

Cómo citar este artículo:

Alegro Poma, N. B. & Trigueros Pina, J.A. (2021). Modelo de valuación de sostenibilidad para una empresa exportadora 4.0. *Project, Design and Management*, 3(1), 7-28. doi: 10.35992/pdm.v3i1.529

**MODELO DE VALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD PARA
UNA EMPRESA EXPORTADORA 4.0.**

Napoleon Brito Alegre Poma

Universidad Internacional Iberoamericano (México)

alegreybravo@gmail.com

José Antonio Trigueros Pina

Universidad Miguel Hernández (España)

ja.triguerospina@gmail.com

Resumen. La Industria 4.0 llegó con la tecnología digital y la promesa de un incremento de la productividad sobre la base de dato. El escenario es útil al *stakeholder* de la empresa exportadora sostenible, porque le permite crear valor a los bienes que exporta. Pero se requiere un modelo que acepte la incertidumbre para relacionar las variables de entrada: tecnología digital y estrategia 4.0 con la variable de salida: sostenibilidad. Un problema que se resuelve bajo un enfoque de la lógica difusa y el sistema de inferencia difusa el cual genera el conjunto de datos para entrenar, controlar y validar la red adaptativa del sistema de inferencia difusa (ANFIS). Lo que permite construir el algoritmo del modelo de valuación de sostenibilidad (MVS) y así se completa el objetivo general. Luego, el modelo se utiliza en cinco empresas exportadoras con el propósito de supervisar, controlar y calibrar el resultado de la variable de salida, el cual puede ser un valor, entre cero y uno, donde cero significa una baja sostenibilidad y uno refleja una alta sostenibilidad. Dato y conocimiento que le permite al *stakeholder* tomar decisiones estratégicas sobre las habilidades y competencias digitales avanzadas en el puesto de trabajo, lo cual es toda una innovación en el contexto de la Industria 4.0 que permite una contribución de conocimiento a la literatura económica y gestión de empresa. El MVS continuara su proceso de entrenamiento con nuevos ecosistemas exportadores, entrevistas presenciales y adaptar su contenido a otro idioma.

Palabras claves. sostenibilidad, tecnología digital, Industria 4.0 y lógica difusa.

SUSTAINABILITY VALUATION MODEL FOR AN EXPORTING COMPANY 4.0.

Abstract. Industry 4.0 came by digital technology and the promise of increased productivity based on data. The scenario is useful to the stakeholder of the sustainable exporting company because it allows it to create value for the goods it exports. But a model that accepts uncertainty is required to relate the input variables: digital technology and strategy 4.0 with the output variable: sustainability. A problem that is solved under a fuzzy logic approach and the fuzzy inference system which generates the data set to train, control, and validate the adaptive network of the fuzzy inference system (ANFIS). Which, creates the algorithm of the sustainability valuation model (SVM). Thus the general objective is completed, and then the model is used in five exporting companies to supervise, control, and calibrating the result of the output variable, which can be a value between zero and one, where zero means loss sustainability and one reflect high sustainability. Data and knowledge that allows the stakeholder to make strategic decisions about advanced digital skills and competencies in the workplace, which is an innovation in the context of Industry 4.0 that allows a contribution of knowledge to the economic literature and management of the business. The SVM will continue its training process with new exporting ecosystems, face-to-face interviews, and adapt its content to another language.

Keywords. Sustainability, digital technology, Industry 4.0 y fuzzy logic.

Introducción

Justificación

Cuando llegó la cuarta revolución industrial o la Industria 4.0 vino acompañada del conocimiento complejo de la tecnología digital (TD) muy utilizada por las empresas exportadoras para agregar valor a sus bienes de exportación, mientras el conocimiento corriente de la TD es predominante en la empresa exportadora tradicional. Es decir, en el universo de la empresa exportadora de bienes existe una brecha de la TD que la investigación aprovecha para proponer un modelo de valuación de sostenibilidad, el cual tiene dos variables de entrada: (i) uso eficiente de la tecnología digital y (ii) uso de la estrategia que propone la Industria 4.0.

Con las dos variables de entrada, cuya naturaleza es lingüística, se construye la arquitectura del sistema de inferencia difusa (FIS) y la red adaptativa del sistema de inferencia difusa (Adaptive Neural-Fuzzy Inference System o ANFIS). Un sistema bajo la lógica difusa que entrega una variable de salida denominada “sostenibilidad” del negocio. La propuesta se define como el modelo de valuación de la sostenibilidad (MVS), necesaria en estos tiempos de incertidumbre para el *stakeholder* y muy útil en un ecosistema exportador para tomar decisiones de políticas públicas bajo el contexto de la Industria 4.0.

Objetivo general

Bajo el enfoque de la lógica difusa se plantea como objetivo general proponer un modelo de valuación de la sostenibilidad (MVS) para uso en una empresa exportadora 4.0. La arquitectura, que es original e innovadora, será explicada en el apartado de la metodología de la investigación. Bajo el uso de la lógica difusa, el FIS y el ANFIS disponen de un amplio uso en la economía aplicada (Trigueros, 2019), sistemas de ingeniería (Acheson, Dagli y Kilicay-Ergin, 2013), en la manufactura de alta tecnología (Yadegaridehkordi, 2018), en la agricultura y ecología (Gay y Vermonden, 2013). Es decir, un uso intenso en aquellas ramas del saber en que el hombre se

relaciona con sus semejantes, dado que refleja de manera más fidedigna el comportamiento del cerebro humano (Gil Aluja y Kaufmann, 1987).

Industria 4.0

En abril del año 2011 el gobierno alemán define el proyecto de la “Industria 4.0: con el Internet de las cosas en camino a la Cuarta Revolución Industrial”. Desde esa fecha la Industria 4.0 se ha convertido en la corriente principal de la economía industrial (Blanco, Fontrodona y Poveda, 2017) y es la base de la próxima ola del aumento de productividad con base en datos (University 4 Industry, 2013). El otro aporte es la estrategia de la Pirámide 4.0 el cual tiene doble causalidad: (i) causalidad vertical que ocurre de la base de pirámide a la cúspide, y (ii) causalidad horizontal que inicia con la captura de los datos, el proceso de los datos y el uso de los datos. Ver figura 1.

El tercer aspecto de la Industria 4.0 es la curva S de tecnología digital (S_{TD}) y la curva S de adaptabilidad humana (S_{AH}) (Bocci, 2019), ver figura 2. La curva S_{TD} representa los conocimientos de la tecnología digital y la curva S_{AH} representa el uso de la de tecnología digital adoptado por las personas que trabajan en la empresa. La distancia entre ambas curvas S representa la brecha tecnológica digital. La distancia vertical entre la curva S_{TD} y la curva S_{AH} representa el poco aprovechamiento de la tecnología digital de la Industria 4.0.

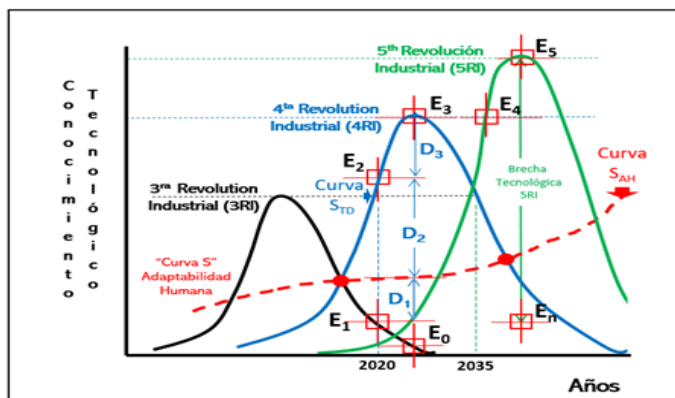


Figura 1. Pirámide 4.0. (causa-efecto)

Nota: Fuente: University 4 Industry, 2013

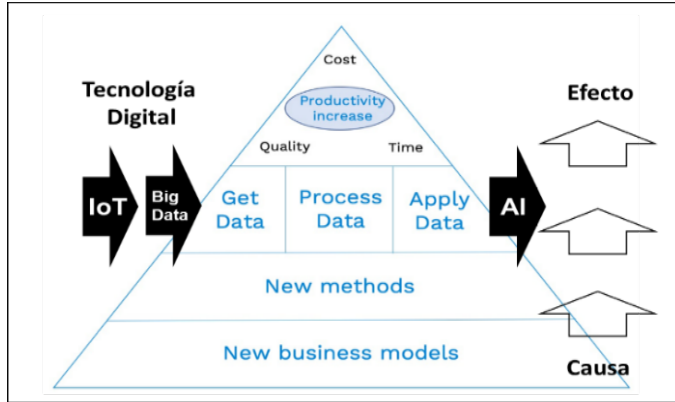


Figura 2. Curva S_{TD} (color verde) o Curva S-4RI.

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2020.

Así mismo, la curva S_{TD} se intercepta con la curva S_{AH} que genera un subconjunto de empresas bajo la curva S_{AH} y un subconjunto de empresas encima de la curva S_{AH} . Las empresas que se ubican en el escenario E_1 , bajo la curva S_{AH} , se ven obligadas a ubicarse encima de la curva S_{AH} . De no hacerlo, tienen el peligro de que sus productos de exportación se hagan obsoletos ante la quinta revolución industrial (5RI). Una desventaja ante el arribo de la tecnología de la computadora cuántica que aparecerá el año 2030 (Stewart, 2019).

