



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Departamento de Estadística e Investigación Operativa

Tesis Doctoral:

**Medición de la actividad docente del
profesor universitario mediante técnicas de
análisis de eficiencia**

Autor:

Carlos Aníbal Correa Granda

Directores:

Prof. Dr. D. José Luis Pino Mejías

Prof. Dr. D. Pedro Luis Luque Calvo

**Sevilla - España
2015**

CERTIFICACIÓN:

Prof. Dr. D. José Luis Pino Mejías, Profesor Titular del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Sevilla.

Prof. Dr. D. Pedro Luis Luque Calvo, Profesor Titular del Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Sevilla.

CERTIFICAMOS

Que la presente memoria titulada:

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

Ha sido realizada bajo nuestra dirección por:

D. Carlos Anibal Correa Granda

Y constituye su tesis para optar al grado de Doctor

Y para que conste, en cumplimiento de la legalidad vigente y a los efectos que haya lugar, firmamos el presente documento, en Sevilla 30 de septiembre de 2015.

Prof. Dr. D. José Luis Pino Mejías

Prof. Dr. D. Pedro Luis Luque Calvo

RECONOCIMIENTOS

Cuando las personas nos trazamos metas, no las podríamos lograr sin el acompañamiento, el ánimo y la motivación que recibimos de una y otra forma y que se convierten en el aliciente permanente para avanzar y no desmayar. Por ello, no puedo dejar de reconocer a todos quienes han compartido conmigo este ideal.

Como creyente, mi gratitud a Dios nuestro Padre, que ha sido la compañía permanente y mi guía de todo este caminar.

Mi gratitud a todos quienes forman el Departamento de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de Sevilla, por su generosa entrega especialmente mi gratitud a José Luis Pino y Pedro Luis Luque, quienes como Directores de este trabajo doctoral han compartido sin ningún recelo sus conocimientos y han aportado significativamente a cumplir con esta investigación.

Merece una mención especial y agradecimiento Francisco Méndez, pues desde el ámbito administrativo se ha convertido en el aliado principal para que a la distancia pueda desarrollar los diferentes trámites y demás acciones administrativas que logran la culminación de esta etapa de estudios.

Por supuesto debo reconocer a la Universidad Técnica Particular de Loja el impulso que ha brindado para el desarrollo de los estudios doctorales, mencionar especialmente al P. Dr. Luis Miguel Romero Fernández, quien como rector fue el propulsor del perfeccionamiento y la capacitación del personal docente de la UTPL.

Agradezco y dedico de manera especial este logro, a toda mi familia, especialmente a mi esposa y a mis hijos, por el apoyo constante y permanente tanto en las estancias presenciales como en el desarrollo de la investigación, solamente su compañía y su ánimo han sido el elemento motivador para cumplir con este anhelo.

A todos quienes de diferente manera han contribuido en este logro, les agradezco infinitamente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----|
| RECONOCIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | iv |
| Índice de Tablas..... | ix |
| Índice de Gráficos..... | x |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| CAPÍTULO 1 | |
| LA FUNCIÓN DOCENCIA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR | 7 |
| 1.1 Introducción | 8 |
| 1.2 Una reflexión sobre lo que es la Universidad..... | 9 |
| 1.3 Funciones de la Universidad | 10 |
| 1.4 Actores de la función docencia | 14 |
| 1.4.1. Planificación curricular | 15 |
| 1.4.2. Los alumnos..... | 15 |
| 1.4.3 Los profesores o docentes..... | 16 |
| CAPÍTULO 2 | |
| APROXIMACIÓN TEÓRICA AL ANÁLISIS DE EFICIENCIA..... | 19 |
| 2.1. Introducción | 20 |
| 2.2. Eficiencia | 21 |
| 2.3 Medición de la eficiencia..... | 25 |
| 2.3.1 Eficiencia técnica | 26 |
| 2.3.2 Eficiencia precio (asignativa) | 28 |
| 2.3.3 Eficiencia global o económica | 29 |
| CAPÍTULO 3 | |
| MÉTODOS PARA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA | 33 |
| 3.1 Introducción | 34 |
| 3.2. Metodologías para la medición de la eficiencia..... | 35 |
| 3.2.1 Métodos Paramétricos..... | 36 |

| | | |
|---|---|-----|
| 3.2.1.a | Análisis de Frontera Estocástica (SFA)..... | 37 |
| 3.2.2 | Métodos no Paramétricos..... | 41 |
| 3.2.2.a | Análisis Envolvente de Datos (DEA) | 41 |
| 3.2.2.b | DEA-Rendimientos Constantes de Escala..... | 45 |
| 3.2.2.c | DEA-Rendimientos Variables de Escala..... | 50 |
| 3.2.3 | Enfoque del Beneficio de la Duda – BOD | 52 |
| 3.3. | Indicadores compuestos | 55 |
| 3.3.1 | Metodología de Construcción de los IC | 57 |
| 3.3.2 | Requerimientos técnicos..... | 58 |
| 3.3.3 | Etapas en la construcción de un IC..... | 59 |
| CAPÍTULO 4 | | |
| EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE DEL PROFESOR UNIVERSITARIO | | 105 |
| 4.1 | Introducción | 106 |
| 4.2. | Referencias sobre evaluación del desempeño docente | 107 |
| 4.3 | Experiencias y propuestas metodológicas | 109 |
| 4.3.1 | Programa DOCENTIA | 109 |
| 4.3.2 | Proyecto Universidad de Salamanca | 111 |
| 4.3.3 | Universidad Autónoma de Madrid | 112 |
| 4.3.4 | Universidad Politécnica de Valencia..... | 116 |
| 4.3.5 | Experiencias en México | 119 |
| 4.3.6 | Experiencias en Chile..... | 120 |
| 4.3.7 | Otras experiencias internacionales | 121 |
| 4.3.8. | Criterios generalizados para la evaluación de la actividad docente..... | 125 |
| CAPÍTULO 5 | | |
| LA EVALUACIÓN DOCENTE EN EL ECUADOR_ CASO UTPL -..... | | 130 |
| 5.1 | Introducción | 131 |
| 5.2 | Marco Legal Ecuatoriano..... | 132 |

| | | |
|------|---|-----|
| 5.3 | Proceso de evaluación docente en la UTPL..... | 134 |
| 5.4 | Propuesta para la medición de la eficiencia docente del profesor de la UTPL | 137 |
| 5.5 | Variables utilizadas..... | 137 |
| 5.6 | Origen de la información..... | 147 |
| 5.7. | Análisis de la base de datos..... | 149 |
| 5.8 | Análisis de la relación entre las variables con el Promedio de Aprobación (PROMAPRO)..... | 151 |
| 5.9 | Análisis de la relación entre las variables con el Número de Alumnos Aprobados (NUMAPRO)..... | 154 |

CAPÍTULO 6

| | |
|--|-----|
| IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS PARA MEDIR LA EFICIENCIA EN EL DESEMPEÑO DEL PROFESOR UNIVERSITARIO | 162 |
| 6.1. Introducción | 163 |
| 6.2. Escenarios de trabajo | 163 |
| 6.2.1. Escenario 1: Todas las variables son outputs..... | 164 |
| 6.2.2. Escenario 2: Todas las variables son outputs y se considera el número de alumnos matriculados | 167 |
| 6.2.3. Escenario 3: 1/ALUMAT se considera como INPUT..... | 170 |
| 6.2.4. Escenarios 4, 5 y 6: Se eliminan ALUMAT atípicos | 173 |
| 6.2.5. Escenario 7: Nota Media Ciclo como Input | 177 |
| 6.2.6. Escenario 8: Satisfacción Global y Tasa de Aprobación..... | 179 |
| 6.3. Análisis comparativo de los escenarios analizados..... | 181 |
| 6.4. Resultados del análisis para el área Biológica..... | 187 |
| 6.5. Resultados del análisis para el área Socio-Humanística..... | 188 |
| 6.6. Resultados del análisis para el área Técnica | 190 |
| 6.7. Escenario escogido | 191 |

CAPÍTULO 7

| | |
|--|-----|
| CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES COMPUESTOS DE EFICIENCIA DOCENTE | 193 |
| 7.1. Introducción | 194 |

| | | |
|----------------------------------|---|-----|
| 7.2 | Obtención de la ponderación de las variables | 195 |
| 7.3 | Análisis de sensibilidad..... | 199 |
| 7.4 | Escenario 9: Normalización de variables..... | 204 |
| 7.5 | Aplicación de la integral de Choquet y el índice de Shapley a la construcción de indicadores compuestos. | 207 |
| CONCLUSIONES | | 219 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 222 |
| ANEXOS | | 233 |
| | Anexo 1: Oferta Académica de la UTPL, según modalidad y área académica | 234 |
| | Anexo 2: Base de Datos - Área Administrativa..... | 235 |
| | Anexo 3: Base de Datos - Área Biológica..... | 241 |
| | Anexo 4: Base de Datos - Área Socio-Humanística | 243 |
| | Anexo 5: Base de Datos - Área Técnica..... | 252 |
| | Anexo 6: Gráfico comparativo entre el ranking de los profesores según los escenarios 1, 2, 3 | 254 |
| | Anexo 7: Gráfico comparativo entre el ranking de los profesores según los escenarios 4, 5 y 6 | 255 |
| | Anexo 8: Cálculo de la eficiencia en los escenarios por cada área | 256 |
| | Administración | 256 |
| | Biológica | 263 |
| | Socio Humanística | 270 |
| | Técnica..... | 277 |
| | Anexo 9: Comparación de los indicadores compuestos, mínimo, máximo y media para el escenario 9 del área Administrativa..... | 285 |
| | Anexo 10: Código para desarrollar el Informe de Indicadores Compuestos | 289 |
| | Fichero: influenciaTODO_solofunciones.R..... | 289 |
| | Fichero: informeexcelDEA.R..... | 307 |
| | Fichero: Carlos_00_NG_Escenario08.R..... | 321 |
| | Fichero: Calculos ST _i | 321 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 11: Código del estudio de influencia en el escenario 8..... | 322 |
| Anexo 12 Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (Escenario 9. Area ADMINISTRATIVA)..... | 349 |
| Anexo 13. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (BIOLÓGICA) | 371 |
| Anexo 14. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (SOCIOHUMANISTICA) | 388 |
| Anexo 15. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (TÉCNICA) | 410 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 3. 1: Principales distancias utilizadas en el Análisis Clúster..... | 72 |
| Tabla 5. 1: Ponderación de los componentes | 136 |
| Tabla 5. 2: Extracto de la información que sirve de base para el análisis | 149 |
| Tabla 5. 3: Estadística Descriptiva de las variables en análisis..... | 150 |
| Tabla 5. 4: Indicadores de relación entre PROMAPRO y las otras variables..... | 152 |
| Tabla 5. 5: Indicadores de regresión entre PROMAPRO y las demás variables..... | 152 |
| Tabla 5. 6: Indicadores de relación entre NUMAPRO y las otras variables | 154 |
| Tabla 5. 7: Indicadores de regresión entre NUMAPRO y las demás variables..... | 155 |
| Tabla 5. 8: Matriz de Correlación entre las variables | 158 |
| Tabla 6. 1: Profesores eficientes, según el escenario 1..... | 165 |
| Tabla 6. 2: Distribución de la eficiencia de los Profesores, según el escenario 1..... | 166 |
| Tabla 6. 3: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según el escenario 1 | 166 |
| Tabla 6. 4: Profesores eficientes, según el escenario 2..... | 168 |
| Tabla 6. 5: Distribución de la eficiencia de los Profesores, según el escenario 2..... | 169 |
| Tabla 6. 6: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según el escenario 2 | 170 |
| Tabla 6. 7: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según los escenarios 1, 2 y 3..... | 173 |
| Tabla 6. 8: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según los escenarios 4, 5 y 6..... | 175 |
| Tabla 6. 9: Profesores eficientes y número de PEERs referenciales en los escenarios 4, 5 y 6..... | 176 |
| Tabla 6. 10: Profesores eficientes y número de PEERs referenciados en el escenario 7 | 178 |
| Tabla 6. 11: Características de los 5 primeros Profesores eficientes, según el escenario 7..... | 179 |
| Tabla 6. 12: Características de los 5 primeros Profesores eficientes, según el escenario 8..... | 181 |
| Tabla 6. 13: Resumen de los 8 escenarios desarrollados..... | 182 |
| Tabla 6. 14: Ranking de los Profesores en cada uno de los 8 escenarios desarrollados | 183 |
| Tabla 6. 15: Información original de los Profesores, según ubicación en el ranking de los escenarios | 185 |
| Tabla 6. 16: Resultados de eficiencia en el área Biológica por cada escenario | 187 |
| Tabla 6. 17: Descriptiva de los escenarios para el Área Biológica | 188 |
| Tabla 6. 18: Resultados de eficiencia en el área Socio-Humanística por cada escenario | 189 |
| Tabla 6. 19: Descriptiva de los escenarios para el Área Socio-Humanística | 190 |
| Tabla 6. 20: Resultados de eficiencia en el área Técnica por cada escenario..... | 190 |
| Tabla 6. 21: Descriptiva de los escenarios para el Área Técnica | 191 |
| Tabla 6. 22: Extracto del escenario 8, con los pesos correspondientes a cada variable..... | 192 |
| Tabla 7. 1: Agregación de pesos de los Profesores Eficientes del escenario 8..... | 195 |
| Tabla 7. 2: Agregación de pesos de los Profesores Eficientes del escenario 8 con $\pi_k \geq 10$ | 196 |
| Tabla 7. 3: Pesos comunes de inputs y outputs resultantes de la agregación..... | 198 |
| Tabla 7. 4: Ordenación resultante y comparación entre la eficiencia y el indicador compuesto | 198 |
| Tabla 7. 5: Varianzas e índices de sensibilidad para el escenario 8..... | 201 |
| Tabla 7. 6: Descomposición de la varianza por el procedimiento exhaustivo y por muestreo | 202 |
| Tabla 7. 7: Distribución de las diferencias obtenidas entre el procedimiento exhaustivo y por muestreo | 203 |
| Tabla 7. 8: Valores normalizados de las variables del escenario 9..... | 205 |
| Tabla 7. 9: Varianzas e índices de sensibilidad para el escenario 9..... | 205 |
| Tabla 7. 10: Varianzas, índices de sensibilidad y valores de las capacidades μ_1 y μ_2 para el escenario 9 | 209 |
| Tabla 7. 11: Transformaciones de Möbius para el escenario 9 | 210 |
| Tabla 7. 12: Valores de la Integral de Choquet discreta | 212 |
| Tabla 7. 13: Valores del Índice de Shapley para el escenario 9 | 213 |
| Tabla 7. 14: Valores del Indicador Compuesto IC_3 | 214 |

Tabla 7. 15: Comparación de los indicadores compuestos, mínimo, máximo y media de las 20 primeras unidades en el escenario 9 215

Tabla 7. 16: Correlaciones entre los indicadores compuestos, y mínimo, máximo y media de las cinco variables 215

Índice de Gráficos

Gráfico 1. 1: Funciones de la Universidad..... 11

Gráfico 2. 1: Identificación de puntos eficientes..... 27

Gráfico 2. 2: Eficiencia precio o asignativa 28

Gráfico 2. 3: Frontera de eficiencia..... 31

Gráfico 3. 1: Frontera Estocástica de Producción 40

Gráfico 3. 2: Transformación de inputs en outputs 43

Gráfico 3. 3: Fronteras de Eficiencia según los modelos CCR y BCC 52

Gráfico 5. 1: Relación entre EVAPREN y PROMAPRO 153

Gráfico 5. 2: Relación entre SATEST y PROMAPRO..... 154

Gráfico 5. 3: Relación entre NUMAPRO y ALUMAT 155

Gráfico 5. 4: Relación entre MATENS y NUMAPRO 156

Gráfico 5. 5: Relación entre EVAPREN y NUMAPRO 157

Gráfico 5. 6: Relación entre SATEST y NUMAPRO..... 157

Gráfico 5. 7: Correlación entre las variables analizadas..... 159

Gráfico 6. 1: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, bajo el escenario 1..... 167

Gráfico 6. 2: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo al escenario 2..... 169

Gráfico 6. 3: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo al escenario 3..... 172

Gráfico 6. 4: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo a los escenarios 4, 5, y 6 176

Gráfico 6. 5: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, bajo el escenario 8..... 180

Gráfico 6. 6: Comparativo de rankings entre los escenarios 7 y 8 por cada Profesor 186

Gráfico 7. 1: Representación de los rangos acumulados de las unidades con los cinco indicadores compuestos..... 218

INTRODUCCIÓN

Los temas referidos a la calidad, sin duda han cobrado interés y preocupación en los últimos tiempos, pues se requiere que las actividades que desarrolla el ser humano en todos los órdenes, lleven impregnado el sello de la calidad, entendida ésta como el hacer las cosas bien desde el primer momento, dado que la optimización de los recursos se ha vuelto imperativa.

Es precisamente, en este contexto en el que la actividad universitaria también se encuentra vinculada y llamada a definir procesos de calidad en todas sus funciones. Más bien diría, la responsabilidad social que le ha sido conferida a la educación superior requiere que todos sus actores operemos con la pertinencia, responsabilidad, eficiencia y calidad en cada una de las funciones y actividades que nos han sido encomendadas.

Dentro de las funciones básicas de la Universidad, la docencia y dentro de ella el docente como tal desempeña un papel fundamental en el proceso de formación de los nuevos profesionales que van a direccionar la sociedad en la que se desenvuelven, es por ello que el desempeño en la actividad docente de los profesores universitarios tiene gran importancia.

La teoría de la calidad establece un ciclo en el que se desarrollan todos los procesos de la actividad humana que abarca desde la planificación hasta la evaluación, pasando claro está, por la implementación y ejecución, llevando siempre el norte del mejoramiento continuo y permanente, es por esto que la calidad de todo proceso se logra a través de la identificación de los progresos y limitaciones que se pudieron haber presentado, es decir, a través de la evaluación del desempeño que cada uno de los actores involucrados ha cumplido.

Si bien es cierto, el éxito que los estudiantes obtienen en un proceso de aprendizaje no se puede atribuir exclusivamente al accionar del profesor, también es pertinente considerar que siendo el profesor considerado como aquel que guía y orienta al estudiante, juega un papel preponderante en la formación de los nuevos profesionales y con ello entonces su accionar influye significativamente en el desempeño de los estudiantes.

Quizá el llegar a determinar una cualificación para el accionar de cada persona, resulte difícil y complejo por las características diferenciadoras en cuanto a sus estilos de actuación, y quizá aquello que para una persona pueda ser adecuado para otra no lo es, lo que puede generar ciertos conflictos en la organización.

Es por ello que, la motivación principal de este trabajo de investigación radica en el tratar de identificar los métodos que nos permitan tomar en consideración todos los aspectos que conlleva el accionar docente de un profesor universitario y eliminar en

cierta forma el grado de subjetividad que podría generarse en un proceso de evaluación a los profesores universitarios.

La determinación de las técnicas de análisis de eficiencia más pertinentes que permitan llegar a la identificación de los indicadores adecuados para ser aplicados en cualquier institución de similares características, es importante porque con ello la medición de la eficiencia de los profesores dentro del ciclo de la calidad cumple con el propósito de mejora continua y permanente a través de la identificación de los indicadores en los que cada uno puede y debe mejorar y en aquellos en los que puede mantener su actuar.

La exploración bibliográfica sobre el estado del arte, permitió identificar técnicas paramétricas y no paramétricas que se pueden emplear en la medición de la actividad docente del profesor universitario y dentro de ellas básicamente, el análisis envolvente de datos (DEA) y el análisis de frontera estocástica (SFA) son las que se aproximan a nuestro cometido

De entre ellas, las técnicas no paramétricas como el DEA son las que han sido empleadas en la medición de la eficiencia de los profesores, dado que se caracterizan por la ausencia de una distribución o frontera de producción previamente definida, a diferencia de las fronteras de análisis estocástico en donde se considera la frontera de producción previamente definida que es hacia donde se debe dirigir la actividad a desarrollarse.

Dado que el objetivo que se planteó lograr con esta investigación, establecía el *“Desarrollar un modelo de medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia”*, los contenidos que comprende la investigación se han ido desarrollando de manera sistemática, iniciando con una comprensión de lo que significa la función docencia en el ámbito universitario, relevando la importancia que el accionar del profesor tiene en las actividades de formación de los nuevos profesionales que las Universidades entregan a la sociedad.

Posteriormente en un segundo capítulo, se ha considerado teóricamente lo que significa hablar de eficiencia, ocupándonos de la explicación sobre la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa y la eficiencia global con todas las implicaciones que ello deriva. Luego en el siguiente capítulo se abordan los métodos que permiten medir la eficiencia y aquí se analizan las técnicas de orden paramétrico y no paramétrico, para lo cual se desarrolla la explicación de lo que constituye el análisis de frontera estocástica y luego también con mayor detalle lo que es el análisis envolvente de datos en el que se realiza una explicación detallada de los modelos que en esta técnica han surgido a partir del análisis ampliado del modelo original que básicamente se resume en la relación entre

los outputs o salidas de un proceso y de los inputs o insumos utilizados para desarrollar los productos.

En el cuarto capítulo, a través de la exploración bibliográfica, se han detectado algunas experiencias que en diferentes instituciones y países se vienen implementando en cuanto a la medición de la eficiencia de la acción y desempeño docente del profesor universitario, lo que nos permitió llegar a identificar los aspectos que en común se consideran como los elementos o variables a considerarse para la medición de la eficiencia.

Situándonos en el caso de aplicación práctica de esta investigación, en el siguiente capítulo nos encargamos de realizar una explicación del sistema de estudios a distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja, especialmente en lo que hace referencia a las actividades que desempeña un profesor y la forma en la que actualmente se viene desarrollando el proceso evaluativo de los docentes, a partir de la normativa legal vigente en el Ecuador y de los procedimientos que se han establecido hasta la actualidad en la UTPL

Con esta información y de acuerdo al marco teórico referencial, en el capítulo sexto, se han desarrollado varios escenarios de medición de la eficiencia, realizando algunas consideraciones a la información recogida de manera que a través de estos escenarios (ocho) se han identificado las variables que de mejor manera nos conducen hacia el establecimiento de los indicadores apropiados para la medición de la eficiencia.

Desde el punto de vista de las contribuciones al desarrollo de las técnicas propias del área de la Estadística y la Investigación Operativa, destaca el capítulo 7 en el que se diseñan tres indicadores compuestos de eficiencia docente.

El enfoque del beneficio de la duda supone obtener los pesos que maximizan la medida de eficiencia para cada unidad de decisión analizada. Ello supone que la eficiencia de cada unidad puede ser evaluada con un conjunto distinto de pesos.

Para construir un indicador compuesto unidimensional de acuerdo a la forma tradicional en la literatura, es conveniente trabajar con un conjunto de pesos único para todas las unidades. Por ello se han desarrollado tres formas de agregar los pesos obtenidos mediante la aplicación del DEA para obtener un único peso para cada variable.

En el caso de pesos dados por expertos se plantea la necesidad de tener en cuenta el nivel de acuerdo entre los mismos, de forma que los que se alejen de los valores mayoritarios, sin ser descartados, tengan una menor influencia en la agregación. En nuestro caso tenemos dos conjuntos de vectores de pesos, uno correspondiente a las ponderaciones de las variables que miden los inputs y otro para las variables que

miden los outputs por lo que la primera agregación supone una adaptación de esta idea a nuestra situación.

El segundo indicador compuesto se construye utilizando la integral de Choquet, mediante dos aproximaciones novedosas que consisten en construir la función de capacidad a partir de la descomposición exhaustiva de la varianza y en los índices de Sobol obtenidos en la fase de análisis de sensibilidad del primer indicador de eficiencia docente.

El tercer indicador aprovecha el cálculo de las funciones de capacidad para obtener los índices de Shapley y utilizarlos como pesos comunes.

La elección de un indicador compuesto u otro depende del nivel de tolerancia del decisor a valores bajos en alguno de los indicadores que se agregan en el indicador compuesto siendo el índice orness una medida de esta tolerancia.

Es pertinente indicar que en el desarrollo de la tesis se han presentado con detalle los resultados obtenidos en la medición de la eficiencia docente de los profesores del área administrativa, sin embargo, se ha trabajado con cada una de las cuatro áreas académicas en las que se distribuye la función docencia de la Universidad. Los resultados han mostrado claramente el por qué se ha llegado a concluir que el escenario 8 es el escogido para realizar los siguientes análisis y también es el punto de partida para el establecimiento del escenario 9 con los valores normalizados y las consideraciones con respecto a la clasificación y distinción entre inputs y outputs.

Un apartado final es el que recoge las conclusiones a las que se aborda después del desarrollo de toda la investigación, ocasión en la que también nos ha permitido establecer la necesidad de continuar con un proceso de investigación en esta línea de manera que este modelo de evaluación sea acogido por todos los actores involucrados en la UTPL y luego sea compartido con otras instituciones.

Varias son las líneas futuras de investigación respecto a la función que el profesor universitario cumple en una institución de educación superior, por ello uno de los primeros aspectos a ampliar esta investigación se encuentra el considerar una evaluación de carácter integral de manera que se tomen en cuenta todas las actividades que un profesor cumple en la Universidad.

Un elemento clave es la recolección de la información y la definición clara de las variables que permitan medir con objetividad el accionar de los profesores de manera individual y lograr también que con instrumentos validados y de carácter objetivo el proceso de evaluación del desempeño sea considerado como una oportunidad para el mejoramiento continuo y permanente y no como una posibilidad de castigo.

CAPÍTULO 1

**LA FUNCIÓN DOCENCIA EN LAS
INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

1.1 Introducción

La necesidad creciente de analizar el papel que desempeñan las instituciones de educación superior, en cuanto a su responsabilidad de asegurar una mejora permanente de la calidad de vida de la población, ha llevado a organismos internacionales y a muchos investigadores del tema a reflexionar sobre las acciones que se desempeñan tanto a lo interno de las instituciones como por los gobiernos, con la finalidad de asegurar la calidad de formación de los nuevos profesionales que entregan las universidades a la sociedad.

No es de ninguna manera despreciable la cantidad de eventos que se han organizado con la finalidad de analizar el papel de las universidades en el desarrollo social, así se han organizado conferencias a nivel mundial y regional para tratar los temas emergentes que se han considerado importante ser discutidos, buscando así alternativas de respuesta para el mejoramiento del sector al que se orientan las acciones. Uno de los aspectos que concitan un mayor consenso es la importancia de la labor docente para lograr un efectivo aprendizaje de los estudiantes, sin embargo hay múltiples aproximaciones a la medición de la labor docente y una generalizada falta de información desagregada sobre los resultados de la misma.

En este marco, el presente capítulo tiene como finalidad:

- Situar al lector en la importancia de las instituciones de educación superior y, dentro de las mismas, en el papel que juega el docente universitario como formador de nuevos profesionales.

Partiendo de lo que significa la universidad como organización social y su evolución, vamos a identificar la necesidad de iniciar un proceso de evaluación del accionar de cada uno de los docentes que participan como gestores de formación, considerando su actuar como persona.

Si bien existe una literatura abundante sobre lo que significa la función de docencia y el papel que ésta desempeña dentro del accionar como institución, son reducidos los estudios que abordan el grado de eficiencia con el que actúa cada uno de los docentes, considerados como unidades de decisión.

En este capítulo, se muestra la importancia de identificar los niveles de eficiencia con el que actúa un docente y considerando los aportes valiosos de diferentes autores, se identifican las competencias que se requiere desarrollar para que el docente no se limite a ser un simple transmisor de lo que sabe sino facilitador en el proceso de desarrollo de las habilidades y destrezas en sus alumnos.

1.2 Una reflexión sobre lo que es la Universidad

Sabemos perfectamente lo que es la universidad y cómo se ha originado, de manera que mal podríamos transcribir definiciones sobre la misma, cabe más bien considerar y reflexionar sobre el significado y la importancia que ésta tiene en el contexto donde se desenvuelve.

La responsabilidad que intrínsecamente les ha sido otorgada a las instituciones de educación superior, en cuanto responsables de la formación de los nuevos profesionales comprometidos con el desarrollo social, político, económico del medio en el que habitan, ha venido siendo objeto de una revisión permanente, especialmente en cuanto al logro de los objetivos que determinan su actuar y el alcance de su misión institucional.

Cierto es que, muchos fenómenos han afectado al desarrollo y crecimiento de los países de las distintas regiones, el hablar de la globalización, de los conflictos regionales, entre otros se podrían identificar como las causas por las que la brecha entre los países se fue acrecentando hasta cierto momento. Ahora mismo, podemos decir que esas diferencias cada vez son menores y de ello gran importancia tiene el papel que las instituciones de educación superior (IES), han jugado y juegan en la mejora sustancial de los procesos de formación de la población, considerando todos los aspectos que son requeridos para la mejora de su bienestar.

Precisamente, desde sus inicios el papel de las instituciones de educación superior, ha sido determinante en lo que a desarrollo de la sociedad se refiere, podemos decir que en algún momento, esto pudo haber sufrido desviaciones debido a la misma dinámica que un proceso de carácter social conlleva, pues han aparecido requerimientos como la libertad de acceso a la educación o como la igualdad de oportunidades, que han sido mal concebidos y por ende han llevado a un crecimiento desordenado de las organizaciones educativas, sin considerar que deben responder, no solo a un incremento en el número de estudiantes sino más bien a una necesidad de orden socioeconómico.

En este contexto, son importantes y significativos los retos actuales de las Universidades para construir una sociedad más próspera, justa y solidaria basada en un modelo de desarrollo humano integral sustentable, dado que su misión es formar a profesionales que vayan a servir a la sociedad, esto tiene que ver con profesionales actualizados y comprometidos con el progreso y desarrollo social.

La Declaración de la Conferencia Regional de Educación Superior de América Latina y el Caribe (2008), expresa con claridad las exigencias a las que están sometidas dichas instituciones en lo referente a la docencia, investigación, la extensión y gestión institucional. En un mundo donde el conocimiento, la ciencia y la tecnología juegan un papel de primer orden, el desarrollo y el fortalecimiento de la Educación Superior constituyen un elemento insustituible para el avance social, la generación de riqueza, el fortalecimiento de las identidades culturales, la cohesión social, la lucha contra la pobreza y el hambre, la prevención del cambio climático y la crisis energética, así como para la promoción de una cultura de paz.

Para adentrarnos en el tema central de esta investigación, es necesario realizar un acercamiento sobre las funciones que cumple la Universidad, para que nos centremos en la Docencia como función y dentro de ella pensar en la figura del Profesor como un elemento clave y central de la actividad universitaria.

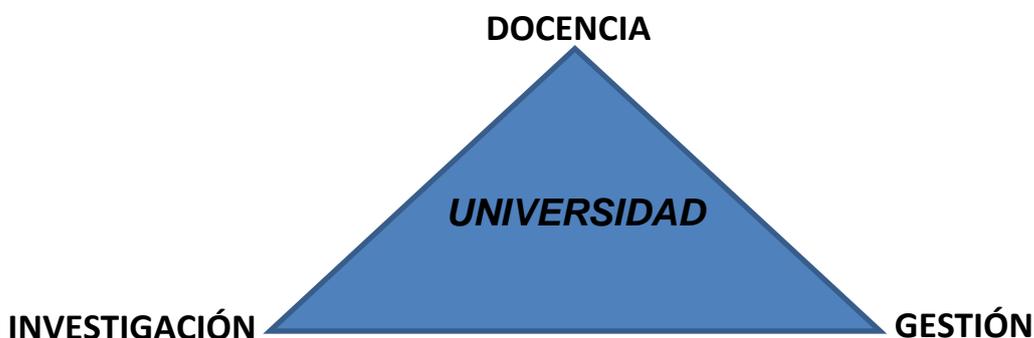
1.3 Funciones de la Universidad

La educación superior está relacionada con el mundo del trabajo y de la cultura; forma expertos y desarrolla los conocimientos que el mundo del trabajo necesita.

Sin pretender llegar a establecer una nueva definición sobre lo que es la Universidad, coincidimos con el planteamiento de García y Estebaranz (2003), cuando se refieren a las universidades como aquellas instituciones que agrupan el conjunto de las funciones tradicionales asociadas al progreso y a la transmisión del saber: investigación, innovación, enseñanza y formación, educación permanente, agregándole a ello la cooperación internacional.

Desde sus orígenes, se ha reconocido a la Universidad como aquella institución que cumple con tres funciones principales, Docencia, Investigación y Gestión, las que forman un triángulo simbólico equidistante.

Gráfico 1. 1: Funciones de la Universidad



En la Declaración final de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior desarrollada en el 2009, entre las conclusiones relevantes, destacan la importancia que tiene para el desarrollo de los pueblos la educación y la investigación, al manifestar que:

Los centros de educación superior, en el desempeño de sus funciones primordiales (investigación, enseñanza y servicio a la comunidad) en un contexto de autonomía institucional y libertad académica, deberían centrarse aún más en los aspectos interdisciplinarios y promover el pensamiento crítico y la ciudadanía activa, contribuyendo así al desarrollo sostenible, la paz y el bienestar, así como a hacer realidad los derechos humanos, entre ellos la igualdad entre los sexos. (UNESCO, 2009)

Por otro lado en la misma Conferencia, se ha considerado la necesidad de asegurar la calidad de los procesos de formación, pues claramente se establece que si bien debería existir facilidad de acceso por parte de la población y que deberán considerarse los aspectos como la equidad y la justicia, también se manifiesta que:

La ampliación del acceso plantea un desafío a la calidad de la educación superior. La garantía de calidad es una función esencial en la enseñanza superior contemporánea y debe contar con la participación de todos los interesados. Es una tarea que exige tanto la implantación de sistemas para garantizar la calidad como de pautas de evaluación, así como el fomento de una cultura de la calidad en los establecimientos.

Las instituciones de educación superior cuentan con un elemento indispensable que es parte integrante del talento o factor humano que disponen, el cual no es uno más,

sino el principal de los que intervienen en los procesos universitarios, me refiero al Profesor.

En esa línea, otro de los acápites de la Declaración de la Conferencia Mundial, establece:

Los criterios de calidad deben reflejar los objetivos globales de la educación superior, en particular la meta de cultivar en los alumnos el pensamiento crítico e independiente y la capacidad de aprender a lo largo de toda la vida. Dichos criterios deberían estimular la innovación y la diversidad. Para garantizar la calidad en la enseñanza superior es preciso reconocer la importancia de atraer y retener a un personal docente y de investigación calificado, talentoso, y comprometido con su labor.

En cierta forma se podría decir que sin los docentes no existen las universidades, son su columna vertebral y sujetos claves en la construcción de una nueva sociedad.

En la Conferencia Regional sobre la Educación Superior de América Latina y el Caribe, 2008, se reconoce al cuerpo docente como actor fundamental del sistema educativo, garantizando su formación, capacitación permanente, adecuadas condiciones laborales y regímenes de trabajo, salario y carrera profesional que permitan hacer efectiva la calidad en la enseñanza y la investigación.

La docencia es una de las actividades visibles del trabajo y la responsabilidad que ello conlleva, pues representa el espacio que justifica el ser de la Universidad. Mediante la función docencia, la universidad prepara nuevos profesionales, recicla a los que están en activo o contribuye a la formación personal de aquellos que desean aprender más, aunque solo sea por saber.

Siendo un sistema organizado, influye y recibe influencias de su entorno, si bien existen componentes internos, también hay factores externos que de una u otra manera, configuran a la organización universitaria.

Cierto es que debemos considerar que cada institución tiene sus características propias y que cada una va evolucionando en función de diferentes factores, sin embargo de ello, existen elementos comunes que identifican su accionar y que además tiene que ver con el entorno en donde se desenvuelve, aquí podemos decir, existirán diferencias significativas si consideramos la brecha existente entre los países desarrollados y en vías de desarrollo.

Precisamente en esa dirección las Conferencias tanto Regionales como Mundiales sobre Educación Superior, se han convertido en el espacio de discusión sobre cuáles deberán ser las líneas de acción que tanto los gobiernos como las propias

universidades tienen que seguir para aportar a la disminución de la brecha de conocimientos y desarrollo existente.

En los últimos años, se ha generado una constante preocupación por la mejora sustancial en su gestión, de allí que el nivel de capacitación de su personal y los resultados en el ámbito de la investigación han sido crecientes a través de la conformación de distintas redes de cooperación interinstitucional.

Malagón Plata (2003), al hablar de la pertinencia de la educación superior, considera que *la pertinencia de la educación superior hoy se hace más viable a partir de una mayor permeabilización del sistema universitario al sistema productivo y ello como resultado también de que ambos sistemas manejan un lenguaje común: flexibilidad, calidad, competitividad, resultados, productividad.*

Surge así la necesidad de que todos los procesos que se desarrollan en las instituciones de educación se ubiquen en el espacio de la evaluación y gestión de la calidad, de los cuales la función docente no puede estar relegada, más por el contrario viene a ser la principal fuente de información que determina el rumbo seguido por todas las instituciones que forman parte del sistema universitario del país, llegando así a la evaluación de la acción desarrollada por cada uno de sus actores.

Así como los estudiantes han tenido que pasar por un proceso de evaluación para ser acreditados como nuevos profesionales, así mismo, se requiere considerar el actuar de los profesores en el cumplimiento de su función y responsabilidad como tal.

Otro aspecto importante que conviene resaltar aquí, es el referido a la necesidad de volcar la atención sobre la función docente, conforme lo señala Tünnermann Bernheim (1998), *un punto clave de la "nueva visión" de la educación superior es la revalorización de la función docente en las Universidades, a veces un tanto menospreciada frente al prestigio de la función investigativa. Sin desestimar la investigación como una de las tareas relevantes, es necesario llevar a cabo esfuerzos especiales para renovar los métodos de enseñanza- aprendizaje y destacar el lugar de la docencia en el quehacer general de la Universidad.*

Aunque no se podría hablar de preminencia de una u otra función, siendo un sistema, las tres son importantes y se interrelacionan entre sí para lograr el cumplimiento de la misión institucional, sin embargo, la dinámica de las necesidades sociales ha llevado a las universidades especialmente latinoamericanas a plantear la urgente necesidad de formar a su personal docente con la finalidad de que no suceda precisamente lo que nos dice Vázquez García (2015), que *el profesorado enfrenta desafíos enormes relacionados, entre otros, con la renovación de los métodos docentes, el aumento de tareas, las nuevas dinámicas de interacción con los alumnos o la necesidad de manejar nuevos soportes y lenguajes relacionados con las nuevas tecnologías, que comportan unos niveles de exigencia cada vez más elevados. En ocasiones, se tiene*

la sensación de que en la era de la Red contamos con profesores “sin red”; profesores sin recursos como el último, el único recurso, como eslabón final de la cadena sobre el que recaen las exigencias de un proceso sin resortes ni ayudas, asumiendo “solos ante el peligro” el sobreesfuerzo y las responsabilidades que el sistema no es capaz de proporcionar ni de resolver.

En el escenario formativo universitario se entrecruzan diversas dimensiones, en este caso, se identifican cuatro grandes ejes vertebradores de la actuación formativa que se lleva a cabo.

Esta actuación viene marcada por un doble espacio de referencia: el espacio interno (lo que se denominaría el mundo universitario) y el espacio externo (que se corresponde con las dinámicas de diverso tipo externas a la Universidad pero que afectan su funcionamiento).

1.4 Actores de la función docencia

El contexto institucional, los contenidos de las carreras, los profesores y los alumnos constituyen los cuatro vectores del escenario didáctico universitario desde la visión hacia adentro. Las políticas de educación superior, los avances de la ciencia, la cultura y la investigación, los colegios profesionales y el mundo del empleo son los ejes externos que inciden de manera directa en el sentido y la gestión universitaria.

En el contexto interno de la gestión universitaria, centraremos nuestra atención en el análisis de la docencia como eje principal de la actividad institucional, considerando a la misma, no solo como la presencia del profesor, sino más bien como el espacio en el que van a actuar los profesores, los alumnos y la planificación curricular en las diferentes áreas del conocimiento. La gestión de la docencia no recae ni tiene porqué recaer exclusivamente en el docente como tal, si bien es lo visible de la función, no es lo único.

Los resultados que se obtienen de la gestión docente, se encuentran muy bien relacionados con la gestión administrativa que se realiza en la unidad académica como tal.

La unidad académica responsable de un programa, considera en su gestión la trilogía que conforma la función de docencia:

- La planificación curricular
- Los alumnos
- Los profesores

Veamos brevemente a qué nos referimos con cada una de estas partes que se constituyen en los actores de la función.

1.4.1. Planificación curricular

Partiendo del eje central que sería la planificación curricular, aquí se enmarcan todas las opciones u ofertas académicas debidamente estructuradas, de donde nacen las actividades que diseñan, desarrollan y evalúan los actores principales, esto es los profesores y a quienes están dirigidas es decir, a los alumnos o estudiantes.

La docencia tiene que ver con la forma como cada universidad, facultad o departamento, diseña y desarrolla un currículo formativo dirigido a un conjunto de alumnos y bajo la responsabilidad de un cuerpo docente adecuadamente preparado para el efecto.

El plan curricular, corresponde al total de las experiencias de enseñanza-aprendizaje que deben ser cursadas durante una carrera e involucra la especificación del conjunto de contenidos seleccionados para lograr ciertos objetivos, así como para organizar y estructurar la manera en que deben ser abordados dichos contenidos, su importancia relativa y el tiempo previsto para su aprendizaje.

La planificación curricular dentro de la gestión académica, es importante ya que se constituye en el marco referencial de la actividad docente y de las relaciones que se vayan a establecer entre los alumnos y los profesores, a través de los medios más adecuados de manera que se puedan lograr los objetivos en él previstos.

De igual forma la necesidad de evaluar el funcionamiento de la institución y el cumplimiento de las líneas de desarrollo estratégico de cada uno de los países de la región, ha determinado la preocupación constante por identificar el grado de pertenencia y compromiso con la labor de quienes son los actores fundamentales para el cambio.

1.4.2. Los alumnos

A la vez que actores principales, serán los beneficiarios directos de la planificación curricular y de las acciones que desarrollan los docentes como responsables en la conducción del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Así mismo, podemos decir que, son aquellos sobre los cuales desembocan la planificación y gestión académica del docente como el elemento cercano en la relación de enseñanza.

Los alumnos son la principal fuente de información de donde podemos conocer sus habilidades, sus actitudes y valores y sobre todo los conocimientos que mantienen. Son ellos quienes nos pueden indicar el grado de satisfacción sobre la enseñanza recibida, así como sobre la gestión y funcionamiento de los recursos universitarios disponibles.

Es importante destacar también, que los alumnos nos permiten aprender de ellos en cuanto cada uno tiene diferentes estilos de aprendizaje y por tanto esa comunicación con el profesor le permite indagar sobre las mejores estrategias que lo conduzcan hacia la consecución de los objetivos previstos en la planificación desarrollada.

1.4.3 Los profesores o docentes

Cualquiera sea la forma de llamarlo, este actor constituye un elemento de vital importancia para llevar a plenitud el ejercicio de la misión académica de la institución a la que se pertenece.

Para el caso de las universidades, serán quienes tengan la responsabilidad de llevar a cabo la planificación curricular que determina a su vez la dotación de profesionales en las diferentes áreas que requiere la sociedad y que por tanto van a transformar o mejorar el entorno en donde desarrollan sus actividades.

Siendo, si bien no el único, pero si uno de los responsables de llevar adelante la función docente de la universidad, deberá contar con las herramientas necesarias como para poder desarrollar de buena forma el proceso de enseñanza.

Comprender la función de docente, implica comprender que no sólo son las actividades que el profesor realiza cuando está en clase con sus alumnos; supone un conjunto de actividades, pre, inter y post-activas que debe realizar para asegurar el aprendizaje de sus alumnos.

La enseñanza universitaria presupone la integración de un conjunto de conocimientos, métodos y técnicas científicas. Exige considerar la integración del proceso de enseñanza aprendizaje con la actividad investigadora, supone crear y recrear en las clases diferentes situaciones de aprendizaje, es indispensable que el profesor universitario se convierta en el referente para sus alumnos.

Como bien lo refieren Ferrer & Gonzalez (1999), la búsqueda de la calidad de la docencia, viene condicionada por la propia concepción de la profesión docente por parte del profesorado, aquí se mencionan dos pensamientos que se podrían tener de lo que significa ser un profesor universitario, el primero referido a ser un *simple transmisor de conocimientos*, con lo que lo importante es la simple transmisión del mismo saber; y el otro, que considera a la docencia como una *profesión de elevada complejidad* ya que no solo debe ser un conocedor de los contenidos de la asignatura que imparte, sino que debe contar y hacer uso de diferentes herramientas técnico-metodológicas dirigidas para que el alumno aprenda y desarrolle las competencias con las que su asignatura aporta en la formación de este nuevo profesional.

Zabalza (2003), también considera que la tradicional misión del docente como transmisor de conocimientos ha quedado relegada a un nivel secundario para priorizar fundamentalmente su papel como facilitador del aprendizaje de sus estudiantes.

Ello requiere que el docente universitario no sea el profesional del área, recordemos que en la mayoría de los casos, los docentes universitarios no hemos sido formados para ser docentes sino para desarrollarnos como profesionales en el ámbito de la carrera, por ello se requiere que el docente para ser un formador de nuevos profesionales, adicional a los conocimientos específicos, cuente con una formación que le permita cumplir con su labor como tal, no solo transmisor sino formador.

Si enseñar es la función que desarrollan los profesionales de la docencia, cabe suponer que ése es el ámbito en cuyo dominio un buen profesor de universidad ha de demostrarse competente. (Zabalza, 2009)

Esto implica, que el profesor universitario desarrolle competencias que vayan relacionadas a saber:

- Identificar lo que el alumno sabe y lo que necesita saber.
- Establecer una buena comunicación con sus alumnos, saber explicar las cosas de manera que se le entienda y establecer una adecuada relación con ellos.
- Manejarse en el marco de las condiciones y características que presenta el grupo con el que le corresponde trabajar a fin de estimular su aprendizaje, pensamiento y trabajo en grupo.

