4.6E-05	-1.3E-04	1.2E-04	-2.2E-04
46	3.8E-04	-2.6E-04	1.0E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	7.6E-04	-1.9E-04	-5.9E-04	1.4E-04	9.2E-05	3.9E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-2.2E-04
47	3.7E-04	-2.6E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.9E-04	1.5E-04	9.6E-05	4.3E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
48	3.8E-04	-2.5E-04	1.0E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.8E-04	-2.2E-04	-5.6E-04	1.5E-04	1.1E-04	4.5E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.2E-04
49	3.8E-04	-2.5E-04	1.1E-04	-9.8E-05	-1.6E-04	7.8E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.9E-05	5.2E-05	-1.3E-04	1.1E-04	-2.2E-04
50	3.8E-04	-2.8E-04	1.3E-04	-1.1E-04	-1.6E-04	6.7E-04	-7.2E-05	-6.2E-04	1.3E-04	7.2E-05	3.6E-05	-1.2E-04	1.0E-04	-2.2E-04
51	3.8E-04	-2.6E-04	1.2E-04	-9.6E-05	-1.6E-04	7.7E-04	-2.2E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.6E-05	4.8E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
52	3.9E-04	-2.7E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.7E-04	7.8E-04	-2.3E-04	-5.8E-04	1.4E-04	9.3E-05	5.0E-05	-1.5E-04	1.1E-04	-2.3E-04
53	4.0E-04	-2.6E-04	9.8E-05	-9.4E-05	-1.6E-04	7.7E-04	-2.1E-04	-5.8E-04	1.5E-04	9.1E-05	4.4E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
54	3.8E-04	-2.5E-04	1.1E-04	-9.1E-05	-1.8E-04	7.8E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.5E-04	9.3E-05	5.7E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
55	4.0E-04	-2.7E-04	1.0E-04	-9.9E-05	-1.6E-04	8.2E-04	-2.4E-04	-5.7E-04	1.4E-04	1.0E-04	5.6E-05	-1.4E-04	1.1E-04	-2.3E-04
56	3.7E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.1E-04	-1.8E-04	7.5E-04	-1.8E-04	-6.0E-04	1.4E-04	9.4E-05	3.1E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.2E-04
57	3.6E-04	-2.7E-04	1.2E-04	-8.1E-05	-1.7E-04	7.6E-04	-1.7E-04	-5.9E-04	1.3E-04	9.1E-05	3.8E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.2E-04
58	3.6E-04	-2.8E-04	1.1E-04	-1.0E-04	-1.6E-04	7.3E-04	-1.5E-04	-6.0E-04	1.3E-04	8.9E-05	4.1E-05	-1.1E-04	1.1E-04	-2.1E-04
59	3.6E-04	-3.0E-04	1.0E-04	-9.3E-05	-1.7E-04	7.5E-04	-1.6E-04	-6.1E-04	1.4E-04	9.2E-05	4.5E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.2E-04
60	3.8E-04	-2.7E-04	1.1E-04	-7.7E-05	-1.4E-04	7.3E-04	-1.4E-04	-6.1E-04	1.3E-04	9.6E-05	3.5E-05	-1.2E-04	1.1E-04	-2.2E-04
61	3.5E-04	-2.6E-04	1.1E-04	-8.7E-05	-1.6E-04	7.6E-04	-2.0E-04	-5.8E-04	1.4E-04	8.6E-05	4.2E-05	-1.1E-04	1.0E-04	-2.1E-04

Anexo C. Resultados del entrenamiento de arquitecturas de red.

Matriz de 30x61 a 27x61

Abreviatura	Significado
prom MSE	promedio del error minimo al cuadrado
Prom R T	promedio del entrenamiento en la regresion
Prom R V	promedio de la validacion en la regresion
Prom test	promedio del test en la regresion
PromR ALL	promedio de entrenamiento, validacion y test
PromR ² ALL	valor de R ALL al cuadrado

Neuronas	Matriz 30x61						Matriz 29x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL
2	20.3258	0.3921	0.4848	0.3079	0.3921	0.1537	11.3345	0.6721	0.7012	0.4749	0.6394	0.4149
4	8.5586	0.7059	0.7936	0.7181	0.7208	0.5427	7.7962	0.8047	0.8792	0.7541	0.8136	0.6688
6	4.6589	0.8771	0.8945	0.8124	0.8655	0.7491	16.6772	0.6499	0.6158	0.6647	0.6476	0.4520
8	10.0890	0.6937	0.8083	0.5566	0.6991	0.4952	6.4860	0.8204	0.8023	0.7156	0.8125	0.6635
10	9.6431	0.8354	0.8574	0.7975	0.8243	0.6794	6.6653	0.8824	0.8583	0.6561	0.8547	0.7617
15	6.4566	0.7004	0.8270	0.8405	0.7382	0.5457	7.2897	0.8612	0.7961	0.7230	0.8096	0.6852
20	9.9744	0.8272	0.8149	0.8271	0.8004	0.6441	13.3284	0.7771	0.7878	0.6848	0.7586	0.5900
25	32.9997	0.5649	0.7202	0.3758	0.5886	0.4002	9.8913	0.8212	0.7799	0.8053	0.8232	0.6920
30	6.0557	0.7819	0.8157	0.6964	0.7876	0.6428	19.9099	0.6171	0.5971	0.6161	0.6180	0.4504
35	9.2021	0.6641	0.8315	0.7737	0.7037	0.5060	92.4140	0.3956	0.1543	0.3174	0.4197	0.1764
40	6.4777	0.9746	0.8874	0.7891	0.9444	0.8939	7.9794	0.8437	0.8042	0.8291	0.8372	0.7094
45	4.5954	0.8627	0.9010	0.7795	0.8592	0.7544	10.1078	0.6970	0.8440	0.8409	0.7209	0.5292
50	8.7589	0.6368	0.7509	0.5811	0.6387	0.4079	2.1218	0.9608	0.9365	0.8841	0.9557	0.9135
55	6.6900	0.8483	0.8518	0.6697	0.8128	0.6661	6.4754	0.8333	0.8484	0.5649	0.7865	0.6350
60	7.3465	0.8241	0.8426	0.6743	0.8010	0.6464	7.1307	0.8986	0.8712	0.6848	0.8787	0.7814
Neuronas	Matriz 28x61						Matriz 27x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL
2	11.2542	0.6293	0.6834	0.4009	0.5888	0.3698	25.3194	0.5850	0.5732	0.6837	0.5782	0.3375
4	14.4727	0.5832	0.6533	0.3760	0.5621	0.3833	11.2545	0.6635	0.6795	0.5288	0.6326	0.4261
6	5.3265	0.8970	0.8633	0.6641	0.8631	0.7578	9.9717	0.7252	0.7409	0.6593	0.7139	0.5155
8	7.3911	0.8042	0.8066	0.6944	0.7678	0.5902	12.5081	0.7177	0.7470	0.6737	0.7203	0.5316
10	26.7171	0.7309	0.4311	0.6056	0.6333	0.4010	19.5220	0.5189	0.5086	0.3682	0.4767	0.2775
15	9.9448	0.7887	0.7830	0.5840	0.7577	0.6253	9.4184	0.8779	0.8160	0.6182	0.8111	0.6631
20	9.3495	0.6699	0.7572	0.6765	0.6603	0.4391	16.3751	0.6518	0.6602	0.5598	0.6403	0.4358
25	13.1623	0.7228	0.7692	0.7661	0.7298	0.5406	71.7862	0.4227	0.3709	0.2475	0.3880	0.1575
30	4.7487	0.7549	0.8732	0.5263	0.7247	0.5315	56.6863	0.6230	0.6225	0.4501	0.5779	0.3661
35	5.7043	0.8908	0.8888	0.5393	0.8337	0.7136	33.6616	0.7659	0.5310	0.6674	0.6811	0.4747
40	8.1541	0.7346	0.8230	0.6975	0.7233	0.5426	7.7307	0.8953	0.7620	0.6815	0.8626	0.7612
45	5.4363	0.7712	0.8519	0.8872	0.8033	0.6527	16.4205	0.8018	0.6996	0.7911	0.7686	0.6060
50	6.9894	0.8910	0.8481	0.7401	0.8582	0.7425	30.3518	0.5493	0.3890	0.4604	0.5015	0.2753
55	14.2028	0.6868	0.7102	0.4127	0.6514	0.4549	8.9630	0.8059	0.7187	0.6210	0.7821	0.6169
60	9.2558	0.8572	0.8624	0.8414	0.8512	0.7310	7.6616	0.9291	0.8372	0.8715	0.9060	0.8272

Matriz de 26x61 a 19x61

Neuronas	Matriz 26x61						Matriz 25x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	7.8548	0.8060	0.8087	0.7389	0.7973	0.6389	10.9504	0.6814	0.7045	0.5863	0.6691	0.4480
4	6.8798	0.7822	0.8183	0.4766	0.7393	0.5494	11.8599	0.6836	0.7010	0.7412	0.6870	0.4739
6	9.1516	0.8435	0.8289	0.7755	0.8290	0.6876	2.8882	0.8164	0.9321	0.7909	0.8110	0.6622
8	9.0689	0.7547	0.7884	0.4580	0.7042	0.5204	4.4579	0.8958	0.8876	0.7878	0.8789	0.7738
10	6.0295	0.7047	0.8357	0.5373	0.6762	0.4593	8.0050	0.8736	0.8278	0.8154	0.8574	0.7358
15	2.7588	0.8814	0.9252	0.7247	0.8574	0.7533	8.7615	0.8451	0.8371	0.7628	0.8325	0.6975
20	4.3944	0.9414	0.8821	0.7544	0.8904	0.8003	42.1042	0.4642	0.4445	0.3213	0.4366	0.1996
25	11.7722	0.6816	0.7831	0.4779	0.6381	0.4268	13.0056	0.7006	0.7120	0.6620	0.6879	0.4863
30	10.7121	0.7450	0.7459	0.7258	0.7494	0.5989	8.6265	0.7464	0.8325	0.5783	0.7426	0.5664
35	5.5185	0.8098	0.8751	0.6628	0.7986	0.6426	7.4849	0.8816	0.8578	0.6719	0.8482	0.7378
40	5.0917	0.8863	0.8978	0.7325	0.8472	0.7230	4.2635	0.8917	0.9113	0.7737	0.8831	0.7905
45	24.3349	0.6397	0.7231	0.6435	0.6299	0.4183	7.2078	0.7300	0.8439	0.5656	0.7174	0.5177
50	4.5938	0.8579	0.8800	0.8395	0.8538	0.7431	81.7221	0.2237	0.0805	-0.0636	0.2373	0.0991
55	8.9019	0.8662	0.8584	0.7623	0.8492	0.7273	12.1655	0.7059	0.8097	0.6308	0.6983	0.4976
60	5.2575	0.8169	0.8724	0.7784	0.8293	0.6881	9.6494	0.7943	0.8070	0.7249	0.7820	0.6212
Neuronas	Matriz 24x61						Matriz 23x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	5.9409	0.7271	0.8299	0.6747	0.7468	0.5600	15.3904	0.6012	0.6396	0.3104	0.5431	0.3051
4	7.8930	0.6512	0.6954	0.3454	0.6019	0.3625	13.0397	0.6878	0.6195	0.5653	0.6143	0.3794
6	11.6812	0.6153	0.6917	0.5093	0.6027	0.4007	8.6884	0.7436	0.8433	0.7173	0.7754	0.6015
8	8.5083	0.8498	0.8912	0.7059	0.8350	0.7053	12.0343	0.7627	0.8091	0.6477	0.7472	0.5751
10	7.5794	0.8530	0.8502	0.7732	0.8419	0.7246	11.5030	0.7782	0.7619	0.7061	0.7548	0.5724
15	6.5254	0.8975	0.8723	0.8424	0.8765	0.7686	5.7258	0.8372	0.8731	0.7942	0.8328	0.7122
20	18.1908	0.7640	0.7927	0.6557	0.7478	0.5768	10.5031	0.7420	0.7948	0.6412	0.7392	0.5731
25	8.3599	0.7829	0.8436	0.6904	0.7709	0.6072	4.9013	0.9334	0.8591	0.9053	0.9236	0.8531
30	14.0447	0.7412	0.7211	0.7041	0.7173	0.5251	5.3559	0.8190	0.8674	0.7974	0.8305	0.6985
35	5.0669	0.8355	0.8968	0.7191	0.8349	0.7178	10.4570	0.7469	0.7575	0.3736	0.7141	0.5139
40	9.1809	0.7627	0.7570	0.6900	0.7425	0.5638	8.2886	0.8849	0.8808	0.7877	0.8673	0.7577
45	10.4098	0.6732	0.7733	0.5933	0.6708	0.4503	6.7300	0.8269	0.8230	0.6380	0.8077	0.6677
50	23.6353	0.7263	0.7626	0.7081	0.7208	0.5358	6.4395	0.7828	0.8212	0.6788	0.7849	0.6234
55	5.4214	0.8027	0.8593	0.8188	0.8039	0.6554	9.0624	0.8265	0.8199	0.6535	0.7969	0.6429
60	8.3398	0.7868	0.7924	0.8293	0.8033	0.6575	17.9869	0.7516	0.7551	0.5337	0.6930	0.4930
Neuronas	Matriz 22x61						Matriz 21x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	22.4368	0.6892	0.6512	0.4235	0.6505	0.4273	9.7948	0.7068	0.7213	0.6357	0.6987	0.4885
4	12.3619	0.7508	0.6851	0.5224	0.6934	0.5008	10.4176	0.7388	0.7732	0.6933	0.7237	0.5477
6	9.2132	0.7214	0.7359	0.5649	0.7088	0.5254	8.1101	0.8407	0.8134	0.7517	0.8217	0.6788
8	10.8532	0.7093	0.7707	0.5930	0.7071	0.5004	8.5197	0.7535	0.8200	5055.8211	0.7261	0.5278
10	24.0630	0.5832	0.6677	0.2861	0.5147	0.3201	8.5332	0.7926	0.8307	0.7866	0.7978	0.6395
15	17.0549	0.7522	0.7125	0.5367	0.7064	0.5149	4.8304	0.8929	0.9000	0.8240	0.8812	0.7778
20	9.1821	0.6588	0.7066	0.5634	0.6383	0.4215	3.1720	0.9128	0.9140	0.8278	0.8999	0.8147
25	12.1471	0.6632	0.7393	0.5789	0.6561	0.4387	6.7544	0.7777	0.8861	0.6928	0.7864	0.6188
30	63.6832	0.3427	0.4646	0.0991	0.3226	0.1387	2.7496	0.8461	0.9317	0.7191	0.8314	0.6921
35	7.8765	0.7822	0.8592	0.6462	0.7842	0.6157	5.6426	0.8441	0.9059	0.6352	0.7978	0.6632
40	3.6828	0.7743	0.8867	0.6083	0.7793	0.6123	2.8298	0.8983	0.9478	0.8226	0.8993	0.8123
45	13.1912	0.7974	0.7768	0.6777	0.7570	0.5753	8.5745	0.7850	0.8692	0.8308	0.8126	0.6603
50	3.0878	0.9522	0.9423	0.9285	0.9458	0.8978	4.1791	0.7215	0.9077	0.6644	0.7321	0.5373
55	9.7057	0.8381	0.8374	0.8414	0.8343	0.6999	4.0497	0.8551	0.8987	0.7572	0.8155	0.6723
60	5.7218	0.7301	0.8345	0.7537	0.7355	0.5474	5.1197	0.7627	0.8564	0.4465	0.6991	0.5015
Neuronas	Matriz 20x61						Matriz 19x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	8.3975	0.6964	0.7303	0.5771	0.6861	0.4902	11.0097	0.7795	0.7314	0.3171	0.6193	0.3879
4	16.0859	0.5696	0.6461	0.3883	0.5544	0.3126	9.4329	0.7195	0.7986	0.7491	0.7188	0.5196
6	2.3814	0.8531	0.9450	0.7711	0.8405	0.7121	7.9725	0.8151	0.8012	9605.7451	0.8190	0.6728
8	19.2673	0.5977	0.6159	0.4117	0.5617	0.3594	13.0346	0.7008	0.7375	0.4631	0.6726	0.4626
10	9.7804	0.6925	0.8080	0.8524	0.7404	0.5584	5.4850	0.9023	0.8959	0.7741	0.8956	0.8060
15	9.9194	0.8123	0.7766	0.7238	0.7934	0.6321	17.2706	0.6869	0.7399	0.5985	0.6809	0.5140
20	9.4263	0.7500	0.7436	0.5907	0.7188	0.5231	8.1927	0.7857	0.7816	0.5155	0.7417	0.5697
25	6.2481	0.9341	0.8602	0.8317	0.9119	0.8318	7.1134	0.6949	0.8345	0.6581	0.7036	0.4971
30	8.4436	0.7779	0.8264	0.5728	0.7305	0.5386	7.9764	0.8019	0.8184	0.5722	0.7662	0.6104
35	8.3106	0.7059	0.8279	0.6911	0.6805	0.4647	10.0591	0.6974	0.8156	0.6091	0.7199	0.5483
40	5.9176	0.7629	0.9019	0.7539	0.7644	0.5856	6.9535	0.7951	0.8487	0.5957	0.7515	0.5753
45	17.3627	0.7764	0.7308	0.8791	0.7843	0.6363	7.6036	0.6990	0.7970	0.5663	0.6561	0.4485
50	10.8905	0.8020	0.8184	0.6890	0.7832	0.6203	6.4829	0.8522	0.8983	0.6974	0.8338	0.7077
55	16.7681	0.7228	0.7037	0.7006	0.7232	0.5522	8.5836	0.8342	0.8748	0.6156	0.8294	0.6959
60	9.8096	0.7159	0.8306	0.7208	0.7421	0.5570	14.1117	0.8355	0.8450	0.4620	0.7322	0.5412

