



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Análisis FINGRAMS de modelos de regresión
basado en reglas difusas**

Autor:

González de Rivera Flores, Eduardo

Tutor:

**Sainz Palmero, Gregorio Ismael
Dpto. de Ingeniería de Sistemas y
Automática**

Valladolid, julio de 2019

Resumen

En este proyecto se aplica la metodología FINGRAMS para caracterizar las reglas difusas de modelos basados en Sistemas Difusos Basados en Reglas (SDBR). En este caso se trata de caracterizar las reglas seleccionadas y las no seleccionadas en un proceso de optimización de los métodos difusos SDBR generados con distintos Datasets y optimizados a través de un algoritmo genético en base a métricas de precisión, interpretabilidad y relevancia.

De este modo, el objetivo del proyecto es determinar la importancia de las reglas de entrada al SDBR a través del análisis de los indicadores de interpretabilidad COV y COFCI, obtenidos de los algoritmos genéticos, con ayuda de tablas y gráficos, y con ello obtener reglas generales de comportamiento del sistema empleando la metodología FINGRAMS.

Palabras clave

FINGRAMS, SBRD, lógica difusa, precisión, interpretabilidad.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I. Introducción.....	1
II. Marco del proyecto.....	1
III. Objetivos del proyecto.....	2
IV. Organización de la memoria.....	2
Capítulo 1 Sistemas y Modelos Difusos	5
1.1. Lógica difusa	5
1.2. Sistemas difusos basados en reglas	7
1.3. Análisis de precisión, interpretabilidad	8
Capítulo 2 Análisis FINGRAMS	13
Capítulo 3 Propuesta de análisis	19
3.1 Análisis previo.....	19
3.2 Propuesta del trabajo.....	22
Capítulo 4 Trabajo experimental	25
4.1 Punto de partida.....	25
4.2 Metodología FINGRAMS.....	26
4.3 Presentación y análisis de resultados	27
Capítulo 5 Conclusiones	49
Bibliografía.....	51

INTRODUCCIÓN

I. Introducción

Desde que Zadeh estableció los fundamentos de la teoría de los conjuntos difusos se ha ido buscando la forma de simplificar y mejorar esta teoría. Esta tarea no fue fácil debido a que la comprensión e interpretabilidad de un sistema difuso es una tarea muy compleja y depende directamente de la habilidad que tenga el usuario final para poder interpretar la descripción lingüística de cómo se comporta el sistema. De este modo, se puede afirmar que la evaluación y comprensión de estos sistemas es de forma completamente subjetiva, ya que en muchos de los casos depende de la experiencia o formación que haya adquirido el usuario que hace la evaluación.

Durante las últimas décadas, se creó un gran interés por evaluar, definir y poder caracterizar este tipo de sistemas difusos. De este modo y tras años de estudios, se creó una metodología de representación visual de los conjuntos difusos denominada FINGRAMS. La palabra FINGRAMS proviene de "*Fuzzy Inference-Grams*" cuya traducción literal se entiende como "Gráfica de Deducción Difusa" o "Gráfica de Inferencia Difusa". Esta metodología propone la creación de mapas que representen cómo se comporta un sistema real de una forma que se pueda comprender con mayor facilidad. El análisis de esta metodología puede detectar redundancias entre las reglas, evaluar la comprensibilidad de los Sistemas Difusos Basados en Reglas, descubrir las reglas más significativas...

II. Marco del proyecto

El presente TFG se ha llevado a cabo dentro de una línea de I+D+I que se desarrolla en el Dpto. de Ingeniería de Sistemas de Automática a partir de las tesis (Galende Hernández, 2014) y (Rey Díez M. I., 2016), que se usan como base de este TFG

aplicando la metodología denominada FINGRAMS (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013). Este tipo de desarrollos tienen gran interés cuando se generan modelos a partir de datos, puesto que permiten la valorización de los mismos tanto desde el punto de vista técnico como económico en entornos industriales, o de cualquier otro tipo.

III. Objetivos del proyecto

Antes de empezar a desarrollar el proyecto, se han el objetivo principal de analizar el comportamiento y la importancia de las reglas de entrada a un Sistema Difuso Basado en Reglas. Para lograr este objetivo, se plantean otros objetivos que se describirán a continuación:

- Conocer y aplicar la teoría de la metodología FINGRAMS.
- Aplicar FINGRAMS para la caracterización de las reglas difusas que forman la base de conocimiento de un modelo basado en SDBR.
- Analizar y caracterizar cómo son las reglas seleccionadas y no seleccionadas, desde el punto de vista de los parámetros de FINGRAMS.
- Determinar las reglas generales del comportamiento del sistema.

IV. Organización de la memoria

La memoria de este trabajo se ha seccionado en 5 capítulos. Además de esta introducción y de la bibliografía; la memoria consta de los capítulos:

- Capítulo 1. Sistemas y modelos difusos. En este capítulo se introducirán los conceptos de lógica difusa, Sistema Difuso Basado en Reglas (SDBR) y precisión e interpretabilidad en un SDBR, donde se definirán y se expondrán algunas de sus características.

- Capítulo 2. Análisis FINGRAMS. En este capítulo se definirá la metodología FINGRAMS mediante el análisis de sus principales elementos. También se formulará la generación de FINGRAMS ayudado con figuras visualmente orientativas.
- Capítulo 3. Propuesta de análisis. Es este tercer capítulo, se hará una propuesta de los algoritmos que se van a emplear en el proyecto, así como una breve descripción de los indicadores que se vas a utilizar.
- Capítulo 4. Trabajo experimental. En este capítulo se mostrarán los pseudo códigos de los algoritmos propuestos en el capítulo anterior. También se presentarán los resultados obtenidos y se realizará el análisis de dichos resultados.
- Capítulo 5. Conclusiones. En este capítulo de analizaran las conclusiones alcanzadas tras la realización del proyecto.
- Bibliografía. Contiene la bibliografía consultada.

Capítulo 1

Sistemas y Modelos Difusos

1.1. Lógica difusa

Desde la Real Academia Española se encuentra la definición de la palabra Lógica como: “Ciencia que expone las leyes, modos y formas de las proposiciones en relación con su verdad o falsedad”, distinguiendo así entre diferentes tipos; lógica formal o matemática, lógica natural, lógica parda y lógica borrosa o difusa. Del mismo modo se encuentra definida la lógica difusa como: “lógica que, a semejanza del raciocinio natural, admite una posibilidad de incertidumbre en la verdad o falsedad de sus proposiciones”. (RAE, 2019)

A continuación, se muestra un breve resumen de los principales hitos y fechas relevantes en la historia de la lógica difusa:

- 1965** El ingeniero Lofty A. Zadeh, de la Universidad de Berkeley (California), establece los primeros fundamentos de la teoría de conjuntos difusos. (Zadeh L. A., Information and control, 1965)
- 1975** Mamdani y Assilian desarrollan el primer controlador difuso para una máquina de vapor en Reino Unido. (Mamdani & Assilian, 1975)
- 1980** F.L. Smidth & Co. realizan la primera implantación de un controlador difuso. (Holmblad & Østergaard, 1982)
- 1985** Takagi y Sugeno desarrollan la primera aproximación para la construcción de reglas difusas a partir de datos de entrenamiento que será el punto de partida para investigación de la identificación de modelos difusos. (Sugeno & Takagi, 1985)
- 1987 y siguientes** Se desarrollan diversas aplicaciones industriales que utilizan Lógica Difusa. (Karray & De Silva, 2004)

Actualidad A partir de los años 90 y hasta nuestros días la Lógica Difusa se ha establecido como un campo de investigación multidisciplinar, con gran actividad en el desarrollo teórico y de aplicación.

Según el principio de incompatibilidad (Zadeh L. , 1973), la descripción del comportamiento de un sistema complejo no puede realizarse de forma absolutamente precisa. Para poder solucionar este problema, se planteó la necesidad de obtener una serie de herramientas que fuesen capaces de poder manejar de una forma rigurosa y fiable, la información imprecisa, lo que provocó desarrollar dos aspectos: la representación de la información imprecisa y la interferencia sobre información imprecisa.

A partir del principio de incompatibilidad se pueden describir las principales características de la lógica difusa.

1. Razonamiento exacto. Empleando la lógica difusa se puede formular el conocimiento humano de una forma sistemática. Se puede incluir con facilidad en sistemas de ingeniería.
2. Restricciones difusas. Al emplearse sistemas difusos para la definición de sistemas cuyos modelos exactos se han de obtener utilizando una aproximación, el conocimiento se interpreta como una serie de restricciones difusas sobre una colección de variables.
3. Interferencia. Se puede ver como un proceso de difusión de las reglas difusas.
4. Ayuda a la decisión. Con la lógica difusa se pueden obtener decisiones a problemas con valores incompletos o información incierta.

Para los problemas complejos en los que no exista un modelo matemático simple o en procesos que obedezcan un comportamiento no lineal, los sistemas difusos son muy recomendables.

Desde la década de los 70, se ha empleado la lógica difusa para la automatización de tareas. Hoy en día muchos productos de consumo tales como microondas, lavadoras, televisores, entre otros, y sistemas como motores, controles de tráfico o ascensores emplean métodos de lógica difusa.

1.2. Sistemas difusos basados en reglas

Se considera un Sistema Difuso Basado en Reglas (SDBR) a aquel sistema que, ante una entrada difusa o precisa, empleando un sistema de inferencia que se basa en un razonamiento difuso y teniendo en cuenta la información que contiene en una base de conocimiento, puede proporcionar una salida difusa o precisa. En la Figura 1 se puede apreciar la estructura básica de este tipo de sistemas.

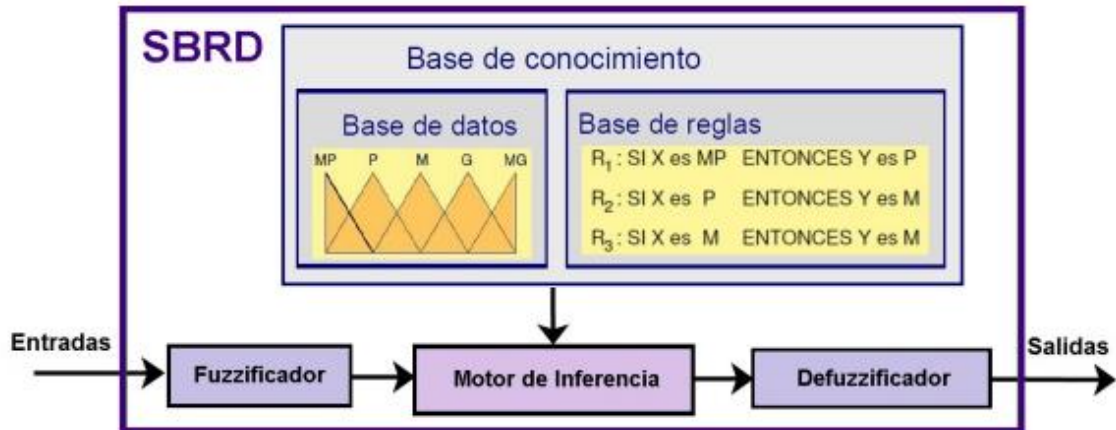


Figura 1 Ejemplo de sistema difuso basado en reglas (Galende Hernández, 2014)

Los principales elementos de los sistemas difusos son: interfaz de “fuzzyficación”¹, base de conocimiento, motor de inferencias e interfaz de “defuzzyficación”. (Galende Hernández, 2014) (Hellendoorn & Thomas, 1993) (Sugeno & Yasukawa, 1993)

Interfaz de “fuzzyficación”: convierte todas las entradas no difusas a valores difusos, para poder ser utilizados como antecedentes de las reglas.

Motor de inferencia: es capaz de procesar la información que recibe en la entrada y dar una salida de conocimientos difusos. Funciona basándose en la aplicación del *modus ponens generalizado* propuesto por Zadeh en 1973 (Zadeh L. , 1973):

$$\begin{array}{l}
 \text{REGLA :} \quad \text{SI } X \text{ es } A \text{ ENTONCES } Y \text{ es } B \\
 \text{PREMISA :} \quad X \text{ es } A' \\
 \hline
 \text{CONCLUSION :} \quad Y \text{ es } B'
 \end{array}$$

Figura 2 Modus Ponens generalizado (Zadeh L. , 1973)

¹ Los términos fuzzyficación y defuzzyficación se tratan de traducciones del inglés de las palabras *fuzzyfication* y *defuzzyfication*, cuyo uso dentro de la comunidad científica se encuentra extendido.

Base de conocimiento: es el núcleo de un Sistema Difuso. Contiene la colección de reglas difusas que guían el comportamiento del sistema. Está formado internamente por dos componentes: Base de Datos y Base de Reglas.

Base de Datos: almacena las estructuras de todos los conjuntos difusos que describen las variables contenidas en las reglas.

Base de Reglas: almacena las reglas difusas. Estas reglas se encuentran unidas por el operador ADEMÁS, por lo que ante una misma entrada se generan salidas parecidas. Debido a esto aparecen las reglas redundantes, que son reglas cuyas acciones ya han sido cubiertas por otras reglas. Se caracterizan por tener antecedentes y consecuentes parecidos, provocando que ante una misma entrada generen salidas similares. También aparecen las reglas incoherentes, que se definen como reglas que distorsionan el funcionamiento del sistema. Al igual que con las reglas redundantes, las reglas incoherentes tienen antecedentes similares, pero se diferencian de éstas al tener diferentes consecuentes, por tanto, ante una misma entrada generan salidas distintas.

Interfaz de “Defuzzyficación”: convierte las conclusiones difusas que se han obtenido en salidas no-difusas del sistema. Se suele emplear la *media ponderada por el grado de emparejamiento* como operador. Se suele combinar con el *centro de gravedad* como valor característico del conjunto difuso (Cordón O. H., 1997) (Thomas & Hellendoorn, 1993).

1.3. Análisis de precisión, interpretabilidad

La precisión y la interpretabilidad son las principales características de un Sistema Difuso Basado en Reglas, con los cuales es necesario alcanzar un equilibrio ya que son opuestos entre sí. Por ello es necesario saber cómo definir, evaluar y medir cada una de estas propiedades.

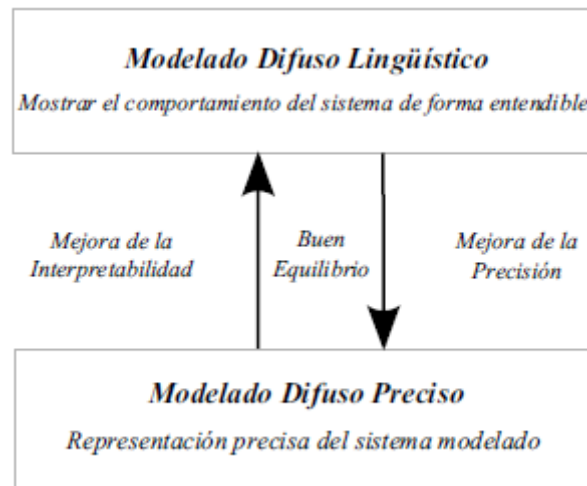


Figura 3 Búsqueda del equilibrio precisión-interpretabilidad en modelado difuso (Casillas, Cordón, Herrera, & Magdalena, 2003)

PRECISIÓN

Para un SDBR, cuanto más se aproxime su comportamiento al sistema real, más preciso será. La medida que más se emplea para definir la precisión es el *error*, por lo tanto, se debe minimizar los errores cometidos en el conjunto de reglas difusas y en los componentes de un Sistema Difuso. Existen varias fórmulas para calcular el error en función del tipo de modelo:

- **Regresión:** para este tipo de modelo, se utiliza la fórmula del MSE (*Mean Squared Error*), que traducido sería Error Cuadrático Medio o ECM:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - Y'_i) \quad (1)$$

donde N es el número de ejemplos, Y_i la salida que se ha obtenido e Y'_i la salida esperada. Es necesario minimizar el valor del error para mejorar la precisión de un modelo. Además del MSE, se emplean otras fórmulas para calcular la precisión de un modelo de regresión que se presentan en la Tabla 1 (I. H. Witten, 2011).

Algunas publicaciones en las que se utiliza la fórmula de la Ecuación (1) son (Peregrín & Márquez, 2012) (Herrera, Gacto, & Alcalá, 2010) (Casillas, Cordón, Herrera, & Magdalena, 2003).

Medida de precisión	Fórmula
Raíz Cuadrada del Error Cuadrático Medio (<i>Root Mean Squared Error</i>)	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - Y'_i)^2}$
Error Absoluto Medio (<i>Mean Absolute Error</i>)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i - Y'_i $
Error Cuadrático Relativo (<i>Relative Squared Error</i>)	$\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - Y'_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y}_i)^2}, \bar{Y}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$
Error Absoluto Relativo (<i>Relative Absolute Error</i>)	$\frac{\sum_{i=1}^N Y_i - Y'_i }{\sum_{i=1}^N Y_i - \bar{Y}_i }, \bar{Y}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$

Tabla 1 Medidas de precisión para regresión (I. H. Witten, 2011)

- **Clasificación:** las métricas más utilizadas en este tipo de problemas son el porcentaje de ejemplos Clasificados Correctamente (CC) o el porcentaje de ejemplos Clasificados Incorrectamente (CI):

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{corri} \mid \text{corri} = 1 \text{ si } \hat{C}_i = C_i, 0 \text{ en otro caso})}{N} * 100 \quad (2)$$

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{erri} \mid \text{erri} = 1 \text{ si } \hat{C}_i \neq C_i, 0 \text{ en otro caso})}{N} * 100 \quad (3)$$

donde N es el número total de ejemplos, C_i es la clase observada y \hat{C}_i la clase inferida. Para poder mejorar la precisión de un modelo es necesario minimizar el valor del número de las clases mal clasificadas o maximizar las clases bien clasificadas.

Algunas publicaciones en las que se utiliza la fórmula de las ecuaciones (1.3.2) y (1.3.3) son (H. Ishibuchi K. N., 1995) (H. Ishibuchi T. M., 1997) (Yamamoto, 2004) (Magdalena & Alonso, 2011).

INTERPRETABILIDAD

La otra característica principal de un Sistema Difuso es su interpretabilidad, es decir, la capacidad de explicación de una forma comprensible del comportamiento del sistema que se está modelando.

Existen diversas definiciones sobre el concepto de la interpretabilidad:

- Bodenhofer y Bauer definen la interpretabilidad de un sistema en (Bauer & Bodenhofer, 2003) como: *“la posibilidad de estimar su comportamiento a partir de la lectura y comprensión de la descripción de su base de reglas”*.
- Mencar y Fanelli establecen en (Mencar & Fanelli, 2008) que *“Un modelo es interpretable si su comportamiento fácilmente percibido y comprendido por un usuario”*.
- Mencar y otros en (Fanelli C. M., 2011) Definen el concepto de *cointensión* en (Zadeh L. A., Is there a need for fuzzy logic?, 2008) como *“una medida de la proximidad de las relaciones de entrada/salida del objeto de la modelización y el modelo. Un modelo es cointensivo si la proximidad es alta”*.
- Más tarde, Gacto y otros definen interpretabilidad en (Gacto, Alcalá, & Herrera, 2011) como *“La capacidad de expresar el comportamiento del sistema de una manera entendible”*.

La interpretabilidad involucra el talento o habilidad que posea la persona que interpreta su descripción lingüística con el objetivo de concebir la importancia del comportamiento del sistema (Pancho, Alonso, Cordon, Quirin, & Magdalena, 2013). Por ello, valorar la interpretabilidad es una tarea subjetiva, que depende directamente de la experiencia, conocimiento u otras habilidades del usuario que realiza la evaluación (Alonso, Magdalena, & González-Rodríguez, 2009).

La evaluación de la interpretabilidad tiene que hacer frente a dos problemas: la legibilidad del sistema y la comprensibilidad de la explicación del sistema (Mencar & Fanelli, 2008). En este estudio se presentará una metodología para analizar la capa de inferencia difusa de un Sistema Difuso Basado en Reglas (SDBR) desde el punto de vista de la comprensibilidad. Esta metodología fue planteada por primera vez en (Alonso, Cordon, Quirin, & Magdalena, 2011). Considerando el uso de las técnicas existentes para visualizar información científica basada en el análisis de redes sociales (*Social Network Analysis, SNA*) (Scott, 2000) (Wasserman & Faust, 1994) (Vargas-Quesada & Moya-Aregon, 2007) y al análisis visual de la inferencia de los Sistemas Difusos, el resultado es una nueva metodología de análisis de la aprehensibilidad denominada Gráfica de Inferencia Difusa o FINGRAMS (*Fuzzy Inference-Grams*). Con esta metodología se busca representar visualmente el proceso de inferencia SDBR, y así permitir averiguar cómo las reglas cubren ejemplos y cómo las reglas están relacionadas entre sí.

Para poder evaluar la interpretabilidad de los SDBR se tiene que, existen índices universales comúnmente aceptados para la evaluación de la exactitud. Por ejemplo, el error cuadrado medio (MSE) y el número de patrones mal clasificados se utilizan extensamente para los problemas de la regresión y de la clasificación, sin embargo, este no es el caso cuando se trata de la evaluación de la interpretación. Para

encontrar índices que evaluar la interpretabilidad es necesario buscar dos clases de complementos complementarios: objetivos y subjetivos.

Se necesitan métricas objetivas para hacer comparaciones justas factibles entre los diferentes sistemas difusos, pero, por otro lado, se exigen medidas subjetivas cuando se buscan sistemas difusos personalizados. Los índices de interpretación se pueden agrupar de acuerdo con dos criterios diferentes (Gacto, Alcalá, & Herrera, 2011): la naturaleza del índice de interpretación y los elementos de la base de conocimiento difusa que considera. De estos dos criterios se derivan cuatro grupos. Los cuatro grupos derivados son (Q1) estructura en el nivel base de regla, (Q2), estructura a nivel de partición (Q3) semántica a nivel de partición y (Q4) semántica en el nivel base de la regla (véase la Tabla 2).

Los índices de interpretación existentes más conocidos corresponden a los grupos Q1 y Q2, que se centran en la legibilidad, en términos de complejidad a nivel estructural, de los sistemas difusos. Son índices objetivos ya que cuentan el número de elementos (características/variables, funciones de pertenencia, reglas, premisas, etc.) que existen en el SDBR. Los índices incluidos en el grupo Q3 generalmente miden el grado de cumplimiento de las restricciones semánticas que deben ser sobreimpuestas durante el proceso de diseño. Por último, los índices del grupo Q4 abogan por extender el análisis de la legibilidad para evaluar la comprensibilidad, es decir, la semántica implícita y explícita que se encuentra en los sistemas difusos (Fanelli, Fanelli, Mencar, Castiello, & Cannone, 2008). (Peregrín & Márquez, 2012)

	Rule base level	Fuzzy partition level
Complexity-based interpretability	Q_1 number of rules number of conditions	Q_2 number of membership functions number of features
Semantic-based interpretability	Q_3 consistency of rules rules fired at the same time transparency of rule structure (rule weights, etc.) cointension	Q_4 completeness or coverage normalization distinguishability complementarity relative measures

Tabla 2 Cuadrante de Índices Interpretables (Gacto, Alcalá, & Herrera, 2011)

A diferencia de la precisión, la interpretabilidad tiene diversas formas de ser calculada en función del alcance y profundidad del estudio. En este estudio se trabajará con la interpretabilidad específica de la metodología FINGRAMS cuyos índices y formas de cálculo serán explicadas en el más adelante.