Surgen de esta manera algunas de las competencias fundamentales que un profesor universitario debería desarrollar, así lo mencionan algunas investigaciones referidas por Moses (1985); se destacan las siguientes que además se consideran como generales para todas las instituciones de educación superior, independientemente del lugar en donde se desarrolle la actividad.

- Alto nivel de competencia en su materia
- Habilidades comunicativas (buena organización de los temas, claridad en su exposición, materiales bien desarrollados y diseñados, etc.)
- Implicación y compromiso en el aprendizaje de los estudiantes: buscar cómo facilitarlos, estimular su interés, motivar su actuación.
- Interés y preocupación por los estudiantes a nivel individual.

La necesidad que surge entonces, es dar respuesta a las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿en qué medida cada uno de los profesores han desarrollado esas competencias?
- ✓ ¿en qué nivel o medida, estas competencias se han puesto en práctica en favor de la actividad docente?

Para dar respuesta a estas interrogantes, se requiere el establecimiento de medidas que muestren con claridad el nivel de eficiencia con el que cada uno de los profesores estamos actuando en el cumplimiento de la actividad encomendada.

Hasta ahora los procesos de evaluación y gestión de la calidad, han mirado a la función docente como un todo, sin considerar el papel que está desempeñando cada uno de los profesores en el marco del desarrollo de las competencias en sus estudiantes.

En los distintos países, los organismos encargados de regular la actividad institucional en cuanto a educación superior se refiere, se han preocupado por el establecimiento de indicadores que reflejen el cumplimiento de los planes de desarrollo institucional de manera macro, pero no se ha observado la existencia de investigaciones que reflejen a través de indicadores cuantificables el nivel de desempeño de cada uno de los profesores dentro de la universidad.

Por ello, esta investigación centra su atención en la necesidad de evaluar el quehacer del docente universitario, para medir la eficiencia de cada uno de manera que permita a las autoridades gestoras del desarrollo institucional establecer líneas de acción referentes a lo que he mencionado antes, dotar a los profesores universitarios de las herramientas técnico-metodológicas acordes al mejor desempeño de la función como formadores de nuevos profesionales.

Para medir la eficiencia, se requiere conocer su significado, por ello en el siguiente acápite nos introducimos en el estudio de lo que significa la eficiencia para posteriormente considerar las formas en las que se puede medir, así como los aspectos que se deberán tomar en cuenta.

CAPÍTULO 2

APROXIMACIÓN TEÓRICA AL ANÁLISIS DE EFICIENCIA

2.1. Introducción

El ambiente dinámico y competitivo en el que se desenvuelve la sociedad, implica que las organizaciones (de cualquier índole), se preocupen porque las actividades que desarrollan lleven impregnado el sello de la calidad a través de un eficiente desempeño por parte de todos quienes son sus integrantes.

En este sentido, el análisis de la eficiencia cobra singular importancia, porque se podría considerar como un aspecto subjetivo, sin embargo es necesario llegar a establecer mediciones de la misma en cuanto a los avances que se han generado por parte de las personas que desarrollan las actividades que deban ser evaluadas.

La educación superior se encuentra inmersa en esta necesidad de medir y evaluar la forma en que cada uno de sus componentes contribuye para la formación de los nuevos profesionales que intervendrán directa o indirectamente en el desarrollo de su entorno social, político y económico.

El accionar del profesor universitario como formador de nuevos profesionales, adquiere enorme importancia; pues, sabemos que de su actuación depende el desempeño y rendimiento de los estudiantes que se encuentran bajo su responsabilidad. Podemos afirmar sin temor a equivocarnos que el último eslabón de la cadena de formación del ser humano, es la Universidad, y por ende, todos los actores involucrados requieren desarrollar sus funciones en los mejores términos y de la forma que la sociedad espera, no solo para los actuales momentos sino de forma prospectiva.

En este sentido, surge la inquietud respecto a la eficiencia con la que un profesor universitario desarrolla su función como formador de nuevos profesionales. Este es precisamente el punto de interés de esta investigación, identificar el desempeño de un profesor desde el punto de vista de la eficiencia que debe lograr en su actuar.

Hablar de análisis de eficiencia, nos lleva en primer lugar a identificar con claridad ¿qué es lo que entendemos por eficiencia? y ¿cuáles son los aspectos que se deben considerar? pues, en algunos casos se realiza un uso indiscriminado de los términos eficiencia, eficacia, calidad e inclusive productividad y se consideran como sinónimos, más al contrario cada uno de ellos tiene un alcance y repercusión propios de manera que conviene para nuestros efectos, empezar por definir lo que significa la EFICIENCIA y además tomar en cuenta todos los aspectos que encierra dicho concepto.

¿Qué entendemos por EFICIENCIA?

Existen algunas concepciones respecto al término Eficiencia.

Dado que el interés en esta investigación es el determinar la eficiencia con la que desempeña sus funciones el profesor universitario, conviene realizar una aproximación a lo que se ha escrito respecto a este ámbito así como también los aspectos que tienen que ver con la medición de la misma, de forma tal que se lleguen a establecer indicadores que permitan a su vez realizar comparaciones entre los diferentes actores (en este caso profesores) de una misma titulación o área académica en particular, eliminando así todos los aspectos subjetivos que pueden influir en el resultado, puesto que es una actividad que considera muchas variables.

También conviene mencionar que de la revisión que se ha realizado sobre este tema, es claro que existe inclusive cierta mala aplicación del término y en muchas ocasiones se lo ha utilizado como sinónimo de Eficacia o Productividad; sin embargo cada uno de los términos tiene su alcance y ámbito muy bien definido.

2.2. Eficiencia

Quizá el término con el que se realiza un mayor uso indistinto es el de la ***eficacia***, entendamos a ésta como la capacidad de establecer y lograr metas preestablecidas mientras que con ***eficiencia*** nos referimos a la capacidad de obtener objetivos por medio de una relación deseable entre inputs y outputs o, en otros términos, la existencia de máxima productividad de los inputs empleados y/o de mínimo coste de obtención del producto.

Algunos autores han referido un análisis sobre lo que significa la Eficiencia, y aunque sean diferentes los campos de aplicación en los que se ha considerado al mismo, son elementos comunes que nos llevan al *análisis de los resultados obtenidos como producto de la combinación de diferentes factores productivos*, así entonces en este concepto se establece la relación entre las entradas y lo que se genera con las mismas al combinarse entre ellas a través de un proceso determinado.

Al poseer diversas interpretaciones sobre el significado y alcance de la eficiencia, se requiere delimitar la acepción que se pretenda utilizar en una investigación.

Según Gaiger (2004), el concepto de eficiencia genéricamente se refiere al grado de efectividad de los medios empleados en un determinado proceso para alcanzar un objetivo o generar el resultado buscado, es decir, se refiere a la relación medios-fines.

El tema de la eficiencia, no es de manejo exclusivo para el ámbito de las ciencias económicas, sino que se aplica en cualquier actividad, de manera que la aplicación y las investigaciones que se realizan al respecto han tenido un comportamiento creciente.

En su análisis sobre la eficiencia Trillo del Pozo (2002) indica que la función de producción que describiría un proceso de fabricación resulta mucho más compleja de obtener, en gran medida debido a que las tareas de organización y gestión dependen de factores psicológicos como la motivación de los trabajadores o la preparación de los empresarios. Farrell (1957), sugiere una medición de la eficiencia de las industrias a partir de una función establecida por los mejores comportamientos existentes en la muestra de unidades evaluadas.

Uno de los conceptos asociados al tema de la eficiencia se refiere al Óptimo de Pareto que se considera a aquel escenario en el que no es posible mejorar la situación de un individuo, agente o unidad de análisis, sin disminuir a otro individuo, agente o unidad de análisis. Conviene explicitar entonces que cuando estamos considerando una unidad de análisis como eficiente, solamente podrá renunciar a alguno de los insumos para poder ampliar el uso de otro de los insumos, pues no se podría incrementar el uso de los dos porque ello significa que la unidad analizada no estaba haciendo un adecuado uso de todos los insumos.

Farrell (1957), al hablar sobre la eficiencia y su medición, identifica dos dimensiones, la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa, de modo que a partir de estas dos dimensiones llegamos a obtener la eficiencia global.

La **eficiencia técnica** busca evitar el desperdicio de recursos utilizando más factores de los necesarios para producir una cantidad dada de salidas, o producir menos de lo que se esperaría dada la cantidad de recursos (Barbosa, 2010).

Coll & Blasco (2006), consideran a la eficiencia técnica como la capacidad que tiene una Unidad para obtener el máximo output a partir de un conjunto dado de inputs. Ésta se obtiene al comparar el valor observado de cada unidad con el valor óptimo que viene definido por la frontera de producción estimada.

De acuerdo a Fuentes Pascual (2000), la eficiencia técnica contempla la relación entre las cantidades de insumos y productos y no sus valores, estableciendo además que la proporción de factores de una asignación eficiente puede variar si se modifica la

técnica de producción pero no si cambian los precios y/o las productividades marginales.

En la actividad de producción de una empresa se origina una situación de eficiencia técnica cuando la empresa produce en su función de producción o lo que es lo mismo cuando obtiene un nivel dado de output con la mínima cantidad de inputs con la que es posible producir (Murillo Melchor, 2002).

A criterio de Cordero (2006), la eficiencia técnica se refiere a la idea de evitar el desperdicio de los recursos sea utilizando más factores de los necesarios para producir una cantidad de outputs o a su vez produciendo menos de lo que cabría esperar dada una dotación de recursos o inputs. Por ello establece que la eficiencia técnica puede tener una orientación hacia la maximización del output o a la minimización de los inputs.

La **eficiencia asignativa**, constituye la capacidad que tienen las unidades productivas para combinar los recursos o productos considerando los precios y sus costos de manera que se consideran no solamente las cantidades de producto sino también el aspecto monetario.

Para una empresa o para cualquier unidad de análisis, lo que le interesa es conocer no solamente cuánto se produce con los recursos o insumos que está empleando y cómo lo está haciendo, sino que también le interesa cuánto le está costando y si eso es ventajoso para la empresa de acuerdo a sus objetivos. Esta, podríamos decir es la diferencia que se determina entre la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa, no una diferencia que marque distancia sino más bien la complementariedad de las dos para llegar hacia la eficiencia global.

Existen varios desarrollos respecto a la eficiencia, Koopmans (1951) define a la eficiencia técnica como un vector compuesto por entradas y salidas donde no es posible mejorar sin disminuir a la otra parte. El aporte de Debreu (1951), citado por Ray (2004) se encuentra en la identificación del coeficiente de utilización de los recursos, que se constituye en la máxima reducción equiproporcional posible de todos los recursos que puede alcanzarse para un nivel de resultados dado. Así mismo Farrell (1957) define a la eficiencia global como el producto de la eficiencia técnica y eficiencia asignativa, es decir, se considera que un proceso es **eficiente en forma global** cuando se han alcanzado tanto la eficiencia técnica como la eficiencia asignativa.

Gráficamente la eficiencia técnica se puede mostrar a través del conjunto de puntos frontera de producción, de manera que quedan diferenciados los espacios de las asignaciones eficientes (aquellas ubicadas sobre la función de producción) y las asignaciones ineficientes (situadas por debajo de la misma); existirán además aquellas

combinaciones imposibles que serían todas las que se encuentran localizadas más allá de la frontera de producción.

Al citar a Lindbeck (1971), Fuentes Pascual (2000), retoma el análisis de éste en el sentido de considerar las dimensiones estática y dinámica de la eficiencia. En el caso de la eficiencia asignativa, en su versión estática, coincide con la optimalidad paretiana, a diferencia de la dimensión dinámica en la que fuerza a que los inputs se agrupen en función de los gustos de los individuos ocasionando que la curva de transformación se expanda.

Me parece importante el análisis en el que se establece que la eficiencia técnica en su versión estática tiene una acepción macroeconómica y una microeconómica. La primera implica una reasignación de los recursos productivos para alcanzar un punto en la curva de transformación de una economía, mientras que en la microeconómica se hace referencia a la ubicación de cada unidad productiva en el conjunto de producción.

En el caso de la versión dinámica, se hace necesario el cambio de nuevos métodos de producción así como el incremento y dispersión de los nuevos outputs. Para la eficiencia técnica se considera el análisis desde el punto de vista de los inputs y de los outputs. En el caso de los inputs se consideraría la cantidad mínima para producir un determinado nivel de output; mientras que, desde el punto de vista de los outputs se consideraría la cantidad máxima posible que se puede alcanzar considerando una cantidad determinada de inputs.

Al hablar de la aplicación del concepto de eficiencia en el ámbito de la economía aplicada, Trillo del Pozo (2002) manifiesta que la función de producción que describiría un proceso de fabricación resulta mucho más compleja de obtener, en gran medida debido a que las tareas de organización y gestión dependen de factores psicológicos como la motivación de los trabajadores o la preparación de los empresarios. De igual manera menciona que Farrell (1957) sugiere una medición de la eficiencia de las industrias a partir de una función establecida por los mejores comportamientos existentes en la muestra de las unidades evaluadas.

En definitiva, se puede decir que sobre la definición de eficiencia, han existido varios aportes de diferentes autores en los que se han ido realizando variaciones en cuanto al enfoque de análisis o cuanto a la ejemplificación de los campos de aplicación adicionales a los criterios emitidos por Koopmans (1951), Farrell (1957), Debreu (1951) a los que suman también los aportes de Bishop y Toussaint (1966) quienes consideran que la eficiencia es la medida de control que permite evaluar las selecciones, refiriéndose a la proporción entre el valor del producto y el valor del insumo,

consideran que el método de producción es más eficiente que otro cuando rinde un valor mayor de producto por unidad de valor de insumo.

Desde otro punto de vista Banker, Charnes y Cooper (1984) plantean que la eficiencia técnica está compuesta por la “*eficiencia técnica pura*” y la “*eficiencia técnica de escala*”. La primera hace referencia a la utilización óptima de factores productivos, mientras que la segunda mide el grado en que una unidad productiva opera en la dimensión óptima, es decir, considera el tamaño de la planta y está asociada a la existencia de rendimientos variables a escala.

Considerando los aportes que distintos autores han desarrollado respecto a la definición y su conceptualización, se determinan algunas similitudes que permiten afirmar que la eficiencia técnica es *la relación entre la producción y los insumos empleados para obtenerla y que es más eficiente aquel que, haciendo un óptimo uso de los recursos, logra mayor producción por unidad de insumo teniendo en cuenta la particularidad y capacidad de su empresa*. En otras palabras, nos referimos a la maximización de la producción con un mínimo de recursos o igual a la minimización de los mismos, dado un nivel de producción a alcanzar.

2.3 Medición de la eficiencia

Para cualquier organización es importante llegar a cuantificar la eficiencia con la que actúan sus integrantes, por ello se requiere seleccionar algún método de estimación que permita conocer su comportamiento. De esta manera encontramos desde los métodos que tradicionalmente se han empleado en la medición de la eficiencia en el uso de los recursos productivos; hasta, los métodos más avanzados basados en una representación formal de la tecnología, es decir, en una función de producción.

Conforme a lo mencionado por Coll & Blasco (2006), la eficiencia económica (o global) puede ser descompuesta en eficiencia técnica y asignativa, lo que demuestra que se emplean indistintamente los conceptos eficiencia económica y eficiencia productiva; ambos conceptos engloban al de eficiencia técnica.

Como queda establecido, la eficiencia técnica se refiere a la habilidad de obtener el máximo producto posible dados una canasta de factores de producción y un nivel de tecnología determinados. Específicamente, un productor utiliza las mejores prácticas posibles que le significarán el máximo nivel de producción alcanzable, que es superior que el de un productor que no hace lo mismo, dado un conjunto de factores de

producción y tecnología relativamente homogéneos. En otros términos, la eficiencia técnica alude a la habilidad de producir en la frontera de posibilidades de producción.

Veamos ahora cómo llegamos a determinar la eficiencia técnica.

Farrell (1957) proporciona una medida satisfactoria de eficiencia productiva que tiene en cuenta todos los inputs (recursos empleados) y muestra cómo puede ser calculada, considerando para el caso una aplicación a la producción agrícola de Estados Unidos.

En ese estudio Farrell parte de un caso sencillo, el de una empresa que emplea dos inputs para la obtención de un único output, bajo los siguientes supuestos:

1. Las empresas operan bajo condiciones de rendimientos constantes a escala, esto es, que el incremento porcentual del output, es igual al incremento porcentual experimentado por los inputs. En el gráfico de esta función de producción, se supone que el resultado de combinar estos inputs, se observa a través de la isocuanta unidad como el output.
2. La isocuanta es convexa hacia el origen, de pendiente no positiva, lo que indica que el incremento en el input por unidad de output de un factor, implica eficiencia técnica más baja.
3. La función de producción eficiente es conocida.

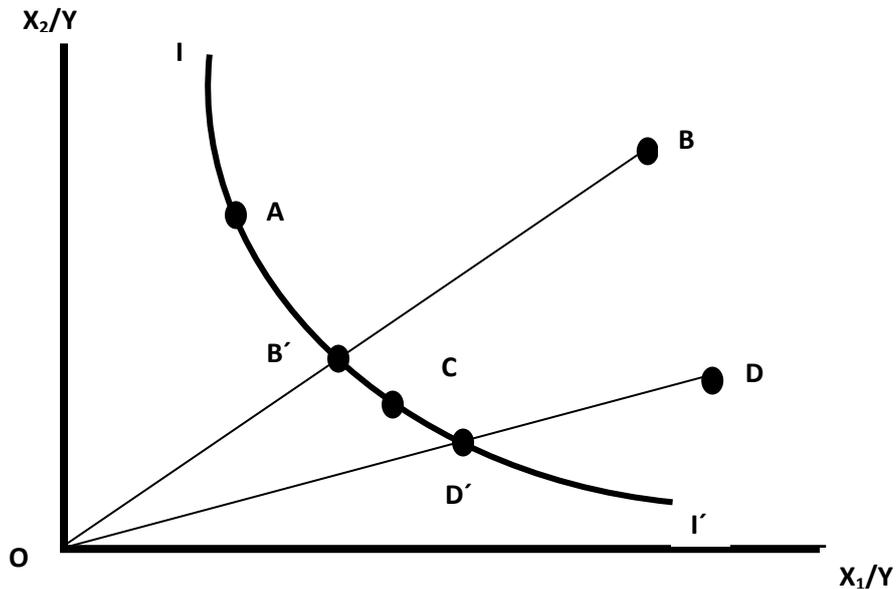
Con estos supuestos, comienza definiendo a la eficiencia técnica y pasa a considerar la necesidad de tomar los precios de los factores (eficiencia precio o asignativa) para lo que toma en cuenta a la curva isocosto, que no es más que aquella que muestra todas las posibles combinaciones de inputs que pueden adquirirse con un presupuesto establecido.

De allí establece que una empresa será perfectamente eficiente (eficiencia global), cuando demuestre eficiencia técnica y eficiencia asignativa.

2.3.1 Eficiencia técnica

Para un proceso productivo, suponemos cuatro unidades (A, B, C y D), cada una de las cuales obtiene un mismo nivel de output (Y), empleando los dos inputs (X_1 y X_2), es decir para cada una de estas unidades, al combinar los factores o inputs se puede llegar a obtener un mismo nivel de producción, aunque los costos pueden resultar diferentes combinando (X_1/Y , X_2/Y).

Gráfico 2. 1: Identificación de puntos eficientes



La curva isocuanta I' nos muestra las diferentes combinaciones de factores que resultan eficientes e ineficientes, así pues, las unidades A y C resultan ser eficientes mientras que B y D por encontrarse por encima de la isocuanta resultan ser ineficientes.

En este caso las unidades B y D que resultan ineficientes, podrían disminuir la cantidad de los inputs utilizados y seguir produciendo una unidad del output, la ineficiencia de estas unidades estaría representada por la distancia BB' y DD' respectivamente.

Numéricamente puede obtenerse la puntuación de la eficiencia (relativa), entendida como la relación entre la longitud de la línea desde el origen al punto proyectado sobre la isocuanta eficiente y la longitud de la línea que une el origen hasta la unidad considerada, de esta manera para B tendremos que la eficiencia se puede calcular a través de la siguiente relación:

$$\text{Eficiencia Técnica de B } (ET_B) = \frac{OB'}{OB}$$

Bajo este procedimiento, la eficiencia técnica podrá tomar valores entre 0 y 1. Un resultado cercano a cero, nos dirá que la unidad analizada se encuentra muy separada de la isocuanta considerada como eficiente, mientras que si el resultado es cercano a uno se puede concluir que la unidad referida se encuentra muy próxima a ser eficiente;

luego también, si el resultado es uno, quiere decir que esta unidad productiva, es eficiente.

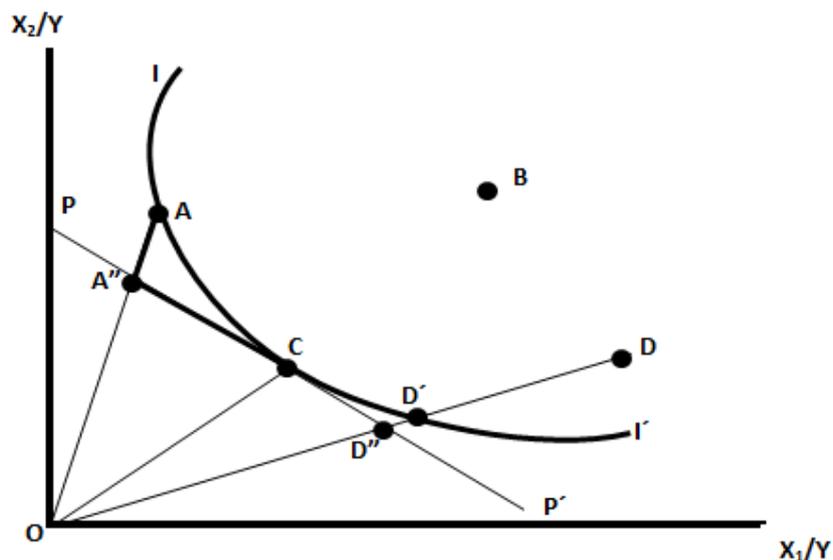
2.3.2 Eficiencia precio (asignativa)

En el análisis anterior, no hemos considerado los precios de los factores, como lo mencionaba anteriormente, Farrell los introduce en el análisis de eficiencia e identifica la denominada eficiencia precio o que también es conocida como eficiencia asignativa.

Esta dimensión de la eficiencia, se refiere a la capacidad de la unidad para usar los distintos inputs en proporciones óptimas, dados sus precios relativos. Analicemos gráficamente esta situación, considerando la curva isocosto PP' , que muestra las diferentes combinaciones de los factores que producen el mismo costo.

Por ello, la pendiente de la línea isocosto representa la relación entre los precios de los inputs X_1 y X_2 .

Gráfico 2. 2: Eficiencia precio o asignativa



Recordemos que las unidades A y C presentan eficiencia técnica; sin embargo, considerando los precios, solamente la unidad C presenta además de la eficiencia

técnica, eficiencia en los precios, en tanto que la unidad A, debería reducir sus costos en la distancia AA'' para ser también eficiente en precios.

La eficiencia precio se obtiene a través de la relación entre la longitud de la línea desde el origen hasta el punto proyectado sobre la línea isocosto eficiente de la unidad considerada y la longitud de la línea que une el origen al punto proyectado sobre la isocuanta eficiente para la unidad considerada, de manera que tomando en cuenta a la unidad A, su eficiencia precio o asignativa, vendría dada por:

$$\text{Eficiencia Precio de A } (EP_A) = \frac{OA''}{OA}$$

De igual manera, esta eficiencia toma valores entre 0 y 1, llevando el mismo análisis para los valores iguales o cercanos a cero y uno respectivamente.

Ahora bien, el análisis hasta aquí se ha realizado por separado, sin embargo, esto no sería lo adecuado puesto que lo que se requiere es establecer la eficiencia global, por ello es importante unir estos dos aspectos para obtener una sola conclusión. De esta manera llegamos a la consideración de la eficiencia global.

2.3.3 Eficiencia global o económica

Según lo describen Coll & Blasco (2006), Farrell establece que la eficiencia global o económica, sería para aquella unidad que satisface tanto la eficiencia técnica como la eficiencia asignativa o precio.

Esta eficiencia viene representada por el cociente entre la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto proyectado en la línea isocosto eficiente y la longitud de la línea que va desde el origen hasta el punto que representa a la unidad considerada.

En el gráfico 2.2, la eficiencia global o económica de la unidad D, se representa de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia Global de D } (EG_D) = \frac{OD''}{OD}$$

Para explicar mejor, esta eficiencia se descompone de la siguiente manera:

$$EG_D = \frac{OD''}{OD} = \frac{OD'}{OD} \times \frac{OD''}{OD'}$$

Este desarrollo nos muestra que la eficiencia global no es más que el producto entre la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa o de precios, y por tanto su resultado estará comprendido entre cero y uno.

En el ejemplo gráfico que hemos venido desarrollando, la unidad C, sería la única que tiene eficiencia global o económica puesto que muestra los dos tipos de eficiencia parciales.

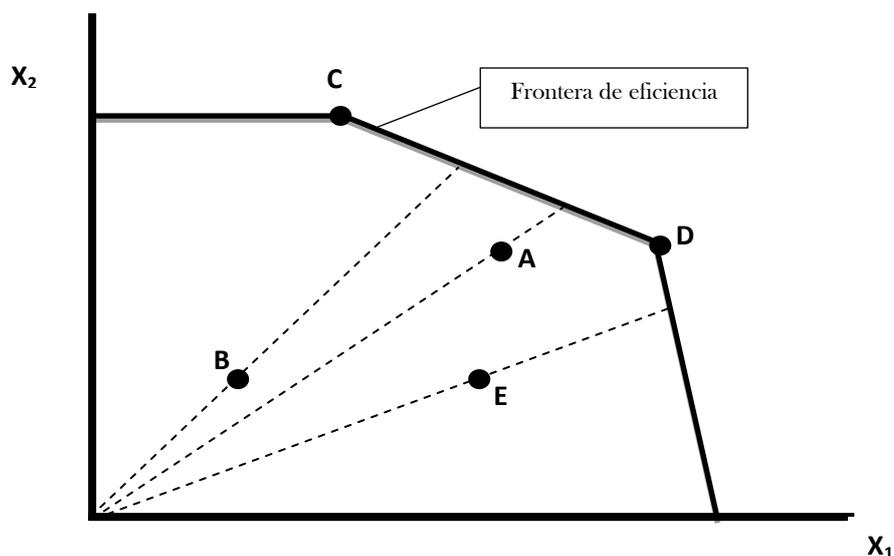
Para el caso en el que la función de producción no fuera conocida, Farrell explicitó el modo de medición de la eficiencia y su interpretación geométrica. Para ello obtuvo una expresión analítica de medida de eficiencia relativa de las diferentes unidades productivas bajo las hipótesis de convexidad de las isocuantas, rendimientos constantes a escala y pendiente no positiva de la isocuanta.

- La convexidad de las isocuantas implica que si dos puntos eran obtenibles en la práctica, entonces la combinación convexa de ambos también.
- Los rendimientos constantes a escala, suponen la existencia de una relación invariable entre la modificación de los inputs y la obtención del output lo cual supone que los procesos representados por las combinaciones de inputs y outputs de dos puntos cualquiera no interfirieran entre sí.
- La no positividad de la pendiente de la isocuanta fue necesaria para evitar que cualquier incremento en ambos factores conllevara una reducción del output.

Diez, F. (2007), nos ilustra este caso a través del siguiente ejemplo de determinación de la frontera de eficiencia de cinco unidades productivas (A, B, C, D, y E) las mismas que utilizan los factores X_1 y X_2 . Según se puede evidenciar en la representación gráfica 2.3, las unidades C y D conforman lo que se denomina la frontera de eficiencia, lo que significa que aquellas serán las más eficientes.

Por otro lado, las unidades A, B y E, serían unidades ineficientes, siendo su grado de ineficiencia mayor cuanto más alejadas se encuentren de la frontera. Según se observa la unidad B, será aquella menos eficiente porque se encuentra muy alejada de la frontera de eficiencia.

Gráfico 2. 3: Frontera de eficiencia



La preocupación de Farrell radica en la forma cómo se llega a determinar la frontera de eficiencia, de ahí que en sus análisis considera dos caminos que permiten llegar a identificar o aproximar la frontera de eficiencia porque, como bien manifiesta no es posible llegar a conocer con exactitud la función de producción. El primer camino consiste en estimar la función de producción a través de métodos paramétricos y con el segundo nos lleva a la utilización de la programación matemática.

El desarrollo de los métodos de estimación de las fronteras, se agrupan básicamente en dos bloques: los modelos que utilizan las aproximaciones **paramétricas** y los que emplean aproximaciones **no paramétricas**, de los cuales en esta investigación se analizarán más adelante el Análisis de Frontera Estocástica y el Análisis Envoltente de Datos respectivamente.

Por ahora, diremos que **las aproximaciones paramétricas** (determinísticas y estocásticas) requieren formas funcionales que especifiquen la relación entre los insumos y los productos. Se estiman los parámetros a partir de las observaciones de la realidad.

Este enfoque permite el cálculo de los parámetros mediante programación matemática o técnicas econométricas. Los modelos econométricos han sido los más empleados, en particular el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), sin embargo, la función media de producción no refleja la frontera de posibilidades de la unidad objeto de estudio.

Se han desarrollado otros métodos econométricos, tales como la Programación Matemática, Mínimos Cuadrados Ordinarios Corregidos y Máxima Verosimilitud, que

contribuyen a la determinación de fronteras estocásticas y facilitan una medición más objetiva de la eficiencia productiva al garantizar que todas las observaciones estén sobre o por debajo de la frontera de producción.

Sanhueza (2003), manifiesta que a partir de los trabajos de Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y Van Den Broeck (1977), surgen las denominadas fronteras estocásticas, motivadas en la idea de que las desviaciones con respecto a la frontera pueden no estar enteramente bajo control de la empresa analizada, y que permiten incorporar los efectos del ruido estadístico que impregna a todo dato económico y la realización rigurosa, a través de la inferencia estadística de contrastes de hipótesis relacionadas con la estructura de la tecnología y significación estadística de los índices de ineficiencia. Una de las ventajas de las fronteras paramétricas frente a las no paramétricas radica en la posibilidad de realizar inferencias estadísticas.

En las ***aproximaciones no paramétricas***, no es necesario establecer una tecnología de parámetros que determine a priori las relaciones entre los recursos y los productos, solo hay que definir ciertas prioridades que deben satisfacer los puntos del conjunto de producción, de esta forma los datos son envueltos, determinándose si los puntos pueden pertenecer o no a la frontera bajo esas prioridades.

Los modelos de naturaleza no paramétrica utilizan técnicas de programación matemática para medir y evaluar la eficiencia de las unidades de decisión. Se destacan fundamentalmente dos técnicas: la de envoltura de libre disposición (Free Disposal Hull - FDH) y el Análisis Envoltente de Datos (DEA). Ambos son métodos no paramétricos que como queda dicho no exigen la existencia de una función probabilística para su aplicación.

En los siguientes apartados, vamos a revisar los métodos de estimación de la eficiencia, considerando básicamente el Análisis de Frontera Estocástica y el Análisis Envoltente de Datos.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS PARA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA

3.1 Introducción

En las líneas anteriores, se ha establecido la necesidad de llegar a identificar la eficiencia con la que actúa cada uno de los componentes de un sistema productivo en general, más aún entonces el identificar la eficiencia con la que actúa un profesor universitario, de ahí que es importante establecer los métodos o las técnicas más adecuadas a este proceso.

Esa es la direccionalidad que tiene precisamente este capítulo, analizar la teoría sobre la medición de la eficiencia. Partimos considerando que existen dos grandes grupos en los que se ubican los diferentes métodos de medición de la eficiencia, aquellos en los que se ha definido previamente una función de producción y en el segundo grupo aquellos en los cuales la función de producción no se ha podido definir. Claro está, la elección del método a emplearse se encuentra en función al campo de aplicación y de las variables con las que se cuenta para realizar el análisis correspondiente.

Se establecen los enfoques paramétricos para aquellos casos en los que se ha definido la función de producción tipo frontera y los no paramétricos en el caso contrario de no definición de la función de producción. Para el caso de los paramétricos, el desarrollo de los métodos es muy variado, sin embargo aquí nos ocuparemos del Análisis de Frontera Estocástica (SFA) y en el segundo caso los no paramétricos de igual manera, podemos encontrar varias contribuciones en cuanto a la medición de la eficiencia, sin embargo centramos nuestra atención en el Análisis Envolvente de Datos (DEA), puesto que para el caso de la presente investigación consideramos a esta técnica como la más adecuada.

Una vez que se ha establecido el marco teórico de las técnicas a emplearse, pasaremos a la determinación de un modelo que permita medir el nivel de eficiencia en el desempeño docente del profesor universitario, considerando además que nuestra preocupación se encuentra en la aplicación al sistema de estudios a distancia.

3.2. Metodologías para la medición de la eficiencia

Conforme lo menciona Cordero (2006), los modelos de evaluación de la eficiencia pueden clasificarse en dos grandes grupos según consideren o no una función de producción tipo frontera. Mientras que los primeros (tipo frontera) estiman el valor máximo de output que puede alcanzarse en proporción a los inputs según las unidades más eficientes de la muestra; los segundos (tipo no frontera) calculan el valor medio del output que puede obtenerse dada la cantidad de inputs disponible.

De ellos, los que han encontrado una mayor aceptación entre la comunidad investigadora han sido los modelos tipo frontera, pues se adaptan mejor a la idea de comparar el comportamiento de unas unidades (ineficientes) con el de aquellas que alcanzan la máxima producción (situadas en la frontera).

De hecho, cuando hemos definido lo que significa la eficiencia técnica, precisamente se ha establecido una frontera de posibilidades de producción a partir de la cual se identifican las unidades eficientes e ineficientes y sobre todo permiten conocer los ámbitos en los cuales una unidad no eficiente debería mejorar para llegar a considerarse como eficiente, al tomar una unidad como referente, es decir llegamos a la aplicación del benchmarking.

Según Thanassoulis (2001), los métodos para la evaluación de la eficiencia pueden ser paramétricos y no paramétricos. Los primeros parten de una función de producción conocida y se dedican a estimar los parámetros a los que mejor se ajusten las observaciones de la muestra. Este tipo de métodos resultan muy adecuados cuando el proceso generador de datos sigue la función de producción propuesta, aunque pueden llegar a ser muy sensibles frente a la violación de la hipótesis de partida. Luego, tenemos el otro grupo referido a los métodos no paramétricos que también se conocen como de distribución libre ya que no se encuentran restringidos a ninguna forma funcional. Este tipo de métodos presentan pocas restricciones y permiten reconstruir la función de producción en todo tipo de situaciones.

Murillo Melchor (2002), nos explica que las funciones de producción ni los niveles de eficiencia pueden ser observados directamente, sino que se deben estimar mediante el análisis de una muestra de la población y que tradicionalmente se lo realiza mediante dos tipos de técnicas, la paramétrica y la no paramétrica. La estimación paramétrica especifica la tecnología mediante una forma funcional conocida y según se modelice la naturaleza de la perturbación aleatoria, la frontera tendrá un carácter determinístico o estocástico. Si la perturbación aleatoria del modelo incorpora únicamente desviaciones de la ineficiencia, se estarán dejando de lado los posibles shocks exógenos no controlados por la empresa o los posibles errores de medida

introducidos en los datos. Tendremos en este caso la estimación de una frontera determinística. Si por el contrario, la perturbación incluyera esa aleatoriedad además de las posibles ineficiencias de las empresas, la frontera estimada sería estocástica.

Las técnicas no paramétricas sin embargo no definen la frontera mediante una forma funcional conocida, sino que formulan las características de la tecnología mediante unos supuestos sobre el conjunto de producción. La frontera estimada es más flexible que la paramétrica y está formulada por las empresas de la muestra que producen la mayor cantidad de productos con la menor cantidad de inputs. En la mayoría de los modelos la estimación de la frontera es determinística y se utilizan técnicas de programación lineal para su estimación.

3.2.1 Métodos Paramétricos

La relación existente entre los inputs y los outputs, facilita la estimación de la función de producción mediante el uso de técnicas econométricas. Puesto que no hay una justificación teórica para especificar la función de producción mediante una única función paramétrica, el principal inconveniente de estos modelos, es que los posibles errores en la especificación pueden confundirse con la ineficiencia técnica. Su principal ventaja, en cambio radica en que son modelos econométricos y por tanto los estimadores obtenidos para la ineficiencia gozan de propiedades estadísticas conocidas.

Farrell, propuso el análisis del nivel de eficiencia seleccionando la función Cobb-Douglas. La ventaja de este enfoque es su capacidad para expresar la frontera en una forma matemática simple, el problema es que las estimaciones con estos procedimientos no tiene propiedades estadísticas (Donoso, et. al., 1999).

Los análisis de tipo econométrico han sido utilizados mayoritariamente para el estudio de la función de costos presupuestarios de las unidades públicas. En este caso presentan la ventaja de permitir la utilización de un test de bondad de ajuste de los modelos de diferentes test de significatividad de los parámetros de cada una de las variables introducidas como regresores. De igual forma, los modelos estocásticos introducen la posibilidad de estudiar errores de tipo aleatorio junto con los errores o desviaciones respecto de la frontera, imputables a ineficiencias derivadas de la gestión de los recursos.

Los modelos paramétricos utilizan una forma funcional predeterminada con parámetros constantes para construir la función de producción que posteriormente estiman mediante técnicas econométricas, excepto en algunos casos particulares en

los que se emplea la programación matemática. La eficiencia se mide con respecto a esta función estimada, que será distinta según la forma funcional especificada a priori.

En principio, estos métodos admiten la posibilidad de que existan observaciones que se sitúen por encima de la forma eficiente, algo que no admite el propio concepto de frontera. Por tanto, el principal problema que plantea el análisis empírico consiste en averiguar cuánto hay que desplazar hacia arriba la estimación media hasta alcanzar una frontera productiva.

Los modelos paramétricos más utilizados son los modelos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y el análisis de fronteras estocásticas (SFA). El modelo de mínimos cuadrados ordinarios atribuye todas las desviaciones a la ineficiencia de las unidades mientras que los modelos SFA atribuyen parte de las desviaciones a la ineficiencia y parte de ella al ruido aleatorio o estadístico.

En el **modelo de mínimos cuadrados ordinarios corregidos**, la frontera se determina por la media de los comportamientos, que posteriormente puede elevarse por diferentes vías hacia los puntos extremos. En los modelos que utilizan la optimización mediante funciones de verosimilitud se fuerza a que todos los errores sean positivos, lo que permite obtener directamente la frontera al realizar la estimación.

3.2.1.a Análisis de Frontera Estocástica (SFA)

Cuando nos referimos a los modelos que se ubican dentro de la aproximación paramétrica, a su vez se pueden considerar en función de su carácter sea éste determinista o estocástico. En el caso de los primeros atribuyen toda la desviación de la frontera a la ineficiencia técnica, de modo que su función de producción puede definirse como

$$Y = f(x) - u$$

donde u es una perturbación aleatoria que mide la distancia de cada unidad a la frontera de producción, a la que se impone una forma particular de su distribución.

En el caso de las fronteras estocásticas, consideran que las unidades evaluadas pueden verse afectadas por diversos factores al margen de la propia ineficiencia del productor, con lo que la función de producción pasa a tener la siguiente forma:

$$Y = f(x) + \varepsilon$$

donde $\varepsilon = v - u$.

El componente aleatorio v , representa a los sucesos que no son controlables por la unidad, como la suerte o posibles errores de medida derivados de la no consideración de variables significativas en el modelo, mientras que u representa una medida de la ineficiencia y se caracteriza por tener una distribución semi-normal con $u \geq 0$ para asegurarse que todas las observaciones se encuentren por debajo de la frontera de producción estocástica. Ambos errores se asumen como independientes.

El Análisis de Frontera Estocástica, fue desarrollado por Aigner, Lovell y Schmidt (1977), Meeusen y Van Den Broeck (1977), en base a una función de producción teóricamente postulada, se utilizan datos empíricos para estimar los parámetros que caracterizan dicha función. Se asume además, que parte de las diferencias entre el producto potencial y el efectivamente observado se deben no solo a un uso ineficiente de los insumos sino a shocks externos al comportamiento de la unidad productiva en análisis (Coelli, et. al. 2005).

El análisis de frontera estocástica, especifica una forma funcional que relaciona ya sea los costos, beneficios o producción con los insumos, productos y factores involucrados. Supone que las ineficiencias tienen una distribución asimétrica, generalmente semi-normal ya que éstas no pueden ser negativas, mientras que el término aleatorio sigue una distribución normal estándar. La ineficiencia estimada para cualquier unidad, se toma como la media condicional o moda de la distribución del término de ineficiencia dadas las observaciones del término de error compuesto (Hernández Arce, 2007).

Si existen N unidades de decisión que producen un producto y a partir de la utilización de j insumos denotados por x_j el SFA, consiste en estimar el siguiente modelo, donde y_i es el nivel de producto de la unidad de decisión i :

$$\ln(y_i) = \alpha_0 + \sum_j \alpha_j \ln(x_{ij}) + \varepsilon_i \quad (1)$$

con $\varepsilon_i = v_i - u_i$

$$v_i \sim iid N(0, \sigma_v^2)$$

$u \geq 0$, generalmente con distribución semi-normal;

v_i, u_i estadísticamente independientes

Para cada unidad de decisión, el término error ε_i se divide en dos componentes:

1. v_i que es el residuo atribuible a errores de medición y fluctuaciones aleatorias, y se halla fuera de control de la unidad de decisión; y,
2. u_i , que es el error atribuible a la ineficiencia técnica

El modelo puede interpretarse como uno de frontera determinística, donde el nivel de producción está acotado por el valor de $\alpha_0 + \sum \alpha_j \ln(x_{ij})$, más un término aleatorio, v_i , que hace fluctuar ese nivel de producción alrededor de la frontera, dado que el término v_i puede ser positivo o negativo. No obstante, el componente de ineficiencia, captado por u_i , hace que el valor observado de y_i esté por debajo del componente determinístico de la frontera.

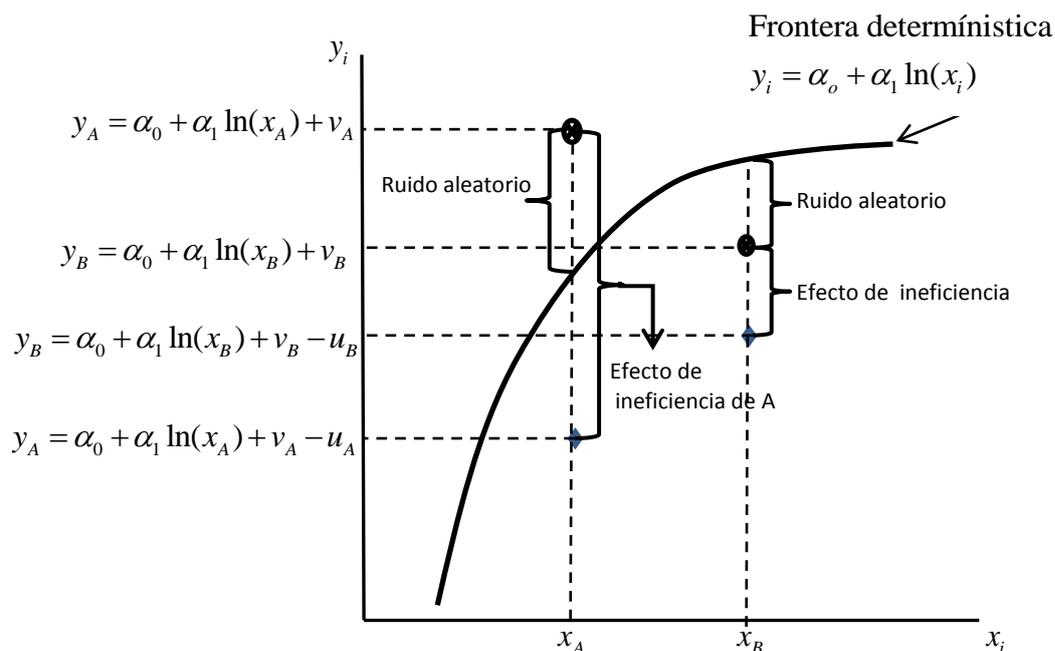
Estos conceptos se pueden observar en la Gráfico 3. 1, donde se supone la existencia de dos unidades de decisión A y B, y la utilización de un insumo X.

Retomo el ejemplo desarrollado por Carella (2009), quien manifiesta que en el contexto de una función de producción educativa, puede pensarse que A y B son dos alumnos que coinciden en todas las características a excepción de la característica X que puede ser por ejemplo la edad. Para el alumno A, la frontera indica que podría alcanzar un rendimiento dado por $y_A = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(X_A)$. Además existen factores aleatorios que hacen que incluso su rendimiento pueda estar dado por $y_A = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(X_A) + v_A$. Estos factores pueden ser “la buena suerte” en el momento de rendir exámenes, o bien características no capturadas por el resto de las variables, como la motivación, la inteligencia, entre otros factores. Por lo tanto, la diferencia entre su máximo rendimiento posible y el efectivamente observado es el componente atribuible a la ineficiencia del alumno, dada por el término u_A , y es la distancia que se indica en el gráfico; es decir, esa diferencia es la que se puede atribuir a un “uso ineficiente de sus recursos”, en el sentido de que, dadas sus características y los shocks aleatorios que efectivamente ocurrieron, podría haber alcanzado un rendimiento más alto pero no lo hizo.