Matriz de 18x61 a 11x61

Neuronas	Matriz 18x61						Matriz 17x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	16.5223	0.6315	0.6765	0.4041	0.5875	0.3615	14.4031	0.4359	0.5416	0.3571	0.4258	0.1858
4	8.1343	0.7522	0.8290	0.6684	0.7561	0.5764	6.1132	0.8094	0.8758	0.6328	0.7597	0.5870
6	10.9917	0.7091	0.7906	0.7675	0.7206	0.5219	9.9591	0.7750	0.7844	0.6825	0.7578	0.5747
8	7.1564	0.7816	0.8020	0.7352	0.7824	0.6121	8.0400	0.8416	0.8637	0.7107	0.8084	0.6556
10	9.6888	0.8617	0.7502	0.6511	0.8218	0.6766	5.6055	0.7553	0.8169	0.8172	0.7768	0.6106
15	11.5319	0.8466	0.7357	0.5751	0.7950	0.6326	9.9619	0.7780	0.8343	0.7376	0.7841	0.6283
20	5.3040	0.9662	0.8911	0.9288	0.9479	0.9022	7.9459	0.8802	0.7992	0.6768	0.8447	0.7203
25	6.5440	0.8018	0.8675	0.7194	0.8073	0.6588	5.6967	0.7970	0.8390	0.7399	0.7859	0.6215
30	11.0164	0.8301	0.7832	0.8336	0.8178	0.6694	6.2055	0.7879	0.8293	0.6095	0.7562	0.5741
35	5.5891	0.8276	0.8966	0.8165	0.8426	0.7100	5.7604	0.8774	0.9034	0.7177	0.8542	0.7345
40	9.3057	0.7444	0.7764	0.5376	0.7259	0.5329	6.5357	0.8945	0.8472	0.8440	0.8851	0.7834
45	5.5351	0.9035	0.9035	0.8054	0.8751	0.7797	4.3495	0.7838	0.8576	0.7350	0.7767	0.6195
50	6.8267	0.8115	0.8663	0.7082	0.8051	0.6482	3.1117	0.9731	0.9026	0.8218	0.9289	0.8700
55	3.3483	0.9476	0.9328	0.9438	0.9383	0.8815	7.0116	0.9021	0.8930	0.8420	0.8868	0.7880
60	2.0483	0.8383	0.9424	0.5284	0.8061	0.6530	8.9337	0.8394	0.8351	0.8431	0.8366	0.7240
Neuronas	Matriz 16x61						Matriz 15x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	10.8447	0.5322	0.6434	0.2888	0.5061	0.2561	12.7835	0.5893	0.6668	0.4951	0.5684	0.3388
4	11.9547	0.7427	0.6898	0.4290	0.7236	0.5302	8.3926	0.7616	0.8305	0.6299	0.7438	0.5571
6	4.3069	0.8752	0.8913	0.7582	0.8548	0.7341	12.0676	0.7346	0.8254	0.5900	0.7022	0.5009
8	6.8154	0.7172	0.8444	0.6711	0.7105	0.5098	9.9732	0.7850	0.8453	0.7412	0.7807	0.6109
10	24.3756	0.7133	0.6164	0.6709	0.6872	0.4972	9.8013	0.7587	0.5571	0.4571	0.7138	0.5144
15	5.8279	0.9261	0.8149	0.6604	0.8926	0.8035	4.4812	0.8880	0.9068	0.8869	0.8909	0.7964
20	70.4077	0.2260	0.3407	0.0252	0.1942	0.0440	9.4135	0.7360	0.8119	0.7636	0.7517	0.5658
25	4.7601	0.9437	0.8880	0.7776	0.9140	0.8355	7.4105	0.8313	0.8411	0.7633	0.8222	0.6817
30	4.1521	0.9271	0.9190	0.7613	0.9109	0.8544	13.0999	0.8587	0.8287	0.7859	0.8318	0.6947
35	7.5302	0.8392	0.8260	0.7772	0.8338	0.6955	3.9579	0.8472	0.8758	0.9264	0.8644	0.7579
40	121.8332	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9.5066	0.8428	0.8782	0.7235	0.8067	0.6528
45	10.1810	0.7968	0.8024	0.7287	0.7965	0.6416	6.6934	0.8330	0.8789	0.8292	0.8398	0.7236
50	6.7827	0.8686	0.8701	0.7730	0.8477	0.7237	7.8749	0.7337	0.8440	0.8769	0.7746	0.6062
55	4.5986	0.9573	0.8732	0.7968	0.9369	0.8803	6.1669	0.8404	0.8665	0.7474	0.8265	0.6894
60	4.0522	0.8971	0.9288	0.5800	0.8420	0.7259	9.8727	0.6555	0.8119	0.4923	0.6379	0.4184
Neuronas	Matriz 14x61						Matriz 13x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	8.6990	0.6562	0.6981	0.4442	0.6236	0.3985	12.2509	0.5906	0.6216	0.5171	0.5804	0.3378
4	6.9124	0.8729	0.8228	0.6868	0.8625	0.7469	5.7243	0.8284	0.9121	0.8370	0.8357	0.6993
6	5.3146	0.8265	0.8818	0.6794	0.8055	0.6505	9.3265	0.7782	0.8216	0.7551	0.7606	0.5803
8	8.6355	0.6654	0.7450	0.8013	0.6934	0.5040	10.1958	0.7400	0.7997	0.3958	0.6933	0.4813
10	9.2473	0.7762	0.7285	0.4863	0.7334	0.5464	10.6101	0.7114	0.7175	0.6136	0.6823	0.4677
15	17.2501	0.8561	0.8288	0.6826	0.8267	0.7045	10.3592	0.6421	0.7890	0.6358	0.6497	0.4275
20	7.0475	0.8349	0.9058	0.7184	0.8181	0.6814	9.9882	0.7018	0.7530	0.6236	0.6974	0.5041
25	11.7755	0.7429	0.8003	0.6860	0.7371	0.5471	6.8275	0.8595	0.8630	0.2716	0.7917	0.6275
30	10.6911	0.8285	0.8338	0.6470	0.8038	0.6538	20.3483	0.5216	0.6499	0.2946	0.4813	0.2367
35	7.8264	0.8897	0.8522	0.6422	0.8395	0.7217	18.2473	0.4913	0.5776	0.4155	0.4851	0.2510
40	12.9207	0.6961	0.7385	0.6199	0.6655	0.4663	8.3889	0.8458	0.7529	0.6505	0.8062	0.6652
45	10.6329	0.6833	0.8072	0.5705	0.6640	0.4409	5.5712	0.7618	0.8475	0.5911	0.7047	0.4991
50	19.3423	0.6544	0.6793	0.7138	0.6563	0.4433	9.2457	0.8038	0.7355	0.4968	0.7317	0.5595
55	7.2017	0.6927	0.8101	0.7147	0.7057	0.5049	6.4816	0.7449	0.8750	0.6492	0.7408	0.5642
60	5.4173	0.8680	0.8521	0.7910	0.8556	0.7332	6.5875	0.8584	0.8526	0.7113	0.8370	0.7047
Neuronas	Matriz 12x61						Matriz 11x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	9.4446	0.6714	0.7532	0.4823	0.6524	0.4261	12.6995	0.6751	0.6729	0.6594	0.6762	0.4627
4	9.7679	0.6614	0.7307	0.7524	0.6633	0.4467	9.8667	0.7871	0.8179	0.6610	0.7838	0.6144
6	6.0510	0.8626	0.8529	0.6610	0.8124	0.6746	11.7664	0.6650	0.7232	0.6562	0.6702	0.4535
8	10.9014	0.7420	0.6873	0.5335	0.6807	0.4663	12.0970	1.6881	0.7661	0.5518	0.7269	0.5324
10	5.2813	0.8675	0.8777	0.6597	0.8302	0.7062	9.3704	0.7279	0.7766	0.6043	0.7173	0.5162
15	14.2002	0.7420	0.7634	0.5328	0.6805	0.4822	5.1718	0.8274	0.8498	0.7084	0.7975	0.6510
20	8.1274	0.8573	0.7587	0.5984	0.8078	0.6652	11.6328	0.8151	0.7960	0.7652	0.7932	0.6292
25	7.5201	0.7718	0.8072	0.6438	0.7387	0.5627	114.0776	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30	5.7667	0.8413	0.8786	0.6512	0.8257	0.6873	8.9662	0.8790	0.8577	0.7727	0.8588	0.7909
35	7.8226	0.8029	0.8325	0.7641	0.7744	0.6026	6.7998	0.7360	0.8345	0.6337	0.7259	0.5339
40	7.9438	0.7087	0.7971	0.4810	0.6729	0.4750	5.1549	0.8768	0.8688	0.8210	0.8650	0.7552
45	5.0171	0.6872	0.8412	0.1819	0.6150	0.3849	6.9056	0.8019	0.8593	0.7053	0.7933	0.6327
50	1.7974	0.9314	0.9474	0.9138	0.9298	0.8644	4.0007	0.8946	0.9045	0.8775	0.8931	0.8099
55	4.0061	0.8944	0.9159	0.7538	0.8827	0.7830	8.1653	0.9228	0.8690	0.6978	0.8636	0.7499
60	14.8562	0.7048	0.6913	0.5743	0.6883	0.4886	28.0568	0.6164	0.7182	0.6106	0.6258	0.3937

Matriz de 10x61 a 5x61

Neuronas	Matriz 10x61						Matriz 9x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	16.5223	0.6315	0.6765	0.4041	0.5875	0.3615	14.4031	0.4359	0.5416	0.3571	0.4258	0.1858
4	8.1343	0.7522	0.8290	0.6684	0.7561	0.5764	6.1132	0.8094	0.8758	0.6328	0.7597	0.5870
6	10.9917	0.7091	0.7906	0.7675	0.7206	0.5219	9.9591	0.7750	0.7844	0.6825	0.7578	0.5747
8	7.1564	0.7816	0.8020	0.7352	0.7824	0.6121	8.0400	0.8416	0.8637	0.7107	0.8084	0.6556
10	9.6888	0.8617	0.7502	0.6511	0.8218	0.6766	5.6055	0.7553	0.8169	0.8172	0.7768	0.6106
15	11.5319	0.8466	0.7357	0.5751	0.7950	0.6326	9.9619	0.7780	0.8343	0.7376	0.7841	0.6283
20	5.3040	0.9662	0.8911	0.9288	0.9479	0.9022	7.9459	0.8802	0.7992	0.6768	0.8447	0.7203
25	6.5440	0.8018	0.8675	0.7194	0.8073	0.6588	5.6967	0.7970	0.8390	0.7399	0.7859	0.6215
30	11.0164	0.8301	0.7832	0.8336	0.8178	0.6694	6.2055	0.7879	0.8293	0.6095	0.7562	0.5741
35	5.5891	0.8276	0.8966	0.8165	0.8426	0.7100	5.7604	0.8774	0.9034	0.7177	0.8542	0.7345
40	9.3057	0.7444	0.7764	0.5376	0.7259	0.5329	6.5357	0.8945	0.8472	0.8440	0.8851	0.7834
45	5.5351	0.9035	0.9035	0.8054	0.8751	0.7797	4.3495	0.7838	0.8576	0.7350	0.7767	0.6195
50	6.8267	0.8115	0.8663	0.7082	0.8051	0.6482	3.1117	0.9731	0.9026	0.8218	0.9289	0.8700
55	3.3483	0.9476	0.9328	0.9438	0.9383	0.8815	7.0116	0.9021	0.8930	0.8420	0.8868	0.7880
60	2.0483	0.8383	0.9424	0.5284	0.8061	0.6530	8.9337	0.8394	0.8351	0.8431	0.8366	0.7240
Neuronas	Matriz 8x61						Matriz 7x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	10.8447	0.5322	0.6434	0.2888	0.5061	0.2561	12.7835	0.5893	0.6668	0.4951	0.5684	0.3388
4	11.9547	0.7427	0.6898	0.4290	0.7236	0.5302	8.3926	0.7616	0.8305	0.6299	0.7438	0.5571
6	4.3069	0.8752	0.8913	0.7582	0.8548	0.7341	12.0676	0.7346	0.8254	0.5900	0.7022	0.5009
8	6.8154	0.7172	0.8444	0.6711	0.7105	0.5098	9.9732	0.7850	0.8453	0.7412	0.7807	0.6109
10	24.3756	0.7133	0.6164	0.6709	0.6872	0.4972	9.8013	0.7587	0.5571	0.4571	0.7138	0.5144
15	5.8279	0.9261	0.8149	0.6604	0.8926	0.8035	4.4812	0.8880	0.9068	0.8869	0.8909	0.7964
20	70.4077	0.2260	0.3407	0.0252	0.1942	0.0440	9.4135	0.7360	0.8119	0.7636	0.7517	0.5658
25	4.7601	0.9437	0.8880	0.7776	0.9140	0.8355	7.4105	0.8313	0.8411	0.7633	0.8222	0.6817
30	4.1521	0.9271	0.9190	0.7613	0.9109	0.8544	13.0999	0.8587	0.8287	0.7859	0.8318	0.6947
35	7.5302	0.8392	0.8260	0.7772	0.8338	0.6955	3.9579	0.8472	0.8758	0.9264	0.8644	0.7579
40	121.8332	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	9.5066	0.8428	0.8782	0.7235	0.8067	0.6528
45	10.1810	0.7968	0.8024	0.7287	0.7965	0.6416	6.6934	0.8330	0.8789	0.8292	0.8398	0.7236
50	6.7827	0.8686	0.8701	0.7730	0.8477	0.7237	7.8749	0.7337	0.8440	0.8769	0.7746	0.6062
55	4.5986	0.9573	0.8732	0.7968	0.9369	0.8803	6.1669	0.8404	0.8665	0.7474	0.8265	0.6894
60	4.0522	0.8971	0.9288	0.5800	0.8420	0.7259	9.8727	0.6555	0.8119	0.4923	0.6379	0.4184
Neuronas	Matriz 6x61						Matriz 5x61					
	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL	Prom MSE	PromR T	PromR V	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
2	8.6990	0.6562	0.6981	0.4442	0.6236	0.3985	12.2509	0.5906	0.6216	0.5171	0.5804	0.3378
4	6.9124	0.8729	0.8228	0.6868	0.8625	0.7469	5.7243	0.8284	0.9121	0.8370	0.8357	0.6993
6	5.3146	0.8265	0.8818	0.6794	0.8055	0.6505	9.3265	0.7782	0.8216	0.7551	0.7606	0.5803
8	8.6355	0.6654	0.7450	0.8013	0.6934	0.5040	10.1958	0.7400	0.7997	0.3958	0.6933	0.4813
10	9.2473	0.7762	0.7285	0.4863	0.7334	0.5464	10.6101	0.7114	0.7175	0.6136	0.6823	0.4677
15	17.2501	0.8561	0.8288	0.6826	0.8267	0.7045	10.3592	0.6421	0.7890	0.6358	0.6497	0.4275
20	7.0475	0.8349	0.9058	0.7184	0.8181	0.6814	9.9882	0.7018	0.7530	0.6236	0.6974	0.5041
25	11.7755	0.7429	0.8003	0.6860	0.7371	0.5471	6.8275	0.8595	0.8630	0.2716	0.7917	0.6275
30	10.6911	0.8285	0.8338	0.6470	0.8038	0.6538	20.3483	0.5216	0.6499	0.2946	0.4813	0.2367
35	7.8264	0.8897	0.8522	0.6422	0.8395	0.7217	18.2473	0.4913	0.5776	0.4155	0.4851	0.2510
40	12.9207	0.6961	0.7385	0.6199	0.6655	0.4663	8.3889	0.8458	0.7529	0.6505	0.8062	0.6652
45	10.6329	0.6833	0.8072	0.5705	0.6640	0.4409	5.5712	0.7618	0.8475	0.5911	0.7047	0.4991
50	19.3423	0.6544	0.6793	0.7138	0.6563	0.4433	9.2457	0.8038	0.7355	0.4968	0.7317	0.5595
55	7.2017	0.6927	0.8101	0.7147	0.7057	0.5049	6.4816	0.7449	0.8750	0.6492	0.7408	0.5642
60	5.4173	0.8680	0.8521	0.7910	0.8556	0.7332	6.5875	0.8584	0.8526	0.7113	0.8370	0.7047

Anexo D. Estadísticos analizados en la selección de arquitectura de red

Primer pretratamiento con función de transferencia LOGSIG propiedad FP

matriz 30x61 MSE												
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
2	20.3258	11.3345	11.2542	25.3194	7.8548	10.9504	5.9409	15.3904	22.4368	9.7948	8.3975	11.0097
4	8.5586	7.7962	14.4727	11.2545	6.8798	11.8599	7.8930	13.0397	12.3619	10.4176	16.0859	9.4329
6	4.6589	16.6772	5.3265	9.9717	9.1516	2.8882	11.6812	8.6884	9.2132	8.1101	2.3814	7.9725
8	10.0890	6.4860	7.3911	12.5081	9.0689	4.4579	8.5083	12.0343	10.8532	8.5197	19.2673	13.0346
10	9.6431	6.6653	26.7171	19.5220	6.0295	8.0050	7.5794	11.5030	24.0630	8.5332	9.7804	5.4850
15	6.4566	7.2897	9.9448	9.4184	2.7588	8.7615	6.5254	5.7258	17.0549	4.8304	9.9194	17.2706
20	9.9744	13.3284	9.3495	16.3751	4.3944	42.1042	18.1908	10.5031	9.1821	3.1720	9.4263	8.1927
25	32.9997	9.8913	13.1623	71.7862	11.7722	13.0056	8.3599	4.9013	12.1471	6.7544	6.2481	7.1134
30	6.0557	19.9099	4.7487	56.6863	10.7121	8.6265	14.0447	5.3559	63.6832	2.7496	8.4436	7.9764
35	9.2021	92.4140	5.7043	33.6616	5.5185	7.4849	5.0669	10.4570	7.8765	5.6426	8.3106	10.0591
40	6.4777	7.9794	8.1541	7.7307	5.0917	4.2635	9.1809	8.2886	3.6828	2.8298	5.9176	6.9535
45	4.5954	10.1078	5.4363	16.4205	24.3349	7.2078	10.4098	6.7300	13.1912	8.5745	17.3627	7.6036
50	8.7589	2.1218	6.9894	30.3518	4.5938	81.7221	23.6353	6.4395	3.0878	4.1791	10.8905	6.4829
55	6.6900	6.4754	14.2028	8.9630	8.9019	12.1655	5.4214	9.0624	9.7057	4.0497	16.7681	8.5836
60	7.3465	7.1307	9.2558	7.6616	5.2575	9.6494	8.3398	17.9869	5.7218	5.1197	9.8096	14.1117

Matriz 30x61 MSE														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	16.5223	14.4031	10.8447	12.7835	8.6990	12.2509	9.4446	12.6995	11.1168	6.5753	10.0104	7.3045	7.6606	153.4630
4	8.1343	6.1132	11.9547	8.3926	6.9124	5.7243	9.7679	9.8667	9.3346	9.7135	11.8486	6.5810	9.8437	12.8929
6	10.9917	9.9591	4.3069	12.0676	5.3146	9.3265	6.0510	11.7664	6.2153	5.0712	8.1208	11.7029	11.4772	11.8011
8	7.1564	8.0400	6.8154	9.9732	8.6355	10.1958	10.9014	12.0970	10.6487	4.4707	2.7618	6.3938	7.1586	9.0114
10	9.6888	5.6055	24.3756	9.8013	9.2473	10.6101	5.2813	9.3704	6.5451	5.6427	7.0683	4.9392	10.4131	28.2640
15	11.5319	9.9619	5.8279	4.4812	17.2501	10.3592	14.2002	5.1718	6.0284	7.1318	8.6756	4.5620	12.5232	15.0068
20	5.3040	7.9459	70.4077	9.4135	7.0475	9.9882	8.1274	11.6328	42.0652	7.0215	12.4196	6.0123	7.0837	13.5393
25	6.5440	5.6967	4.7601	7.4105	11.7755	6.8275	7.5201	114.0776	8.5427	9.5475	12.1454	7.3027	5.8447	8.4644
30	11.0164	6.2055	4.1521	13.0999	10.6911	20.3483	5.7667	8.9662	12.5040	6.9230	8.5848	4.6515	7.2717	13.9918
35	5.5891	5.7604	7.5302	3.9579	7.8264	18.2473	7.8226	6.7998	4.0662	4.4450	6.8408	4.9648	6.6495	12.1303
40	9.3057	6.5357	121.8332	9.5066	12.9207	8.3889	7.9438	5.1549	6.3474	3.3974	3.4558	2.4879	8.7462	8.8957
45	5.5351	4.3495	10.1810	6.6934	10.6329	5.5712	5.0171	6.9056	7.8000	3.5803	1.7541	4.8119	4.8696	6.8518
50	6.8267	3.1117	6.7827	7.8749	19.3423	9.2457	1.7974	4.0007	9.5516	5.5975	6.1224	4.0954	9.2352	15.2043
55	3.3483	7.0116	4.5986	6.1669	7.2017	6.4816	4.0061	8.1653	11.4247	3.7471	47.9769	13.2248	16.7028	16.3253
60	2.0483	8.9337	4.0522	9.8727	5.4173	6.5875	14.8562	28.0568	3.5387	5.3878	5.2175	8.8148	8.5400	7.8686

Matriz 30x61 R2												
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
2	0.1537	0.4149	0.3698	0.3375	0.6389	0.4480	0.5600	0.3051	0.4273	0.4885	0.4902	0.3879
4	0.5427	0.6688	0.3833	0.4261	0.5494	0.4739	0.3625	0.3794	0.5008	0.5477	0.3126	0.5196
6	0.7491	0.4520	0.7578	0.5155	0.6876	0.6622	0.4007	0.6015	0.5254	0.6788	0.7121	0.6728
8	0.4952	0.6635	0.5902	0.5316	0.5204	0.7738	0.7053	0.5751	0.5004	0.5278	0.3594	0.4626
10	0.6794	0.7617	0.4010	0.2775	0.4593	0.7358	0.7246	0.5724	0.3201	0.6395	0.5584	0.8060
15	0.5457	0.6852	0.6253	0.6631	0.7533	0.6975	0.7686	0.7122	0.5149	0.7778	0.6321	0.5140
20	0.6441	0.5900	0.4391	0.4358	0.8003	0.1996	0.5768	0.5731	0.4215	0.8147	0.5231	0.5697
25	0.4002	0.6920	0.5406	0.1575	0.4268	0.4863	0.6072	0.8531	0.4387	0.6188	0.8318	0.4971
30	0.6428	0.4504	0.5315	0.3661	0.5989	0.5664	0.5251	0.6985	0.1387	0.6921	0.5386	0.6104
35	0.5060	0.1764	0.7136	0.4747	0.6426	0.7378	0.7178	0.5139	0.6157	0.6632	0.4647	0.5483
40	0.8939	0.7094	0.5426	0.7612	0.7230	0.7905	0.5638	0.7577	0.6123	0.8123	0.5856	0.5753
45	0.7544	0.5292	0.6527	0.6060	0.4183	0.5177	0.4503	0.6677	0.5753	0.6603	0.6363	0.4485
50	0.4079	0.9135	0.7425	0.2753	0.7431	0.0991	0.5358	0.6234	0.8978	0.5373	0.6203	0.7077
55	0.6661	0.6350	0.4549	0.6169	0.7273	0.4976	0.6554	0.6429	0.6999	0.6723	0.5522	0.6959
60	0.6464	0.7814	0.7310	0.8272	0.6881	0.6212	0.6575	0.4930	0.5474	0.5015	0.5570	0.5412