Capítulo 2

Análisis FINGRAMS

Como ya se ha comentado anteriormente, un FINGRAMS es una metodología que muestra la interacción entre las reglas difusas disparadas simultáneamente. Con estas reglas disparadas se crea una red social. Una red social es una estructura compuesta por individuos denominados nodos, que están conectados entre sí por conexiones (también llamados enlaces o lazos). Dada una red, el objetivo principal de los algoritmos de escalado es tomar la información y obtener estructuras que muestren la organización subyacente. Estos algoritmos de escalado utilizan correlaciones, similitudes o distancias para dar un gráfico que se basa en la proximidad entre nodos.

A través de las siguientes figuras, se muestran ejemplos de cómo son algunas de las representaciones visuales de FINGRAMS procedentes de otros estudios similares (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013):

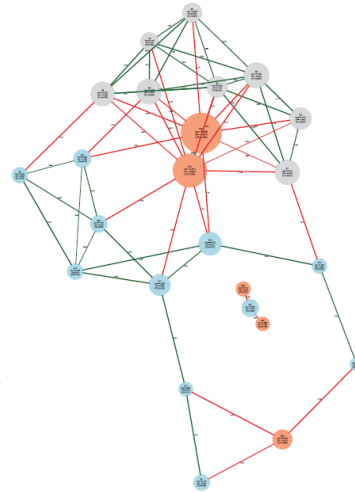
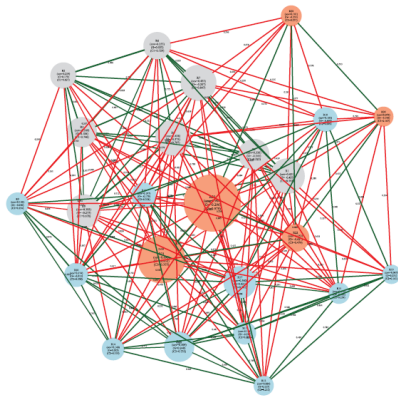


Figura 4 Representación visual de un FINGRAMS completo.

Figura 5 Rep. visual de un FINGRAMS recortado

Representación de red: a los nodos se les asignan coordenadas para obtener un gráfico, con los elementos más importantes colocados hacia el centro de la imagen. Los nodos se representan por círculos y se etiquetan con información. (ver Figura 9):

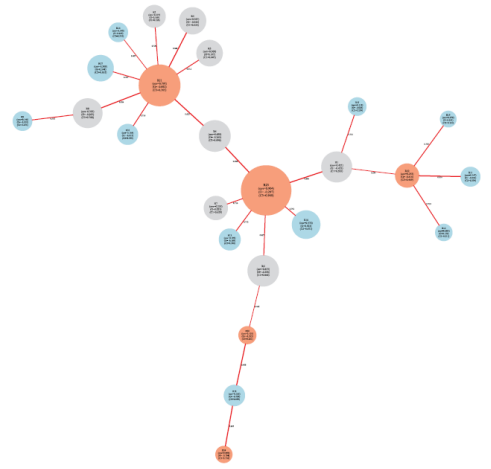
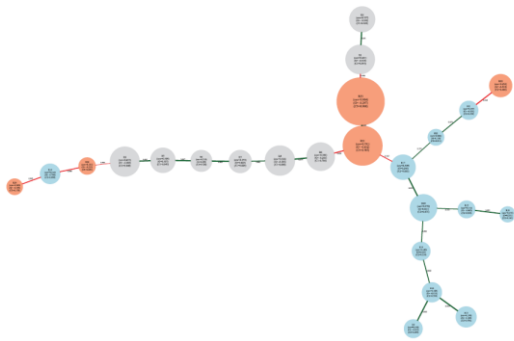


Figura 6 Rep. visual de un FINGRAMS con Pathfinder

Figura 7 Rep. visual de un FINGRAMS aplicando recortes y Pathfinder

La generación de un FINGRAMS de un FRBS, un mecanismo de inferencia difusa y un conjunto de instancias se realiza mediante el procedimiento de la Figura 4, cuya creación se puede definir de la siguiente forma:

Creación de red: se puede construir una red social representada por una matriz M que muestre las relaciones entre las reglas a partir de un conjunto de reglas difusas R , un conjunto de particiones P , un conjunto de instancias problemáticas E , un mecanismo de inferencia difusa I , y una métrica m .

```

Procedure FINGRAM( $R,P,I,E,m,NSM,NDM$ )
begin
  /* Generation of the social network defined by  $M$  using the set of fuzzy
  rules  $R$ , the set of fuzzy partitions  $P$ , the fuzzy inference mechanism
   $I$ , the set of instances  $E$ , and the metric  $m$ . */
   $M \leftarrow network\ generation(R, P, I, E, m)$ 
  begin
     $FR_i, FR_j \leftarrow get\ number\ of\ fired\ rules(R, P, I, E);$ 
     $SFR_{ij} \leftarrow get\ number\ of\ co-fired\ rules(R, P, I, E, m);$ 
     $M \leftarrow compute\ M_{ij}(FR_i, FR_j, SFR_{ij});$ 
  /* Scaling of the social network defined by  $M$  through the use of the
  network scaling method  $NSM$ . */
   $MS \leftarrow network\ scaling(M, NSM)$ 
  begin
     $EE \leftarrow evaluate\ values\ of\ edges(M, NSM);$ 
     $MS \leftarrow obtain\ the\ pruned\ network(M, EE);$ 
  /* Graphical representation of the resulting pruned social network  $MS$ 
  using the network drawing method  $NDM$ . */
   $MD \leftarrow network\ drawing(MS, NDM)$ 
  begin
     $NI \leftarrow compute\ information\ related\ to\ nodes(MS);$ 
     $NP \leftarrow compute\ the\ network\ layout(MS, NDM);$ 
     $MD \leftarrow paint\ edges(MS, NDM, NI, NP);$ 
  end
end

```

Figura 8 Procedimiento de generación FINGRAMS (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013)

Se calcula una matriz M ($r \times r$) que contenga todas las interacciones dentro de R , con de E que disparan simultáneamente las reglas.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1r} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{r1} & m_{r2} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

En base a la medida de “cocitación” originalmente definida por (Salton & Bergmark, 1979), se propone la siguiente métrica:

$$M_{ij} = \begin{cases} \frac{SFR_{ij}}{\sqrt{FR_i \cdot FR_j}} & si\ i \neq j \\ 0, & si\ i = j \end{cases} \quad (5)$$

Siendo SFR_{ij} el número de instancias para las cuales las reglas R_i y R_j se disparan simultáneamente, FR_i y FR_j son el número de veces que se disparan las reglas R_i y R_j respectivamente sin tener en cuenta si se disparan a la vez o no. Se puede observar que, al utilizar esta métrica, la matriz M es simétrica.

Escalado de red: el FINGRAMS inicial suele ser muy denso y difícil de analizar (Figura 3), por ello, se necesita un método de escalado de red para poder simplificarlo mientras se mantienen las relaciones más importantes. Se consideran tres opciones:

1. Recortar la red para eliminar los enlaces menos informativos (Figura 5).
2. Utilizar un algoritmo de escalado específico que pueda conservar el mayor número de enlaces importantes sin producir nodos aislados, como por ejemplo Pathfinder (Figura 6).
3. Emplear la combinación de las alternativas anteriormente mencionadas; primero se recortan los vínculos, y acto seguido, Pathfinder escala el gráfico.

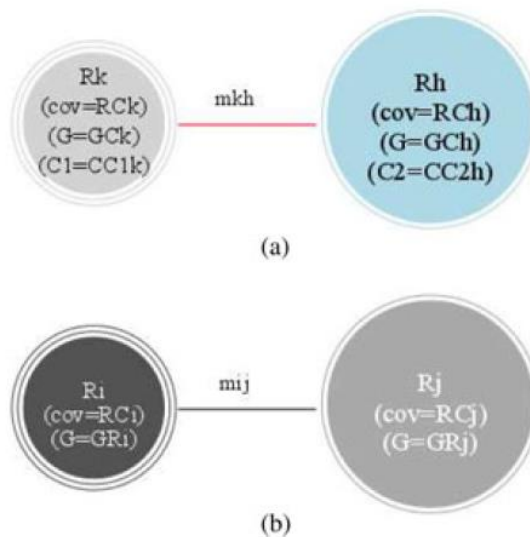


Figura 9 Interpretación de FINGRAMS. a) Clasificación b) Regresión (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013)

- La primera línea muestra el identificador de regla R_k .
- La segunda línea proporciona la cobertura relativa de esa regla (COV), es decir, el número de instancias que se cubren entre el número total de instancias, Ecuación 6. Una instancia se cubre con la regla R_k cuando el grado de activación de la regla para esa instancia es mayor que el umbral definido.

$$COV = \frac{\text{Instancias cubiertas por } R_k}{\text{Instancias}} \quad (6)$$

- La tercera línea muestra la *bondad* de la regla (G), es decir, cómo se comporta la regla con respecto a las instancias del problema disponible.
- La cuarta línea de los nodos solo aparece en los problemas de clasificación.

Como ya se comentó en el capítulo anterior, existen diversas formas e índices de calcular la interpretabilidad en función del alcance del estudio. A continuación, se describirán los índices de interpretabilidad y exactitud específicos que se pueden emplear en el análisis de los FINGRAMS:

La exactitud en los problemas de clasificación se calcula como el porcentaje de posiciones erróneamente clasificadas (*MisClassified MC*), y en los problemas de regresión se calcula el error cuadrado medio (*Medium Square Error MSE*).

$$MC = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \text{err}_i; \quad \text{err}_i = \begin{cases} 1, & \text{si } C_i \neq \hat{C}_i \\ 0, & \text{de otra forma} \end{cases} \quad (7)$$

$$MSE = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (8)$$

donde d es el número de instancias problemáticas, C_i es la clase de la instancia y \hat{C}_i es la clase deducida por los SDBR de clasificación. Para MSE , Y_i es el valor de salida real de la instancia e \hat{Y}_i de la salida definida por los SDBR.

Para poder evaluar la comprensibilidad del SDBR, se puede tomar la proporción de normas disparadas simultáneamente. De forma que, cuanto menor sea el número de reglas simultáneamente disparadas, mayor será la comprensibilidad del SDBR. El índice de comprensibilidad utilizado será el COFCI (Alonso J. , Magdalena, Pancho, Córdón, & Quirin, 2013), que se define como:

$$COFCI = \begin{cases} 1 - \sqrt{\frac{CI}{MaxThr}}, & \text{si } CI \leq MaxThr \\ 0, & \text{de otra forma} \end{cases} \quad (9)$$

$$CI = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r [(P_i + P_j) \cdot m_{ij}] \quad (10)$$

donde r es el número total de reglas, P_i y P_j cuentan el número de premisas en las reglas r_i y r_j respectivamente m_{ij} es la medida de disparo simultáneo, calculado previamente en (5), para las reglas r_i y r_j y $MaxThr$ es un valor máximo que se establece para poder obtener una medida normalizada dentro del intervalo $[0, 1]$.

Capítulo 3

Propuesta de análisis

3.1 Análisis previo

Empleando la teoría definida en el capítulo anterior y los resultados obtenidos en el estudio (Rey Díez M. I., 2016) se crearán unos algoritmos con los que se obtendrán valores para los indicadores COV y COFCI, con los que posteriormente se realizará el análisis a través de gráficas y tablas.

Los datos iniciales se obtendrán del algoritmo creado en el estudio anteriormente mencionado en función de una serie de métricas que se dividen en: métricas de relevancia, transformaciones ortogonales, algoritmos de modelado, métricas de interpretabilidad y Datasets que se comentarán a continuación.

Las métricas de relevancia se definen como una medida de la relevancia global, ya que se trata de la relevancia de la base de reglas del SDBR. Se define según la Ec. (11), donde k es el número de reglas del SDBR y $RELEVANCIA_{reglai}$ es una medida de relevancia local para cada regla, que se puede definir a partir de la Ec. (12).

$$RELEVANCIA_{SDBR} = \frac{\sum_{i=1}^k RELEVANCIA_{reglai}}{k} \quad (11)$$

$$RELEVANCIA_{reglai} = \frac{Varianza}{\sum_{i=1}^k Varianza} \quad (12)$$

A partir de estas definiciones se proponen dos criterios para preservar las reglas más relevantes que serán las empleadas en el estudio: Ra y Rb.

1. Ra: Conservar las reglas más relevantes del SDBR seleccionando aquellas reglas que presenten valores más altos en su relevancia:

$$RELra = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k RELEVANCIAreglai}{k} \quad (13)$$

Por lo tanto, si se maximiza REL_{RA} , se maximiza la relevancia.

2. Rb: Descartar las reglas que sean menos relevantes en el SDBR, no considerando las reglas cuya relevancia sea más baja:

$$RELRb = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k (1 - RELEVANCIAreglai)} \quad (14)$$

En este caso es justamente al contrario que en el caso anterior; al minimizar REL_{RB} , se maximiza la relevancia.

Las Transformaciones Ortogonales se emplean para estimar la relevancia, permiten estimar la relevancia de la base de conocimiento y hacer un ranking sobre la relevancia de esas reglas en el SDBR. Las transformaciones ortogonales utilizadas son SVD, PQR y OLS, definidas en (Ciftcioglu, 2004) (Setnes, 2003) (Yen & Wang, 1999)

Los Algoritmos de modelado que se van a tener en cuenta van a ser estos dos tipos de algoritmos de modelado difuso: aproximativos, atendiendo al poder aproximativo de los SDBR, y lingüísticos, que atienden al poder descriptivo de los SDBR.

Los algoritmos de modelado aproximativo que se utilizan son el FasArt y S-IRL:

FasArt (*Fuzzy Adaptative System ART based*) (Cano Izquierdo, Dimitriadis, Gómez Sánchez, & López Coronado, 2001) se trata de un algoritmo de modelado neuro-difuso basado en la Teoría de Resonancia Adaptativa (*Adaptative Resonance Theory*). Los sistemas neuro-difusos generan SDBR con buen nivel de precisión, debido a las ventajas que presenta la capacidad de aprendizaje de las Redes Neuronales Artificiales y la capacidad de explicación de la Lógica Difusa.

S-IRL (*Scatter Iterative Rule Learning*) (Cordón & Herrera, Hybridizing genetic algorithms with sharing scheme and evolution strategies for designing approximate fuzzy rule-based systems, 2001) En cada ejecución se obtiene como solución solo la mejor regla aprendida en el proceso evolutivo, de forma que el SDBR final se crea mediante la unión de las reglas obtenidas en una serie de ejecuciones sucesivas.

Los algoritmos de modelado difuso lingüístico son NefProx y L-IRL:

NefProx (*Neuro-Fuzzy Function Approximation*) (Nauck & Kruse, 1999) es un algoritmo de modelado neuro-difuso de aproximación de funciones que emplea un algoritmo de aprendizaje supervisado. El usuario define las particiones difusas iniciales y el algoritmo genera un SDBR lingüístico que cubre todos los datos.

L-IRL (*Linguistic Iterative Rule Learning*) (Cordón & Herrera, A three-stage evolutionary process for learning descriptive and approximate fuzzy logic controller knowledge bases from examples, 1997) genera un SDBR lingüístico siguiendo un enfoque basado en el lenguaje iterativo. La única diferencia que tiene con respecto a S-IRL es que se manejan particiones difusas lingüísticas, por lo demás se trata igual que al S-IRL.

Los parámetros de generación del SDBR de los algoritmos de modelado difuso son los mostrados en la Figura 11.

#var	FasArt	NefProx	S-IRL y L-IRL
< 9	$\rho = 0,7, \gamma = 8$	$nLT = 5$	$nLT = 5$
≥ 9	$\rho = 0,7, \gamma = 6$	$nLT = 3$	$nLT = 3$
In any case			$\epsilon = 1,5, \omega = 0,05$ $K = 0,1, P = 61$ $Gen = 100$ $a = 0,35, b = 5$ $P_c = 0,6, P_m = 0,1$ $ES = 50, \alpha = 20\%$

Figura 10 Parámetros de generación de SDBR iniciales (Rey Díez M. I., 2016)

Respecto a las Métricas de la interpretabilidad, existen diversas formas de medir la interpretabilidad, pero las más habituales y las que se han utilizado en el estudio son el Número de Reglas, Número de Funciones de Pertenencia, Incoherencia y Similitud. Estas métricas son las más habituales en estos tipos de problemas (Gacto, Alcalá, & Herrera, 2011) (Alonso, Magdalena, & González-Rodríguez, 2009) (Yen & Wang, 1999) (Alonso & Magdalena, Special issue on interpretable fuzzy systems, 2011) (Alonso, Castiello, & Mencar, Interpretability of fuzzy systems: Current research trends and prospects, 2015). En todos los casos anteriores se requiere minimizar estas métricas para maximizar la Interpretabilidad.

Se pueden definir las métricas como:

Número de reglas, índice de la interpretabilidad basado a nivel de base de reglas.

Número de funciones de pertenencia, índice de interpretabilidad basado en la complejidad a nivel de partición difusa.

Incoherencia, índice de la interpretabilidad que se basa en la semántica a nivel de base de reglas, de forma que la base de reglas mejora con la ausencia de reglas con mismos antecedentes y distintos consecuentes (reglas contradictorias).

Similitud, índice de interpretabilidad que se basa en la semántica a nivel de las particiones difusas. cuanto más diferentes sean las funciones de pertenencia, más distinguible es la base de datos.

Los Datasets empleados y sus respectivos parámetros son los mostrados en la Figura 12. Estos datos están sacados del estudio KEEL (KEEL-datasets, 2019).

Conjunto de datos	Nombre	Variables	Registros
Plastic Strength	PLA	3	1650
Quake	QUA	4	2178
Electrical Maintenance	ELE	5	1056
Abalone	ABA	9	4177
Stock prices	STP	10	950
Weather Izmir	WIZ	10	1461
Weather Ankara	WAN	10	1609
Mortgage	MOR	16	1049
Treasury	TRE	16	1049

Figura 11 Conjunto de datos considerados en el estudio experimental (Rey Díez M. I., 2016)

3.2 Propuesta del trabajo

Se pretende analizar el comportamiento de las reglas difusas seleccionadas y no seleccionadas en la entrada de un sistema difuso. Estas reglas van a estar comprendidas entre cero y uno, y en función de su valor, van a ser divididas en cuatro conjuntos de relevancia. De modo que las reglas cuyo valor esté entre 0,75 y 1 serán clasificadas como reglas de alta relevancia; entre 0,5 y 0,75 se encontraran dentro del conjunto de reglas de relevancia media-alta; las reglas de relevancia media-baja serán aquellas cuyo valor esté entre 0,25 y 0,5; mientras que las reglas cuyos valores se encuentren entre 0 y 0,25 estarán consideradas como reglas de relevancia baja.

Por ello y tomando como base los datos del estudio anterior, se creará el primer algoritmo con el objetivo de calcular el valor de COV y COFCI. COV se definirá como el número de reglas disparadas entre el número total de reglas que entran al sistema (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013). Mientras que COFCI será un

indicador del disparo simultaneo de las reglas. De modo que, un menor número de reglas disparadas implicará un mayor COFCI (Pancho, Alonso, Cordón, Quirin, & Magdalena, 2013). Las ecuaciones con las cuales se obtendrán los valores de los indicadores mencionados se han definido en capítulos anteriores, Ecuación (6) en el caso de COV y Ecuación (9) en el caso de COFCI.

El segundo algoritmo que se creará consistirá en la recolección de los datos generados en la salida del algoritmo anterior, con los que se realizarán las medias de los COV y los COFCI. La salida de datos que generará este algoritmo serán aquellos datos con los que se realizará el análisis del proyecto.

La creación de dichos algoritmos seguirá el esquema de la figura:

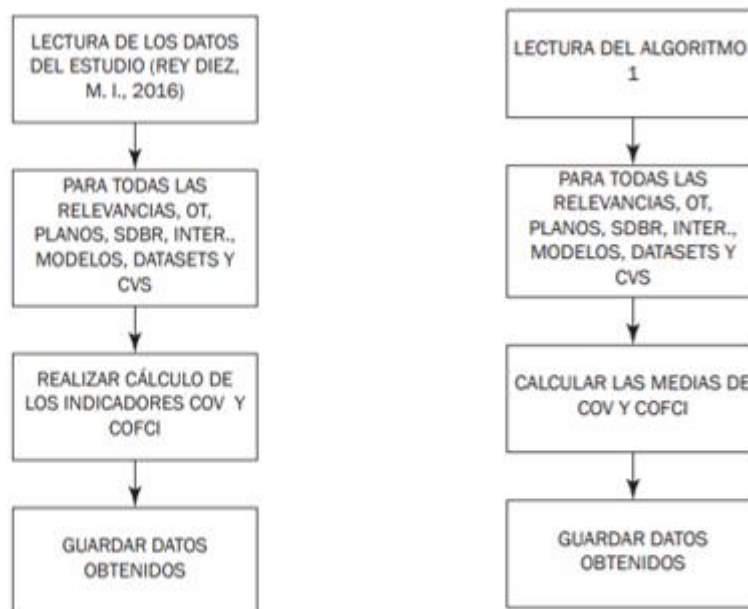


Diagrama 1 Diagramas de bloques de los algoritmos con los que se obtendrán los datos a analizar. Algoritmo 1 (izda.) y Algoritmo 2 (dcha.)

Con la información propuesta en estos diagramas, se obtienen datos de los indicadores COV y COFCI. Con ellos y, a partir de tablas y gráficas se analizarán el comportamiento de las reglas de entrada seleccionadas y no seleccionadas.

Capítulo 4

Trabajo experimental

4.1 Punto de partida

Como punto de partida, se ha tenido en cuenta el estudio y los resultados en (Rey Díez M. I., 2016) a partir de los cuales se ha aplicado de esta metodología FINGRAMS. Por ello, en este proyecto se han tomado los datos del algoritmo descrito en el capítulo anterior cuya descripción visual se muestra en la Figura 10.