El alumno B, es un estudiante que posee las mismas características que su par A, excepto la edad. Para este alumno, la perturbación aleatoria es negativa, y puede representar el efecto de factores no capturados por el resto de las variables, como pueden ser los nervios en el momento de rendir los exámenes, la “mala suerte” en el sentido de, por ejemplo, someterse a la evaluación por parte de profesores más exigentes, etc. De modo que para este estudiante, el máximo rendimiento posible está dado por el punto $y_B = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(X_B) + v_B$. La diferencia entre este rendimiento y el observado, dado por el término u_B , es lo que se puede atribuir a la ineficiencia del

estudiante como “unidad productiva”. En cierto modo al alumno B, solo se lo puede responsabilizar por la parte u_B de la distancia entre el rendimiento observado y el potencial. El resto de esa distancia se debe a la acción de factores que se hallan fuera de su control.

Gráfico 3. 1: Frontera Estocástica de Producción



Fuente: Coelli et al.(2005)
Elaboración: Propia

Entre las ventajas que cabe reconocer a este método se encuentra la posibilidad de evaluar la significatividad de los parámetros estimados mediante los errores estándar. Además por tratarse de un método estocástico, no incorpora errores de medición ni efectos de shocks aleatorios en las medidas de eficiencia, dado que los mismos entran en el término v_j de la regresión.

Dos son las limitaciones que se le atribuyen:

1. Cualquier error de especificación se incorpora en el indicador de eficiencia
2. No son fácilmente aplicables en situaciones donde existen múltiples insumos y múltiples productos, excepto aquellos casos en los que se pueda agregar todos los productos en uno solo, aunque ello significa en cambio una importante pérdida de información.

Aparicio Baeza(2012), considera que la aplicación de las técnicas clásicas de carácter estadístico o econométrico condujo a resultados poco satisfactorios mientras que el uso de otras herramientas como el DEA se ha considerado como técnicas de un enorme potencial para el análisis de eficiencia. Al respecto habrá que insistir que el uso de las técnicas no es excluyente, más bien depende de las características de la unidad de decisión investigada, así como también la direccionalidad del análisis requerido por parte del investigador.

Para nuestro caso, la investigación se centra en el análisis del desempeño docente del profesor universitario, si bien es cierto no se han establecido modelos que con claridad y exactitud muestren la forma de identificar o medir el nivel de eficiencia de cada uno de los profesores como unidades de decisión; si se observan experiencias en el ámbito del análisis de la función docencia de Universidad, Departamentos, Secciones o Facultades, por ello se considera que la herramienta que a continuación se describe puede ser la metodología más adecuada que permita desarrollar un modelo para identificar objetivamente el nivel de eficiencia de cada profesor.

Adicional a los métodos de carácter paramétrico, tenemos los no paramétricos que se caracterizan por no partir de una función de producción previamente establecida, sino que se llega a su determinación partiendo de la identificación de las variables que se consideran como insumos (inputs) del proceso y las variables que se consideran como resultados (outputs) de la combinación de los insumos. Dentro de este tipo de métodos centramos la atención en el desarrollo del Análisis Envoltente de Datos, por considerar que de acuerdo a los objetivos de la investigación, se acopla de mejor manera a nuestros requerimientos.

3.2.2 Métodos no Paramétricos

Se caracterizan por no requerir una forma funcional previa del proceso de producción que se está analizando, sino que a partir del conjunto de datos se llega a determinar la frontera que identifica la función eficiente de producción.

3.2.2.a Análisis Envoltente de Datos (DEA)

El Análisis Envoltente de Datos (DEA), es un enfoque importante para evaluar el rendimiento de un conjunto denominado Unidades tomadoras de decisiones (DMU) que convierten múltiples entradas en múltiples salidas. Desde sus orígenes este

enfoque ha sido utilizado para evaluar la actividad que desarrollan diferentes tipos de organizaciones en especial ha sido utilizada para organizaciones como hospitales, instituciones educativas, la fuerza aérea así como también el desempeño de países, regiones, etc., de igual manera se señala que el DEA ha sido utilizado para suministrar nuevos conocimientos sobre las actividades que han sido previamente evaluadas por otros métodos. (Cooper W, Seiford L., 2011).

Fue introducido por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) como una técnica basada en la programación lineal, que se utiliza para medir la actividad relativa de unidades organizacionales cuando existen múltiples recursos y múltiples resultados.

En el caso de la función de producción, el objetivo del DEA es obtener una envolvente que incluya a todas las unidades eficientes, junto con sus combinaciones lineales, quedando el resto de unidades (ineficientes) por debajo de la misma. Dicha envolvente se identifica con la figura de la frontera eficiente, de manera que la distancia de las unidades ineficientes a la envolvente proporciona una medida de su nivel de ineficiencia. En consecuencia, la medida de eficiencia obtenida mediante el DEA es relativa, puesto que a cada unidad se la compara con aquellas que operan con un valor similar de inputs y outputs, con el propósito de determinar su situación en la envolvente (si es eficiente) o identificar sus unidades de referencia de cara a una mejora posterior de sus resultados (en el caso de ser calificada como ineficiente).

A diferencia de los modelos paramétricos, con el DEA la construcción no se establece a priori basándose en la función de producción lineal, sino que son los propios datos disponibles los que determinan la forma y la localización de la frontera productiva, lo que supone una aproximación a la verdadera frontera de eficiencia, cuya observación resulta imposible.

Conforme a lo señalado por Coll & Blasco(2006), el DEA es una técnica no paramétrica, determinista que recurre a la programación matemática.

La formulación del DEA, plantea un problema de programación matemática para cada unidad observada o DMU¹ (conforme las llamaremos desde ahora), cuya resolución permite asignarle un índice de eficiencia.

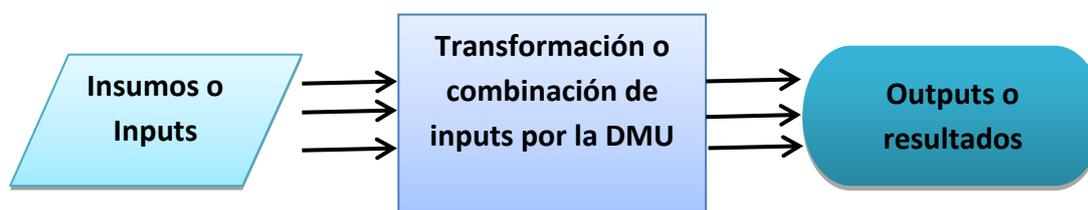
Consiste en resolver para cada DMU, un programa lineal donde se buscan combinaciones lineales de otras DMUs que produzca más outputs dados los insumos. Si no se puede encontrar esa combinación, se dice que la DMU es eficiente. Si la DMU resulta ineficiente, DEA ofrece una medida de eficiencia técnica que indica el aumento proporcional en todos los outputs (o caída proporcional de los inputs) que podría lograrse si la DMU se desempeña eficientemente.

¹ Decision Making Unit : DMU, notación que se utiliza para referirse a las unidades analizadas.

Por ser no paramétrico, no requiere especificación de la forma funcional de la producción y no tiene problemas de especificación. Se puede aplicar a situaciones en donde existen múltiples outputs e inputs. Quizá una de sus limitaciones es que no provee pruebas de significatividad para los parámetros. La frontera se define a partir de la información sobre un pequeño número de observaciones en la muestra y ofrece medidas de eficiencia relativa: se evalúa la eficiencia de las DMUs en base a la comparación con otras DMUs dentro de la misma organización.

El modelo se puede formular siguiendo una orientación hacia los outputs, es decir al producto o resultado o una orientación hacia los inputs o recursos que se utilizan para el proceso de producción. Siguiendo a la formulación de Thanassoulis (2001), la transformación de los inputs o recursos en outputs o resultado se considera como un proceso, en donde lo que interesa es medir la eficiencia en la combinación de los recursos para obtener unos resultados. Gráficamente podemos decir que desde el enfoque de procesos, llegamos al siguiente planteamiento:

Gráfico 3. 2: Transformación de inputs en outputs



Elaboración: Propia

Como mencionaba anteriormente, la formulación estándar de este modelo, puede adoptar varias formas en función de que se opte por una orientación de minimización de inputs o la maximización de outputs, sea que se presente como una programación fraccional, lineal o dual, todas ellas comparten el mismo enfoque, la eficiencia de cada DMU depende de su capacidad para mejorar sus resultados o reducir el consumo de recursos, sujetándose a las restricciones que reflejen el resto de DMUs.

Desde su introducción, la investigación en DEA ha sido prolífica, tanto en el ámbito teórico como en el aplicado, se cuentan con más de 2000 trabajos en diversas áreas tales como: medición del desempeño de instituciones educativas, benchmarking de procesos logísticos, comparación de sucursales de oficinas regionales de bancos, regulación de servicios públicos, medición de productividad investigativa y docente en departamentos académicos, estudios sectoriales, entre otras. Esto ha hecho del DEA

una de las áreas de la investigación de operaciones más aceptada, relevante y difundida. (Gattoufi, Oral, Kumar, & Reisman, 2004).

En forma general podemos decir que el DEA tiene las siguientes ventajas: (Güemes Castorena, 2004)

- No requiere la imposición de una función específica de producción que relacione las variables independientes con las variables dependientes, el DEA asigna matemáticamente valores ponderados para las variables de entrada y de salida, lo que evita que un experto sea quien asigne los valores ponderados.
- Realiza comparaciones simultáneas de procesos con múltiples variables de entradas y salidas y produce una eficiencia agregada para cada DMU.
- Puede calcular la cantidad de inputs (recursos) que se pueden ahorrar o la cantidad de outputs (resultados) adicionales para aquellas DMU que no son eficientes.
- Se puede utilizar para determinar la eficiencia técnica y/o económica, si la información es proporcionada.

Cabe indicar también que se pueden mencionar limitantes, entre las que se mencionan:

- No tiene indicadores para medir error
- No es apropiado para probar hipótesis.

La eficiencia se considera como la ratio entre las salidas y las entradas. Si hablamos de un proceso que requiere un inputs y produce un output, la eficiencia se determina como:

$$Eficiencia = \frac{salidas}{entradas}$$

Si el proceso es un sistema que considera múltiples inputs y salidas, la eficiencia se determina como:

$$Eficiencia = \frac{\text{suma ponderada de las salidas}}{\text{suma ponderada de las entradas}}$$

En el planteamiento inicial del DEA, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), se asumen rendimientos constantes a escala, pero posteriormente a través de las investigaciones realizadas por Banker, Cooper y Rhodes en 1984, se realiza una extensión del modelo original considerando los rendimientos variables a escala.

3.2.2.b DEA-Rendimientos Constantes de Escala

El modelo DEA-CCR, se denomina así por haber sido desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y proporciona medidas de eficiencia radiales, input y outputs orientadas y supone convexidad, fuerte eliminación gratuita de inputs y outputs y rendimientos constantes a escala.

En su artículo original, Charnes et. al. (1978), describen al DEA como un modelo de programación matemática aplicada a datos observados y proporciona una nueva forma de obtener estimaciones empíricas de las relaciones, tales como las funciones de producción.

Cuando se trabaja con retornos constantes de escala, a su vez se pueden distinguir tres tipos de modelo, el modelo RATIO, el orientado a las entradas o inputs y el modelo orientado a las salidas u outputs.

En el caso del modelo RATIO, al calcular la eficiencia de cada unidad, se tiene la libertad de elegir los pesos que convierten la salida o la entrada agregadas en valores adimensionales. Con el DEA cada unidad escoge los valores de los pesos que optimizan su eficiencia, teniendo en cuenta que, una vez elegidos, son utilizados por las restantes unidades, de manera que cada unidad va a comparar su productividad con el resto que están en estudio utilizando en cada comparación los pesos con los que su eficiencia es mejor.

Suponiendo que se fueran a evaluar n DMUs, y que cada una consume diferentes cantidades de las m entradas para producir s salidas. La DMU _{j} consume la cantidad x_{ij} de la entrada i y produce la cantidad y_{rj} de la salida r . Un modelo que maximice la eficiencia, con libertad de elegir los pesos, viene expresado de la siguiente forma:

$$\max_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, m$$

Donde ε es un número real estrictamente positivo que representa una constante no-arquimediana y por tanto en las restricciones donde aparece, se establece que los pesos que se asignan nunca pueden ser nulos.

El modelo consiste en la resolución de n problemas de maximización correspondientes a cada una de las unidades cuya eficiencia se quiere evaluar. La función objetivo elige los pesos que hace máxima la eficiencia de la DMU h_0 que se encuentra en estudio.

Hay una restricción por cada unidad existente en el problema y que obliga a que ninguna DMU pueda tener una eficiencia mayor que uno. Esta es la limitación que tienen los pesos cuando cada unidad intenta que tomen el máximo valor posible, esto es, cada vez que intenta imponerse unos pesos que garanticen una eficiencia grande, debemos asegurarnos al mismo tiempo que ninguna DMU del problema tenga una eficiencia mayor que uno, esto sería inadmisibile.

Dado que el problema anterior tiene infinitas soluciones, previamente Charnes y Cooper (1962), desarrollan un procedimiento para transformar este problema de optimización fraccional en uno de programación lineal con la introducción de una nueva restricción, obteniéndose el siguiente programa lineal:

$$\max h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad (6)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, m \quad (7)$$

Este modelo se conoce como el modelo CCR en el espacio de los multiplicadores ya que las variables de decisión son los valores de \mathbf{u} y \mathbf{v} (multiplicadores) y que son utilizados para ponderar cada una de las entradas y salidas en la construcción de la entrada y salida virtuales de la función objetivo (1). El programa lineal formulado en (3) a (7) tiene un problema dual asociado:

$$\min \theta_0 = \theta \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s \quad (10)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (11)$$

$$\theta \text{ libre} \quad (12)$$

El modelo desarrollado constituye el modelo CCR en el espacio envolvente ya que en éste se mide el desempeño θ de la DMU₀ (8) como la contracción radial de las entradas (9) que es posible realizar, garantizando que se obtiene un nivel mínimo de salidas (10). Para lograrlo se utiliza una DMU virtual que es una combinación lineal de todas las DMU construida usando las variables λ_j

Una DMU es eficiente si al resolver el problema (8)-(12), el valor de θ^* es 1. Si es inferior a 1 se dice que su eficiencia es del θ^* %.

Se dice que posiblemente se pueda cometer un error al usar el DEA, si se piensa que su cálculo permite evaluar completamente la eficiencia de la DMU₀, sin embargo, es posible que una DMU obtenga el valor de $\theta^* = 1$ y aun así sea ineficiente. En este caso se recurre a la segunda fase que resuelve el siguiente programa lineal:

$$\max \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \quad (13)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = \theta^* x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \quad (15)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (16)$$

$$S_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad (17)$$

$$S_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \quad (18)$$

En el modelo descrito, se identifican las holguras necesarias para eliminar lo que se conoce como ineficiencia de combinación, la cual establece el exceso de entradas y el déficit de salidas que la DMU₀ aún puede tener después de ser evaluada con la primera fase.

Una DMU será considerada como eficiente si obtiene $\theta^* = 1$ y además, en la segunda fase se obtiene como valor óptimo de las variables de salida $S_i^{-*}, S_r^{+*} = 0$, es decir, no tiene holguras.

Si la DMU es ineficiente, se tendrá la información de su ineficiencia (θ^* %), y además se podrían calcular usando las siguientes expresiones los valores objetivo de las entradas y salidas necesarios para que la DMU₀ alcance la eficiencia total:

$$\hat{x}_{i0} = \theta^* x_{i0} - S_i^{-*}, \quad i = 1, \dots, m \quad (19)$$

$$\hat{y}_{r0} = y_{r0} + S_r^{+*}, \quad r = 1, \dots, s \quad (20)$$

Donde S_i^{-*} y S_r^{+*} son los valores óptimos de las holguras obtenidas en la segunda fase. Finalmente, también se identifica el conjunto de DMUs eficientes que sirvió de comparación a las unidades ineficientes, compuesto por aquellas DMU cuyo valor λ es diferente de 0 (cero) en la solución óptima de la segunda fase para la DMU₀.

Los modelos DEA descritos se caracterizan por estar orientados a entradas ya que la mejora en el desempeño se logra contrayendo las entradas (8), también es posible tener un modelo DEA orientado a las salidas, el cual se obtiene si se minimiza el inverso de la expresión (1), lo que da lugar a las siguientes programaciones lineales:

$$\min q_0 = \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} \quad (21)$$

Sujeto a:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \quad (22)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, n \quad (23)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \quad (24)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, m \quad (25)$$

El modelo desarrollado constituye el modelo CCR orientado a las salidas en el espacio de los multiplicadores. Es interesante ver como para orientar a salidas la evaluación no es necesaria ninguna transformación de los datos. Conforme lo señalan Cooper, Seiford, & Tone (2007), los resultados de un modelo DEA orientado a salidas son equivalentes a los que se obtienen con un modelo DEA orientado a entradas. El problema dual asociado con el modelo (21)-(25), es:

$$\max \eta_0 = \eta \quad (26)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \eta y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s \quad (28)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (29)$$

$$\eta \text{ libre} \quad (30)$$

El modelo desarrollado, se conoce como CCR orientado a las salidas en el espacio envolvente y lo que se busca es maximizar la salida que se puede obtener dado un nivel máximo de entradas.

3.2.2.c DEA-Rendimientos Variables de Escala

A partir del modelo original de DEA, surge la necesidad de considerar los efectos que pudiera ocasionar la variación de los rendimientos, pues hasta ahora en el modelo original que fuera descrito anteriormente se ha supuesto la existencia de rendimientos constantes de escala, sin embargo, Banker et. al. (1984) proponen como complemento al análisis anterior el estimar la eficiencia puramente técnica eliminando la influencia que pudiera tener la existencia de economías de escala en la evaluación de la ratio de eficiencia de las DMUs.

El hecho es que la medida de eficiencia de una unidad está condicionada no solo por la gestión de la misma, sino también por la escala en la que opere y el modelo CCR suponía tácitamente la existencia de rendimientos constantes a escala al definir las restricciones (27)-(30). Esto significa que todas las unidades se comparaban como si estuvieran sometidas a rendimientos constantes y no se contempla la existencia de ineficiencias debidas a las diferencias entre las escalas operativas en cada DMU.

Al respecto el modelo BCC, supone rendimientos variables a escala, para lo cual introduce una restricción a los modelos CCR en el espacio envolvente:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (31)$$

Ahora bien, se pueden considerar modelos DEA que permitan abordar situaciones particulares, como por ejemplo, si se requiere saber cómo mejorar el desempeño de las DMU sin necesidad de evaluar su eficiencia con una cantidad como θ , esto sería factible si aplicamos el modelo aditivo, con el que se identifican los valores de las entradas y las salidas que debería tener cada DMU para ser eficiente, es decir se llegan a determinar los valores objetivo de estas variables que le permitirán a la DMU mejorar en su situación actual.

$$\max \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \quad (32)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- = x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m \quad (33)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s \quad (34)$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (35)$$

$$S_i^- \geq 0, \quad i = 1, \dots, m \quad (36)$$

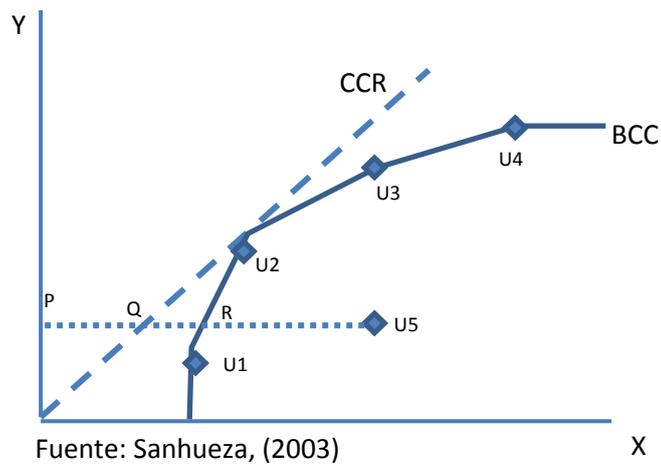
$$S_r^+ \geq 0, \quad r = 1, \dots, s \quad (37)$$

En el gráfico 3.3, se pueden visibilizar las fronteras de eficiencia en los modelos CCR y BCC.

De acuerdo al modelo BCC, todas las DMU analizadas (U1, U2, U3, U4) con excepción de la U5, se consideran como eficientes ya que forman la envolvente del proceso de producción. En el caso del modelo CCR de rendimientos constantes, solamente la U2 se considera como eficiente.

Así pues, en el gráfico se puede observar que el segmento indicado por U1 y U2, presentan rendimientos crecientes a escala, es decir que un aumento en la entrada causa un aumento proporcionalmente mayor en las salidas, de manera que U1 sería técnicamente eficiente pero ineficiente a escala. La U2, se encuentra en ambas fronteras, por tanto diremos que esta unidad presenta tanto eficiencia técnica como eficiencia a escala. Luego, el tramo U2, U3 y U4 muestran rendimientos decrecientes a escala, es decir un aumento de entradas produce proporcionalmente un aumento menor en las salidas. De esta manera U3 y U4 son también técnicamente eficientes pero ineficientes a escala.

Gráfico 3. 3: Fronteras de Eficiencia según los modelos CCR y BCC



Elaboración Propia

Con el modelo CCR solamente U2 es considerada como eficiente ya que es la única unidad que se encuentra operando con rendimientos constantes a escala.

La U5, se considera como ineficiente ya que se encuentra alejada de la frontera y su eficiencia a escala está dada por:

$$\theta_{CCR} = \frac{PQ}{PU5} \quad (38)$$

y la eficiencia con rendimientos variables a escala será:

$$\theta_{BCC} = \frac{PR}{PU5} \quad (39)$$

De donde se desprende como conclusión que

$$\theta_{CCR} \leq \theta_{BCC} \quad (40)$$

3.2.3 Enfoque del Beneficio de la Duda – BOD

Si bien es cierto, hemos identificado a la metodología DEA como aquella que es aplicable para determinar una medida de la eficiencia con la que actúan las unidades o las organizaciones, hay que considerar también que en cada uno de los métodos

descritos se ha identificado la presencia de entradas y salidas al proceso, sin embargo, pueden existir casos en los que no existe claridad sobre los insumos que intervienen en este proceso para dar lugar a los resultados, en algunos casos podemos ser claros al identificar los resultados obtenidos sin embargo no se pueden precisar los insumos con los que se está trabajando o de otra manera también no se han identificado los pesos con los que cada una de las variables aporta.

El enfoque BOD, se utiliza para construir una medida multidimensional de la efectividad de las unidades de decisión analizadas, en las que se supone una “entrada ficticia” igual a uno. El punto de partida de este enfoque se encuentra en la agregación de las salidas en una puntuación de salida compuesta en ausencia de información detallada sobre los verdaderos pesos para las salidas, la información relativa a los pesos se puede recuperar de los propios datos observados. Este enfoque determina los pesos para las salidas de forma endógena.

La idea básica del enfoque BOD es poner los datos de la unidad evaluada en relación con el resto de unidades y detectar aquellos indicadores que presentan una alta y baja puntuación. (Verschelde & Rogge, 2012).

Precisamente su nombre se deriva del hecho que este modelo concede a las unidades analizadas el beneficio de la duda cuando asigna los pesos a los correspondientes criterios o indicadores. Los pesos resultantes del modelo BOD son óptimos en el sentido que son elegidos para maximizar el indicador compuesto de cada unidad de análisis respecto al resto de unidades.

Conforme lo menciona Bas Cerdá (2014), el esquema de incertidumbre sobre los pesos en el modelo BOD tiene una clara identificación con la construcción de los indicadores compuestos o también conocidos como indicadores sintéticos, cuando no se llega a un acuerdo sobre el peso asignado a cada indicador. La ausencia de un consenso en el conjunto de pesos es un tema bastante habitual en el desarrollo de este tipo de indicadores.

En este enfoque, el indicador compuesto (IC) se define como la relación entre el rendimiento actual y el rendimiento de referencia de la unidad de análisis

$$IC_i = \frac{\sum_{i=1}^M I_{qi} w_{qi}}{\sum_{i=1}^M I_{qi}^* w_{qi}}$$

Donde I_{qi} es el valor normalizado (con el método max-min) del sub-indicador q para la unidad de análisis i , y w_{qi} es el peso correspondiente.

Cherchye, et. al. (2007), sugiere la conveniencia de obtener un punto de referencia como solución al problema de maximización, aunque también es posible tener puntos de referencia externos:

$$I^* = I^*(w) = \arg \max_{I_k, k \in \{1, \dots, M\}} \left(\sum_{q=1}^Q I_{qk} w_q \right)$$

Donde I^* es el puntaje de la unidad de referencia que maximiza el rendimiento global (definido como media ponderada), dado el conjunto de pesos w . Debemos considerar que:

1. Los pesos son específicos para cada unidad de análisis, diferentes conjuntos de pesos pueden conducir a elegir diferentes unidades de análisis.
2. La unidad de referencia debería ser dependiente, así no existiría una única unidad de referencia (salvo que esta unidad sea la mejor en todos los subindicadores o variables)
3. Las variables deben ser comparables, por ejemplo deberían tener la misma unidad de medida.

El segundo paso es la especificación de un conjunto de pesos para cada unidad de análisis. El conjunto óptimo de pesos (si existe) garantiza la mejor posición a la unidad referenciada frente a todas las demás unidades en análisis. Con cualquier otro peso la posición relativa de la unidad habría sido peor.

Para obtener los pesos óptimos, se resuelve la restricción de optimización:

$$IC_i^* = \arg \max_{w_{qi}, q=1, \dots, Q} \frac{\sum_{q=1}^Q I_{qi} w_{qi}}{\max_{I_k, k \in \{1, \dots, M\}} \left(\sum_{q=1}^Q I_{qk} w_{qi} \right)} \quad \text{para } i = 1, \dots, M$$

Sujeto a las limitaciones de no negatividad sobre los pesos.

El valor del IC resultante oscilará entre cero (el más bajo rendimiento posible) y uno (el índice de referencia). Operacionalmente la ecuación anterior puede ser reducida a un problema lineal multiplicando los pesos con un factor común que no altera el valor del índice y luego resolver utilizando algoritmos de optimización.

$$IC_i^* = \arg \max_{w_{qi}} \sum_{q=1}^Q I_{qi} w_{qi}$$

sujeto a:

$$\sum_{q=1}^Q I_{qk} w_{qk} \leq 1$$

$$w_{qk} \geq 0$$

$$\forall k = 1, \dots, M; \quad \forall q = 1, \dots, Q$$

Tomando en cuenta ello, debemos introducir la metodología para la construcción de los indicadores compuestos, ya que dentro del tema que es de interés en esta investigación se ha establecido la necesidad de tomar en cuenta el enfoque del Beneficio de la Duda, porque en la medición de la eficiencia en el desempeño docente de los profesores, podrían observarse algunas imprecisiones en cuanto a la definición de las variables input y output y porque además se requiere llegar a identificar un indicador compuesto sobre el accionar de cada uno de los docentes, de manera que sea posible el establecimiento de la metodología adecuada para asignar los pesos correspondientes a cada una de las variables.

3.3. Indicadores compuestos

Los indicadores compuestos resumen la información contenida por todo el sistema de indicadores que se están analizando en una investigación. Se consideran así como herramientas que permiten llegar a la formulación, análisis, evaluación y comunicación de políticas públicas.

Siendo indicadores que sintetizan una realidad permiten atraer la atención del público lo que a su vez también da origen a los distintos cuestionamientos que se pueden realizar respecto a la generación de argumentos que sean convincentes sobre la validez y confiabilidad de los mismos.

El uso de los indicadores compuestos muestra una tendencia creciente, (Bas Cerdá, 2014), al ingresar a un buscador como “Google Scholar”, e insertar la búsqueda de “Composite Indicators”, en septiembre de 2013 registra 9270 entradas y a junio de 2015 encontramos 12600 entradas.

Dobrota, Jeremić, & Bulajić (2015), también indican que el creciente interés y necesidad de evaluar los sistemas educativos y la calidad de los mismos se han venido convirtiendo en el punto de interés, así por ejemplo para hablar de rendimiento académico se cita al indicador educacional PISA (Programme for International Student Assessment) que se basa en el análisis del rendimiento de los estudiantes a partir de unos exámenes que se realizan cada tres años en varios países con la finalidad de determinar la valoración internacional de los estudiantes. Con este indicador muestra cómo la incertidumbre y los análisis de sensibilidad pueden afectar al cambio en el ranking de eficiencia y desempeño educativo de los países analizados con diferentes métodos de normalización (distancia Chebyshev, distancia Euclídea, método de normalización Manhattan).

Para el desarrollo de esta parte y con la finalidad de que se comprenda mejor la metodología planteada para la construcción de un indicador compuesto, tomamos como base el *Handbook on Constructing Composite Indicators*, desarrollado por Nardo M., et. al (2005), publicación desarrollada para la OECD, y que de igual forma ha sido la base para varias contribuciones y análisis que se han desplegado por diferentes autores al respecto.

Un indicador compuesto se forma a través de la compilación de indicadores individuales sobre la base de un modelo subyacente. Debe ser útil para medir conceptos multidimensionales que no pueden ser identificados fácilmente por un solo indicador, por ejemplo, la competitividad, la industrialización, la sostenibilidad, la integración del mercado único, la sociedad basada en el conocimiento, etc.

Sin duda, así como se observan aspectos favorables a su uso, así mismo existen opiniones que destacan los aspectos negativos que también conviene considerar en esta parte (Saisana y Tarantola, 2002).

PROS:

- *Reflejan una imagen de contexto*, pues focalizan y facilitan la interpretación y la síntesis.
- *Integran y resumen dimensiones de un tema*, esto es útil ya que pueden ayudar a la toma de decisiones y a señalar las políticas que sobre la materia en cuestión sean aplicables.
- Al permitir la comparabilidad entre las unidades de análisis y la evolución de las mismas *atraen el interés público*, lo que genera además un mayor interés por su análisis y mejoramiento.
- *Reducen el tamaño de la lista de estadísticas e indicadores* a considerarse en el análisis, se puede considerar como un reductor de complejidad y diversidad.

CONTRAS:

- El *diseño no adecuado* de los indicadores puede dar lugar a mensajes erróneos, confusos y poco robustos.
- El reducir la complejidad de un tema supuestamente mensurable, podría dar lugar a *sesgos de confirmación o a la simplificación excesiva*, por ello se precisa el uso de los sub-indicadores.
- Generan un *alto grado de incertidumbre* que se encuentra asociado a la integración de escalas y dimensiones diversas.
- *Se requiere la interacción* con pares, expertos, stakeholders, para lograr la mutua aceptación del indicador.
- Requieren *seguir principios estadísticamente fundamentados* y procedimientos transparentes.

3.3.1 Metodología de Construcción de los IC

Los indicadores compuestos suelen ser empleados para establecer comparaciones acerca del desempeño de las unidades de análisis a partir de las cuales se calculan. Además de que facilitan la interpretación de los escenarios que deben considerar a la hora de tomar decisiones, eso implica que se convierten en una herramienta de suma

utilidad para evaluar el desempeño de las unidades analizadas mediante los ejercicios de comparación (benchmarking). Claro está que todas estas bondades, implican que la construcción de estos indicadores debe seguir una metodología apropiada. (Schuschny & Soto, 2009).

La construcción de un indicador compuesto, requiere de dos condiciones básicas:

- a. La definición clara del atributo que se desea medir
- b. La existencia de información confiable para poder realizar la medición.

Estas condiciones son indispensables para poder plantearse la posibilidad de construir un indicador compuesto, la satisfacción de la primera condición dará al indicador compuesto un sustento conceptual, mientras que la segunda le otorgará validez.

Adicionalmente, la construcción de un indicador compuesto debe tener implícito un objetivo claro por el cual se está construyendo. En la mayoría de los casos, los indicadores compuestos se construyen con el objetivo de medir el desempeño de una unidad de análisis en un área o tema determinado lo que puede ser utilizado como punto de partida para el estudio de la situación de la misma ya que proporciona información acerca de una cuestión de relevancia y permite percibir una tendencia o fenómeno, no directamente detectable. La característica más relevante que se le puede atribuir a los indicadores compuestos es la de resumir en un valor, numerosos aspectos que pueden estar interrelacionados.

Es precisamente, en esa línea que esta tesis doctoral, plantea la necesidad de llegar a establecer un indicador a través del cual se pueda determinar los niveles de eficiencia con el que desempeñan la labor docente los profesores universitarios.

Llegar a definir una metodología que se aproxime a la compleja actividad de evaluar al ser humano es muy difícil, por ello se desarrollarán varios escenarios que permitan considerar las diversas situaciones que podrían presentarse en este proceso.

3.3.2 Requerimientos técnicos

Schuschny & Soto (2009), a partir de lo analizado por Castro Bonaño (2002), consideran que es válido definir algunas condiciones técnicas que a priori deberían exigirse a un indicador compuesto:

- a. **Existencia y determinación**, la función matemática que define el indicador debe existir y tener una solución perfectamente determinada.

- b. **Exhaustividad**, el indicador compuesto debe ser tal que aproveche al máximo, sin redundancia y en forma útil la información suministrada por los indicadores y variables que lo componen.
- c. **Monotonía**, el indicador ha de responder positivamente al cambio de las componentes y viceversa. Ello obliga, en algunos casos, a cambiar el signo de las variables que lo componen cuyas correlaciones pudieran estar invertidas.
- d. **Unicidad**, el indicador compuesto ha de ser único para una situación dada
- e. **Invariancia**, el indicador debe ser invariante frente a cambios de origen o de escala de sus componentes.
- f. **Homogeneidad**, la función matemática que define al indicador compuesto: $IC = f(x_1, \dots, x_p)$, debería ser homogénea de grado 1, es decir, debería cumplirse que:

$$f(\alpha x_1, \dots, \alpha x_p) = \alpha \cdot f(x_1, \dots, x_p)$$

- g. **Transitividad**, Si (a) , (b) y (c) , son tres situaciones distintas que dan lugar a tres indicadores debería verificarse que :

$$\text{Si } I(a) > I(b) \text{ e } I(b) > I(c) \Rightarrow I(a) > I(c)$$

En el “*Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*”, Nardo et al., (2005), se ofrece una metodología con la finalidad de considerar las características y condiciones que deben cumplir, de manera que se puedan abordar todos los lineamientos que garanticen su diseño y desarrollo de forma transparente, las cuales se desarrollan en los siguientes apartados.

3.3.3 Etapas en la construcción de un IC

Metodológicamente se sugieren diez etapas que deberían seguirse a la hora de construir un indicador compuesto, cada una de las cuales se considera como muy importante a fin de que exista coherencia en todo el proceso. Las decisiones que se tomen en cada una de las etapas van a repercutir en las decisiones de las etapas posteriores, por ello no solo debe tomarse en cuenta la metodología más apropiada sino que se debe seleccionar aquella que en su conjunto encaje bien con todo el proceso de construcción.

Las etapas definidas se presentan a continuación:

- a. Desarrollo de un marco conceptual teórico
- b. Selección de datos
- c. Análisis multivariado
- d. Imputación de datos
- e. Normalización de los datos
- f. Ponderación y agregación de los indicadores simples
- g. Análisis de incertidumbre y sensibilidad del IC
- h. Conexión con otros indicadores
- i. Identificación de los indicadores simples en el IC
- j. Visualización

A continuación se detallan de forma sintética cada una de las etapas que forman parte del proceso de construcción de los indicadores compuestos.

3.3.3.a Desarrollo de un marco conceptual teórico

Esta etapa proporciona la base para la selección y combinación de los indicadores simples utilizados en la construcción del IC bajo unos principios de adecuación a los fines. Aquí es necesario contar con la opinión de expertos y referentes del tema que se está investigando, para nuestro caso se ha realizado una revisión bibliográfica centrada en las competencias que los profesores como formadores de los profesionales deben tener para llegar a desarrollar con éxito la función de docencia universitaria.

Esta etapa es fundamental puesto que sustenta de manera conceptual la generación del IC. A partir de este marco de referencia se justifica la construcción del indicador, dando pertinencia y razón de ser a los valores que luego serán analizados.

En nuestro caso esta etapa nos ha permitido tener

- Una clara definición del fenómeno multidimensional que será medido.

- Los criterios de selección de las variables por ejemplo las entradas y las salidas.

3.3.3.b Selección de datos

La fortaleza o debilidad de un indicador compuesto tiene mucha relación con la calidad de las variables que lo componen, por ello es importante validar la calidad de la información, considerar su relevancia, solidez analítica, oportunidad, accesibilidad, etc.

Si bien la elección de los indicadores debe guiarse por el marco teórico precedente, el proceso de selección de los datos puede ser muy subjetivo ya que no puede haber inicialmente un conjunto definitivo de indicadores.

La calidad y la precisión de los IC's debe evolucionar en paralelo con las mejoras en la recopilación de datos y la elaboración de indicadores.

Esta etapa ha permitido tener identificada la calidad de los indicadores disponibles, considerar los puntos fuertes y débiles de cada indicador seleccionado, hacer los ajustes de la escala si fuera necesario y generar una tabla resumen ubicando las características de los indicadores tales como su disponibilidad periódica, la fuente de origen de los datos, interpretación y todos aquellos detalles que el constructor considere necesarios tenerlos en cuenta.

3.3.3.c Análisis Multivariado

Un proceso de análisis exploratorio es útil para evaluar si efectivamente los datos con la información seleccionada se encuentran en concordancia con las ideas que dieron lugar a su elección.

El propósito de esta etapa es llegar a obtener un conjunto de datos completo, obtener medidas de fiabilidad de cada valor imputado con el fin de estudiar el impacto de la técnica de imputación en la puntuación final del IC. También se logra tratar la presencia de valores atípicos, desarrollar los ajustes de escala que sean necesarios, así como, transformar los indicadores si fueran necesarios.

La información puede ser analizada considerando al menos dos dimensiones del conjunto de datos: los sub-indicadores y las unidades analizadas.

- **Agrupando la información sobre los sub-indicadores**

El analista debe decidir primero si la estructura del indicador compuesto se encuentra bien definida y si el conjunto de sub-indicadores disponible es suficiente para describir el fenómeno. Esta decisión puede estar basada en la opinión de expertos y en el análisis estadístico de la estructura del conjunto de datos.

Existen diferentes técnicas estadísticas que se pueden emplear como el Análisis de Componentes Principales (ACP) que permite identificar si las dimensiones del fenómeno en estudio se encuentran estadísticamente balanceadas en el IC, si no fuera así, podría ser necesaria una revisión de los sub-indicadores.

El objetivo principal del ACP, es mostrar como las diferentes variables cambian en relación a las demás y la forma como se encuentran asociadas. Esto se consigue mediante la transformación de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas utilizando una matriz de covarianza.

El Análisis Factorial (AF), es similar al ACP, sin embargo se basa en un modelo estadístico particular. Una forma alternativa para investigar el grado de correlación entre un conjunto de variables, es utilizar el coeficiente alfa de Cronbach (c-alfa), que es la estimación más común de la consistencia interna de los elementos de un modelo o encuesta. Estas técnicas de análisis multivariante son útiles para hacerse una idea de la estructura del conjunto de datos.

Si la muestra es pequeña en relación con el número de indicadores, debería evitarse la realización del análisis multivariante ya que los resultados no tienen propiedades estadísticas conocidas.

- **Agrupando información sobre las unidades analizadas**

El Análisis Clúster o análisis por conglomerados (AC), es una herramienta que se puede utilizar para la clasificación de grandes cantidades de información en grupos manejables. Se utiliza en el desarrollo de indicadores compuestos para agrupar a las unidades de análisis en función de su similitud en diferentes sub-indicadores.

Sirve como:

- Un método puramente estadístico de agregación de los indicadores

- Una herramienta de diagnóstico para explorar el impacto de las elecciones metodológicas realizadas durante la fase de construcción del indicador compuesto.
- Un método de difusión de información sobre el indicador compuesto sin dejar de considerar las dimensiones de los sub-indicadores.
- Un método para la selección de grupos de las unidades de análisis para imputar los datos faltantes a fin de disminuir la varianza de los valores imputados.

Cuando el número de variables es grande o cuando se creía que algunos de estos no contribuyen a identificar la estructura de la agrupación en el conjunto de datos, modelos continuos y discretos se pueden aplicar de forma secuencial. Los investigadores frecuentemente llevan a cabo un ACP y luego aplican un agrupamiento de las puntuaciones de los objetos en los primeros componentes, cabe destacar que también se requiere trabajar con precaución puesto que un ACP o un AF pueden identificar las dimensiones que no contribuyen necesariamente a revelar la estructura de la agrupación en los datos y puede enmascarar la información taxonómica.

En el análisis de escalamiento multidimensional, se han propuesto varios métodos alternativos que combinan el análisis de conglomerados o análisis clúster y la búsqueda de una representación de pocas dimensiones. El AF de k-medias combina las k-medias del AC con aspectos del AF y el ACP.

Siendo esta fase muy importante en la construcción de los indicadores compuestos, considero necesario realizar una explicación a mayor detalle sobre las herramientas que permiten cumplir con esta etapa dentro de la construcción de los IC.

Para el desarrollo de cada una de estas herramientas, tomaré como base lo descrito por Schuschny & Soto (2009).

Análisis de Componentes Principales (ACP)

El objetivo del Análisis de Componentes Principales (ACP), es explicar la mayor parte de la variabilidad total observada en un conjunto de variables con el menor número de componentes posibles. Esto se logra transformando el conjunto de variables originales que generalmente se encuentran correlacionadas, en otro conjunto de variables no correlacionadas, denominadas factores o componentes principales, relacionadas con las primeras a través de una transformación lineal y que están ordenadas de acuerdo al porcentaje de variabilidad total que explican. Se escoge de entre las componentes

principales a las que explican la mayor variabilidad acumulada, reduciendo así la dimensión total del conjunto de información. Las componentes obtenidas de la transformación lineal no necesariamente son directamente interpretables en forma empírica, en el sentido de que no constituyen un indicador o índice per se, pues quedan definidas a partir de la combinación lineal de variables que pueden aparentar no estar vinculadas por una interpretación afín. Para ello existen a su vez herramientas que facilitan la interpretación de las componentes principales, como el análisis de las correlaciones entre las componentes principales y las variables originales, o los diagramas conocidos como gráficos de sedimentación y gráficos de saturación.

Las componentes principales son combinaciones lineales de las variables originales que pueden ser ordenadas en forma decreciente de acuerdo a la cantidad de varianza que ellas contribuyen a computar a partir de los datos originales. Por lo general, la mayor parte de la variabilidad de los datos originales queda condensada en las primeras componentes principales.

A partir de p variables muestreadas sobre n casos (unidades de análisis), esto es: $x_{11}, \dots, x_{p1}, \dots, x_{1n}, \dots, x_{pn}$; esta información puede expresarse matricialmente como:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix} \in \mathfrak{R}^{n \times p} \quad (1)$$

La matriz de covarianza muestral queda definida por:

$$\Sigma = E[(\mathbf{X}-E[\mathbf{X}])(\mathbf{X}-E[\mathbf{X}])^T] = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_n^2 \end{pmatrix} \in \mathfrak{R}^{n \times n} \quad (2)$$

Por otro lado, partiendo de \mathbf{X} se puede calcular la matriz muestral de correlaciones \mathbf{R} . Las componentes principales pueden ser estimadas tanto a partir de la matriz de

covarianza como la de correlación. Estas matrices nos brindan información acerca de la concomitancia en la variabilidad observada en las variables cuando son tomadas por pares. Las variables que muestran una baja correlación serán candidatas a ser eliminadas del análisis.

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \in \mathfrak{R}^{p \times p} \text{ con } r_{ij} = \frac{\text{cov}(x_i, x_j)}{\sqrt{\text{var}(x_i) \text{var}(x_j)}}, \quad 1 \leq i, j \leq p \quad (3)$$

Las componentes principales son un conjunto de variables ortogonales entre sí (no correlacionadas) que surgen de una transformación lineal de las variables originales, con la propiedad de contener en conjunto la misma varianza total que el conjunto original. La primera componente se construye de modo que contenga la máxima proporción posible de la varianza de los x 's, la segunda, la máxima de la varianza restante y así sucesivamente. Esto significa que las componentes quedan ordenadas con base en la información estadísticamente relevante que contienen, expresada por el porcentaje de varianza total explicada por cada una.

La primera componente principal se expresará como la combinación lineal:

$$\begin{pmatrix} Z_{11} \\ \vdots \\ Z_{1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{p1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & \cdots & x_{pn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{11} \\ \vdots \\ u_p \end{pmatrix} \text{ o } Z_1 = X_{u1} \quad (4)$$

Resta conocer el vector u_1 , que se obtiene maximizando la varianza $\text{var}(Z_1)$:

$$\text{var}(Z_1) = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{1i}^2}{n} = \frac{1}{n} Z_1^T Z_1 = \frac{1}{n} u_1^T X^T X_{u1} = u_1^T \left[\frac{1}{n} X^T X \right] u_1 \quad (5)$$

Sujeta a la restricción de que la suma de los ponderadores al cuadrado sea igual a uno (condición de ortogonalidad), i.e.:

$$\sum_{j=1}^p u_1^2 \equiv u_1^T \cdot u_1 = 1 \quad (6)$$

Si las variables están normalizadas, la expresión entre corchetes de (5) es la matriz de correlaciones. Si las variables están solo expresadas como desviaciones alrededor de la media, de acuerdo a (2), tenemos que tal expresión es la matriz de covarianza. Sin la prueba de generalidad, supongamos esta última situación, entonces:

$$Var(Z_1) = u_1^T \cdot \Sigma \cdot u_1 \quad (7)$$

Para maximizar (7) sujeta a la restricción (6), se procede usualmente construyendo el lagrangiano:

$$\mathcal{L} = u_1^T \cdot \Sigma \cdot u_1 - \lambda(u_1^T \cdot u_1 - 1) \quad (8)$$

Cuya condición de primer orden es:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial u_1} = 2\Sigma \cdot u_1 - 2\lambda u_1 = 0, \quad (\Sigma - \lambda I) \cdot u_1 = 0 \quad (9)$$

dado u_1 es un vector no nulo, tenemos que λ es el autovalor de la matriz de covarianzas Σ y u_1 su autovector ($\Sigma \cdot u_1 = \lambda u_1$).