Matriz 30x61 R2														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.3615	0.1858	0.2561	0.3388	0.3985	0.3378	0.4261	0.4627	0.4880	0.5319	0.3875	0.5085	0.5019	0.0013
4	0.5764	0.5870	0.5302	0.5571	0.7469	0.6993	0.4467	0.6144	0.4683	0.5012	0.5060	0.6477	0.5592	0.4602
6	0.5219	0.5747	0.7341	0.5009	0.6505	0.5803	0.6746	0.4535	0.7338	0.5765	0.7041	0.5560	0.4879	0.4344
8	0.6121	0.6556	0.5098	0.6109	0.5040	0.4813	0.4663	0.5324	0.4626	0.7040	0.6616	0.6773	0.5885	0.4552
10	0.6766	0.6106	0.4972	0.5144	0.5464	0.4677	0.7062	0.5162	0.7823	0.5186	0.6809	0.6648	0.6042	0.3619
15	0.6326	0.6283	0.8035	0.7964	0.7045	0.4275	0.4822	0.6510	0.5447	0.6459	0.6902	0.7339	0.5709	0.4260
20	0.9022	0.7203	0.0440	0.5658	0.6814	0.5041	0.6652	0.6292	0.1823	0.7696	0.4959	0.6004	0.6035	0.4769
25	0.6588	0.6215	0.8355	0.6817	0.5471	0.6275	0.5627	0.0000	0.4766	0.6020	0.6552	0.6641	0.5612	0.5835
30	0.6694	0.5741	0.8544	0.6947	0.6538	0.2367	0.6873	0.7909	0.5150	0.7142	0.6829	0.7893	0.6399	0.5193
35	0.7100	0.7345	0.6955	0.7579	0.7217	0.2510	0.6026	0.5339	0.6782	0.6349	0.6216	0.7141	0.5554	0.4674
40	0.5329	0.7834	0.0000	0.6528	0.4663	0.6652	0.4750	0.7552	0.7801	0.7187	0.7645	0.5557	0.5717	0.5119
45	0.7797	0.6195	0.6416	0.7236	0.4409	0.4991	0.3849	0.6327	0.7856	0.7832	0.5895	0.7002	0.6826	0.6302
50	0.6482	0.8700	0.7237	0.6062	0.4433	0.5595	0.8644	0.8099	0.5590	0.4804	0.6862	0.7777	0.6040	0.4243
55	0.8815	0.7880	0.8803	0.6894	0.5049	0.5642	0.7830	0.7499	0.5777	0.6711	0.1001	0.5436	0.5757	0.4514
60	0.6530	0.7240	0.7259	0.4184	0.7332	0.7047	0.4886	0.3937	0.8437	0.6104	0.6002	0.7099	0.5701	0.5660

Primer pretratamiento con función de transferencia LOGSIG propiedad T95

Matriz 30x61 MSE													
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
2	4.9437	5.1852	5.0908	3.2686	6.8728	2.9878	4.3318	2.3109	3.8778	3.6226	5.8212	5.0747	6.6858
4	4.7109	4.6974	3.0861	3.8708	3.6526	1.2227	4.8218	6.3566	5.3155	4.1937	4.7541	4.2756	4.0628
6	3.0312	2.0701	2.9097	3.3945	2.8325	4.2567	7.4858	2.9325	2.8348	2.9263	3.1146	3.4288	3.4807
8	2.2078	3.2341	5.8979	4.4533	2.1581	4.7261	3.6278	2.6728	1.7691	2.2725	6.2736	3.5495	2.5724
10	1.6762	2.4524	1.8517	3.7298	4.5042	1.5689	2.2493	4.2565	3.3439	3.4596	5.9721	1.1824	2.5700
15	2.9692	0.5053	2.1086	3.6528	3.4194	2.3140	1.0832	2.8922	5.0216	3.4778	4.8030	3.3004	1.7700
20	2.6235	2.6851	2.9768	1.2331	1.5937	0.5922	2.5247	3.0503	6.5348	4.1455	3.3375	2.6261	3.1286
25	4.8560	1.6980	3.9023	2.1637	4.7545	2.6756	1.6609	4.4866	3.0104	4.4411	3.1113	2.9954	4.5307
30	2.3596	1.5787	2.2814	3.5258	1.1994	3.1544	2.8146	1.9583	3.2485	4.9918	9.1647	5.0724	1.0791
35	2.4958	20.0700	2.7909	1.6895	1.8160	1.1222	1.8044	1.0843	5.0270	2.6353	4.0096	3.5656	3.1439
40	1.8910	2.8622	1.3983	2.5543	2.3119	1.5306	2.7492	1.9554	2.8569	3.0872	2.1145	2.0941	3.4096
45	3.9928	2.5204	0.9531	5.3282	5.0167	1.4465	3.7657	2.4745	2.4097	1.7619	3.0981	3.6192	3.4389
50	2.0863	1.4012	32.4617	2.5212	2.5291	2.8260	1.7907	1.4670	1.8735	3.1322	1.8441	2.7295	2.4813
55	4.5093	1.5994	3.3251	2.9431	1.8107	3.2286	5.5413	2.8486	1.8234	2.7581	10.0823	3.0273	1.4759
60	1.4273	1.4801	1.0958	1.6223	2.1519	3.1257	2.0352	3.1347	1.8287	4.1611	4.7500	2.2855	4.0048

Matriz 30x61 MSE													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	5.4157	3.5332	12.4514	7.4512	5.2368	4.1526	4.9752	11.0392	3.7428	6.3247	16.2190	9.6268	7.2916
4	3.7880	3.7840	7.8631	6.9376	4.2633	3.3067	5.1863	6.1954	7.1905	7.3123	6.5934	5.7925	9.4729
6	4.4598	3.0165	3.5322	8.6870	6.5310	4.1467	6.4316	5.8760	5.2080	4.0836	7.0206	8.1258	7.9319
8	3.1050	6.0207	3.9177	3.7473	3.8695	4.9261	2.5815	3.6396	3.5060	5.9552	4.4433	6.3339	5.8302
10	5.7400	5.8940	5.3022	3.9452	6.3945	2.7820	4.1748	3.8850	4.9651	2.8551	7.3066	5.5870	8.2305
15	3.3764	3.8513	4.9550	2.5246	2.6448	6.5504	2.0922	4.5137	6.4536	4.9324	5.8952	2.8437	5.9607
20	2.9578	4.6160	3.2277	5.1514	5.0031	4.7444	5.4333	3.5493	1.4683	5.1273	7.6963	7.1060	6.1763
25	2.8063	0.8053	4.5074	3.8792	3.1383	2.7061	3.3067	4.6859	6.6166	3.8979	5.7921	7.6407	8.8778
30	2.0269	2.6554	7.2649	4.2131	2.4289	4.6261	3.7203	5.2770	5.7069	7.0986	4.4470	7.2810	4.1166
35	3.6830	6.5279	2.4404	4.8863	3.2702	6.2707	6.4959	6.4638	2.8749	6.3571	11.7616	8.8868	2.7455
40	2.2068	5.9200	3.2050	1.8169	3.3085	4.7165	4.5005	8.2287	6.0626	3.4522	4.7560	5.3573	4.3010
45	6.4099	4.9645	3.6330	2.8719	3.9956	7.1521	6.6552	4.6772	1.6246	2.0460	5.5484	7.9790	5.2042
50	3.9917	4.9659	6.3629	3.7529	3.6847	3.6267	4.9124	3.3079	4.5377	5.8062	3.8426	4.7753	5.4073
55	4.7153	4.0314	4.6363	6.0648	5.7988	1.1409	4.0948	3.1088	5.6351	3.0337	8.4331	6.1978	4.8409
60	3.9733	1.8135	5.0489	4.7127	3.9877	4.2925	5.0383	4.5450	4.6082	4.6752	6.8796	4.2034	5.2639

Matriz 30x61 R2													
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
2	0.3605	0.4670	0.4146	0.6707	0.2974	0.5243	0.5088	0.7704	0.3943	0.4763	0.4766	0.4176	0.3018
4	0.5599	0.4233	0.5867	0.6644	0.7254	0.5561	0.5006	0.3327	0.4184	0.5227	0.5239	0.6057	0.4729
6	0.7745	0.8509	0.5601	0.5165	0.7487	0.5759	0.4767	0.6122	0.6707	0.6059	0.5111	0.6532	0.5452
8	0.6504	0.5592	0.4935	0.5091	0.8546	0.6246	0.6441	0.6070	0.7871	0.7551	0.4595	0.6114	0.7412
10	0.8027	0.7125	0.7532	0.5788	0.4897	0.8266	0.7879	0.6746	0.6101	0.5335	0.4154	0.6921	0.5851
15	0.7078	0.9084	0.7874	0.6784	0.6156	0.7835	0.9073	0.6706	0.5468	0.5993	0.4708	0.5686	0.8324
20	0.7846	0.7896	0.7250	0.7927	0.8182	0.9379	0.7578	0.7479	0.5823	0.6355	0.6055	0.7218	0.4906
25	0.7305	0.7282	0.5077	0.7065	0.6042	0.6340	0.8363	0.6801	0.6267	0.5939	0.6284	0.7777	0.5988
30	0.7099	0.7092	0.7496	0.5642	0.9331	0.6371	0.6475	0.7541	0.7126	0.6367	0.2552	0.7371	0.8714
35	0.6851	0.2219	0.7819	0.7435	0.7129	0.8983	0.8358	0.9135	0.6098	0.6093	0.7116	0.6633	0.5452
40	0.7071	0.7485	0.8896	0.6767	0.6756	0.8664	0.6037	0.8187	0.7543	0.7203	0.8864	0.8231	0.4436
45	0.5863	0.6282	0.8400	0.4201	0.5225	0.8776	0.7172	0.7037	0.7653	0.6300	0.6503	0.4595	0.6569
50	0.8348	0.8702	0.0844	0.6308	0.6094	0.7816	0.7859	0.9242	0.5571	0.7264	0.6717	0.6866	0.7854
55	0.5837	0.7979	0.7190	0.8297	0.9053	0.6087	0.6018	0.6537	0.6160	0.6990	0.5650	0.6614	0.8817
60	0.8861	0.7676	0.8446	0.7661	0.8298	0.6312	0.7859	0.7158	0.7557	0.6500	0.5817	0.5783	0.6541

Matriz 30x61 R2													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.4731	0.6967	0.0660	0.3726	0.2103	0.5057	0.4350	0.1264	0.4644	0.2713	0.2202	0.0954	0.0626
4	0.6494	0.6667	0.3589	0.3308	0.6857	0.6862	0.4860	0.3807	0.4289	0.2862	0.4324	0.2828	0.0674
6	0.5419	0.6546	0.7568	0.3271	0.3328	0.5249	0.5156	0.3716	0.4852	0.5475	0.2212	0.1444	0.2087
8	0.6622	0.4695	0.6146	0.6414	0.4681	0.4301	0.7004	0.6087	0.6057	0.5480	0.6671	0.2909	0.3131
10	0.5305	0.4687	0.5369	0.5551	0.3870	0.5995	0.3128	0.5655	0.4016	0.5808	0.4108	0.2210	0.2779
15	0.6112	0.6372	0.5355	0.7305	0.6382	0.3942	0.8313	0.6312	0.4391	0.3074	0.3599	0.5649	0.4180
20	0.7067	0.5587	0.6270	0.3865	0.4557	0.4650	0.5027	0.6438	0.8217	0.5609	0.3535	0.2204	0.4085
25	0.6690	0.8398	0.7534	0.5778	0.5860	0.7253	0.5500	0.4767	0.4050	0.6981	0.6083	0.2652	0.4311
30	0.6147	0.8705	0.5555	0.7534	0.6549	0.5384	0.4989	0.3237	0.6362	0.5241	0.5701	0.5505	0.5833
35	0.7360	0.5064	0.6529	0.6260	0.6095	0.4984	0.4542	0.3522	0.4986	0.2655	0.2914	0.5242	0.5182
40	0.8026	0.5808	0.7815	0.7718	0.7170	0.3597	0.6361	0.3404	0.5635	0.5353	0.5327	0.4370	0.4169
45	0.4949	0.4683	0.6281	0.6704	0.5870	0.2853	0.3188	0.5073	0.8403	0.5208	0.5494	0.2280	0.4889
50	0.6720	0.5445	0.4063	0.6311	0.6931	0.5702	0.6576	0.6983	0.6170	0.3714	0.5327	0.5367	0.5909
55	0.6536	0.5311	0.5779	0.3668	0.6264	0.8559	0.6575	0.5737	0.4018	0.6532	0.2455	0.3960	0.4133
60	0.4709	0.9084	0.4985	0.6087	0.6381	0.4595	0.5310	0.7068	0.5689	0.5405	0.4865	0.4153	0.5751

Segundo pretratamiento con función de transferencia LOGSIG propiedad FP

Matriz 28x61 MSE												
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
2	8.2902	14.5369	13.3327	10.7542	4.0198	7.8241	5.7315	2.4186	2.2241	3.7650	1.3667	1.6575
4	4.2319	10.6445	5.9189	10.6486	6.2575	7.6442	4.2721	1.7150	5.3905	4.5426	1.8669	4.8879
6	6.5847	5.0476	2.0362	9.5963	3.7180	4.5910	4.1298	5.2833	4.3314	4.9183	1.8019	1.0455
8	5.2489	9.3901	4.6727	12.7418	3.4649	5.1889	6.1539	3.1994	1.0579	1.4465	1.9266	2.7989
10	1.5061	7.0327	10.6297	15.9275	7.6703	3.1141	2.9188	2.2407	2.7878	4.0334	1.5686	5.3033
15	5.4276	5.9145	8.3511	13.4812	4.9644	0.3570	2.8892	1.3227	2.2673	2.5737	1.3010	3.7176
20	3.2085	7.4827	5.1195	15.4672	3.7634	2.2432	3.2689	1.4935	1.6164	2.6671	0.9649	3.6125
25	7.6080	5.8419	4.5749	13.7817	5.2843	2.9410	3.8323	1.2891	1.2201	1.9865	0.9036	3.3177
30	6.1001	8.8909	9.4800	5.9509	11.8642	0.9100	1.0431	0.8988	2.4870	2.7031	0.4403	2.7744
35	12.6472	9.0093	10.6802	9.2854	6.0370	2.5203	3.3720	0.3360	1.6990	1.1095	2.8692	2.1479
40	8.5890	12.8526	7.6896	8.0228	1.7039	1.3745	4.6298	1.5638	2.2108	1.7763	0.4550	1.3658
45	5.3518	6.8009	3.6519	14.1542	3.6460	3.8462	3.0721	1.4516	0.8044	1.3129	0.8631	1.2369
50	2.9629	4.5488	9.4826	8.8975	2.6693	3.6896	0.3493	2.0741	1.7873	1.4092	0.7752	1.9862
55	7.1547	10.9043	3.4121	3.5135	3.5667	0.6854	32.4056	1.4546	1.1919	1.4651	0.6722	0.9190
60	7.1198	6.8875	9.0753	4.8634	3.6149	4.8923	0.5192	2.3374	0.4434	0.4051	2.7794	0.7123

Matriz 28x61 MSE												
Neuronas	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	2.5159	3.3340	3.6019	7.3589	3.5092	3.2588	1.5738	2.9369	4.6454	2.9130	2.5765	5.7443
4	1.9072	3.8783	2.2270	5.8256	2.9852	3.6594	3.5941	2.1338	5.2934	2.4786	2.1886	4.2861
6	0.8560	1.4958	2.1162	5.5972	2.5920	3.7179	3.5448	4.2552	2.6848	3.3214	1.4797	5.1880
8	0.8461	1.8465	2.8174	5.1131	3.3600	2.9007	2.9421	2.6383	1.9445	4.4178	2.9700	3.2908
10	1.1181	0.9966	2.3008	2.6355	2.6201	3.9057	1.4727	2.0909	3.2637	1.8270	2.5612	3.3616
15	0.6315	1.0046	1.2422	2.5333	3.1544	1.3274	4.4444	1.7015	1.9352	2.2304	2.6822	3.7760
20	1.1529	1.0498	1.3272	2.0974	0.8099	1.5825	2.8192	0.9418	1.4159	2.2318	2.0778	4.3347
25	0.5532	0.3468	1.5697	2.1458	1.6632	1.5116	0.7368	1.3283	1.6773	1.3073	3.1686	4.5212
30	0.5880	0.0980	1.5279	2.3048	1.0236	1.3064	1.2596	0.5838	2.1172	1.0045	3.0706	3.3853
35	0.4705	1.7237	0.7499	1.1987	1.2010	1.7288	2.2554	2.5218	0.3842	1.4112	3.1375	2.8488
40	0.2946	1.4665	0.9581	1.8507	1.7378	1.0437	2.4113	1.1894	1.0315	2.2627	2.8419	3.1937
45	2.7085	1.3129	0.8844	1.5646	1.3993	0.9044	0.5070	1.4676	1.2887	1.2202	2.8942	2.7178
50	0.6243	1.4900	0.8964	1.2674	1.2949	0.9226	1.2898	1.9866	1.0874	0.9452	1.4599	2.9981
55	1.0232	1.4389	0.8347	0.4835	1.6645	1.2256	1.1973	2.2661	1.0352	2.2944	1.5522	1.7129
60	1.2280	0.9949	0.9931	11.0356	4.4586	0.8344	3.9689	1.0234	0.7939	2.5489	2.4516	3.3701

Matriz 28x61 R2												
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
2	0.6292	0.5561	0.5558	0.3285	0.5472	0.4079	0.4875	0.4861	0.6511	0.6477	0.6473	0.4718
4	0.5229	0.4258	0.5490	0.3323	0.6906	0.6268	0.5718	0.6591	0.3142	0.5130	0.6932	0.7672
6	0.5785	0.7370	0.9233	0.6014	0.6253	0.6028	0.6397	0.5976	0.5918	0.5643	0.8127	0.6284
8	0.6577	0.5926	0.6997	0.6749	0.6668	0.7492	0.6453	0.4882	0.8528	0.7992	0.7335	0.8287
10	0.9625	0.6952	0.4826	0.7078	0.6902	0.5859	0.7608	0.6571	0.8577	0.5462	0.8057	0.5384
15	0.5879	0.7458	0.7608	0.4668	0.4687	0.9310	0.7024	0.8540	0.4003	0.7917	0.6836	0.7069
20	0.8802	0.6853	0.7184	0.4363	0.6749	0.7524	0.7605	0.6769	0.7194	0.8212	0.7793	0.6777
25	0.6692	0.7593	0.7575	0.5087	0.5462	0.7553	0.7887	0.8886	0.4528	0.7337	0.9092	0.4203
30	0.5998	0.4933	0.4113	0.6080	0.4307	0.8114	0.8852	0.8145	0.5840	0.7117	0.9142	0.7651
35	0.3683	0.7425	0.7541	0.3739	0.7035	0.8283	0.7783	0.6474	0.8543	0.8476	0.7188	0.9220
40	0.3965	0.6166	0.7146	0.8061	0.8592	0.9144	0.4724	0.8480	0.5773	0.7064	0.4975	0.7003
45	0.7725	0.6354	0.7346	0.3408	0.8737	0.6712	0.6150	0.7082	0.8334	0.6463	0.7656	0.5351
50	0.8443	0.7150	0.5175	0.2835	0.4175	0.6704	0.8977	0.8010	0.8778	0.8341	0.9063	0.7691
55	0.7548	0.5553	0.6065	0.7566	0.5103	0.8636	0.1333	0.8029	0.9271	0.7375	0.8012	0.8973
60	0.7190	0.6103	0.7056	0.8108	0.8443	0.8619	0.9560	0.8136	0.8958	0.7947	0.8420	0.9690