Exportación 4.0

El esplendor de la exportación de bienes inició en 1971 cuando terminó el acuerdo de la Conferencia de Bretton Woods, fecha que dio inicio al acuerdo del GATT-OMC, la Ronda de Doha y se declara el acuerdo sobre tecnología de información (ATI). Este escenario le permitió a la Industria 4.0 el impulso de la economía de las exportaciones 4.0 con base en el uso intenso de la tecnología digital, cuya consecuencia es el impulso de una producción industrial digital y artesanal digital, lo cual emula a la primera revolución industrial (1RI).

Antes de la 1RI la producción de un bien era una producción artesanal y el éxito de la exportación dependía del conocimiento para llevar el artefacto del punto A al punto B. Al llegar la revolución industrial se introduce la producción industrial cuyo éxito depende del uso del conocimiento científico y tecnológico de la época. Es decir, durante la producción industrial un artefacto que se exporta lleva un efecto escondido: el conocimiento científico y tecnológico que tiene la sociedad de la época.

El índice de complejidad económica (OEC, 2020) muestra a cada país con el conocimiento asociado a los bienes exportables. Según el índice, los países desarrollados son líderes en la exportación de bienes con conocimientos complejos de tecnología digital, mientras los países en desarrollo se esfuerzan para que sus productos no tengan una mayor brecha de tecnología digital. Con base en lo anterior, los países en desarrollo tienen que impulsar la Industria 4.0 para mejorar la sostenibilidad de las empresas exportadoras.

Sostenibilidad

La empresa exportadora 4.0 tiene la responsabilidad de adoptar un desarrollo sostenible que satisfice las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (ISO, 2010). Implica un cambio en cuanto a la idea de

sostenibilidad, principalmente ecológica, a un marco que da énfasis al contexto económico y social del desarrollo (Barcellos, 2010). Es decir, la sostenibilidad y desarrollo sostenible puede considerarse como una vía para expresar la más amplia expectativa de la sociedad en su conjunto (ISO, 2010), lo que representa una motivación, para que la empresa exportadora 4.0 adopte el equilibrio entre lo económico, social y ambiental. Conviene tomar mayor conciencia de sus responsabilidades para con toda la sociedad con la convicción de que ello redundará en su propio beneficio (Olcese, 2005).

Sobre la base de que la empresa tradicional posee un enfoque *shareholder* orientado a los accionistas, clientes y colaboradores, cuyo interés es potenciar los activos tangibles y sus expectativas a corto plazo (Barcellos, 2010), el único objetivo es maximizar beneficios y responder ante los accionistas. Mientras que la empresa sostenible posee un enfoque *stakeholder* cuyo objetivo es potenciar los activos tangibles e intangibles y sus expectativas son de largo plazo. Es decir, la empresa está sometida a una estrategia y códigos de conducta internos que respetan los derechos sociales y ambientales. (Barcellos, 2010), conducta que la empresa sostenible debe mostrar en forma tangible en sus bienes exportables.

Por esa razón, el concepto de sostenibilidad representa un nuevo enfoque para hacer negocios (Barcellos, 2010) y la creación de valor sostenible requiere que las empresas aborden uno o varios de los cuatro motores: (i) tecnologías limpias, (ii) prevención de contaminación, (iii) visión sostenible y (iv) productos transparentes (Hart y Milstein, 2003) Según los autores, el motor de las tecnologías limpias está asociado a las tecnologías disruptivas, la innovación y el futuro. El cual es un motor que utiliza la investigación para relacionarlo con la sostenibilidad de las empresas exportadoras de bienes mediante el uso de la estrategia de la Industria 4.0.

Existe una asociación positiva y, ciertamente, muy poca evidencia de una asociación negativa entre el desempeño social de una empresa y su desempeño financiero (Margolis y Walsh, 2003). Así mismo, existe evidencia empírica de una relación positiva entre rendimiento social y rendimiento financiero (Barcellos, 2010). El cual se verifica con el desempeño social y financiero de las empresas que conforman el índice mundial Dow Jones Sustainability. Índice que está compuesto por líderes mundiales en sostenibilidad según lo identificado por Sustainable Asset Management (SAM).

Aun así, la empresa sostenible sigue buscando los datos formales antes de tomar la decisión de adoptar la estrategia de la Industria 4.0, pero la realidad obliga a emplear de la mejor manera posible la información disponible, rica o pobre (Gil Aluja y Kaufmann, 1987). No se puede esperar cubrir las expectativas de los *stakeholder* bajo los datos duros y la estadística tradicional. La incertidumbre y la dinámica de la Industria 4.0 obliga a utilizar la posibilidad en remplazo de la probabilidad, la subjetividad a falta de la tan deseada objetividad. Es decir, a falta de medida, examinaremos la “valuación”, nuestro razonamiento y los ordenadores (Gil Aluja y Kaufmann, 1987) bajo la lógica difusa.

La lógica difusa

El año 1965, Lotfy Zadeh aplicó la lógica multivaluada a la teoría de conjuntos a nivel científico, académico e industrial, lo que permitió el uso de la lógica difusa o borrosa. Muy útil cuando se trata de generar nuevos modelos de gestión y toma de decisiones a partir de la opinión y subjetividad de los expertos. Así mismo, permite la valuación de los conocimientos complejos de las tecnologías digitales sin necesidad de someterse a la tecnocracia de los datos certeros y duros, ya que el sistema basado en lógica borrosa emula la parte más software del cerebro, tratando

de reproducir las capacidades de más alto nivel, especialmente la del razonamiento aproximado (Del Brío y Sanz, 2010). Motivo por el cual la investigación aprovecha para hacer uso de dos reconocidos sistemas: (i) FIS, y (ii) ANFIS.

La primera arquitectura es el sistema de inferencia difusa (FIS) con el siguiente proceso: (i) la interfase de borrrificación que transforma el dato certero en dato difuso mediante el uso de las variables lingüísticas y las etiquetas lingüísticas, (ii) definición de las reglas borrosas con las afirmaciones Si-Entonces o If-Then por sus siglas en inglés, (iii) el motor de inferencia que entrega un valor de salida borroso. La mayoría de los sistemas de inferencia difusa se pueden clasificar en tres tipos: Tipo1, Tipo 2 y Tipo 3 (Jang, 1993). Para el estudio se decide el uso de la regla Tipo 3 que utiliza las reglas difusas de Takagi y Sugeno (si-entonces / If-then). El resultado de cada regla es una combinación lineal de variables de entrada más un término constante, y el resultado final es el promedio ponderado del resultado de cada regla (Jang, 1993) y (iv) la desborrrificación es convertir a cada salida de un término difuso a un número (ver figura 3).

La otra arquitectura es el sistema de inferencia difusa bajo la red adaptativa (Adaptive Neural Fuzzy Inference System o ANFIS) presentado por Jang (1993). Utiliza la rutina de un sistema de inferencia difusa (FIS) y la regla básica de aprendizaje de las redes adaptativas que se basa en el descenso del gradiente y la regla de la cadena (Jang, 1993). Un algoritmo inspirado en la teoría de redes neuronales para ajustar los parámetros de las reglas de los sistemas de inferencia difusa de tipo Sugeno (Bermudez, et al, 2014), donde, la variable de salida es función de las variables de entrada (ver figura 4).

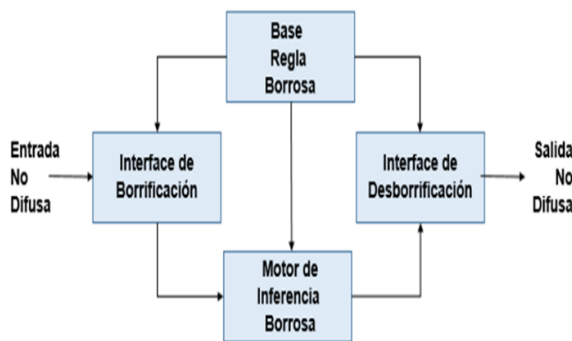


Figura 3. Sistema de inferencia difusa (FIS). 2020

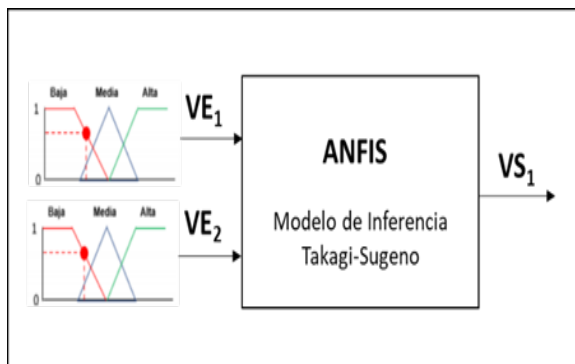


Figura 4. Arquitectura ANFIS. 2020

Donde:

$$VS_1 = f(VE_1, VE_2).$$

VE_1 = variable de entrada = eficiencia = uso eficiente de la tecnología digital [0 1]

VE_2 = variable de entrada = estrategia 4.0 = uso de la estrategia de la Industria 4.0 [0 1]

VS_1 = variable de salida = sostenibilidad = valor numérico [0, 1].