Algoritmo 3 Selección de reglas en SBRDs a través de AEMOs basada en Precisión, Interpretabilidad y Relevancia

```
for Relevancia =  $Rel_{RA}$  :  $Rel_{RB}$  do
  for Transformación Ortogonal =  $OLS$  :  $PQR$  :  $SVD$  do
    for Algoritmo de Modelado = Aproximativo : Lingüístico do
      for Interpretabilidad ( $Inter$ ) =  $NR$  :  $NFP$  :  $Inc$  :  $Sim$  do
        for Algoritmo Genético = NSGAI1 : SPEA2 do
          for ConjuntoDeDatos =  $DataSet1$  ...  $DataSet9$  do
            for ValidacionCruzada =  $VC1$  ...  $VC5$  do
              Generar SBRD inicial
              Generar ordenamiento de reglas según la Relevancia obtenida a partir de las TOs
              for Ejecucion = 1 a 6 do
                Ejecutar AG para selección de reglas relevantes con tres objetivos:
                Precisión  $\rightarrow$   $\min(ECM_{tra})$ 
                Relevancia  $\rightarrow$   $\min(Rel_{RA})$  o  $\min(Rel_{RB})$ 
                Interpretabilidad  $\rightarrow$   $\min(NR)$  o  $\min(NFP)$  o  $\min(Inc)$  o  $\min(Sim)$ 
              end for
            end for
          end for
        for Plano = Precisión-Interpretabilidad : Precisión-Relevancia : Relevancia-Interpretabilidad do
          do
            Análisis Frentes de Pareto {Mejor  $Pre$ , Mediana  $Pre-Int$ , Mejor  $Int$ }
          end for
        end for
      for Plano = Precisión-Interpretabilidad : Precisión-Relevancia : Relevancia-Interpretabilidad do
        Test Estadísticos No Paramétricos
      end for
    end for
  end for
end for
end for
end for
```

Figura 12 Pseudocódigo de experimentación previa (Rey Díez M. I., 2016)

4.2 Metodología FINGRAMS

Para el cálculo de los indicadores con los que realizar el análisis se emplea un algoritmo cuyo pseudo código se muestra en la Figura 13. En este algoritmo se toman los datos de los ficheros creados en la experimentación previa y se utilizan para obtener dos indicadores; COV y COFCI. Para poder analizar los datos con mayor precisión, se ha dividido en cuatro casos de estudio en función de la relevancia: Relevancia Alta, Relevancia Media-Alta, Relevancia Media-Baja y Relevancia Baja. Dentro de cada uno de éstos se obtienen los parámetros COV y COFCI para tres tipos de reglas: Seleccionadas, No Seleccionadas y Totales.

```
"Algoritmo 1". Obtención de índices COV y COFCI
```

```
Lectura de datos de salida del estudio "Algoritmo 3" (Rey Díez M. I., 2016)
for Relevancia (Ra,Rb)
  for Transformación Ortogonal (SVD,PQR,OLS)
    for Planos (PlanoPI)
      for SDBR (FasArt,NefProx,S-IRL,L-IRL,S-IRL_SLR)
        for Interpretabilidad (INR,2NFP,3INC,4SIM)
          for Modelos (BestI,BestP,MedianPI)
            for Datasets (Aba,Ele,Mor,Qua,Pla,Stp,Tre,Wan,Wiz)
              for CV (CV11:CV16-CV51:CV56)

                calcular el nº de reglas
                definir la relevancia (Alta,MediaAlta,MediaBaja,Baja) de estudio
                cálculo de COV y COFCI
                FR = Nº de Reglas Disparadas
                COV = FR/Datos de Entrada
                MaxThr = Constante
                Pi y Pj = Parámetros de los Datasets
                COFCI = 1 - sqrt(CI/MaxThr) si CI<Maxthr
                COFCI= 0 en otro caso
                SFR = Reglas i y j Disparadas Simultáneamente
                Mij = SFR / sqrt(FRi*FRj)
                CI =  $\sum_i \sum_j (Pi+Pj)*Mij$ 
                guardar los datos COV y COFCI
                repetir para Reglas: Seleccionadas,NoSeleccionadas,Totales.
```

Figura 13 Pseudo código de la metodología propuesta

Cada uno de estos algoritmos genera una salida de datos diferente con los valores de los índices COV y COFCI. Estas salidas se introducen en un nuevo algoritmo cuya finalidad es calcular las medias de todos los COV y todos los COFCI de los Datasets. El pseudo código de este nuevo algoritmo queda descrito en la Figura 14.

"Algoritmo 2". Cálculo de medias de los indicadores

Lectura de los datos de salida de "Algoritmo 1"

```
for Relevancia (Ra,Rb)
  for Transformación Ortogonal (SVD,PQR,OLS)
    for Planos (PlanoPI)
      for SDBR (FasArt,NefProx,S-IRL,L-IRL,S-IRL_SLR)
        for Interpretabilidad (INR,2NFP,3INC,4SIM)
          for Modelos (BestI,BestP,MedianPI)
            for Datasets (Aba,Ele,Mor,Qua,Pla,Stp,Tre,Wan,Wiz)
              for CV (CV11:CV16-CV51:CV56)

                definir la relevancia (Alta,MediaAlta,MediaBaja,Baja) de estudio
                calcular la media de los CV y de los Datasets
                guardar los datos de las medias
                realizar para Reglas: Seleccionadas,NoSeleccionadas,Totales.
```

Figura 14 Pseudo código del cálculo de medias

4.3 Presentación y análisis de resultados

Tras la ejecución del "Algoritmo 2", se procede a analizar los valores obtenidos. Se toma como referencia los COFCIs y COVs de las reglas seleccionadas, por tanto, cada uno de los datos COV es dividido entre el COV de reglas seleccionadas correspondiente según relevancia, relatividad, OT, SDBR, Interpretabilidad y Modelo; y el mismo procedimiento se realiza para los COFCI. Con los valores obtenidos se crean diferentes tablas donde se muestran todos los valores COV y COFCI de las reglas totales y reglas no seleccionadas según Modelo, Interpretabilidad, OT, SDBR, Relatividad y Relevancia. Los resultados finales pueden ser de tres formas: mayor que uno, igual que uno y menor que uno.

- Mayor que uno; las reglas no seleccionadas o las totales son mayores que las reglas seleccionadas. Éstas estarán coloreadas de verde.
- Igual que uno; las reglas seleccionadas o las totales son iguales que las reglas seleccionadas, su color será azulado.
- Menor que uno; en este caso las reglas seleccionadas serán mayores que las reglas no seleccionadas o las totales. Estarán coloreadas de rojo.

A continuación, se mostrarán las tablas y gráficas separadas por relevancias y por relatividades con una breve descripción de éstas al final.

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,315	4,23	0,999999	1,000001	1,3935	4,39	0,999999	1,000001	1,3621	4,24
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2876	4,43	0,999999	1,000001	1,3921	4,26	0,999999	1,000001	1,3495	4,47
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3685	4,21	0,999999	1,000001	1,3934	4,38	0,999999	1,000001	1,3843	4,46
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2127	4,5	0,999999	1,000001	1,3883	4,23	0,999999	1,000001	1,2802	4,21
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,8661	4,97	0,999999	1,000001	2,3288	5,27	0,999999	1,000001	2,0974	5,08
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0344	5,37	0,999999	1,000001	2,3333	4,97	0,999999	1,000001	2,1874	5,07
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	2,3626	5,28	0,999999	1,000001	2,3626	5,25	0,999999	1,000001	2,3626	5,07
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2774	5,01	0,999999	1,000001	2,366	4,98	0,999999	1,000001	2,3471	5,27
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1765	4,25	0,999999	1,000001	1,2507	4,2	0,999999	1,000001	1,2214	4,27
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,171	4,25	0,999999	1,000001	1,2518	3,91	0,999999	1,000001	1,2161	4,17
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2518	4,14	0,999999	1,000001	1,2537	4,17	0,999999	1,000001	1,2546	4,12
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1568	3,93	0,999999	1,000001	1,2506	4,15	0,999999	1,000001	1,2008	4,07
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3429	4,55	0,999999	1,000001	1,5495	4,72	0,999999	1,000001	1,4601	4,67
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5237	4,51	0,999999	1,000001	1,5657	4,59	0,999999	1,000001	1,5604	4,74
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4425	4,55	0,999999	1,000001	1,5438	4,72	0,999999	1,000001	1,5043	4,64
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,568	4,74	0,999999	1,000001	1,5715	4,57	0,999999	1,000001	1,5724	4,73
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0911	3,68	0,999999	1,000001	1,1405	3,61	0,999999	1,000001	1,1223	3,71
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0896	3,64	0,999999	1,000001	1,1407	3,72	0,999999	1,000001	1,1213	3,54
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1428	3,7	0,999999	1,000001	1,1429	3,53	0,999999	1,000001	1,1429	3,63
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0737	3,79	0,999999	1,000001	1,1362	3,66	0,999999	1,000001	1,1033	3,6
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3126	4,43	0,999999	1,000001	1,3904	4,28	0,999999	1,000001	1,3598	4,35
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2828	4,32	0,999999	1,000001	1,3863	4,36	0,999999	1,000001	1,3439	4,5
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3671	4,23	0,999999	1,000001	1,3882	4,37	0,999999	1,000001	1,3806	4,41
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2126	4,5	0,999999	1,000001	1,3822	4,24	0,999999	1,000001	1,2768	4,26
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3126	4,48	0,999999	1,000001	1,3904	4,28	0,999999	1,000001	1,3598	4,39
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2828	4,26	0,999999	1,000001	1,3863	4,39	0,999999	1,000001	1,3439	4,32
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3671	4,33	0,999999	1,000001	1,3882	4,39	0,999999	1,000001	1,3806	4,26
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2126	4,39	0,999999	1,000001	1,3822	4,38	0,999999	1,000001	1,2768	4,4
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7695	5,07	0,999999	1,000001	2,2793	5,18	0,999999	1,000001	2,01	5,02
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0701	5,15	0,999999	1,000001	2,3043	5,04	0,999999	1,000001	2,2203	5,29
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,9919	5,18	0,999999	1,000001	2,3197	5,09	0,999999	1,000001	2,2141	5,23
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3373	4,93	0,999999	1,000001	2,4049	5,15	0,999999	1,000001	2,3987	4,97
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1773	4,22	0,999999	1,000001	1,2508	4,13	0,999999	1,000001	1,2229	4,05
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1685	4,52	0,999999	1,000001	1,2494	4,58	0,999999	1,000001	1,2128	4,54
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2649	4,55	0,999999	1,000001	1,2654	4,45	0,999999	1,000001	1,2677	4,35
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1662	4,42	0,999999	1,000001	1,2593	4,6	0,999999	1,000001	1,2119	4,5
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3728	4,58	0,999999	1,000001	1,557	4,52	0,999999	1,000001	1,4825	4,73
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5107	3,73	0,999999	1,000001	1,5524	3,71	0,999999	1,000001	1,5442	3,51
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4593	3,5	0,999999	1,000001	1,5556	3,78	0,999999	1,000001	1,5294	3,6
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5654	3,64	0,999999	1,000001	1,5626	3,59	0,999999	1,000001	1,5643	3,51
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0946	4,29	0,999999	1,000001	1,1418	4,49	0,999999	1,000001	1,1233	4,5
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0925	4,31	0,999999	1,000001	1,1417	4,42	0,999999	1,000001	1,1219	4,44
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1429	4,48	0,999999	1,000001	1,1429	4,25	0,999999	1,000001	1,1429	4,2
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0741	4,48	0,999999	1,000001	1,1355	4,36	0,999999	1,000001	1,1035	4,28
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3198	3,99	0,999999	1,000001	1,3979	4,47	0,999999	1,000001	1,3677	4,31
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2875	5,14	0,999999	1,000001	1,3963	5,32	0,999999	1,000001	1,3504	5,09
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3747	4,99	0,999999	1,000001	1,3985	5,37	0,999999	1,000001	1,3895	4,96
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2125	4,97	0,999999	1,000001	1,3882	5,48	0,999999	1,000001	1,2825	5,13
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,9268	5,24	0,999999	1,000001	2,4023	4,95	0,999999	1,000001	2,1685	4,91
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,1086	5,3	0,999999	1,000001	2,39	5,2	0,999999	1,000001	2,2698	4,94
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,7339	5,09	0,999999	1,000001	2,1079	5,04	0,999999	1,000001	1,9606	5,08
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3468	5,12	0,999999	1,000001	2,4109	5,23	0,999999	1,000001	2,3913	5,07
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1737	4,4	0,999999	1,000001	1,2513	4,51	0,999999	1,000001	1,2221	4,42
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1682	4,42	0,999999	1,000001	1,2536	4,46	0,999999	1,000001	1,2157	4,4
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2509	4,48	0,999999	1,000001	1,2536	4,39	0,999999	1,000001	1,255	4,35
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1424	4,42	0,999999	1,000001	1,2441	4,49	0,999999	1,000001	1,1876	4,55
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3667	4,53	0,999999	1,000001	1,5547	4,6	0,999999	1,000001	1,4762	4,54
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5232	3,55	0,999999	1,000001	1,5635	3,62	0,999999	1,000001	1,5591	3,6
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4336	3,72	0,999999	1,000001	1,5489	3,57	0,999999	1,000001	1,5088	3,63
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5664	3,75	0,999999	1,000001	1,5686	3,68	0,999999	1,000001	1,5672	3,54

Tabla 3 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Alta, Relatividad RA

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3239	4,44	0,999999	1,000001	1,3979	4,46	0,999999	1,000001	1,3677	4,31
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2968	4,39	0,999999	1,000001	1,3963	4,25	0,999999	1,000001	1,3504	4,31
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,137	4,52	0,999999	1,000001	1,3985	4,36	0,999999	1,000001	1,3895	4,29
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2175	4,32	0,999999	1,000001	1,3882	4,4	0,999999	1,000001	1,2825	4,22
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,8697	5,05	0,999999	1,000001	2,4023	5,1	0,999999	1,000001	2,1685	4,36
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0661	5,29	0,999999	1,000001	2,39	5,04	0,999999	1,000001	2,2698	5,04
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8535	5,15	0,999999	1,000001	2,1079	4,95	0,999999	1,000001	1,9606	5,32
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2856	5,32	0,999999	1,000001	2,4109	5,16	0,999999	1,000001	2,3913	5,46
FBRs: SIRC_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1794	4	0,999999	1,000001	1,2513	4,24	0,999999	1,000001	1,2221	4,05
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1775	4,03	0,999999	1,000001	1,2536	4,21	0,999999	1,000001	1,2157	4,17
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2524	4,12	0,999999	1,000001	1,2536	4,22	0,999999	1,000001	1,255	4,19
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,157	3,91	0,999999	1,000001	1,2441	3,91	0,999999	1,000001	1,1876	4,03
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,348	4,42	0,999999	1,000001	1,5547	4,61	0,999999	1,000001	1,4762	4,56
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5266	4,69	0,999999	1,000001	1,5635	4,56	0,999999	1,000001	1,5591	4,81
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4383	4,56	0,999999	1,000001	1,5489	4,79	0,999999	1,000001	1,5088	4,63
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5614	4,75	0,999999	1,000001	1,5686	4,7	0,999999	1,000001	1,5672	4,85
FBRs: SIRC_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0932	3,52	0,999999	1,000001	1,141	3,72	0,999999	1,000001	1,1212	3,65
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0931	3,59	0,999999	1,000001	1,1403	3,76	0,999999	1,000001	1,1204	3,61
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1416	3,8	0,999999	1,000001	1,1399	3,7	0,999999	1,000001	1,1399	3,78
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0788	3,43	0,999999	1,000001	1,1361	3,71	0,999999	1,000001	1,1001	3,5
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,312	4,25	0,999999	1,000001	1,3891	4,3	0,999999	1,000001	1,3593	4,28
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,282	4,5	0,999999	1,000001	1,3864	4,35	0,999999	1,000001	1,342	4,35
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3652	4,47	0,999999	1,000001	1,387	4,37	0,999999	1,000001	1,379	4,3
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2199	4,28	0,999999	1,000001	1,3812	4,4	0,999999	1,000001	1,2896	4,31
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7942	4,49	0,999999	1,000001	2,3464	4,25	0,999999	1,000001	2,0659	4,2
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0871	4,39	0,999999	1,000001	2,369	4,3	0,999999	1,000001	2,2674	4,23
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	2,0117	4,23	0,999999	1,000001	2,3952	4,28	0,999999	1,000001	2,2683	4,29
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3292	4,33	0,999999	1,000001	2,3891	4,39	0,999999	1,000001	2,382	4,21
FBRs: SIRC_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1793	4,93	0,999999	1,000001	1,2515	5,06	0,999999	1,000001	1,2218	5,05
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1737	5,25	0,999999	1,000001	1,2491	4,95	0,999999	1,000001	1,2164	5,11
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2613	5,14	0,999999	1,000001	1,2617	5,08	0,999999	1,000001	1,2637	5,29
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1708	5,05	0,999999	1,000001	1,2589	5	0,999999	1,000001	1,211	5,22
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3685	4,05	0,999999	1,000001	1,5455	4,06	0,999999	1,000001	1,473	4,04
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5194	4,6	0,999999	1,000001	1,5543	4,37	0,999999	1,000001	1,5488	4,45
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4683	4,42	0,999999	1,000001	1,5596	4,56	0,999999	1,000001	1,5353	4,57
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5617	4,57	0,999999	1,000001	1,563	4,44	0,999999	1,000001	1,5633	4,32
FBRs: SIRC_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0964	4,54	0,999999	1,000001	1,1416	4,61	0,999999	1,000001	1,1244	4,57
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0962	3,64	0,999999	1,000001	1,1411	3,51	0,999999	1,000001	1,1237	3,7
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1424	3,79	0,999999	1,000001	1,1424	3,8	0,999999	1,000001	1,1424	3,52
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0788	3,7	0,999999	1,000001	1,1363	3,51	0,999999	1,000001	1,1059	3,58
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3299	4,24	0,999999	1,000001	1,4	4,49	0,999999	1,000001	1,3751	4,21
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2988	4,5	0,999999	1,000001	1,3964	4,38	0,999999	1,000001	1,3582	4,44
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3706	4,31	0,999999	1,000001	1,3962	4,45	0,999999	1,000001	1,3869	4,26
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2262	4,28	0,999999	1,000001	1,3893	4,47	0,999999	1,000001	1,2937	4,26
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,923	5,13	0,999999	1,000001	2,3937	4,99	0,999999	1,000001	2,1594	5,04
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,135	5,18	0,999999	1,000001	2,4035	5,28	0,999999	1,000001	2,3019	5,5
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,879	5,29	0,999999	1,000001	2,2985	5,24	0,999999	1,000001	2,2203	5,24
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3536	5,4	0,999999	1,000001	2,4195	5,39	0,999999	1,000001	2,4159	5,2
FBRs: SIRC_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,175	5,3	0,999999	1,000001	1,2508	4,2	0,999999	1,000001	1,2215	4,2
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1761	5,29	0,999999	1,000001	1,2516	4,09	0,999999	1,000001	1,2194	4,91
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2511	4,92	0,999999	1,000001	1,2533	4,34	0,999999	1,000001	1,2548	4,34
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1489	4,96	0,999999	1,000001	1,2444	4,12	0,999999	1,000001	1,1928	4,13
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3685	4,4	0,999999	1,000001	1,5509	4,48	0,999999	1,000001	1,4809	4,57
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5173	4,44	0,999999	1,000001	1,5592	4,31	0,999999	1,000001	1,5534	4,36
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4328	4,35	0,999999	1,000001	1,5496	4,32	0,999999	1,000001	1,5133	4,51
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5571	4,55	0,999999	1,000001	1,5567	4,54	0,999999	1,000001	1,5579	4,6
FBRs: SIRC_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0918	4,64	0,999999	1,000001	1,1405	4,74	0,999999	1,000001	1,1206	4,58
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0914	3,64	0,999999	1,000001	1,14	3,79	0,999999	1,000001	1,12	3,63
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1413	3,5	0,999999	1,000001	1,1413	3,5	0,999999	1,000001	1,1414	3,64
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,074	3,52	0,999999	1,000001	1,1356	3,79	0,999999	1,000001	1,1037	3,69

Tabla 4 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Alta, Relatividad RB