Matriz 28x61 R2												
Neuronas	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.5084	0.5382	0.4523	0.3748	0.5923	0.4951	0.5110	0.5728	0.4618	0.5360	0.5205	0.3990
4	0.5767	0.6495	0.4760	0.5165	0.7268	0.5526	0.7586	0.7193	0.4386	0.6244	0.5767	0.4256
6	0.8450	0.7321	0.7780	0.5544	0.7289	0.5002	0.5490	0.5882	0.7137	0.7220	0.6562	0.4951
8	0.8144	0.8164	0.6246	0.5613	0.7580	0.7985	0.6727	0.7971	0.6796	0.6460	0.5786	0.5488
10	0.8581	0.8949	0.7001	0.6198	0.7721	0.7614	0.8012	0.4892	0.6515	0.4281	0.6162	0.5268
15	0.8594	0.7952	0.8142	0.7575	0.7930	0.8403	0.6376	0.5697	0.7201	0.6438	0.5961	0.5712
20	0.8539	0.5587	0.8354	0.7591	0.9346	0.8094	0.7536	0.8667	0.5319	0.7203	0.6987	0.5796
25	0.8987	0.6601	0.8351	0.5910	0.7946	0.7198	0.8101	0.8236	0.6588	0.8531	0.5904	0.6033
30	0.8907	0.7514	0.7931	0.8552	0.8315	0.7160	0.8099	0.9016	0.7542	0.8940	0.6719	0.5682
35	0.8793	0.7291	0.5244	0.7965	0.9195	0.8537	0.6951	0.6642	0.9061	0.8641	0.6574	0.5478
40	0.9062	0.7945	0.7910	0.6175	0.5994	0.7346	0.8563	0.6090	0.8643	0.8370	0.5732	0.5777
45	0.7439	0.9054	0.7653	0.9194	0.9112	0.7975	0.9464	0.8724	0.8388	0.8571	0.6843	0.5619
50	0.7227	0.7305	0.9097	0.7961	0.5433	0.6273	0.7225	0.7483	0.8123	0.7640	0.5676	0.5809
55	0.5472	0.5848	0.8265	0.8449	0.9575	0.7509	0.9002	0.8381	0.8025	0.7232	0.6799	0.6125
60	0.9746	0.7544	0.8523	0.3571	0.7181	0.9240	0.7101	0.9050	0.5986	0.8176	0.5585	0.5946

Segundo pretratamiento con función de transferencia LOGSIG propiedad T95

Matriz 28x61 MSE												
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
2	2.3296	1.4122	2.5615	1.6855	1.2950	1.0222	1.9760	2.8493	3.0890	1.6924	1.9686	1.7488
4	1.4610	2.4679	1.6289	0.9314	1.4654	1.1763	1.9291	1.5275	2.2687	1.4167	1.9840	1.7362
6	1.7605	2.1749	1.4506	1.1947	1.1292	1.2401	1.5082	2.3779	0.5410	1.5141	1.8703	1.5379
8	1.5684	1.7834	0.7798	1.4963	1.2621	2.0347	0.6119	1.1122	1.7063	1.7734	1.7968	1.6147
10	1.6954	1.8986	1.0796	1.2750	1.0727	1.7894	1.1780	1.8317	2.2377	2.3651	2.1428	1.3291
15	2.4996	2.5686	1.2303	1.1529	2.0474	0.8100	0.4502	0.8688	1.3610	1.6378	1.4469	1.1365
20	1.8147	1.4593	0.7338	0.9953	0.2784	1.6522	1.7236	1.1446	0.9271	1.2575	1.1620	1.4823
25	1.5585	2.9143	1.1601	0.6355	1.1215	1.1160	1.0586	1.6167	0.5653	1.6928	1.1778	0.8108
30	1.2395	1.5064	0.4230	0.5187	0.5237	1.7729	0.9650	1.2377	1.5863	1.3331	2.1700	1.0889
35	1.0794	1.2131	0.4845	0.7980	0.5776	1.0527	0.5191	1.0689	1.3757	2.0611	1.7760	1.3982
40	1.3348	0.6338	1.7563	0.6168	0.8977	0.5993	0.4601	1.5596	0.6178	1.3627	1.5782	1.5990
45	0.6610	1.6364	0.8093	1.2722	0.6925	1.5256	0.7892	0.8078	1.1868	1.3591	1.4459	1.3841
50	1.7871	1.5427	1.6507	0.6560	0.7390	1.1614	1.7584	0.9548	1.3368	0.8778	0.8797	0.9969
55	0.4313	0.8032	0.8877	0.6139	0.6456	0.7645	1.6163	1.1908	1.1502	0.9661	1.7122	1.4535
60	0.3455	0.8185	0.6340	0.6600	0.8521	0.4340	1.0608	0.9318	0.8212	1.3147	1.0259	2.8442

Matriz 28x61 MSE												
Neuronas	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	2.0813	1.6494	2.8881	2.4112	2.1879	2.3296	2.1691	6.4772	2.6164	4.7402	5.3645	5.5434
4	1.5382	1.7680	2.4534	1.3559	2.3187	2.1209	2.0502	6.5002	5.4960	4.6811	5.7514	5.4281
6	1.3875	0.8229	2.5013	2.4644	2.1687	2.0904	2.1170	5.3443	3.9608	4.7728	2.6512	5.5903
8	1.8978	1.3548	1.4752	2.8927	1.7255	2.1754	2.4418	5.3323	5.0166	4.6633	4.8037	3.9499
10	1.1799	0.5362	2.3424	2.0483	2.1266	1.4776	1.7879	5.0924	3.4638	4.0739	3.7648	3.4897
15	1.0690	0.9551	1.3368	0.9634	1.9061	2.3913	1.7876	4.6589	4.0322	3.3362	3.7156	2.2318
20	0.9722	1.3425	1.6808	0.5827	2.2443	4.8232	2.5627	3.5044	5.4929	3.1471	5.1013	2.5835
25	1.1876	0.7086	2.3795	1.8528	1.8604	2.9648	2.2729	3.8969	8.5479	4.1643	4.6963	2.6497
30	0.9243	0.8993	1.8266	2.5789	1.9939	2.6018	2.7601	3.0811	2.8632	4.0811	2.7842	3.9109
35	1.5279	0.7233	1.2595	1.0867	1.5725	0.8419	1.4300	2.2471	4.7575	4.1423	3.9046	3.0654
40	1.3738	0.4822	1.3818	0.6427	1.6548	1.6232	1.4089	5.6954	4.6286	2.7868	3.8152	4.7292
45	0.7234	1.1638	1.4301	1.4497	1.8182	1.6663	0.6107	4.9241	17.4193	4.8565	4.0707	4.9246
50	0.7660	0.6121	0.6504	1.7062	1.7161	1.1813	1.9611	2.4595	15.0181	4.1229	3.2933	6.2015
55	0.6303	0.9705	0.8811	0.8390	1.7117	0.8343	1.9157	4.2046	10.1132	3.7027	4.2053	6.3072
60	0.8836	0.4581	0.9363	1.9451	1.5724	0.7366	1.6036	4.1978	7.2169	3.2513	5.0291	5.8982

Matriz 28x61 R2												
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
2	0.3305	0.5193	0.3522	0.6018	0.6302	0.5276	0.4760	0.4805	0.5100	0.4237	0.1576	0.4240
4	0.8020	0.6153	0.6960	0.8079	0.6684	0.6891	0.6202	0.6457	0.5724	0.5878	0.4783	0.5598
6	0.6573	0.6679	0.7744	0.8623	0.6918	0.7520	0.5945	0.4297	0.6292	0.6358	0.5300	0.6240
8	0.7751	0.7086	0.7173	0.7226	0.6653	0.5879	0.7659	0.7787	0.5785	0.7101	0.6052	0.6603
10	0.7524	0.7822	0.7905	0.7531	0.8249	0.7031	0.7020	0.7186	0.4718	0.4623	0.7282	0.7161
15	0.6581	0.4662	0.7858	0.7478	0.6291	0.8205	0.6469	0.8581	0.6764	0.8319	0.8097	0.6309
20	0.5430	0.8747	0.8861	0.7902	0.9803	0.7164	0.6262	0.6604	0.8744	0.6394	0.6844	0.7900
25	0.7104	0.4585	0.7554	0.9146	0.8441	0.8029	0.7123	0.6709	0.7387	0.5106	0.7009	0.8173
30	0.7753	0.5332	0.9306	0.7488	0.8008	0.6502	0.7100	0.7697	0.7316	0.7000	0.6353	0.5737
35	0.8411	0.7911	0.8719	0.6316	0.8351	0.8298	0.7860	0.6842	0.6390	0.5674	0.7330	0.7950
40	0.6879	0.7303	0.7842	0.8519	0.8439	0.8465	0.9175	0.7353	0.7036	0.7367	0.6801	0.6686
45	0.8735	0.6048	0.8807	0.7039	0.8475	0.4249	0.7841	0.9058	0.8959	0.7618	0.6036	0.6302
50	0.5761	0.6401	0.7177	0.8430	0.6321	0.6965	0.5680	0.7204	0.5786	0.6053	0.7050	0.7425
55	0.9279	0.8715	0.8456	0.8138	0.8238	0.9296	0.4804	0.8222	0.7441	0.7676	0.7641	0.7369
60	0.7012	0.7058	0.6297	0.6975	0.8512	0.8522	0.6221	0.8395	0.8799	0.5550	0.7458	0.5514

Matriz 28x61 R2												
Neuronas	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.5660	0.4065	0.3223	0.3721	0.4627	0.2916	0.3320	0.2411	0.3553	0.2854	0.1334	0.2222
4	0.5620	0.4424	0.4508	0.5595	0.5184	0.5621	0.3622	0.2033	0.2475	0.2073	0.0741	0.1901
6	0.6102	0.6835	0.4132	0.4646	0.6432	0.6349	0.6779	0.3914	0.3601	0.2559	0.3908	0.0978
8	0.7067	0.6625	0.6485	0.4341	0.6682	0.5240	0.6753	0.3531	0.3031	0.2234	0.2549	0.2238
10	0.7804	0.7636	0.5530	0.6540	0.4990	0.4349	0.7222	0.3531	0.3935	0.3077	0.2456	0.4914
15	0.5645	0.7274	0.4878	0.5308	0.6280	0.4741	0.6238	0.3631	0.4655	0.4802	0.5090	0.5752
20	0.7711	0.7897	0.5831	0.7629	0.5541	0.4518	0.7086	0.5055	0.3546	0.7623	0.3477	0.5564
25	0.7880	0.7979	0.4730	0.6308	0.7287	0.5658	0.4901	0.4340	0.2189	0.5045	0.4109	0.5535
30	0.6559	0.7337	0.4878	0.4317	0.4309	0.4551	0.4521	0.6751	0.7097	0.6892	0.6481	0.5790
35	0.5396	0.7323	0.6471	0.5109	0.6414	0.6553	0.6073	0.5791	0.6471	0.3455	0.4171	0.4503
40	0.5163	0.7914	0.7808	0.9262	0.7282	0.5959	0.7455	0.3374	0.5255	0.6501	0.5142	0.0140
45	0.6913	0.7242	0.6832	0.6121	0.5046	0.6713	0.6160	0.6061	0.1906	0.4444	0.4058	0.0145
50	0.8842	0.8390	0.6804	0.3616	0.7290	0.7014	0.4127	0.6076	0.4485	0.4359	0.4684	0.0459
55	0.6894	0.7825	0.6722	0.5731	0.4801	0.4383	0.7863	0.6075	0.5621	0.4800	0.2258	0.0216
60	0.7625	0.7848	0.8764	0.5968	0.7844	0.8051	0.8532	0.5072	0.3723	0.6569	0.0928	0.0079

Primer pretratamiento con función de transferencia TANSIG propiedad FP

Matriz 30x61 MSE														
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19		
2	22.8798	12.1752	19.7760	11.2825	12.4045	16.6432	15.6287	21.5560	24.2661	7.8503	6.5094	9.5795		
4	6.4623	12.8966	225.9811	20.3125	9.0654	15.0578	14.6879	12.1358	12.3198	64.3378	62.9937	5.4595		
6	11.3530	9.4978	9.8702	12.4735	15.1725	13.7867	22.7672	116.1670	132.7690	8.4292	8.1789	8.2900		
8	10.2658	15.5499	10.7424	5.4153	13.3278	6.0950	41.4417	13.2964	18.8506	10.3451	9.4638	7.5809		
10	10.7487	7.5996	21.0261	8.4737	28.0360	13.8761	15.0968	13.1407	94.1730	5.5210	5.1214	9.0674		
15	9.0086	10.2242	9.6255	19.7895	14.5117	11.3756	17.0561	3.5595	14.3944	8.9116	8.6759	12.1746		
20	10.5430	20.3490	15.4676	30.0612	19.2355	112.0376	20.9890	10.4956	8.2301	1.2409	0.9856	110.8661		
25	34.3542	12.9870	14.5111	92.5405	2.9591	13.6894	73.9052	3.4001	12.5588	5.3409	0.9644	2.5581		
30	6.1779	21.3715	11.6237	11.3932	9.1133	5.4168	5.7421	11.2436	130.6709	10.1364	10.1073	3.3833		
35	8.3064	94.8457	13.2138	14.2151	19.6208	16.6471	8.8006	16.8421	121.7032	1.3647	1.4229	4.2793		
40	5.9455	26.7108	14.6460	9.7973	9.8479	12.7367	12.3570	16.8042	21.1812	16.6077	16.3019	2.6786		
45	12.8177	6.3411	8.6050	31.2082	106.2922	13.5902	13.1951	12.0636	15.0548	34.9092	6.1516	4.9499		
50	13.9725	30.6052	15.0620	8.8074	10.7625	7.4518	14.3834	16.9557	11.9423	6.3020	3.3456	15.6220		
55	14.3257	10.4029	11.4028	26.3003	8.7676	11.3199	11.9459	13.7295	8.0337	3.3422	3.0393	5.4909		
60	18.0109	7.2770	4.9733	11.2765	8.9348	17.9281	27.5647	10.1665	8.5945	2.1298	25.6014	4.6974		
Matriz 30x61 MSE														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	15.1768	111.0339	7.4874	9.2793	11.5665	11.1659	8.5256	3.2098	2.8439	8.4443	8.3283	5.4986	8.4658	6.8311
4	8.5541	3.5386	14.1291	10.0294	10.7460	91.1326	5.8501	4.3384	3.8137	7.0866	6.8062	4.9598	7.1853	4.9430
6	45.0280	10.4131	6.4889	8.7927	15.2768	15.7490	2.7555	2.6033	2.5722	4.3583	3.7258	4.6064	6.7587	5.7354
8	7.5391	54.5286	13.8867	8.3515	8.4357	34.1217	10.8621	1.4780	1.4473	2.5930	5.2749	2.6103	3.6574	3.9368
10	8.1106	23.4017	20.2395	59.5407	8.8835	7.4001	7.3276	2.1869	1.9156	5.3860	5.2355	4.1828	6.4250	4.4971
15	3.6748	3.1031	165.9686	8.6687	190.2400	32.9164	7.5324	3.2549	4.3565	3.6334	2.8023	8.5102	3.2985	10.3633
20	1.5933	4.0210	10.8207	6.9753	6.8041	14.3667	3.4199	1.9527	3.5319	3.6107	3.8937	2.4580	1.7967	2.8731
25	1.1154	4.1484	12.8501	5.1797	8.5765	3.5087	2.6643	1.9441	3.2549	3.0728	2.1339	5.4235	3.1634	4.4962
30	8.0796	4.1081	101.8809	1.5175	3.9424	112.5420	2.1596	3.5308	3.4484	1.8955	9.0866	6.9798	3.1901	8.3458
35	1.2244	16.8267	11.4515	120.3449	3.9578	119.0602	54.0368	0.6914	3.6957	1.9441	2.0316	2.8374	3.9133	2.1637
40	4.0128	5.3325	5.3964	13.2870	5.4350	13.9845	2.5330	3.7919	5.6151	3.5308	2.2674	1.6416	6.6698	1.5415
45	3.2370	3.8262	4.9759	9.8222	76.4634	6.5646	4.3622	43.6010	2.3997	0.6914	5.3327	3.3501	35.4852	3.4501
50	2.3819	9.7654	4.4303	2.6981	13.0078	10.9676	4.3568	2.8517	2.8334	3.7919	1.7307	4.5763	6.3020	4.1763
55	13.9847	28.8891	5.7281	18.1355	6.1553	8.2578	4.9051	3.4443	38.9677	43.6010	1.3855	0.4488	3.3422	0.1893
60	5.3659	81.4145	4.1456	2.7208	3.9281	5.7583	1.8265	0.9232	1.2048	2.8517	2.4848	2.1949	2.1418	2.8973
Matriz 30x61 R2														
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19		
2	0.3353	0.5430	0.3623	0.3496	0.3693	0.3001	0.3355	0.0949	0.3789	0.5092	0.5092	0.4389		
4	0.6897	0.3239	0.0105	0.2090	0.4692	0.3607	0.3658	0.5486	0.4256	0.0296	0.0296	0.7887		
6	0.4539	0.5591	0.5475	0.5348	0.3675	0.5266	0.1880	0.0000	0.0097	0.5395	0.5395	0.6495		
8	0.5878	0.4475	0.5026	0.8359	0.5875	0.7381	0.2935	0.4924	0.6469	0.4297	0.4297	0.5953		
10	0.2805	0.7336	0.5451	0.6481	0.4356	0.4258	0.7027	0.4755	0.0584	0.7230	0.7230	0.5304		
15	0.5204	0.5911	0.7078	0.4004	0.4240	0.7598	0.4267	0.8349	0.5925	0.6311	0.6311	0.5590		
20	0.4128	0.4629	0.3149	0.2633	0.5463	0.0111	0.5284	0.7115	0.6909	0.9447	0.9447	0.0602		
25	0.4779	0.5525	0.5557	0.0626	0.8617	0.4514	0.0318	0.5544	0.5280	0.9776	0.9776	0.7947		
30	0.7217	0.5389	0.5033	0.5206	0.7340	0.6825	0.7273	0.5446	0.0034	0.6121	0.6121	0.7735		
35	0.7029	0.0621	0.6103	0.3081	0.5258	0.5595	0.5236	0.4428	0.0019	0.9322	0.9322	0.7910		
40	0.7843	0.3546	0.4276	0.6564	0.6650	0.5876	0.5239	0.4666	0.4863	0.5574	0.5574	0.7427		
45	0.6834	0.8252	0.5138	0.2894	0.1494	0.6320	0.6906	0.7207	0.4385	0.1304	0.4717	0.7107		
50	0.5666	0.3039	0.4919	0.5808	0.6921	0.5241	0.6332	0.4565	0.6057	0.5144	0.6943	0.6103		
55	0.3477	0.3964	0.6411	0.4197	0.6611	0.4906	0.7330	0.7255	0.6603	0.6474	0.6688	0.7390		
60	0.5946	0.6580	0.8207	0.6194	0.4334	0.5614	0.2933	0.6666	0.8022	0.6563	0.2745	0.7469		
Matriz 30x61 R2														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.3742	0.0000	0.3712	0.4335	0.5828	0.4967	0.4506	0.6310	0.6199	0.3418	0.1012	0.3685	0.3533	0.3122
4	0.6043	0.7642	0.5177	0.5165	0.4864	0.0363	0.7017	0.6493	0.6216	0.3400	0.3785	0.4689	0.3054	0.4932
6	0.3004	0.5388	0.7403	0.5395	0.4232	0.3418	0.8898	0.7778	0.7542	0.6225	0.5106	0.3798	0.4926	0.3841
8	0.6472	0.0663	0.6081	0.6231	0.4642	0.2076	0.5485	0.9067	0.9116	0.6452	0.5461	0.7963	0.7942	0.7181
10	0.6788	0.4981	0.3867	0.2237	0.6221	0.5511	0.6111	0.8250	0.8232	0.4325	0.5554	0.5553	0.5342	0.4718
15	0.7546	0.6841	0.0092	0.5761	0.0352	0.2487	0.3862	0.6786	0.7076	0.4903	0.6603	0.3379	0.7047	0.2675
20	0.8329	0.8383	0.5255	0.7482	0.6804	0.5328	0.6492	0.7646	0.5763	0.4919	0.6108	0.6864	0.8148	0.7415
25	0.8961	0.5612	0.5182	0.6230	0.5694	0.7098	0.6674	0.8090	0.6786	0.5340	0.6520	0.4624	0.8176	0.6238
30	0.6731	0.6505	0.0663	0.7580	0.6532	0.0013	0.8893	0.6493	0.6851	0.7646	0.5830	0.3958	0.6407	0.3958
35	0.5577	0.4335	0.6095	0.0144	0.6250	0.0318	0.0051	0.8705	0.5576	0.8090	0.7161	0.7990	0.6956	0.7990
40	0.7231	0.8117	0.7955	0.6127	0.4781	0.5398	0.8012	0.6692	0.6706	0.6493	0.7779	0.8502	0.4109	0.8502
45	0.8706	0.8414	0.5145	0.5192	0.1256	0.5758	0.6286	0.1150	0.5765	0.8705	0.4941	0.6577	0.1304	0.6577
50	0.9008	0.5721	0.7003	0.8833	0.5572	0.6253	0.5766	0.7199	0.7551	0.6692	0.7767	0.6045	0.5144	0.6045
55	0.4247	0.4386	0.5017	0.4799	0.7141	0.6364	0.6411	0.7054	0.1012	0.1150	0.8045	0.9580	0.6474	0.9580
60	0.5860	0.0917	0.6542	0.9091	0.7908	0.7116	0.7995	0.7836	0.7972	0.7199	0.7615	0.7749	0.6563	0.7749