Si bien, el ANFIS es una técnica de soft computing (Bermudez, et al, 2014) y uno de los modelos neuro borrosos de mayor repercusión (Del Brio y Sanz, 2001) permite la construcción de sistemas expertos y modelos avanzados mediante el uso de variables de entrada numérica y variable de salida numérica. En la industria es uno de los modelos neuro borroso de mayor repercusión (Del Brio y Sanz, 2010) en la inteligencia artificial junto al FIS, la teoría de los subconjuntos borrosos, los números borrosos triangulares (NBT) y la Distancia de Hamming permiten construir el objetivo general de la investigación.

Método

Diseño de la investigación

El escenario de la investigación es cambiante e incierto y la intención analítica es predictiva bajo un enfoque de la lógica difusa, ya que una metodología borrosa es describir y formalizar la realidad empleando modelos flexibles que interpreten las leyes que rigen el comportamiento humano y las relaciones entre los hombres (Lazzari, Machado y Pérez, 2000). Así mismo, se utiliza el paradigma post positivista para lograr mayor comprensión de la realidad en la Industria 4.0. Una realidad que existe, pero no puede ser estudiada desde las leyes exactas y que solo puede ser entendida de forma incompleta (Ramos, 2015). Aun cuando la realidad de la empresa exportadora incluye el uso inadecuado de recursos, poco conocimiento científico y tecnológico en el diseño de los bienes, líderes autocomplacientes y duchos en la procrastinación de la Industria 4.0. una veta epistemológica que permite una metodológica bajo la lógica difusa.

Metodología de la investigación

El uso apropiado de un modelo bajo la arquitectura de la lógica difusa debe incluir cuatro facetas: (i) FLI = Faceta Lógica, (ii) FLs = Faceta de la teoría de subconjuntos difusos, (iii) FLe = Faceta epistémica, y (iv) Flr = Faceta relacional (Zadeh, 2008, p.2754). Las cuatro facetas se encuentran en las tres actividades que incluye la metodología: (i) construcción del FIS, (ii) construcción del ANFIS, y (iii) aplicación del MVS (ver figura 5).

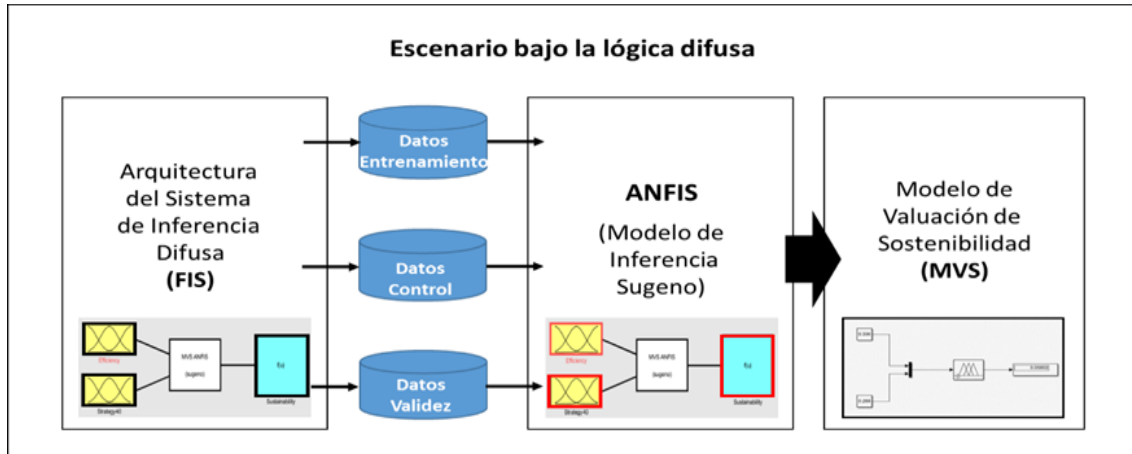


Figura 5. Esquema de la metodología. Primero el FIS, luego ANFIS y finalmente el MVS.

Nota: Fuente: Elaboración propia. 2020.

Se explican las actividades de la metodología:

- i. La construcción del sistema de inferencia difusa (FIS) mediante el cual se obtiene la base de datos que requiere el ANFIS. Una vez construido el FIS se utilizan 200 números aleatorios [0 1] para la variable de entrada VE_1 y otra cantidad igual para la variable de entrada VE_2 . Con el cual se obtiene 200 datos de variable de salida VS_1 .
- ii. La construcción del ANFIS. Con los datos generado por el FIS se ejecuta el entrenamiento, control y validez de la arquitectura del ANFIS, y se obtiene el algoritmo del modelo de valoración de sostenibilidad (MVS). Una arquitectura basada en modelo difuso de Sugeno con un conjunto de nueve reglas difusas si-entonces, para dos entradas (VE_1 y VE_2) y una variable de salida (VS_1 o sostenibilidad), (ver figura 6). Las reglas difusas están representadas por:

$$R_k = \text{si } \mu_{A_i}(x) \text{ y } \mu_{B_i}(y) \text{ entonces } f = p_k x + q_k y + r_k$$

Donde, k es el número de reglas (9), A_i (A_1 , A_2 y A_3) y B_i (B_1 , B_2 y B_3) representa el número de función de membresías difusa de las variables de entrada y p_k , q_k , r_k son los parámetros lineales de las partes consecuentes de las nueve reglas.

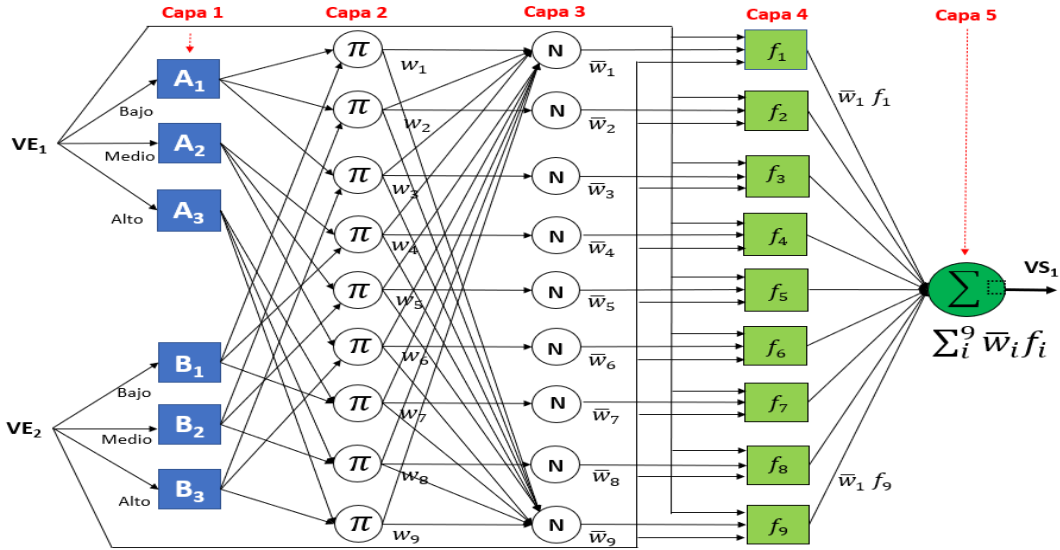


Figura 6. Capas del ANFIS – Modelo Sugeno. El cual se desarrolla en cinco capas

Nota: Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la primera capa se ejecuta la tarea de fuzzificación, donde cada nodo es un nodo adaptativo dependiente de la función de membresía (ver figura 6). En la investigación se utiliza la función de pertenencia trapezoidal y la salida se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$O_i^1 = \mu_{A_i}(x)$, $O_i^1 = \mu_{B_i}(x)$, donde: $(i = 1, 2, 3)$. Cuya función trapezoidal es:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & \text{si } a_1 \leq x < a_2 \\ 1 & \text{si } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{-x+a_4}{a_4-a_3} & \text{si } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{si } x \geq a_4 \end{cases}$$

En la segunda capa cada nodo tiene una etiqueta de nodo fijo π y la salida es el producto de todas las señales entrantes (ver figura 6). Por lo tanto, la salida de la segunda capa se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_i}(x), \text{ donde: } (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).$$

La tercera capa se considera la capa de normalización (N) (ver figura 6). Por lo tanto, la salida de esta capa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_1^9 w_i}, \text{ donde: } w_i \text{ es la fuerza de disparo normalizada.}$$

La cuarta capa se considera la capa de defuzzificación, donde cada nodo de esta capa es un nodo adaptativo. Es decir, nodo representa partes consecuentes de la regla difusa. Los coeficientes lineales de los consecuentes de reglas se pueden entrenar (ver figura 6). La salida de esta capa se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i x + r_i), \text{ donde: } (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).$$

La quinta capa se considerada la capa de salida. Aquí se realiza la defuzzificación de las partes consecuentes de las reglas, sumando los resultados de todas las nueve reglas (ver figura 6), el cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$O_i^5 = \sum_i^9 \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i^9 w_i f_i}{\sum_i^9 w_i}, \text{ donde: } (i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)$$

- iii. Aplicación del MVS. Se selecciona la empresa exportadora, se aplica la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA), se calcula la Distancia de Hamming y de los números borrosos triangulares se obtienen los valores de VE_1 y VE_2 . Valores que se introducen al Simulink y entrega la VS_1 (Sostenibilidad).