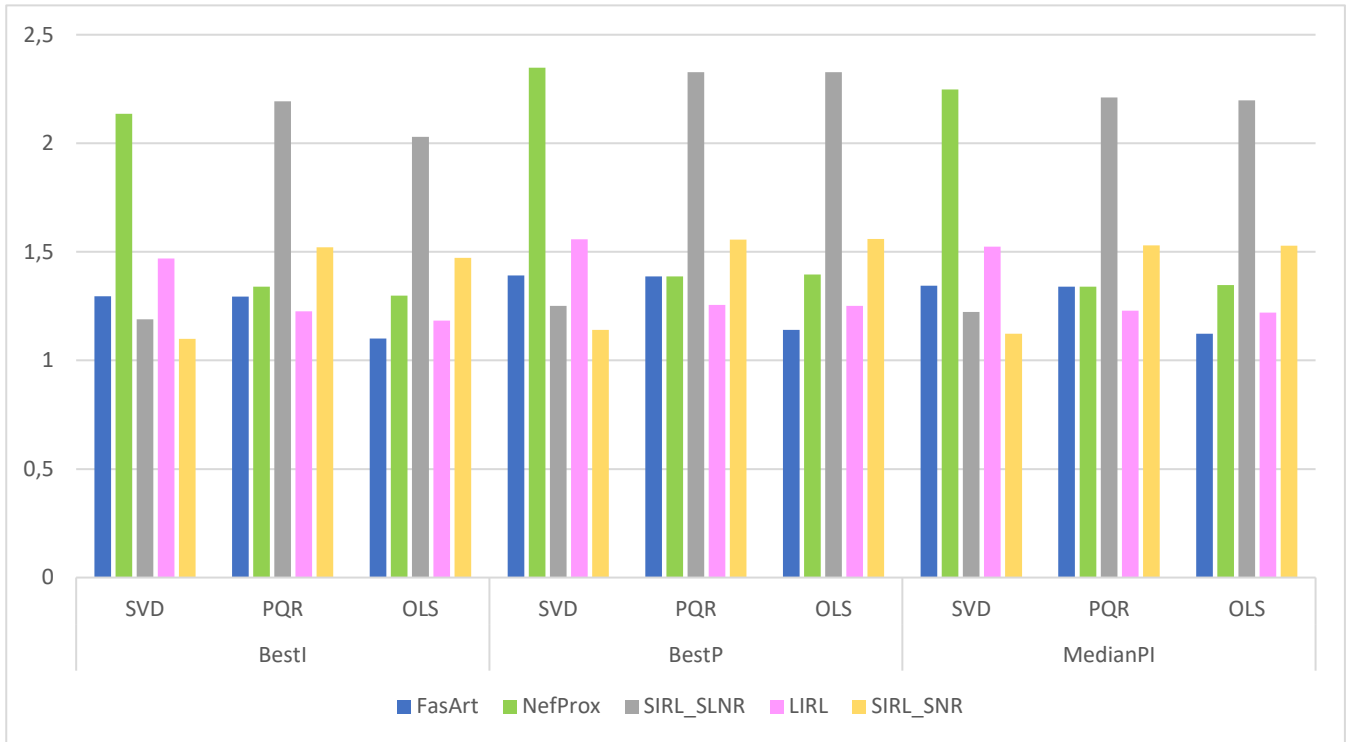


Ilustración 1 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Alta, RA

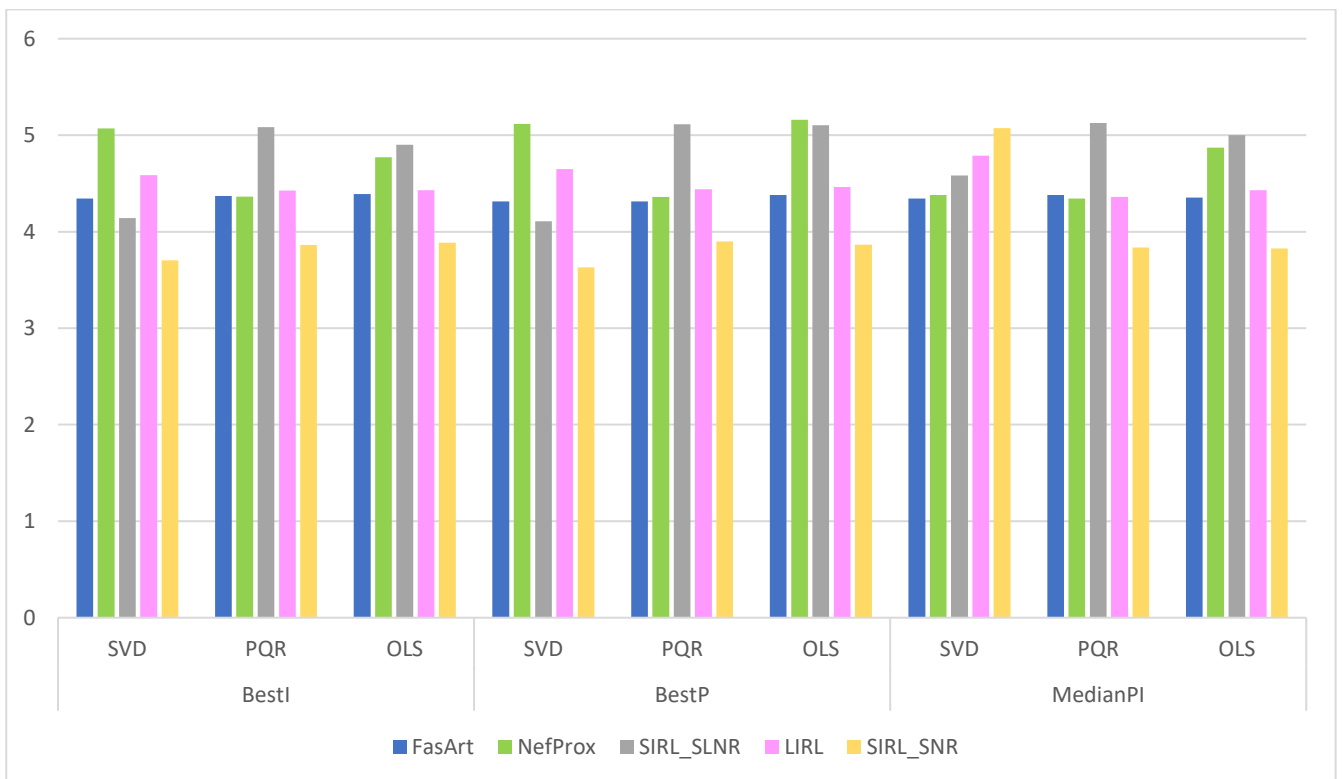


Ilustración 2 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Alta, RA

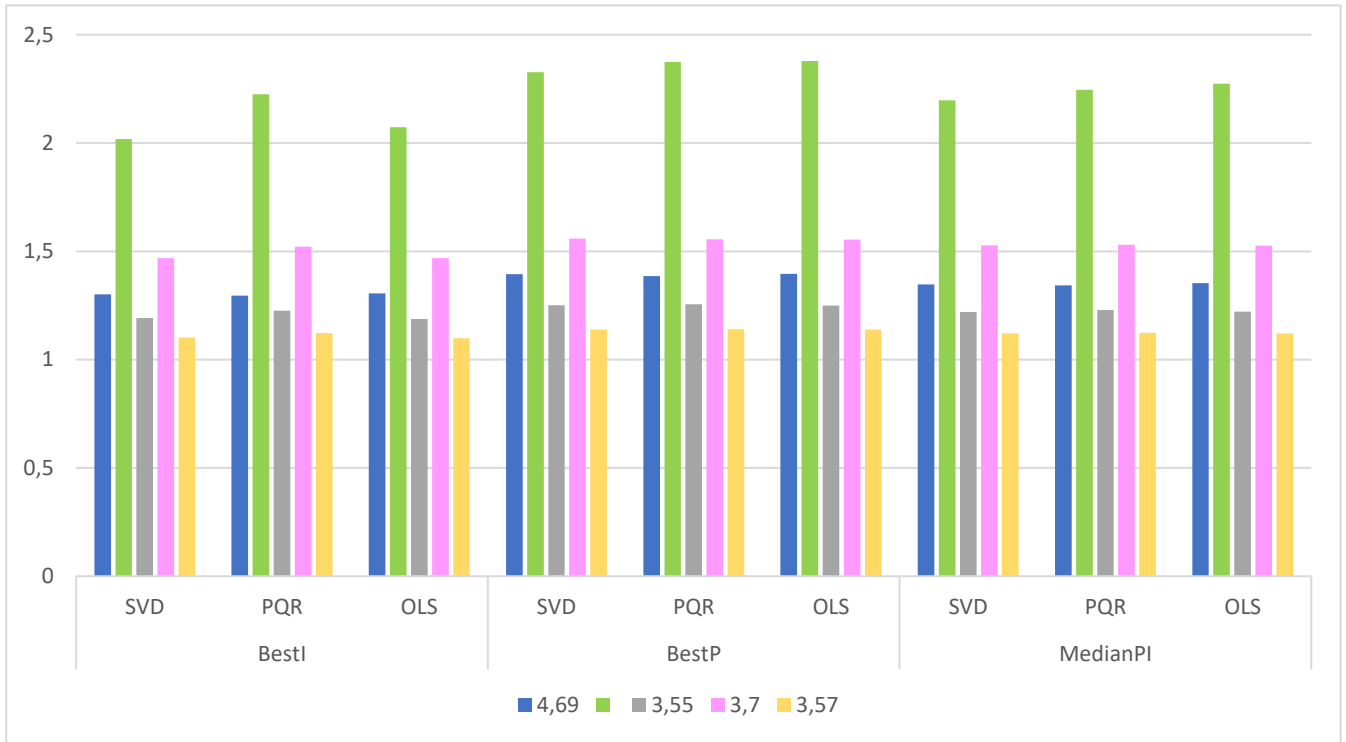


Ilustración 3 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Alta, RB

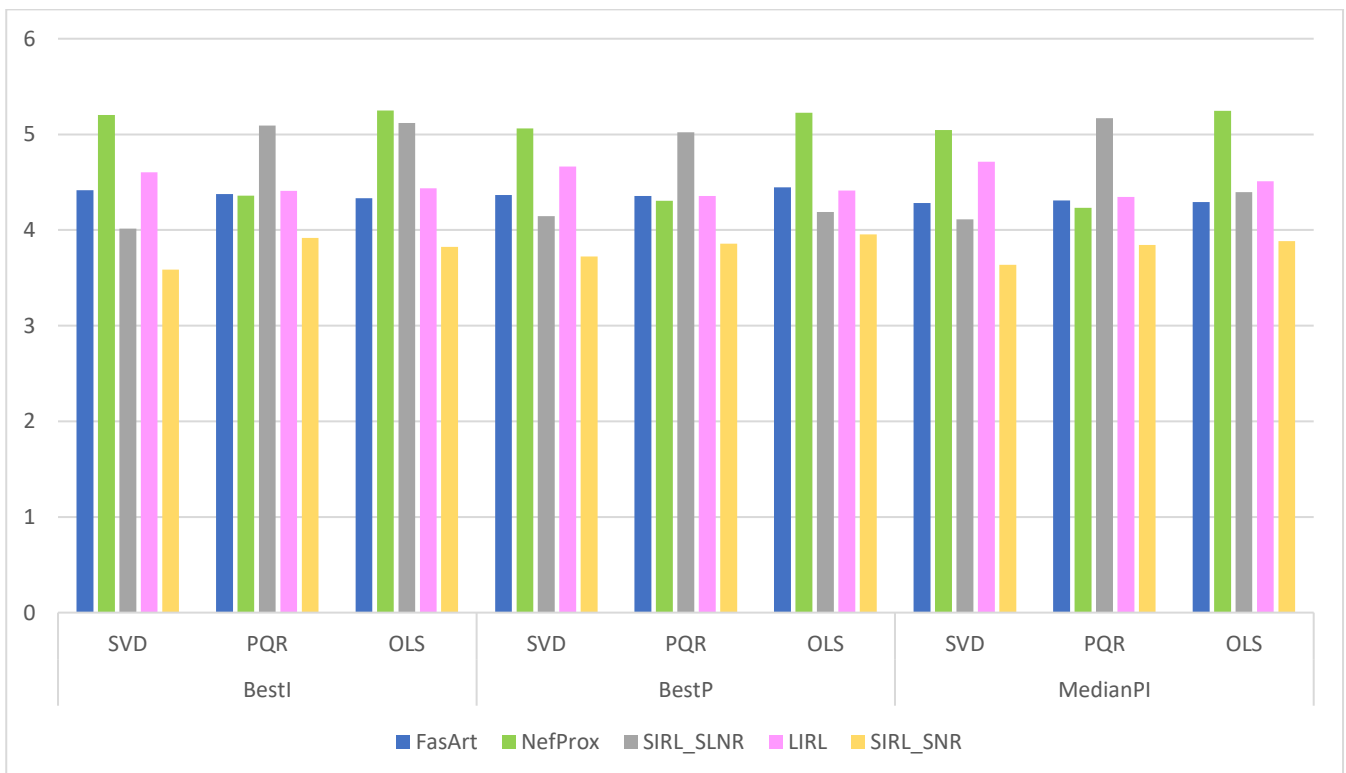


Ilustración 4 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Alta, RB

En vista de los resultados obtenidos en las tablas se puede observar que todas las reglas no seleccionadas son mayores que las reglas seleccionadas en los COFCIs. Esto se traduce en que las reglas no seleccionadas aportan mayor comprensibilidad del SDBR que las seleccionadas, ya que, por definición se asume que cuanto mayor sea el número de reglas disparadas simultáneamente, menor es la comprensibilidad del SDBR. Justo al contrario ocurre con las reglas totales, al ser más reglas, la comprensibilidad es menor comparada con las reglas seleccionadas.

Se puede apreciar que los valores correspondientes al COV del ratio reglas no seleccionadas-seleccionadas se encuentran multiplicados por 10^{-8} debido a que no hay casi reglas no seleccionadas en el sistema. Por este motivo, el ratio de reglas totales-seleccionadas es muy próximo a uno, ya que al no ser significativas las reglas no seleccionadas, los valores de las reglas totales son casi iguales que los valores de las reglas seleccionadas.

A partir de la Tabla 3 y la Tabla 4 se han creado las Ilustraciones 1-4. En ellas se muestra la comparación de los COV y los COFCI del ratio de reglas no seleccionadas-seleccionadas para las distintas interpretabilidades, transformaciones ortogonales y modelo. En estas ilustraciones se puede observar cuál es la interpretabilidad que es más interpretable, más precisa o tiene la media interpretabilidad-precisión mayor en función del modelo; BestI, BestP o MedianPI respectivamente.

Para la relatividad R_a se puede ver que para los valores COFCI, las reglas con mayor interpretabilidad se encuentran en SIRL_SLNR de la transformación ortogonal (OT) PQR; las reglas con mayor precisión se encuentran en la interpretabilidad NefProx de la OT SVD; y las reglas con mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT SVD. Para los valores COV, las reglas con mayor precisión se encuentran en la interpretabilidad NefProx de la OT OLS; las reglas con mayor interpretabilidad y mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT PQR.

Para la relatividad R_b se puede observar que para los valores COFCI como para los COV, las reglas con mayor interpretabilidad, mayor precisión y mejor media interpretabilidad-precisión están en las interpretabilidades NefProx de las respectivas OT OLS.

No se han realizado ilustraciones para los valores del ratio reglas totales-seleccionadas debido a que todos los valores son iguales y por tanto no hay diferencias entre las diferentes interpretabilidades ni OTs.

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2921	4,38	0,999999	1,000001	1,3648	4,34	0,999999	1,000001	1,3361	4,37
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,267	4,4	0,999999	1,000001	1,3631	4,36	0,999999	1,000001	1,3237	4,28
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3438	4,32	0,999999	1,000001	1,3643	4,2	0,999999	1,000001	1,3561	4,21
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1933	4,32	0,999999	1,000001	1,3594	4,31	0,999999	1,000001	1,2576	4,33
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,8391	5,17	0,999999	1,000001	2,288	4,95	0,999999	1,000001	2,0639	5
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0017	5,13	0,999999	1,000001	2,2922	5,09	0,999999	1,000001	2,1505	5,01
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	2,3204	5,05	0,999999	1,000001	2,3204	5,17	0,999999	1,000001	2,3204	5
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2377	5,4	0,999999	1,000001	2,3244	5,31	0,999999	1,000001	2,3061	4,96
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1749	3,93	0,999999	1,000001	1,2489	4,1	0,999999	1,000001	1,2197	4
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1692	4,27	0,999999	1,000001	1,2498	4,17	0,999999	1,000001	1,2142	4,08
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2498	4,22	0,999999	1,000001	1,2518	3,92	0,999999	1,000001	1,2526	4,1
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1554	4,3	0,999999	1,000001	1,2485	4,25	0,999999	1,000001	1,1989	4,14
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3385	4,65	0,999999	1,000001	1,5415	4,9	0,999999	1,000001	1,4538	4,75
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5167	4,78	0,999999	1,000001	1,5582	4,52	0,999999	1,000001	1,553	4,66
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4343	4,56	0,999999	1,000001	1,5341	4,56	0,999999	1,000001	1,4949	4,53
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5602	4,52	0,999999	1,000001	1,5639	4,73	0,999999	1,000001	1,5648	4,5
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0896	3,7	0,999999	1,000001	1,139	3,79	0,999999	1,000001	1,1207	3,7
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0883	3,9	0,999999	1,000001	1,1391	3,63	0,999999	1,000001	1,1197	3,8
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1412	3,88	0,999999	1,000001	1,1413	3,88	0,999999	1,000001	1,1413	3,95
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0719	3,74	0,999999	1,000001	1,1338	3,73	0,999999	1,000001	1,1009	3,78
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2735	4,3	0,999999	1,000001	1,3473	4,28	0,999999	1,000001	1,3188	4,2
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2463	4,29	0,999999	1,000001	1,3437	4,22	0,999999	1,000001	1,3033	4,35
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3276	4,26	0,999999	1,000001	1,3455	4,23	0,999999	1,000001	1,3387	4,25
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1815	4,22	0,999999	1,000001	1,3404	4,4	0,999999	1,000001	1,2411	4,37
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7475	5,32	0,999999	1,000001	2,2499	5,05	0,999999	1,000001	1,9855	5,02
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0426	5,07	0,999999	1,000001	2,2756	5,09	0,999999	1,000001	2,1928	5,21
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,9648	5,29	0,999999	1,000001	2,2847	4,93	0,999999	1,000001	2,1819	5,15
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3035	5,2	0,999999	1,000001	2,3685	5,23	0,999999	1,000001	2,3625	5,08
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1742	4,04	0,999999	1,000001	1,2474	4,11	0,999999	1,000001	1,2196	4,29
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1655	4,27	0,999999	1,000001	1,2461	3,92	0,999999	1,000001	1,2097	4,03
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2615	4,07	0,999999	1,000001	1,262	3,95	0,999999	1,000001	1,2643	4,26
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1633	4,12	0,999999	1,000001	1,2557	4,01	0,999999	1,000001	1,2087	4,11
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,353	4,7	0,999999	1,000001	1,5267	4,72	0,999999	1,000001	1,4553	4,83
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4821	4,84	0,999999	1,000001	1,5212	4,75	0,999999	1,000001	1,5134	4,81
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4308	4,57	0,999999	1,000001	1,5221	4,79	0,999999	1,000001	1,4974	4,61
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5331	4,58	0,999999	1,000001	1,5308	4,76	0,999999	1,000001	1,5324	4,69
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0887	3,97	0,999999	1,000001	1,1347	3,9	0,999999	1,000001	1,1171	3,68
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0863	3,64	0,999999	1,000001	1,1345	3,77	0,999999	1,000001	1,1157	3,95
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1353	3,77	0,999999	1,000001	1,1353	3,78	0,999999	1,000001	1,1353	3,94
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0686	3,96	0,999999	1,000001	1,128	3,82	0,999999	1,000001	1,0969	3,72
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3105	4,37	0,999999	1,000001	1,3875	4,3	0,999999	1,000001	1,3578	4,22
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,279	4,3	0,999999	1,000001	1,3862	4,39	0,999999	1,000001	1,3409	4,37
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3647	4,2	0,999999	1,000001	1,3881	4,24	0,999999	1,000001	1,3793	4,22
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2057	4,35	0,999999	1,000001	1,3778	4,34	0,999999	1,000001	1,2742	4,34
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,9201	5,05	0,999999	1,000001	2,3911	4,98	0,999999	1,000001	2,1597	5,08
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,1005	5,14	0,999999	1,000001	2,3791	4,92	0,999999	1,000001	2,2601	5,04
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,7281	5,35	0,999999	1,000001	2,1004	4,96	0,999999	1,000001	1,9529	4,96
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3362	5,18	0,999999	1,000001	2,3997	5,32	0,999999	1,000001	2,3803	5,37
FBRs: SIRL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1724	4,3	0,999999	1,000001	1,2499	4,12	0,999999	1,000001	1,2208	3,96
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1664	4,14	0,999999	1,000001	1,2517	4,06	0,999999	1,000001	1,2138	4,14
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2492	4,27	0,999999	1,000001	1,2518	3,93	0,999999	1,000001	1,2532	3,93
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1404	4,15	0,999999	1,000001	1,2412	4,08	0,999999	1,000001	1,1852	4,23
FBRs: LIRL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3663	4,87	0,999999	1,000001	1,5543	4,57	0,999999	1,000001	1,4757	4,77
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5226	4,65	0,999999	1,000001	1,563	4,52	0,999999	1,000001	1,5585	4,85
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4321	4,78	0,999999	1,000001	1,5467	4,75	0,999999	1,000001	1,5067	4,89
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5648	4,67	0,999999	1,000001	1,5672	4,81	0,999999	1,000001	1,5658	4,64
FBRs: SIRL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,089	3,77	0,999999	1,000001	1,1391	3,67	0,999999	1,000001	1,1192	3,83
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0859	3,96	0,999999	1,000001	1,1383	3,61	0,999999	1,000001	1,1183	3,9
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1378	3,92	0,999999	1,000001	1,1379	3,75	0,999999	1,000001	1,1379	3,94
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0692	3,84	0,999999	1,000001	1,1341	3,79	0,999999	1,000001	1,0982	3,62

Tabla 5 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Media-Alta, Relatividad RA

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3006	4,38	0,999999	1,000001	1,3658	4,31	0,999999	1,000001	1,3414	4,29
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2742	4,34	0,999999	1,000001	1,3639	4,26	0,999999	1,000001	1,3281	4,23
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,345	4,27	0,999999	1,000001	1,3646	4,25	0,999999	1,000001	1,3567	4,29
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1982	4,4	0,999999	1,000001	1,3611	4,3	0,999999	1,000001	1,2667	4,26
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,8429	5	0,999999	1,000001	2,2883	5,29	0,999999	1,000001	2,0694	5,04
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0325	4,97	0,999999	1,000001	2,3075	4,95	0,999999	1,000001	2,1767	5,08
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8237	5,02	0,999999	1,000001	2,2398	5,2	0,999999	1,000001	2,0976	5,1
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2455	5,23	0,999999	1,000001	2,3092	5,12	0,999999	1,000001	2,2986	4,94
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,178	4	0,999999	1,000001	1,2505	4,27	0,999999	1,000001	1,2236	3,93
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1758	4,27	0,999999	1,000001	1,2502	4,21	0,999999	1,000001	1,2189	4,04
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2506	4,03	0,999999	1,000001	1,2525	4,06	0,999999	1,000001	1,2528	4,18
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1556	4,17	0,999999	1,000001	1,2462	4,28	0,999999	1,000001	1,198	4,25
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3426	4,78	0,999999	1,000001	1,5435	4,82	0,999999	1,000001	1,4552	4,55
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5195	4,64	0,999999	1,000001	1,5579	4,78	0,999999	1,000001	1,5531	4,66
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4302	4,57	0,999999	1,000001	1,5439	4,63	0,999999	1,000001	1,506	4,51
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5538	4,87	0,999999	1,000001	1,5576	4,67	0,999999	1,000001	1,5571	4,75
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0917	3,85	0,999999	1,000001	1,1388	3,81	0,999999	1,000001	1,1217	3,86
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0917	3,78	0,999999	1,000001	1,1391	3,74	0,999999	1,000001	1,1217	3,88
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1401	3,75	0,999999	1,000001	1,1401	3,65	0,999999	1,000001	1,1401	3,61
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0771	3,67	0,999999	1,000001	1,1342	3,9	0,999999	1,000001	1,1047	3,62
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2727	4,35	0,999999	1,000001	1,3458	4,34	0,999999	1,000001	1,3178	4,32
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2462	4,33	0,999999	1,000001	1,344	4,31	0,999999	1,000001	1,3018	4,27
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3251	4,33	0,999999	1,000001	1,3438	4,2	0,999999	1,000001	1,3367	4,39
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1882	4,24	0,999999	1,000001	1,3395	4,37	0,999999	1,000001	1,2547	4,23
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7697	5,24	0,999999	1,000001	2,3099	5,18	0,999999	1,000001	2,0358	5,07
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0575	5,24	0,999999	1,000001	2,332	5,36	0,999999	1,000001	2,2327	5,33
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,9831	5,4	0,999999	1,000001	2,3539	5,22	0,999999	1,000001	2,2309	5,13
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2938	4,92	0,999999	1,000001	2,3512	5,04	0,999999	1,000001	2,3444	5,05
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1764	4,02	0,999999	1,000001	1,2481	4,01	0,999999	1,000001	1,2186	4,07
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1708	4,25	0,999999	1,000001	1,2458	4,25	0,999999	1,000001	1,2133	4,16
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2579	4,09	0,999999	1,000001	1,2583	4,11	0,999999	1,000001	1,2603	4,09
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1677	4,09	0,999999	1,000001	1,2554	3,92	0,999999	1,000001	1,2077	4,21
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3461	4,83	0,999999	1,000001	1,5152	4,69	0,999999	1,000001	1,4459	4,58
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4899	4,81	0,999999	1,000001	1,5228	4,51	0,999999	1,000001	1,5176	4,6
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4385	4,5	0,999999	1,000001	1,5252	4,86	0,999999	1,000001	1,5022	4,87
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5281	4,59	0,999999	1,000001	1,5295	4,65	0,999999	1,000001	1,5297	4,73
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0907	3,68	0,999999	1,000001	1,1345	3,86	0,999999	1,000001	1,1181	3,62
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0904	3,6	0,999999	1,000001	1,1341	3,67	0,999999	1,000001	1,1175	3,81
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,135	3,97	0,999999	1,000001	1,135	3,87	0,999999	1,000001	1,135	3,64
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0731	3,71	0,999999	1,000001	1,1284	3,84	0,999999	1,000001	1,0991	3,8
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3205	4,29	0,999999	1,000001	1,3895	4,28	0,999999	1,000001	1,3649	4,36
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2898	4,23	0,999999	1,000001	1,3858	4,38	0,999999	1,000001	1,3481	4,34
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3602	4,25	0,999999	1,000001	1,3854	4,28	0,999999	1,000001	1,3761	4,37
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,2191	4,27	0,999999	1,000001	1,379	4,29	0,999999	1,000001	1,285	4,27
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,9163	5,34	0,999999	1,000001	2,3826	5,31	0,999999	1,000001	2,1507	5,35
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,1267	5,27	0,999999	1,000001	2,3926	5,2	0,999999	1,000001	2,2919	5,38
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8722	5,22	0,999999	1,000001	2,2891	5,37	0,999999	1,000001	2,2102	5,11
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,3423	5,06	0,999999	1,000001	2,4081	5,07	0,999999	1,000001	2,4046	5,31
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1736	4,14	0,999999	1,000001	1,2494	3,96	0,999999	1,000001	1,2201	4,24
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1744	4,2	0,999999	1,000001	1,2499	4,15	0,999999	1,000001	1,2177	4,28
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2492	4,04	0,999999	1,000001	1,2514	4,22	0,999999	1,000001	1,2529	4,27
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,147	4,25	0,999999	1,000001	1,2419	3,9	0,999999	1,000001	1,1906	3,96
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3678	4,65	0,999999	1,000001	1,5501	4,55	0,999999	1,000001	1,48	4,82
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5165	4,56	0,999999	1,000001	1,5583	4,53	0,999999	1,000001	1,5525	4,9
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4308	4,79	0,999999	1,000001	1,547	4,62	0,999999	1,000001	1,5109	4,67
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5561	4,71	0,999999	1,000001	1,5557	4,53	0,999999	1,000001	1,5569	4,87
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0898	3,86	0,999999	1,000001	1,1385	3,69	0,999999	1,000001	1,1185	3,99
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0894	3,68	0,999999	1,000001	1,138	3,63	0,999999	1,000001	1,1178	3,62
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1393	3,85	0,999999	1,000001	1,1393	3,99	0,999999	1,000001	1,1393	3,94
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0724	3,63	0,999999	1,000001	1,1335	3,96	0,999999	1,000001	1,1018	3,66