El resto de las componentes se obtienen de la misma manera, con la salvedad de que hay que introducir una restricción de ortogonalidad (no correlatividad) respecto de la primera $u_2^T u_1 = 0$, y así se sigue sucesivamente, de manera tal que la j -ésima componente Z_j deberá restringirse a satisfacer en la maximización la ortogonalidad respecto a todas las anteriores componentes:

$$u_j^T u_1 = 0, \dots, u_j^T u_{j-1} = 0, u_j^T u_j = 1 \quad (10)$$

Entonces, es posible ordenar las componentes de mayor a menor variabilidad explicada, la cual queda expresada en la magnitud de cada autovalor puesto que como: $u_j^T u_j = 1 \quad \forall 1 \leq j \leq p$, la varianza de Z_j es precisamente λ_j , i.e.:

$$Var(Z_j) = u_j^T \Sigma u_j = \lambda_j \quad (11)$$

El autovector de ponderación u_j de la componente Z_j está asociado al autovalor λ_j .

Asimismo, puesto que se obtuvo una base ortogonal, la variabilidad total observada en las variables originales puede definirse como la suma de sus varianzas, es decir la traza de la matriz Σ , o equivalentemente:

$$\text{Traza}(\Sigma) = \sum_{j=1}^p \lambda_j \quad (12)$$

Por consiguiente, el componente Z_j cuyo autovalor correspondiente es λ_j explica una fracción F_j de la variabilidad total, esto es:

$$F_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \quad (13)$$

Una de las principales desventajas del ACP es que las correlaciones que son la base de su cálculo pueden no necesariamente representar la “influencia real” de las componentes sobre el fenómeno que quiere medirse, sino un efecto estadístico espurio. Asimismo, los resultados obtenidos del ACP pueden ser sensibles a la modificación de la muestra de datos o, como ya se dijo, a la presencia de datos atípicos (outliers).

Sobre la base de la información obtenida de los p autovalores calculados según las indicaciones anteriormente señaladas, se plantean diversos criterios para decidir el número razonable de componentes que permita condensar de mejor manera la estructura de los datos y que posibilite su posterior interpretación. Los criterios más relevantes son:

- **Criterio de Kaiser** (Kaiser, 1958), que consiste en eliminar todas las componentes cuyos autovalores sean inferiores a la unidad. La justificación de este criterio es que no tiene sentido agregar una componente que explique menos varianza que la contenida en una variable. El criterio de Jolliffe toma como límite inferior el valor de 0,7. Otra posibilidad es seleccionar el número de factores explicativos cuya raíz característica supere el valor medio de todas las raíces características.
- **Contraste de caída** (Cattell, 1965), este criterio parte de graficar los autovalores de manera decreciente (gráfico de sedimentación), escogiéndose aquellas componentes hasta el punto en que la curva decreciente converge a una línea horizontal, lo que indica que a partir de allí la varianza explicada adicional no aporta mucho más.

- **Porcentaje de la varianza explicada**, que consiste en acumular con los autovalores de mayor valor, un porcentaje de la varianza explicada hasta alcanzar un nivel mínimo aceptable (por ejemplo entre 70 y 80 por ciento).
- **Criterios de comprensibilidad**, cuando la construcción de las componentes da lugar a algún tipo de interpretación que sea entendible en términos de las clases que se constituyen.

Una vez determinadas las componentes principales más significativas se puede crear con éstas una medida compuesta como la media aritmética simple, es decir una suma usualmente ponderada con el mismo peso a cada una de ellas. Otra alternativa puede ser la agregación directa de las primeras componentes ponderadas, por ejemplo, por la desviación estándar de cada una.

Cualquiera sea el procedimiento que se aplique, es conveniente realizar un análisis posterior de la correlación entre las variables originales y las componentes seleccionadas para validar la bondad de los resultados.

Finalmente, llegamos a la valoración de la necesidad de cambios en el análisis realizado, esto puede llevar a la eliminación de variables o el empleo de otros métodos de selección de componentes.

Aunque algunos autores recomiendan el uso de las ratios para eliminar el problema de magnitud o escala, sin embargo esta práctica puede tener la desventaja de que modifica la forma de la distribución y les atribuye demasiada importancia a los casos en que en términos absolutos se encuentran localizados en la cola de la distribución de cada variable.

Análisis Factorial

El análisis factorial (AF), es una técnica estadística de modelación de datos usada para explicar la variabilidad entre las variables observadas en términos de un número menor de variables no observadas llamadas factores. Las variables observadas se modelan como combinaciones lineales de factores más expresiones de error.

Se distingue entre el Análisis Factorial *Exploratorio*, en donde los factores no se conocen *a priori*, y el Análisis Factorial *Confirmatorio*, donde se propone un modelo, según el cual hay unos factores que representan a las variables originales.

El AF, tiene sentido cuando se cumplen dos condiciones básicas:

- **La parsimonia**, en el que los fenómenos deben explicarse con el menor número de elementos posibles
- **La interpretabilidad**, en donde será una buena solución factorial aquella que es sencilla e interpretable.

El análisis factorial y el ACP se encuentran muy relacionados, pudiendo decir que mientras en el ACP se trata de hallar componentes (factores) que sucesivamente expliquen la mayor parte de la varianza total, en el AF se buscan aquellos factores que expliquen la mayor parte de la varianza común.

La varianza común es la parte de la variación de cada variable que es compartida con las demás.

El AF permite explicar la variabilidad de Q indicadores observados en términos de un número menor m de variables no observadas llamadas factores, cuya influencia queda matizada por unos pesos o cargas incluyendo un término de error.

El modelo está dado por:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \alpha_{11}F_1 + \alpha_{12}F_2 + \dots + \alpha_{1m}F_m + e_1 \\
 x_2 &= \alpha_{21}F_1 + \alpha_{22}F_2 + \dots + \alpha_{2m}F_m + e_2 \\
 &\dots \\
 x_Q &= \alpha_{Q1}F_1 + \alpha_{Q2}F_2 + \dots + \alpha_{Qm}F_m + e_Q
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

donde:

x_i ($i = 1, \dots, Q$) representa las variables originales estandarizadas con media cero y varianza uno;

$\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{im}$ son los factores de carga relacionados con la variable X_i

F_1, F_2, \dots, F_m son m factores comunes no correlacionados, cada uno con media cero y varianza igual a uno

e_i son los errores o factores Q específicos supuestos independiente e idénticamente distribuidos con media cero.

Existen varios enfoques para desarrollar el modelo de la ecuación (14), como por ejemplo factores de máxima verosimilitud, mínimos cuadrados no ponderados, mínimos cuadrados generalizables, etc.; sin embargo el de mayor uso es el ACP para

extraer la primera m componente principal y considerarla como factor y abandonar el resto.

Coefficiente Alpha de Cronbach (C-alfa)

Se trata de un valor que mide la consistencia interna, es decir indica cuan bien está representada la información de múltiples variables en un solo indicador. El coeficiente toma valores entre 0 y 1 y sirve para comprobar si un indicador que está siendo evaluado, recopila información de las variables que lo componen que es defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que mide lo que dice que mide. El valor del coeficiente será mayor cuanto mayor sea la correlación entre las variables. Mientras más se acerque al índice igual a 1, mejor es la fiabilidad de la selección de variables propuesta, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0,70; algunos autores utilizan 0,75 o 0,80 como valor de corte, mientras que otros lo sitúan de manera más indulgente en un 0,60, claro está, estas medidas se van a situar dependiendo de la disciplina en la que se esté actuando.

El coeficiente alfa de Cronbach, se puede calcular a través de:

$$\alpha \equiv \frac{p}{p-1} \left(\frac{\sigma_I^2 - \sum_{i=1}^p \sigma_{X_i}^2}{\sigma_I^2} \right) \quad (15)$$

Donde σ_I^2 es la varianza del indicador, y $\sigma_{X_i}^2$ es la de cada una de las p variables.

Para construir este estimador se supone que el indicador se calcula como la suma simple de todos los sub-indicadores; así mismo, vale estimar el coeficiente para cada unidad de análisis. El estimador mide la fracción de la variabilidad total de la muestra de variables debido a su correlación. Si no hay correlación y las variables son independientes entre sí, su valor es nulo, mientras que cuando la correlación es total, valdrá la unidad. Por eso, un valor cercano a uno nos indicará que las variables consideradas miden correctamente el fenómeno latente que se desea representar.

El C-alfa no es una prueba estadística, pero es un coeficiente de fiabilidad basado en la correlación entre los sub-indicadores. Esto es, si la correlación es alta, entonces hay evidencia de que los sub-indicadores están midiendo el mismo constructo subyacente. Por tanto, un alto C-alfa, o una alta fiabilidad, indica que los sub-indicadores miden bien el fenómeno latente.

Análisis Clúster o Análisis de Conglomerados (AC)

Es una herramienta estadística que permite clasificar en grupos (clústeres), distintas unidades de análisis a partir del procesamiento de numerosos indicadores que describen el estado de dichas unidades.

Su objetivo es establecer tipologías para las unidades de análisis de aquellas que sean *homogéneas entre sí* y donde los grupos sean *homogéneos*.

Las tipologías se construyen maximizando la distancia de las unidades de tipologías diferentes y minimizando a su vez la distancia de las unidades de una categoría particular. La clasificación en tipologías cumple la función de reducir las dimensiones de análisis de un sistema ya que se pasa de considerar cada unidad de análisis a estudiar cada tipología. El análisis de agrupamientos ha sido muy utilizado en psiquiatría y arqueología puesto que permite definir taxonomías. En el mundo del marketing y la publicidad es muy usado para segmentar audiencias según características demográficas, psicográficas y económicas en forma simultánea y así determinar mercados objetivo.

En la construcción de indicadores compuestos, este análisis es de utilidad para establecer conjuntos de unidades agrupadas por su semejanza y puede utilizarse como:

- Un método estadístico de agregación de indicadores
- Una herramienta de diagnóstico para explorar cada elección de distintas alternativas al momento de construir el indicador compuesto,
- Un procedimiento para agrupar unidades de análisis por su similitud y a partir de allí imputarle a algunos de ellos datos perdidos con el fin de disminuir la dispersión de la información,
- Una técnica de análisis de los resultados

El AC puede ser **jerárquico**, dando lugar a una estructura en forma anidada de árbol, o **no jerárquico** si se establece un número de clases predeterminado.

La aplicación de un AC, parte de una matriz de distancias o similaridades entre las unidades de análisis a agrupar. Dos objetos son más parecidos cuanto más similares son o cuanto menor sea la distancia que hay entre ellos. Estas distancias se calculan a partir de una matriz de datos cuantitativos o cualitativos.

En el caso de variables o indicadores cuantitativos, las distancias que más se utilizan al aplicar las técnicas de AC se resumen en la siguiente tabla ((Schuschny & Soto, 2009).

Tabla 3. 1: Principales distancias utilizadas en el Análisis Clúster

| DISTANCIA | FÓRMULA | EXPLICACIÓN |
|---|---|--|
| Distancia euclídea | $D(x, y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2}{p}}$ | Donde p representa un factor de escala (unidad de medida). Su valor depende de la escala o unidad de medida de las variables |
| Distancia euclídea al cuadrado | $D(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2}{p} \equiv \frac{1}{p} (x - y)^T \cdot (x - y)$ | Al no calcularse la raíz cuadrada, las variables más distanciadas pesarán más que las que están más estrechas entre sí. |
| Distancia euclídea al cuadrado normalizada | $D(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^p \left(\frac{x_i - y_i}{\sigma_i} \right)^2}{p}$ | Esta medida le resta peso a los datos más dispersos |
| Distancia de Chebychev | $D(x, y) = \max x_i - y_i $ | Esta medida es útil cuando se desea definir elementos como “diferentes” si hay una diferencia apreciable en cualquiera de las dimensiones de los mismos. |
| Distancia de Manhattan | $D(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^p x_i - y_i }{p}$ | Con esta medida la influencia de los datos atípicos se atenúa |
| Distancia de Mahalanobis | $D(x, y) = (x - y)^T \cdot \Sigma^{-1} \cdot (x - y)$ | Donde Σ es la matriz de covarianza. Nótese que esta distancia tiene en cuenta la correlación entre las variables, de manera tal que es máxima cuando la correlación es nula. Sin embargo, no satisface la |

| | | |
|------------------------------------|---|--|
| | | desigualdad triangular. |
| Distancia de Minkowski | $D(x, y) = \left[\frac{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^s}{p} \right]^{1/r}$ | También conocida como “distancia potenciada”, es útil cuando se desea incrementar o atenuar el peso de una variable. El valor de s , calibra las diferencias de cada variable, mientras que r , permite controlar el peso de la distancia entre unidades de análisis diferentes. |
| Proporción de discrepancias | $D(x, y) = \frac{\# \text{de veces que } x_i \neq y_i}{p}$ | Esta medida es ventajosa cuando se trabaja con información discreta o categorizada. |

Elaboración propia, a partir de Schuschny & Soto, (2009), Bas Cerdá (2014), (Nardo et al., (2005).

Al finalizar esta etapa, el constructor del indicador compuesto debería:

- Identificar claramente la estructura de los datos a lo largo de varias dimensiones, es decir conocimiento pleno de los sub-indicadores.
- Aplicar la metodología multivariante que considere más adecuada y necesaria al objeto que se está investigando.
- Identificar los subgrupos de indicadores o unidades de análisis que son estadísticamente “similares”.
- Analizar la estructura del conjunto de datos y comparar esto con el marco teórico conceptual.
- Documentar los resultados del análisis multivariado y la interpretación de los componentes y factores.

3.3.3.d Imputación de datos

Al realizar el análisis de la información se podría requerir a lo mejor remover alguna de las unidades en análisis o mejorar la información previamente establecida. Puede

desarrollarse una imputación simple, sea asignando valores de acuerdo a las unidades similares, o sustituir a lo mejor por algún indicador descriptivo (media, mediana, moda, expectativas de maximización). La imputación múltiple también se puede realizar estimando la matriz de covarianzas y la distribución a priori a partir de la cual se imputarán valores al azar.

Los datos faltantes pueden convertirse en un obstáculo a la hora de construir un indicador compuesto que sea sólido, por ello se precisa considerar las formas en las que se puede aproximar para trabajar con datos faltantes:

- a. *Eliminar la información*, en este caso se omite el registro de todo el análisis, con el consiguiente perjuicio de que podría haber diferencias sistemáticas entre usar o no la muestra completa, producir sesgos e incrementos en la dispersión. Cabe aclarar que si la unidad de análisis es un país, eliminar el registro significaría eliminar el país, lo que podría no ser aceptable.
- b. *Eliminación de la variable del análisis*, en este caso como regla empírica, se puede considerar que si una variable posee menos del 5% de datos perdidos respecto a todo el conjunto, no conviene eliminarla.
- c. *Hacer imputación simple*, por ejemplo a través del uso de promedios, medianas, modas, o mediante regresiones con la información disponible.
- d. *Imputación múltiple*, en este caso se recurre a técnicas más sofisticadas como los algoritmos de Monte Carlo vía el uso de cadenas de Markov.

El asignar datos perdidos tiene como ventaja que con ello se reducen los sesgos y se realiza el análisis sobre la base de una cierta completitud en el conjunto de información. Por otro lado, la incerteza que deviene de imputar datos debe quedar reflejada en la varianza de las estimaciones. La asignación simple de datos perdidos puede dar lugar a la subestimación de la varianza.

Imputación simple

Esta imputación de datos se puede resolver a través de modelización implícita y modelización explícita considerando una distribución de probabilidades que se estima con la información disponible.

➤ **Modelización Implícita**

La atención se encuentra en los mecanismos utilizados para la asignación de los datos faltantes. Su desventaja se encuentra en que una vez asignados los datos se tenderá a considerar al conjunto de datos como completo, olvidándose que se realizó una asignación. La modelización implícita, supone:

- Llenar los vacíos de información a partir de unidades que se comporten de manera similar, por ejemplo, en una encuesta agregar la información que respondieron ciertos encuestados a aquellos de características similares que no lo hicieron.
- Sustituir la información ausente con registros existentes
- Reemplazar los datos perdidos con valores tomados de otras fuentes externas.

➤ **Modelización Explícita**

Se realiza considerando un modelo estadístico que parte de supuestos concretos y explícitos por lo que se puede realizar mediante:

- a. **Media (mediana o moda):** se trata de emplear estas medidas no condicionales del resto de la muestra. La principal consecuencia de “llenar los vacíos” con la media es que los datos imputados serán estimadores sesgados por la media poblacional y la varianza resultante del indicador compuesto estará subestimada ya que no considerará la incertidumbre inherente a los datos perdidos.
- b. **Otros métodos de modelación explícita:** se encuentran como alternativas por ejemplo el uso de regresiones lineales o métodos más complejos como el Algoritmo de Expectación-Maximización.

Imputación múltiple

Consiste en asignar los datos perdidos numerosas veces de manera que se disponga de varios conjuntos completos de resultados para cada uno de los cuales se estiman los parámetros de interés junto con sus respectivas medias y desviaciones estándar.

Conforme a lo mencionado anteriormente se puede utilizar cualquiera de las técnicas que se disponen para el efecto, dígame la técnica de Monte Carlo vía Cadena de Markov.

Esta técnica consiste en que a partir de valores sin haber rellenado los datos perdidos, computar el respectivo vector con los promedios y la matriz de covarianza asociada, de aquí, se estima una distribución a priori, con la que se tomarán valores al azar para imputarlos a los perdidos, se recomputan las medias y la matriz de covarianza en un ciclo que finaliza cuando se alcanza cierta estacionalidad y ambos dejan de cambiar.

Mediante esta metodología se asignan numerosos valores a cada dato perdido a partir de una distribución de datos estimada a fin de representar la incertidumbre inherente a la información que no está disponible. Conformados los numerosos conjuntos de datos, se los analiza estadísticamente con el fin de obtener estimadores de los valores que serán utilizados en la imputación.

Siempre habrá que tener presente que cualquier método de imputación que se utilice, no puede reemplazar totalmente a la información perdida, por lo que el primer criterio para el tratamiento de los datos perdidos debería ser el tratar de recuperar las fuentes originales de información.

Así mismo, conviene recalcar que el abuso de los métodos de imputación de los valores perdidos puede conducir a resultados que no sean el reflejo de lo que ocurre en la realidad con el objeto que se está investigando, lo que a su vez conducirá a conclusiones erróneas.

Como conclusión de esta etapa, el constructor deberá tener:

- Un conjunto completo de datos sin valores perdidos
- Una medida de la fiabilidad de cada valor imputado a fin de explorar el impacto de la imputación en el indicador compuesto
- Documentado y explicado el procedimiento de imputación seleccionado y los resultados.

3.3.3.e Normalización de datos

El objetivo de esta etapa, es llevar los indicadores a una misma unidad de medida. Esto puede requerir el desarrollo de transformaciones de escala y/o correcciones de simetría para evitar que los valores extremos dominen los resultados y suavizar los cambios marginales según los niveles. Se debe tener en cuenta la tendencia y la presencia de los valores atípicos y esta normalización debe ser invariante a cambios de la unidad de medida. Existen varios métodos que se pueden aplicar para llegar a la

normalización como las tasas o porcentajes de variación, el ordenamiento de los indicadores entre las unidades analizadas, la distancia a una unidad de referencia.

Identificación de valores atípicos

Los valores atípicos u outliers, son aquellos registros extraños cuyo valor es mucho mayor o menor de lo esperado y por ello, se escapan de la distribución del proceso que da lugar a los datos, con lo cual no tienen las características del resto de ellos. Se detectan a través de los residuos, un valor muy grande de residuos en relación a la distribución asociada a tales residuos.

La presencia de los outliers puede producir sesgos indeseables, por eso, a veces es recomendable removerlos o truncar su valor a un valor extremo como etapa previa al proceso de normalización. Debe recomendarse mucha preocupación en este proceso por cuanto muchos de estos datos atípicos pueden contener información importante de las unidades en análisis.

El uso de los **cuartiles**, es recomendable en esta fase, a partir de los cuales se determina el **rango intercuartílico** que constituye la distancia entre el primer y tercer cuartil. Como regla empírica se considera a un dato como atípico si su valor es inferior al primer cuartil menos 1.5 veces el rango intercuartílico o superiores al tercer cuartil más 1,5 veces el mismo rango.

Transformación de escala y corrección de asimetrías

Cuando las variables están expresadas en unidades de medida diferentes, es necesario estandarizar el valor de alguna variable siguiendo el patrón de unidades adoptado por una unidad de análisis considerada como “referencia”.

Sea x la muestra inicial de datos e y la muestra transformada. Es posible cambiar la unidad de medida, lo que supone realizar una transformación sobre estas variables que puede ser lineal del tipo:

$$x \rightarrow y = \alpha x + \beta \text{ con } \alpha > 0$$

Esta transformación puede cambiar la media y la desviación estándar de la distribución pero no cambia la forma.

Muchas veces se debe recurrir a otro tipo de transformaciones como por ejemplo, reemplazar los valores de los datos por su logaritmo:

$$x \rightarrow y = \log(x + \alpha) \text{ con } x + \alpha > 0 \quad \forall x \in X$$

Esto tiene como finalidad registrar el orden de magnitud y no el valor nominal de la variable. Esta transformación modifica por su propia naturaleza, la forma de la distribución, por ejemplo reduce el índice de simetría cuando su valor original es positivo.

Cuando los datos muestran asimetría, la media de una distribución asimétrica no es un buen indicador, por ello para corregir esta asimetría se puede trabajar con transformaciones potenciales simples, esto es, reemplazar por las raíces n-ésimas:

$$x \rightarrow y = x^\eta$$

Por la monotonía de la función, las transformaciones preservan el orden de los valores, sin embargo modifican la distancia entre ellas. Con potencias $\eta < 1$ o con el logaritmo, se comprime la escala en la parte superior de la distribución con relación a los valores menores, lo que tiende a reducir la asimetría cuando el índice es negativo. Cuando $\eta > 1$ se tiene el efecto contrario, es decir que si la distribución muestral original tiene un valor del índice de asimetría positivo considerable, la aplicación de esta transformación lo reducirá.

Las transformaciones de Box-Cox, son utilizadas para resolver los problemas de falta de normalidad y de heterocedasticidad, las mismas que desarrollan la siguiente metodología:

Considerando que $x > 0 \quad \forall x \in X$, la transformación en forma genérica es:

$$x \rightarrow y = T(x) \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda \hat{x}^{(\lambda-1)}} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \log(x) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad \text{con } \hat{x} = \prod_{i=1}^p x_i^{1/p}$$

Luego se estima el valor de λ que maximiza la función de verosimilitud:

$$\mathcal{L}(\lambda) = \frac{p}{2} \log \left[\sum_{i=1}^p (U_\lambda(x_i) - \bar{U}_\lambda)^2 \right]$$

Si bien esto no garantiza que efectivamente la variable transformada provenga de una distribución normal, se aproxima a ella. En ocasiones pueden haber variables para las que ninguna transformación es satisfactoria. Numerosas son las transformaciones propuestas por otros investigadores, como una versión exponencial similar a la familia Box-Cox, propuesta por Manly (1976):

$$x \rightarrow y = \begin{cases} \frac{e^{\lambda x} - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ x & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

que admite valores negativos y, según se comenta, es útil para distribuciones asimétricas. Otro es el caso de la “transformación módulo” propuesta por John y Draper (1980) para distribuciones simétricas:

$$x \rightarrow y = \begin{cases} \frac{\text{sgn}(x) (|x|+1)^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \text{sgn}(x) \log(|x|+1) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad \text{con } \text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ -1 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

Métodos de normalización

La elección de la técnica para normalizar los datos, depende de las características de cada indicador, adicional al buen juicio del analista. Entre las técnicas que permite desarrollar la normalización de los datos, tenemos las siguientes:

➤ ***Empleo de tasas o porcentajes de variación***

Cuando se posee información de una variable en varios períodos de tiempo, se puede trabajar con las tasas de variación, obteniendo un estimador que no tiene dimensiones.

$$y_t^i = \frac{x_t^i - x_{t-1}^i}{x_t^i} \times 100$$

➤ **Ordenamiento de indicadores entre unidades de análisis**

El método más simple de normalizar variables y hacerlas comparables entre sí, consiste en establecer un ordenamiento o “ranking” de sus valores:

$$y_t^i = \text{Ranking}(x_t^i \in X)$$

De esta manera, los datos se independizan de la magnitud de los posibles datos atípicos que pudieran estar presentes. Cuando se dispone de información en varios instantes del tiempo el ordenamiento se hace en cada período por separado. Ello permitirá seguir el desempeño comparado o relativo de cada unidad de análisis en el tiempo, pero no de su situación *per se*.

➤ **Estandarización (z-score)**

Dado que se puede calcular la media y la desviación estándar para la población de las unidades de análisis, es posible estandarizar la variable calculando el llamado valor *z*, como:

$$z_t^i = \frac{x_t^i - \bar{x}_t}{\sigma_t^x}$$

Para cada unidad de análisis *i*, el valor obtenido representa la distancia entre el valor de la variable y la media poblacional expresada en unidades de desviación estándar. Es importante destacar que el cálculo de este indicador requiere estimar la media y desviación estándar poblacional y no la muestral, lo que supondría la realización de algunas pruebas para analizar la compatibilidad entre los valores muestrales y el modelo poblacional asumido.

Lo interesante de esta representación es que los valores de cada unidad de análisis quedan estandarizados respecto de una misma distribución. Así mismo, dado que la media de las transformaciones es cero, esto se evita cuando se agregan todas las variables.

➤ **Re-escalamiento**

Aquí se considera el rango de los valores de la variable y consiste en transformar los niveles de las variables para llevarlos al intervalo [0,1] empleando la distancia entre los valores máximos y mínimos que la variable adquiere considerando todos los datos.

Se calcula a través de:

$$y_t^i = \frac{x_t^i - \min_{\forall p} (x_t^i)}{\max_{\forall p} (x_t^i) - \min_{\forall p} (x_t^i)} \in [0,1]$$

La unidad de análisis de mayor desempeño tendrá un valor igual a 1 y la de menor será igual a 0. Como el re-escalamiento opera sobre los valores extremos de la variable, es importante verificar que no se esté en presencia de registros atípicos ya que la comparabilidad realizada sobre la base de este tipo de valores, distorsionaría considerablemente el análisis y concentraría los valores atípicos en un estrecho rango de valores dentro del intervalo [0,1].

Si se trabaja con datos que se han tomado en varios instantes del tiempo, se suele considerar un año base:

$$y_t^i = \frac{x_t^i - \min_{\forall p} (x_{t_0}^i)}{\max_{\forall p} (x_{t_0}^i) - \min_{\forall p} (x_{t_0}^i)}$$

Sin embargo, bien podría suceder que:

$$\exists t / x_t^i > \max_{\forall p} (x_{t_0}^i) \Rightarrow y_t^i > 1$$

Por lo que, como mejor opción, podría calcularse:

$$y_t^i = \frac{x_t^i - \min_{\forall t} \min_{\forall p} (x_t^i)}{\max_{\forall t} \max_{\forall p} (x_t^i) - \min_{\forall t} \min_{\forall p} (x_t^i)} \in [0,1]$$

El problema de esta transformación es que no es estable ya que la llegada de nueva información que modifica los mínimos y máximos hará que se alteren todos los valores de la serie.

➤ ***Distancia a una unidad de análisis de referencia***

Para este caso, se calcula la fracción:

$$y_t^i = \frac{x_t^i}{x_{t_0}^R}$$

Donde R es una unidad de análisis que se considera como referente ya que es en relación a ella que los resultados quedan referidos y t_0 es el período inicial. En algunos casos no se fija el valor del tiempo y la referencia respecto de la cual se calculan los valores puede ir variando con la llegada de nueva información. Por otro lado, es posible reemplazar la unidad de análisis de referencia por un valor objetivo a ser alcanzado, una unidad “promedio” o a veces, se considera la propia unidad de análisis como referencia a partir del valor en el instante inicial t_0 .

Otro tipo de medición de distancia que se puede emplear es:

$$y_t^i = \frac{x_t^i - x_{t_0}^R}{x_{t_0}^R} \equiv \frac{x_t^i}{x_{t_0}^R} - 1$$

cuya única diferencia es centrar los valores resultantes alrededor de cero.

➤ **Categorización de escalas**

Esta técnica se utiliza tanto para indicadores cualitativos como cuantitativos y se transforma a una escala adimensional en donde se ajusta el rango de variación de [1,100]. Por lo general se basan en medidas de localización como los percentiles, deciles o cuartiles.

Puede ser útil para representar información cualitativa en rangos relativamente cuantificables, siendo su principal inconveniente el que tiende a producir la pérdida sustancial de información cuantitativa que podría ser relevante.

➤ **Categorización de valores por encima o por debajo de la media**

Al igual que en el caso anterior, se establece un umbral de tolerancia $\psi \in (0,1)$ a partir del cual se determinan los casos en que las unidades de análisis registran valores de una variable por encima, debajo o alrededor del valor del umbral:

$$\text{Si } \frac{x_t^i}{\bar{x}_{t_0}} < (1 - \psi) \Rightarrow y_t^i = -1$$

$$\text{Si } (1 - \psi) \leq \frac{x_t^i}{\bar{x}_{t_0}} \leq (1 + \psi) \Rightarrow y_t^i = 0$$

$$\text{Si } \frac{x_t^i}{\bar{x}_{t_0}} > (1 + \psi) \Rightarrow y_t^i = 1$$

Entre las principales desventajas de esta metodología se podría identificar que la elección del umbral ψ pareciera arbitraria ya que está sujeta a la experiencia que el analista tiene acerca de la información con la que trabaja. Por otro lado, al establecerse rangos categorizados, se pierde la información nominal procesada.

Al finalizar esta etapa, el constructor del indicador compuesto habrá:

- Seleccionado el procedimiento o los procedimientos de normalización apropiados con referencia al marco teórico y a las propiedades de los datos.
- Documentado y explicado el o los procedimientos de normalización seleccionados y los resultados.

3.3.3.f Ponderación y agregación de los indicadores simples

Dentro de las etapas de construcción de un indicador compuesto, podemos decir que hemos llegado a una de las más cruciales, puesto que se trata prácticamente de asignar los pesos a cada uno de los indicadores que forman el indicador compuesto. Por tanto se requiere que la metodología de agregación sea lo suficientemente clara, explícita y de fácil y transparente reproducción.

Varias son las técnicas que permiten la agregación las cuales requieren ciertos supuestos de partida; sin embargo, recordemos que independientemente de la metodología adoptada, ponderar un conjunto de variables para agregarlas a un único indicador, termina siendo en esencia un juicio de valores que debería explicitar el objetivo que subyace al diseño del indicador. No existe metodología objetiva para establecer los pesos de las variables, por eso se aconseja que adicional al marco teórico conceptual que se haya desarrollado sobre el tema, también se considere la opinión de expertos y a los consensos en los grupos de interés que permitan sintetizar

las prioridades conjugando las políticas institucionales con los diferentes puntos de vista de los actores principales en la unidad sujeta al análisis.

Metodologías usadas para la ponderación

➤ ***Establecimiento de pesos equiproporcionales***

Esta técnica es muy sencilla y se trata de asignar de manera equiproporcional el mismo peso a todas las variables o indicadores simples.

Si bien es una técnica muy sencilla, también se podrían observar algunas deficiencias en la misma ya que al no considerar una base estadística o empírica no se tiene el conocimiento suficiente que permita considerar las relaciones causales o una falta de consenso sobre la alternativa que se esté planteando.

Con este método se corre el riesgo de que combinando indicadores con un elevado grado de correlación, ciertos aspectos tengan un peso elevado en el IC. Un ejemplo del uso de este tipo de metodología se encuentra en el Índice de Desarrollo Humano.

➤ ***Métodos participativos de ponderación***

Otra de las formas de establecer los pesos relativos a cada variable en el IC es a partir de metodologías de índole participativa en las que se consulta la opinión de expertos que contribuyen con su conocimiento, priorizando algunas variables por sobre otras.

Este tipo de metodología otorga legitimidad, pues en la medida en que el conjunto de expertos refleje la diversidad de ramas del conocimiento, las posibles áreas de experiencia y los distintos intereses en juego, el indicador compuesto contará con mayor consenso al momento de su comunicación y por tanto se transformará en una herramienta válida y eficaz para influenciar la aplicación de políticas en pro del mejoramiento del contexto en el que se desenvuelve el IC.

Una de las desventajas que se atribuye a esta metodología surge cuando los expertos priorizan las variables sobre las urgencias políticas que a partir de la importancia relativa de cada una de ellas asignan los valores. Una de las formas de eliminar los posibles sesgos que tengan las opiniones de los expertos es a través de la aplicación de encuestas a la opinión pública de manera que reflejen sus preocupaciones contribuyendo de esta manera a crear el consenso necesario al momento de la toma de decisiones sobre acciones concretas de la política, basadas en el uso del indicador.

➤ ***Ponderación a través del cálculo de la distancia a objetivos planteados***

Se puede considerar como factor de ponderación al cociente entre el valor de la variable y el objetivo que se le plantea alcanzar para ella. En este sentido, las metas de las políticas que se aplican, los niveles de sostenibilidad considerados como plausibles, el desempeño comparado de las unidades de análisis con características similares, pueden ser la base para definir los objetivos planteados, aunque en algunos casos puede no ser viable la definición del objetivo en relación con las variables consideradas.

Hay que tener en cuenta que muchas veces la comparabilidad entre las unidades de análisis puede dificultarse.

➤ ***Ponderación mediante cálculos de regresión***

Los modelos de regresión lineal proporcionan información muy valiosa acerca del vínculo existente entre las variables independientes y la variable dependiente. Supongamos que las variables independientes del modelo lineal son las variables que se han seleccionado para constituir el IC y que la variable dependiente representa un objetivo global a ser alcanzado por cada unidad de análisis, por ejemplo países.

$$\hat{Y}_j = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 y^{1j} + \dots + \hat{\beta}_p y^{pj} \quad \forall \quad 1 \leq j \leq N_{país}$$

Entonces sobre la base de esta representación, los valores de los coeficientes estimados $\hat{\beta}_i$, $1 \leq i \leq p$ pueden ser considerados debidamente normalizados como factores de las diversas variables con las que se trabaja. Claro está, se debe tener en cuenta que existe la suposición de que las variables tienen un comportamiento lineal en relación con el objetivo planteado y que estas deberían ser independientes entre sí puesto que si hay multicolinealidad el análisis se vuelve deficiente. Recordemos que para ello se cumplió con una etapa anterior en este proceso que fue el realizar el análisis multivariado exploratorio.

A pesar de lo expuesto, el uso de los modelos de regresión lineal puede ser útil para cuantificar el efecto relativo de cada objetivo de política, representado por cada variable y los objetivos globales que se plantea alcanzar, así como también será útil para validar el conjunto de factores de ponderación que se calcularon con otras técnicas.

➤ **Análisis de Componentes Principales**

Ya se ha descrito anteriormente esta técnica, sin embargo cabe mencionar que también es útil para la ponderación, especialmente cuando se está en presencia de colinealidad ya que permiten componer variables de acuerdo a su posible mutua asociación y capturar la información común que poseen.

Cuando se inclina por el uso de estas técnicas, se debe partir expresando las variables en similares unidades de medida, estudiando la estructura de correlación de los datos, de manera que si no están correlacionados entre sí, no será de mayor utilidad dado que el número de factores o componentes no se verá sustancialmente reducido.

Cuando se han identificado los componentes, se procede a seleccionar aquellos que dan lugar a la mayor variabilidad total de acuerdo a la siguiente regla empírica:

- ❖ Que la componente tenga asociada un autovalor superior a la unidad,
- ❖ Que individualmente contribuya al menos en un 10% a la varianza total,
- ❖ Que las componentes ordenadas de mayor a menor influencia, lleguen a explicar acumuladamente, más del 70% de la varianza.

Posteriormente se expresan las componentes como las combinaciones lineales de las variables.

La sensibilidad a la incorporación de información y la presencia de datos atípicos se pueden considerar como las principales desventajas del ACP, considerando además que este método tiende a minimizar la contribución de variables que poseen una evolución distinta de los demás indicadores.

➤ **Análisis Envolvente de Datos (DEA)**

La explicación de esta técnica ha sido desarrollada anteriormente en este trabajo, y como quedó manifestado allí, es una técnica que nos permite determinar una frontera de eficiencia del conjunto de unidades analizadas, de manera que, sin considerar una función de producción previamente establecida, se analiza el desempeño de todas las unidades a partir de lo que se establecen los niveles adecuados a los que todas las unidades debieran llegar.

Se identifican así unidades que se convierten en referentes de aquellas que no han llegado a los niveles eficientes. Dado que se trata de que todas las unidades lleguen a los niveles eficientes, esta es una práctica de benchmarking.

Siendo un método matemáticamente sofisticado, se puede considerar como una desventaja ya que se sustituye la opinión de los expertos mediante la aplicación realizada por el analista y por eso, en parte pierde transparencia, algo que es muy importante a la hora de comunicar los resultados obtenidos.

➤ ***El enfoque del Beneficio de la Duda***

El enfoque del beneficio de la duda considera la metodología del DEA, tomando en cuenta que en la construcción de los IC's se fija en el logro de los objetivos, es decir en las variables de salida u outputs, sin considerar las dimensiones de las variables de entrada o inputs. Por tanto, en el modelo aplicado para la construcción de los IC's se asume que todas las unidades de análisis tienen una variable "dummy input" que sería igual a la unidad.

Este enfoque fue desarrollado anteriormente en esta investigación, precisamente considerando la estructura y necesidad de tomarlo como aspecto importante en la identificación de los escenarios que se considerarán posteriormente para el análisis de la eficiencia en el desempeño docente de los profesores universitarios.

➤ ***Modelos de componentes no observados***

La idea principal de este modelo es que las variables que componen el indicador compuesto se suponen dependientes de una variable no observada más un término de error. A través de la estimación de la variable no observada, será posible obtener algún conocimiento acerca de las relaciones que pudieran darse entre el indicador compuesto y sus variables constitutivas. Los factores de peso obtenidos a partir de este procedimiento son aquellos que minimizan el término de error resultante. Es una metodología similar al análisis de regresión, sin embargo en este caso, se supone que la variable dependiente no es conocida.

Sea $h(j), 1 \leq j \leq N_{país}$ el fenómeno que se desconoce pero se desea medir para cada unidad de análisis. Sean $i, 1 \leq i \leq p$ los indicadores de los que se dispone, cada uno de los cuales mide algún aspecto de $h(j)$. Consideremos que el resultado observable para la unidad de análisis j , del indicador i queda definido por $G(j, i)$ y puede escribirse como una combinación lineal del fenómeno no observado y un término de error:

$$G(j, i) = \alpha(i) + \beta(i)[h(j) + e(j, i)]$$

donde $\alpha(i)$ y $\beta(i)$ son parámetros no conocidos que mapean $h(j)$ en $G(j,i)$. El término de error resume dos fuentes de incertidumbre:

- la que deriva del mapeo
- la posibilidad de una medición imperfecta

se supone que posee una media nula y la misma varianza para todas las unidades de análisis, por ejemplo:

$$E(e(j,i)) = 0, E(e(j,i)^2) = \sigma_i^2 \text{ y } E(e(j,i).e(j',i')) = 0, i \neq i', j \neq j'$$

Así mismo, con el fin de facilitar los cálculos, se supone que $h(j)$ es una variable aleatoria también con media nula y varianza unitaria y que las variables han sido normalizadas para tomar valores entre (0,1). La estimación de $h(j)$ para cada unidad de análisis se realiza mediante el cálculo de la media de la distribución condicional del componente no observado, es decir:

$$E[h(j) / G(j,i), \dots, G(j,p)] = \sum_{i=1}^p w(j,i) \frac{G(j,i) - \alpha(i)}{\beta(i)} \quad (*)$$

Siendo los factores de ponderación una función decreciente de la varianza de la variable asociada y creciente de la de los demás e iguales a:

$$w(j,i) = \frac{\sigma_i^{-2}}{1 + \sum_{k=1}^p \sigma_k^{-2}}$$

Obsérvese que el valor de los pesos será menor ante la presencia de datos atípicos (outliers). La varianza de la condicional de la distribución es una medida de la precisión del indicador compuesto y sirve para definir los intervalos de confianza. Está dada por:

$$Var[h(j) / G(j,1), \dots, G(j,p)] = \frac{1}{\sum_{k=1}^p \sigma_k^{-2}}$$

Resulta razonable que, como se observa, la varianza crece con el número de indicadores considerados y el valor de sus respectivas varianzas. La estimación del modelo se facilita bajo la suposición de que $h(j)$ y $e(j,i)$ se distribuyan normalmente. Se trata de estimar el valor de los parámetros: $\alpha(i)$, $\beta(i)$ y σ_i^{-2} que maximizan la función de verosimilitud que se basa en los datos observados.

Los valores estimados se sustituyen en la distribución condicional del componente no observado, usando la ecuación (*), para obtener el valor del indicador compuesto y sus factores de ponderación.

➤ **Ponderación usando Procesos de Jerarquía Analítica**

Los Procesos de Jerarquía Analítica (AHP) son una herramienta diseñada por Saaty (1980), utilizada para apoyar a la toma de decisiones multicriterio, a través de conciliar prioridades cuando se tienen que considerar múltiples aspectos tanto cuantitativos como cualitativos en una decisión y por eso puede ser útil como método racional para estimar los factores de ponderación de las variables que componen un indicador compuesto.

Cada factor de peso refleja en cuánto un grupo de expertos desea priorizar en promedio una determinada variable en desmedro de otras.

Supongamos primeramente que el indicador tendrá la forma:

$$IC = \sum_{i=1}^p w_i y_i \quad \text{con } w_i > 0 \quad \forall i$$

Sea la matriz de razones de pesos:

$$(W)_{ij} = w_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \in R^{p \times p}$$

Se cumple que:

$$w_{ji} = \frac{1}{w_{ij}}, w_{ii} = 1 \quad \text{y} \quad w_{ij} = w_{ik} w_{kj}$$

Como cada fila de la matriz, es múltiplo de la primera fila, el rango de la misma es igual a uno y, por lo tanto, habrá un solo autovalor no nulo, digamos p . Dado que $w_{ii} = 1 \quad \forall 1 \leq i \leq p$, y que la suma de todos los autovalores es igual a la traza, tenemos que:

$$\sum_{i=1}^p w_{ii} = p$$

Así mismo, se puede comprobar que $W \cdot w = pw$, donde w es vector columna de los pesos, es decir que los pesos son el autovector de W con autovalor p .

Sobre la base de estas conclusiones Saaty (1980) propone calcular los factores de ponderación, realizando comparaciones entre las variables tomadas por pares. Para ello se pregunta, en cada caso, cuál es la variable más importante y cuánto más lo es. La intensidad de la preferencia puede medirse en una escala de Likert (de 1 a 9). Un valor asignado a una variable de 1 indica que es igualmente importante que aquella con la que se compara, mientras que si se le asigna el valor de 9, la variable se considerará muchísimo más importante que la otra. Hechas las $p \cdot (p-1) / 2$ comparaciones se construye una matriz de comparaciones, que llamamos A , cuadrada en el número de variables, cuyos elementos a_{ij} indican cuánto la variable de la fila i es más importante de la variable de la columna j . Para completar la matriz basta considerar que:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ y } a_{ii}=1$$

Obsérvese que la matriz A es muy similar a la matriz de razones W . Dada la forma en que se construye, se puede demostrar que:

- El máximo autovalor de A , λ_{\max} es mayor o igual a p
- Que el autovector asociado posee todas sus componentes estrictamente positivas.

Entonces, dada la similitud entre A y W , para estimar los factores de ponderación a partir de la matriz de comparaciones A , basta con calcular el autovector asociado al autovalor λ_{\max} y normalizarlo de manera tal que la suma de sus componentes sea la unidad. Dicho vector corresponderá a los factores de ponderación que surgen de las comparaciones realizadas por los expertos.

La principal ventaja de esta metodología es que transparenta el proceso de definición de los pesos sobre la base de un procedimiento ampliamente utilizado. Sin embargo, y dado que se deben hacer numerosas comparaciones entre los pares de variables puede tornarse tediosa su sistematización. Así mismo y como sucede con los métodos participativos, los resultados dependerán del grupo de expertos seleccionados para priorizar las variables.

➤ **Análisis Conjunto**

Esta es una técnica de carácter participativo, generalmente utilizada en las ciencias sociales aplicadas, y en particular en el marketing, la administración del producto y la investigación operativa.

El objetivo de esta técnica es determinar qué combinación de un número limitado de atributos es el más preferido por un grupo de encuestados; mientras que la técnica anterior valoriza las alternativas agregando el valor individual de las variables, el análisis de conjunto lo hace desagregándolo.

Busca establecer una medida de los juicios o percepciones de los consultados sobre un conjunto de escenarios o alternativas. Los encuestados eligen el conjunto de variables preferidas por ellos.