Desarrollo de las actividades

El apartado explica el desarrollo de las tres actividades de la metodología:

Actividad 1. Construcción del sistema de inferencia difusa (FIS). El objetivo de la actividad es construir el FIS (Sugeno), para obtener los datos que requiere el ANFIS. Se utiliza el entorno de desarrollo de Matlab versión R2020a. y su herramienta Fuzzy Logic Toolbox, donde, se ejecutan las siguientes tareas:

- i. Se ingresa a Matlab, al módulo Fuzzy Logic y se adopta el FIS Takagi-Sugeno.
- ii. Se define: (a) la variable lingüística VE_1 = eficiencia, con tres etiquetas lingüísticas (bajo, medio y alto), (b) variable lingüística VE_2 = estrategia 4.0, con tres etiquetas lingüísticas (bajo, medio y alto), y (iii) variable lingüística VS_1 = sostenibilidad, con tres etiquetas lingüísticas. Las tres variables usan la misma función de pertenencia: (i) bajo = función tipo trapezoidal, (ii) medio = función tipo triangular, y (iii) alto: función tipo trapezoidal.
- iii. Se definen las nueve reglas borrosas bajo la estructura: Sí – Entonces (if – Then)
- iv. Al final se obtiene el sistema de inferencia difusa (FIS) que permite generar los datos que se requiere en el ANFIS.

Actividad 2. Construcción del ANFIS. La actividad tiene como objetivo construir el ANFIS y su correspondiente algoritmo para uso en el MVS. Las tareas por ejecutar son:

- i. Se ingresa a Matlab y se escribe <anfisedit> y se despliega la ventana Neuro Fuzzy Designer el cual se guarda con: <File>, <Export>, <Data> y se asigna el nombre de MVS. Luego se vuelve a cargar el archivo usando: <File>, <Import>, <Data> y se elige el MVS. Se muestra la ventana del Neuro Fuzzy Designer MVS, listo para cargar los archivos de datos.
- ii. Se carga el archivo con los datos del conjunto de entrenamiento (Training Set). Los datos son usados por el algoritmo de aprendizaje, para ajustar los parámetros de la red. El

- objetivo es llevar el error de predicción sobre este conjunto de entrenamiento a un mínimo (Diaz, Etse, Flores, Folino y Will, 2007).
- iii. Se carga el archivo con los datos del conjunto de control (Control Set). Los datos no participan del entrenamiento y solo evita el fenómeno del sobre entrenamiento (Diaz, et al, 2007).
 - iv. Se cargan los datos para el conjunto de validez. (Checking Set). Los datos no participan del entrenamiento. Su uso es proveer una medida de la calidad de la predicción de la red en datos nuevos, no disponibles al momento del entrenamiento.
 - v. El ANFIS entrega: (i) el modelo de estructura ANFIS de seis capas, (ii) la VE_1 , VE_2 y VS_1 con los valores de sus etiquetas lingüísticas (bajo, medio, alto), (ii) las nueve reglas borrosas, (iii) el error del entrenamiento, y (iv) algoritmo del ANFIS MVS que se exporta al archivo y al Matlab, para uso en el Simulink.

Actividad 3. Aplicación del MVS. El objetivo es utilizar el algoritmo generado por el ANFIS MVS en el simulador Simulink, de Matlab versión R2020a. Simulink es un entorno gráfico para ser usado en la simulación de sistemas dinámicos no lineales. Resulta muy útil para las simulaciones de un sistema complejo pues permiten explorar con relativa sencillez distintas soluciones (Del Brío y Sanz, 2001). Se ejecutan las siguientes tareas.

- i. Entrevista presencial o virtual para llenar los datos de la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA), la cual toma en cuenta los nueve pilares tecnológicos de la Industria 4.0: realidad virtual, inteligencia artificial, internet industrial, big data industrial, robot industrial, impresión 3D, computación en la nube, automatización del trabajo del conocimiento y seguridad de la red industrial (Chen, Liu, Quiang y Liu, 2016). Los otros tres pilares los incluye el investigador: uso de GIS, proyectos ágiles y Redes Sociales (ver tabla 1). La entrevista es con cada responsable del puesto de trabajo que se clasifica en dos grupos: (i) puestos asignados al uso eficiente de la tecnología digital bajo la denominación “eficiencia”, y (ii) puestos de trabajo asignados al uso de la estrategia de la Industria 4.0 bajo la denominación “estrategia 4.0” (ver tabla 1). El grupo de eficiencia corresponde a los puestos de trabajo de la cadena de valor y el grupo de estrategia 4.0 corresponde a los puestos de trabajo que dan el soporte a la cadena de valor.
- ii. Los datos de la escala HCDA se procesan mediante la Distancia de Hamming y se define el valor certero de $[0 \ 1]$ para cada puesto de trabajo. La valuación significa el uso de la tecnología digital y la estrategia de la Industria 4.0.
- iii. Los valores de cada puesto de trabajo se ordenan: (i) los puestos de trabajo asignados a la eficiencia (PT1, PT2, PT3, PT4, PT5), con el cual se elabora el número borroso triangular (NBT_1) y se obtiene la media del $NBT_1 = VE_1$, y (ii) los puestos de trabajo asignados a la estrategia 4.0 (PT6, PT7, PT8, PT9, PT10), con el cual se elabora el número borroso triangular (NBT_2) y se obtiene la media del $NBT_2 = VE_2$.
- iv. Los valores VE_1 y VE_2 se introduce al Simulink y entrega un valor certero $[0 \ 1]$ que es la $VS_1 =$ sostenibilidad (S). Así se repite el número de veces que sea necesario.

Resultados

Construcción del FIS

El objetivo es construir el FIS obtener el conjunto de datos que requiere el ANFIS.

- i. Se ingresa a Matlab, se escribe <fuzzy>, se despliega la ventana Fuzzy Logic Designer, se elige <File>, luego se elige, <New FIS>, <Sugeno>. Luego, se elige <File>, <Export>, <To File>, se escribe el nombre del archivo FIS MVS y se elige <Guardar>. Con lo cual se ha guardado el archivo con la arquitectura FIS (*fis). Se importa el archivo FIS MVS para ejecutar la construcción del FIS.
- ii. En cuya ventana se definen las variables FIS <Input>: (a) VE_1 = eficiencia con tres etiquetas (bajo, medio y alto), y (b) VE_2 = estrategia 4.0 con tres etiquetas (bajo, medio y alto). Ambas variables de entrada (VE_1 y VE_2) usan la misma función de pertenencia y etiquetas lingüísticas en el rango [0 1].
 Bajo = función de tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0 \ 0 \ 0.1 \ 0.4]$
 Medio = función tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0.3 \ 0.5 \ 0.5 \ 0.7]$
 Alto = función tipo trapezoidal = $[a_1 \ a_2 \ a_3 \ a_4] = [0.6 \ 0.9 \ 1 \ 1]$
- iii. Se define la variable FIS <Output> $f(u)$ = Sostenibilidad = VS_1 . Los parámetros son valores de [0 1], para las tres etiquetas lingüísticas: (i) Bajo = 0, (ii) Medio = 0.5, y (iii) Alto = 1. Se concluye la arquitectura FIS (ver figura 7).

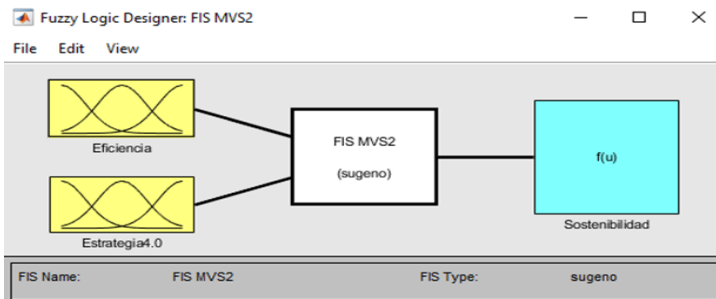


Figura 7. Arquitectura del FIS MVS. 2020

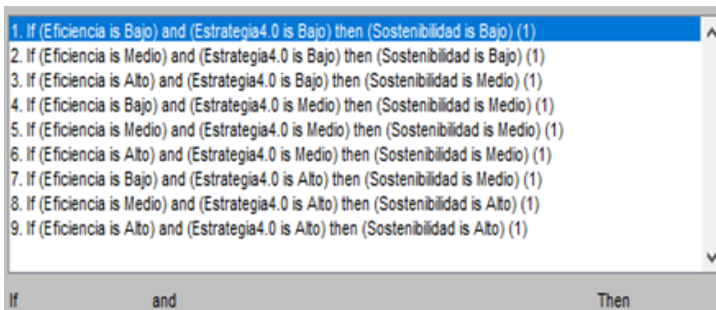


Figura 8. Reglas del FIS MVS. 2020

- iv. Luego se procede a definir las reglas borrosas bajo la estructura < if – and – Then >. En la venta Fuzzy Logic Disigner FIS MVS se elige <Edit> <Rules> y se obtiene la ventana Rules Editor FIS MVS, donde, utilizando la regla < if – and – Then > se incorporan las nueve reglas (ver figura 8).

- v. Para obtener la construcción del (FIS) se elige: <View> <Rules> y se despliega la ventana Rules Viewer FIS MVS (ver figura 9). Así mismo, se elige <View> <Surface> y se obtiene Surface Viewer FIS MVS (ver figura 10).