Tabla 6 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel, para Relevancia Media-Alta, Relatividad RB

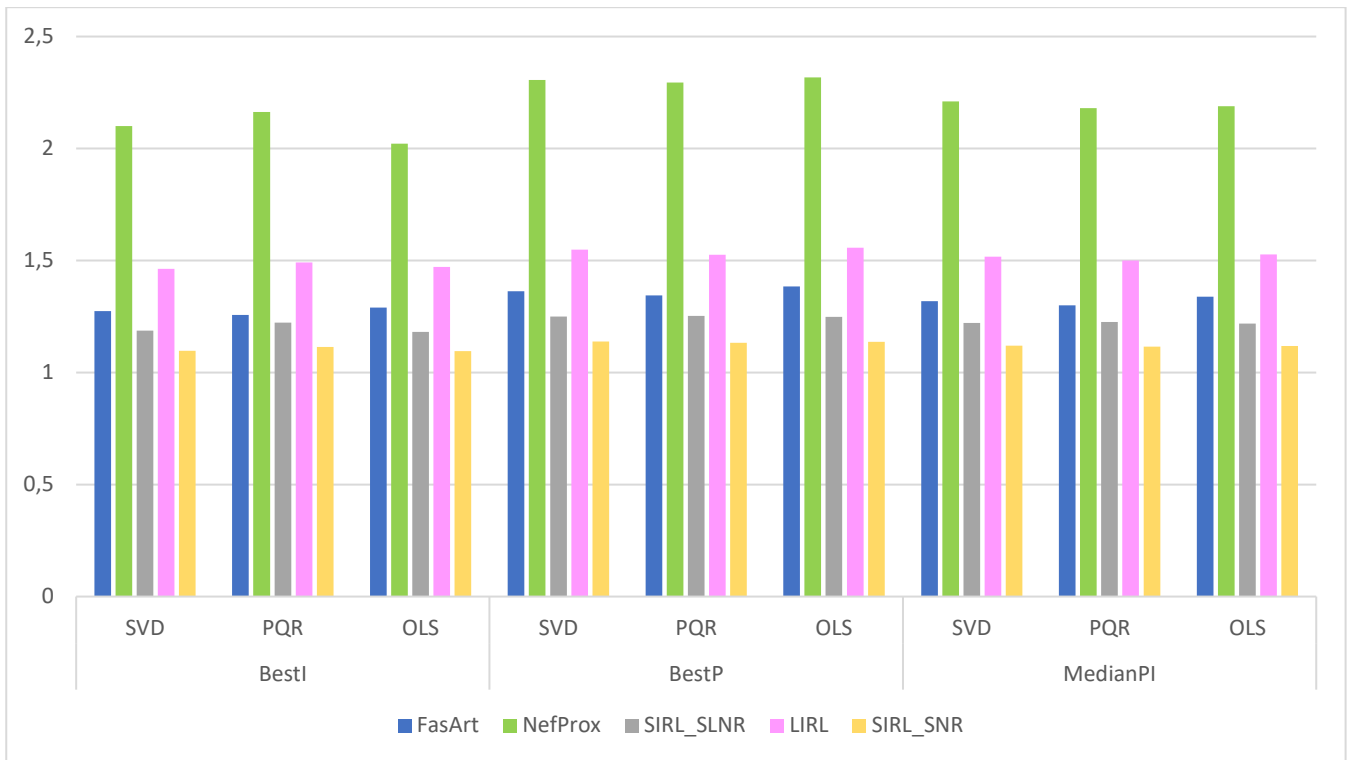


Ilustración 5 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Media- Alta, RA

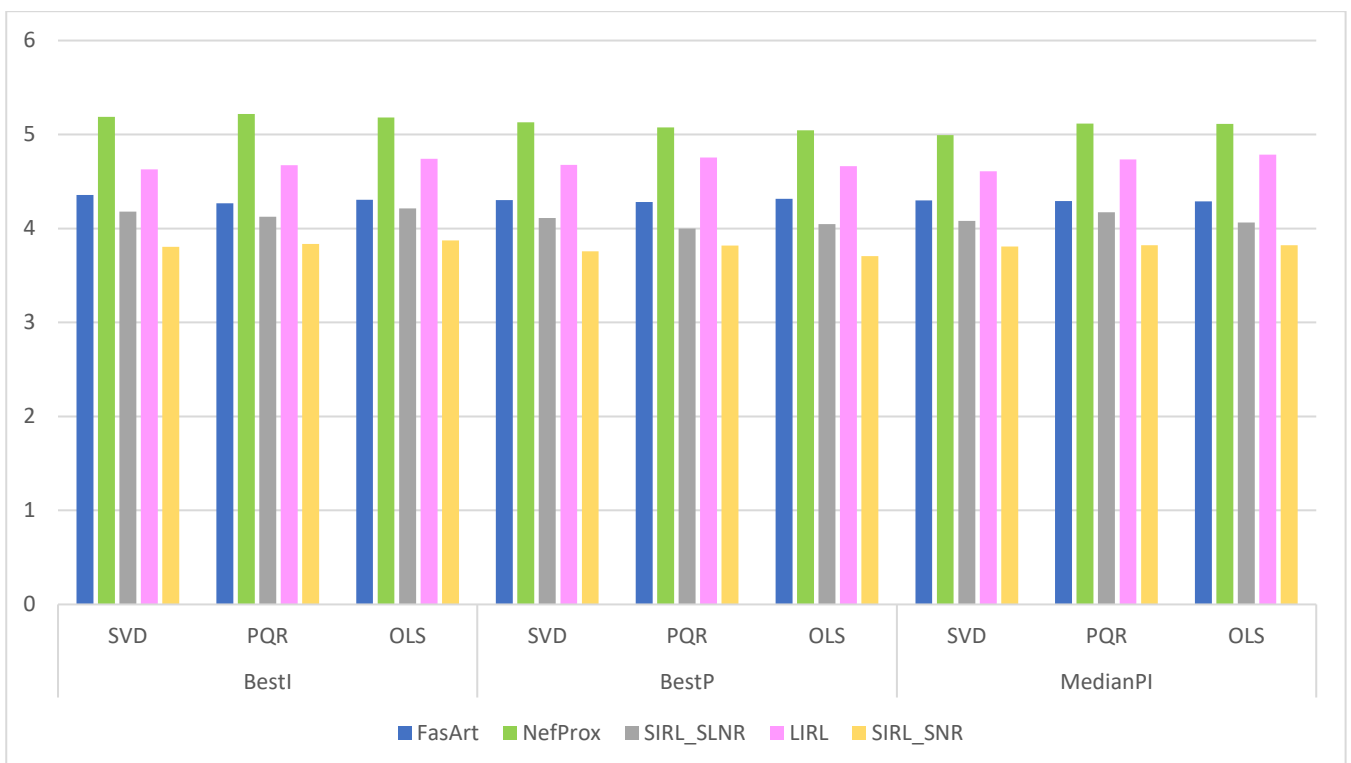


Ilustración 6 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Media- Alta, RA

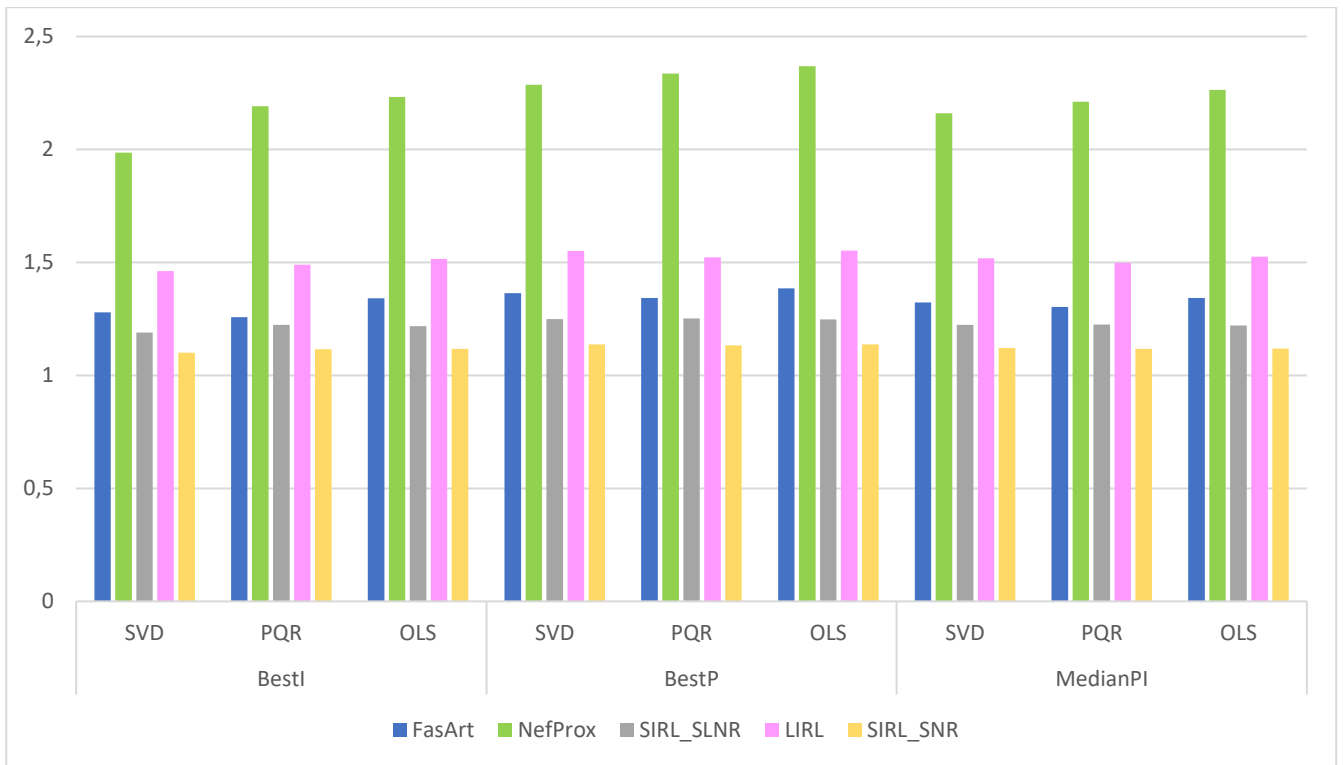


Ilustración 7 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Media-Alta, RB

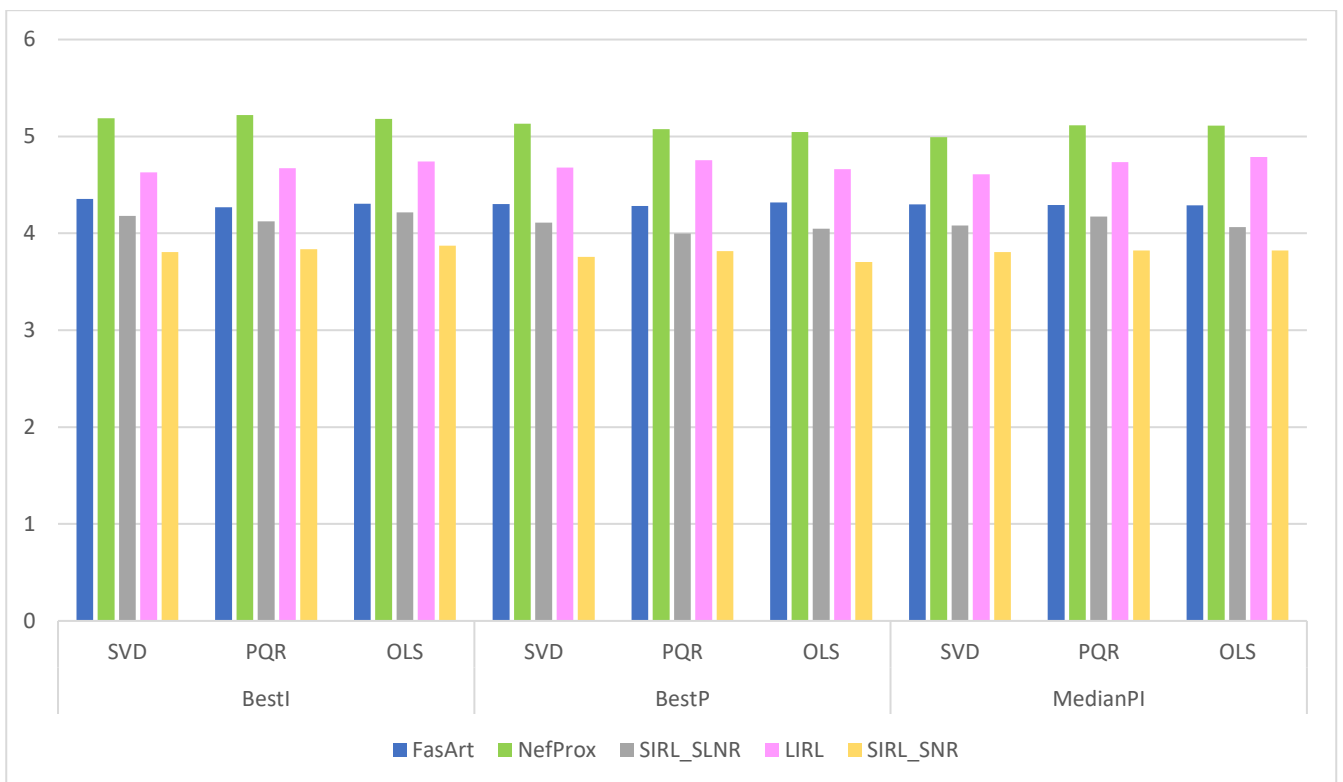


Ilustración 8 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Media-Alta, RB

En vista de los resultados obtenidos en las tablas de relevancia media-alta, se puede observar que los resultados son similares a los obtenidos en la relevancia alta. Se tiene que todas las reglas seleccionadas son mayores que las reglas seleccionadas en los COFCIs. Las reglas no seleccionadas aportan mayor comprensibilidad del SDBR que las seleccionadas debido a que son menos numerosas que las reglas seleccionadas.

Al igual que en la relevancia anterior, se puede ver que los valores correspondientes al COV del ratio reglas no seleccionadas-seleccionadas se encuentran multiplicados por 10^{-8} debido a que no hay casi reglas no seleccionadas en el sistema. Por este motivo, el ratio de reglas totales-seleccionadas es muy próximo a uno, ya que al no ser significativas las reglas no seleccionadas, los valores de las reglas totales son casi iguales que los valores de las reglas seleccionadas.

A partir de la Tabla 5 y la Tabla 6 se han creado las Ilustraciones 5-8. En ellas se muestra la comparación de los COV y los COFCI del ratio de reglas no seleccionadas-seleccionadas para las distintas interpretabilidades, transformaciones ortogonales y modelo. En estas ilustraciones se puede observar cuál es la interpretabilidad que es más interpretable, más precisa o tiene la media interpretabilidad-precisión mayor en función del modelo; BestI, BestP o MedianPI respectivamente.

Para la relatividad R_a se puede ver que tanto las reglas con mayor interpretabilidad como las reglas de mayor precisión se encuentran en NefProx de la OT OLS; y las reglas con mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT SVD. Para los valores COV, las reglas con mayor precisión se encuentran en la interpretabilidad NefProx de la OT SVD; las reglas con mayor interpretabilidad y mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT PQR.

Para la relatividad R_b se puede observar que para los valores COFCI como para los COV, las reglas con mayor interpretabilidad, mayor precisión y mejor media interpretabilidad-precisión están en las interpretabilidades NefProx de las respectivas OT OLS.

No se han realizado ilustraciones para los valores del ratio reglas totales-seleccionadas debido a que todos los valores son iguales y por tanto no hay diferencias entre las diferentes interpretabilidades ni OTs.

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1903	4,2	0,999999	1,000001	1,2409	4,24	0,999999	1,000001	1,2201	4,32
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1731	4,29	0,999999	1,000001	1,2395	4,25	0,999999	1,000001	1,2105	4,29
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2266	4,22	0,999999	1,000001	1,241	4,29	0,999999	1,000001	1,2358	4,26
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1218	4,31	0,999999	1,000001	1,2369	4,29	0,999999	1,000001	1,1631	4,35
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7832	5,04	0,999999	1,000001	2,2064	5,07	0,999999	1,000001	1,9971	4,98
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9376	5,38	0,999999	1,000001	2,2101	4,94	0,999999	1,000001	2,0779	4,97
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	2,235	5,39	0,999999	1,000001	2,235	5,14	0,999999	1,000001	2,235	5,07
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1587	5,31	0,999999	1,000001	2,2399	4,94	0,999999	1,000001	2,2229	5,15
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1579	4,12	0,999999	1,000001	1,228	3,99	0,999999	1,000001	1,1996	4,22
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1531	3,99	0,999999	1,000001	1,2283	4,29	0,999999	1,000001	1,1952	4,26
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2286	4,2	0,999999	1,000001	1,23	4,13	0,999999	1,000001	1,231	4,24
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1435	4,27	0,999999	1,000001	1,2283	4,22	0,999999	1,000001	1,1824	3,95
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2946	4,65	0,999999	1,000001	1,4753	4,5	0,999999	1,000001	1,3955	4,57
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4513	4,59	0,999999	1,000001	1,4877	4,5	0,999999	1,000001	1,4831	4,58
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,394	4,68	0,999999	1,000001	1,4686	4,65	0,999999	1,000001	1,4457	4,78
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,4908	4,73	0,999999	1,000001	1,4937	4,64	0,999999	1,000001	1,4949	4,55
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0727	3,84	0,999999	1,000001	1,1171	3,91	0,999999	1,000001	1,1001	3,96
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0712	3,77	0,999999	1,000001	1,1172	3,78	0,999999	1,000001	1,099	3,96
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1191	3,92	0,999999	1,000001	1,1192	3,95	0,999999	1,000001	1,1192	3,81
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0588	3,89	0,999999	1,000001	1,1122	3,92	0,999999	1,000001	1,0833	3,81
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,165	4,26	0,999999	1,000001	1,2038	4,2	0,999999	1,000001	1,1893	4,22
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1464	4,25	0,999999	1,000001	1,2003	4,32	0,999999	1,000001	1,1787	4,28
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1902	4,3	0,999999	1,000001	1,2015	4,27	0,999999	1,000001	1,1979	4,29
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1041	4,29	0,999999	1,000001	1,1967	4,27	0,999999	1,000001	1,1378	4,38
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,666	5,16	0,999999	1,000001	2,1191	5	0,999999	1,000001	1,886	4,98
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9294	5,36	0,999999	1,000001	2,1403	4,94	0,999999	1,000001	2,0676	5,23
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8491	5,33	0,999999	1,000001	2,1468	5,05	0,999999	1,000001	2,0466	5,03
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,162	5,3	0,999999	1,000001	2,2206	5,25	0,999999	1,000001	2,2147	5,14
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1518	3,92	0,999999	1,000001	1,2182	3,95	0,999999	1,000001	1,1925	4,11
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1462	4,16	0,999999	1,000001	1,2168	4	0,999999	1,000001	1,185	4,16
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2309	4,11	0,999999	1,000001	1,2314	3,98	0,999999	1,000001	1,2335	4,07
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1478	3,96	0,999999	1,000001	1,2248	4,17	0,999999	1,000001	1,1849	4
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,302	4,65	0,999999	1,000001	1,4545	4,5	0,999999	1,000001	1,3913	4,73
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4195	4,8	0,999999	1,000001	1,4481	4,87	0,999999	1,000001	1,4421	4,88
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3682	4,64	0,999999	1,000001	1,4421	4,79	0,999999	1,000001	1,4222	4,74
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,456	4,6	0,999999	1,000001	1,4537	4,51	0,999999	1,000001	1,455	4,9
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0659	3,75	0,999999	1,000001	1,1075	3,81	0,999999	1,000001	1,0913	3,9
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0635	3,89	0,999999	1,000001	1,1072	3,82	0,999999	1,000001	1,0893	3,72
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1081	3,67	0,999999	1,000001	1,1081	3,72	0,999999	1,000001	1,1081	3,68
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0524	3,98	0,999999	1,000001	1,101	3,61	0,999999	1,000001	1,0746	3,79
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2698	4,27	0,999999	1,000001	1,3388	4,35	0,999999	1,000001	1,312	4,27
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2413	4,35	0,999999	1,000001	1,3371	4,23	0,999999	1,000001	1,2963	4,29
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3182	4,27	0,999999	1,000001	1,3393	4,31	0,999999	1,000001	1,3312	4,22
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1776	4,29	0,999999	1,000001	1,3303	4,34	0,999999	1,000001	1,2373	4,24
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,876	5,17	0,999999	1,000001	2,3199	5,37	0,999999	1,000001	2,1023	5,33
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0445	4,91	0,999999	1,000001	2,3072	5,16	0,999999	1,000001	2,1956	4,96
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,6971	5,07	0,999999	1,000001	2,0489	5,11	0,999999	1,000001	1,9115	5,08
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2673	5,1	0,999999	1,000001	2,3282	5,2	0,999999	1,000001	2,3097	4,93
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1632	4,03	0,999999	1,000001	1,2385	3,96	0,999999	1,000001	1,2104	4
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1583	3,94	0,999999	1,000001	1,2398	4,22	0,999999	1,000001	1,2034	4,1
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2383	3,95	0,999999	1,000001	1,2403	3,98	0,999999	1,000001	1,2417	4,27
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1326	4,14	0,999999	1,000001	1,2298	3,99	0,999999	1,000001	1,1757	3,94
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3523	4,7	0,999999	1,000001	1,5306	4,86	0,999999	1,000001	1,4546	4,79
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5009	4,53	0,999999	1,000001	1,5396	4,68	0,999999	1,000001	1,5354	4,9
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4106	4,89	0,999999	1,000001	1,5222	4,76	0,999999	1,000001	1,4831	4,58
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,54	4,8	0,999999	1,000001	1,5424	4,53	0,999999	1,000001	1,541	4,87
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0824	3,85	0,999999	1,000001	1,1311	3,97	0,999999	1,000001	1,1116	3,65
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0796	3,66	0,999999	1,000001	1,1304	3,96	0,999999	1,000001	1,1109	3,82
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1299	3,72	0,999999	1,000001	1,13	3,69	0,999999	1,000001	1,13	3,84
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0637	3,8	0,999999	1,000001	1,1257	3,72	0,999999	1,000001	1,0918	3,61