El analista, en este caso, debe ser capaz de formular el problema a ser resuelto, identificando los atributos a considerar. Un análisis típico involucra la identificación de no más de 10 variables. Posteriormente se debe diseñar la forma de presentar la información hacia el encuestado, ello se puede hacer a través de comparaciones entre pares de variables o realizando una evaluación directa de cada una de ellas. En el primer caso se contrasta el nivel de cada variable con los de las demás, por lo cual se torna un procedimiento bastante engorroso ya que supone por parte del consultado, realizar numerosas comparaciones.

La evaluación directa implica que para cada variable se realiza una evaluación global independiente del resto de las variables, es decir, se busca establecer un puntaje de preferencia y no de ordenamiento o ranking de variables. De igual manera suele considerar una escala de Likert de 9 puntos (1 no es preferido, 9 es muy preferido).

La desventaja de esta metodología radica en que requiere el diseño de una encuesta que puede complicarse cuando el número de variables y niveles asociados es grande.

Schuschny & Soto (2009), resumen lo expuesto por Malhotra (1996), el nivel de utilidad (o preferencia) general, dado por la contribución asociada a cada nivel j del atributo (variable) i , está dado por:

$$U(x) = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{k_i} \alpha_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Donde, k_i es el número de niveles de la variable i ($1 \leq i \leq p$). La importancia de la variable i , puede estimarse como la diferencia entre el máximo y mínimo de los coeficientes α_{ij}

$$I_i = \{ \max(\alpha_{ij}) - \min(\alpha_{ij}) \} \quad (2)$$

Para luego, calcular los factores de ponderación a partir de la normalización de estos valores, de manera tal que:

$$w_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^p I_i} \Rightarrow \sum_{i=1}^p w_i = 1 \quad (3)$$

Sobre la base de esta representación esquemática, se detalla, a continuación, cómo proceder para calcular los coeficientes α_{ij} . La manera más usual de estimarlos es a través del empleo de regresiones con variables indicadoras (o “dummies”) que asumen valores 0 ó 1. Malhotra (1996) indica que pueden utilizarse también modelos LINMAP, MONANOVA y LOGIT. Si una variable tiene k_i niveles, será necesario emplear $k_i - 1$ variables indicadoras. Para realizar la regresión, se toma como variable dependiente al nivel general de utilidad y como independientes las variables indicadoras que codifican en conjunto los niveles de las variables. Por ejemplo, si una variable tiene 3 niveles, cada uno de ellos se puede codificar con dos variables indicadoras como:

$$x_{i1} = 0, x_{i2} = 0; x_{i1} = 1, x_{i2} = 0 \text{ y } x_{i1} = 0, x_{i2} = 1 \quad (4)$$

Siendo x_{i1} y x_{i2} , las variables indicadoras asociadas a los niveles de la variable considerada i . El R^2 de la regresión indicaría cuán bien el modelo se ajusta a la información.

Hecho esto para todas las variables se debe estimar el modelo:

$$U = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{k_i-1} b_{ij} x_{ij} \quad (5)$$

Obtenida la estimación de los parámetros: b_{ij} se calculan los valores de los coeficientes α_{ij} tomando el nivel que corresponde a la codificación con todos los x_{ij} nulos como nivel de base y considerando el sistema lineal:

$$\begin{aligned}
 \alpha_{i1} - \alpha_{ik_i} &= b_{i1} \\
 \alpha_{i2} - \alpha_{ik_i} &= b_{i2} \\
 &\dots\dots \\
 \alpha_{ik_i-1} - \alpha_{ik_i} &= b_{ik_i-1}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

a las $k_i - 1$ ecuaciones se les agrega una restricción más, cerrando el sistema, en que se impone que se cumpla:

$$\alpha_{i1} + \alpha_{i2} + \dots + \alpha_{ik_i} = 0
 \tag{7}$$

Así, se obtiene todos los valores de $\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \dots, \alpha_{ik_i}$.

Esta operación se repite para todas las $1 \leq i \leq p$ variables. Luego, para cada variable se calcula su nivel de importancia la cual se había definido como $I_i = \{ \max(\alpha_{ij}) - \min(\alpha_{ij}) \}$ para, finalmente obtener los factores de ponderación que resultaban de la normalización, conforme a la ecuación (3).

Métodos de Agregación

Existen algunas técnicas de agregación que se pueden utilizar para agregar a todas las variables o sub-indicadores en un indicador compuesto. Si bien es cierto, con las técnicas descritas anteriormente hemos llegado a ponderar los valores de las variables que se asocian para formar un IC, sin embargo, muchas veces se hace necesario desarrollar un proceso de ponderación, principalmente cuando el método de ponderación utilizado no establece de manera natural un método de agregación subsecuente.

Se describen a continuación algunas técnicas que pueden ser de utilidad para este proceso de agregación, siendo una etapa de mucha importancia en la construcción de los IC's, para este caso se va a considerar que i representa a las variables que intervienen y que j representa a las unidades de análisis (ejemplo: países).

➤ **Suma de rankings**

Consiste en sumar, para cada unidad de análisis, el orden o ranking que posee cada una de las p variables, en relación con el resto de las unidades de análisis, esto es:

$$I_t^j = \sum_{i=1}^p \text{Ranking}_{y_t^{ij}} \quad \forall 1 \leq j \leq N$$

La ventaja de esta técnica es su simplicidad y la supuesta independencia que se logra respecto de los datos atípicos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que tiende a perderse información acerca del valor absoluto de las variables que componen el indicador.

➤ **Conteo de las variables que superan o exceden una referencia dada**

Se basa en el número de indicadores que se encuentran por encima o por debajo de la unidad de referencia p :

$$I_t^j = \sum_{i=1}^p \text{sgn}\left[\frac{y_t^{ij}}{E(y_t^i)} - (1 + \delta)\right] \quad \text{con } \delta \text{ un valor umbral } \forall 1 \leq j \leq N$$

el valor umbral δ se selecciona luego de realizar un análisis exploratorio que permita determinar aproximadamente el rango de valores que adquieren las variables. Como en el caso anterior, este modelo de agregación no se ve afectado por la presencia de datos atípicos, sin embargo, también se pierde información de la magnitud que pueden poseer las variables.

➤ **Media aritmética ponderada**

Es el método más utilizado, una vez normalizadas las variables y calculados los factores de pesos, el indicador compuesto se calcula como:

$$I_t^j = \sum_{i=1}^p w^i \cdot y_t^{ij} = w^1 y_t^{1j} + \dots + w^p y_t^{pj}$$

$$\text{con } \sum_{i=1}^p w^i = 1 \quad \text{y} \quad 0 \leq w^i \leq 1, \forall i \quad 1 \leq i \leq p, \forall j \quad 1 \leq j \leq N$$

Como ya se ha señalado, la forma en la que se obtuvieron los factores de peso debe quedar explícitamente determinada.

Así mismo, es deseable que los indicadores sean preferentemente independientes entre sí en el sentido de que para todo par de variables y^n e y^m , la posible vinculación entre ellas, i.e.: $f(y^n, y^m)$ cumpla que:

$$\frac{\partial f(y^n, y^m)}{\partial y^l} = 0$$

Respecto de cualquier otra variable y^l . Esta suposición impediría la presencia de sesgos indeseables y facilitaría el cálculo de las contribuciones marginales de cada variable en el valor del indicador compuesto separadamente. Bajo esta consideración, es fácil verificar que el cociente de los pesos de dos variables cualesquiera, digamos i y k representa la magnitud de mejora en i necesaria para compensar una declinación en k de una unidad sin que se vea afectado el valor del indicador compuesto. En efecto diferenciando:

$$dI_t^j = 0 = \sum_{i=1}^p w^i \cdot dy_t^{ij} \quad \text{se obtiene:} \quad \frac{w^i}{w^k} = \frac{dy_t^{kj}}{dy_t^{ij}}$$

El uso de factores de ponderación idénticos, i.e.: $w_i = w_j \quad \forall i \neq j$, puede ser apropiado cuando se trabaja con sub-indicadores que agregan distintas dimensiones del contexto de aplicación. Puede ser conveniente el uso de ponderadores idénticos cuando las variables están altamente correlacionadas entre sí, sin que ello implique la presencia de redundancia explicativa puesto que esos elementos correlacionados explican aspectos diferentes del fenómeno en cuestión.

➤ **Promedio geométrico ponderado**

El uso de los promedios geométricos ponderados, es una solución alternativa a la agregación lineal ya que si existe un rendimiento bajo en alguno de los indicadores, este comportamiento se compensa con altos valores en el resto de indicadores. Los pesos empleados en las técnicas de agregación compensatoria se tratan como factores de escala.

Esta técnica es similar a la agregación lineal ponderada, considerando la media geométrica, de la siguiente manera:

$$I_t^j = \prod_{i=1}^p (y_t^{ij})^{w^i} = [(y_t^{1j})^{w^1} \dots (y_t^{pj})^{w^p}]$$

$$\text{con } \sum_{i=1}^p w^i = 1 \text{ y } 0 \leq w_i \leq 1, \forall j, 1 \leq j \leq N$$

Nótese que si las variables están expresadas como logaritmos, la media aritmética ponderada es el logaritmo de la geométrica,

$$I_t^j = \sum_{i=1}^p w^i \cdot y_t^{ij} = \sum_{i=1}^p w^i \cdot \log(x_t^{ij}) = \sum_{i=1}^p \log[(x_t^{ij})^{w^i}] = \log \prod_{i=1}^p (x_t^{ij})^{w^i}$$

Además cuando se promedia geoméricamente, el cociente de los pesos de dos variables cualesquiera, digamos, i y k representa el porcentaje de mejora en i necesario para compensar una declinación en k de un 1% sin que se vea afectado el valor del indicador compuesto.

Tanto con esta técnica, como con las medias aritméticas subyace un razonamiento compensatorio entre variables, lo que supone la existencia de vínculos o compromisos entre estas, cuando se piensa que los factores de ponderación de las variables determinan la importancia relativa de estos en la estructura del indicador compuesto.

La conclusión de esta etapa, implica que el constructor del IC, debe tener:

- Seleccionado el peso adecuado y el o los procedimientos de agregación con referencia al marco teórico.
- Considerada la posibilidad de utilizar varios procedimientos
- Documentado y explicado los procedimientos de ponderación y agregación seleccionados.

3.3.3.g Análisis de incertidumbre y sensibilidad del IC

En las etapas anteriores se han establecido algunos juicios de valor para la elección de los diferentes supuestos, estas elecciones subjetivas forman la base de la construcción de un indicador compuesto, sin embargo para incrementar la transparencia y evaluar la calidad de su diseño, es imprescindible aplicar un análisis de sensibilidad y de incertidumbre.

En general, las incertidumbres asociadas al diseño de indicadores compuestos, pueden vincularse con un número de factores entre los que se mencionan los siguientes:

- La elección del modelo para estimar los errores de medición de los datos.
- El mecanismo y marco metodológico utilizado para incluir o excluir sub-indicadores en el indicador compuesto.
- La forma en que los sub-indicadores son transformados.
- El tipo de esquema de normalización o estandarización empleado con el fin de eliminar los efectos de escala que pudiera haber.
- La cantidad de datos perdidos y la elección del método de imputación usado para llenar dichos vacíos.
- El método de determinación de los factores de peso.
- Los niveles de agregación de la información si es que se superponen o complementan varios de ellos.
- La elección del sistema de agregación de los sub-indicadores y variables.

Análisis de Incertidumbre

El análisis de incertidumbre parte de considerar que:

$$I_j = f_{rs} \left(y_{1j}, \dots, y_{pj}, w_{s,1}, \dots, w_{sp} \right)$$

Es el IC de la unidad de análisis j , calculado conforme al modelo de agregación $r = \{1, 2, 3, \dots\}$, donde los números indican los distintos modelos y $s = \{1, 2, 3, \dots\}$ representa un método de estimación de los factores de peso dado de un conjunto finito de posibilidades. Los y_{pj} representan las variables o sub-indicadores que componen el IC y los w_{sp} sus factores de peso calculados conforme al modelo s . Para cada unidad de análisis j se puede calcular el valor del ranking que ocupa en relación al resto, por ejemplo $Ranking(I_j)$. Este se constituirá en la medida de interés en el estudio de incertidumbre-sensibilidad.

Entonces para cada método de cálculo de los factores de peso s se puede estimar la discrepancia agregada respecto a una metodología de referencia, es decir:

$$\bar{R}_s = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N | \text{Ranking}_{ref}(I_j) - \text{Ranking}(I_j) |$$

Una de las formas de realizar el análisis de incertidumbre-sensibilidad es mediante la aplicación de la técnica de Monte Carlo que consiste en perturbar todas las fuentes de incertidumbre de manera aleatoria de una por vez, para analizar cuáles son los efectos derivados de tales cambios luego de hacer un análisis estadístico. Por ejemplo es posible excluir o incluir variables y analizar cómo cambia la situación en relación a los valores de $\text{Ranking}(I_j)$ y \bar{R}_s . Así, sería posible estimar una función de distribución para $\text{Ranking}(I_j)$ y \bar{R}_s .

La **Metodología Monte Carlo**, sigue los siguientes pasos:

Para cada factor de variabilidad se debe considerar una variable aleatoria discreta sobre la cual se realizará el tanteo de alternativas consistente con el algoritmo de Monte Carlo. Supongamos que se plantean 3 fuentes de variabilidad:

1. La inclusión o exclusión de variables (X_1)
2. La fórmula de agregación (X_2)
3. El método de cálculo de los factores de peso (X_3).

Cada uno de estos factores de variabilidad posee un número finito de alternativas a ser consideradas. Sea el caso (genérico) del factor X_k , el cual se supone posee m opciones a ser elegidas. Sea $\zeta \in [0,1]$ el número aleatorio del que partirá el algoritmo, entonces, dado el valor que adquiera ζ en el sorteo, se seleccionará una de las m opciones si tal valor de ζ queda incluido dentro de los intervalos, según se indica en la siguiente tabla:

| ζ | X_k |
|---|-------------------------|
| Si $\zeta \in \left[0, \frac{1}{m}\right)$ | $X_k \equiv$ Opción 1 |
| Si $\zeta \in \left[\frac{1}{m}, \frac{2}{m}\right)$ | $X_k \equiv$ Opción 2 |
| ... | ... |
| Si $\zeta \in \left[\frac{m-1}{m}, 1\right)$ | $X_k \equiv$ Opción m |

Para realizar el experimento de Monte Carlo se deberán considerar 3 números al azar, uno para cada factor de incertidumbre.

Se genera aleatoriamente un número de N muestras compuestas por las combinaciones de factores $X^g, 1 \leq g \leq N$, con $X^g = \{X_1^g, X_2^g, X_3^g\}$. Para cada muestra se evalúa el indicador y luego se computa el escalar $Y^g, 1 \leq g \leq N$, para todas las combinaciones. Estos valores se analizan luego en conjunto para constatar el grado de sensibilidad del IC respecto a los cambios que se han determinado.

Análisis de sensibilidad a partir del uso de la varianza

Esta técnica en el análisis de sensibilidad tiene la ventaja de que se puede utilizar aun cuando la representación sea no lineal, además siendo de fácil interpretación, permite distinguir los principales factores que afectan la sensibilidad del indicador.

Considerando las dos variables de salida en el análisis de sensibilidad *Ranking* (I_j) y/o \bar{R}_s , se identificará como y a cualquiera de ellas.

Para calcular la varianza asociada a la sensibilidad frente a cambios en el factor X_k se considera su contribución a la varianza de la variable de salida y producto de la incertidumbre de X_k . Esto se puede expresar de la siguiente manera:

$$V_k = V_{X_k} \left(E_{X_{-k}} (y | X_k) \right) \quad (1)$$

Una forma de leer esta ecuación es imaginando que el factor X_k queda fijo y definido por un valor específico X_k^* . Luego se computa la media de la variable de salida y sobre todos los factores (con excepción de X_k^*). Esto se puede expresar como:

$$E_{X_{-k}}(y | X_k = X_k^*) \equiv f(X_k^*).$$

Para que quede expresado lo que indica la ecuación (1), basta tomar la varianza de la función resultante de X_k^* . El valor V_k quedará comprendido entre cero, cuando X_k no contribuye a afectar a y (a primer orden) y $V(y)$, la varianza no condicional de y (cuando los otros factores no influyen de manera alguna). Siempre se cumple que:

$$V_{X_k}(E_{X_{-k}}(y | X_k)) + E_{X_k}(V_{X_{-k}}(y | X_k)) = V(y) \quad (2)$$

donde, el primer término se considera como el término principal y el segundo como residual. Este término residual puede interpretarse como el valor esperado de la varianza condicional promediada sobre todos los valores posibles del factor X_k^* .

Un indicador de sensibilidad de primer orden puede obtenerse normalizando el término de primer orden respecto de la varianza no condicionada:

$$S_k = \frac{V_{X_k}(E_{X_{-k}}(y | X_k))}{V(y)} \equiv \frac{V_k}{V(y)} \quad (3)$$

Una vez que se han estimado las varianzas condicionales para varios factores, por ejemplo los X_k y X_h es posible calcular: $V_{X_k X_h}(E_{X_{-kh}}(y | X_k, X_h))$ y a partir de esto, el término de contribución a la varianza de segundo orden:

$$V_{kh} = V_{X_k X_h}(E_{X_{-kh}}(y | X_k, X_h)) - V_{X_k}(E_{X_{-k}}(y | X_k)) - V_{X_h}(E_{X_{-h}}(y | X_h)) \quad (4)$$

Suponiendo que todos los factores son independientes entre sí, se puede agregar la contribución a la variabilidad en una varianza total. Entonces, estimando la ecuación

(4) a todos los factores de incertidumbre (en este caso se han considerado 3), se obtiene:

$$V(y) = \sum_{k=1}^3 V_k + \sum_{k=1}^3 \sum_{h>k} V_{kh} + \underbrace{\sum_{k=1}^3 \sum_{h>k} \sum_{l>h} V_{khl}}_{V_{123}} \quad (5)$$

Cada término de la ecuación combina las interacciones entre los diversos factores que consideramos independientes y que combinados en la agregación afectan la varianza de las variables de salida y . Conocida esta varianza total es posible calcular el índice de sensibilidad para cada factor según:

$$S_{T_1} = \frac{V(y) - V_{X_2, X_3}(E_{X_1}(y | X_2, X_3))}{V(y)} = S_1 + S_{12} + S_{13} + S_{123} \quad (6)$$

y análogamente:

$$S_{T_2} = S_2 + S_{12} + S_{23} + S_{123} \quad (7)$$

$$S_{T_3} = S_3 + S_{13} + S_{23} + S_{123} \quad (8)$$

La varianza condicional $V_{X_2, X_3}(E_{X_1}(y | X_2, X_3))$ puede escribirse en términos genéricos como: $V_{X_{-k}}(E_{X_k}(y | X_{-k}))$ y expresa la contribución total a la varianza de y debida a los factores distintos de X_k por lo que $V(y) - V_{X_{-k}}(E_{X_k}(y | X_{-k}))$ involucra la variabilidad (a primer orden) debida al factor X_k . Dada la ecuación (2), el índice de sensibilidad puede escribirse como:

$$S_{T_k} = \frac{V(y) - V_{X_{-k}}(E_{X_k}(y | X_{-k}))}{V(y)} = \frac{E_{X_{-k}}(V_{X_k}(y | X_{-k}))}{V(y)} \quad (9)$$

Toda diferencia sustantiva entre S_{T_k} y el índice de sensibilidad a primer orden S_k indicaría que la interacción entre factores es relevante-

La estimación de ambos índices se puede realizar mediante diversos métodos de muestreo estadístico. Según Saltelli (2002) bastan $2n$ ($\#$ factores+1) evaluaciones del indicador donde n representa el tamaño de la muestra requerida para computar las

medias y varianzas y que varía en el rango de cientos o miles de casos. Debe tenerse en cuenta que cuando los factores de variabilidad no son independientes la varianza total no puede ser descompuesta de acuerdo a la ecuación (5).

Es importante concluir que si los expertos consultados durante el proceso de construcción del IC no acuerdan acerca de la arquitectura de su diseño, es difícil que los análisis de incertidumbre y sensibilidad puedan proveer la robustez que emana de los consensos que pudieran lograrse. Esto particularmente es cierto ya que por lo general del estudio comparado del indicador utilizado, se establecen los ordenamientos o rankings del desempeño de las unidades de análisis con que se trabaja.

La finalización de esta etapa se marca cuando el constructor del IC, ha:

- Identificado las fuentes de incertidumbre en el desarrollo del IC
- Evaluado el impacto de las incertidumbres/supuestos en el resultado final
- Realizado un análisis de sensibilidad sobre la inferencia, por ejemplo, mostrar que fuentes de incertidumbre son más influyentes en la determinación de la ubicación relativa (rankings) de las unidades de análisis.
- Documentado y explicado el análisis de sensibilidad y de los resultados

3.3.3.h Conexión con otros indicadores

Los IC's suelen medir conceptos que están vinculados a otros fenómenos conocidos y cuantificables.

Estos enlaces se pueden utilizar para poner a prueba el poder explicativo de un indicador compuesto. Las gráficas de relación de variables simples ofrecen una forma de observar tales relaciones.

Por ejemplo un indicador que mide el entorno para la creación de empresas, podría estar relacionado con las tasas de entrada de nuevas empresas, en los que se espera un buen desempeño en el indicador compuesto del entorno empresarial para producir tasas de ingreso más altas.

Una alta correlación sugiere alta calidad del indicador compuesto, aunque el análisis de correlación no debe confundirse con el análisis de la causalidad. La correlación

simplemente indica que la variación en los dos conjuntos de datos es similar. Un cambio en el indicador simple, no necesariamente va a conducir a un cambio en el indicador compuesto.

Para determinar la causalidad se debe recurrir a análisis econométricos más detallados, sin embargo las pruebas de causalidad requieren series de tiempo para todas las variables que a menudo no están disponibles.

La correlación se puede probar con diferentes técnicas de normalización y agregación. Las ponderaciones de los indicadores subyacentes pueden por ejemplo variar entre 0 y 1 para cada indicador y los cálculos se repiten 10.000 veces. La correlación entre el IC y el fenómeno medible puede ser maximizada o minimizada al permitir la variación de los pesos.

Al terminar esta etapa, el constructor habrá:

- Correlacionado el indicador compuesto con fenómenos mensurables relacionados.
- Probado los vínculos con las variaciones del indicador compuesto como se determina mediante el análisis de sensibilidad
- Realizado el análisis econométrico necesario de los indicadores relacionados.
- Documentado y explicado las correlaciones y los resultados.

3.3.3.i Identificación de los indicadores simples en el IC

El objetivo de esta etapa es el determinar la contribución que cada uno de los sub-indicadores realiza en la construcción del IC y analizar a cada unidad de análisis en los diferentes factores a fin de establecer los aspectos en los que dicha unidad puede o debe mejorar con respecto a otras unidades de análisis.

La descomposición y análisis de los indicadores simples se realiza por indicador pero también se realiza por unidad de análisis, así como también comparando con un valor referencial de cada sub-indicador.

Para ello se puede utilizar representaciones gráficas en las que se muestren los aspectos que son de interés del analista y de quienes establecen la política de trabajo en la organización. Por ejemplo Nardo et al., (2005) realiza una descripción de un país y sus características en cuanto a los sub-indicadores utilizando gráficas de barras

compuestas a través del cual se observa la contribución de cada unidad de análisis (países) en cada sub-indicador a la estructura del Índice de Rendimiento Tecnológico (TAI), luego también a través de un mismo gráfico de barras realiza el análisis a la situación de un país específico en relación al rango de variación de cada uno de los sub-indicadores; y otra forma de analizar la situación de una unidad de análisis específica es comparando con las unidades que obtienen mejor puntuación en cada uno de los sub-indicadores y con otra unidad de análisis de interés (en el ejemplo compara la situación de Finlandia en relación a la media de las tres unidades de análisis con mayor puntuación en el índice TAI y con los Estados Unidos) y lo presenta a través de un diagrama de araña o gráficos de radar.

También se pueden utilizar otro tipo de formas de visualización de los resultados como por ejemplo el semáforo, donde cada sub-indicador tomará el color verde, amarillo o rojo según el rendimiento que ha observado cada unidad de análisis. Esta herramienta tiene especial uso cuando se utilizan muchos sub-indicadores en la construcción del IC.

Al cabo de esta etapa, el constructor ha:

- Desagregado el IC en sus partes individuales
- Identificado el desempeño de cada unidad de análisis y lo que contribuye la misma en la composición de los valores agregados.

3.3.3.j Visualización

La forma en la que se presentan los IC's no es un asunto trivial. Los indicadores compuestos deben ser capaces de comunicar una imagen para los tomadores de decisiones y otros usuarios finales con rapidez y precisión. En particular la representación gráfica de los indicadores compuestos debería ofrecer mensajes claros, sin ocultar los puntos de vista individuales.

Por otro lado, las presentaciones visuales de los IC's pueden proporcionar señales extremadamente delicadas desde el punto de vista del usuario, por ejemplo las áreas problemáticas que requieren una intervención política. Hay maneras interesantes de mostrar y visualizar IC's desde herramientas tabulares simples hasta gráficos multidimensionales más complicados.

En el desarrollo de esta tesis, se han utilizado varias formas de visualizar los resultados a través de tablas y gráficos de diferente índole.

CAPÍTULO 4

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE
DEL PROFESOR UNIVERSITARIO**

4.1 Introducción

Conforme se indicó en las partes iniciales de esta investigación, la actividad que desarrolla el profesor universitario en lo que corresponde a la función de docencia de la universidad, reviste especial importancia, por cuanto la efectividad que pueda alcanzar con su accionar repercute directamente en el principal beneficiario de su actuar que es el profesional en formación.

De allí que, el interés que se ha demostrado por identificar la forma en la que se desenvuelve el profesor al interno de las aulas universitarias ha sido relevante, sin embargo no se ha observado un mayor despliegue de acciones tendientes a identificar con claridad cuáles son las medidas adecuadas que permitan identificar con claridad y sobre todo objetividad el actuar dentro de la función docente.

El establecimiento de indicadores que evalúan el nivel de la eficiencia con que actúan las instituciones de educación superior es amplio y cada vez más creciente. Son variados los indicadores que muestran la forma cómo las universidades vienen cumpliendo con las funciones de docencia, investigación y gestión.

De igual manera la evaluación en cada una de las funciones universitarias por los diferentes departamentos, facultades o secciones se ha convertido en una práctica común en las instituciones, inclusive el análisis de la producción investigativa y el aporte que cada miembro de la comunidad universitaria ha realizado a ella, también se ha venido incrementando en los últimos tiempos; sin embargo, el análisis del desempeño en el ámbito docente es un aspecto que muy poco tratamiento ha tenido, quizá por lo complejo y delicado que podría resultar o quizá también por la falta de claridad en cuanto a la definición de las variables y los indicadores que en forma objetiva conduzcan a la determinación del nivel de eficiencia con el que se encuentra actuando cada profesor.

En el avance de esta investigación considero importante ubicar las experiencias de aquellas instituciones u organismos gubernamentales en donde se ha desarrollado un proceso evaluativo como el que nos ocupa, con la finalidad de identificar las variables que de acuerdo a estas experiencias serían comunes.

Es importante considerar la definición de lo que se considera como profesor universitario, especialmente las funciones que le han sido encomendadas con miras a contribuir significativamente en la formación de los profesionales que la universidad entregará a la sociedad.

4.2. Referencias sobre evaluación del desempeño docente

La evaluación del desempeño docente del profesor universitario, podría considerarse como un tema tabú, por las implicaciones de las que se encuentra revestido, conforme lo manifiesta Marcano Fermín (2008), *la evaluación docente es tal vez uno de los problemas más relevantes e interesantes en la problemática de la evaluación escolar, siendo también uno de los menos estudiados y desarrollados. Existe la tendencia a considerar este problema por sus implicaciones y repercusiones en cuanto a que podría ocasionar trastornos a la imagen de algunos profesionales de la docencia.*

Quizá esa ha sido la razón por la que muy poco se puede encontrar como experiencias de evaluación al desempeño docente, puesto que se está valorando la actividad de cada una de las personas que se desempeñan como profesores, agregado a esto la falta de cultura evaluativa en cuanto a considerarse a este proceso no como una oportunidad para la mejora sino con el errado concepto de ser un proceso a través del cual se busca el castigo o la afectación, especialmente en el ámbito salarial.

Sin duda es un tema polémico que se entiende como un instrumento de control que inhibe la libertad profesional e influye en el buen ánimo del docente para su desempeño óptimo en lo referente a las tareas académicas, de manera que se concibe a la evaluación del desempeño como aquel proceso que genera conflictos éticos, políticos, económicos y sociales. (Jaime De Chaparro, et al. 2008)

Otro aspecto que vale la pena considerar acá es la falta de un procedimiento metodológico que nos lleve a determinar de manera objetiva el actuar del profesor, sin embargo, en este apartado vale la pena mencionar los esfuerzos que desde diferentes estudiosos de esta problemática se han realizado con la finalidad de llegar a establecer métodos que de manera objetiva permitan identificar con claridad el accionar del profesor universitario.

La evaluación del desempeño docente está referida más bien a las funciones de investigación y prestación de servicios, debido en gran medida a que resulta más complejo evaluar el desempeño docente y no se dispone de indicadores ni instrumentos para ello. (González, 2007)

Algunos autores se han referido al tema de la evaluación docente y han presentado algunas propuestas en cuanto a la implementación de procesos evaluativos considerando entre sus principales líneas, las actividades que han sido encomendadas en el ámbito de la docencia a cada profesor.

Estas contribuciones en su mayoría apuntan al proceso metodológico como tal mas no, al tratamiento estadístico de la información en el sentido de establecer indicadores que permitan considerar de manera general la aplicación en los diferentes contextos de la actividad docente. Así pues, Rueda Beltrán (2008), al hablar sobre la evaluación del desempeño docente, manifiesta que en esta predomina la evaluación mediante la opinión de los estudiantes obtenida a través de los cuestionarios en los que se indagan aspectos del comportamiento del profesor tales como el dominio del tema, el desenvolvimiento frente al grupo, el manejo de técnicas didáctico-pedagógicas y la forma de evaluar a los alumnos.

Adicionalmente se pueden mencionar los criterios enunciados por De Juan Herrero, et al.,(2007) quienes establecen la necesidad de considerar ciertos aspectos relacionados con el proceso evaluativo tales como la **Pertinencia**, que se entiende como el grado de adecuación entre lo que el profesor o aspirante a profesor, debe ser capaz de realizar (o haber realizado) en el ejercicio de sus funciones y los requisitos que se le exigen para desempeñar tales funciones y el **Quién** debe realizar la evaluación, que depende del tipo de evaluación del profesorado que haya sido adoptada. Por lo general se considera que los alumnos son la fuente de información más comúnmente utilizada por ser un método fiable y útil que correlaciona bien los criterios de valoración incluida la opinión de otros profesores.

Otro aspecto que conviene destacar es el hecho de que en muchas ocasiones la evaluación de desempeño de los profesores podría relacionarse en sumo grado con incentivos de carácter salarial, lo que a decir de Escudero Escorza, Pino Mejías, & Rodriguez Fernandez (2010), resta el incentivo hacia la calidad, de ahí que consideran pertinente *la búsqueda de fórmulas que aseguren revisiones salariales justas por la actividad acreditada y que se dirijan los incentivos al reconocimiento de acciones de excelencia y a la potenciación de actividad estratégica para la institución y su entorno; es decir desligar lo máximo posible el sistema de evaluación del debate salarial. Ello posibilitaría la utilización de fórmulas de evaluación más flexibles y más relacionadas con el concepto de la calidad.*

Siendo este el sentido de las aportaciones que han realizado diferentes autores, considero importante identificar las experiencias significativas que se han desarrollado, ubicando cuáles han sido los aspectos que se consideran en las propuestas evaluativas, de manera que lleguemos a establecer los aspectos o variables que son comunes en todas estas experiencias y concluir en una propuesta de evaluación de la actividad docente a través de un modelo de evaluación del desempeño.

Si bien es cierto, la producción de modelos de medición de los niveles de eficiencia en el desempeño de la actividad docente de los profesores no es significativa, sin

embargo, se han observado algunas experiencias en las que se observan procesos metodológicos seguidos para la evaluación a la que nos estamos refiriendo.

De la revisión sobre el estado del arte que se ha efectuado, se desprenden algunos ejemplos de estos procesos a los que me he referido y que considero importante puntualizar, con la finalidad especialmente de determinar los aspectos comunes que se abordan para llegar a ubicar a un profesor en los niveles de desempeño que se haya establecido en cada una de las propuestas. Así mismo, es importante determinar los actores que intervienen y su grado de implicación en el proceso.

4.3 Experiencias y propuestas metodológicas

4.3.1 Programa DOCENTIA

Una de las experiencias significativas en las que se enmarcan muchas universidades es la que presenta la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación – ANECA-, a través del Programa de Apoyo para la Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado Universitario, denominado DOCENTIA, en el año 2006, cuya misión se orienta a facilitar y apoyar la evaluación de la actividad docente del profesorado universitario.

DOCENTIA ha sido desarrollado tomando en cuenta los estándares establecidos por organizaciones internacionalmente reconocidas sobre la evaluación del personal, *The personnel evaluation standards* elaborados por *The Joint Committee on Standards for Educational Evaluation*², que orientan sobre la propiedad, utilidad, viabilidad y precisión que debe acompañar a todo proceso de evaluación del personal y asegurar así el rigor de la evaluación y su adecuación a los objetivos previstos.

Se concibe a la evaluación de la actividad docente como la *valoración sistemática de la actuación del profesorado considerando su rol profesional y su contribución para conseguir los objetivos de la titulación en la que está implicado, en función del contexto institucional en que esta se desarrolla.*(ANECA, 2006).

² El Joint Committee, está formado por representantes de las siguientes organizaciones patrocinadoras: American Counseling Association (ACA), American Educational Research Association (AERA), American Indian Higher Education Consortium (AIHEC), American Psychological Association (APA), Canadian Evaluation Society (CES), Canadian Society for the Study of Education (CSSE), Consortium for Research on Educational Accountability and Teacher Evaluation (CREATE), Council of Chief State School Psychologists (NAP), National Council on Measurement in Education (NCME), National Education Association (NEA), National Rural Education Association (NREA), University Council for Educational Administration (UCEA) y National School Boards Association (NSBA).

El modelo propuesto por el Programa DOCENTIA contempla las tres dimensiones de la actividad docente:

- Planificación de la docencia
- Desarrollo de la enseñanza
- Resultados

Estas tres dimensiones tienen como transversalidad la dedicación docente que actuaría como una dimensión cero o condición previa, de modo que si el profesor no desarrolla las actuaciones que la describen, no procedería determinar la calidad de la misma.

Para las dimensiones señaladas se consideran como fuentes de información al profesor mismo, a los responsables académicos y a los estudiantes, cada uno de los cuales deberá emitir un informe o contestar a un cuestionario según corresponda.(ANECA, 2007)

En la **Planificación de la enseñanza**, el profesor emite un autoinforme en donde aporta información respecto a la elección de la asignatura, el programa que ha desarrollado para la o las asignaturas, estableciendo los resultados previstos a través de los contenidos y metodologías de enseñanza y/o actividades prácticas así como también va a informar respecto a los criterios de evaluación que ha propuesto en el programa, así como también sobre las acciones de coordinación que ha desarrollado.

En este ámbito, los responsables académicos deben informar también sobre la elección de las asignaturas, el programa de la asignatura y la coordinación docente que ha desarrollado el profesor.

Los estudiantes por su parte, son requeridos a través de una encuesta en la que se plantean algunos cuestionamientos respecto al programa académico planteado por el profesor y sobre la coordinación docente que ha desarrollado.

El **Desarrollo de la enseñanza**, se dirige a conocer aspectos relacionados a las actividades de enseñanza y aprendizaje, evidencias relacionadas con las actividades desarrolladas y los procedimientos de evaluación de los aprendizajes que se han aplicado y las incidencias que se ha encontrado en la aplicación. Cada uno de los actores emite su informe o responden al cuestionario que se aplica sobre estos ámbitos.

La dimensión de **Resultados**, al igual que en las dimensiones anteriores los tres informantes se refieren al logro de los objetivos planteados en la programación de la asignatura para lo cual el profesor determina el logro de los estudiantes en cuanto a

objetivos formativos, analiza los resultados para establecer situaciones de mejora, por su parte los responsables académicos acuden a los indicadores que muestran los resultados como son el número de estudiantes matriculados, la tasa de éxito de la asignatura, la tasa de éxito del área de conocimiento, la tasa de presentación a cada convocatoria. Los estudiantes emiten su criterio respecto al logro de los aprendizajes y las competencias desarrolladas considerando las competencias que se habían planificado.

De acuerdo al Proceso de Certificación de los Modelos de Evaluación de la Actividad Docente, se discrimina al profesorado en cuatro categorías de forma que las Universidades puedan identificar diferentes grupos de profesores en función de su desempeño, en cada una de las dimensiones evaluadas. Las categorías establecidas son las siguientes:

- A: desempeño excelente
- B: desempeño notable
- C: desempeño aceptable
- D: desempeño insuficiente o deficiente

4.3.2 Proyecto Universidad de Salamanca

Enrique Battaner, Rector de la Universidad de Salamanca, al hacer la presentación del Proyecto Piloto de Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado 2005-2007, manifiesta, entre otros aspectos, que *es indispensable contar con un sistema de evaluación institucional de la actividad docente del profesorado, que permita medir la calidad de la docencia que impartimos, ofreciendo a cada profesor una información detallada de su actuación, desde la que se pueda reforzar sus buenas prácticas y conocer sus posibilidades de mejora.*(Unidad de Evaluación de la Calidad - Universidad de Salamanca, 2007).

En este proyecto, se establecen algunos objetivos entre los que cabe mencionar:

- Informar al profesor sobre su calidad docente, desglosando la valoración alcanzada en cada una de las actividades desarrolladas de manera que esta información le sea útil para identificar sus propias posibilidades de mejora.

- Obtener una certificación de las actividades que desarrolla el docente con la finalidad de incluir en su curriculum para que sean reconocidos por las autoridades de la universidad.
- Incentivar la mejora de la calidad, relacionando la evaluación positiva que se alcance con la promoción dentro de la carrera docente.

Luego de identificar los alcances y las dimensiones, se determinan los criterios y subcriterios que servirán de guía para valorar la actividad del profesor, a cada uno de los cuales se les establece además un peso o ponderación de acuerdo a la política institucional. Estos criterios y subcriterios se refieren a:

- a. Desempeño de las TAREAS DOCENTES: dentro del que se toma en cuenta la dedicación, preparación y la valoración que los estudiantes realizan de la actividad del profesor.
- b. Actividades de MEJORA DOCENTE, en donde se incluye la formación tanto recibida como impartida por el profesor; e innovación docente que se refiere a la participación en proyectos, elaboración de materiales y el reconocimiento que instituciones externas pudieran haber realizado al docente.

Para ubicar a los docentes se establecen tres categorías:

- **No positiva:** quienes obtienen un puntaje menor a 20 en el apartado de tareas docentes o menos de 30 en el total
- **Normal** para quienes obtienen como mínimo 20 en el apartado de tareas docentes y 30 o más en el total.
- **Excelencia,** quienes alcanzan mínimo 20 en el apartado tareas docentes y mínimo 20 en la mejora docente y 60 o más en el total.

Cabe mencionar también que el proceso de evaluación de la actividad docente parte de una convocatoria y luego la presentación de las solicitudes de aquellos profesores que se someten a este proceso.

4.3.3 Universidad Autónoma de Madrid

Pulido & Pérez (2003), al desarrollar la Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Calidad Docente e Investigadora, para ser aplicada en una fase de experimentación en la Universidad Autónoma de Madrid, manifiestan que siendo la actividad de profesor universitario multidimensional, no es posible que se la evalúe únicamente

desde la dimensión de la investigación, especialmente en lo que concierne a la publicación de artículos en revistas de prestigio; por ello establecen la necesidad de que la evaluación de la actividad del profesor tome en cuenta las tres dimensiones básicas: Investigación, Docencia y Gestión.

En su propuesta, observan la necesidad de seleccionar los indicadores adecuados para cada actividad y medirlos ubicando los niveles de ponderación que se debe asignar a cada ítem teniendo en cuenta que cambios en las ponderaciones pueden implicar cambios en la valoración de un determinado profesor.

Para abordar esta problemática lo hacen tomando dos aspectos, uno de tipo cuantitativo, a través de la selección de indicadores representativos de cada actividad y luego uno de tipo cualitativo mediante la opinión de los profesores e investigadores quienes informan la importancia relativa de cada actividad.

A través de las encuestas aplicadas a diferentes expertos de las distintas áreas académicas, llegan a establecer una valoración de las actividades que puede desarrollar un profesor, para posteriormente aplicar tres niveles de ponderación:

- El primer nivel que son las ponderaciones que se asignan a los bloques de investigación, docencia y gestión y se obtienen los valores medios de las respuestas de los encuestados a la pregunta correspondiente.
- El segundo nivel, que se refiere a la importancia relativa de cada uno de los componentes para cada bloque, a partir de los que se establecen los valores medios de las respuestas directas de los encuestados solicitando identificar la importancia relativa que asignan a cada aspecto.
- El tercer nivel de ponderación, se refiere a las ponderaciones relativas de los indicadores concretos dentro de cada bloque y que se calculan mediante una transformación a partir de una escala de preferencia o escala de Lickert de 1 a 5, lo que les permite obtener los porcentajes o ponderaciones mediante la siguiente expresión:

$$W_{ijk} = \frac{\sum_{m=1}^{N_p} X_{ijkm}}{\sum_k \left(\sum_{m=1}^{N_p} X_{ijkm} \right)}$$

Donde X_{ijkm} es la valoración que el individuo m hace de la actividad k -ésima, de la componente j -ésima del bloque i -ésimo y N_{ij} es el número de actividades

consideradas en la componente j -ésima del bloque i -ésimo y N_p es el número de respuestas válidas al cuestionario. Lógicamente $W_{ijk} \in [0,1]$ y será la ponderación de tercer nivel.

Partiendo de los tres niveles de ponderación se obtienen las denominadas ponderaciones finales que son aplicadas a los diferentes indicadores cuantitativos obtenidos para cada actividad, los cuales una vez normalizados permiten obtener el índice final de actividad basado en las ponderaciones de expertos.

Las ponderaciones finales son de la forma:

$$W_{ijk}^F = W_i \times W_{ij} \times W_{ijk}$$

de modo que:

$$\sum_{i,j,k} W_{ijk}^F = 1$$

y donde el índice final de actividad basado en la opinión de expertos se obtiene como:

$$EXP = \sum_{i,j,k} W_i \times W_{ij} \times W_{ijk} \times z_{ijk}$$

Donde z_{ijk} es el indicador normalizado para cada actividad.

Cabe aquí anotar que el modo en que se ha normalizado es, dando al individuo cuyo valor para la actividad k -ésima de la componente j -ésima del bloque i -ésimo es el más alto, el valor 1 y re-normalizando el valor para el resto de individuos. Con esta normalización, se consigue que la influencia de cada actividad se deba solo a su importancia relativa y no al nivel que puede ser muy diferente para actividades tan dispares como por ejemplo tesis dirigidas y participación en congresos.

En lo que a nuestro interés se refiere, los indicadores sobre la actividad de docencia que se han determinado son:

- Clases y tutorías
- Programas y material docente
- Participación en actividades docentes

Cada uno de los cuales a su vez se desglosan en variables específicas, como por ejemplo para el indicador de Clases, se toman en cuenta:

- Número de materias
- Número de créditos
- Número de estudiantes
- Promedio de estudiantes por materias
- No presentados
- Suspensos
- Aprobados
- Notables
- Sobresalientes
- Matrículas de honor
- Proporción de aprobados
- Encuestas de calidad
- Coordinador de asignaturas u otra docencia

Para lo referente a los Programas y Materiales, las variables son:

- Programa de la asignatura disponible
- Objetivos
- Bibliografía
- Número de libros de texto propios o participación en libros de texto
- Materiales docentes
- Organización de materiales docentes
- Sistemas de evaluación

En cuanto a las Otras actividades, se toman a:

- Publicaciones de artículos o comunicaciones sobre docencia
- Miembro de comisiones de evaluación o de calidad
- Mentor de nuevos profesores

- Proyectos de innovación docente

Resulta interesante esta experiencia porque a partir de identificar claramente las actividades de los profesores en las dimensiones mencionadas, se establecen así mismo algunas variables que muestran la multidimensionalidad de la actividad del profesor y se trata de llegar a considerar un punto de vista objetivo para lograr indicadores que determinan con mayor objetividad el real desempeño de cada profesor.

4.3.4 Universidad Politécnica de Valencia

Bas Cerdá (2014), en su tesis doctoral, describe el proceso que se desarrolla en la Universidad Politécnica de Valencia referido a la evaluación de la actividad académica del profesor.

En esta universidad se concibe a la evaluación de la actividad docente, no como un elemento que permite la reasignación de incentivos económicos, sino como un instrumento que permita impulsar la cultura organizativa fundamentada en la dedicación y los méritos de sus miembros. La evaluación de la actividad docente se constituye en un proceso interno que le permite a la universidad garantizar el cumplimiento de los objetivos de la enseñanza que imparte.

El proceso de evaluación que se ha implementado, contempla la evaluación de las funciones de la universidad esto es: investigación, docencia y gestión, en cada uno de los cuales se construyen indicadores de la actividad individual que luego unidos llevan a determinar el indicador de la actividad del profesor.

Tomando en cuenta los lineamientos establecidos en el programa DOCENTIA, la evaluación de la actividad docente, se desarrolla a través de tres dimensiones:

- **Planificación de la docencia**, dentro de la que se toman en cuenta, los subindicadores:
 - *Formación* impartida y recibida, tanto en el ámbito pedagógico como en lo relacionado a las materias que se imparten.
 - *Guía docente*, en donde se considera el grado de participación del profesor en los créditos impartidos en la asignatura.
 - *Información de tutorías y grupos de docencia*, se asigna al profesor puntaje por hacer conocer el horario de tutorías desde el inicio del

curso académico y también puntos por publicar horarios de grupos de docencia con especificación del nombre del profesor.