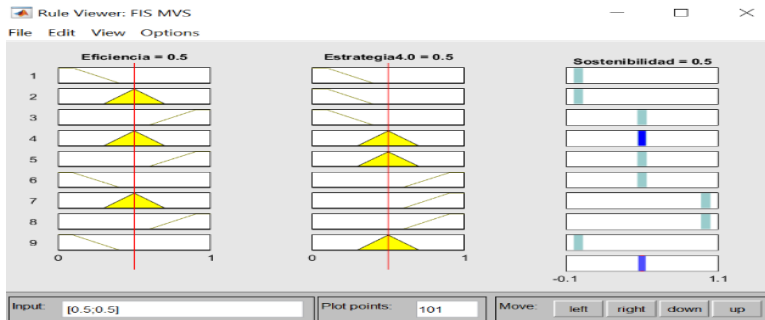


Figura 9. Regla del FIS MVS. 2020

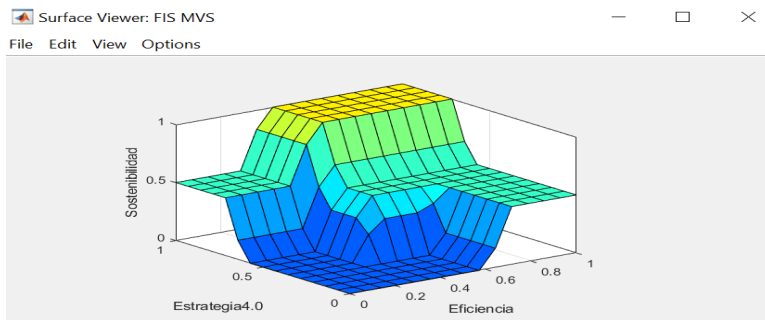


Figura 10. Superficie del FIS MVS. 2020

- vi. Se procede a utilizar el Rule Viever FIS MVS (figura 8), para obtener los 200 datos de VS_1 . En < Input > el valor que se muestra $[0.5 \ 0.5] = [VE_1 \ VE_2]$ se modifica con los datos aleatorios y se archiva en una hoja Excel. El archivo Excel con tres columnas se registra: (i) el valor de VE_1 con 200 valores, (ii) el valor de VE_2 con 200 valores, y (iii) la columna VS_1 con 200 valores (ver Anexo I).
- vii. El archivo de datos se clasifica: (i) 60% de los datos, para el conjunto de entrenamiento, (ii) 30% de los datos, para el conjunto de control, y (iii) 10% de los datos, para el conjunto de validez. Datos que se usan en la construcción del ANFIS.

Construcción del ANFIS

El objetivo de la construcción del ANFIS es lograr el algoritmo del MVS, para lo cual se utiliza el módulo de Fuzzy Logic Toolbox de Matlab, versión R2020a.

- i. Se ingresa a Matlab y se escribe <anfisedit> y se despliega la ventana Neuro Fuzzy Designer el cual se le archiva con el nombre de ANFIS MVS. Luego se vuelve a cargar el archivo usando: <File>, <Import>, <Data> y se elige el ANFIS MVS.
- ii. Se marca: <Training>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Entremvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: INPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna Train FIS

- debajo de <Epochs> se escribe: <10>, <15> y <20>. Termina el entrenamiento con 20 épocas, un error de: 0,055 y 110 datos de entrada. Ver figura 11. Por último, se elige: <Clear Plot>.
- iii. Se marca: <Testing>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Controlmvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: INPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna Train FIS debajo de < Epochs > se escribe: <10>, <15> y <20>. Termina el control con 20 épocas, un error de: 0,055 y 60 datos de entrada (ver la figura 12). Por último, se elige <Clear Plot>.
 - iv. Se marca: <Checking>, <File>, <Load Data> y se elige el archivo <Validezmvs>. Los datos se cargan y se elige <Generate FIS> y en la ventana Add Membership Function se verifica: IMPUT, Number of MFs [3 3] y MF Type se selecciona <trapmf> de la función tipo trapezoidal. En OUTPUT se elige: <Constant>, <OK>. Luego, en la columna, Train FIS y debajo de < Epochs > se escribe: <10>,<15> y <20>. Termina la validez con 20 épocas, un error de: 0,055 y 30 datos de entrada (ver figura 13) . Por último, se elige <Clear Plot>.
 - v. Como resultado, se obtiene el sistema ANFIS (ver figura 14) cuya arquitectura de capas es similar a la figura 6. También se obtiene la lista de las nueve reglas difusas (ver figura 15) y la nueva regla difusa del ANFIS (ver figura 16), la cual incluye el algoritmo del MVS.
 - vi. La arquitectura del ANFIS entrega un mapa Surface Viever ANFIS MVS (ver figura 17). El cual es diferente a la Surface Viever del FIS MVS (ver figura 10) sobre todo en la eliminación de los bordes agudos propio del ANFIS:
 - vii. Finalmente, el ANFIS MVS se exporta al archivo, para su uso en Simulink. El algoritmo del ANFIS MVS será utilizado en la aplicación del MVS con el objeto de simular los escenarios de las cinco empresas exportadoras intervenidas.