Tabla 7 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Media-Baja, Relatividad RA

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1975	4,37	0,999999	1,000001	1,2416	4,36	0,999999	1,000001	1,225	4,22
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1789	4,4	0,999999	1,000001	1,2401	4,38	0,999999	1,000001	1,2141	4,36
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2276	4,27	0,999999	1,000001	1,2411	4,24	0,999999	1,000001	1,2362	4,34
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1197	4,29	0,999999	1,000001	1,2386	4,24	0,999999	1,000001	1,1681	4,2
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7859	5,08	0,999999	1,000001	2,206	5,31	0,999999	1,000001	2,0018	5,01
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9673	5,32	0,999999	1,000001	2,224	5,31	0,999999	1,000001	2,1017	4,97
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,7716	5,01	0,999999	1,000001	2,1564	5,2	0,999999	1,000001	2,0242	5,2
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1668	5,21	0,999999	1,000001	2,2263	5,1	0,999999	1,000001	2,2164	5,31
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,16	4,09	0,999999	1,000001	1,2291	4,17	0,999999	1,000001	1,2037	4,26
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1596	4,29	0,999999	1,000001	1,2289	4,18	0,999999	1,000001	1,1994	3,93
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,229	3,91	0,999999	1,000001	1,2306	4,13	0,999999	1,000001	1,2309	3,92
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1427	4,22	0,999999	1,000001	1,2259	4,04	0,999999	1,000001	1,1814	4,3
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2969	4,67	0,999999	1,000001	1,4768	4,55	0,999999	1,000001	1,3972	4,88
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4541	4,85	0,999999	1,000001	1,4874	4,7	0,999999	1,000001	1,4829	4,69
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3891	4,9	0,999999	1,000001	1,4758	4,69	0,999999	1,000001	1,4548	4,68
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,485	4,85	0,999999	1,000001	1,4887	4,62	0,999999	1,000001	1,4882	4,81
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0743	3,84	0,999999	1,000001	1,117	3,92	0,999999	1,000001	1,1011	3,66
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0742	3,61	0,999999	1,000001	1,1174	3,95	0,999999	1,000001	1,1008	3,89
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1177	3,66	0,999999	1,000001	1,1177	3,66	0,999999	1,000001	1,1177	3,71
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0633	3,99	0,999999	1,000001	1,1127	3,67	0,999999	1,000001	1,0861	4
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,164	4,32	0,999999	1,000001	1,2024	4,26	0,999999	1,000001	1,1883	4,31
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1463	4,39	0,999999	1,000001	1,2005	4,34	0,999999	1,000001	1,178	4,2
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1886	4,26	0,999999	1,000001	1,2002	4,3	0,999999	1,000001	1,196	4,37
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1044	4,3	0,999999	1,000001	1,1968	4,21	0,999999	1,000001	1,1432	4,2
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,6867	5,2	0,999999	1,000001	2,1749	4,99	0,999999	1,000001	1,9337	5,29
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9479	4,94	0,999999	1,000001	2,1955	5,24	0,999999	1,000001	2,1083	5,11
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8673	5,06	0,999999	1,000001	2,2009	5,32	0,999999	1,000001	2,0909	5,14
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1602	4,97	0,999999	1,000001	2,2124	5,26	0,999999	1,000001	2,2062	5,06
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1532	3,94	0,999999	1,000001	1,2191	4,02	0,999999	1,000001	1,1916	4,26
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1491	4,25	0,999999	1,000001	1,2163	3,91	0,999999	1,000001	1,1861	4,27
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2273	3,94	0,999999	1,000001	1,2278	4,16	0,999999	1,000001	1,2296	4,07
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1499	4,1	0,999999	1,000001	1,2242	3,95	0,999999	1,000001	1,1833	4,3
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2952	4,61	0,999999	1,000001	1,4438	4,83	0,999999	1,000001	1,3828	4,86
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,425	4,56	0,999999	1,000001	1,4493	4,83	0,999999	1,000001	1,4455	4,89
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3751	4,57	0,999999	1,000001	1,4459	4,64	0,999999	1,000001	1,4263	4,52
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,4528	4,57	0,999999	1,000001	1,4542	4,62	0,999999	1,000001	1,4543	4,5
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0672	3,93	0,999999	1,000001	1,1073	4	0,999999	1,000001	1,0921	3,7
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0667	3,61	0,999999	1,000001	1,1069	3,6	0,999999	1,000001	1,0915	3,61
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1078	3,86	0,999999	1,000001	1,1078	3,7	0,999999	1,000001	1,1078	3,81
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0566	3,74	0,999999	1,000001	1,1021	3,8	0,999999	1,000001	1,077	3,96
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2777	4,27	0,999999	1,000001	1,3406	4,34	0,999999	1,000001	1,3183	4,25
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2513	4,31	0,999999	1,000001	1,3374	4,22	0,999999	1,000001	1,3034	4,21
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3141	4,3	0,999999	1,000001	1,3368	4,21	0,999999	1,000001	1,3284	4,32
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1887	4,38	0,999999	1,000001	1,3312	4,34	0,999999	1,000001	1,2466	4,29
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,872	5,09	0,999999	1,000001	2,3115	5,19	0,999999	1,000001	2,0935	5,04
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0695	5,26	0,999999	1,000001	2,3199	5,22	0,999999	1,000001	2,2257	5,16
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8326	5,02	0,999999	1,000001	2,2262	5,28	0,999999	1,000001	2,1559	5,39
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2717	5,26	0,999999	1,000001	2,3345	5,26	0,999999	1,000001	2,3312	5,04
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,164	4,16	0,999999	1,000001	1,238	4,16	0,999999	1,000001	1,2094	4,28
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1646	4,09	0,999999	1,000001	1,2382	4,21	0,999999	1,000001	1,207	4,3
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2379	4,07	0,999999	1,000001	1,2398	4,04	0,999999	1,000001	1,2413	4,21
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1384	4,08	0,999999	1,000001	1,2306	4,25	0,999999	1,000001	1,1806	3,94
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,35	4,68	0,999999	1,000001	1,5266	4,61	0,999999	1,000001	1,4588	4,85
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4945	4,76	0,999999	1,000001	1,5349	4,54	0,999999	1,000001	1,5293	4,59
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4096	4,87	0,999999	1,000001	1,5225	4,62	0,999999	1,000001	1,4876	4,52
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5314	4,6	0,999999	1,000001	1,5311	4,6	0,999999	1,000001	1,5322	4,82
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,083	3,98	0,999999	1,000001	1,1305	3,76	0,999999	1,000001	1,1112	3,7
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0826	3,97	0,999999	1,000001	1,1302	3,61	0,999999	1,000001	1,1107	3,94
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1313	3,78	0,999999	1,000001	1,1313	3,97	0,999999	1,000001	1,1314	3,74
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0671	3,63	0,999999	1,000001	1,1253	3,76	0,999999	1,000001	1,095	3,99

Tabla 8 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Media-Baja, Relatividad RB

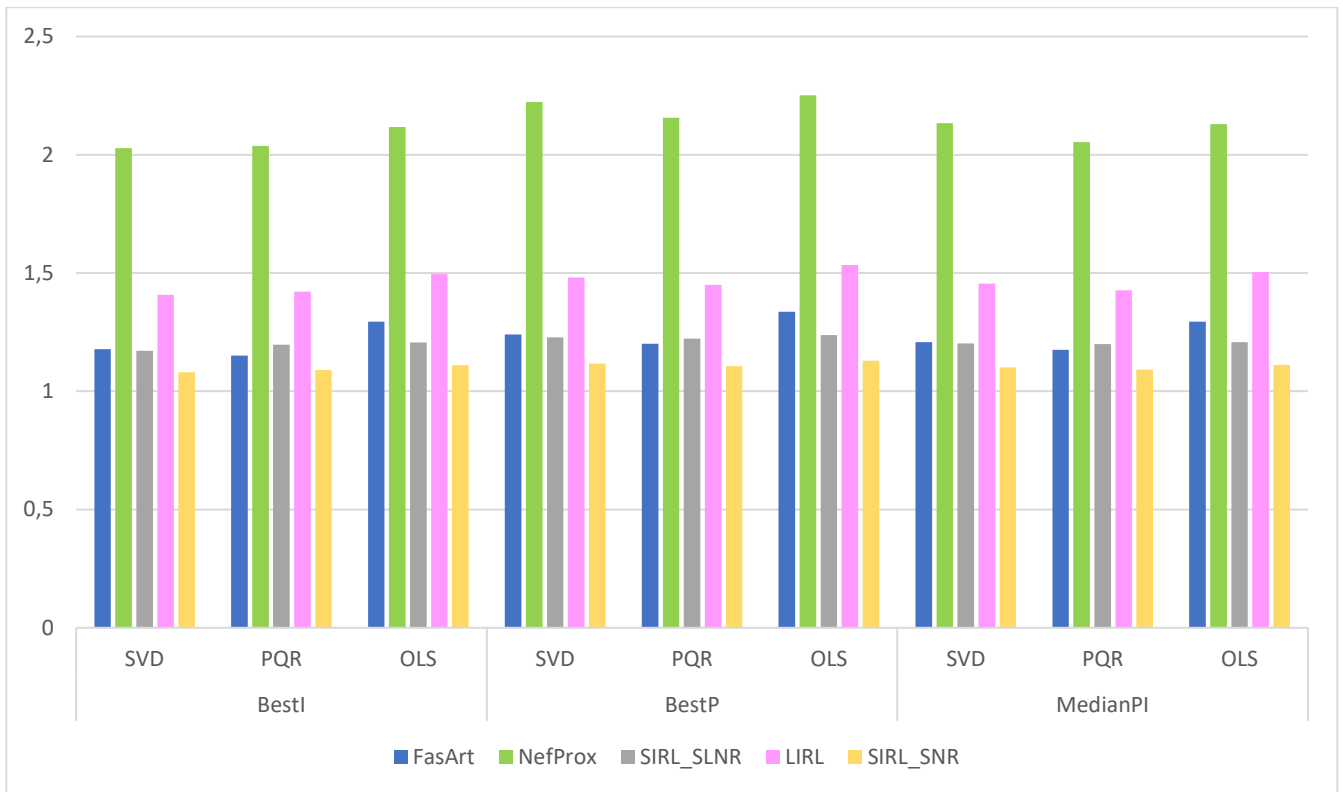


Ilustración 9 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Media-Baja, RA

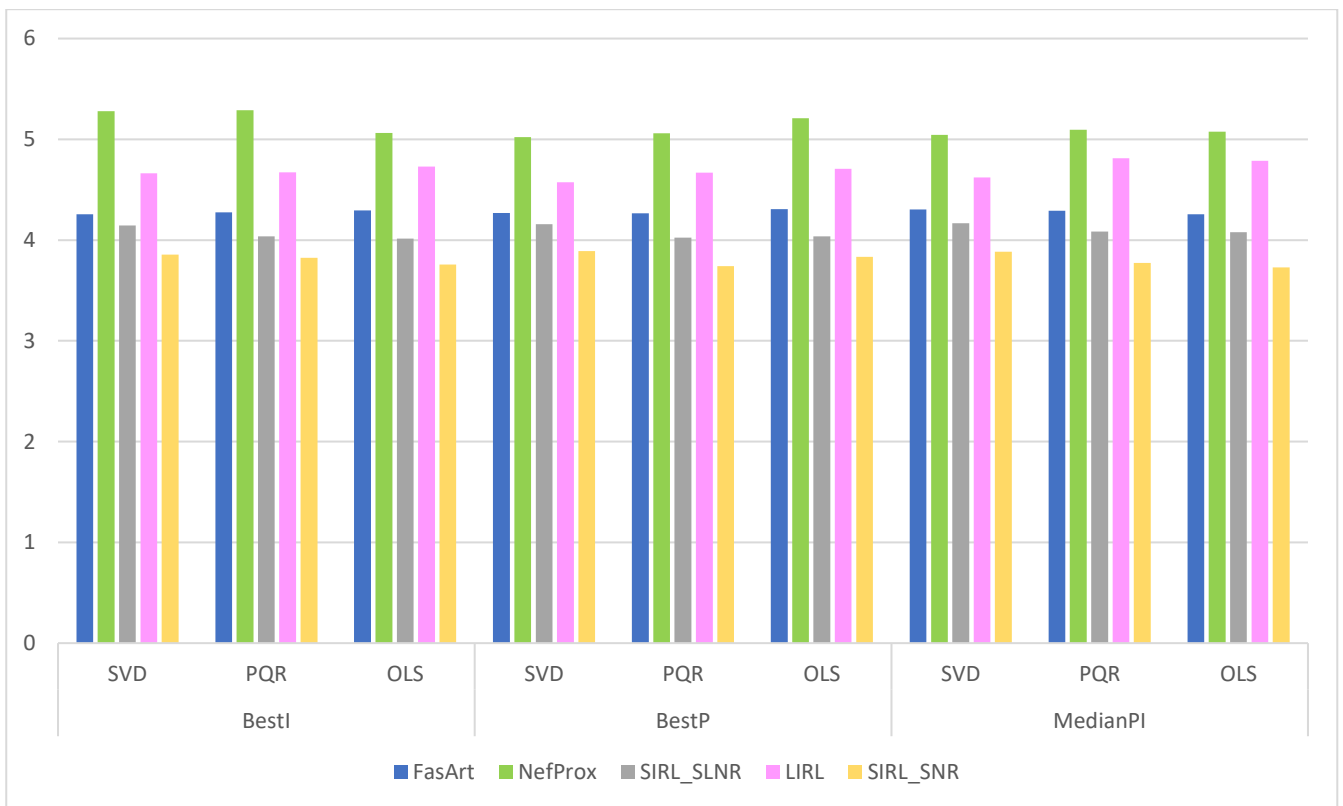


Ilustración 10 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Media-Baja, RA

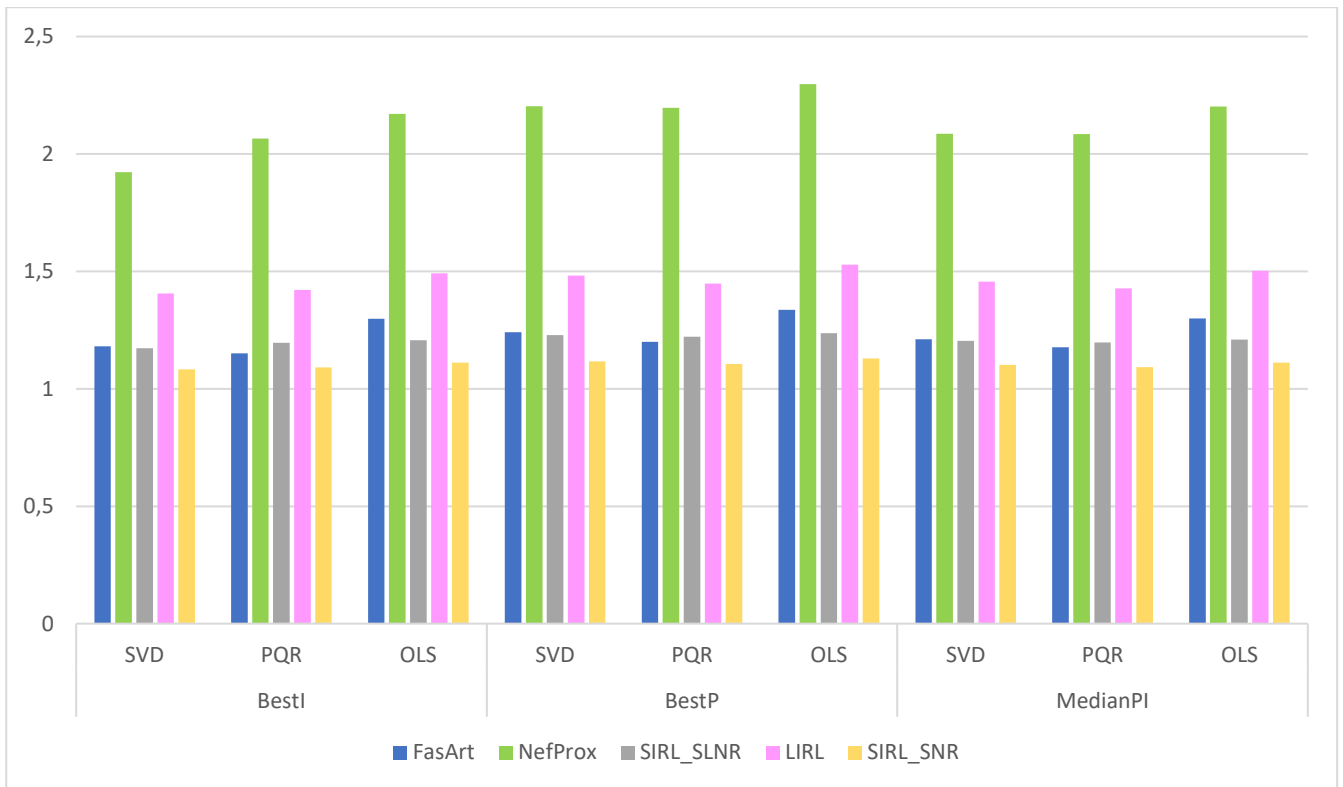


Ilustración 11 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Media-Baja, RB

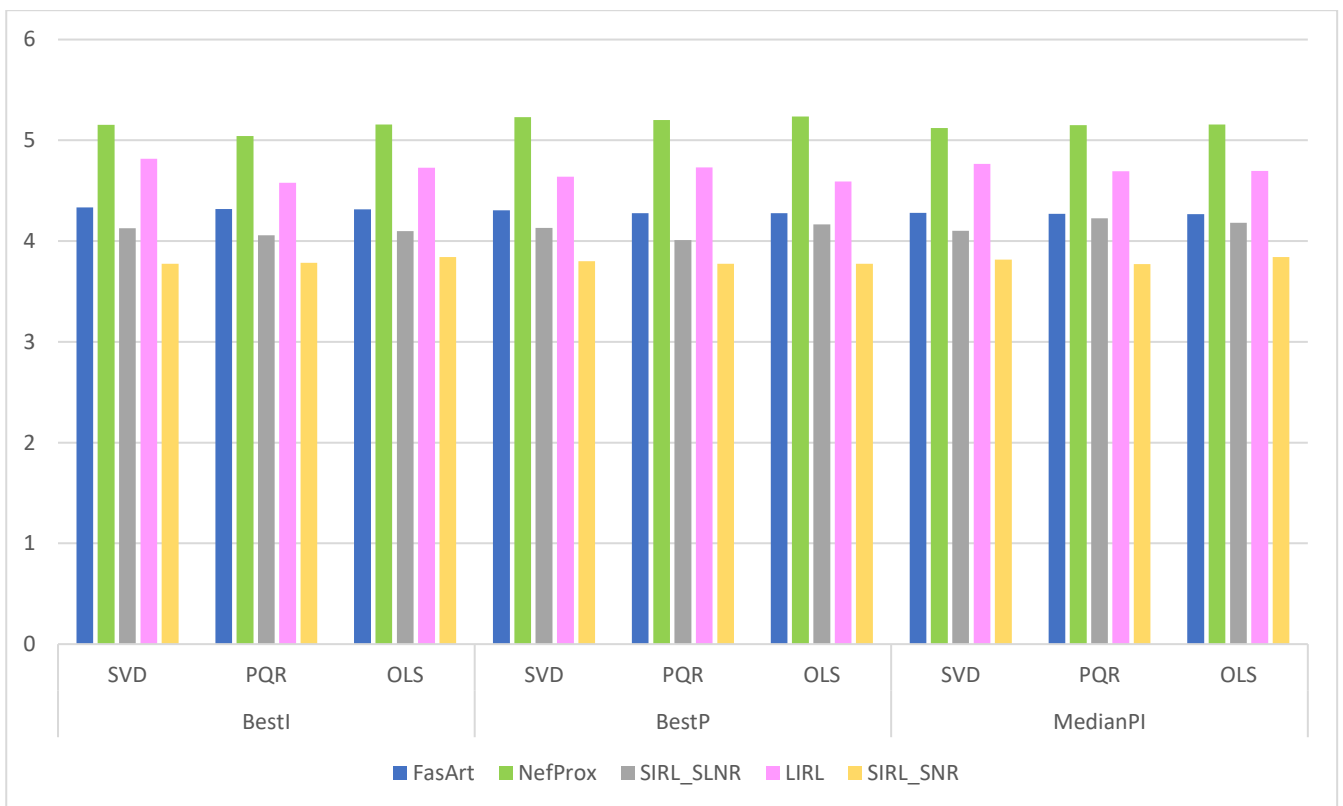


Ilustración 12 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Media-Baja, RB

En vista de los resultados obtenidos en las tablas de relevancia media-alta, se puede observar que los resultados son similares a los obtenidos en la relevancia alta. Se tiene que todas las reglas seleccionadas son mayores que las reglas seleccionadas en los COFCIs. Las reglas no seleccionadas aportan mayor comprensibilidad del SDBR que las seleccionadas debido a que son menos numerosas que las reglas seleccionadas.