Primer pretratamiento con función de transferencia TANSIG propiedad T95

Matriz 30x61 MSE												
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
2	7.9680	6.4031	55.9337	2.8439	8.3486	9.4669	4.5729	8.4658	6.8311	5.5016	5.8705	10.3876
4	4.9066	6.0956	6.0693	3.8137	6.4408	6.8910	5.3843	7.1853	5.0108	5.0613	3.2907	8.8069
6	8.0834	4.1824	2.4440	2.5722	3.8468	4.5311	3.1027	6.7587	5.2040	3.7036	3.1420	4.8134
8	5.5696	4.1193	5.5195	1.4473	4.8819	2.9270	2.0513	3.6574	4.4441	5.2697	7.5746	4.4308
10	5.3604	3.0229	3.0925	1.9156	4.7929	6.0734	7.8879	6.4250	7.1890	5.5283	6.1919	6.7969
15	2.7154	4.4597	2.5670	4.3565	2.7042	3.6193	5.4960	3.2985	2.1865	1.2647	2.8182	6.7071
20	3.2199	4.5818	2.1536	3.5319	3.8548	3.3789	4.1914	1.7967	3.4903	2.0862	1.7950	1.9395
25	2.7643	2.9721	1.0451	3.2549	2.0599	3.0601	5.3639	3.1634	30.3627	3.8238	4.2302	4.0637
30	1.8596	1.7686	3.8165	1.8955	7.7069	3.4484	9.0866	2.8744	6.7805	2.7817	1.7139	54.4310
35	53.3368	1.7361	3.5093	1.9441	2.4138	3.6957	2.0316	3.6300	0.7187	5.9918	5.0315	2.7506
40	2.4330	4.4625	2.5213	3.5308	4.4024	5.6151	2.2674	3.2024	3.2839	3.3299	1.5528	1.2772
45	3.0868	3.8532	1.9648	0.6914	3.8839	2.3997	5.3327	2.8944	2.9394	3.9435	4.6842	6.7366
50	5.8121	4.1568	2.0650	3.7919	2.3662	2.8334	1.7307	9.1471	2.3904	2.7166	4.6114	2.2568
55	2.4921	4.8751	3.3049	43.6010	4.4641	38.9677	1.3855	3.7819	6.2027	11.5916	3.4620	3.6201
60	2.0282	1.6145	0.8893	2.8517	0.5746	1.2048	2.4848	13.5594	8.4880	1.7566	2.1284	4.5038

Matriz 30x61 MSE														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	10.4328	4.2437	5.6345	19.3540	10.1846	5.6087	8.7344	5.0705	37.3634	7.1008	5.9049	9.3195	8.5877	9.2361
4	7.2472	5.7067	7.0772	1.6899	4.3451	4.5568	7.2398	6.1990	6.4031	6.5371	7.7683	8.4884	68.8324	6.8029
6	5.3745	7.8830	6.6023	6.4846	4.9506	3.3609	5.1723	3.7346	7.6818	4.9017	6.1530	7.3509	7.3693	12.4084
8	4.3066	3.1485	4.6577	3.7676	3.6145	7.9634	8.0113	6.8144	5.5560	3.9015	5.0841	5.4485	6.3891	10.6218
10	3.8944	5.4083	3.9433	5.7966	3.8443	6.7106	4.6006	3.1359	5.2253	5.5993	6.4231	28.4800	8.1788	8.5974
15	5.1976	2.1870	6.8492	6.1501	3.8788	3.6619	4.7256	5.7953	5.6962	5.9249	2.4626	7.5763	21.7845	9.5642
20	2.9365	1.6770	2.2014	10.5399	3.7186	6.6701	9.2953	3.9386	5.8280	5.5649	5.6161	7.3213	6.0503	10.0833
25	6.7957	3.9058	3.3384	2.7255	5.0296	3.2404	8.6563	6.3826	6.6923	5.0963	5.2446	6.3433	7.3421	34.9119
30	2.7056	3.3003	6.3689	5.1868	4.7832	5.8197	46.9640	2.6697	4.9749	4.6561	5.4264	5.9871	6.4013	6.8258
35	4.4836	6.0786	3.1650	2.2651	5.2731	2.2371	4.3643	2.0308	4.6961	3.6925	6.5390	5.3823	7.7621	8.7854
40	1.1398	6.3794	1.3043	2.6356	11.0416	6.1208	7.6955	8.5099	5.0351	6.1282	6.3984	8.9665	6.4487	6.4230
45	5.4171	4.1086	30.9581	4.6878	4.0032	5.2463	12.7643	8.9904	6.5024	6.2155	5.2804	3.4548	9.7255	11.9831
50	59.3966	27.8769	1.6600	2.4541	4.8909	52.0241	5.9622	3.2042	8.7795	3.5055	10.4033	2.8847	5.4327	15.0982
55	1.6896	5.0417	4.7038	4.4093	3.3537	10.5294	2.1705	3.1035	79.2273	7.2129	5.9046	3.0141	3.1772	15.8803
60	1.2053	4.2944	2.2741	4.4899	4.0451	3.0597	2.4164	10.9475	8.7732	4.4313	4.8945	4.9621	5.8136	19.8160

Matriz 30x61 R2												
Neuronas	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19
2	0.2969	0.4496	0.0066	0.6199	0.1218	0.3843	0.4810	0.3533	0.3122	0.4110	0.3963	0.1642
4	0.5368	0.4117	0.3933	0.6216	0.4305	0.4126	0.5028	0.3054	0.4600	0.5310	0.6610	0.2417
6	0.4937	0.5730	0.7227	0.7542	0.5894	0.7073	0.6065	0.4926	0.4373	0.6002	0.4997	0.5245
8	0.4778	0.4836	0.4643	0.9116	0.6205	0.7270	0.8086	0.7942	0.6695	0.5362	0.2779	0.5782
10	0.5283	0.7323	0.6905	0.8232	0.6172	0.4860	0.3327	0.5342	0.3824	0.4971	0.5226	0.3676
15	0.6548	0.5467	0.7097	0.7076	0.7355	0.5613	0.4876	0.7047	0.7477	0.8305	0.7909	0.2159
20	0.6492	0.6461	0.8462	0.5763	0.6974	0.5721	0.7799	0.8148	0.5743	0.7630	0.6989	0.7842
25	0.6674	0.6361	0.8143	0.6786	0.7383	0.6133	0.6154	0.8176	0.2730	0.5314	0.6791	0.6958
30	0.8893	0.7663	0.6199	0.7646	0.2968	0.6851	0.5830	0.7661	0.3880	0.6207	0.7140	0.0174
35	0.0051	0.7598	0.5610	0.8090	0.7823	0.5576	0.7161	0.7485	0.8309	0.4676	0.4263	0.6852
40	0.8012	0.5767	0.5840	0.6493	0.5718	0.6706	0.7779	0.6387	0.6662	0.6454	0.7294	0.8453
45	0.6648	0.6286	0.7616	0.8705	0.6491	0.5765	0.4941	0.7336	0.5638	0.5795	0.6920	0.4632
50	0.6829	0.5766	0.8072	0.6692	0.7776	0.7551	0.7767	0.4562	0.7584	0.7027	0.5686	0.7959
55	0.7653	0.6411	0.6449	0.1150	0.5456	0.1012	0.8045	0.8244	0.5848	0.5139	0.6875	0.6385
60	0.8422	0.7995	0.8188	0.7199	0.9183	0.7972	0.7615	0.4762	0.4058	0.7362	0.7614	0.6640

Matriz 30x61 R2														
Neuronas	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.0364	0.4779	0.5126	0.0324	0.1272	0.1733	0.2605	0.4494	0.0896	0.3340	0.3438	0.1614	0.0713	0.3367
4	0.2347	0.4807	0.3943	0.6703	0.5445	0.5373	0.4014	0.3468	0.3656	0.3528	0.1998	0.3599	0.0019	0.7498
6	0.4490	0.3991	0.4399	0.4611	0.4964	0.5468	0.4962	0.5834	0.3741	0.3318	0.3588	0.2164	0.2714	0.5467
8	0.4074	0.6723	0.6555	0.5919	0.6025	0.1986	0.3936	0.1926	0.4416	0.7034	0.3828	0.4687	0.3566	0.6967
10	0.5331	0.5665	0.6764	0.5145	0.5770	0.4417	0.5855	0.5921	0.4766	0.3530	0.4398	0.0703	0.2315	0.4071
15	0.4762	0.7039	0.4255	0.4317	0.5673	0.5660	0.5712	0.5464	0.4701	0.3666	0.7471	0.2533	0.1176	0.6445
20	0.7046	0.8361	0.8120	0.3780	0.6093	0.4946	0.2833	0.4503	0.3408	0.5096	0.3211	0.3370	0.3066	0.5648
25	0.4225	0.5634	0.6490	0.7589	0.5286	0.6816	0.3434	0.3903	0.4227	0.4983	0.5537	0.3375	0.4306	0.4655
30	0.7861	0.6785	0.4562	0.5554	0.4600	0.5409	0.0632	0.6208	0.4145	0.4986	0.4516	0.3799	0.3993	0.7312
35	0.5433	0.5073	0.7109	0.7063	0.4221	0.8009	0.6428	0.6607	0.6118	0.5541	0.6287	0.3150	0.4854	0.7402
40	0.8476	0.4784	0.6841	0.8213	0.4707	0.5695	0.4207	0.5166	0.3626	0.5192	0.5005	0.5046	0.4759	0.8552
45	0.5461	0.5929	0.2068	0.5617	0.5245	0.6291	0.3415	0.2228	0.3406	0.4495	0.4988	0.6828	0.0971	0.7908
50	0.0000	0.2924	0.6880	0.7606	0.5962	0.1275	0.2858	0.6650	0.3890	0.6828	0.3147	0.5835	0.4687	0.5713
55	0.8179	0.6271	0.3742	0.6104	0.6641	0.2561	0.6580	0.7416	0.0073	0.4458	0.6049	0.7185	0.7420	0.5021
60	0.8042	0.6520	0.5927	0.3805	0.5929	0.5608	0.7101	0.6230	0.4107	0.5849	0.5440	0.4359	0.4629	0.6815

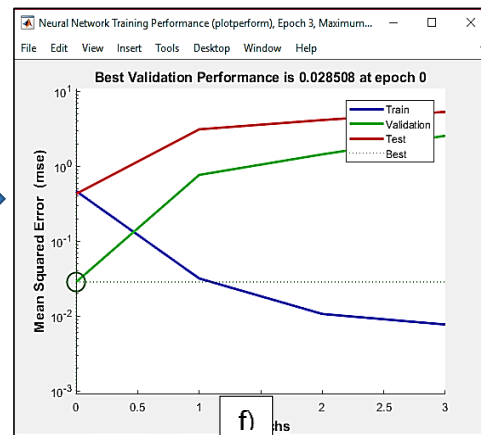
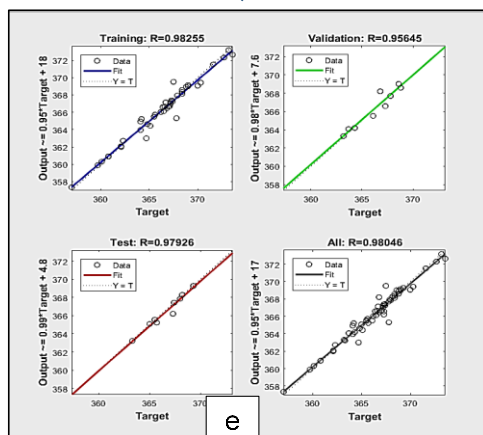
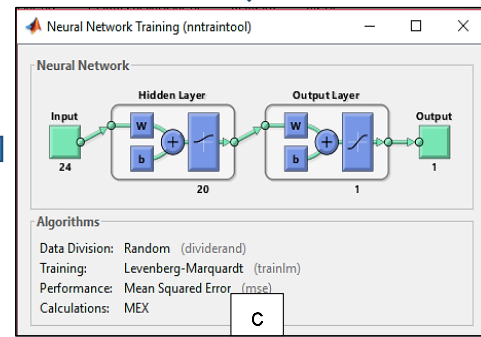
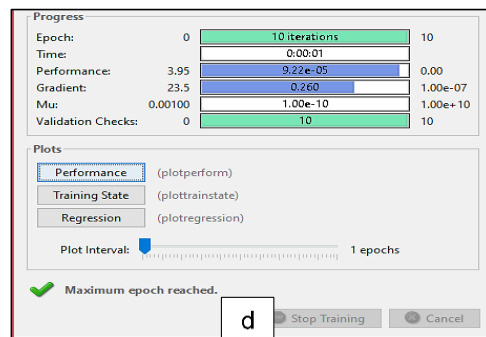
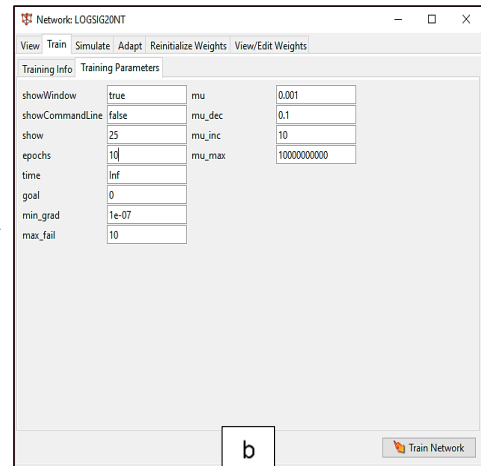
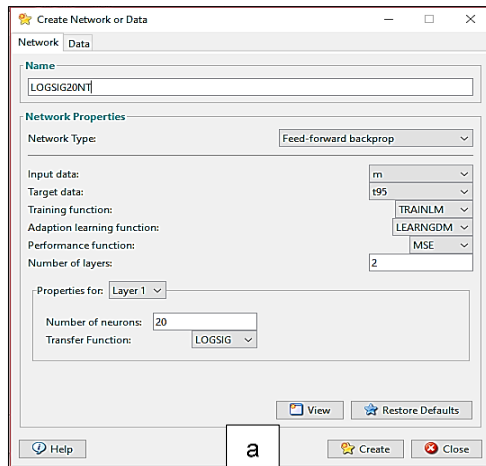
Segundo pretratamiento con función de transferencia TANSIG propiedad FP

Matriz 28x61 MSE													
Neurona	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18		
2	2.6344	0.9854	3.1209	3.0912	2.0725	1.6563	3.8756	2.3240	2.2444	1.4558	2.3472		
4	2.5438	1.2043	2.4063	1.7365	1.0552	2.2589	2.7675	1.4844	1.9537	1.5127	1.7331		
6	3.4306	2.0942	1.1870	2.0104	1.6302	1.5052	1.1633	1.1994	1.2137	1.3458	1.4019		
8	1.8838	1.9957	2.8053	0.8393	1.6281	1.2719	0.9470	2.3386	1.3098	0.9871	1.5250		
10	1.4046	1.6444	1.0533	1.2947	1.0603	0.8784	0.4994	1.5232	1.6956	1.6146	0.8742		
15	0.8271	0.9344	0.6032	0.8608	2.1925	1.2048	2.3622	0.8829	1.0338	0.8705	1.1211		
20	0.8417	0.6766	1.3793	0.6960	1.8728	1.0367	1.2578	0.9065	0.5728	0.6967	0.8239		
25	0.3299	1.2645	0.9825	0.7055	3.3197	1.1422	0.8248	1.8675	0.7333	2.0959	0.8482		
30	0.9168	1.2570	1.6429	0.7782	0.4700	0.8167	0.2451	0.9267	0.9064	2.7658	1.2069		
35	1.4310	1.2519	0.8010	0.8941	1.3975	1.0073	1.7641	1.4434	1.3688	3.0022	1.1103		
40	1.0772	0.8796	1.8084	0.7426	1.1078	0.9159	1.5907	1.4823	0.6340	0.9439	1.4450		
45	1.4104	1.1253	1.1551	1.1204	0.6326	0.9864	1.4654	0.2753	0.9464	2.0939	1.1745		
50	1.1998	1.7409	0.9646	1.3216	0.3836	0.5846	2.3454	0.8016	1.2291	0.9889	0.9513		
55	1.1675	0.8904	0.5224	0.6065	0.5860	1.0541	1.4809	0.7765	0.6553	1.5460	1.0093		
60	0.9986	0.9707	1.1182	2.6501	0.8578	0.9896	0.9141	1.1493	1.0603	0.6681	1.2301		
Matriz 28x61 MSE													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	3.5088	4.1819	2.3153	1.6405	3.7596	3.6802	1.8144	2.6870	2.1593	2.3032	3.4493	5.4024	6.2817
4	2.3319	2.4893	2.0203	1.3187	2.6278	3.1968	3.2458	2.6001	2.6484	2.9675	3.1581	4.5155	5.1188
6	1.6150	2.0219	2.1476	2.0182	2.8049	2.5739	2.8908	2.7070	3.5792	3.2813	1.7007	5.9139	7.1832
8	0.8990	0.9533	0.8865	1.6906	2.8499	1.9996	2.7813	2.0691	2.4687	3.2393	2.7276	4.5371	3.5781
10	1.0155	2.3005	2.3587	1.0815	2.3628	2.7647	1.8586	2.9618	2.4776	3.1808	1.9704	4.2682	6.5311
15	0.7267	0.6075	1.0759	1.0743	2.2052	2.4960	3.2799	2.3362	3.6183	2.4923	1.3435	4.6438	5.3475
20	1.9481	1.1457	2.1642	1.3864	2.0099	2.1973	1.3588	1.6560	2.3016	1.0668	2.4258	6.5889	5.9133
25	1.2574	0.9861	0.5215	0.8703	1.5594	2.5578	2.2439	1.0758	1.9538	1.9584	1.7603	3.3423	3.6638
30	1.5209	0.6137	2.1176	1.0914	1.5956	0.9248	1.6040	1.7456	2.0597	2.1999	2.7130	5.5343	4.3272
35	1.5690	0.8212	1.1612	0.9633	2.1641	1.6751	1.8492	3.2971	1.4368	3.7532	2.2014	3.9678	5.1030
40	0.8966	0.6118	1.7154	1.1507	1.0749	1.8270	2.5528	1.6635	2.5717	2.7267	1.8442	3.8620	3.4812
45	1.6035	1.2125	0.8806	0.9928	1.6355	1.0462	1.8328	1.5310	1.7066	2.5019	1.6204	3.9231	5.2600
50	1.3410	0.7283	1.1239	0.4829	0.9580	2.4647	1.1527	1.9157	1.3856	1.6132	1.6788	3.1408	6.4012
55	0.6964	0.6374	1.2733	1.1314	1.3217	1.5586	2.0865	1.8492	2.0867	2.8153	2.2341	6.0348	5.7753
60	0.5218	1.3451	0.5321	1.5014	0.9091	0.6194	1.2127	1.5405	1.1898	2.0421	1.0780	3.9182	4.4452
Matriz 28x61 R2													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.5604	0.3744	0.5771	0.6923	0.5153	0.4778	0.4412	0.5400	0.4452	0.5610	0.6538	0.5207	0.4640
4	0.6026	0.7070	0.8450	0.7857	0.5539	0.4851	0.3652	0.6853	0.7094	0.5059	0.6509	0.5851	0.4887
6	0.7729	0.6687	0.7920	0.6797	0.5988	0.7931	0.6791	0.6633	0.5774	0.4324	0.6063	0.5269	0.4999
8	0.8338	0.8231	0.7358	0.8394	0.7968	0.6456	0.5762	0.8291	0.6861	0.6412	0.7360	0.5556	0.6131
10	0.6412	0.7449	0.7185	0.8484	0.7718	0.7142	0.6855	0.6709	0.7493	0.6667	0.8422	0.5755	0.4630
15	0.8097	0.8231	0.8346	0.8584	0.6963	0.7944	0.5912	0.7844	0.6631	0.5450	0.9062	0.5877	0.5332
20	0.7317	0.8452	0.8011	0.8500	0.7684	0.6234	0.9075	0.7096	0.7565	0.7061	0.7276	0.6084	0.5248
25	0.8738	0.8381	0.9067	0.8998	0.7571	0.8251	0.7186	0.8118	0.8145	0.6686	0.7643	0.5956	0.5678
30	0.8027	0.7019	0.5915	0.8009	0.8332	0.8097	0.8545	0.7959	0.3275	0.7789	0.4944	0.6871	0.4784
35	0.6041	0.9085	0.7559	0.8008	0.8103	0.7397	0.8316	0.5870	0.4783	0.5980	0.7981	0.6067	0.5313
40	0.9401	0.9165	0.8265	0.8026	0.8469	0.7428	0.6183	0.4380	0.7342	0.6212	0.5640	0.6522	0.5898
45	0.8847	0.6717	0.9449	0.8108	0.7687	0.8178	0.7967	0.8588	0.5677	0.6625	0.8669	0.7049	0.5808
50	0.8235	0.7103	0.7970	0.9201	0.9360	0.7142	0.9258	0.7777	0.8346	0.5156	0.7307	0.4710	0.4624
55	0.9719	0.7121	0.8460	0.7067	0.7874	0.5264	0.6599	0.6740	0.8764	0.5243	0.8827	0.6618	0.5445
60	0.9181	0.7186	0.9695	0.5977	0.8404	0.6400	0.4697	0.7789	0.8681	0.4859	0.8678	0.6163	0.3860
Matriz 28x61 R2													
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18		
2	0.6475	0.6234	0.7329	0.5296	0.4800	0.5745	0.6487	0.6487	0.6816	0.7393	0.6434		
4	0.7494	0.7627	0.6878	0.6169	0.6574	0.7042	0.5676	0.7007	0.6994	0.7278	0.6697		
6	0.6612	0.7270	0.8206	0.7580	0.6176	0.8099	0.8292	0.8663	0.7257	0.7262	0.5574		
8	0.6605	0.7435	0.7141	0.9709	0.4750	0.8380	0.7423	0.5447	0.6987	0.8973	0.7822		
10	0.7531	0.5566	0.9415	0.6793	0.8604	0.7972	0.6930	0.8044	0.8509	0.7529	0.4551		
15	0.8187	0.7264	0.8074	0.8154	0.7938	0.8553	0.7187	0.7249	0.9219	0.9376	0.7851		
20	0.8731	0.8478	0.7664	0.8892	0.7357	0.6071	0.8895	0.6351	0.9221	0.8816	0.6906		
25	0.9422	0.4958	0.8111	0.7116	0.7031	0.3934	0.8145	0.4229	0.7997	0.7407	0.8803		
30	0.7550	0.7963	0.5739	0.6248	0.7858	0.7753	0.9254	0.8757	0.7974	0.7954	0.8289		
35	0.6235	0.6268	0.5864	0.8690	0.7530	0.7413	0.7964	0.5735	0.5480	0.6803	0.5219		
40	0.8870	0.8660	0.7561	0.5090	0.6867	0.4892	0.8602	0.5867	0.9233	0.4969	0.8585		
45	0.7206	0.7815	0.6452	0.8909	0.9012	0.7500	0.4330	0.4469	0.7383	0.7297	0.7754		
50	0.7356	0.5827	0.6174	0.7668	0.9491	0.8701	0.5772	0.8012	0.7743	0.8803	0.4494		
55	0.7578	0.8610	0.8509	0.6868	0.9083	0.7429	0.8281	0.7776	0.4354	0.5970	0.8279		
60	0.8466	0.5999	0.8678	0.5714	0.4204	0.7868	0.8759	0.7259	0.8271	0.9555	0.8078		