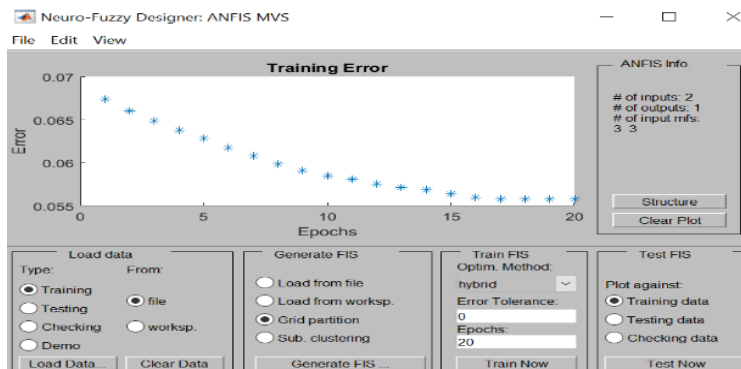


Figura 11. ANFIS MVS-Error de entrenamiento. 2020

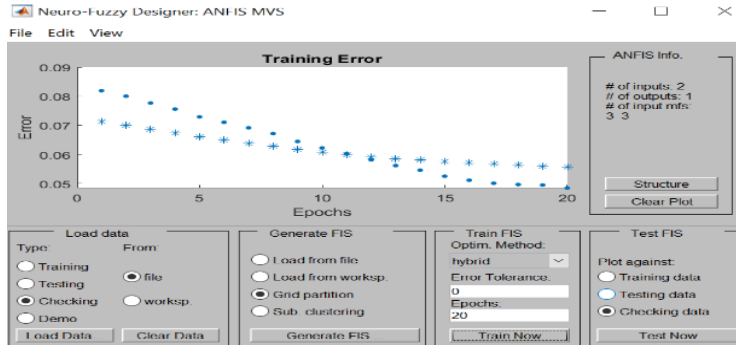


Figura 12. ANFIS MVS-Error de control. 2020

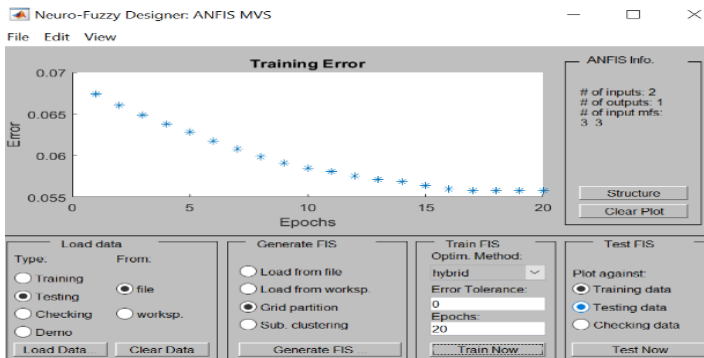


Figura 13. ANFIS MVS-Error de validez. 2020

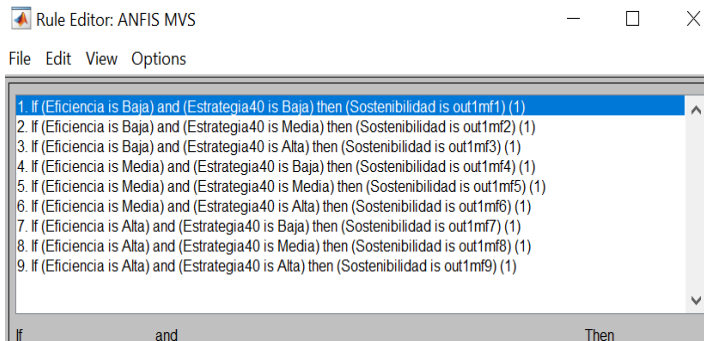


Figura 14. Reglas difusas del ANFIS-MVS. 2020

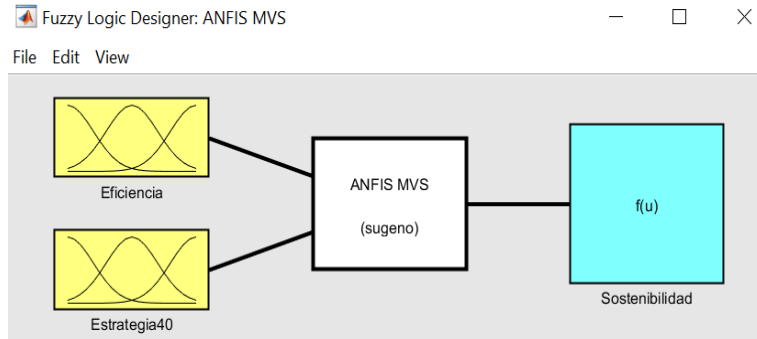


Figura 15. Arquitectura del ANFIS-MVS. 2020

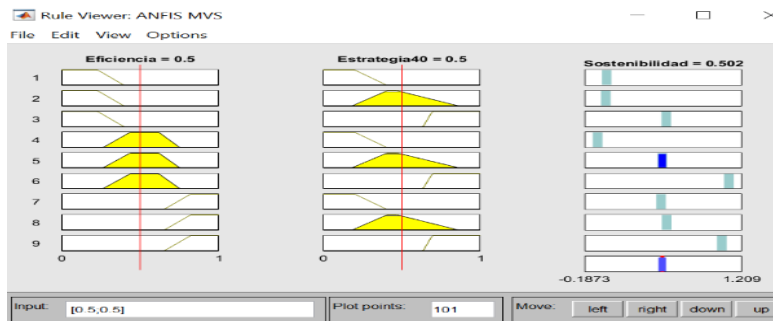


Figura 16. Reglas del ANFIS MVS. 2020

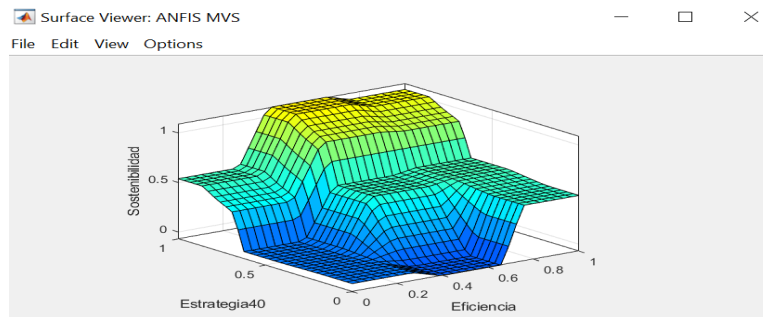


Figura 17. Superficie ANFIS MVS. 2020

Aplicación del MVS

El objetivo es usar el algoritmo del ANFIS MVS en el simulador Simulink de Matlab versión R2020a, para la cual se ejecuta las siguientes tareas.

- i. Se ejecuta la entrevista virtual a cinco empresas exportadoras. Se llena un formato de escala de habilidades y competencias avanzadas (HCDA) por cada empresa exportadora. La valuación se realiza con el responsable de cada puesto de trabajo (PT) y se utiliza valores de [0 1] de acuerdo a la escala endecaria. El investigador ha definido los valores del “Perfil Ideal” (ver tabla 1).

Tabla 1
Formato de la escala de habilidades y competencias digitales avanzadas (HCDA)

Vectores I4.0	Habilidades y Competencias Digitales Avanzada (HCDA)	VE ₁					VE ₂					Perfil Ideal
		Eficiencia					Estrategia 4.0					
		PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8	PT9	PT10	
HD	Computación en la Nube	0.8	0.5	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.3	0.4	0.9
	Realidad Virtual	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	0.8
	Robot Industrial	0.1	0.5	0.8	0.5	0.7	0.6	0.3	0.4	0.1	0.6	0.9
	Uso de GIS	0.4	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.6	0.4	0.3	0.8
GD	Internet Industrial (IIoT)	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.5	0.5	0.3	0.7	1.0
	Big Data Industrial	0.6	0.8	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.6	0.1	1.0
	Inteligencia Artificial	0.8	0.6	0.6	0.3	0.8	0.8	0.6	0.7	0.8	0.4	1.0
	Impresión 3D	0.2	0.7	0.5	0.1	0.6	0.4	0.5	0.1	0.1	0.3	1.0
SD	Proyectos ágiles	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.3	0.4	0.5	0.6	1.0
	Trabajo colaborativo virtual	0.3	0.3	0.5	0.3	0.7	0.6	0.3	0.3	0.8	0.8	1.0
	Seguridad de Red Industrial	0.6	0.7	0.6	0.3	0.4	0.8	0.6	0.6	0.4	0.5	1.0
	Gestión de Redes Sociales	0.6	0.5	0.8	0.7	0.8	0.4	0.5	0.8	0.5	0.4	1.0

Nota: PT1 = I+D+i, PT2 = Proveeduría, PT3 = Manufactura, PT4 = Logística, PT5 = Marketing, PT6 = Diseño, PT7 = Servicios, PT8 = TICs, PT9 = RR HH, y PT10 = Gerencia. Los valores del Perfil Ideal son recomendaciones del investigador en base de su experiencia.

En el puesto PT1 = I+D+i se toma en cuenta si existe gerencia de proyectos ágiles, muy útil en la Industria 4.0.

- ii. De la escala HDCA se utiliza los datos de cada puesto de trabajo (PT1, PT2, ... PT10). Se procesa los datos de cada puesto de trabajo mediante la Distancia de Hamming y se obtiene un valor del PT. Por ejemplo: para el puesto de gerencia (PT10) se tiene:
 $DH_{Gerencia} = 1/12 ((0,9-0,4) + (0,8-0,5) + (0,9-0,6) + (0,8-0,3) + (1-0,7) + (1-0,1) + (1-0,4) + (1-0,3) + (1-0,6) + (1-0,8) + (1-0,5) + (1-0,4))$
 $DH_{Gerencia} = 1/12 (0,5+0,3+0,3+0,5+0,3+0,9+0,6+0,7+0,4+0,2+0,5+0,6) = 0,48$
- iii. Los valores por cada puesto de trabajo se ordenan: (i) con los PT asignados a la eficiencia (PT1, PT2, PT3, PT4, PT5) se construye el número borroso triangular y se obtiene la media: $NBT_1 = VE_1$, y (ii) con los PT asignados a la estrategia 4.0 (PT6, PT7, PT8, PT9, PT10) se construye el número borroso triangular y se obtiene la media: $NBT_2 = VE_2$. El proceso se repite para las otras cuatro empresas exportadoras.
- iv. Los valores de VE_1 y VE_2 , de cada empresa exportadora, se introduce al Simulink y se obtiene como resultado la VS_1 . En el escenario del año 2020 (ver figura 18).
- v. Otro aporte del MVS es la simulación de VE_1 y VE_2 en el Simulink, para un escenario de futuro. A la Empresa 1 se modifica el valor de VE_1 (2020) = 0,35 por VE_1 (2025) = 0,55 y el valor de VE_2 (2020) = 0,42 por VE_2 (2025) = 0,45. Donde VS_1 (2020) = 0,325 pasa VS_1 (2025) = 0,502 = Sostenibilidad. El incremento ocurre por la mejora en cada puesto de trabajo en la variable eficiencia y la estrategia 4.0. (ver figura 19). Se continúa la simulación con la Empresa 2, 3, 4 y 5 (ver la tabla 2).

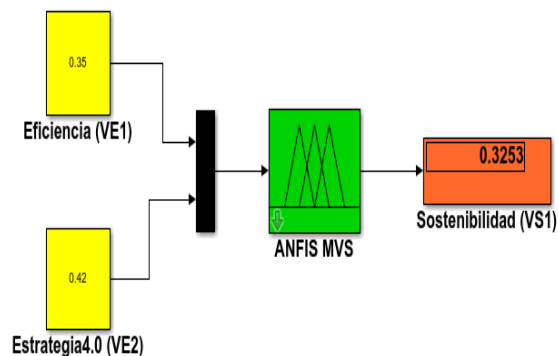


Figura 18. Simulink MVS: escenario año 2020

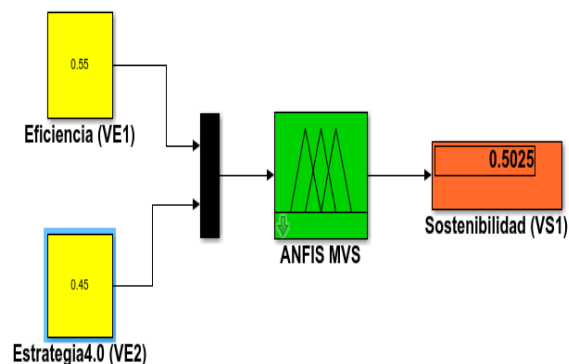


Figura 19. Simulink MVS: escenario año 2025

Tabla 2

Resultado del MVS por empresa exportadora. Escenario año 2020 y 2025.

Empresa Exportadora I4.0	Escenario Año 2020					Escenario Año 2025					Sector Económico de Exportación
	VE1	VE2	VS1			VE1	VE2	VS1			
			Bajo	Medio	Alto			Bajo	Medio	Alto	
Empresa 1	0,35	0,42	0,325			0,55	0,45	0,502			Agricultura
Empresa 2	0,18	0,55	0,002			0,38	0,65	0,619			Agro-Industria
Empresa 3	0,39	0,42		0,487		0,48	0,66		0,762		Medico
Empresa 4	0,41	0,67			0,824	0,58	0,75		0,965		Electronico
Empresa 5	0,32	0,39	0,192			0,41	0,45	0,502			Manufactura

Nota: La entrevista virtual se ejecutó entre mayo, junio y julio del 2020. En el escenario año 2020 se aprecia a tres empresas con una sostenibilidad baja (color rojo). En el escenario año 2025 las tres empresas pasaron a una sostenibilidad media (color gris). La decisión fue reducir la Distancia de Hamming de peor desempeño. Es decir, el responsable del puesto de trabajo deberá incrementar sus HCDA el cual es un reto diferente para cada empresa. Pero la gerencia de las cinco empresas les urge mejorar sus HCDA.