Al igual que en las relevancias anteriores, se puede apreciar que los valores correspondientes al COV del ratio reglas no seleccionadas-seleccionadas se encuentran multiplicados por 10^{-8} debido a que no hay casi reglas no seleccionadas en el sistema. Por este motivo, el ratio de reglas totales-seleccionadas es muy próximo a uno, ya que al no ser significativas las reglas no seleccionadas, los valores de las reglas totales son casi iguales que los valores de las reglas seleccionadas.

A partir de la Tabla 7 y la Tabla 8 se han creado las Ilustraciones 9-12. En ellas se muestra la comparación de los COV y los COFCI del ratio de reglas no seleccionadas-seleccionadas para las distintas interpretabilidades, transformaciones ortogonales y modelo. En estas ilustraciones se puede observar cuál es la interpretabilidad que es más interpretable, más precisa o tiene la media interpretabilidad-precisión mayor en función del modelo; BestI, BestP o MedianPI respectivamente.

Para la relatividad R_a se puede ver que tanto las reglas con mayor interpretabilidad como las reglas de mayor precisión se encuentran en NefProx de la OT OLS; y las reglas con mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT SVD. Para los valores COV, las reglas con mayor precisión se encuentran en la interpretabilidad NefProx de la OT OLS; las reglas con mayor interpretabilidad y mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT PQR.

Para la relatividad R_b se puede observar que para los valores COFCI como para los COV, las reglas con mayor interpretabilidad, mayor precisión y mejor media interpretabilidad-precisión están en las interpretabilidades NefProx de las respectivas OT OLS.

No se han realizado ilustraciones para los valores del ratio reglas totales-seleccionadas debido a que todos los valores son iguales y por tanto no hay diferencias entre las diferentes interpretabilidades ni OTs.

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1903	4,28	0,999999	1,000001	1,2409	4,21	0,999999	1,000001	1,2201	4,26
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1731	4,29	0,999999	1,000001	1,2395	4,22	0,999999	1,000001	1,2105	4,32
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2266	4,23	0,999999	1,000001	1,241	4,23	0,999999	1,000001	1,2358	4,25
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1218	4,3	0,999999	1,000001	1,2369	4,35	0,999999	1,000001	1,1631	4,38
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7832	5,23	0,999999	1,000001	2,2064	5,26	0,999999	1,000001	1,9971	5,14
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9376	5,34	0,999999	1,000001	2,2101	5,26	0,999999	1,000001	2,0779	5,21
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	2,235	4,96	0,999999	1,000001	2,235	5,18	0,999999	1,000001	2,235	5,38
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1587	5,18	0,999999	1,000001	2,2399	5,02	0,999999	1,000001	2,2229	5,26
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1579	4,21	0,999999	1,000001	1,228	3,95	0,999999	1,000001	1,1996	4,28
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1531	4,03	0,999999	1,000001	1,2283	4,23	0,999999	1,000001	1,1952	4,11
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2286	4,08	0,999999	1,000001	1,23	4,11	0,999999	1,000001	1,231	4,13
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1435	4,29	0,999999	1,000001	1,2283	3,97	0,999999	1,000001	1,1824	4,06
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2946	4,69	0,999999	1,000001	1,4753	4,88	0,999999	1,000001	1,3955	4,64
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4513	4,54	0,999999	1,000001	1,4877	4,83	0,999999	1,000001	1,4831	4,59
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,394	4,74	0,999999	1,000001	1,4686	4,75	0,999999	1,000001	1,4457	4,87
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,4908	4,88	0,999999	1,000001	1,4937	4,69	0,999999	1,000001	1,4949	4,84
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0727	3,68	0,999999	1,000001	1,1171	3,65	0,999999	1,000001	1,1001	3,73
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0712	3,81	0,999999	1,000001	1,1172	3,71	0,999999	1,000001	1,099	3,67
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1191	3,75	0,999999	1,000001	1,1192	3,66	0,999999	1,000001	1,1192	3,71
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0588	3,76	0,999999	1,000001	1,1122	3,91	0,999999	1,000001	1,0833	3,79
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,165	4,22	0,999999	1,000001	1,2038	4,34	0,999999	1,000001	1,1893	4,31
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1464	4,39	0,999999	1,000001	1,2003	4,38	0,999999	1,000001	1,1787	4,37
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1902	4,22	0,999999	1,000001	1,2015	4,4	0,999999	1,000001	1,1979	4,25
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1041	4,2	0,999999	1,000001	1,1967	4,29	0,999999	1,000001	1,1378	4,21
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,666	4,94	0,999999	1,000001	2,1191	5,34	0,999999	1,000001	1,886	5,36
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9294	5,05	0,999999	1,000001	2,1403	5,11	0,999999	1,000001	2,0676	4,97
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8491	5,04	0,999999	1,000001	2,1468	5,07	0,999999	1,000001	2,0466	5,33
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,162	5,15	0,999999	1,000001	2,2206	4,99	0,999999	1,000001	2,2147	5,38
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1518	3,96	0,999999	1,000001	1,2182	4,04	0,999999	1,000001	1,1925	4,06
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1462	4,21	0,999999	1,000001	1,2168	4,11	0,999999	1,000001	1,185	4,28
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2309	4,08	0,999999	1,000001	1,2314	3,95	0,999999	1,000001	1,2335	4,3
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1478	3,94	0,999999	1,000001	1,2248	4,21	0,999999	1,000001	1,1849	4,3
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,302	4,72	0,999999	1,000001	1,4545	4,55	0,999999	1,000001	1,3913	4,87
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4195	4,6	0,999999	1,000001	1,4481	4,59	0,999999	1,000001	1,4421	4,56
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3682	4,51	0,999999	1,000001	1,4421	4,61	0,999999	1,000001	1,4222	4,69
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,456	4,89	0,999999	1,000001	1,4537	4,55	0,999999	1,000001	1,455	4,55
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0659	3,72	0,999999	1,000001	1,1075	3,62	0,999999	1,000001	1,0913	3,84
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0635	3,83	0,999999	1,000001	1,1072	3,82	0,999999	1,000001	1,0893	3,79
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1081	3,69	0,999999	1,000001	1,1081	3,77	0,999999	1,000001	1,1081	3,84
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0524	3,84	0,999999	1,000001	1,101	3,87	0,999999	1,000001	1,0746	3,88
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2698	4,25	0,999999	1,000001	1,3388	4,23	0,999999	1,000001	1,312	4,24
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2413	4,24	0,999999	1,000001	1,3371	4,4	0,999999	1,000001	1,2963	4,35
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3182	4,2	0,999999	1,000001	1,3393	4,32	0,999999	1,000001	1,3312	4,39
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1776	4,24	0,999999	1,000001	1,3303	4,2	0,999999	1,000001	1,2373	4,29
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,876	5,2	0,999999	1,000001	2,3199	4,9	0,999999	1,000001	2,1023	5,24
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0445	5,02	0,999999	1,000001	2,3072	4,97	0,999999	1,000001	2,1956	5
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,6971	5,22	0,999999	1,000001	2,0489	4,93	0,999999	1,000001	1,9115	5,09
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2673	5,37	0,999999	1,000001	2,3282	5,23	0,999999	1,000001	2,3097	5
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1632	4,03	0,999999	1,000001	1,2385	4,3	0,999999	1,000001	1,2104	4,03
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1583	3,97	0,999999	1,000001	1,2398	3,94	0,999999	1,000001	1,2034	4,13
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2383	4,29	0,999999	1,000001	1,2403	3,95	0,999999	1,000001	1,2417	4,16
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1326	4,05	0,999999	1,000001	1,2298	4,14	0,999999	1,000001	1,1757	4,03
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,3523	4,53	0,999999	1,000001	1,5306	4,77	0,999999	1,000001	1,4546	4,8
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,5009	4,81	0,999999	1,000001	1,5396	4,69	0,999999	1,000001	1,5354	4,57
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4106	4,77	0,999999	1,000001	1,5222	4,53	0,999999	1,000001	1,4831	4,65
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,54	4,79	0,999999	1,000001	1,5424	4,83	0,999999	1,000001	1,541	4,63
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0824	3,93	0,999999	1,000001	1,1311	3,8	0,999999	1,000001	1,1116	3,84
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0796	3,76	0,999999	1,000001	1,1304	3,89	0,999999	1,000001	1,1109	3,62
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1299	3,67	0,999999	1,000001	1,13	3,76	0,999999	1,000001	1,13	3,7
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0637	3,86	0,999999	1,000001	1,1257	3,91	0,999999	1,000001	1,0918	3,85

Tabla 9 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Baja, Relatividad RA

OT: SVD	BestI				BestP				MedianPI			
	Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas		Total		No Seleccionadas	
	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸	COFCI	COV	COFCI	COV 10 ⁸
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1975	4,34	0,999999	1,000001	1,2416	4,28	0,999999	1,000001	1,225	4,37
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1789	4,22	0,999999	1,000001	1,2401	4,34	0,999999	1,000001	1,2141	4,38
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2276	4,39	0,999999	1,000001	1,2411	4,33	0,999999	1,000001	1,2362	4,28
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1197	4,31	0,999999	1,000001	1,2386	4,4	0,999999	1,000001	1,1681	4,38
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,7859	5,39	0,999999	1,000001	2,206	4,97	0,999999	1,000001	2,0018	5,06
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9673	4,97	0,999999	1,000001	2,224	5,29	0,999999	1,000001	2,1017	4,98
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,7716	5,01	0,999999	1,000001	2,1564	5,3	0,999999	1,000001	2,0242	5,21
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1668	5,16	0,999999	1,000001	2,2263	5,19	0,999999	1,000001	2,2164	4,94
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,16	3,96	0,999999	1,000001	1,2291	3,9	0,999999	1,000001	1,2037	3,91
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1596	4,1	0,999999	1,000001	1,2289	4,12	0,999999	1,000001	1,1994	4,02
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,229	3,92	0,999999	1,000001	1,2306	3,93	0,999999	1,000001	1,2309	4,17
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1427	4,23	0,999999	1,000001	1,2259	4,3	0,999999	1,000001	1,1814	4,01
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2969	4,88	0,999999	1,000001	1,4768	4,9	0,999999	1,000001	1,3972	4,56
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4541	4,79	0,999999	1,000001	1,4874	4,57	0,999999	1,000001	1,4829	4,81
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3891	4,52	0,999999	1,000001	1,4758	4,74	0,999999	1,000001	1,4548	4,77
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,485	4,52	0,999999	1,000001	1,4887	4,53	0,999999	1,000001	1,4882	4,67
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0743	3,6	0,999999	1,000001	1,117	3,69	0,999999	1,000001	1,1011	3,67
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0742	3,61	0,999999	1,000001	1,1174	3,96	0,999999	1,000001	1,1008	3,77
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1177	3,97	0,999999	1,000001	1,1177	3,66	0,999999	1,000001	1,1177	3,9
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0633	3,87	0,999999	1,000001	1,1127	3,72	0,999999	1,000001	1,0861	3,68
OT: PQR												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,164	4,34	0,999999	1,000001	1,2024	4,31	0,999999	1,000001	1,1883	4,35
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1463	4,35	0,999999	1,000001	1,2005	4,25	0,999999	1,000001	1,178	4,25
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1886	4,36	0,999999	1,000001	1,2002	4,28	0,999999	1,000001	1,196	4,22
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1044	4,36	0,999999	1,000001	1,1968	4,26	0,999999	1,000001	1,1432	4,27
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,6867	5,18	0,999999	1,000001	2,1749	5,16	0,999999	1,000001	1,9337	5,06
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,9479	5,31	0,999999	1,000001	2,1955	5,26	0,999999	1,000001	2,1083	5,03
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8673	5,12	0,999999	1,000001	2,2009	5,26	0,999999	1,000001	2,0909	5,17
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,1602	5,33	0,999999	1,000001	2,2124	5,05	0,999999	1,000001	2,2062	4,98
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,1532	4,09	0,999999	1,000001	1,2191	4,07	0,999999	1,000001	1,1916	4,25
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1491	4,18	0,999999	1,000001	1,2163	4,23	0,999999	1,000001	1,1861	3,9
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2273	4,02	0,999999	1,000001	1,2278	4,06	0,999999	1,000001	1,2296	4
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1499	4,09	0,999999	1,000001	1,2242	4,04	0,999999	1,000001	1,1833	4,2
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2952	4,62	0,999999	1,000001	1,4438	4,8	0,999999	1,000001	1,3828	4,68
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,425	4,59	0,999999	1,000001	1,4493	4,78	0,999999	1,000001	1,4455	4,62
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3751	4,66	0,999999	1,000001	1,4459	4,74	0,999999	1,000001	1,4263	4,54
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,4528	4,79	0,999999	1,000001	1,4542	4,73	0,999999	1,000001	1,4543	4,59
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,0672	3,88	0,999999	1,000001	1,1073	3,85	0,999999	1,000001	1,0921	3,74
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0667	3,76	0,999999	1,000001	1,1069	3,74	0,999999	1,000001	1,0915	4
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1078	3,96	0,999999	1,000001	1,1078	3,94	0,999999	1,000001	1,1078	3,96
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0566	3,92	0,999999	1,000001	1,1021	3,71	0,999999	1,000001	1,077	3,89
OT: OLS												
FBRs: FasArt												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,2777	4,35	0,999999	1,000001	1,3406	4,34	0,999999	1,000001	1,3183	4,33
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,2513	4,23	0,999999	1,000001	1,3374	4,39	0,999999	1,000001	1,3034	4,34
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,3141	4,2	0,999999	1,000001	1,3368	4,28	0,999999	1,000001	1,3284	4,31
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1887	4,3	0,999999	1,000001	1,3312	4,23	0,999999	1,000001	1,2466	4,31
FBRs: NefProx												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,872	5,28	0,999999	1,000001	2,3115	5,3	0,999999	1,000001	2,0935	5,03
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	2,0695	5,11	0,999999	1,000001	2,3199	5,19	0,999999	1,000001	2,2257	5,24
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,8326	5,27	0,999999	1,000001	2,2262	5,31	0,999999	1,000001	2,1559	5,38
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	2,2717	5,3	0,999999	1,000001	2,3345	5,07	0,999999	1,000001	2,3312	5,07
FBRs: S1RL_SLNR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,164	3,97	0,999999	1,000001	1,238	4,2	0,999999	1,000001	1,2094	4,3
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,1646	4,13	0,999999	1,000001	1,2382	4,16	0,999999	1,000001	1,207	4,24
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,2379	3,96	0,999999	1,000001	1,2398	4,26	0,999999	1,000001	1,2413	4,24
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,1384	4,25	0,999999	1,000001	1,2306	4,17	0,999999	1,000001	1,1806	3,91
FBRs: L1RL												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,35	4,73	0,999999	1,000001	1,5266	4,54	0,999999	1,000001	1,4588	4,67
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,4945	4,69	0,999999	1,000001	1,5349	4,55	0,999999	1,000001	1,5293	4,74
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,4096	4,57	0,999999	1,000001	1,5225	4,88	0,999999	1,000001	1,4876	4,53
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,5314	4,8	0,999999	1,000001	1,5311	4,56	0,999999	1,000001	1,5322	4,54
FBRs: S1RL_SLR												
INTER: 1NR	0,999999	1,000001	1,083	3,95	0,999999	1,000001	1,1305	3,69	0,999999	1,000001	1,1112	3,67
INTER: 2NFP	0,999999	1,000001	1,0826	3,91	0,999999	1,000001	1,1302	3,93	0,999999	1,000001	1,1107	3,65
INTER: 3INC	0,999999	1,000001	1,1313	3,84	0,999999	1,000001	1,1313	3,98	0,999999	1,000001	1,1314	3,62
INTER: 4SIM	0,999999	1,000001	1,0671	3,73	0,999999	1,000001	1,1253	3,89	0,999999	1,000001	1,095	3,8

Tabla 10 Visualización de ratios de las reglas Total/Sel, No Sel/Sel. para Relevancia Baja, Relatividad RB

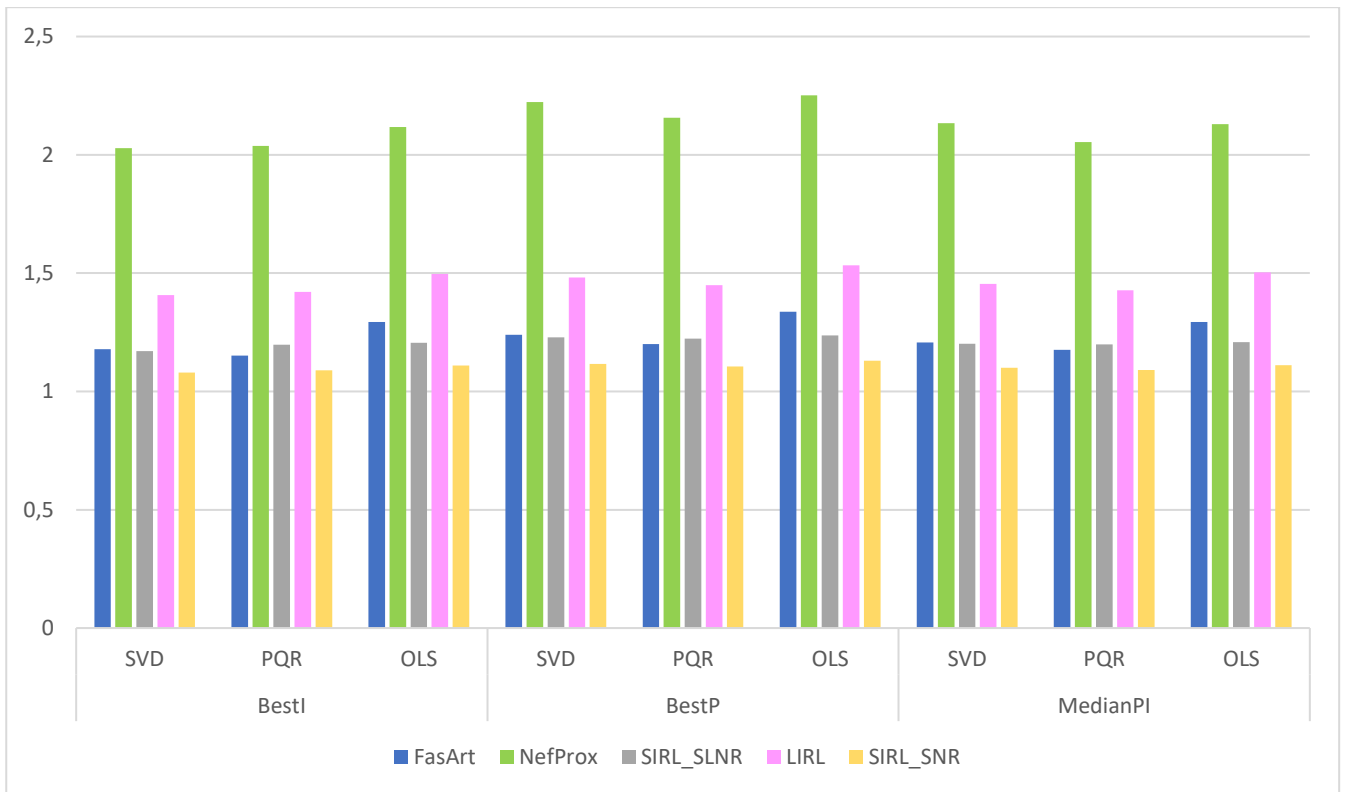


Ilustración 13 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Baja, RA

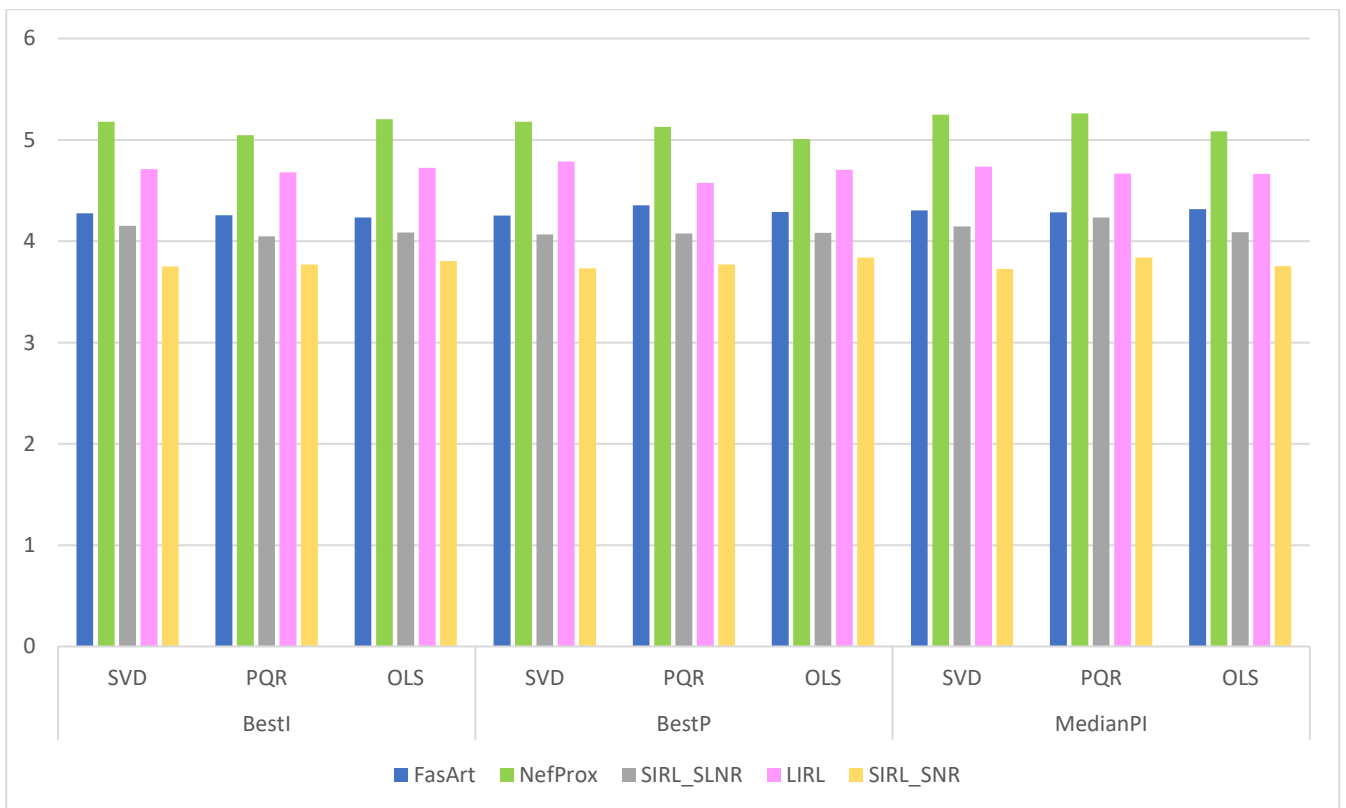


Ilustración 14 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Baja, RA

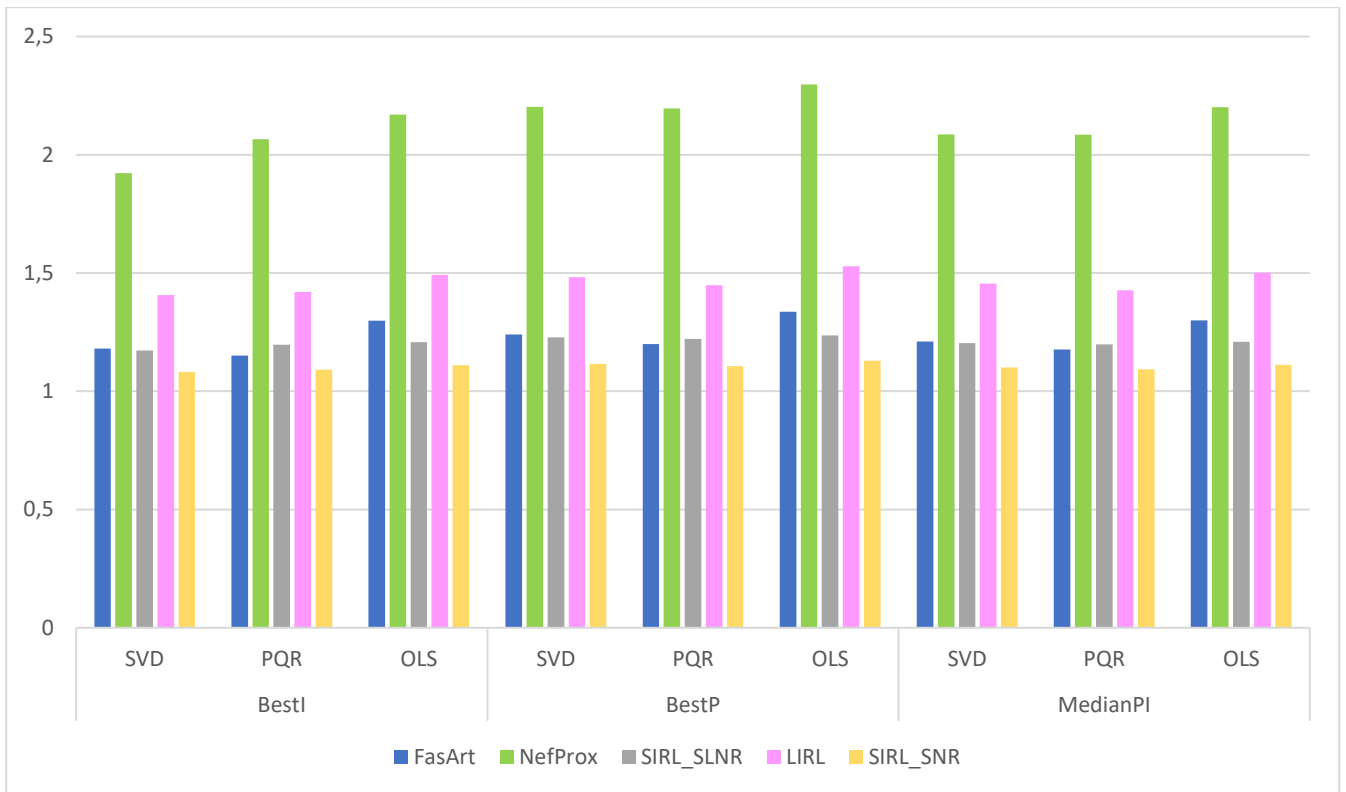


Ilustración 15 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COFCI para Relevancia Baja, RB