Segundo pretratamiento con función de transferencia TANSIG propiedad T95

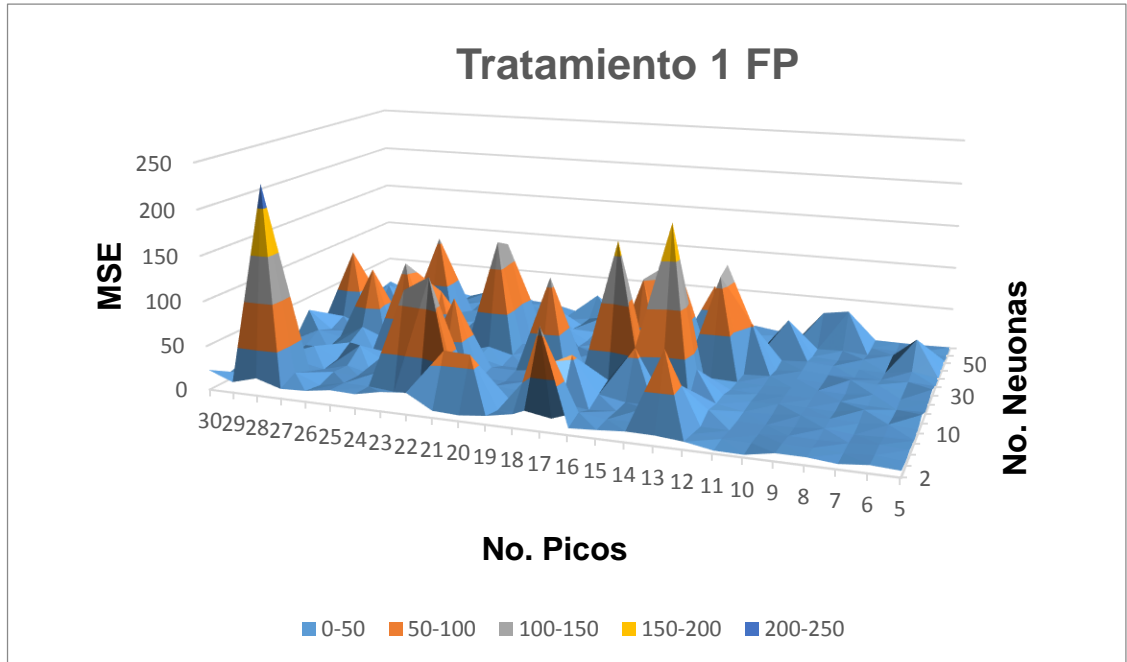
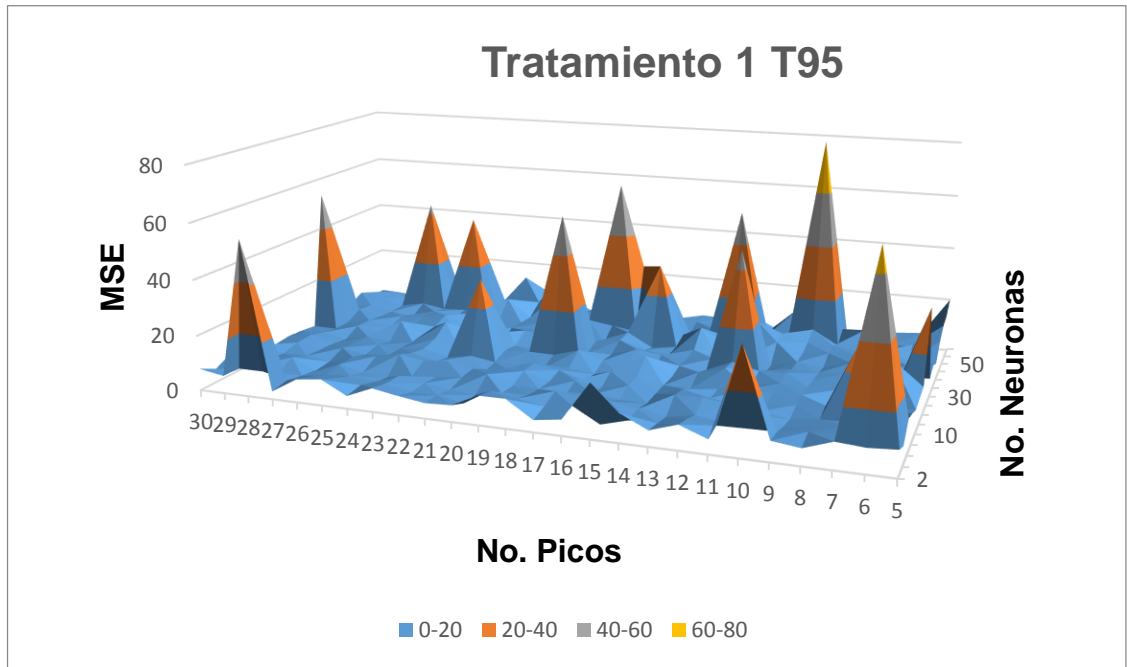
Matriz 28x61 MSE													
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18		
2	8.6608	7.2791	21.1603	5.3302	5.3871	5.6936	6.8405	6.2153	3.9325	7.2120	8.3283		
4	3.2743	8.4559	5.2578	6.4386	4.8224	4.4827	2.8233	6.4311	4.1998	6.0318	3.5542		
6	4.1593	7.4211	1.3151	6.2537	5.4999	3.4413	8.1525	4.5326	5.5636	4.6145	5.2533		
8	1.8784	4.8731	2.0451	4.3997	3.8818	5.2843	2.7806	4.0102	2.5213	1.6549	4.6103		
10	2.9654	1.0804	2.8601	4.1027	5.4885	5.8861	4.4706	2.7082	3.8743	4.1521	4.6539		
15	0.8791	1.3918	1.5677	4.8030	2.5193	4.3773	1.9029	0.9417	2.9260	4.3898	3.4069		
20	3.3676	3.7591	3.3723	3.1550	7.6670	1.3419	3.7527	3.6356	1.1843	5.6259	1.8953		
25	2.7477	4.5715	2.6271	4.0747	1.7635	3.7155	10.8009	3.8455	1.8327	4.1666	6.5624		
30	6.6717	1.0690	2.1314	1.1438	5.7934	1.7163	5.1315	2.7868	4.4697	3.2591	2.2116		
35	1.6340	2.1039	3.1049	5.1149	4.1170	6.6834	5.3343	3.6558	1.9114	4.4910	3.2930		
40	3.4431	3.7002	1.0597	2.0689	2.0845	3.0336	2.3674	5.3383	0.9712	2.5179	2.6768		
45	1.6341	5.0395	2.9193	1.5113	2.2850	2.8268	6.7528	2.3182	4.1114	3.3094	2.8888		
50	2.4809	2.6311	2.8868	5.6336	3.1190	7.9715	1.4401	6.8079	3.6936	3.9288	53.9912		
55	2.1267	2.0110	2.4954	5.2235	3.9659	3.5910	7.3089	2.2113	6.5146	5.0252	6.7895		
60	2.7107	1.3601	5.5347	3.1458	1.9444	11.2299	2.7117	3.0386	0.9862	2.0566	3.4523		
Matriz 28x61 MSE													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	6.6091	4.4494	8.0095	22.9979	7.0016	8.7395	2.6686	8.2076	6.9468	7.1004	11.4088	10.6613	10.9989
4	5.3613	9.3266	6.5610	5.5515	6.9209	9.5806	8.3915	11.7538	12.7373	7.2150	8.0344	9.8394	6.9832
6	3.7600	6.6100	6.8409	7.1264	6.4366	7.5016	4.4226	3.8341	3.0918	6.2132	8.7062	5.6620	8.8602
8	5.1815	3.2691	3.7953	12.6581	8.1296	4.3642	6.4469	6.2492	8.0479	7.2439	7.6608	4.7245	9.2607
10	5.8372	8.5076	2.5775	6.0498	7.2933	6.4886	4.7366	6.5626	4.0607	5.4846	4.9653	4.7105	9.5343
15	6.0388	8.1851	6.1104	5.8335	4.5847	7.2153	4.0311	6.9802	5.7241	8.7488	42.6406	23.9326	5.4677
20	3.5001	2.8933	42.9852	2.6807	7.5207	6.9760	3.5672	4.8024	3.2610	6.7517	4.5322	5.6053	5.9891
25	3.1504	2.2959	5.8101	4.1365	3.3485	6.6551	2.3903	6.7463	6.2279	4.9174	8.5221	3.8816	2.4834
30	3.9827	8.0793	3.6567	3.6978	2.7997	57.8218	6.3268	6.5536	3.0970	5.0481	7.0682	2.6545	7.0376
35	4.1272	1.5778	3.7264	2.3734	7.8819	7.7459	3.4067	5.2853	1.3064	2.3070	3.8301	3.1944	6.9954
40	4.4468	5.6370	3.6687	55.4765	4.3852	5.2212	0.7749	5.1880	2.6271	5.1089	5.2882	4.4531	4.6096
45	3.0615	62.6600	3.5336	1.3466	5.5140	7.7837	7.8834	2.2726	5.8682	3.5291	6.5069	8.8601	3.3930
50	3.1042	1.7535	5.4486	3.9897	4.9942	5.7274	2.7048	3.9510	3.9288	1.8255	6.2432	37.0886	5.5116
55	2.9748	3.5258	2.1547	6.1264	2.8485	4.4900	4.4750	7.8308	5.3353	1.4487	4.2675	3.8634	5.8031
60	3.9756	3.9469	8.3082	6.8608	1.5081	2.6137	13.8689	11.5394	2.1191	4.7170	1.7762	5.4846	5.2366
Matriz 28x61 R2													
Neuronas	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18		
2	0.1865	0.1369	0.0195	0.5229	0.5274	0.3165	0.2654	0.3462	0.5244	0.2397	0.1015		
4	0.5853	0.4243	0.5295	0.2074	0.5102	0.4459	0.5004	0.3615	0.6317	0.3286	0.7805		
6	0.6116	0.2887	0.8575	0.5727	0.4480	0.7133	0.3209	0.5835	0.3777	0.4759	0.4695		
8	0.7487	0.5557	0.6782	0.5668	0.5595	0.5593	0.6943	0.6631	0.6492	0.7344	0.5932		
10	0.7541	0.7367	0.7020	0.6312	0.4766	0.4622	0.4509	0.5858	0.5661	0.4219	0.5990		
15	0.7049	0.8460	0.8688	0.5664	0.7668	0.5835	0.7331	0.8935	0.6249	0.4803	0.6358		
20	0.6345	0.6553	0.6225	0.7366	0.3594	0.7872	0.5231	0.6899	0.8406	0.4694	0.7214		
25	0.7035	0.5788	0.7132	0.5488	0.8002	0.7441	0.3472	0.7181	0.7937	0.5525	0.4698		
30	0.4011	0.9251	0.8108	0.8899	0.7094	0.8055	0.5089	0.7607	0.6231	0.6552	0.6729		
35	0.7899	0.8138	0.7307	0.6036	0.4917	0.4093	0.6944	0.8155	0.6823	0.5584	0.7426		
40	0.7386	0.7000	0.8513	0.7914	0.7314	0.6532	0.7297	0.5589	0.9089	0.6775	0.6782		
45	0.7776	0.5956	0.7548	0.8619	0.8362	0.7612	0.5032	0.6016	0.4404	0.7425	0.6503		
50	0.7705	0.7380	0.7832	0.5658	0.7503	0.3891	0.8525	0.5520	0.5085	0.6728	0.0192		
55	0.8545	0.8037	0.6561	0.5621	0.5676	0.4491	0.2707	0.6515	0.3932	0.4282	0.4459		
60	0.6892	0.8312	0.5819	0.5773	0.8071	0.6190	0.7836	0.7681	0.8833	0.7545	0.6330		
Matriz 28x61 R2													
Neuronas	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
2	0.5682	0.4027	0.1505	0.0060	0.1608	0.0961	0.6280	0.0330	0.2307	0.3725	0.2077	0.0650	0.0918
4	0.3768	0.0156	0.3683	0.4674	0.4072	0.0772	0.3179	0.0277	0.2251	0.2864	0.2683	0.0721	0.3191
6	0.6283	0.5249	0.2695	0.4022	0.3422	0.3555	0.5342	0.5803	0.6070	0.3650	0.2176	0.2706	0.0995
8	0.3054	0.5893	0.5429	0.3719	0.2550	0.4500	0.3679	0.3454	0.3829	0.4179	0.2692	0.4391	0.0260
10	0.3500	0.2865	0.7348	0.4786	0.3049	0.3988	0.3806	0.3208	0.5536	0.4500	0.4102	0.5426	0.1965
15	0.5177	0.4058	0.4178	0.5578	0.6513	0.3424	0.5755	0.3309	0.3642	0.2417	0.1764	0.1128	0.5034
20	0.5160	0.6221	0.0779	0.7164	0.3541	0.3873	0.5314	0.6767	0.7709	0.2244	0.6683	0.4193	0.3940
25	0.7568	0.8277	0.5584	0.6269	0.5614	0.3586	0.7793	0.4578	0.4815	0.6471	0.1869	0.5918	0.6915
30	0.6550	0.2424	0.7138	0.6574	0.4110	0.0004	0.3915	0.4512	0.6179	0.4928	0.3047	0.5219	0.2599
35	0.5968	0.7615	0.5157	0.6980	0.3895	0.4999	0.7937	0.3777	0.6982	0.6599	0.5864	0.6816	0.3283
40	0.5618	0.4873	0.6968	0.0742	0.5526	0.5500	0.8336	0.3803	0.7614	0.4594	0.3411	0.3098	0.5829
45	0.6416	0.0177	0.6534	0.6859	0.3668	0.4182	0.5188	0.6864	0.6685	0.5621	0.4698	0.1927	0.7002
50	0.6344	0.8018	0.7151	0.7254	0.6211	0.5096	0.5595	0.5578	0.4110	0.5414	0.3587	0.1342	0.3973
55	0.6622	0.6073	0.6956	0.5179	0.5377	0.5276	0.4906	0.2993	0.5661	0.6763	0.6332	0.5732	0.4710
60	0.5372	0.7052	0.3022	0.4686	0.7866	0.6568	0.4340	0.2457	0.6857	0.5788	0.7970	0.4789	0.3445

Anexo E. a) nombre de red, número de neuronas en la capa interna y funciones de activación. b) entrenamiento con 10 épocas y error de 10. c) estructura de red neuronal. d) progreso del entrenamiento de red. e) regresión de la red. f) error mínimo al cuadrado