Discusión y conclusión

El aumento de productividad con base en datos (University 4 Industry, 2013) y el sistema físico cibernético para lograr la fábrica inteligente (Cheng, et al , 2016) son promesas de la Industria 4.0 que están pendientes de ser validadas. De igual forma la MVS no es la panacea para solucionar integralmente la sostenibilidad de una empresa exportadora, solo es un modelo que ayuda a entender el estado actual de la empresa respecto de la realidad de la Industria 4.0. Un modelo que no puede interpretar toda la realidad compleja y cambiante, pero sí permite al *stakeholder* alinear el pensamiento estratégico digital, la dirección estratégica digital y la estrategia digital en forma eficiente. Incluso, el MVS se podría utilizar en sistemas de ingeniería en base de modelos (MBSE por sus siglas en inglés) para la armonización de información (Marny y Purohit, 2019) y el inicio de un nuevo modelo del negocio necesario en la Industria 4.0.

El modelo entrega conocimiento apropiado para que el *stakeholder* impulse una estrategia de sostenibilidad bajo la Industria 4.0. Más aun, cuando las compañías tienen que operar con un ojo puesto en el corto plazo y otro enfocado en el largo (Kotler y Caslione, 2010) en tiempo de incertidumbre o turbulencia. Con base en lo anterior se definen dos grupos de empresas exportadoras: (i) las que no tienen el mínimo interés en la Industria 4.0, y (ii) las que tienen la tecnología digital adaptada y probada en sus procesos. Pero la tecnología está subutilizada o, dicho de otra forma, hace falta el conocimiento complejo para obtener el máximo provecho en aras de mejorar la sostenibilidad de la compañía.

El MVS es útil para el segundo grupo de empresas exportadoras, pues les permite funcionar en tres niveles de planeación: corto plazo, plazo intermedio (tres a cinco años) y largo plazo (Kotler y Caslione, 2010) con el cual se puede ejecutar simultáneamente los proyectos e iniciativas en tres cajas: (i) corto plazo o presente: administrar el negocio principal con máxima rentabilidad, (ii) mediano plazo o pasado: abandonar la ideas que inhiben la innovación, (iii) largo plazo o futuro: convierta ideas innovadoras en nuevos productos y negocios (Govindarajan, 2016). Bajo esas dos premisas el MVS permite a las empresas exportadoras prolongar su sostenibilidad de largo plazo, mientras optimiza el desempeño y el valor de la compañía en el corto y mediano plazo (Kotler, Caslione, 2010), ya que el modelo entrega valores certeros de [0 1] el cual está asociado a una baja, media y alta sostenibilidad del negocio.

El modelo utiliza las bondades de la arquitectura del FIS y el ANFIS. Ambos hacen uso del mismo nombre de las variables lingüísticas de entrada, variable de salida, las etiquetas lingüísticas, rango de universo [0 1], tipo de función trapezoidal y reglas difusas. Pero sus superficies de tridimensionales son diferentes, sobre todo, la superficie del ANFIS tiene las transiciones más suaves. Aun cuando el entrenamiento fue con 110 datos y 20 épocas el error fue de 0,055. Es necesario mencionar que no se utilizó las Redes Neuronales, que incluye el Fuzzy Logic Toolbox, en virtud que requiere de un conjunto de entrenamiento de mayor tamaño (Díaz, et al, 2007).

Lo cierto es que el MVS necesita mayor uso para beneficio de su red adaptativa. Lo que obliga a un proceso de entrenamiento con nuevos ecosistemas exportadores, entrevistas presenciales y adaptar su protocolo a otro idioma, ya que un punto de vista crítico podría exigir que se entrene con un mayor número de datos y mayor número de épocas. Todo lo cual permitirá al algoritmo del ANFIS MVS poder desarrollar un mejor escenario predictivo, la caja del futuro, para una empresa exportadora de bienes; un escenario de futuro que le permita al *stakeholder* desarrollar innovación de sus productos, nuevos modelos de negocio, nuevos métodos de trabajo y una mayor productividad.

El otro aspecto a mejorar es la captura de datos en la escala de HCDA. Se requiere que la entrevista sea presencial, para poder lograr una mayor observación de la realidad de la empresa

exportadora. También, se podrían mejorar los valores del “Perfil Ideal” haciendo que todos sean de valor 1. Pero sobre todo el aspecto más delicado es sintetizar las habilidades y competencias digitales avanzadas en pocos ítems, cuando la realidad es que en el mercado hay decenas de tecnologías disruptivas. Sin embargo, se hizo una síntesis con base en los aspectos operativos de la TD y se ha evitado usar marcas, pero será necesario revisar y ajustar las HCDA cada periodo de cinco años.

Finalmente, se utilizó el MVS en un número reducido de empresas con el objetivo de supervisar, controlar y calibrar el modelo. Se comprobó que Simulink es ágil en la entrega del valor de sostenibilidad que se ajusta a la realidad de la empresa intervenida. Así mismo, el simulador permite entregar un valor predictivo de la variable de salida a partir de datos de las variables de entrada, lo que permite mejorar en forma eficiente y efectiva los valores en cada puesto de trabajo mediante un mejor uso de las TD y la estrategia 4.0., una ayuda al *stakeholder* que le permite diseñar una estrategia específica para incrementar los valores de las variables, mejor si se hace uso del *Fuzzy-Delphi* y R^+ -Expertones.

En conclusión, el objetivo general se cumplió. Porque con la entrega del MVS hemos validado un modelo que permite medir la sostenibilidad de una empresa. Incluso mediante el simulador se obtuvo resultados que se ajustan a la realidad. Es decir, el modelo sin necesidad de ser preciso es útil para el *stakeholder* que tiene pendiente tomar decisiones respecto a la Industria 4.0. Se espera se utilice en aras de cuidar la sostenibilidad de la empresa exportadora tan necesaria y útil en la sociedad, ya que la brecha tecnológica que impulsa la quinta revolución industrial (5RI) es una amenaza orientada a dejar obsoletos los productos o bienes de la 3RI y la 4RI. Una futura investigación puede considerar aprovechar los resultados del MVS y generar conglomerados difusos (*fuzzy clustering*) en los sectores exportadores de un país.

Referencias

- Acheson, P., Dagli, C., & Kilicay-Ergin, N. (2013). Model Based Systems Engineering for System of Systems Using Agent - Based Model. *Conference on Systems Engineering Research (CSER 13)* Instituto de Tecnología de Georgia. <https://bit.ly/30wm6AK>
- Barcellos, L. (2010). *Modelos de Gestión Aplicados A la Sostenibilidad Empresarial*. (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona. <https://bit.ly/39gi7uO>
- Bermúdez, A., Lugo, J. A., & Piñeros, P. (2015). An adaptive-network-based fuzzy inference system for project. *Semantic Scholar*. <https://orcid.org/10.1114/Javerian.IYU19-2.SDIBID>
- Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2017). La Industria 4.0: El estado de cuestión. *Economía industrial*, 151-164: Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6343649>
- Bocci, F. (2019). Transformación Digital y Deuda Tecnológica. *Being Better Matters*. <https://bit.ly/2CRs066>
- Cheng, G.-j., Liu, L.-t., Liu, Y., & Quiang, X.-j. (2016). Industry 4.0 Development and Application of Intelligent Manufacturing. In *International Conference on Information System and Artificial Intelligence* (pp. 407 - 410). Xi'an Shiyou University .
- Del Brio, B. M. & Sanz, A. (2001). *Redes Neuronales y Sistemas Difusos*. Alfaomega Ra-Ma.
- Diaz, W., Etse, G., Flores, F., Folino, P., & Will, A. (2007). Uso de redes neuronales y ANFIS para predecir la resistencia uniaxial a compresión de hormigon de alta resistencia. *Mecánica Computacional*, XXVI(16) <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/1149>