- *Materiales docentes*, en el que se toman en cuenta:
 - Publicaciones docentes (libros, apuntes y otros)
 - Materiales docentes en la plataforma educativa
- **Desarrollo de la enseñanza**, en el que se establece una equivalencia de 1 punto en el IAD (Indicador de Actividad Docente) por cada 25 horas y se distinguen:
 - *Docencia Impartida* mide en horas la actividad del profesor tomando en cuenta además la experiencia adquirida.
 - *Tutorías realizadas*, en el que se refleja la actividad del profesor en cuanto a las atenciones tutoriales desarrolladas por el profesor y que se puntúan de acuerdo a los baremos establecidos.
 - *Evaluación*, que miden las horas dedicadas por el profesor a los procesos de evaluación tomando en cuenta el número de créditos impartidos respecto al total de créditos de la asignatura.
 - *Otras actividades docentes*, en las que se consideran las direcciones de proyectos de fin de carrera, tesis doctorales, trabajos para DEA (Diplomado de Estudios Avanzados), participaciones en tribunales, coordinación docente, participación en actividades de mejora, entre otras con un máximo de 800 horas, se obtiene una calificación a través del indicador que relaciona el tiempo dedicado por el profesor para las 25 horas
- **Resultados**, que se compone de los siguientes subindicadores:
 - *Encuesta de opinión del alumnado sobre la actuación docente del profesor*, para el que se establece un valor al que se le asocia un factor de equivalencia.
 - *Rendimiento académico*, se asocia así mismo un factor considerando el valor obtenido de la tasa de rendimiento de la asignatura, así por ejemplo si la tasa de rendimiento académico es igual o superior a la tasa de rendimiento medio (de las asignaturas de igual carácter, en el mismo centro y en la misma titulación) menos el 10%, entonces el factor es igual a 1,5. Así se establecen algunos criterios para asignación de puntajes.

- *Cumplimiento de Tutorías*, de igual manera se asocia un valor tomando en cuenta las incidencias sobre las actividades docentes por incumplimiento de tutorías sin resolución positiva que es igual a 1, si no existen estos reportes, entonces el criterio se valora con 1,5.
- *Cumplimiento de los plazos de entrega de actas*, el factor asociado a este criterio toma el valor de 1,5 si la entrega ha sido anterior a la fecha inicial y 1 si la entrega se realiza posterior a la fecha inicial

Las fuentes de información que intervienen en el proceso y permiten documentar la evaluación de la actividad docente del profesorado son:

1. Bases de datos institucionales
2. Autoinforme del profesor
3. Informes de responsables académicos
4. Encuestas de opinión de los estudiantes

Posterior al tratamiento de información y luego de la determinación de los indicadores compuestos referentes a las actividades de investigación, docencia y gestión se llega a establecer el indicador de actividad académica del profesor mediante la suma ponderada de los tres indicadores simples.

Esta experiencia, resulta importante puesto que se constituye en un aporte para construir una metodología objetiva, que conduce a determinar con objetividad el quehacer académico del profesor tomando en cuenta además, que la labor del profesor no se reduce a la gestión únicamente de la clase o de la asignatura, sino que se encuentra determinada por varias actividades desarrolladas de manera conjunta.

Otro aspecto que cabe resaltar acá, se encuentra en la decisión que se debe tomar sobre la asignación de valores a cada una de las actividades a calificarse. Valga preguntar entonces en esta parte ¿qué nos asegura que los pesos o ponderaciones asignadas a cada una de las variables, se encuentran bien definidos?

Esta interrogante la tomaremos en cuenta posteriormente en la aplicación de nuestro caso práctico para determinar una medida que permita tomar en cuenta o disminuir el efecto de la subjetividad que pudiera presentarse a la hora de determinar los pesos por parte de las autoridades universitarias.

4.3.5 Experiencias en México

Aunque de acuerdo a lo que recoge Rueda Beltrán (2008), en México las acciones de evaluación de desempeño docente se han enfocado como parte de los programas de compensación salarial, en las experiencias observadas en las diferentes universidades de los Estados Mexicanos, predomina la evaluación del desempeño docente mediante la opinión de los estudiantes recogida mediante cuestionarios, adicional a los cuestionarios en donde se recoge la información proveniente de los jefes inmediatos y también de las autoevaluaciones de los profesores.

De todas maneras, cabe señalar que los cuestionarios se dirigen a identificar dimensiones que tienen relación con aspectos como:

- comportamiento del profesor,
- dominio del tema,
- desenvolvimiento frente al grupo,
- manejo de técnicas didáctico-pedagógicas,
- forma de evaluar a los alumnos,

Considerando también algunos otros aspectos que tienen que ver con la planificación que el profesor realiza de los cursos, como son:

- los objetivos del curso,
- el contenido,
- los métodos de enseñanza y evaluación,
- los conocimientos del profesor sobre la materia,
- el manejo del grupo

Al enfocar la evaluación del desempeño docente desde las competencias, Rueda Beltrán (2009) indica que en México se ha *respondido con relativa prontitud a los señalamientos de las políticas de evaluación asociadas a compensaciones salariales, obtención de recursos económicos adicionales y exigencias de rendición de cuentas*, señalando así mismo que existe una presencia débil en el sentido de que los fines de la evaluación debe ser la mejora.

4.3.6 Experiencias en Chile

En el año 2007 el Centro Interuniversitario de Desarrollo CINDA y el Grupo Operativo de Universidades Chilenas del Fondo de Desarrollo Institucional del Ministerio de Educación de Chile, recopilan varios aportes referentes al tema de la evaluación del desempeño docente y la calidad de la docencia universitaria, en el que se presentan varias experiencias sobre la aplicación de modelos de evaluación del desempeño docente en Universidades Chilenas en las que se analizan las actuaciones y desempeños docentes en las interacciones del proceso enseñanza-aprendizaje, en la gestión de la calidad y en la elaboración del portafolio modular docente, especialmente en el área de la salud.

Para el análisis de las experiencias se parte de dos funciones claves a considerarse en la visión profesional de la enseñanza:

- a. Lograr una enseñanza efectiva es una tarea compleja, es un reto social con altas exigencias intelectuales
- b. Enseñar efectivamente consiste en una serie de habilidades básicas que puedan ser adquiridas, mejoradas, ampliadas a través de un proceso continuo de formación.

De allí que se definen como competencias para el profesor, el saber:

- Identificar los conocimientos y experiencias previas de los estudiantes
- Establecer una buena comunicación con sus estudiantes, tanto individual como grupalmente, manteniendo una relación cordial y empática.
- Manejarse en el marco de las características que presenta el grupo de estudiantes, estimulándolos a aprender, pensar y trabajar en grupo.
- Transmitirles la pasión por el conocimiento, por el rigor científico, por mantenerse siempre actualizado.

En esa perspectiva y considerando el marco de convergencia Europea, se establecen como funciones sujetas a evaluación a las siguientes:

- **Diseño de la materia**, en el que se consideran las siguientes funciones a cumplir:
 - Redefinir el enfoque de la materia
 - Definir las competencias profesionales

- Coordinar programas y medios
 - Utilizar diversas técnicas evaluativas
 - Elaborar instrumentos de evaluación
 - Aportar fuentes documentales y diversificar las opciones de consulta.
 - Facilitar variedad de itinerarios personales de formación.
- **Organización y Gestión del aula**, dentro de la que se mencionan:
- Aplicar estrategias de organización del conocimiento adquirido
 - Aplicar estrategias de trabajo con la información en claves de aprendizaje
 - Estructurar el plan didáctico ubicando las pautas de actuación claras y los tiempos requeridos para el desarrollo de las actividades planteadas
 - Gestionar en forma interna el aula, utilizando formas de control basadas en criterios no autoritarios, resolución de problemáticas técnicas y emocionales, motivar y establecer un seguimiento real del proceso de participación activa del alumnado.

Todas las funciones que han sido establecidas para que cumpla el profesor, se evalúan a través de tres dimensiones:

1. El docente y la enseñanza
2. El estudiante y el aprendizaje
3. Los contenidos y su metodología

Al aplicar estos modelos de evaluación incluyendo a los informantes principales, los estudiantes, los directivos y el propio profesor, se llegan a determinar valores para cada uno de los tópicos referidos y se establece mediante un análisis descriptivo de los valores recogidos la situación de cada profesor.(CINDA, 2007)

4.3.7 Otras experiencias internacionales

En la recopilación realizada por el CINDA, que he referido anteriormente, se hacen conocer algunas otras experiencias de las que considero importante identificar las variables que se consideran para evaluar la función del profesor universitario.

Como se ha mencionado anteriormente, son muy pocas las experiencias que en este campo se han podido detectar en las que se haya construido un modelo con indicadores que permitan medir la actividad del profesor, más bien resulta interesante establecer las variables que en común se están tomando para definir el desempeño de los profesores universitarios.

- En el **Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)**, se describe a su profesorado como *agente generador y enriquecedor de la comunidad académica, que proporciona el marco de referencia necesario, para que el estudiantado pueda asimilar la visión y los valores propios de la institución*. Desde esa perspectiva, se evalúa la acción docente de su profesorado considerando los siguientes aspectos:
 - *Formación Académica*, estudios realizados expresados en los grados alcanzados de acuerdo a los títulos y certificaciones presentados.
 - *Perfeccionamiento Docente*, incluye actividades de estudio y experiencias realizadas de forma sistemática en cursos, talleres y otras fórmulas académicas dirigidas hacia la adquisición de una capacitación adecuada para guiar la docencia.
 - *Gestión de la Docencia*, cumplimiento de las normativas establecidas, desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje, dominio de la asignatura a enseñar, capacidad para evaluar los aprendizajes del alumnado, manejo de las relaciones interpersonales con el estudiantado.
 - *Experiencia Docente*, incluye años de docencia, las áreas y los niveles en los que ha enseñado
 - *Investigación*, hace referencia al conjunto de actividades académicas de entrenamiento formal para la realización de investigaciones originales.
 - *Experiencia de Investigación*, incluye los proyectos en que ha participado tanto en equipo como individualmente
 - *Publicaciones*, se refiere a las publicaciones realizadas, al carácter de las mismas y a su relación con la docencia a la investigación.
 - *Desarrollo institucional*, que incluye las actividades tanto administrativas como de dirección, referentes a la vida institucional.
 - *Extensión Universitaria*, se refiere a la realización de actividades orientadas a proyectar la ciencia, la cultura y la tecnología a la sociedad.

Según se puede evidenciar en las variables anotadas, en esta institución, la evaluación al desempeño del profesorado toma en cuenta todas las funciones de la universidad, se realiza una evaluación de carácter integral, mas no existe una desagregación de la actividad docente como tal.

- En la **Pontificia Universidad Católica del Perú**, los docentes son evaluados por sus pares, las autoridades académicas, los alumnos y por ellos mismo a través de la autoevaluación. Existen tres tipos de evaluación: continua, periódica y competitiva.
 - *La continua*, es efectuada a todos los profesores por los estudiantes, por sus pares y por las autoridades académicas más cercanas a los docentes. Aquí se tiene en cuenta principalmente el desempeño docente en el aspecto de la enseñanza-aprendizaje. Los estudiantes responden a un cuestionario que se aplica en cada semestre.
 - *La periódica*, se aplica a todos los profesores de tiempo completo cada fin de año por parte de los jefes departamentales, decanos y vicerrectorado académico, con fines explícitamente sumativos, ya que según el puntaje alcanzado el profesor recibe un aumento económico.
 - *La competitiva*, tiene lugar a pedido del profesor que decide presentarse a un concurso de méritos sea para ingresar a la docencia ordinaria o para ascender de categoría.

Recogiendo los aspectos que se evalúan a través de los cuestionarios aplicados a los estudiantes, estos se dirigen a emitir criterios referentes a:

- Dominio que tiene el profesor de los contenidos del curso
- Desempeño en la organización y planificación del curso
- Comunicación con los estudiantes
- Manejo de recursos para facilitar el aprendizaje y autoaprendizaje de los estudiantes
- Evaluaciones de los aprendizajes

En esta institución se define claramente el papel que como informantes principales se le otorga a los estudiantes en cada uno de los aspectos relacionados con el proceso enseñanza-aprendizaje.

- La **Universidad de Lima**, mantiene procesos de evaluación de acuerdo a la función para la que se desea aplicar, pueden considerarse evaluaciones para

ingreso de nuevos docentes o evaluaciones referenciales de la actividad desarrollada por cada docente. En este sentido son cinco las áreas cubiertas cada una de las cuales cuenta con una serie de indicadores, los mismos que se señalan a continuación:

- Preparación académica; con:
 - Dominio del curso
 - Definición de objetivos
 - Actualización – experiencia
- Metodología
 - Presentación de los temas
 - Forma de explicar los temas de clase
 - Incentivar la búsqueda de información
 - Relación teoría-práctica
 - Incentivar la participación en clase
- Normas Pedagógicas
 - Calificación oportuna de pruebas y trabajos
 - Desarrollo del sílabo
 - Utilización del tiempo
- Relación Profesor-Alumno
 - Trato con el estudiante
 - Accesibilidad
 - Preocupación por el aprendizaje
- Apreciación Global

Estas áreas y los indicadores forman parte del cuestionario que es aplicado a los estudiantes on-line. Además intervienen como responsables de la evaluación los Delegados de Aula y los Decanos o Directores.

4.3.8. Criterios generalizados para la evaluación de la actividad docente

Del análisis desarrollado y tomando en cuenta los aportes de los diferentes autores y experiencias institucionales señaladas en los apartados anteriores, podemos llegar a identificar que en común el proceso de medición o identificación de la actividad docente por parte de los profesores universitarios, consideran los aspectos que a continuación me permito puntualizar:

a. ¿Qué evaluar?

No existirán opiniones contrarias a confirmar que la actividad del profesor dentro de la institución educativa se caracteriza por ser multidimensional, pues no existe dedicación exclusiva a la docencia, sino que también la dinámica de ser parte de una institución universitaria lleva al profesor a tomar en cuenta la necesidad de plantear nuevos aportes al desarrollo académico a través de su participación en la función investigativa, pues siendo una de las funciones básicas del quehacer universitario, involucra directamente al profesor y por ello debe dedicar parte de su tiempo a la tarea investigativa, que la realiza tanto dentro de la actividad académica como a través de su relación con los departamentos, facultades, secciones departamentales, etc., con la finalidad de generar nuevos conocimientos o enfoques distintos a la realidad actual. De igual forma se encuentra vinculado con la gestión institucional a través de su participación en diferentes actividades que se vinculan con la gestión de las instancias que forman parte de la Universidad, sea a través de la coordinación de áreas, departamentos, facultades, etc.

Para identificar con claridad, qué es lo que se va a evaluar, conviene partir de las funciones y actividades bajo responsabilidad del profesor, de forma tal que todos sean tratados de acuerdo a la realidad en la que se desenvuelven.

Quienes son responsables de ejecutar los procesos de evaluación deben tener claridad sobre:

- El significado y la implicación de la función que desempeñan los profesores.
- Establecer lineamientos claros sobre el procedimiento a seguirse para evaluar la actividad del profesor, de manera que a través de un proceso adecuado de comunicación, el profesor tenga pleno conocimiento de las

condiciones, el proceso y los indicadores que servirán de base para la medición del cumplimiento de sus tareas.

- Definir los pesos que a cada una de las actividades o funciones que desarrolla el profesor le han sido asignados, de manera que se determine objetivamente el cálculo de cada uno de los indicadores y que se convierta en un elemento referencial para la toma de decisiones por parte de las autoridades universitarias.

b. **¿Para qué evaluar?**

La acción evaluativa de igual manera debe tener una finalidad muy bien definida. Si consideramos que los procesos evaluativos son aquellos que nos permiten realizar un diagnóstico de lo que estamos haciendo y de la forma cómo estamos actuando y que nos permiten relacionar las acciones con el horizonte propuesto para la institución, deberemos direccionar estos procesos a ser concebidos como una oportunidad para la mejora continua y permanente que cada uno de los integrantes de la universidad está obligado a tomar en cuenta.

La evaluación podría ser utilizada como un medio para incentivar económicamente el actuar del profesor, pero no debe constituirse en la razón de ser del proceso evaluativo.

Hemos indicado que toda institución lo que busca es la mejora continua y permanente a fin de alcanzar niveles de calidad adecuados en los que se encuentran involucrados todos los actores de la institución.

Por otro lado debemos considerar la importancia de la función del profesor universitario como uno de los actores responsables de la formación de nuevos profesionales que finalmente serán quienes direccionen hacia la mejora de la sociedad en los ámbitos económico, político, social, cultural, etc., y particularmente del entorno en el que se desenvuelven.

c. **¿Cómo evaluar?**

El desarrollo del proceso evaluativo, implica establecer una metodología que se caracterice por su agilidad, su efectividad y sobre todo por lograr la objetividad en los resultados de manera que tanto al profesor evaluado le sirva de guía para reconocer sus aciertos y sus errores, así como también la ubicación que

puede lograr en el contexto institucional en relación a aquellos profesores que logran satisfacer los requerimientos institucionales.

El diseño del proceso deberá ser concordante con la realidad en la que actúa el profesor y con el sistema en el que se desenvuelve, tanto en el ámbito académico como en el investigativo. Adaptarse a su entorno.

Identificar las fuentes de información adecuadas y los instrumentos de recolección de la misma, es otro de los elementos a definirse dentro de la instrumentación del proceso de manera que reflejen con claridad el involucramiento del profesor en cada una de las cuestiones que serán abordadas.

d. **¿Quiénes evalúan?**

La determinación de los actores involucrados en el proceso, es un elemento clave así como la participación que tendrá cada uno de ellos.

Por lo general, los informantes deberán ser quienes directamente pueden informar sobre el desempeño del profesor, de ahí que exista un consenso generalizado en cuanto a que se realice:

- Autoevaluación, para que sea el mismo profesor quien valore adecuadamente su desempeño en cada una de las cuestiones planteadas.
- Heteroevaluación, que la desarrollan los estudiantes, por ser los beneficiarios directos de las actuaciones de sus profesores y porque son quienes pueden informar sobre ello. Claro está, que la oportunidad también es importante tomar en cuenta, puesto que la opinión de los estudiantes podría verse sesgada si es que el momento en que se solicita información de los estudiantes, es posterior a procesos como el evaluativo, en ese momento podría existir mucha subjetividad en la opinión sobre el actuar del profesor, peor aún si los resultados no le son favorables.
- Coevaluación, que la desarrollan los pares académicos con quienes se ha involucrado en el trabajo académico y que también la pueden realizar sus jefes inmediatos.

Podrían existir fuentes de información que complementan o confirman las opiniones como son los reportes de su actividad generada a través de los sistemas informáticos de control.

Si bien se ha manifestado anteriormente que se requiere tomar en cuenta la multifuncionalidad del profesor dentro de la universidad, debo decir también que se requiere conocer de manera individual el actuar en cada una de las funciones.

Así pues, en este trabajo investigativo, el interés principal se enmarca en la medición de los niveles de eficiencia con el que actúan los profesores universitarios en el ámbito de la docencia, por ello enumero a continuación las dimensiones y variables que son comunes a los procesos analizados en las diferentes instituciones y que básicamente responden al ser profesor universitario.

A partir de las funciones en el ámbito de la docencia, se identifican tres dimensiones de su actuar y que se recogen en el programa DOCENTIA:

- Planificación de la asignatura
- Desarrollo de la enseñanza
- Evaluación de los aprendizajes

Cada una de estas tres dimensiones a su vez, se desagregan en algunos indicadores.

- **Planificación de la asignatura:**
 - Definición de las competencias específicas a ser desarrolladas en la asignatura y que aportan al desarrollo de las competencias de la titulación consideradas en el perfil profesional.
 - Diseño y elaboración del plan de contenidos o syllabus, en el que el profesor marca el rumbo del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje y se convierte en una guía adecuada para el estudiante.
 - Selección, diseño y elaboración de material didáctico y recursos educativos, de acuerdo a la planificación y al entorno en el que se desarrolla la asignatura.

- **Desarrollo de la enseñanza:**

- Metodología aplicada en el proceso de enseñanza desarrollado con los estudiantes.
- Desarrollo de procesos tutoriales que se caractericen por ser motivadores para los estudiantes y de acompañamiento permanente durante todo el proceso y período académico.
- Manejo y uso adecuado de las herramientas tecnológicas puestas a su disposición que reflejen su preocupación por la actualización continua y permanente.

- **Evaluación de los Aprendizajes**

- Diseño de instrumentos adecuados para la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes, acordes a la planificación de la asignatura y al desarrollo del proceso aprendizaje.
- Retroalimentación a los estudiantes considerando los resultados obtenidos en cada uno de los momentos evaluativos diseñados por el profesor, de manera que se aplique la finalidad del mejoramiento continuo de todo proceso de evaluación.

Adicionalmente a estas dimensiones que se podrían considerar comunes a cualquier institución, y dependiendo de la estructura organizativa de la universidad, así como también la normativa legal vigente emitida por los organismos de control se pueden agregar otras dimensiones o variables a incluirse en el proceso evaluativo y que reflejen el nivel de desempeño de cada uno de los profesores.

En el siguiente capítulo, desarrollaré la aplicación práctica para medir la actividad docente del profesor de la Modalidad Abierta y a Distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja.

En un sistema de estudios a distancia, como es el caso que nos ocupa, existen algunas variaciones que tomar en cuenta, especialmente cuando - si no todos -, la mayoría de los autores se ha referido a un sistema presencial, especialmente en lo relacionado a la metodología de enseñanza que aplica, algunos consideran muy importante el control que puede tener el profesor en el aula, la relación que se provoca entre profesor y estudiantes, etc.; será entonces la oportunidad para identificar las implicaciones que este sistema de estudios tiene y las variables que se pueden considerar para suplir estas diferencias entre los sistemas de estudios presencial y a distancia.

CAPÍTULO 5

LA EVALUACIÓN DOCENTE EN EL ECUADOR

- CASO UTPL -

5.1 Introducción

Como se ha indicado anteriormente, es importante identificar con claridad los niveles de eficiencia con los que el profesor universitario desarrolla las actividades de docencia, a través de medidas adecuadas, de manera que a partir de iguales condiciones sean comparables la forma en la que cada uno de los profesores actúa.

Para el caso que nos ocupa, consideramos a los profesores que son parte de la Modalidad Abierta y a Distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), un sistema de estudios a distancia que guarda alguna diferencia con respecto al sistema de estudios presencial y que por tanto la actuación del profesor también va a tener sus variantes.

La medición del nivel de eficiencia con el que se desempeña un profesor en este sistema de estudios, tiene algunas características diferenciadoras respecto a la evaluación del desempeño que han realizado otras instituciones de educación u organizaciones encargadas de realizar las mediciones para la evaluación institucional.

Partiendo de la normativa existente en el Ecuador, pasaremos luego a presentar el proceso de evaluación integral al docente de la UTPL, para posteriormente realizar algunas consideraciones al mismo y llegar así a establecer un modelo que nos permita identificar la forma en la que cualquier institución podría actuar para medir el desempeño de un profesor en lo referente al ámbito de la docencia.

Al no existir una función de producción previamente establecida, así como también la indeterminación de las variables en torno a si son un insumo o un resultado, partiremos de la definición de las variables tomando las funciones establecidas en la reglamentación universitaria vigente en el Ecuador, así como también las definiciones que a lo interno de la UTPL se han determinado para llegar a establecer un modelo de evaluación.

En la aplicación al caso práctico, se irán presentando algunas consideraciones tanto a los datos como a las variables que han servido de base para la medición actual, de manera que a través de técnicas estadísticas lleguemos a definir la mejor opción para establecer los pesos y las ponderaciones que cada una de las variables debería tener asignadas.

La idea subyacente a este desarrollo es que podamos determinar una herramienta adecuada para quienes deben tomar las decisiones sobre este proceso en cuanto a la forma de establecer los pesos de las variables de acuerdo a la política institucional que

se haya establecido, o a la consideración que se haya hecho constar en los planes estratégicos de la misma universidad.

5.2 Marco Legal Ecuatoriano

La actividad de la universidad ecuatoriana, se encuentra normada además de la Constitución Política, por la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) y por los Reglamentos que para el efecto se han expedido por parte del Consejo de Educación Superior (CES).

El CES, es el organismo que se encarga de planificar, regular y coordinar el Sistema de Educación Superior y la relación entre sus distintos actores con la Función Ejecutiva y la sociedad ecuatoriana, para garantizar a toda la ciudadanía una educación superior de calidad que contribuya al crecimiento del país. Trabaja en coordinación con el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) para desarrollar el conocimiento de una forma integral y profunda.

En lo referente a la evaluación, la LOES, en su artículo 151, señala que: *los profesores se someterán a una evaluación periódica integral según lo establecido en la presente Ley y el Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Sistema de Educación Superior y las normas estatutarias de cada Institución del Sistema de Educación Superior, en ejercicio de su autonomía responsable. Se observará entre los parámetros de evaluación la que realicen los estudiantes a sus docentes.*

Cabe indicar también que en este mismo artículo se direcciona la actividad de evaluación como un elemento destinado a la premiación o castigo de acuerdo a los resultados obtenidos, pues se manifiesta que podrán ser removidos o en el otro caso se establecen los estímulos en el orden académico y económico que correspondan.

Al referirse a la evaluación de desempeño académico, se establece que: *los profesores de las instituciones del sistema de educación superior serán evaluados periódicamente en su desempeño académico.*

Para ello el Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Sistema de Educación Superior, en su artículo 9, define a las actividades de docencia que deben cumplirse, en los siguientes términos:

- 1. Impartición de clases presenciales, virtuales o en línea, de carácter teórico o práctico, en la institución o fuera de ella, bajo responsabilidad y dirección de la misma;*

2. *Preparación y actualización de clases, seminarios, talleres, entre otros;*
3. *Diseño y elaboración de libros, material didáctico, guías docentes o syllabus;*
4. *Orientación y acompañamiento a través de tutorías presenciales o virtuales, individuales o grupales;*
5. *Visitas de campo y docencia en servicio;*
6. *Dirección, seguimiento y evaluación de prácticas y pasantías profesionales;*
7. *Preparación, elaboración, aplicación y calificación de exámenes, trabajos y prácticas;*
8. *Dirección y tutoría de trabajos para la obtención del título, con excepción de tesis doctorales o de maestrías de investigación;*
9. *Dirección y participación en proyectos de experimentación e innovación docente;*
10. *Diseño e impartición de cursos de educación continua o de capacitación y actualización;*
11. *Participación en actividades de proyectos sociales, artísticos, productivos y empresariales de vinculación con la sociedad articulados a la docencia e innovación educativa;*
12. *Participación y organización de colectivos académicos de debate, capacitación o intercambio de metodologías y experiencias de enseñanza;*
13. *Uso pedagógico de la investigación y la sistematización como soporte o parte de la enseñanza;*
14. *Participación como profesores que impartirán los cursos de nivelación del Sistema Nacional de Nivelación y Admisión (SNNA); y,*
15. *Orientación, capacitación y acompañamiento al personal académico del SNNA.*

De igual forma se establecen las actividades para la investigación y la gestión y dirección académica, que son las otras dimensiones que forman parte de la evaluación integral al desempeño docente, pero que no se desarrollan en este trabajo porque nuestro objetivo es el análisis del desempeño en el ámbito de la docencia.

Al analizar este mismo Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Sistema de Educación Superior, en el capítulo I del título IV, se establece que la

evaluación integral del desempeño del personal académico comprende las actividades de docencia, investigación y dirección o gestión académica, a través de instrumentos y procedimientos que son elaborados por la unidad encargada de la evaluación integral en cada institución.

Se identifican además los componentes de la evaluación integral de la siguiente manera: (Artículo 76 Reglamento de Carrera y Escalafón):

1. *Autoevaluación: es la evaluación que el personal académico realiza periódicamente sobre su trabajo y su desempeño académico.*
2. *Coevaluación: es la evaluación que realizan los pares académicos y directivos de la institución de educación superior.*
3. *Heteroevaluación: es la evaluación que realizan los estudiantes sobre el proceso de aprendizaje impartido por el personal académico.*

Finalmente conviene citar que en este mismo artículo se establecen rangos para la ponderación de cada componente de evaluación:

1. *Para las actividades de docencia: autoevaluación 10-20%; coevaluación de pares 20-30% y de directivos 20-30%; y heteroevaluación 30-40%.*
2. *Para las actividades de investigación: autoevaluación 10-20%; coevaluación de pares 40-50% y de directivos 30-40%.*
3. *Para las actividades de dirección o gestión académica: autoevaluación 10-20%; coevaluación de pares 20-30% y directivos 30-40% y heteroevaluación 10-20%.*

De igual manera en el reglamento se encuentran definidos los actores de la evaluación integral del desempeño como son los estudiantes, los mismos profesores y para el caso de la coevaluación se establecen comisiones conformadas por pares académicos y las autoridades académicas que cada universidad establezca según su normativa interna.

Bajo esta normativa, la UTPL, define el proceso de evaluación integral al expedir el instructivo correspondiente en donde se identifican los parámetros correspondientes a las funciones docencia, investigación y gestión académica.

5.3 Proceso de evaluación docente en la UTPL

A lo interno de la Universidad Técnica Particular de Loja, y en concordancia con lo dispuesto en la normativa que se encuentra vigente en el Ecuador, en el mes de mayo

de 2014, se expide el Instructivo de Evaluación Integral de Desempeño del Personal Académico de la UTPL, en donde se establecen los parámetros que sirven para identificar el desempeño en cada una de las funciones que desarrolla el profesor universitario, dígase docencia, investigación y gestión académica de acuerdo al perfil en el que se ubica cada uno de los profesores.

Este instructivo fue construido a partir de la asesoría brindada por los Profesores de la Universidad de Sevilla en el año 2012, pero por constituirse en un proceso complejo y delicado, especialmente en una población en la que la cultura evaluativa a los desempeños individuales es muy incipiente, ha tenido varias dificultades tanto en su construcción como también en su posterior ejecución.

De alguna manera se ha consolidado el proceso de evaluación de la actividad académica, a través del establecimiento de cuestionarios en donde se recoge la calificación que otorgan los estudiantes a la actividad que desarrolla el profesor en las asignaturas o cursos que se encuentran bajo su responsabilidad.

Si bien es cierto, se han llegado a establecer resultados cuantitativos en el proceso de evaluación, sin embargo, la observación de la ejecución del proceso y la falta de cultura evaluativa llevan a afirmar que aún los resultados no se pueden considerar del todo satisfactorios, consideramos que aún faltan identificar con claridad algunos aspectos relacionados con la medición de la actividad en cada una de las funciones para determinar en sí la valoración integral al desempeño de cada profesor.

En la tabla 5.1, se muestran las ponderaciones que se aplican a las calificaciones que cada uno de los componentes ha determinado según la función que corresponde. Así pues, para el caso de la docencia se puede observar que el mayor peso que se asigna es el determinado por la opinión de los estudiantes.

En lo referente a los criterios que se consideran para la valoración de la actividad docente, se establecen cuatro bloques temáticos:

- a. Formación académica
- b. Experiencia docente y profesional
- c. Acción y desempeño docente
- d. Implicación institucional

Cada uno de estos bloques se compone de varios criterios que se pueden considerar como las variables que se reflejan en los cuestionarios aplicados para la recolección de la información.

Tabla 5. 1: Ponderación de los componentes

| COMPONENTES | DOCENCIA | INVESTIGACIÓN | DIRECCIÓN o GESTIÓN ACADÉMICA |
|-------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------|
| Autoevaluación | 20% | 20% | 20% |
| Coevaluación Pares | 25% | 40% | 25% |
| Coevaluación Directivos | 25% | 40% | 40% |
| Heteroevaluación | 30% | N/A | 15% |

Fuente: Instructivo de Evaluación Integral de Desempeño del Personal Académico de la UTPL-2014

Elaboración Propia

Para medir la acción y desempeño docente se han tomado en cuenta las actividades que le han sido encomendadas al profesor y que tienen que ver con la planificación, el desarrollo y/o selección de material didáctico, la metodología empleada, la asistencia a través de la tutoría realizada a los estudiantes y el empleo de las tecnologías de la información y comunicación. Estos aspectos son los que han servido de base para elaborar el cuestionario que los estudiantes deben completar por cada una de las asignaturas en las que se encuentra matriculado en el período académico evaluado.

En esta investigación se ha considerado trabajar con los resultados obtenidos de las calificaciones otorgadas por los estudiantes, por lo que se toma en cuenta el bloque de Acción y Desempeño Docente, con la finalidad de llegar a determinar la validez de las variables que se están empleando y las ponderaciones adecuadas que se deberían aplicar a este bloque.

Bajo esta perspectiva, en los momentos que siguen a esta investigación se aplica una de las técnicas de medición de la eficiencia a la acción docente del profesor como es el Análisis Envoltante de Datos, haciendo varias consideraciones tanto a las variables como al tratamiento de la información. Desarrollando varios escenarios que posteriormente nos permitan establecer el camino más adecuado para una determinación objetiva de los pesos que se asignan a cada una de las variables.

5.4 Propuesta para la medición de la eficiencia docente del profesor de la UTPL

Para iniciar la propuesta de medición de la eficiencia docente del profesor de la UTPL, es necesario precisar a breves rasgos los aspectos sobresalientes sobre la institución y la direccionalidad que se dará a la aplicación de la identificación sobre el modelo más adecuado a ponerse en práctica para medir de forma objetiva el desempeño de los profesores.

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), es una institución de educación superior de carácter bimodal, es decir que ofrece titulaciones tanto en el sistema de estudios presencial como en el sistema de estudios a distancia a través del cual se atiende a los estudiantes que se encuentran en todo el territorio nacional y fuera de él.

En el ámbito de la docencia en el sistema de modalidad abierta y a distancia se atiende a 19 titulaciones y 25 en el sistema presencial, agrupadas en cuatro áreas académicas: administrativa, biológica, socio-humanística y técnica, conforme se muestra en el Anexo 1.

Para el desarrollo de esta investigación se ha considerado a los profesores que atienden a las asignaturas que se dictan en la Modalidad Abierta y a Distancia en las diferentes titulaciones, tomando a quienes son responsables de asignatura, conforme se realiza la distinción más adelante.

5.5 Variables utilizadas

Al hablar de la medición del nivel de eficiencia, ha quedado establecido que se requieren identificar los inputs que necesita la DMU en análisis para llegar a obtener unos outputs. La forma en la que se encuentran combinados y utilizados los recursos será lo que nos va a medir la eficiencia, de manera que habrán unidades analizadas que requieren mejorar su gestión de los recursos para llegar a los resultados planeados, o en algún otro caso identificaremos unidades que son eficientes porque la combinación y uso de los recursos o inputs ha sido el adecuado para llegar a los resultados planeados.

Esta medición del nivel de eficiencia con el que actúa una DMU, requiere identificar con claridad cuáles son las variables que deben intervenir en la medición de la eficiencia, identificando efectivamente lo que se considera dentro del proceso analizado como una entrada o un input y lo que a su vez se considera como un

resultado o un output del mismo. Para el caso que nos ocupa, medir el nivel de eficiencia del desempeño de un profesor universitario, significa obtener una medida que permita comparar en igualdad de condiciones a todos los profesores y con ello establecer las mejoras en las que cada uno puede incurrir para lograr el nivel de eficiencia de las DMUs que le están sirviendo como referentes

Si bien es cierto, cada asignatura es diferente en cuanto a contenido y a nivel de dificultad dentro de la estructura curricular, entre otros aspectos que se pueden considerar diferenciadores dentro de la actividad de docencia, sin embargo, resulta necesario establecer variables que permitan hacer una comparación del desempeño de cada profesor en igualdad de condiciones. Es decir establecer el principio de homogeneidad que requiere considerarse para todas las DMUs en análisis.

Conforme lo menciona Diez Martin (2007), y como se ha señalado a la hora de referirnos al Análisis Envoltante de Datos (DEA) como una técnica que nos permite identificar el nivel de eficiencia de una DMU; seleccionar las variables, implica recoger en el modelo a todas aquellas variables que sean capaces de representar tanto las entradas utilizadas por las unidades objeto de estudio, como las salidas obtenidas por dichas unidades, sin excluir ninguna de ellas.

Bajo esta consideración y tomando en cuenta que el objeto de estudio se refiere al análisis del desempeño de los profesores universitarios en cuanto a la actividad docente, debemos partir de la definición de las actividades que son responsabilidad de los profesores en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Marcano Fermín (2008), al referirse a los modelos y enfoques de la evaluación del profesorado universitario, manifiesta que esta actividad se concentra en el análisis de las actividades académicas del profesor. De igual forma al analizar los modelos en los que se identifica a la evaluación del profesor, indica que en el *modelo centrado en los resultados* se caracteriza al buen profesor como aquel que evidentemente logra en los estudiantes los resultados esperados en términos de aprendizaje y rendimiento.

Así mismo para la determinación de las variables que se incluyen en el modelo de análisis de la eficiencia del profesorado (como DMU), se ha considerado la Reglamentación existente para el efecto en la legislación ecuatoriana y por otro lado la Normativa que se encuentra vigente en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

El desempeño de la docencia por parte de los profesores considera básicamente las siguientes acciones:

- **Planificación de la asignatura** con la elaboración del plan docente en el que debe considerar las competencias de la titulación y las competencias que se

deben desarrollar en su asignatura a través de los materiales de enseñanza y a través de las metodologías que empleará en el transcurso del período académico.

- **Selección del texto básico**, en el sistema de educación a distancia, los estudiantes reciben el material bibliográfico y por ello es responsabilidad del profesor conjuntamente con su sección departamental, la elección del texto básico que servirá para desarrollar las competencias en la asignatura. Este texto básico debe cumplir con características que sean favorables al estudio en este sistema, a decir:
 - actualizado,
 - que contemple por lo menos en un 70% los contenidos planteados previamente,
 - metodológicamente adecuado para las necesidades de la asignatura,
 - estructurado dinámicamente de manera que sea asequible a los estudiantes,
 - que tenga un buen diseño, llamativo y motivador.

- **Diseño y elaboración de la Guía Didáctica**, que se constituye en aquel instrumento que reemplaza la presencia del profesor en el aula, de manera que está escrita considerando el desarrollo completo de toda la asignatura, a partir de la planificación establecida se van desarrollando cada una de las unidades o contenidos que corresponden tanto al primer bimestre como al segundo. En cada unidad o tema, el profesor orienta al estudiante para que no solamente conozca y comprenda el tema, sino que llegue a la aplicación y valoración del mismo. Esto lo hace a través de una explicación adicional a la que consta en el texto básico, considerando su experiencia propia, ubicando ejemplos de la realidad circundante, ubicando actividades adicionales que le permiten reforzar los conocimientos, desarrollando procesos auto evaluativos de manera que sea el propio estudiante quien vaya analizando su progreso.

- **Diseño y elaboración de las evaluaciones a distancia**, que se constituyen en los trabajos que el estudiante debe desarrollar en forma obligatoria y presentarlos para su correspondiente revisión. El diseño de estos trabajos implica también el identificar todos aquellos aspectos que el profesor considera como muy importantes que el estudiante debe alcanzar. Para plantear las actividades a

evaluarse debe considerar las competencias que constan en la planificación y los niveles cognitivos previstos para cada tema.

- ***Diseño y elaboración del Banco de Preguntas***, en base a la planificación inicial en donde constan los temas a desarrollarse y las competencias que se van a lograr a través de los mismos, se debe elaborar un Banco de Preguntas para la aplicación de los cuestionarios a los estudiantes en el proceso de evaluación presencial. Estos bancos de preguntas tienen una cantidad de ítems solicitada y parten de la consideración de los niveles cognitivos que se van a evaluar por cada uno de los temas. El desarrollo y la presentación de los bancos de preguntas es igual para todos los profesores, es independiente del tipo de asignatura.

- ***Desarrollo de tutoría***, en el sistema de estudios a distancia y de acuerdo a la normativa establecida por las autoridades de educación superior como a la estructura propia del modelo de educación a distancia de la UTPL, el acompañamiento que se hace al estudiante en el proceso de aprendizaje durante el período académico es de vital importancia.

Si consideramos que una de las dificultades que ha caracterizado al sistema de estudios a distancia es el sentimiento de soledad que se genera en el estudiante por la separación física con su profesor, esta se ve disminuida cuando existe un acompañamiento permanente por parte del profesor, por eso la tutoría en este sistema juega un papel de mucha importancia.

Para el cumplimiento de la tutoría, el profesor del sistema de educación a distancia debe utilizar los medios tecnológicos que se encuentran a disposición del mismo y la desarrolla de la siguiente manera:

- Tutoría telefónica, a través de la cual el estudiante puede acceder a consultas con el profesor en un horario previamente determinado y que es conocido por los estudiantes
- Tutoría virtual que la desarrolla a través del Entorno Virtual de Aprendizaje EVA, con los siguientes elementos:
 - Semanalmente debe ubicar al menos un mensaje orientativo, lo que significa que cada profesor deberá ubicar al menos 8 mensajes. Estos mensajes son generales para todos los alumnos

del aula y se dirigen a explicar con mayor detalle el tema desarrollado en cada semana.

- Ubicar Recursos Educativos Abiertos (REA) sobre los temas que considere necesarios para ampliar la explicación tanto del texto básico como de los mensajes orientativos que va desarrollando y que le ayudan al estudiante a comprender mejor el tema analizado.
- Plantear un foro académico en donde el profesor plantea un tema para ser discutido en el aula y los alumnos ubiquen su aporte personal al tema indicado.
- Desarrollar sesiones de chat y videocolaboración (tutoría síncrona) al menos una de cada tipo por bimestre, es decir tendrá que haber desarrollado al menos dos sesiones de chat y videocolaboración respectivamente en el período académico.
- Responder a los mensajes personales enviados por cada estudiante en el menor tiempo posible. Aunque no se ha normado el tiempo de respuesta, se recomienda que la respuesta a cada inquietud de los estudiantes sea contestada en un lapso no mayor a las 24 horas siguientes.

Todas estas funciones que el profesor desarrolla en cada una de las aulas asignadas, deben ser cumplidas y configuran su desempeño en la docencia. Cabe indicar además que existe un calendario de actividades académicas con fechas previamente definidas desde la organización central del Vicerrectorado de Modalidad Abierta, de cuyo seguimiento es responsable la Gerencia de cada una de las áreas académicas, de manera que las incidencias en la misma es informada a la Jefatura de sección departamental para que se tomen los correctivos en caso de ser necesario.

La explicación previamente desarrollada, se hace constar con la finalidad de que se conozca cuáles son las actividades que configuran la medición de la calidad de desempeño por parte del profesor en el ámbito de la docencia y en la relación existente con los estudiantes.

El profesor se constituye en el mediador y facilitador de los aprendizajes para el estudiante, pero sobretodo en este sistema de estudios, en uno de los actores principales del logro que alcance un estudiante, por ello también se considera

importante analizar como una variable de respuesta a toda la actividad del profesor, el nivel de aprobación que existe en su aula y la tasa de aprobación.

Cuando hablo del nivel de aprobación me refiero a la **Calificación Promedio de Aprobación**. En el sistema de calificaciones para la institución en la que se aplica este análisis (la UTPL), la calificación tiene un rango de 40 puntos, siendo precisos 28 puntos como mínimo para superar la asignatura, tomando en cuenta la normativa que para el efecto existe y que se encuentra previamente difundida entre todos los estudiantes al iniciar sus estudios en la institución.

Otro aspecto importante a considerarse y que podría tener alguna incidencia para medir el desempeño del profesor, es el **Número de Aprobados**, que se encuentra relacionado con el número de alumnos matriculados en la asignatura de manera que si establecemos una relación entre estas dos variables, luego podremos identificar la tasa de aprobación que se registra en la asignatura.

Cabe indicar que la naturaleza del sistema de educación en el que nos encontramos trabajando tiene algunas consideraciones que realizar y que conviene tomarlas en cuenta a la hora de definir las variables que respondan a la medición de la eficiencia del desempeño de los profesores, esto es la heterogeneidad de los estudiantes, identificada a través de:

- *La edad de los estudiantes* es diversa; por tratarse de un sistema de educación a distancia, no existe una norma establecida en cuanto a la edad de ingreso a la universidad, aquí se debería mencionar que inicialmente la educación a distancia estaba concebida como una educación para adultos porque se la consideraba como la alternativa para quienes no habían podido ingresar a una universidad presencial, sin embargo en la actualidad podemos decir que ha dejado de ser considerada como alternativa lo que implica que la edad de ingreso de los estudiantes cada vez ha ido disminuyendo aunque también ingresan estudiantes de edades más altas.
- *Estudiantes que cursan una segunda carrera profesional*, eso significa que el grado de implicación en sus estudios es diferente a aquellos estudiantes que ingresan directamente desde el bachillerato.
- *Niveles de responsabilidad de los estudiantes*, en cuanto hace referencia a que son personas que ya tienen responsabilidades de tipo familiar, laboral o profesional lo que puede tener alguna incidencia en el rendimiento académico de los mismos.

- *Domicilio de los estudiantes*, también es importante destacar el acceso a las tecnologías de comunicación porque no todos los estudiantes se encuentran en lugares en donde existe facilidad para comunicarse con sus profesores. Si bien es cierto, en los últimos años el nivel de conectividad en Ecuador se ha incrementado, sin embargo, existen casos de estudiantes que se encuentren muy distantes de los centros poblados y que se les dificulta dinamizar de mejor manera la interacción con su profesor y con sus compañeros de asignatura.