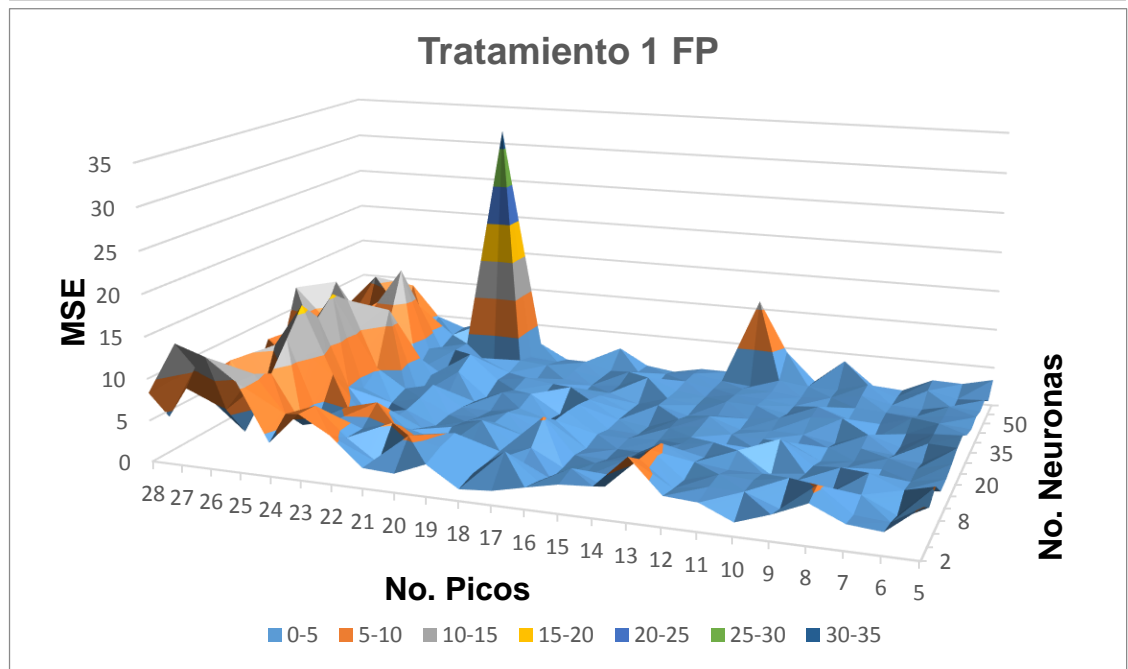
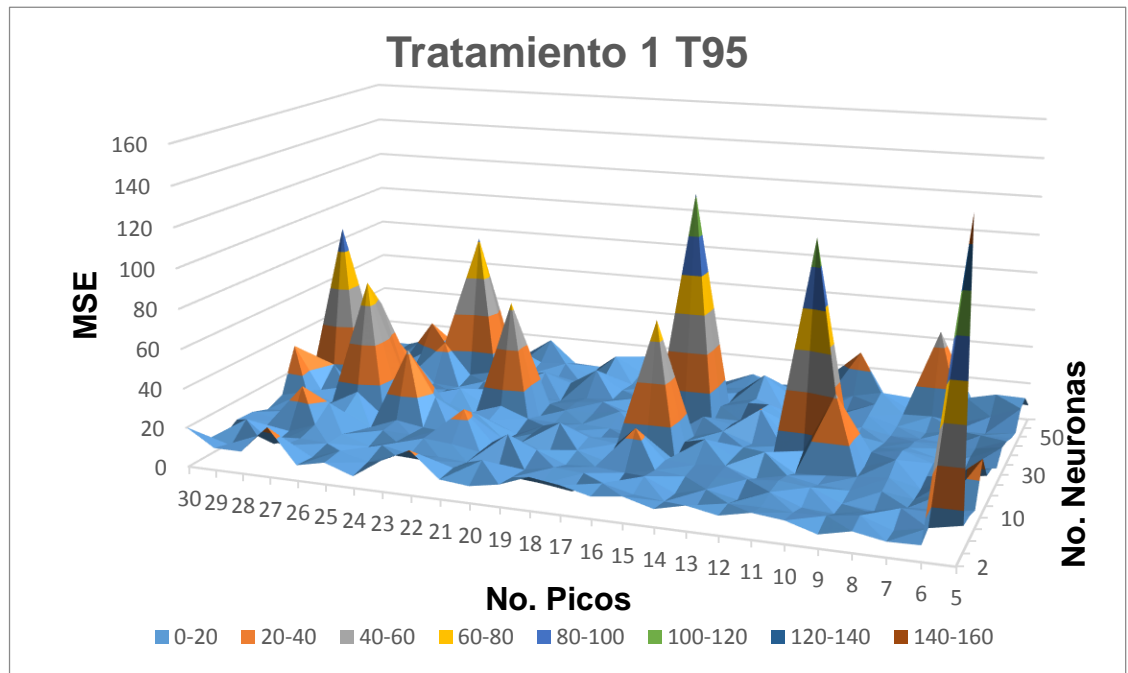


Anexo F. Representación en 3 dimensiones de las variables que intervienen en el entrenamiento

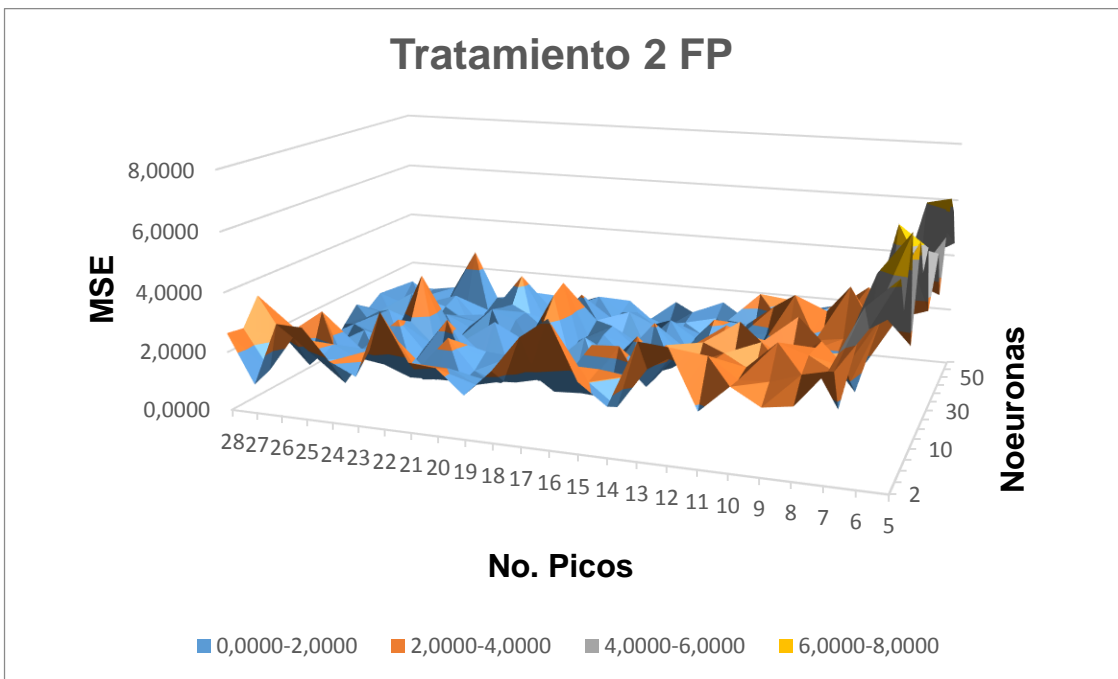
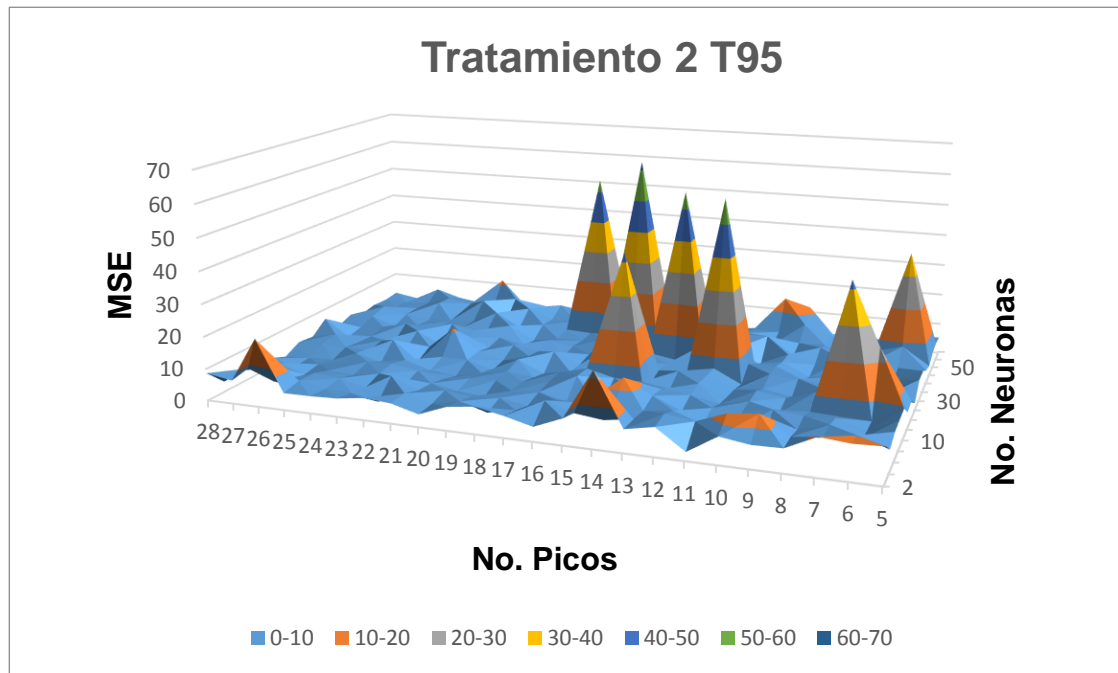
Primer pretratamiento TANSIG T95 y FP



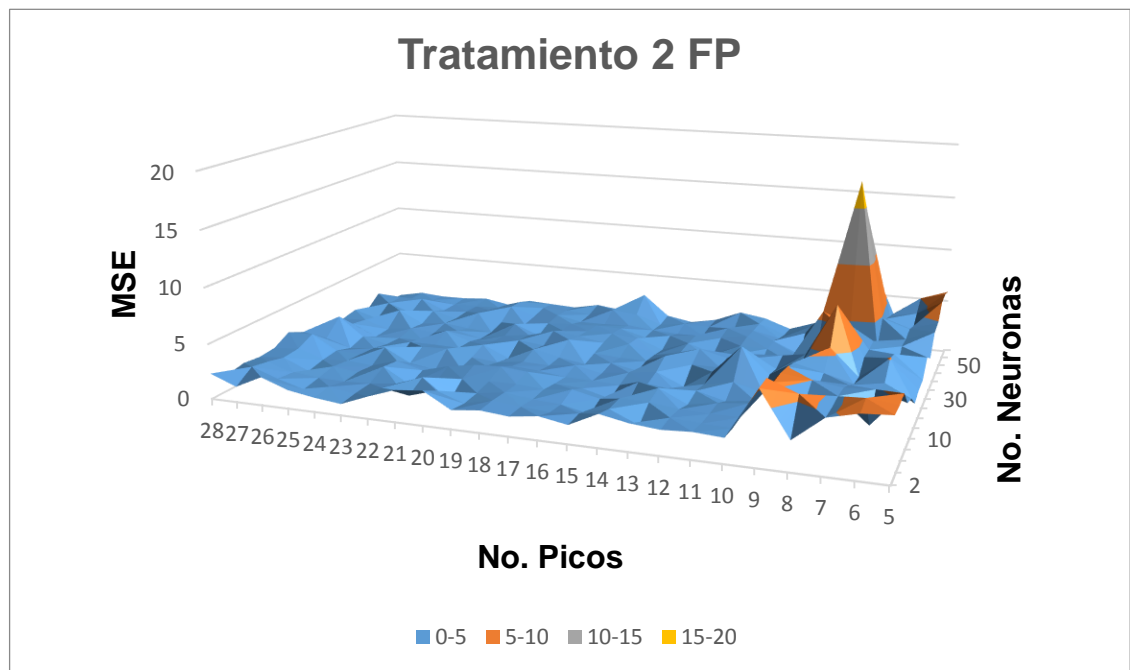
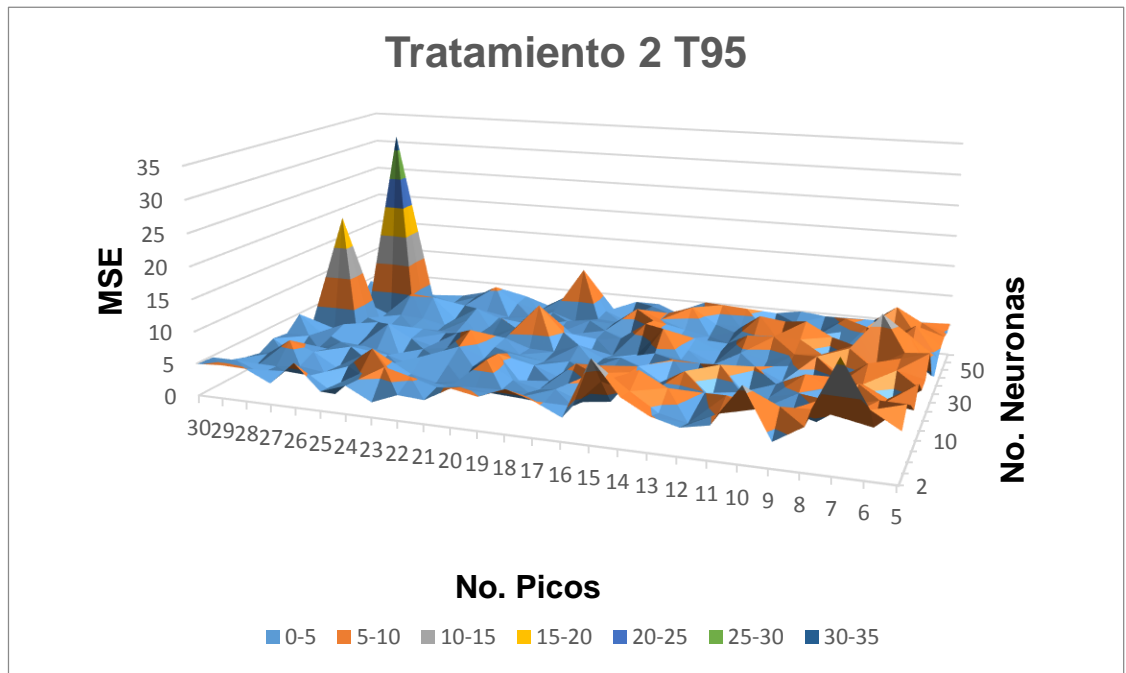
Primer pretratamiento LOGSIG T95 y FP



Segundo pretratamiento TANSIG T95 y FP

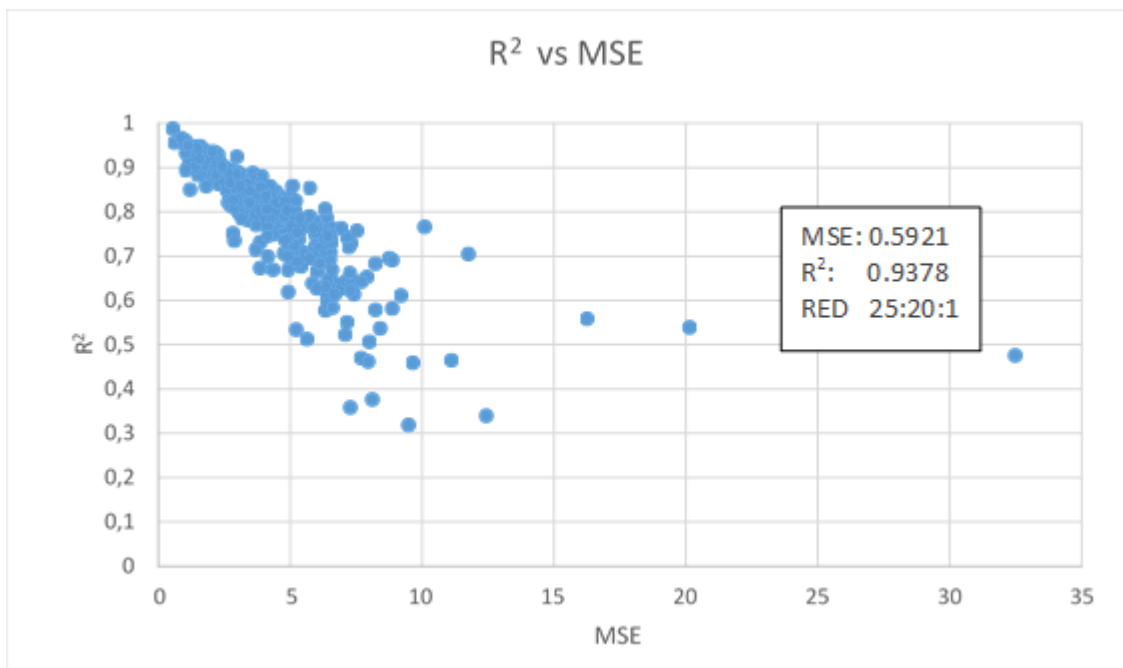
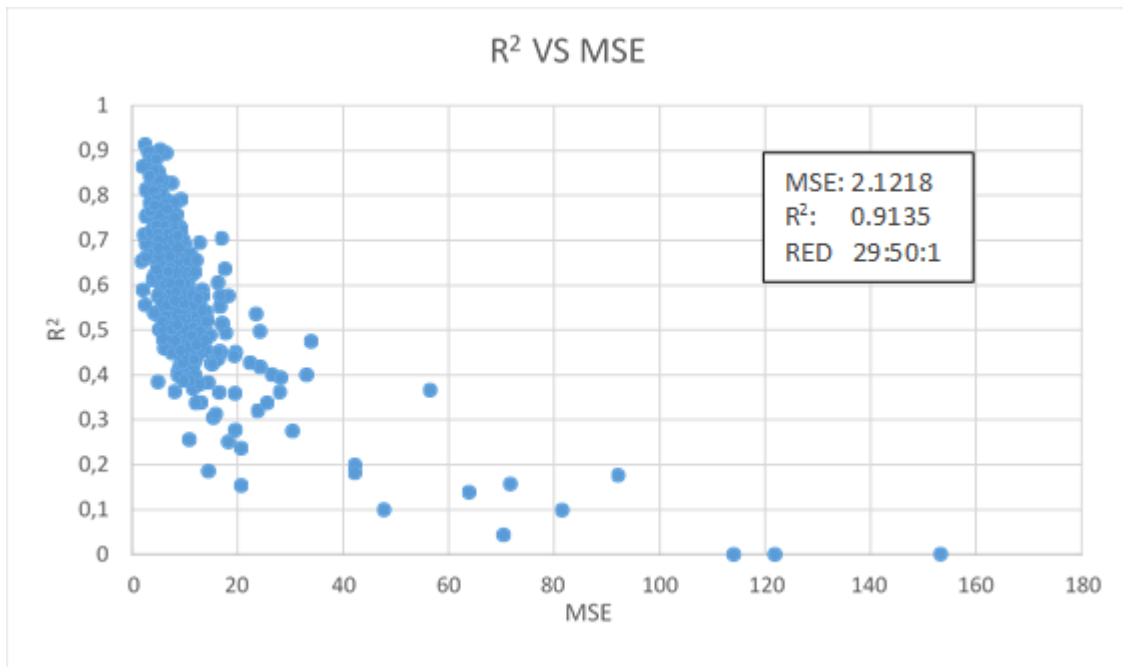