- Gay, C. & Vermonden, A. (2013). Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System to Build Models with Uncertain Data for Rainfed Maize. *Technologies and Applications* (MSCCEC-2013), 512-516. <https://orcid.org/10.5220/0004622205120516>.
- Gil Aluja, J., & Kaufmann, A. (1987). *Técnicas operativas de la gestión para el tratamiento de la incertidumbre*. Hispano Europea.
- Govindarajan, V. (2016). La solución de tres cajas: una estrategia para liderar la innovación. *Harvard Business Review*. <https://s.hbr.org/2OVEBrH>
- Hart, S., & Milstein, M. (2003). Creating Sustainable Value. *Academy of Management Executive*, 17(2). <https://bit.ly/39m21zN>
- ISO. (2010). *ISO 26000 - Guía de Responsabilidad Social*. <http://americatlatinagenera.org/newsite/images/U4ISO26000.pdf>
- Jang, J. (1993). *ANFIS : Adaptive-Ne twork-Based Fuzzy Inference System*. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3). <https://bit.ly/39f613W>
- Kotler, P. & Caslione, J. (2010). *Caótica*. Grupo Editorial Norma.
- Lazzarri, L., Machado , E., & Pérez, R. (2000). *Los Conjuntos Borrosos: Una Introducción*. *Cuadernos del CIMBAGE*, 1666-5112. <https://bit.ly/3jsoKyV>
- Madni, A., & Purohit, S. (2019). Análisis económico de la ingeniería de sistemas basados en modelos. *Sistemas*, 7 (1), 12. <https://orcid.org/10.3390/systems7010012>
- Margolis, J., & Walsh, J. (2003). Misery Loves Companies: Rethinking Social Initiatives by Business. *Johnson Graduate School*, 48, 268-305. <https://bit.ly/2ONkPyq>
- OECD. (2020). Ranking de Complejidad Económica. *Observatorio de Complejidad Económica*. <https://oec.world/en/resources/about>
- Olcese, A. (2005). Teoría y práctica del buen gobierno corporativo. *Marcial Pons*. <https://bit.ly/39iFgNp>
- Ramos, C. A. (2015). *Los Paradigmas de la investigación científica*. UNIFE. <https://bit.ly/2WGwjbC>
- Stewart, D. (2019). *Quantum computers*. Deloitte Insights. <https://bit.ly/2OMu9Tm>
- Trigueros Pina, J. (2019). Una Propuesta Alternativa de Financiación Para el Sector Agrícola. (Bonos de PYME Agrícolas). *Journal of Business Administration Research*, 2(1). <https://orcid.org/10.30564/jbar.v2i1.382>.
- University 4 Industry. (2013). *Definition Industrie 4.0*. University 4 Industry. <https://bit.ly/2xktB1G>
- Yadegaridehkordi, E. (2018.). Influence of big data adoption on manufacturing companies' performance: An integrated DEMATEL-ANFIS approach. *Technological Forecasting & Social Change*, 137, 199-210. <https://orcid.org/10.1016/j.techfore.2018.07.043>.
- Zadeh, L. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178, 2751–2779. <https://orcid.org/10.1016/j.ins.2008.02.012>

Fecha de recepción: 31/08/2020
Fecha de revisión: 22/03/2020
Fecha de aceptación: 24/03/2020

Anexos

Anexo 1

Datos del conjunto de: entrenamiento, control y validez

Item	VE ₁	VE ₂	VS ₁	Item	VE1	VE2	VS1	Item	VE1	VE2	VS1	Item	VE1	VE2	VS1
1	0.35	0.55	0.30	51	0.96	0.13	0.50	101	0.38	0.64	0.58	151	0.76	0.15	0.50
2	0.27	0.45	0.00	52	0.89	0.35	0.50	102	0.82	0.16	0.50	152	0.18	0.81	0.50
3	0.15	0.33	0.00	53	0.71	0.65	0.70	103	0.22	0.40	0.00	153	0.11	0.91	0.50
4	0.51	0.37	0.38	54	0.75	0.62	0.57	104	0.14	0.46	0.00	154	0.31	0.56	0.07
5	0.75	0.13	0.50	55	0.73	0.67	0.80	105	0.85	0.92	1.00	155	0.05	0.33	0.00
6	0.91	0.17	0.50	56	0.70	0.70	1.00	106	0.56	0.65	0.70	156	0.25	0.47	0.00
7	0.63	0.31	0.16	57	0.78	0.67	0.80	107	0.54	0.84	1.00	157	0.39	0.73	0.96
8	0.41	0.48	0.50	58	0.92	0.96	1.00	108	0.43	0.73	1.00	158	0.26	0.62	0.07
9	0.43	0.77	1.00	59	0.61	0.36	0.35	109	0.58	0.77	1.00	159	0.46	0.32	0.13
10	0.49	0.90	1.00	60	0.35	0.35	0.68	110	0.39	0.61	0.50	160	0.16	0.72	0.60
11	0.18	0.29	0.00	61	0.35	0.81	0.80	111	0.99	0.29	0.50	161	0.27	0.53	0.00
12	1.00	1.00	1.00	62	0.25	0.77	0.50	112	0.79	0.31	0.50	162	0.07	0.13	0.00
13	0.00	0.00	0.00	63	0.46	0.58	0.50	113	0.75	0.69	0.92	163	0.42	0.79	1.00
14	0.10	0.31	0.00	64	0.62	0.39	0.47	114	0.15	0.75	0.50	164	0.33	0.83	0.69
15	0.05	0.05	0.00	65	0.72	0.37	0.50	115	0.36	0.56	0.34	165	0.98	0.81	1.00
16	0.12	0.51	0.00	66	0.82	0.39	0.50	116	0.14	0.45	0.00	166	0.69	0.59	0.50
17	0.25	0.25	0.00	67	0.27	0.69	0.42	117	0.37	0.42	0.38	167	0.49	0.77	1.00
18	0.45	0.45	0.50	68	0.41	0.74	1.00	118	0.56	0.35	0.30	168	0.45	0.48	0.50
19	0.35	0.35	0.18	69	0.65	0.31	0.24	119	0.51	0.31	0.07	169	0.55	0.85	1.00
20	0.50	0.50	0.50	70	0.95	0.27	0.50	120	0.78	0.65	0.73	170	0.35	0.51	0.30
21	0.76	0.28	0.50	71	0.66	0.49	0.50	121	0.95	0.27	0.50	171	0.35	0.68	0.66
22	0.81	0.19	0.50	72	0.76	0.85	1.00	122	0.66	0.49	0.50	172	0.63	0.26	0.11
23	0.91	0.19	0.50	73	0.81	0.89	1.00	123	0.76	0.85	1.00	173	0.71	0.69	0.92
24	0.94	0.37	0.50	74	0.21	0.91	0.50	124	0.81	0.89	1.00	174	0.22	0.69	0.42
25	0.99	0.29	0.50	75	0.38	0.68	0.79	125	0.21	0.91	0.50	175	0.54	0.46	0.50
26	0.79	0.31	0.50	76	0.55	0.33	0.19	126	0.11	0.84	0.50	176	0.61	0.36	0.35
27	0.75	0.69	0.92	77	0.25	0.47	0.00	127	0.36	0.22	0.00	177	0.35	0.56	0.30
28	0.65	0.67	0.80	78	1.00	0.73	1.00	128	0.05	0.33	0.00	178	0.25	0.25	0.00
29	0.32	0.56	0.13	79	1.00	0.33	0.50	129	0.25	0.52	0.00	179	0.70	0.70	1.00
30	0.34	0.45	0.25	80	1.00	0.12	0.50	130	1.00	0.73	1.00	180	0.78	0.67	0.81
31	0.37	0.42	0.38	81	0.66	0.52	0.50	131	1.00	0.33	0.50	181	0.42	0.46	0.60
32	0.56	0.35	0.30	82	0.69	0.59	0.50	132	1.00	0.12	0.50	182	0.85	0.16	0.50
33	0.58	0.21	0.00	83	0.49	0.77	1.00	133	0.66	0.52	0.50	183	0.45	0.71	1.00
34	0.78	0.62	0.57	84	0.45	0.48	0.50	134	0.71	0.42	0.50	184	0.66	0.45	0.50
35	0.11	0.84	0.50	85	0.55	0.85	1.00	135	0.21	0.37	0.00	185	0.15	0.75	0.50
36	0.19	0.96	0.50	86	0.35	0.51	0.30	136	0.41	0.81	1.00	186	0.27	0.53	0.00
37	0.67	0.71	1.00	87	0.81	0.31	0.50	137	0.31	0.91	0.57	187	0.07	0.13	0.00
38	0.81	0.21	0.50	88	0.11	0.47	0.00	138	0.35	0.68	0.66	188	0.42	0.79	1.00
39	0.91	0.31	0.50	89	0.73	0.57	0.50	139	0.63	0.26	0.11	189	0.33	0.83	0.69
40	0.31	0.81	0.65	90	0.50	0.59	0.50	140	0.50	0.58	0.50	190	0.98	0.81	1.00
41	0.41	0.71	1.00	91	0.38	0.81	0.92	141	0.55	0.50	0.50	191	0.18	0.61	0.03
42	0.35	0.68	0.66	92	0.37	0.75	0.88	142	0.15	0.50	0.00	192	0.21	0.69	0.42
43	0.63	0.26	0.11	93	0.71	0.69	0.92	143	0.89	0.15	0.50	193	0.11	0.29	0.00
44	0.45	0.57	0.50	94	0.22	0.69	0.42	144	0.70	0.45	0.50	194	0.38	0.68	0.79
45	0.05	0.45	0.00	95	0.54	0.46	0.50	145	0.29	0.31	0.00	195	0.55	0.33	0.19
46	0.15	0.55	0.00	96	0.59	0.71	1.00	146	1.00	0.45	0.50	196	0.25	0.47	0.00
47	0.89	0.15	0.50	97	0.70	0.79	1.00	147	0.41	0.34	0.25	197	1.00	0.73	1.00
48	0.70	0.45	0.50	98	0.15	0.37	0.00	148	0.65	0.31	0.24	198	1.00	0.33	0.50
49	0.29	0.31	0.00	99	0.14	0.57	0.00	149	0.55	0.27	0.00	199	1.00	0.12	0.50
50	1.00	0.45	0.60	100	0.35	0.00	0.00	150	0.66	0.45	0.50	200	0.66	0.52	0.50

Nota: Color celeste: datos de entrenamiento; Color naranja: datos de control; Color verde: datos de validez