Hago estas consideraciones que nos ayudan a comprender el grado de responsabilidad que tiene un profesor en los resultados observables como son las calificaciones promedio de aprobación y el número de estudiantes que aprueban en la asignatura bajo su responsabilidad; no significa que estos sean los factores más determinantes en el rendimiento académico de los estudiantes, no es el propósito de esta investigación ese, sino más bien, creo que es importante tomar en cuenta a la hora de establecer las variables que nos pueden ayudar a medir el nivel de eficiencia del profesor.

Por otro lado, un aspecto a reflexionar también puede ser el **Número de Alumnos Matriculados** en la asignatura. Es verdad que esto no depende de la acción directamente del profesor, porque no es su responsabilidad gestionar la matrícula en su asignatura, sino que responde a varias condicionantes que preciso puntualizar:

- **El tipo de asignatura** que atiende el profesor. De acuerdo al modelo educativo las asignaturas se agrupan en los siguientes tipos:
 - o **De formación básica**, que son aquellas comunes para todas las titulaciones y que responden a la necesidad de formación de cualquier profesional, por ejemplo cito una Expresión Oral y Escrita porque todo profesional independientemente de la titulación a la que se pertenezca debe saber escribir y expresarse correctamente, o por ejemplo Computación, porque en los actuales momentos cualquier profesional debe conocer lo fundamental en el ámbito de usar herramientas tecnológicas que le permitan desarrollar adecuadamente sus tareas acorde a la dinámica social.
 - o **Genéricas**, forman parte de este grupo las asignaturas que desarrollan competencias que el profesional de una área determinada debe tener, de manera que una misma asignatura es planificada para atender a los

alumnos de todas las titulaciones que conforman el área académica, por ejemplo si considero el área administrativa, tendremos asignaturas que desarrollan las mismas competencias para aquellos titulados en administración de empresas, banca y finanzas, contabilidad, economía, administración en gestión pública, hotelería y turismo.

- **Complementarias**, en este grupo encontramos a las asignaturas que sin ser fundamentales en la formación del profesional, contribuyen al desarrollo de sus competencias profesionales, por ejemplo un profesional de la titulación de Contabilidad y Auditoría, tiene como asignatura complementaria Legislación y Práctica Tributaria, que no es fundamental dentro de su formación pero que contribuye al desarrollo de las competencias respecto al ámbito tributario.

 - **Libre configuración**, se encuentran las asignaturas que le ayudan a desarrollar competencias que no siendo del ámbito de la formación profesional en específico aportan conocimientos que son de interés para el estudiante y que le ayudan a desarrollar otras destrezas y habilidades.

 - **Troncales de carrera**, aquí se encuentran las asignaturas que aportan específicamente en la formación profesional de la titulación y que desarrollan con mayor especificidad las competencias profesionales.

 - **Practicum**, se encuentran aquí aquellas asignaturas a través de las cuales se organiza la relación entre la universidad y la sociedad formando en la práctica a los profesionales del área, de manera que en cada una de las titulaciones tenemos estas asignaturas que responden a la planificación específica de la titulación.
- **Ubicación de la asignatura** dentro de la estructura curricular, aquellas que se encuentran ubicadas en los primeros ciclos³, registran un mayor número de alumnos matriculados, pero a medida que van avanzando los ciclos en la

³ Se entiende por ciclo a cada uno de los niveles en los que se encuentran distribuidas todas las asignaturas que comprenden la estructura curricular de la titulación correspondiente. Para el caso de la UTPPL existen titulaciones de 10 o de 8 ciclos.

estructura curricular, existen asignaturas que registran un número de matrícula mucho menor.

Esto responde a factores como por ejemplo **el nivel de deserción**, en un sistema de educación como al que nos referimos, sea por desconocimiento o por la falta de hábitos adecuados de estudio, el nivel de deserción en los primeros ciclos es muy considerable, dependiendo de la titulación puede llegar a superar el 50% entre el primer y segundo ciclo, posteriormente hacia un cuarto o quinto ciclo esta tasa de deserción o abandono se reduce

- **Complejidad de la asignatura**, dependiendo de las actitudes y los estilos de aprendizaje de los estudiantes se pueden identificar asignaturas que, adicional a su nivel de incidencia en la formación profesional, se consideran como más complejas unas que otras, lo que va a incidir directamente en la tasa de aprobación de la misma y también en el nivel promedio de calificación.

Con estos antecedentes se han establecido las variables que permitirán medir el nivel de eficiencia del desempeño de los profesores, las mismas que toman en cuenta a las actividades que desarrolla el profesor dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, así tenemos:

- **Material de Enseñanza (MATENS)**, que se refiere a la calificación que otorgan los estudiantes respecto al desempeño que el profesor muestra desde la planificación, pasando por la selección del texto básico y la elaboración de la guía didáctica y los materiales que le permiten desarrollar el proceso de enseñanza hacia los estudiantes.
- **Evaluación de los Aprendizajes (EVAPREN)**, que muestra también la calificación que otorgan los estudiantes sobre el diseño y elaboración de los instrumentos de evaluación de los aprendizajes, tanto en lo que corresponde a la evaluación a distancia como con lo que tiene que ver a la elaboración de los ítems que van a formar el banco de preguntas para la generación de los cuestionarios de evaluación presencial.

- **Atención al Alumno (ATENAL)**, en donde se muestra la calificación que otorgan los estudiantes al profesor por todas las actividades tanto de orden síncrono como asíncronas que desarrolla para atender, motivar y acompañar a éstos en su proceso de aprendizaje.

- **Alumnos Matriculados (ALUMAT)**, muestra el número de alumnos que se han matriculado para cada una de las asignaturas en las que actúa el profesor. Aquí podremos observar de la información recolectada, que existe una disparidad en términos del número de alumnos en cada aula, existen aulas con un nivel muy bajo de matrícula (desde 2) así como también aulas con un elevado número de matrícula (más de 120). En el desarrollo de los escenarios, se identifica la necesidad de considerar el inverso del número de matriculados en cada asignatura de manera que **(1/ALUMAT)** nos indicará el tiempo o dedicación que el profesor dedica a cada estudiante. Esto cuando consideramos a esta variable como un input de su acción o gestión docente.

- **Calificación Promedio de Aprobación (PROMAPRO)**, muestra la calificación promedio de los alumnos que aprueban la asignatura. De acuerdo al sistema de calificación esta variable se encuentra en un rango entre 28 y 40 puntos, como mínimo y máximo respectivamente

- **Número de Alumnos Aprobados (NUMAPRO)**, aquí se muestra el número de alumnos aprobados en cada una de las aulas o asignaturas analizadas. Esta variable se expresa en el mismo orden que ALUMAT, de manera que guarde concordancia y se pueda identificar con claridad la relación existente entre las mismas.

- **Satisfacción del estudiante (SATEST)**, siendo el principal informante de todo el proceso que se desarrolla en la asignatura, también se considera como una fuente importante, la calificación que otorgue al nivel de satisfacción que le ha generado el desarrollo de todo el curso, por eso también se considera que este nivel de satisfacción lo genera la acción del profesor durante el período académico.

Inicialmente podría decir que las variables de salida del proceso u outputs, son las que muestran los resultados obtenidos por la acción del profesor, a decir, las variables de salida para nuestro ejercicio serían:

- Calificación Promedio de Aprobación (PROMAPRO)
- Número de Alumnos Aprobados (NUMAPRO)

Pero, ¿en qué medida se podría afirmar que cada una de las restantes variables se consideran como entradas del proceso?, ¿con qué seguridad podemos decir que las variables de entrada o inputs, son todas y cada una de las restantes? Para resolver este dilema se ha considerado oportuno realizar un análisis descriptivo de la relación entre las mismas.

Solamente con la finalidad de establecer la relación entre las variables y determinar su tratamiento posterior en el modelo que identifique la eficiencia del desempeño del profesor, se ha considerado la información referente a una de las áreas académicas, en este caso el área administrativa.

Antes de ello, haré una explicación del origen de la información que sirve de base para realizar el análisis al que me he referido.

5.6 Origen de la información

La información que se ha recogido y que sirve de base para el análisis, tiene los siguientes orígenes:

- Cuestionario de evaluación a los profesores que ha sido contestado por los estudiantes en cada una de las asignaturas que se encuentran matriculados.
- Información del sistema de gestión académica sobre el número de matriculados y los resultados de aprobación y reprobación⁴; con la que se determinan los promedios de aprobación.
- Asignación Académica al personal docente, tomado desde la Dirección de Recursos Humanos y Desarrollo Personal, esta información ha servido para identificar en cada uno de los docentes, la responsabilidad que tiene sobre la asignatura, la titulación y el área académica a la que pertenece.

En el **primer caso**, este cuestionario forma parte del proceso de recogida de información para la evaluación integral del docente en la UTPL, el mismo que se está

⁴ Entiéndase como reprobados a todos aquellos alumnos que no llegaron a culminar con éxito su asignaturas, es decir los no aprobados

implementando todavía sin tener resultados definitivos puesto que debe incluir la investigación y la gestión.

Para esta investigación, se ha considerado que la opinión del estudiante es una fuente importante de información ya que es el directo beneficiario de la acción del profesor. La aplicación del cuestionario se realiza tomando en cuenta las siguientes directrices:

1. El cuestionario es de cumplimiento obligatorio para todos los estudiantes y esto se hace a través del EVA.
2. Comprende nueve cuestiones que abarcan las actividades que el profesor tiene que realizar en el período académico.
3. Su aplicación considera la oportunidad, ya que dentro del calendario académico se establece el “momento idóneo” que permita eliminar en cierto grado la subjetividad de la información. Se aplica después de que los alumnos se presenten a la segunda evaluación parcial y después de que ya han enviado su segunda evaluación a distancia.
4. La representatividad, es otro elemento que se considera en la información obtenida, ya que al ser de cumplimiento obligatorio, todos los estudiantes deben cumplimentarla durante el plazo determinado.

Posterior a la aplicación del formulario, se recoge la información y se determinan las calificaciones que sobre 100 puntos se genera en cada ítem y en cada una de las variables consideradas para análisis.

La información que actualmente se está empleando corresponde al período académico Abril-Agosto/2014.

La segunda fuente de información es el **sistema de gestión académica**, del cual se han extraído los datos referentes a matriculación, aprobación, deserción y calificación promedio de cada una de las aulas en las que el profesor es responsable.

Finalmente, la tercera fuente de origen ha sido **la asignación académica al personal docente**, de donde se ha obtenido información referente a la responsabilidad otorgada a cada profesor en el período académico analizado.

Aunque luego nos referimos a este aspecto, una de las limitantes en cuanto a información ha sido precisamente el hecho de tener tres sistemas diferentes con lenguajes distintos lo que incide negativamente, pues, se ha tenido que trabajar en forma manual para llegar a desarrollar una base de datos adecuada a las necesidades de la investigación.

Después de haber trabajado con los tres sistemas, se llegó a construir una base de datos en la que se identifica al profesor, la asignatura, la titulación, el área académica y la calificación obtenida en cada uno de los aspectos sobre los que han sido cuestionados los alumnos y que se corresponden al quehacer del profesor responsable de la asignatura.

5.7. *Análisis de la base de datos*

Con la finalidad de cumplir con el sigilo de la información, se ha procedido a asignar un código de identificación a cada uno de los profesores en las diferentes áreas académicas, así en la Tabla 5.2, podemos observar el código AD001 que corresponde a un determinado profesor del área administrativa, para mayor detalle de la información que sirve de base para el análisis, el lector se puede remitir al Anexo 2.

Tabla 5. 2: Extracto de la información que sirve de base para el análisis

| Código_Profesor | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-----------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|
| AD001 | 76,52 | 70,95 | 80,74 | 72,30 | 110 | 46 | 29,9 |
| AD002 | 59,04 | 62,50 | 70,08 | 55,85 | 62 | 42 | 32,3 |
| AD003 | 77,78 | 76,39 | 84,72 | 83,33 | 16 | 8 | 31,1 |
| AD004 | 75,00 | 81,94 | 84,03 | 83,33 | 20 | 16 | 31,7 |
| | | | | | | | |
| AD139 | 75,42 | 74,58 | 72,92 | 71,67 | 52 | 49 | 33,6 |
| AD140 | 81,00 | 79,00 | 79,25 | 80,00 | 44 | 27 | 30,5 |
| AD141 | 80,81 | 77,91 | 81,10 | 77,91 | 64 | 33 | 30,5 |
| AD142 | 79,96 | 75,79 | 72,62 | 71,03 | 99 | 19 | 31,1 |
| AD143 | 70,83 | 83,33 | 79,17 | 83,33 | 8 | 4 | 31,3 |

Elaboración: Propia

En el caso del área administrativa a la que estoy haciendo referencia, tenemos 131 profesores que serán analizados⁵, de manera que al relacionar los datos de las variables se identifican algunos aspectos interesantes conforme se muestran en la Tabla 5.3, se puede establecer por ejemplo que existe heterogeneidad en los datos especialmente si consideramos dos grupos, por una parte MATENS, EVAPREN, ATENAL

⁵ Se encuentran codificados 143 profesores, pero se analizan 131, luego de haber eliminado a aquellos que constaban en el listado inicial pero que son responsables de realizar seminarios, jornadas y otro tipo de componentes académicos que no se desarrollan bajo el sistema de una asignatura. Esto con la finalidad de guardar la homogeneidad de los datos.

y SATEST constituyen un grupo, mientras que ALUMAT, NUMAPRO vienen a constituirse en otro grupo de variables quedando PROMAPRO como un tercer grupo debido a que esta variable tiene un rango o recorrido previamente definido. Esta heterogeneidad la podemos observar a través de la desviación estándar y obedece al tipo de variables, pues las primeras corresponden a la calificación que otorgan los estudiantes a cada profesor y se califica hasta 100 puntos, mientras que en el otro grupo se expresa como valores absolutos y nos muestra el número de estudiantes matriculados, aprobados y el promedio de calificaciones, de ahí que los niveles de desviación se encuentren entre 7 y 8 para el primer grupo, el segundo grupo estaría con un nivel de variación entre 25 y 42 puntos y finalmente PROMAPRO tiene una desviación estándar de 1,66.

Tabla 5. 3: Estadística Descriptiva de las variables en análisis

| Variable | Media | Mediana | Moda | Desviación estándar | Varianza | Curtosis | Coficiente asimetría | Rango | Mínimo | Máximo |
|-----------------|-------|---------|-------|---------------------|----------|----------|----------------------|-------|--------|--------|
| <i>MATENS</i> | 73,66 | 75 | 75 | 8,28 | 68,62 | 1,55 | -0,75 | 49,48 | 41,77 | 91,25 |
| <i>EVAPREN</i> | 72,67 | 73,53 | 75 | 7,81 | 61,05 | -0,06 | -0,18 | 38,59 | 52,66 | 91,25 |
| <i>ATENAL</i> | 77,41 | 77,4 | 81,25 | 6,67 | 44,53 | 1,65 | -0,57 | 41,67 | 52,08 | 93,75 |
| <i>SATEST</i> | 73,22 | 74,46 | 75 | 8,01 | 64,1 | 0,67 | -0,49 | 45,24 | 46,43 | 91,67 |
| <i>ALUMAT</i> | 59,59 | 48 | 110 | 42,43 | 1799,95 | -1,12 | 0,4 | 158 | 2 | 160 |
| <i>NUMAPRO</i> | 32,11 | 26 | 10 | 25,53 | 651,88 | 1,91 | 1,3 | 130 | 1 | 131 |
| <i>PROMAPRO</i> | 31,85 | 31,5 | 30,5 | 1,66 | 2,76 | 2,4 | 1,07 | 11 | 28 | 39 |

Fuente: Anexo 2
Elaboración: Propia

Para las variables *MATENS*, *EVAPREN*, *ATENAL* y *SATEST*, los valores medio, mediano y modal se ubican en niveles muy similares y dado que una variable se considera como asimétrica cuando el valor absoluto del coeficiente de asimetría es mayor que 1, se puede concluir que los valores se encuentran distribuidos casi simétricamente, no siendo así en el caso de *NUMAPRO* y *PROMAPRO*, cuyos coeficientes de asimetría son superiores a 1, especialmente en el número de estudiantes aprobados.

En un conjunto de datos, una característica deseable es la homogeneidad. Esta propiedad se determina a través del coeficiente de curtosis, y mide la relación entre la variabilidad de las desviaciones y la desviación media. Para una distribución normal, el coeficiente de curtosis toma el valor de 0. Si existen datos atípicos la variabilidad de las desviaciones será grande y el coeficiente de curtosis registrará un valor alto. De acuerdo a lo mencionado por Peña (2002), una forma de detectar valores atípicos es

identificar aquellas variables que tienen un valor de curtosis mayor que 7 u 8. En el caso de nuestras variables el coeficiente más alto se encuentra en PROMAPRO con 2,4, seguido en forma descendente por el coeficiente que corresponde a NUMAPRO con 1,91; en todas las demás variables no se registra un nivel más alto de curtosis por lo que nos ayuda a confirmar que se podrían registrar unos pocos casos de valores alejados de todo el conjunto mayoritario.

En el caso de la variable ALUMAT que se refiere al número de alumnos matriculados, se observa una diferencia bastante interesante por la presencia de valores extremos, pues esta variable se mueve desde 2 hasta 160, lo que determina un recorrido de la variable de 158 puestos, esto obedece a la diversidad de asignaturas que se han descrito anteriormente y que conforman la estructura curricular de las titulaciones, aunque la mediana de las matriculas se ubica en 48 alumnos, se observa que la asignatura modal tiene 110 alumnos matriculados (8 asignaturas de las 131 en análisis).

En el caso de la variable referente al número de alumnos aprobados (NUMAPRO), ya se había mencionado que nos muestra que existe un sesgo positivo (1,30), lo que es observable también a través de los valores registrados en la media, mediana y moda.

Otra de las variables que se considera como resultado del proceso de la acción docente del profesor universitario, es la calificación promedio de aprobación de los estudiantes, de allí que también es importante identificar la relación de esta con las demás variables.

5.8 Análisis de la relación entre las variables con el Promedio de Aprobación (PROMAPRO)

En lo que respecta a la variable que nos muestra el promedio de las calificaciones de quienes aprueban la asignatura PROMAPRO, si bien es cierto puede tomar valores teóricamente entre 28 y 40 (de acuerdo a la normativa referente al sistema de calificación); sin embargo, de los datos observados no existe ninguna asignatura en la que se registren promedios de aprobación de 40, por ello el rango es de 11. Se observa además que los valores de la media, mediana y moda son muy similares, de allí que la desviación estándar es baja y ello también se confirma con el coeficiente de asimetría (1,07) con sesgo positivo del número de alumnos aprobados.

Tabla 5. 4: Indicadores de relación entre PROMAPRO y las otras variables

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,340618821 |
| Coefficiente de determinación R² | 0,116021181 |
| R² ajustado | 0,087958361 |
| Error típico | 1,586946505 |
| Observaciones | 131 |

Elaboración: Propia

Al analizar las variables con respecto a PROMAPRO, se determina que existe una importante relación de carácter positiva entre las variables, si bien no llega a ser fuerte la correlación, tampoco se ubica en los niveles inferiores.

Según se puede identificar en la tabla 5.5, con un nivel del 95% de confianza, la variable PROMAPRO no tiene relación significativa con las variables MATENS, ATENAL y ALUMAT, si se identifica en cambio alguna relación dados sus p-valores menores que 0,05, con las variables EVAPREN y SATEST.

Tabla 5. 5: Indicadores de regresión entre PROMAPRO y las demás variables

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> |
|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Intercepción | 29,17341223 | 1,6834474 | 17,32956565 | 4,88993E-35 | 25,84166089 | 32,50516357 |
| MATENS | -0,060937432 | 0,032359961 | -1,883112047 | 0,062009112 | -0,12498181 | 0,003106947 |
| EVAPREN | 0,073601613 | 0,031969887 | 2,302216887 | 0,022976742 | 0,010329239 | 0,136873986 |
| ATENAL | -0,051180569 | 0,031934385 | -1,602679027 | 0,111529534 | -0,114382681 | 0,012021542 |
| SATEST | 0,079209882 | 0,036730825 | 2,156496144 | 0,032959465 | 0,006515021 | 0,151904744 |
| ALUMAT | -0,000411056 | 0,003331522 | -0,12338374 | 0,902001404 | -0,00700455 | 0,006182439 |

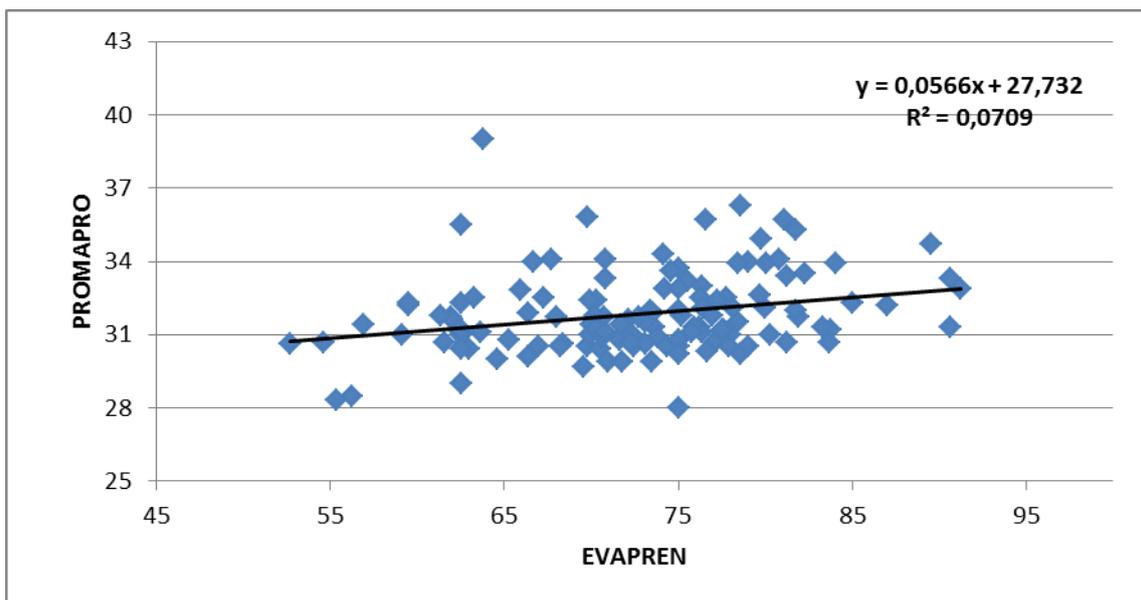
Elaboración: Propia

En el Gráfico 5.1, se muestra la relación entre la variable EVAPREN con el promedio de aprobación PROMAPRO, y conforme cabría esperar, el resultado de la calificación obtenida por los estudiantes, puede ser también reflejo de la práctica que realiza el profesor en cuanto a la construcción de los instrumentos de evaluación de los aprendizajes.

La ecuación resultante para la regresión simple entre estas dos variables es:

$$\text{PROMAPRO} = 27,732 + 0,0566\text{EVAPREN}$$

Gráfico 5. 1: Relación entre EVAPREN y PROMAPRO



Elaboración: Propia

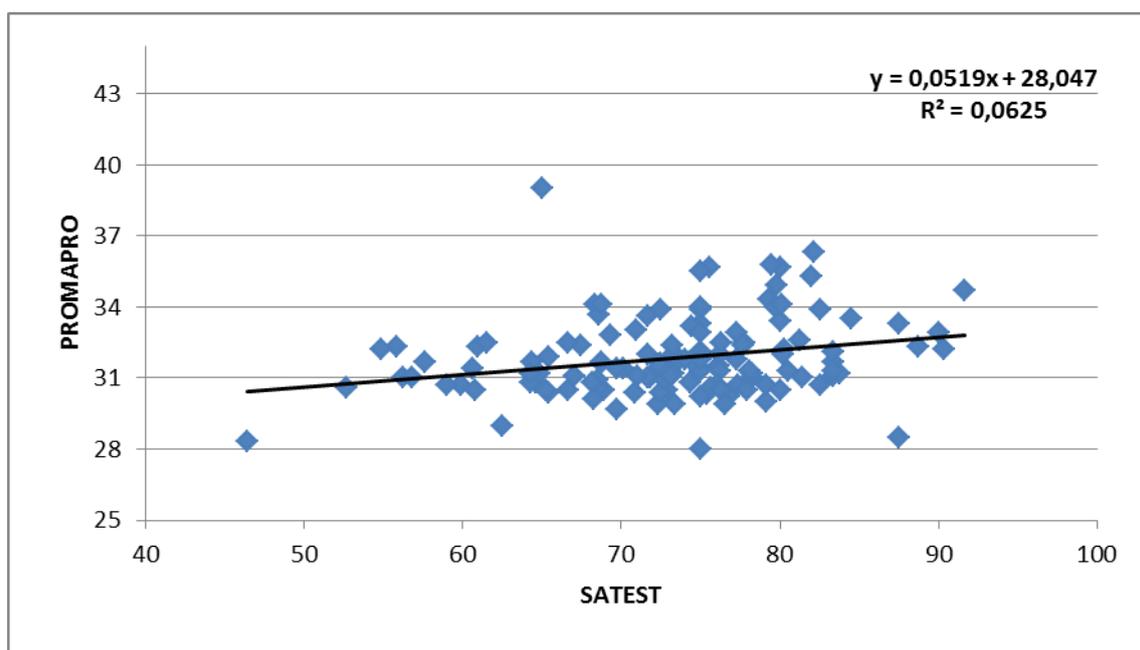
Otra de las variables con las que se ha podido determinar la existencia de una relación significativa, es SATEST, que se refiere precisamente a la calificación que otorgan los estudiantes al nivel de satisfacción que le ha generado el desarrollo de la asignatura, y como es lógico suponer mientras mayor es la satisfacción que ha generado el accionar del profesor, los promedios de calificaciones también registran comportamiento similar.

La ecuación de regresión para esta variable SATEST, viene dada por:

$$\text{PROMAPRO} = 28,047 + 0,0519\text{SATEST}$$

El Gráfico 5.2, nos permite observar la relación registrada entre estas dos variables.

Gráfico 5. 2: Relación entre SATEST y PROMAPRO



Elaboración: Propia

5.9 *Análisis de la relación entre las variables con el Número de Alumnos Aprobados (NUMAPRO)*

Otra de las variables que identifican los resultados de la acción docente del profesor es el número de alumnos matriculados NUMAPRO, por ello es importante analizar al igual que en el caso anterior, el grado de relación que mantiene con las demás variables objeto de análisis y determinar con ello su inclusión dentro del modelo de medición del nivel de eficiencia docente del profesor universitario.

Tabla 5. 6: Indicadores de relación entre NUMAPRO y las otras variables

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | |
|--|-------------|
| Coefficiente de correlación múltiple | 0,838222155 |
| Coefficiente de determinación R² | 0,702616382 |
| R² ajustado | 0,690721037 |
| Error típico | 14,19904988 |
| Observaciones | 131 |

Elaboración: Propia

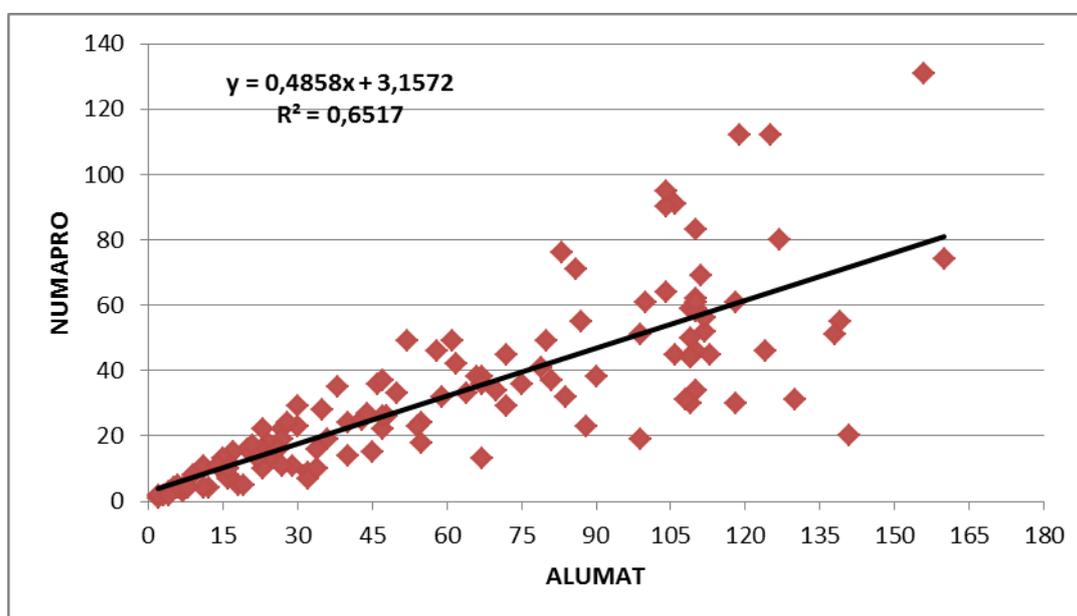
A diferencia de lo sucedido con la variable que se relaciona con el promedio de aprobación, las variables en análisis se encuentran más relacionadas conforme lo demuestra el coeficiente de correlación. Adicionalmente podremos identificar otras relaciones con los resultados de la Tabla 5.7, pues solamente la variable ATENAL no es significativa, el resto de variables todas son significativas para el nivel de 95% de confianza.

Tabla 5. 7: Indicadores de regresión entre NUMAPRO y las demás variables

| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Inferior 95%</i> | <i>Superior 95%</i> |
|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Intercepción | -32,4435896 | 15,003505 | -2,16240069 | 0,03249159 | -62,1373881 | -2,74979115 |
| MATENS | -0,58828902 | 0,28840392 | -2,03980938 | 0,04347651 | -1,15907618 | -0,01750187 |
| EVAPREN | 0,60783067 | 0,28492744 | 2,13328233 | 0,03485596 | 0,04392391 | 1,17173743 |
| ATENAL | -0,3734931 | 0,28461103 | -1,31229309 | 0,19182588 | -0,93677366 | 0,18978747 |
| SATEST | 0,86280696 | 0,32735868 | 2,63566241 | 0,00946087 | 0,21492351 | 1,51069041 |
| ALUMAT | 0,49426223 | 0,02969175 | 16,6464494 | 1,6506E-33 | 0,43549857 | 0,55302589 |

Elaboración: Propia

Gráfico 5. 3: Relación entre NUMAPRO y ALUMAT



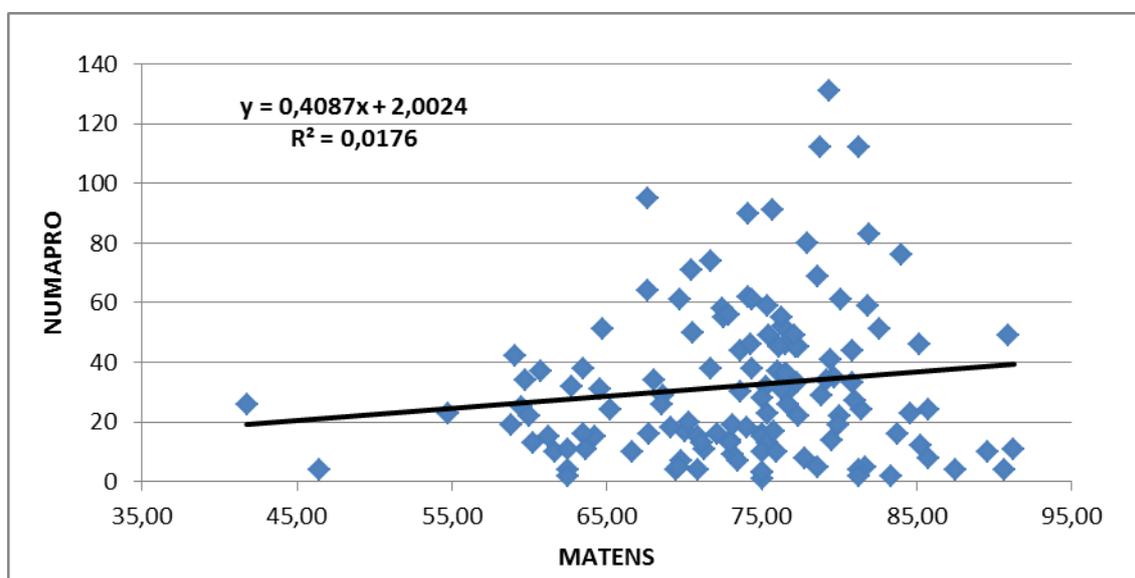
Elaboración: Propia

Si consideramos la relación individual con cada una de las variables, se observa que en el caso del número de alumnos aprobados, existe, como era de esperar, una relación positiva importante entre las dos variables, conforme se puede apreciar a medida que el número de alumnos matriculados crece, el número de alumnos aprobados también es mayor, esta relación también se muestra a través de la ecuación de regresión lineal simple:

$$\text{NUMAPRO} = 3,1572 + 0,4858\text{ALUMAT}$$

En lo referente a las otras variables, se observa una relación positiva entre cada una de ellas y el NUMAPRO, en cada una se muestra que a medida que la calificación que los estudiantes otorgan al desempeño de los profesores en los aspectos referentes a la acción y desempeño docente es mayor, el número de aprobados en su correspondiente asignatura tiende a ser más alta. Los gráficos de dispersión y las correspondientes ecuaciones, nos permiten confirmar esta situación:

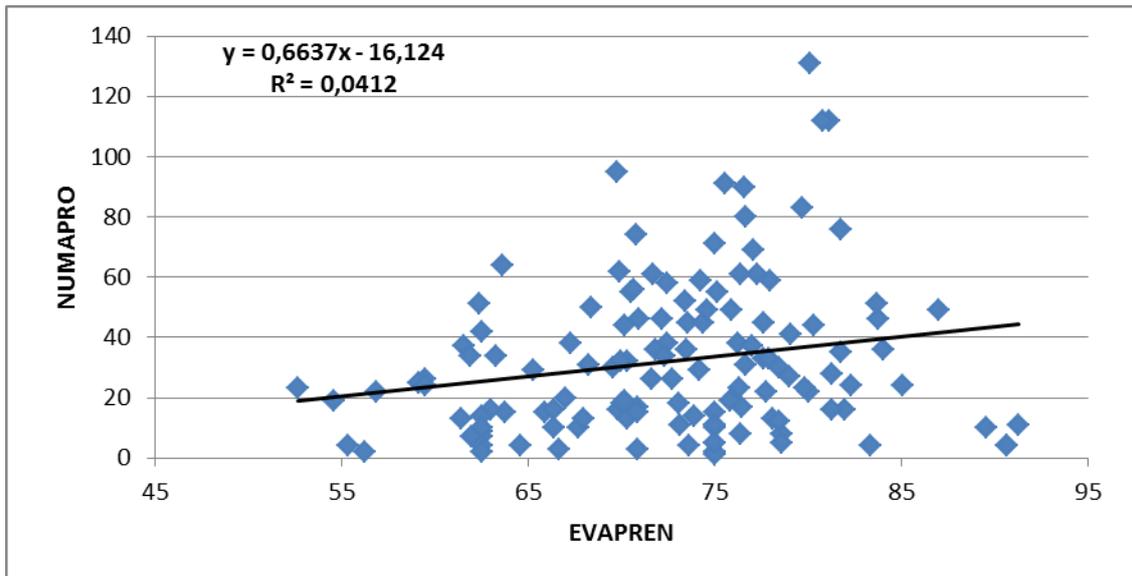
Gráfico 5. 4: Relación entre MATENS y NUMAPRO



Elaboración: Propia

$$\text{NUMAPRO} = 2,002 + 0,4087\text{MATENS}$$

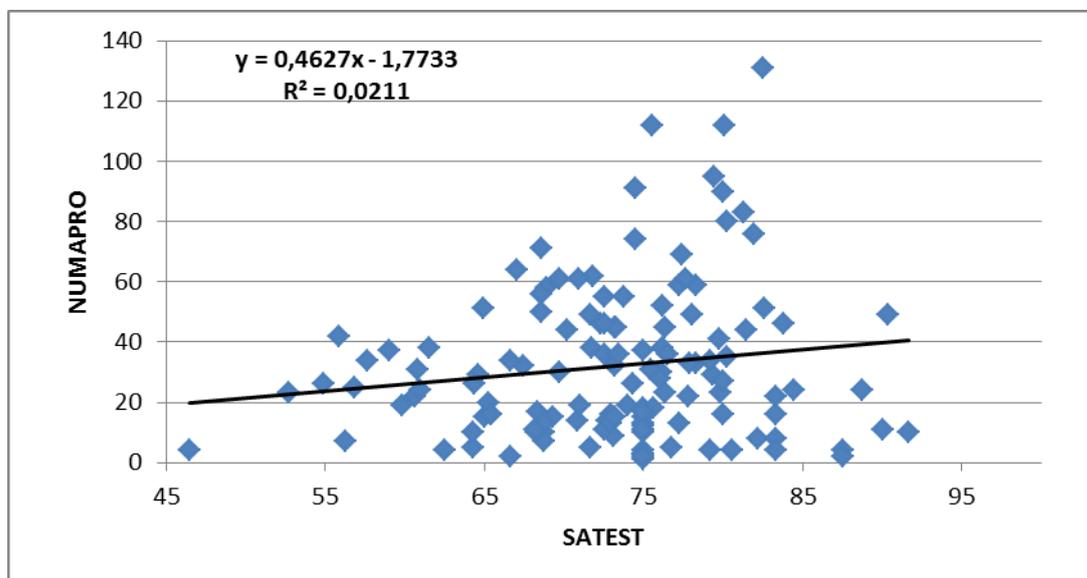
Gráfico 5. 5: Relación entre EVAPREN y NUMAPRO



Elaboración: Propia

$$\text{NUMAPRO} = -16,124 + 0,663\text{EVAPREN}$$

Gráfico 5. 6: Relación entre SATEST y NUMAPRO



Elaboración: Propia

$$\text{NUMAPRO} = -1,773 + 0,4627\text{SATEST}$$

El análisis desarrollado, nos permitirá en los próximos momentos realizar algunas consideraciones respecto a los valores registrados, para determinar la homogeneidad de las unidades de análisis, pues existen algunas asignaturas en las que se registran valores atípicos (outliers) que pueden repercutir en la determinación de la medida del nivel de eficiencia. Estas consideraciones se detallan más adelante, al identificar varios escenarios.

Conforme se mencionó en el capítulo 3, el Análisis de Componentes Principales, permite mostrar la relación entre las diferentes variables y la forma cómo se encuentran asociadas entre sí, de manera que esto contribuye a identificar la forma como se encuentran asociadas las variables.

Para el desarrollo del ACP, se ha utilizado el lenguaje R que es un paquete informático de libre disponibilidad.

Partimos de la identificación de la matriz de correlación entre las variables mediante el cual podemos observar el grado de relación entre las mismas. Una alta correlación entre las variables da como resultado que unas pocas variables sintéticas resuman la importancia de la información de las variables originales.

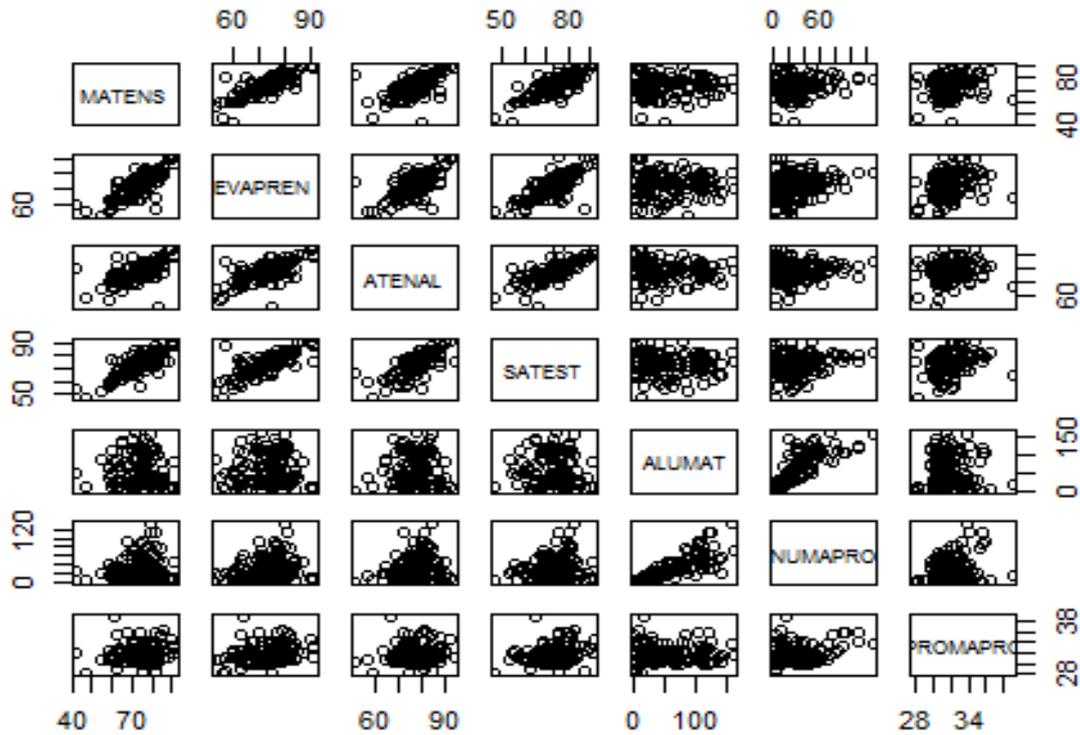
Tabla 5. 8: Matriz de Correlación entre las variables

| | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|----------|
| ## MATENS | 1.00000 | | | | | | |
| ## EVAPREN | 0.78943 | 1.00000 | | | | | |
| ## ATENAL | 0.59978 | 0.64926 | 1.00000 | | | | |
| ## SATEST | 0.81073 | 0.76959 | 0.74052 | 1.00000 | | | |
| ## ALUMAT | 0.01927 | 0.02788 | 0.01866 | -0.05066 | 1.00000 | | |
| ## NUMAPRO | 0.13258 | 0.20305 | 0.12436 | 0.14508 | 0.80729 | 1.00000 | |
| ## PROMAPRO | 0.15533 | 0.26620 | 0.11942 | 0.25002 | -0.02985 | 0.26406 | 1.00000 |

Conforme se puede observar la SATEST se encuentra muy relacionada con los resultados que se obtienen en MATENS, EVAPREN y ATENAL, de igual manera la relación que nos muestra la matriz de correlaciones es alta entre el número de alumnos matriculados (ALUMAT) y el número de alumnos que aprueban las asignaturas (NUMAPRO).

Esta situación también la podemos observar de manera gráfica.

Gráfico 5. 7: Correlación entre las variables analizadas

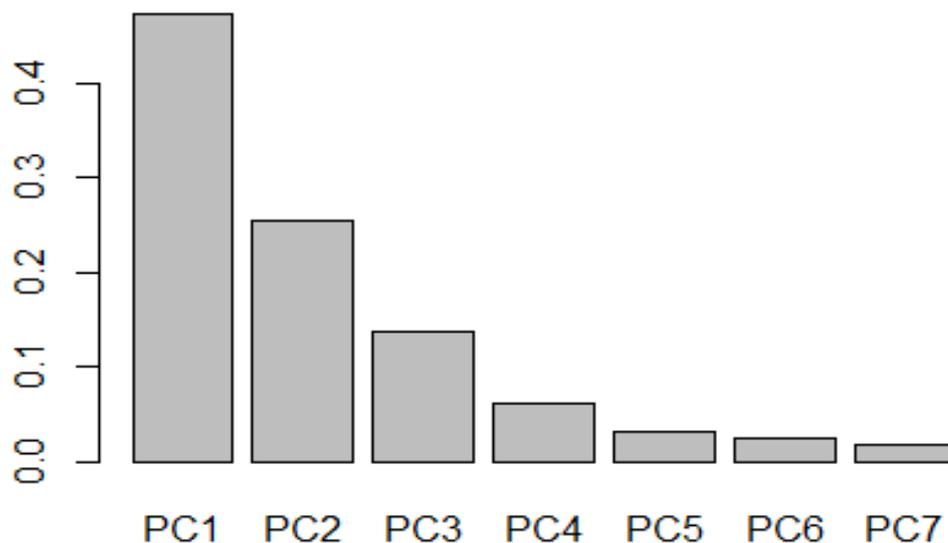


```
## Standard deviations:
## [1] 1.8205908 1.3373904 0.9829145 0.6532948 0.4756188 0.4042820 0.3380298
##
## Rotation:
##
##          PC1          PC2          PC3          PC4          PC5
## MATENS  -0.48407095  0.09676910 -0.134500335  0.51250134 -0.33070605
## EVAPREN -0.49508046  0.05428765 -0.005679565  0.28527843  0.78961300
## ATENAL  -0.44529702  0.09233336 -0.189245794 -0.80486497  0.09079054
## SATEST  -0.50595988  0.12270006 -0.030930062 -0.02615488 -0.50516550
## ALUMAT  -0.05889694 -0.69640563 -0.250696538  0.01217833 -0.01394452
## NUMAPRO -0.16851585 -0.68305419  0.051043566 -0.01687127 -0.04138254
## PROMAPRO -0.18552457 -0.11208931  0.937897949 -0.08386860 -0.04245880
##
##          PC6          PC7
## MATENS   0.4600440 -0.39313622
## EVAPREN  -0.1519041  0.15481795
## ATENAL    0.2464811 -0.20141416
## SATEST   -0.4871708  0.48454206
## ALUMAT    0.4278166  0.51510370
## NUMAPRO  -0.4764922 -0.52286902
## PROMAPRO  0.2390075  0.08603952
```

Al realizar el ACP, se obtienen los siguientes resultados en donde podremos observar la proporción de varianza que acumula cada uno de los componentes definidos, de manera que si consideramos 3 componentes llegamos a acumular el 86,70 %.

```

## Importance of components:
##                PC1    PC2    PC3    PC4    PC5    PC6
## Standard deviation  1.8206 1.3374 0.9829 0.65329 0.47562 0.40428
## Proportion of Variance 0.4735 0.2555 0.1380 0.06097 0.03232 0.02335
## Cumulative Proportion 0.4735 0.7290 0.8670 0.92801 0.96033 0.98368
##                PC7
## Standard deviation  0.33803
## Proportion of Variance 0.01632
## Cumulative Proportion 1.00000
    
```



Para proceder a la aplicación del ACP se aconseja comprobar si este es necesario, es decir, si la correlación entre las variables analizadas es lo suficientemente grande como para justificar la factorización de la matriz de coeficientes de correlación. Una de las formas de hacerlo es a través del test de Esfericidad de Bartlett, que parte de la hipótesis nula de que la matriz de coeficientes de correlación no es significativamente distinta de la matriz identidad. Este índice calcula un estadístico basado en el valor del determinante de la matriz de coeficientes de correlación a través de la siguiente ecuación:

$$-\left[n-1-(2k+5)/6\right]\ln|\mathbb{R}|\sim\chi^2_{(k^2-k)/2}$$

Donde k es el número de variables de la matriz, n el tamaño de la muestra y \mathbb{R} la matriz de correlaciones.