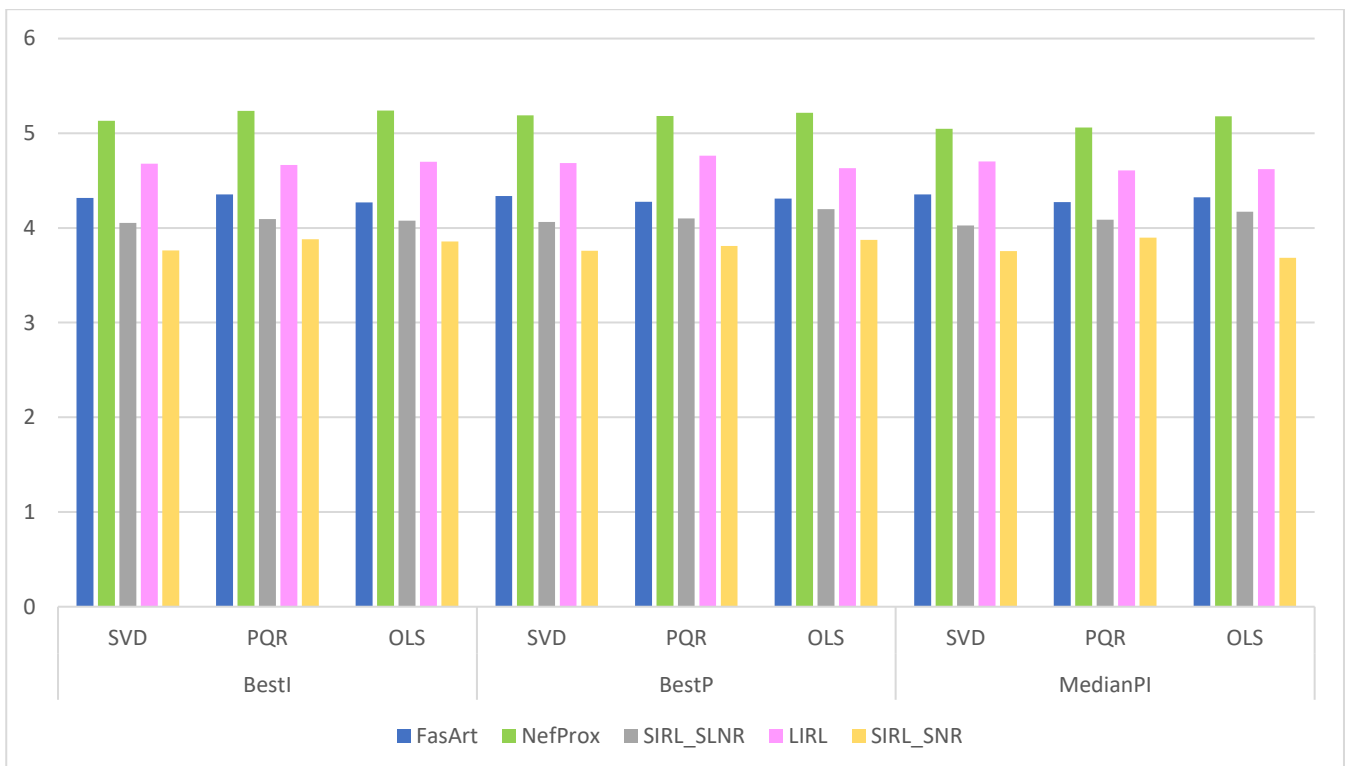


Ilustración 16 Comparación de interpretabilidades por transformación ortogonal y por modelo de los COV para Relevancia Baja, RB

En vista de los resultados obtenidos en las tablas de relevancia media-alta, se puede observar que los resultados son similares a los obtenidos en la relevancia alta. Se tiene que todas las reglas seleccionadas son mayores que las reglas seleccionadas en los COFCIs. Las reglas no seleccionadas aportan mayor comprensibilidad del SDBR que las seleccionadas debido a que son menos numerosas que las reglas seleccionadas.

Al igual que en todas las relevancias anteriores, se puede apreciar que los valores correspondientes al COV del ratio reglas no seleccionadas-seleccionadas se encuentran multiplicados por 10^{-8} debido a que no hay casi reglas no seleccionadas en el sistema. Por este motivo, el ratio de reglas totales-seleccionadas es muy próximo a uno, ya que al no ser significativas las reglas no seleccionadas, los valores de las reglas totales son casi iguales que los valores de las reglas seleccionadas.

Con los datos de la Tabla 3 y la Tabla 4 se han creado las Ilustraciones 13-16. En ellas se muestra la comparación de los COV y los COFCI del ratio de reglas no seleccionadas-seleccionadas para las distintas interpretabilidades, transformaciones ortogonales y modelo. En estas ilustraciones se puede observar cuál es la interpretabilidad que es más interpretable, más precisa o tiene la media interpretabilidad-precisión mayor en función del modelo; BestI, BestP o MedianPI respectivamente.

Para la relatividad R_a se puede ver que tanto las reglas con mayor interpretabilidad como las reglas de mayor precisión se encuentran en NefProx de la OT OLS; y las reglas con mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT SVD. Para los valores COV, las reglas con mayor interpretabilidad están en la interpretabilidad NefProx de la OT OLS; las reglas con mayor precisión se encuentran en la interpretabilidad NefProx de la OT SVD; y mayor media interpretabilidad-precisión están en la NefProx de la OT PQR.

Para la relatividad R_b se puede observar que para los valores COFCI como para los COV, las reglas con mayor interpretabilidad, mayor precisión y mejor media interpretabilidad-precisión están en las interpretabilidades NefProx de las respectivas OT OLS.

No se han realizado ilustraciones para los valores del ratio reglas totales-seleccionadas debido a que todos los valores son iguales y por tanto no hay diferencias entre las diferentes interpretabilidades ni OTs.

Una vez analizadas todas las tablas de las diferentes relevancias se puede afirmar que, en todo el estudio y en la experimentación realizada, las reglas no seleccionadas no han sido significativas. Para todas las relevancias se ha podido comprobar que todos los valores de los COVs han tenido su primera cifra significativa en el séptimo valor decimal, es decir, dividiendo el número de reglas no seleccionadas que se han disparado entre el número de reglas que han entrado al sistema, el resultado ha sido muy pequeño (10^{-7}) y, al realizar el ratio con las reglas seleccionadas ese valor disminuía hasta el mostrado en las tablas (10^{-8}). También, gracias a los valores obtenidos en los COFCIs, se ha demostrado que la afirmación realizada es correcta, ya que, cuanto menor sea el número de reglas disparadas en un sistema, mayor es su comprensibilidad y, por tanto, su interpretación. De modo que, al no haber casi reglas no seleccionadas, las reglas que han compuesto el sistema casi íntegramente han sido las reglas seleccionadas. Esta afirmación se puede comprobar en los valores de los COVs y de los COFCIs de las reglas totales comparados con las reglas seleccionadas, para todas las relevancias esos valores han tenido valores muy próximos a uno.

Para resumir, se pueden hacer las siguientes afirmaciones sobre el sistema con el que se ha trabajado:

- Ha habido muy pocas reglas no seleccionadas que hayan entrado al sistema.
- Para las relatividades R_a en relevancias Media-Alta, Media-Baja y Baja, se puede distinguir que la interpretabilidad más relevante en la NefProx.
- Para la relatividad R_b en todas las relevancias, la interpretabilidad NefProx en la transformación ortogonal OLS es la que tiene los valores más altos.
- De los dos puntos anteriores se puede sacar que, las reglas basadas en modelos lingüísticos difusos de todas las relevancias son las más interpretables, ya que la interpretabilidad NefProx ha sido la que mayores valores de COV y COFCI han tenido.

Capítulo 5

Conclusiones

Gracias a este TFG he podido ampliar mis conocimientos en el campo de los lenguajes de programación, ya que el lenguaje que he empleado para crear los algoritmos era totalmente nuevo y desconocido para mí. Por eso al comienzo del proyecto tuve muchos problemas de conceptualización y de definición a la hora de crear los algoritmos.

Después de un largo periodo de tiempo en la elaboración de este proyecto, se puede concluir que los objetivos propuestos al comienzo del trabajo han sido cumplidos:

- Se ha estudiado y aplicado la metodología FINGRAMS.
- Se ha aplicado dicha metodología para caracterizar las reglas difusas de modelos SDBR creados en base a Datasets, y que han sido optimizados en base a métricas de interpretabilidad, relevancia y precisión.
- Se ha tratado de caracterizar las reglas difusas seleccionadas y no seleccionadas en este proceso de optimización en base a los parámetros COV y COFCI de FINGRAMS.
- Se ha analizado el comportamiento y la importancia de las reglas de los métodos difusos SDBR.
- Los resultados obtenidos se resumen en que los modelos en los que se emplean las reglas seleccionadas son menos interpretables que los que se utilizan las reglas no seleccionadas, ya que en los ratios COFCI de las reglas

no seleccionadas-seleccionadas, los valores obtenidos han estado comprendidos entre 1 y 2,5; indicando que las reglas no seleccionadas son mayores que las reglas seleccionadas. Al ser mayores los valores de las reglas no seleccionadas, se entiende que son más comprensibles/interpretables los modelos que utilizan estas reglas a los modelos de reglas seleccionadas. Los ratios de COV indican que las reglas no seleccionadas han sido utilizadas muy pocas veces en comparación a las reglas seleccionadas. Estos valores de COV han sido del orden de $4 \cdot 10^{-8}$. Al haber sido las reglas seleccionadas utilizadas en prácticamente todos los casos, sus valores coinciden casi al 100% con los valores de la suma entre las reglas seleccionadas y no seleccionadas, denominadas reglas totales. Es por eso por lo que los valores de los ratios de COFCI y COV de las reglas totales y las reglas seleccionadas es prácticamente 1; 0,99999 y 1,0001 respectivamente.

Bibliografía

- A. Lotfi, M. H. (2000). Orthogonal fuzzy rule-based systems: selection of. En *Neural Computing & Applications* 9 (págs. 4-11).
- Alonso, J., & Magdalena, L. (2011). Special issue on interpretable fuzzy systems. En *Information Science Volume, vol 181* (págs. 4331-4822).
- Alonso, J., Castiello, C., & Mencar, C. (2015). Interpretability of fuzzy systems: Current research trends and prospects. En *Springer Handbook of Computational Intelligence* (págs. 219-237).
- Alonso, J., Cordon, O., Quirin, A., & Magdalena, L. (2011). Analyzing in-terpretability of fuzzy rule-based systems by means of fuzzy inference-grams. En *Proc.World Conf. Soft Comput.* (págs. 181-185).
- Alonso, J., Magdalena, L., & González-Rodríguez, G. (2009). Looking for a good fuzzy system interpretability index: An experimental approach. En *Int. J. Approx. Reason, vol 51* (págs. 115-134).
- Alonso, J., Magdalena, L., Pancho, D., Cordón, O., & Quirin, A. (2013). Social network analysis of co-fired fuzzy rules. En *Soft Computing: State of the Art Theory and Novel Applications* (págs. 113-128).
- Bauer, U., & Bondenhofer, P. (2003). A formal model of interpretability of linguistic variables. En *Interpretability Issues in Fuzzy Modelling (J. Casillas, O. Cordón, F. Herrera, and L. Magdalena, eds.), vol. 128 of Studies in Fuzziness and Soft Computing* (págs. 524-545).
- Cano Izquierdo, J., Dimitriadis, Y., Gómez Sánchez, E., & López Coronado, J. (2001). Learning from noisy information in FasART and Fasback neuro-fuzzy systems. En *Natural Networks, vol 14* (págs. 407-425).
- Casillas, J., Cordón, O., Herrera, F., & Magdalena, L. (2003). Accuracy improvements to find the balance interpretability-accuracy in fuzzy modeling: An. En *Accuracy Improvements in Linguistic Fuzzy Modelling (J. Casillas, O. Cordón, F. Herrera, and L. Magdalena, eds.), vol. 129 of Studies* (págs. 3-24).
- Casillas, J., Cordon, O., Herrera, F., & Magdalena, L. (2003). Interpretability Issues in Fuzzy Modeling. (Studies in Fuzziness and Soft Computing Series), vol 28. *Berlin, Germany: Springer-Verlag.*

- Chen, C., & Morris, S. (2003). Visualizing evolving networks: Minimum span-ning trees versus pathfinder networks. En *Proc. IEEE Symp. Inf. Vis.* (págs. 67-74).
- Ciftcioglu, O. (2004). Note on orthogonal transformation methods for simplifying fuzzy rule-based models. En *Processing NAFIPS '04. IEEE Annual Meeting of the Fuzzy Information* (págs. 27-30).
- Cordón, O. H. (1997). Applicability of the fuzzy operators in the desing of fuzzy logic controllers. En *Fuzzy Sets and Systems* (págs. 15-44).
- Cordón, O., & Herrera, F. (1997). A three-stage evolutionary process for learning descriptive and approximate fuzzy logic controller knoweledge bases from examples. En *International Journal of Approximate Reasoning, vol 17 (4)* (págs. 369-407).
- Cordón, O., & Herrrera, F. (2001). Hybridizing gnetic algorithms with sharing scheme and evolution strategies for designing approximate fuzzy rule-based systems. En *Fuzzy Sets and Systems, vol 118* (págs. 235-255).
- Dearholt, D., & Schvaneveldt, R. (1990). Properties of pathfinder net-works. En *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge, Organization* (págs. 1-90).
- Fanelli, C. M. (2011). Interpretability assessment of fuzzy knowledge bases: A cointension based approach. En *International Journal of Approximate Reasoning, vol. 52* (págs. 501-518).
- Fanelli, C. M., Fanelli, A., Mencar, C., Castiello, C., & Cannone, R. (2008). Interpretability constraints for fuzzy information granulation. En *Information Sciences, vol. 178* (págs. 4585 – 4618).
- Gacto, J., Alcalá, R., & Herrera, F. (2011). Interpretability of linguistic fuzzy rule-based systems: An overview of interpretability measures. En *Inf. Sci., vol. 181* (págs. 212-219).
- Galende Hernández, M. (2014). Análisis de equilibrio entre precisión e interpretabilidad de los sistemas basados en reglas difusas lingüísticas y aproximativos. Valladolid.
- Golub, G., & Van Loan, C. (1992). *Matrix computations. The Jonhs Hopkins University Press, third ed.*
- Guillaume, S. (2001). Designing fuzzy inference systems from data: An interpretability-oriented review. En *IEEE Trans. Fuzzy Syst, vol 9* (págs. 426-443).
- H. Ishibuchi, K. N. (1995). Selecting fuzzy. En *IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol 3* (págs. 260-270).
- H. Ishibuchi, T. M. (1997). Single-objective and twoobjective genetic algorithms for selecting linguistic rules for pattern classification problems. En *Fuzzy Sets and Systems, vol. 89* (págs. 135 – 150).
- Hellendoorn, H., & Thomas, C. (1993). Defuzzification in fuzzt controllers. En *Journal of Intelligent Fuzzy Systems* (págs. 109-123).

- Herrera, F., Gacto, M., & Alcalá, J. (2010). Integration of an index to preserve. En *IEEE Transactions on Fuzzy* (págs. 515-531).
- Herrera, J. C. (2005). Genetic tuning. En *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, (págs. 13-29).
- Holmblad , L., & Østergaard, J.-J. (1982). Control of a cement kiln by fuzzy. North Holland, Amsterdam.
- I. H. Witten, E. F. (2011). Data Mining: Practical machine. En *Morgan Kaufmann, third ed.*
- Karray, F., & De Silva, C. (2004). *Soft Computing and Intelligent Systems*. Addison Wesley.
- KEEL-datasets*. (14 de 06 de 2019). Obtenido de <https://sci2s.ugr.es/keel/datasets.php#sub2>
- M. J. Gacto, R. A. (2011). Interpretability of linguistic fuzzy rule-based systems: An overview of interpretability measures. En *Information Sciences, vol. 181* (págs. 4340-4360).
- Magdalena, L., & Alonso, J. (2011). HILK++: an interpretability-guided fuzzy. En *Soft Computing, vol. 15* (págs. 1959 – 1980).
- Mamdani, S., & Assillian, E. (1975). An experiment in linguistic synthesis with. En *Int. J. Mach. Studies, vol. 7* (págs. 1-13).
- Mencar, C., & Fanelli, A. (2008). Low-level interpretability and high-level in-terpretability: A unified view of data-driven interpretable fuzzy system modelling. En *Fuzzy Sets Syst., vol 159* (págs. 3091-3131).
- Nauck, D., & Kruse, R. (1999). Neuro-fuzzy systems for function approximation. En *Fuzzy Sets and Systems, vol 101* (págs. 261-271).
- Pancho, D. P., Alonso, J. M., Córdón, O., Quirin, A., & Magdalena, L. (2013). FINGRAMS: Visual Representation of Fuzzy Rule-Based Inference for Expert Analysis of Comprehensibility. En *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL 21* (págs. 1133-1140).
- Peregrín, A., & Márquez, A. (2012). A mechanism to improve. En *International* (págs. 297 – 321).
- RAE. (02 de 06 de 2019). Obtenido de <https://del.rae.es/?id=NZEWqRA>
- Rey Díez, M. I. (2016). ANALISIS DE LA RELEVANCIA DE LAS REGLAS EN LOS SISTEMAS BASADOS EN REGLAS DIFUSAS Y SU INFLUENCIA EN EL EQUILIBRIO PRECISION E INTERPRETABILIDAD.
- Salton, G., & Bergmark, D. (1979). A citation study of computer science literature. En *IEEE Trans. Prof. Commun., vol. 22, no. 3* (págs. 146-158).
- Schvaneveldt, R., Durso, F., & Dearholt, D. (1989). Network of document cocitation counts. En *The Psychology of Learning and Motivation: Ad-vances in Research and Theory, vol. 24* (págs. 249-284).
- Scott, J. (2000). *Social Network Analysis: A Handbook, 2nd ed.* New Dehli, India: Sage.

- Setnes, M. (2003). Simplification and reduction of fuzzy rules. En *Interpretability Issues in Fuzzy Modelling* (J. Casillas, O. Cordón, F. Herrera and L. Magdalena, eds.), vol 128 of *Studies in Fuzzyness and SoftComputing* (págs. 278-302).
- Sugeno, M., & Yasukawa, T. (1993). A fuzzy-logic-based approach to qualitative modeling. En *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* (págs. 7-31).
- Sugeno, T., & Takagi, M. (1985). Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. En *IEEE Transactions on Systems, Man, and* (págs. 116–132).
- Thomas, C., & Hellendoorn, H. (1993). Defuzzification in fuzzy controllers. En *Journal of* (págs. 109-123).
- Vargas-Quesada, B., & Moya-Anegón, F. (2007). *Visualizing the Structure of Science*. New York, NY, USA.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications (Structural Analysis in the Social Sciences)*. Cambridge, UK.
- Yamamoto, H. I. (2004). Fuzzy rule selection by multi-objective genetic local search algorithms and rule evaluation measures in data mining. En *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 141 (págs. 59 – 88).
- Yen, J., & Wang, L. (1999). Simplifying fuzzy rule-based using orthogonal transformation methods. En *IEEE Transactions on Systems, Man of Cybernetics. Part B: Cybernetics*, vol 29 (págs. 13-24).
- Zadeh, L. (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex system. En *IEEE Transaction on System Man and Cybernetics* (págs. 28-44).
- Zadeh, L. A. (1965). Information and control. En *Fuzzy sets* (pág. 338*353).
- Zadeh, L. A. (2008). Is there a need for fuzzy logic? En *Information Sciences*, (págs. 2751-2779).
- Zizi, M., & Beaudounin_Lafon, M. (1994). Accessing hyperdocuments through interactive dynamic maps. En *Proc. ACM Eur. Conf. Hypermedia Technol.* (págs. 126-135).