Segundo pretratamiento LOGSIG T95 y FP

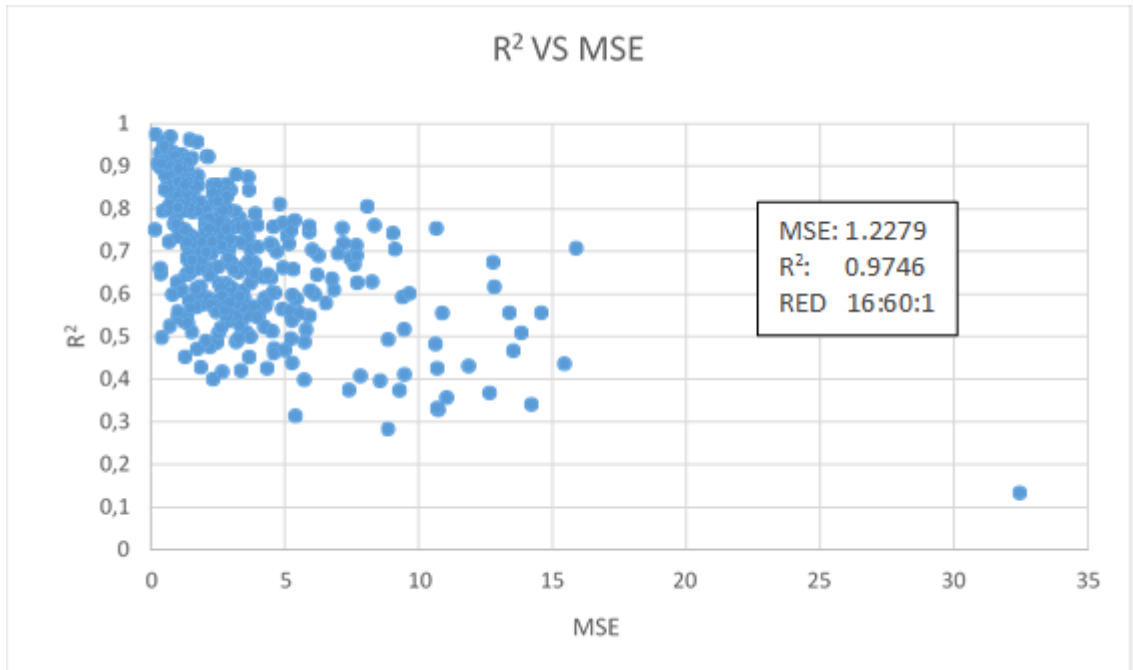


Anexo G. Representación de dispersión de R2 contra MSE

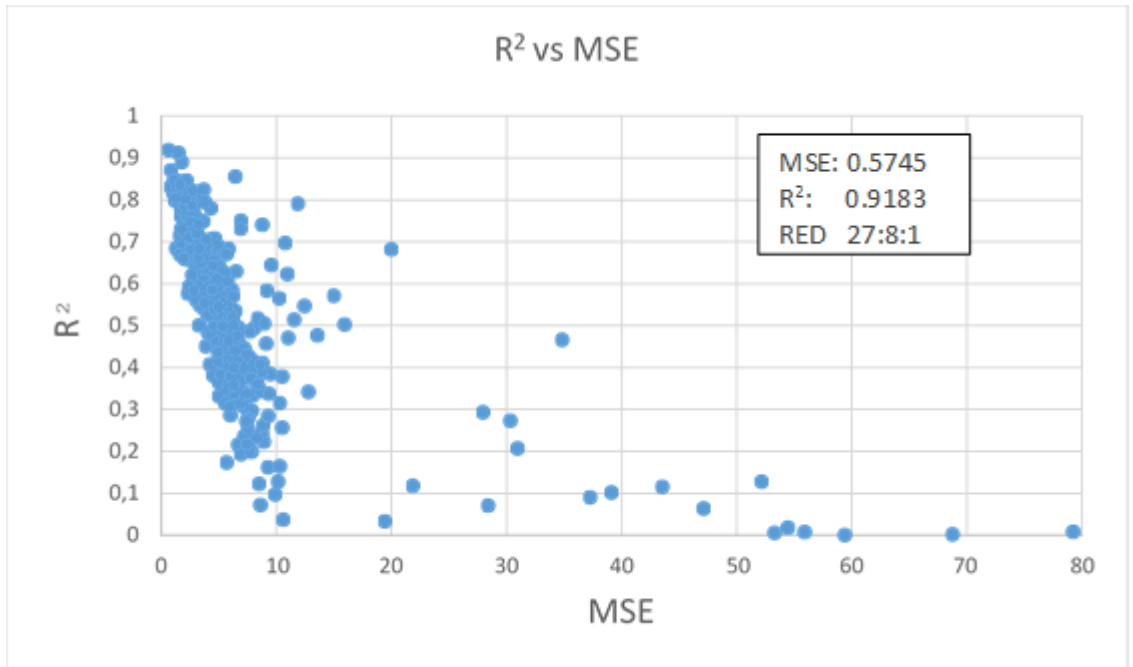
Primer pretratamiento LOGSIG FP y T95



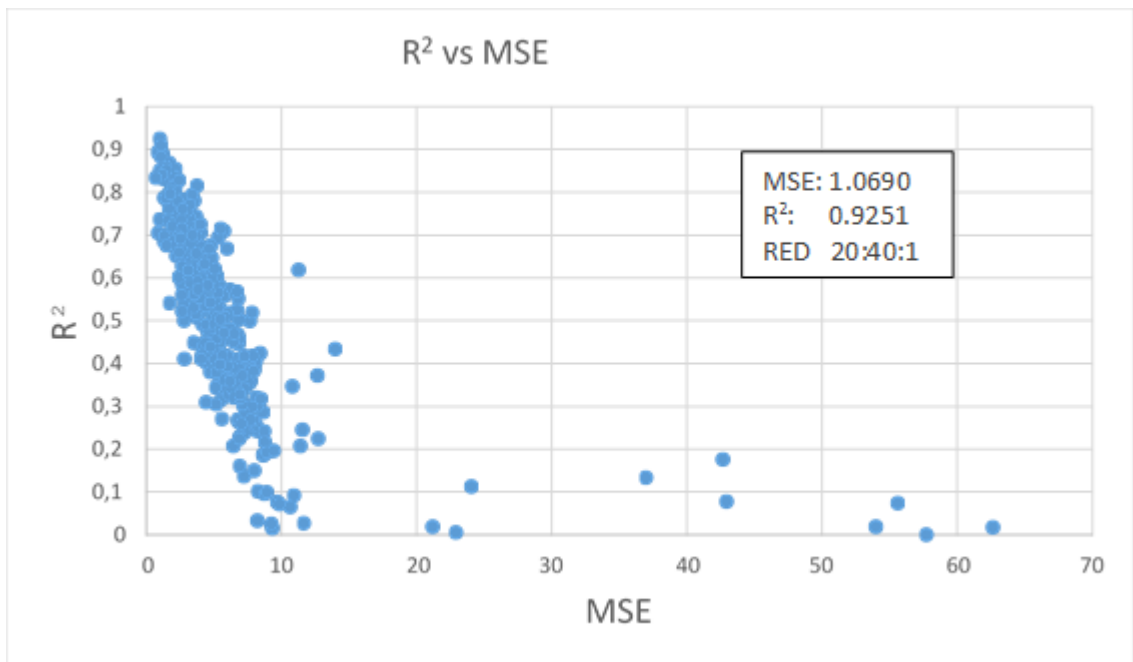
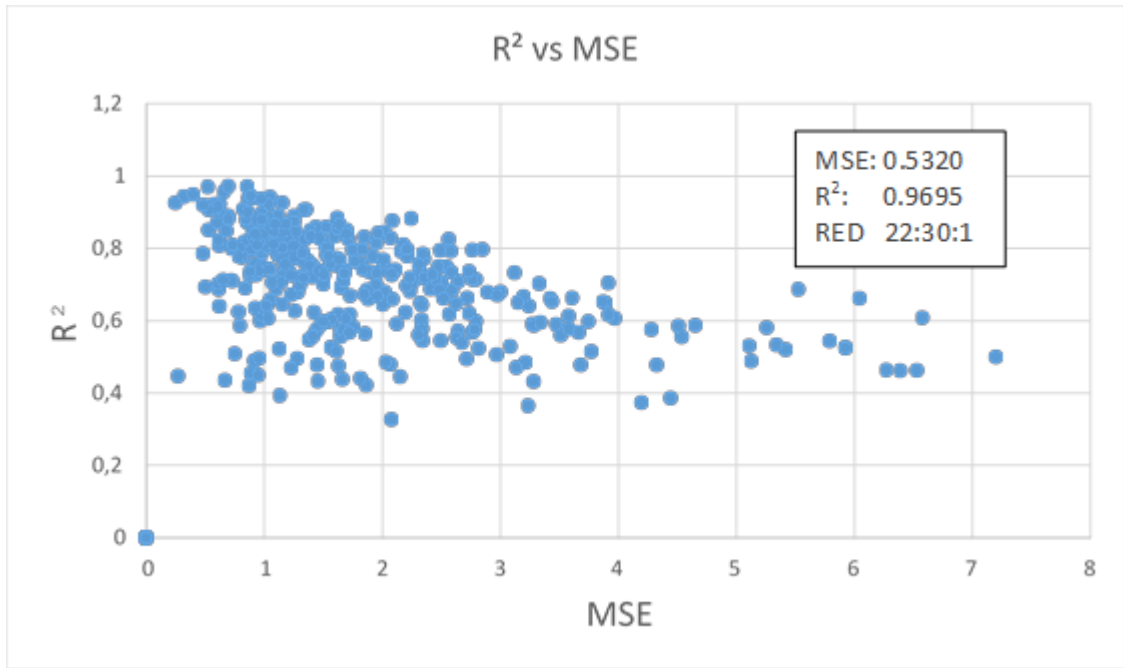
Segundo pretratamiento LOGSIG FP



Primer pretratamiento TANSIG T95



Segundo pretratamiento TANSIG FP y T95



Anexo H. Datos usados en la prueba de resiliencia

Entrenamiento para el primer pretratamiento TANSIG FP.

24X61	1					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0008	0.9721	0.9999	0.9967	0.9810	0.9623
24X61	2					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0019	0.9873	0.9998	1.0000	0.9896	0.9793
24X61	3					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0038	0.9824	0.9987	0.9992	0.9879	0.9760
24X61	4					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0154	0.9829	0.9983	1.0000	0.9892	0.9785
24X61	5					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.5079	0.9999	0.9462	0.9983	0.9908	0.9817
24X61	6					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0000	0.9977	1.0000	0.9517	0.9908	0.9817
24X61	7					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0043	0.9870	0.9999	0.9999	0.9908	0.9817
24X61	8					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0089	0.9868	0.9997	1.0000	0.9908	0.9817
24X61	9					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0037	0.9856	0.9997	0.9972	0.9908	0.9817
24X61	10					
No neuronas	MSE	R T	R V	R Test	R ALL	R^2 ALL
20	0.0101	0.9886	0.9990	0.9957	0.9908	0.9817
24X61	11					
No neuronas	Prom MSE	Prom R T	Prom RV	PromR Test	Prom R ALL	Prom R^2 ALL
20	0.0557	0.9870	0.9941	0.9939	0.9893	0.9786

muestras/ longitud de onda	4403.702 2	4390.201 2	4368.985 4	4336.197 3	4324.625 0	4295.694 3
1	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0004
2	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0025	-0.0026	-0.0003
3	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0024	-0.0003
4	0.0006	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
5	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0023	-0.0003
6	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
7	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
10	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
11	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0023	-0.0023	-0.0003
13	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
15	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0021	-0.0003
16	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
17	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0021	-0.0003
18	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
19	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0022	-0.0023	-0.0003
20	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
21	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
22	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
23	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0004
24	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0025	-0.0003
27	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
28	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
30	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
31	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
32	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
33	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
34	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
35	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0004
36	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
37	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
38	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
39	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
40	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0027	-0.0004
41	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003

muestras/ longitud de onda	4403.702 2	4390.201 2	4368.985 4	4336.197 3	4324.625 0	4295.694 3
42	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0004
43	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
44	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0004
45	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
46	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
47	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0025	-0.0025	-0.0003
48	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0004
50	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
51	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
52	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0004
53	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0004
54	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0025	-0.0026	-0.0003
55	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0026	-0.0028	-0.0004
56	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
57	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
58	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
59	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
60	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003

4264.8350	4251.3340	4230.1182	4212.7598	4187.6865	4174.1856	4156.8272
0.0015	-0.0017	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0002
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0002
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0012	-0.0013	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0012	-0.0013	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0012	-0.0014	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0012	-0.0013	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003

4264.8350	4251.3340	4230.1182	4212.7598	4187.6865	4174.1856	4156.8272
0.0012	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0012	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0015	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0013	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0002
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0017	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0017	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0015	-0.0017	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003

4264.8350	4251.3340	4230.1182	4212.7598	4187.6865	4174.1856	4156.8272
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003
0.0014	-0.0016	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003

4137.5400	4108.6094	4087.3938	4073.8928	4064.2493	4050.7483	4037.2473
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0003	-0.0005	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001

4137.5400	4108.6094	4087.3938	4073.8928	4064.2493	4050.7483	4037.2473
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001
0.0001	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001

4016.0315	3981.3147	3967.8137	3952.3840
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002

4016.0315	3981.3147	3967.8137	3952.3840
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002
0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0002

muestras eliminadas
8
9
12
14
25
26
29
49
61

Entrenamiento para el primer pretratamiento TANSIG FP.

20x61	1					
Neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² Test	R ² ALL	R2 ALL
25	7.0157	0.95756	0.81674	0.78675	0.91895	0.8444691
20X61	2					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	7.729	0.93657	0.87805	0.89287	0.91895	0.8444691
20X61	3					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	2.6606	0.90948	0.90948	0.92064	0.95024	0.91895
20X61	4					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	3.0899	0.98862	0.94775	0.89845	0.95219	0.9066658
20X61	5					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	2.8558	0.95545	0.87486	0.99593	0.95219	0.9066658
20X61	6					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	2.6481	0.98807	0.90264	0.96115	0.97531	0.9512296
20X61	7					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	0.24278	0.97103	0.99373	0.99155	0.97531	0.9512296
20X61	8					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	1.6483	0.97578	0.94923	0.99491	0.97531	0.9512296
20X61	9					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	0.62932	0.98017	0.99444	0.84458	0.97531	0.9512296
20X61	10					
No neuronas	MSE	R ² T	R ² V	R ² T	R ² ALL	R2 ALL
25	1.991	0.98317	0.94377	0.96753	0.97531	0.9512296
20X61	Prom					
No neuronas	Prom MSE	Prom R T	Prom RV	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL
25	3.05105	0.96459	0.921069	0.925436	0.956907	0.91773678

muestras / longitud de onda	4403.70215	4390.20117	4368.98535	4336.19727	4324.625	4293.76563
1	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
2	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0025	-0.0026	-0.0003
3	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0024	-0.0003
4	0.0006	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0004
5	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0023	-0.0003
6	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
7	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
8	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
9	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
10	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
11	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0023	-0.0023	-0.0003
12	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
13	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
14	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0024	-0.0003
15	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0021	-0.0003
16	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
17	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0022	-0.0021	-0.0003
18	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
19	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0022	-0.0023	-0.0003
20	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0022	-0.0022	-0.0003
21	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
22	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
23	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
24	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0025	-0.0003
25	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
26	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0025	-0.0026	-0.0003
27	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
28	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
29	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0023	-0.0003
30	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
31	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
32	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
33	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
34	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
35	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0004
36	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0023	-0.0024	-0.0003
37	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003

muestras / longitud de onda	4403.70215	4390.20117	4368.98535	4336.19727	4324.625	4293.76563
38	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
39	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
40	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0027	-0.0003
41	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
42	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
43	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
44	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
45	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
46	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
47	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0025	-0.0025	-0.0003
48	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
49	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0024	-0.0026	-0.0003
50	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0023	-0.0003
51	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
52	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0004
53	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0024	-0.0026	-0.0003
54	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0025	-0.0026	-0.0003
55	0.0005	-0.0005	-0.0006	0.0026	-0.0028	-0.0004
56	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
57	0.0005	-0.0005	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003
58	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0023	-0.0024	-0.0003
59	0.0005	-0.0004	-0.0006	0.0024	-0.0025	-0.0003
60	0.0005	-0.0004	-0.0005	0.0024	-0.0025	-0.0003

	4264.83496	4251.33398	4232.04688	4212.75977	4189.61523	4174.18555	4158.75586
0.0015	-0.0017	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0014	-0.0016	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0002	
0.0014	-0.0015	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0015	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0015	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0014	-0.0016	0.0003	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0015	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0012	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0014	-0.0014	0.0002	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0014	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0013	-0.0014	0.0003	0.0002	-0.0001	0.0004	-0.0003	
0.0012	-0.0013	0.0002	0.0001	-0.0001	0.0004	-0.0003	

4087.3938	4073.89282	4064.24927	4050.74829	4037.24731	3983.24341	3954.31274
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0002	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0008	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0002	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002
-0.0002	0.0007	-0.0001	-0.0006	0.0001	-0.0001	-0.0002

muestras eliminadas
2
6
13
15
17
18
20
41
49

Anexo I. Datos utilizados en la prueba de sensibilidad

Segundo pretratamiento LOGSIG T95

Prom MSE	Prom R T	Prom RV	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL
3.0995	0.7077	0.7741	0.6333	0.7165	0.5273
0.3137	0.9768	0.9787	0.9163	0.9754	0.9515
0.3218	0.8999	0.9777	0.9156	0.9766	0.9535
0.3671	0.9787	0.9750	0.8927	0.9730	0.9468
0.3137	0.9768	0.9787	0.9163	0.9754	0.9515
0.3096	0.9770	0.9786	0.9159	0.9754	0.9515
0.3137	0.9768	0.9787	0.9163	0.9754	0.9515
0.3137	0.9768	0.9787	0.8263	0.9754	0.9515
0.3137	0.9768	0.9787	0.9162	0.9754	0.9515
0.4372	0.9798	0.9593	0.9669	0.9779	0.9564
0.3146	0.9767	0.9785	0.9162	0.9754	0.9514
0.4521	0.9789	0.9647	0.9090	0.9754	0.9515
0.3137	0.9768	0.9787	0.9162	0.9754	0.9515
0.3123	0.9768	0.9777	0.9167	0.9755	0.9516
0.4526	0.9794	0.9647	0.9085	0.9754	0.9516
0.3137	0.9768	0.9787	0.9162	0.9754	0.9515
0.3137	0.9768	0.9787	0.9163	0.9754	0.9515
0.5483	0.9806	0.9614	0.8878	0.9730	0.9468
0.7140	0.9359	0.9551	0.8043	0.9278	0.8684
0.3221	0.9771	0.9783	0.9162	0.9754	0.9515
0.7663	0.9365	0.9524	0.8448	0.9300	0.8728
0.5737	0.9817	0.9604	0.8872	0.9732	0.9473
0.7573	0.9372	0.9524	0.8450	0.9304	0.8734
0.7768	0.9369	0.9501	0.8028	0.9278	0.8684

picos	longitud de onda	MSE	R²
1	4403.70215	3.0995	0.5273
2	4390.20117	0.3137	0.9515
3	4368.98535	0.3218	0.9535
4	4336.19727	0.3671	0.9468
5	4324.625	0.3137	0.9515
6	4293.76563	0.3096	0.9515
7	4264.83496	0.3137	0.9515
8	4251.33398	0.3137	0.9515
9	4232.04688	0.3137	0.9515
10	4212.75977	0.4372	0.9564
11	4189.61523	0.3146	0.9514
12	4174.18555	0.4521	0.9515
13	4158.75586	0.3137	0.9515
14	4139.46875	0.3123	0.9516
15	4108.60938	0.4526	0.9516
16	4087.3938	0.3137	0.9515
17	4073.89282	0.3137	0.9515
18	4064.24927	0.5483	0.9468
19	4050.74829	0.7140	0.8684
20	4037.24731	0.3221	0.9515
21	4017.96021	0.7663	0.8728
22	3983.24341	0.5737	0.9473
23	3967.81372	0.7573	0.8734
24	3954.31274	0.776806	0.86841845

Primer pretratamiento TANSIG FP.

Prom MSE	Prom R T	Prom RV	PromR Test	Prom R ALL	Prom R ² ALL
4.8307	0.8005	0.8835	0.6156	0.7799	0.6082
5.1373	0.8477	0.8787	0.8801	0.8530	0.7350
5.0636	0.8531	0.8608	0.7174	0.8424	0.7127
4.6635	0.8361	0.9039	0.6314	0.8088	0.6589
3.0511	0.9646	0.9222	0.9284	0.9219	0.8618
5.9994	0.8393	0.8570	0.7260	0.8352	0.6997
3.9213	0.8129	0.8965	0.7884	0.8240	0.6790
3.6306	0.9086	0.8966	0.7898	0.9098	0.8276
2.0880	0.9678	0.9524	0.8580	0.9525	0.9078
3.0511	0.9646	0.9222	0.9284	0.9538	0.9103
3.0520	0.9647	0.9216	0.9278	0.9538	0.9102
3.0518	0.9646	0.9222	0.9284	0.9538	0.9103
3.0508	0.9646	0.9222	0.9284	0.9538	0.9103
1.7876	0.9345	0.9465	0.9274	0.9399	0.8844
5.7749	0.7589	0.8110	0.8829	0.7856	0.6190
2.9204	0.9579	0.9264	0.8803	0.9427	0.8900
3.0510	0.9646	0.9222	0.9284	0.9538	0.9103
3.0509	0.9646	0.9222	0.9284	0.9538	0.9103
6.8613	0.8039	0.7876	0.7158	0.7969	0.6352
2.9141	0.9569	0.9269	0.9252	0.9473	0.8982

picos	longitud de onda	Prom MSE	Prom R ²
1	4403.70215	4.8307	0.6082
2	4390.20117	5.1373	0.7350
3	4368.98535	5.0636	0.7127
4	4336.19727	4.6635	0.6589
5	4324.62500	3.0511	0.8618
6	4293.76563	5.9994	0.6997
7	4264.83496	3.9213	0.6790
8	4251.33398	3.6306	0.8276
9	4232.04688	2.0880	0.9078
10	4212.75977	3.0511	0.9103
11	4189.61523	3.0520	0.9102

picos	longitud de onda	Prom MSE	Prom R^2
12	4174.18555	3.0518	0.9103
13	4158.75586	3.0508	0.9103
14	4139.46875	1.7876	0.8844
15	4108.60938	5.7749	0.6190
16	4087.39380	2.9204	0.8900
17	4073.89282	3.0510	0.9103
18	4064.24927	3.0509	0.9103
19	4050.74829	6.8613	0.6352
20	4037.24731	2.9141	0.8982