Para nuestro caso, el p-valor del test de Esfericidad es igual a **0**, lo que significa, al rechazar la hipótesis de esfericidad, que tiene sentido aplicar el análisis de componentes al conjunto de variables (21 grados de libertad y estadístico 580,03).

De igual forma otra alternativa para identificar la posibilidad de aplicar el ACP es el índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), que tiene el mismo objetivo que el test de Bartlett, y se trata de saber si podemos factorizar las variables originales de forma eficiente. El punto de partida es la matriz de correlaciones entre las variables observadas. Aquí se utiliza la correlación parcial, pues sabemos que las variables pueden estar más o menos correlacionadas, pero la correlación entre dos de ellas puede estar influenciada por las otras.

El índice KMO compara los valores de las correlaciones entre las variables y sus correlaciones parciales. Si el índice está próximo a 1, el ACP se puede hacer, pero si se encuentra próximo a 0, el ACP no sería relevante.

Para los datos que estamos trabajando el índice KMO general que determina la idoneidad del análisis de componentes principales es igual a **0,6714** y el índice para cada una de las variables se muestra a continuación:

| VARIABLE | INDICE KMO |
|----------|------------|
| MATENS | 0,7503 |
| EVAPREN | 0,8402 |
| ATENAL | 0,8013 |
| SATEST | 0,7496 |
| ALUMAT | 0,4121 |
| NUMAPRO | 0,4596 |
| PROMAPRO | 0,4088 |

CAPÍTULO 6

IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS PARA MEDIR LA EFICIENCIA EN EL DESEMPEÑO DEL PROFESOR UNIVERSITARIO

6.1. Introducción

En el capítulo anterior hemos iniciado el estudio del caso para medir la eficiencia de los docentes de la Modalidad Abierta y a Distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja. Hemos identificado el proceso que se viene desarrollando y las variables que se han considerado hasta el momento.

A partir de la información levantada para todos los docentes, en el presente capítulo nos centramos en el área administrativa a efectos de ilustrar los modelos desarrollados, aportándose un resumen de los resultados para las tres áreas académicas restantes. De igual manera en los anexos correspondientes se aportan los datos empleados.

En este capítulo, se establecen los diferentes escenarios que se ha considerado necesario construir con la finalidad de ubicar la mejor opción para definir las variables que deberían intervenir y los pesos que se deberán otorgar a cada uno de los aspectos analizados.

Se han desarrollado ocho escenarios de manera que se puedan determinar los cambios que se producen en los resultados obtenidos e identificar la importancia que tiene cada una de las variables que se han tomado para determinar las unidades eficientes.

Considerando los modelos descritos para medir la eficiencia, se ha determinado que el modelo DEA-BCC, con orientación a las salidas o los resultados es el que mejor se adecúa a la necesidad de nuestra investigación.

El software utilizado es el interfaz “Rstudio” del lenguaje R, por ser de fácil acceso y de libre disponibilidad para quienes deseen realizar las comprobaciones de los resultados presentados a través de los scripts en el desarrollo del tema como en los anexos correspondientes.

6.2. Escenarios de trabajo

En apartados anteriores hemos indicado que el análisis envolvente de datos, es una técnica no paramétrica que permite determinar los niveles de eficiencia de las unidades que se encuentran en análisis, considerando los inputs que tienen para desarrollar su actividad, producto de lo cual se originan los outputs o salidas del proceso.

Ahora bien, en la actividad que se desarrolla por parte de un profesor caben algunas consideraciones que hacerse a la hora de identificar cuáles serían los inputs del proceso y cuáles serían las salidas del mismo.

En razón de esta situación se ha ido planteando una serie de alternativas que permitan comprender mejor el panorama, haciendo una serie de supuestos en el tratamiento de la información que se tiene disponible de manera que se han desarrollado varios escenarios tomando en cuenta la relación tanto estadística como lógica de las variables de manera que se pueda llegar a establecer los profesores que se encuentran en la frontera eficiente.

6.2.1. Escenario 1: Todas las variables son outputs

Si por eficiencia entendemos aquellos niveles en los que no se puede mejorar los resultados sin disminuir el uso de los recursos, y dado que en la docencia lo que debemos es mejorar los niveles de aprobación y de calificaciones, tampoco podríamos pretender disminuir el número de alumnos o las calificaciones que le otorgan al profesor los estudiantes sobre su desempeño en el diseño de materiales, los instrumentos de evaluación de aprendizajes, la atención que le brinda y la satisfacción que le ha provocado al estudiante el desarrollo de toda la asignatura, habremos de considerar entonces, un nivel único para todos los profesores y todas las demás variables se consideran como los resultados o los outputs.

En este caso existe un input único en calificación para todos los profesores esto con la finalidad de llegar a considerar lo que sucede con respecto al establecimiento de los niveles de eficiencia de los profesores. En otras palabras, si solamente tengo outputs, considerando las mismas ¿cuál es el profesor más eficiente, ya que se entiende que todos tienen los mismos recursos para desarrollar su actividad?

Otro aspecto importante a considerarse en este escenario, es que dado que el profesor no es quien gestiona el número de alumnos matriculados para su asignatura, no se considera esta variable dentro de esta prueba, de manera que las variables quedan definidas de la siguiente manera:

Inputs: Todos los profesores inician con el mismo nivel de recursos, por tanto se asigna el valor de 1.

Outputs: Las variables a considerarse son:

- MATENS

- EVALPREN
- ATENAL
- SATEST
- NUMAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

Resultados:

En la Tabla 6. 1, se puede observar que existen 11 profesores considerados como eficientes, en cuyas asignaturas el número de alumnos matriculados tiene un recorrido amplio lo que nos sugiere que en este caso el número de alumnos matriculados, no es una variable determinante de los resultados que obtiene el profesor.

Tabla 6. 1: Profesores eficientes, según el escenario 1

| PROFESORES EFICIENTES | ALUMAT |
|-----------------------|--------|
| AD019 | 119 |
| AD020 | 80 |
| AD025 | 156 |
| AD032 | 17 |
| AD038 | 11 |
| AD049 | 7 |
| AD051 | 9 |
| AD053 | 11 |
| AD058 | 83 |
| AD081 | 104 |
| AD082 | 104 |

Elaboración: Propia

El nivel de eficiencia media es de 0,9109, siendo el nivel más bajo de eficiencia de 0,76, además de que la eficiencia que corresponde al 50% de los profesores se ubica en 0,9042.

Según se ha determinado 60 de los 131 profesores alcanzan una puntuación de eficiencia en el intervalo de 0,80 a 0,90, seguidos de 43 profesores que se ubican con calificaciones en eficiencia entre el 0,90 y 0,95, conforme se puede apreciar en la tabla de frecuencias correspondiente.

Tabla 6. 2: Distribución de la eficiencia de los Profesores, según el escenario 1

| Intervalos | Frecuencia Absoluta | Frecuencia Relativa | Absoluta Acumulada | Relativa Acumulada |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 11 | 8,4 | 11 | 8,4 |
| 0.95 - 1 | 16 | 12,21 | 27 | 20,61 |
| 0.9 - 0.95 | 43 | 32,82 | 70 | 53,44 |
| 0.8 - 0.9 | 60 | 45,8 | 130 | 99,24 |
| <0.8 | 1 | 0,76 | 131 | 100 |

Elaboración Propia

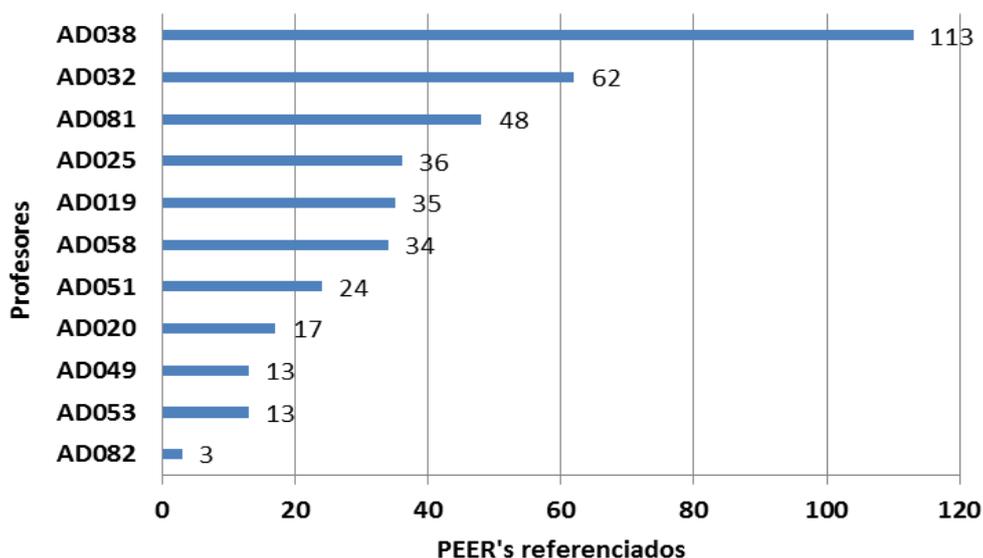
Tabla 6. 3: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según el escenario 1

| | |
|----------------------|-------------|
| n | 131 |
| Media | 0,910968571 |
| Desv Tip | 0,0461939 |
| Mediana | 0,90420592 |
| MediaTrim | 0,909110926 |
| DesAbsMediana | 0,043852025 |
| Min | 0,760726893 |
| Max | 1 |
| Rango | 0,239273107 |
| CoefAsim | 0,195496595 |
| CoefCurtosis | 0,040119884 |
| ErrorEstandar | 0,00403598 |

Elaboración Propia

En lo que respecta a la referencia que constituyen los profesores hacia quienes no han alcanzado el nivel de eficiencia, esto es los PEER's referenciados, se determina que el profesor AD038, se constituye en referente de 113 profesores, seguido de los profesores AD032 y AD081, conforme se observa en el gráfico siguiente.

Gráfico 6. 1: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, bajo el escenario 1



Elaboración: Propia

6.2.2. Escenario 2: Todas las variables son outputs y se considera el número de alumnos matriculados

Si bien en el escenario anterior parece indicar que el número de alumnos matriculados no tiene incidencia en la calificación de eficiencia que alcanza cada profesor, dado que se observaron profesores eficientes que son responsables de asignaturas cuyo número de matrícula es diverso, para este escenario se ha considerado que es importante identificar el nivel de incidencia que podría tener el número de alumnos matriculados en los resultados finales, ya que inicialmente se podría inferir que mientras el número de alumnos sea menor los resultados podrían ser de mayores niveles de eficiencia, pero una vez tomada en cuenta también esta variable, los resultados que se obtienen nos demuestran que no tiene implicaciones como las que se esperarían.

Inputs: Todos los profesores inician con el mismo nivel de recursos, por tanto se asigna el valor de 1.

Outputs: Las variables a considerarse son:

- MATENS

- EVALPREN
- ATENAL
- SATEST
- ALUMAT
- NUMAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

Resultados:

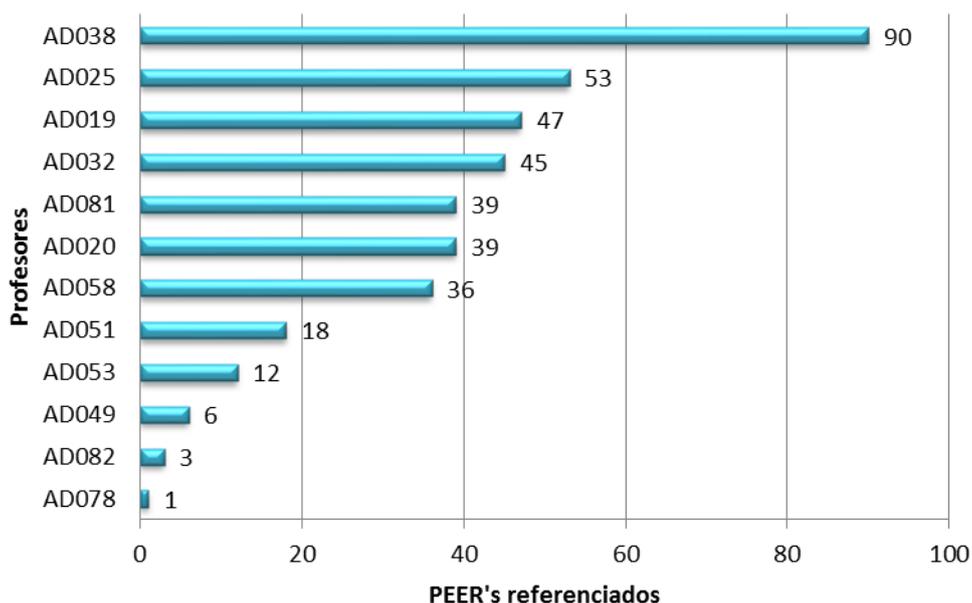
Bajo los supuestos enunciados, los resultados nos reflejan la existencia de 12 Profesores eficientes, siendo los mismos que en el escenario anterior, solamente se agrega el profesor AD078 y sigue siendo el profesor AD038 el referente para el mayor número de Profesores no eficientes (90).

Tabla 6. 4: Profesores eficientes, según el escenario 2

| PROFESORES EFICIENTES | ALUMAT |
|-----------------------|--------|
| AD019 | 119 |
| AD020 | 80 |
| AD025 | 156 |
| AD032 | 17 |
| AD038 | 11 |
| AD049 | 7 |
| AD051 | 9 |
| AD053 | 11 |
| AD058 | 83 |
| AD078 | 160 |
| AD081 | 104 |
| AD082 | 104 |

Elaboración: Propia

Como vemos se conservan las mismas unidades y por tanto el recorrido de la variable ALUMAT es amplio, agregándose aquí como eficiente el profesor que tiene 160 alumnos matriculados. El Gráfico 6. 2, nos muestra las unidades eficientes con el número de profesores que se referencian hacia cada una de ellas, observando que la situación respecto al escenario anteriormente indicado, no ha sufrido variación mayor.

Gráfico 6. 2: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo al escenario 2


Elaboración: Propia

En este escenario se puede observar que la concentración de las calificaciones obtenidas a la acción y desempeño docente del profesor universitario, se sitúa entre 0,90 y menor a 1, ya que allí se concentran 75 de los 131 profesores que se han considerado en análisis. El nivel de concentración en las calificaciones de eficiencia, se puede decir que son las mismas en relación al escenario previamente analizado.

Tabla 6. 5: Distribución de la eficiencia de los Profesores, según el escenario 2

| Intervalos | Frecuencia Absoluta | Frecuencia Relativa | Absoluta Acumulada | Relativa Acumulada |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 12 | 9,16 | 12 | 9,16 |
| 0.95 - 1 | 21 | 16,03 | 33 | 25,19 |
| 0.9 - 0.95 | 54 | 41,22 | 87 | 66,41 |
| 0.8 - 0.9 | 43 | 32,82 | 130 | 99,24 |
| <0.8 | 1 | 0,76 | 131 | 100 |

Elaboración Propia

En lo que se refiere a los indicadores puntuales, el nivel de eficiencia media, aumenta a 0,9198, considerándose una distribución casi simétrica para la medida de eficiencia de todas las unidades, pues su coeficiente de asimetría es de -0,021, esto se confirma con el valor mediano que es prácticamente igual a la media aritmética y de igual manera a través de la desviación típica que prácticamente es nula (0,044).

Tabla 6. 6: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según el escenario 2

| | |
|----------------------|------------|
| n | 131 |
| Media | 0,919856 |
| DesvTip | 0,044856 |
| Mediana | 0,914862 |
| MediaTrim | 0,919076 |
| DesAbsMediana | 0,043259 |
| Min | 0,760727 |
| Max | 1 |
| Rango | 0,239273 |
| CoefAsim | -0,02043 |
| CoefCurtosis | 0,194325 |
| ErrorEstandar | 0,003919 |

Elaboración Propia

6.2.3. Escenario 3: 1/ALUMAT se considera como INPUT

Puesto que en los escenarios previamente desarrollados se ha determinado que no influye de forma relevante en los resultados la consideración que se haga sobre el número de alumnos matriculados en cada asignatura, y si tomamos en cuenta que los resultados obtenidos en el proceso de aprendizaje, reflejan también las estrategias didácticas que el profesor emplea en el desarrollo de su curso, entonces ¿qué sucede si ahora se toma en cuenta a la proporción del tiempo que el profesor dedica a cada estudiante como un input.

Para el desarrollo de este escenario, se ha considerado que el inverso del número de estudiantes matriculados (1/ALUMAT), constituye la dedicación que el profesor le

puede otorgar a cada estudiante ya que, siempre se considera como más eficiente a aquella unidad que tenga menos inputs a igualdad de outputs.

Las características de este escenario son las siguientes:

Inputs: 1/ALUMAT

Outputs: Las variables a considerarse son:

- MATENS
- EVALPREN
- ATENAL
- SATEST
- NUMAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

Nº Profesores analizados: 131

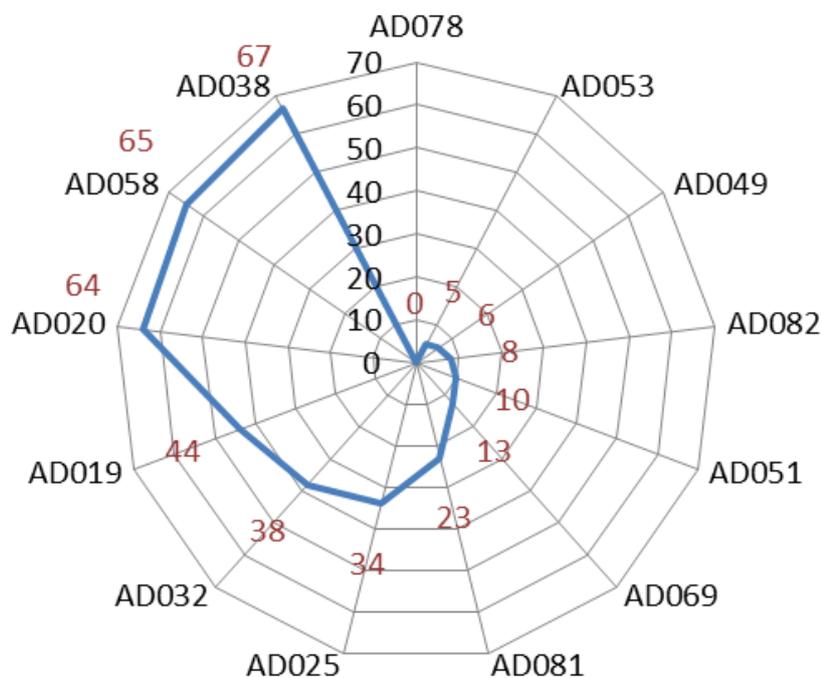
Resultados:

De los 131 profesores analizados, 13 alcanzan el nivel de eficiencia siendo el profesor AD038 quien al igual que en los escenarios previos, se convierte en referente para 67 profesores que no alcanzan el nivel de eficiencia. De igual manera se puede ver que en este escenario si bien se incrementa el número de profesores eficientes, no se determina variación significativa que defina a este escenario como determinante.

Se puede evidenciar que el número de profesores referenciados a los profesores eficientes es muy similar entre AD038, AD058 y AD020 con 67, 65 y 64 profesores referenciados, a diferencia de lo que venía sucediendo en los escenarios anteriores en donde el profesor AD038 se consideraba como un alto referente para los demás profesores que no habían alcanzado el nivel de eficiencia.

Comparativamente en los tres escenarios analizados se puede observar una mejora en la eficiencia media que ya se puede considerar como reflejo de haber determinado a la proporción del tiempo que cada profesor destinaría a los estudiantes, lo que se refleja también en la eficiencia mediana del grupo de profesores. El rango de la eficiencia se mantiene en los tres escenarios, por ello se puede considerar que la consideración realizada con la variable de alumnos matriculados, si bien genera un ligero cambio, este no se puede considerar como significativo.

Gráfico 6. 3: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo al escenario 3



Elaboración Propia

Hasta aquí es el mismo grupo que se ha analizado, sin embargo también se pueden identificar que en el grupo de profesores existen asignaturas en las cuales se ha registrado un número mínimo de alumnos matriculados, lo que supondría que el profesor de esas asignaturas tendrá más tiempo para dedicar a cada estudiante, lo que en cierta forma va a influir en la determinación del nivel de medición de la eficiencia, puesto que se consideran valores atípicos, de allí que en los siguientes escenarios se ha procedido a eliminar aquellos valores que pudieran afectar al nivel de eficiencia del grupo.

Tabla 6. 7: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según los escenarios 1, 2 y 3

| | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 2 | ESCENARIO 3 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| n | 131 | 131 | 131 |
| Media | 0,91096831 | 0,91985607 | 0,92460076 |
| Desv Tip | 0,04619483 | 0,0448558 | 0,04504175 |
| Mediana | 0,90420243 | 0,91486211 | 0,91791584 |
| MediaTrim | 0,90911075 | 0,91907585 | 0,92449976 |
| DesAbsMediana | 0,04386323 | 0,0432592 | 0,04089534 |
| Min | 0,76072156 | 0,76072689 | 0,76072156 |
| Max | 1 | 1 | 1 |
| Rango | 0,23927844 | 0,23927311 | 0,23927844 |
| CoefAsim | 0,19551309 | -0,02042764 | -0,11035682 |
| CoefCurtosis | 0,04030921 | 0,19432526 | 0,17961485 |
| ErrorEstandar | 0,00403606 | 0,00391907 | 0,00393532 |

Elaboración Propia

6.2.4. Escenarios 4, 5 y 6: Se eliminan ALUMAT atípicos

Como quedó indicado anteriormente, en los tres escenarios siguientes se consideró necesario eliminar aquellos valores atípicos en lo referente a los alumnos matriculados en cada una de las asignaturas, ya que se identificaron profesores en cuya asignatura bajo su responsabilidad contaban con 2 o 3 estudiantes, lo que de alguna forma podemos decir afecta a la medición del nivel de eficiencia, significando de esta manera que si consideramos a $1/\text{ALUMAT}$ como el tiempo de dedicación del profesor a cada estudiante, mientras menor sea el número de matriculados, mejores deberían ser los resultados obtenidos, colocando en desventaja a la mayoría de los profesores que mantienen grupos grandes de estudiantes.

De esta manera en los tres siguientes escenarios, se fue realizando la eliminación de las asignaturas cuyo número de alumnos era menor y por ende la dedicación que el profesor le puede otorgar a la atención del estudiante podía ser más alta.

Para cada una de estas situaciones se identificaron los resultados que se presentan posteriormente, de manera que los escenarios que se probaron tienen las siguientes consideraciones:

- **Escenario 4**, se eliminan las asignaturas en donde $1/ALUMAT$ es mayor que $1/2$, quedando para análisis en total 129 profesores.
- **Escenario 5**, se eliminan las asignaturas que han registrado menos de 3 alumnos matriculados, por ello se eliminan las asignaturas cuyo $1/ALUMAT$ es mayor que $1/3$, quedando 128 profesores en análisis.
- **Escenario 6**, se eliminan las asignaturas que registraron 6 y menos alumnos matriculados, de manera que en este escenario se analizaron a 122 profesores, cuyo $1/ALUMAT$ es menor que $1/6$.

Al observar que los resultados llegaron a estabilizarse, nos quedamos con el escenario 6 con 122 profesores analizados, porque además, como recordaremos en el escenario 1, tuvimos profesores eficientes, cuyas asignaturas tenían un número de matriculados igual a 7 o en otro caso 9.

Las características de los escenarios analizados, son las siguientes:

Inputs: $1/ALUMAT$

Outputs: Las variables a considerarse son:

- MATENS
- EVALPREN
- ATENAL
- SATEST
- NUMAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

N° Profesores analizados: 129, 128 y 122 respectivamente

Resultados:

Los resultados obtenidos para los tres escenarios (4, 5 y 6) son exactamente los mismos, tanto en número de unidades eficientes como en los profesores referenciados para cada uno de los profesores eficientes.

De igual manera se puede evidenciar esta situación a través de los indicadores descriptivos de la eficiencia en cada uno de los escenarios, entre los escenarios 4 y 5 no se registra variación y en el escenario 6, la variación es insignificante de manera que se podría considerar que las condiciones del modelo para medir la eficiencia en un conjunto de profesores se ha llegado a estabilizar considerando la variable de atención que el profesor puede hacer al estudiante.

Tabla 6. 8: Descriptiva de la medida de eficiencia de los Profesores, según los escenarios 4, 5 y 6

| | ESCENARIO 4 | ESCENARIO 5 | ESCENARIO 6 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| n | 129 | 128 | 122 |
| Media | 0,92505 | 0,92505 | 0,92527237 |
| DesvTip | 0,04449984 | 0,04449984 | 0,04461953 |
| Mediana | 0,91791584 | 0,91791584 | 0,9181533 |
| MediaTrim | 0,92487062 | 0,92487062 | 0,92513464 |
| DesAbsMediana | 0,0407921 | 0,0407921 | 0,04004613 |
| Min | 0,76072156 | 0,76072156 | 0,76072156 |
| Max | 1 | 1 | 1 |
| Rango | 0,23927844 | 0,23927844 | 0,23927844 |
| CoefAsim | -0,07650044 | -0,07650044 | -0,10595795 |
| CoefCurtosis | 0,23102664 | 0,23102664 | 0,29055944 |
| ErrorEstandar | 0,00391799 | 0,00391799 | 0,00403966 |

Elaboración Propia

En relación a los profesores que se han considerado eficientes, según se observa en la Tabla 6. 9, en los escenarios 4 y 5 los profesores de mayor referencia son el AD058 y AD038 con 65 referenciados cada uno, seguidos del profesor AD020 con 64 referenciados; sin embargo en el escenario 6, vemos que la situación cambia, es decir el profesor AD038 pasa a ocupar la tercera posición como referente de aquellos profesores no eficientes precedido de los profesores AD058 y AD020 con 65 y 64 profesores referenciados.

En el caso de todos los demás profesores que alcanzan el nivel de eficiencia en los tres escenarios, la situación es muy similar, el número de referentes se mantiene, salvo alguna que otra variación mínima, lo que confirma además la estabilidad de los resultados en estos escenarios analizados. Gráficamente también se podrá observar esta situación.

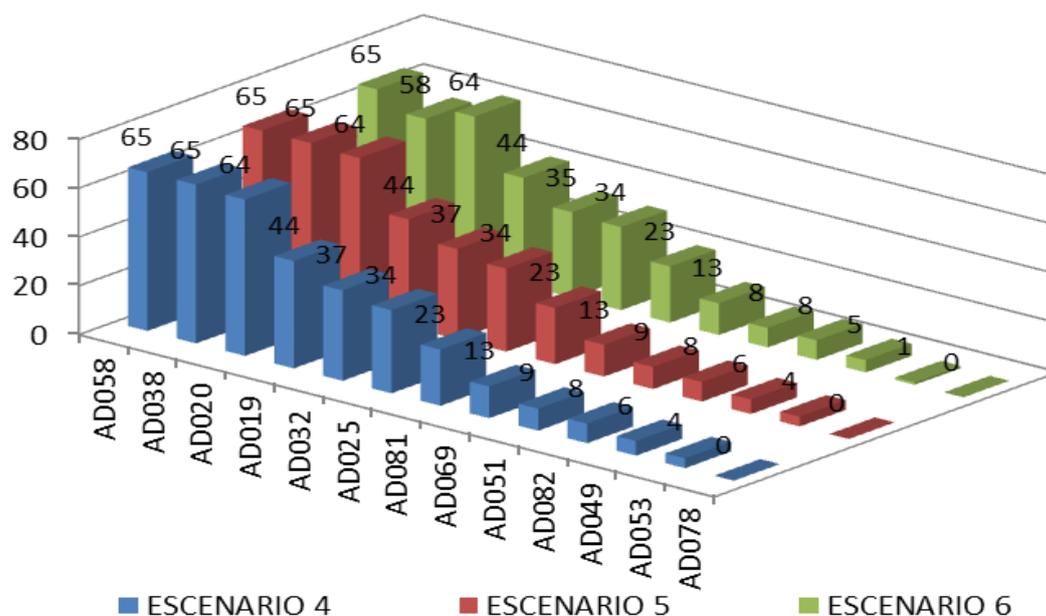
Para investigar aún más otras situaciones que se podrían considerar como variables que permitan identificar con mayor exactitud la forma de medir la eficiencia en el desempeño de la actividad docente del profesor universitario, se han considerado otras situaciones que en los dos siguientes escenarios se revelan con la finalidad de identificar el grado de importancia que tiene para la investigación el considerar estos nuevos escenarios.

Tabla 6. 9: Profesores eficientes y número de PEERs referenciales en los escenarios 4, 5 y 6

| PROFESORES EFICIENTES | ESCENARIO 4 | ESCENARIO 5 | ESCENARIO 6 |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| AD058 | 65 | 65 | 65 |
| AD038 | 65 | 65 | 58 |
| AD020 | 64 | 64 | 64 |
| AD019 | 44 | 44 | 44 |
| AD032 | 37 | 37 | 35 |
| AD025 | 34 | 34 | 34 |
| AD081 | 23 | 23 | 23 |
| AD069 | 13 | 13 | 13 |
| AD051 | 9 | 9 | 8 |
| AD082 | 8 | 8 | 8 |
| AD049 | 6 | 6 | 5 |
| AD053 | 4 | 4 | 1 |
| AD078 | 0 | 0 | 0 |

Elaboración Propia

Gráfico 6. 4: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, de acuerdo a los escenarios 4, 5, y 6



Elaboración Propia

6.2.5. Escenario 7: Nota Media Ciclo como Input

Tomando en cuenta que los resultados de la acción y desempeño del profesor, también tienen vinculación con la calidad del estudiante que ingresa a la asignatura, se ha supuesto una medida de la misma que viene representada por el promedio de aprobación en las asignaturas del mismo ciclo a la que pertenece cada asignatura.

Para llegar a este valor se ha identificado la ubicación de cada asignatura dentro de la estructura curricular en cada una de las titulaciones que forman parte del área académica, luego con los valores que se tienen como promedio de aprobación se llegó a considerar el promedio de las calificaciones; esto, como queda indicado anteriormente para aproximar la valoración que se puede hacer a la calidad del estudiante que recibe el profesor.

Se toman en cuenta las 122 asignaturas que quedaron desde el escenario anterior, de manera que el modelo a aplicarse tiene las siguientes características:

Inputs:

- 1/ALUMAT
- NOTA_MEDIA_CICLO

Outputs:

- MATENS
- EVALPREN
- ATENAL
- SATEST
- NUMAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

Bajo las condiciones en las que se analiza este modelo, se obtienen 23 Profesores eficientes con un nivel medio de eficiencia más alto que en los escenarios anteriores (0,9524).

En este escenario cambia la situación que se venía presentando en los anteriores respecto al Profesor AD038 que se constituía en referente principal; ahora, es el profesor AD133 que se ubica como el mayor referente para los profesores no eficientes (78), seguido por los profesores AD025, AD020, quedando en octava posición el profesor AD038 con 19 profesores que se referencian a él.

Tabla 6. 10: Profesores eficientes y número de PEERs referenciados en el escenario 7

| PROFESORES EFICIENTES | ESCENARIO 7 |
|------------------------------|--------------------|
| AD133 | 78 |
| AD025 | 56 |
| AD020 | 47 |
| AD058 | 37 |
| AD032 | 31 |
| AD001 | 25 |
| AD019 | 21 |
| AD038 | 19 |
| AD051 | 16 |
| AD049 | 8 |
| AD091 | 5 |
| AD048 | 3 |
| AD043 | 2 |
| AD137 | 2 |
| AD021 | 1 |
| AD053 | 1 |
| AD069 | 1 |
| AD078 | 1 |
| AD081 | 1 |
| AD121 | 1 |
| AD131 | 1 |
| AD052 | 0 |
| AD082 | 0 |

Elaboración Propia

Resulta interesante analizar las características de los cinco primeros profesores que alcanzan el nivel de eficiencia y son los que registran un mayor nivel de referencia entre los profesores que no llegan a ser eficientes.

En lo que respecta a la dedicación que el profesor podrá otorgar a cada alumno, observamos que AD032 tiene una mayor proporción de tiempo en relación a AD025 que registra un mayor nivel de matrícula y por ende una menor porción de tiempo por alumno, sin embargo de lo cual se convierte en mayor referente (56).

Si bien se observa que las calificaciones obtenidas en MATENS, EVAPREN, ATENAL, y SATEST son similares para cuatro de los profesores, el profesor AD032 recibe menores calificaciones en todas estas variables, sin embargo si comparamos entre la calidad del estudiante que ha recibido (NOTA_MEDIA_CICLO) y la nota promedio de aprobación PROMAPRO, pasa de 34,5 a 39 puntos, es decir casi llega al valor máximo, en el caso de

los otros profesores, si bien se observa una mejora en PROMAPRO, el salto cuantitativo no es mayor como en el caso de AD032. En este caso también podría ser considerado como un valor atípico, por lo en el siguiente escenario se considera también la tasa de aprobación alcanzada en su curso.

Tabla 6. 11: Características de los 5 primeros Profesores eficientes, según el escenario 7

| PROFESORES EFICIENTES | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-----------------------|----------|------------------|--------|---------|--------|--------|---------|----------|
| AD020 | 0,013 | 31,78 | 90,87 | 87,02 | 90,14 | 90,38 | 49 | 32,2 |
| AD025 | 0,006 | 31,8 | 79,37 | 80,08 | 83,94 | 82,52 | 131 | 33,9 |
| AD032 | 0,059 | 34,5 | 61,25 | 63,75 | 66,88 | 65,00 | 15 | 39 |
| AD058 | 0,012 | 33,25 | 84,02 | 81,76 | 84,53 | 81,97 | 76 | 35,3 |
| AD133 | 0,036 | 30,6 | 81,47 | 82,33 | 83,84 | 84,48 | 24 | 33,5 |

Elaboración Propia

6.2.6. Escenario 8: Satisfacción Global y Tasa de Aprobación

Las calificaciones otorgadas por los estudiantes respecto a los materiales de enseñanza, a la evaluación de los aprendizajes, la atención que recibe y el nivel de satisfacción que le ha provocado el desarrollo de la asignatura, nos llevan a considerar la necesidad de tomarlo como una sola calificación, ya que permiten la valoración de la acción del profesor en los diferentes ámbitos. Para ver hasta que punto es posible utilizar un modelo de menor dimensión se ha considerado la construcción de un indicador compuesto que mide la satisfacción global del estudiante, SATEST_GLOBAL.

Este indicador se obtiene a través del promedio de las calificaciones que han obtenido los profesores en los ámbitos señalados anteriormente y que se estaban considerando como indicadores simples de la actividad de docencia.

Otro elemento que también se considera en este escenario es la Tasa de Aprobación (TASAPRO), con la finalidad de analizar si tiene incidencia en el nivel de eficiencia que obtienen los profesores.

Las características del escenario, quedan definidas de la siguiente manera:

Inputs:

- 1/ALUMAT
- NOTA_MEDIA_CICLO

Outputs:

- SATEST_GLOBAL
- TASAPRO
- PROMAPRO

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

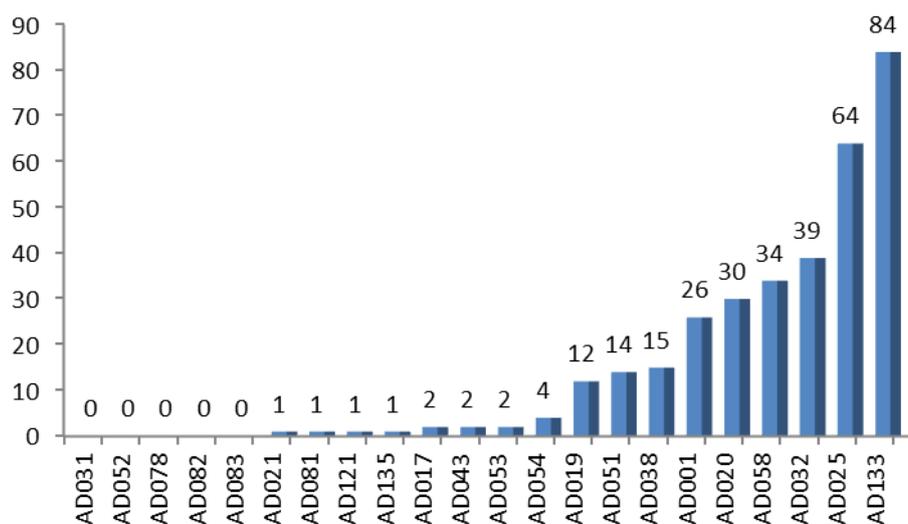
Nº Profesores analizados: 122, se han excluido las asignaturas que registran niveles de matrícula iguales e inferiores a 6 estudiantes, a través de $1/ALUMAT > 1/6$

Resultados

El número de unidades que se identifican como eficientes disminuye en 1 en relación al escenario anterior, ahora son 22 los profesores que alcanzan un nivel de eficiencia máximo y además entre todos los profesores se alcanza un nivel de eficiencia medio del 94,60%.

Si bien hay alguna variación en cuanto a las unidades eficientes, este cambio no es significativo, podría decirse que los resultados son muy similares, aunque por el lado del número de profesores referenciados si se muestra alguna variabilidad, pero que tampoco se podría considerar como determinante.

Gráfico 6. 5: PEERs referenciados por Profesor Eficiente, bajo el escenario 8



Elaboración Propia

Al igual que en el escenario anterior, conviene analizar las características de las unidades que se consideran como eficientes, para observar si se pueden considerar como homogéneas o en este caso aquello que se debería tomar en cuenta a la hora de determinar la eficiencia de un conjunto de profesores analizados.

Tabla 6. 12: Características de los 5 primeros Profesores eficientes, según el escenario 8

| PROFESORES EFICIENTES | PROFESORES REFERENCIADOS | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | PROMAPRO | TASAPRO | SATEST_GLOBAL |
|-----------------------|--------------------------|----------|------------------|----------|---------|---------------|
| AD020 | 30 | 0,013 | 31,78 | 32,2 | 61,25 | 89,60 |
| AD025 | 34 | 0,006 | 31,8 | 33,9 | 83,97 | 81,48 |
| AD032 | 39 | 0,059 | 34,5 | 39 | 88,24 | 64,22 |
| AD058 | 64 | 0,012 | 33,25 | 35,3 | 91,57 | 83,07 |
| AD133 | 84 | 0,036 | 30,6 | 33,5 | 85,71 | 83,03 |

Elaboración: Propia

Uno de los valores que pueden llamar la atención es el registrado en el profesor AD020 con respecto a la TASAPRO que viene a ser la menor de todas las cinco unidades analizadas (61,25%), mientras que en el caso de AD032 la satisfacción global registra un 64,22% mucho menor en relación a los cuatro profesores restantes que se encuentran en el orden del 80 al 90%, pero que registra adicionalmente el mayor nivel de promedio de aprobación (39 puntos) a diferencia de los otros profesores que se encuentran alrededor de 34 puntos.

6.3. Análisis comparativo de los escenarios analizados

De acuerdo a los resultados obtenidos, a continuación veremos un resumen de las características de cada uno de los escenarios analizados con la finalidad de llegar a establecer el escenario más adecuado a la necesidad de medir la eficiencia en el desempeño del profesor universitario en lo que a actividad docente se refiere.

Conforme se puede determinar de los 8 escenarios trabajados, en el último de estos se hace un análisis considerando indicadores compuestos como es la SATEST_GLOBAL que engloba a todas las calificaciones que los estudiantes han emitido respecto a la actividad desarrollada por el profesor, desde la planificación, el desarrollo de la asignatura desde el punto de vista metodológico y el proceso de evaluación de los aprendizajes que desarrolla el profesor adicional a la atención que recibe el alumno en todo el proceso de aprendizaje. De igual manera se toman en consideración variables

que no proceden de la opinión de los estudiantes, sino más bien de los registros que se han generado de la actividad del profesor. Es importante destacar también el que se ha tomado en cuenta la calidad del alumno que recibe el profesor y los resultados que ha obtenido a partir de las estrategias didácticas empleadas por el profesor, considerando la NOTA_MEDIA_CICLO y el PROMAPRO.

Tabla 6. 13: Resumen de los 8 escenarios desarrollados

| ESCENARIO | PRFESORES ANALIZADOS | PROFESORES EFICIENTES | PROPORCION DE EFICIENCIA | EFICIENCIA MEDIA | DESVIACION TIPICA | COEFICIENTE ASIMETRIA |
|-----------|----------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
| 1 | 131 | 11 | 8,40% | 0,9110 | 0,04619 | 0,19551 |
| 2 | 131 | 12 | 9,16% | 0,9199 | 0,04486 | -0,02043 |
| 3 | 131 | 13 | 9,92% | 0,9246 | 0,04504 | -0,11036 |
| 4 | 129 | 13 | 10,08% | 0,9251 | 0,04450 | -0,07650 |
| 5 | 128 | 13 | 10,16% | 0,9251 | 0,04450 | -0,07650 |
| 6 | 122 | 13 | 10,66% | 0,9253 | 0,04462 | -0,10596 |
| 7 | 122 | 23 | 18,85% | 0,9524 | 0,03433 | -0,09954 |
| 8 | 122 | 22 | 18,03% | 0,9460 | 0,03689 | 0,07293 |

Elaboración: Propia

Los resultados que se presentan no muestran mayor diferenciación entre los escenarios trabajados, si bien en los escenarios 7 y 8 se puede observar una mayor proporción de profesores eficientes y que la eficiencia media también es más alta en relación a los 6 primeros escenarios, 95,24% y 94,60% en el escenario 7 y 8 respectivamente, todavía no existe mayor claridad sobre ¿cuál de los escenarios será mejor?

Una de las formas de llegar a identificar la supremacía de un escenario en relación a otro, es considerar el método de Ranking, para lo cual se toman en cuenta las posiciones que cada unidad ocupa tomando en cuenta el nivel de eficiencia alcanzado. Para poder ubicar a las unidades eficientes en un orden determinado se ha procedido a considerar la misma posición con el promedio de las posiciones eficientes, de manera que a través de la Tabla 6. 14, se puede determinar que existe un conjunto de profesores eficientes que ha permanecido en todos los escenarios y que entre todos los profesores analizados no existe variabilidad significativa en las posiciones por ellos alcanzada en cada uno de los escenarios.

Existen algunos casos en los que se observan saltos de posición entre los escenarios, sea mejorar cuando trabajamos en los dos escenarios últimos o a disminuir su posición dentro del conjunto de profesores, tal como se puede observar con AD001, AD021, AD121 o AD137, por citar algunos ejemplos.

Tabla 6. 14: Ranking de los Profesores en cada uno de los 8 escenarios desarrollados

| PROFESORES | RANKING POR CADA ESCENARIO | | | | | | | |
|------------|----------------------------|-----|----|----|----|----|----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| AD019 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD020 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD025 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD032 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD038 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD051 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD053 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD058 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD081 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD082 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD049 | 6 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 32 |
| AD035 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | | | |
| AD083 | 13 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 25 | 11,5 |
| AD069 | 14 | 14 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 24 |
| AD055 | 15 | 17 | 18 | 18 | 18 | 17 | 28 | 31 |
| AD091 | 16 | 20 | 17 | 17 | 17 | 16 | 12 | 27 |
| AD085 | 17 | 19 | 22 | 22 | 22 | 21 | 35 | 37 |
| AD105 | 18 | 22 | 24 | 24 | 24 | 23 | 26 | 36 |
| AD088 | 19 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 27 | 38 |
| AD048 | 20 | 24 | 20 | 20 | 20 | 19 | 12 | 30 |
| AD065 | 21 | 25 | 30 | 30 | 30 | 29 | 49 | 26 |
| AD119 | 22 | 26 | 31 | | | | | |
| AD080 | 23 | 23 | 26 | 26 | 26 | 25 | 30 | 25 |
| AD133 | 24 | 29 | 23 | 23 | 23 | 22 | 12 | 11,5 |
| AD054 | 25 | 30 | 28 | 28 | 28 | 27 | 31 | 11,5 |
| AD132 | 26 | 32 | 35 | 34 | 34 | | | |
| AD046 | 27 | 33 | 34 | 33 | 33 | 32 | 36 | 84 |
| AD050 | 28 | 35 | 33 | 32 | 32 | 31 | 54 | 95 |
| AD014 | 29 | 27 | 27 | 27 | 27 | 26 | 42 | 47 |
| AD077 | 30 | 38 | 41 | 40 | 40 | 38 | 59 | 50 |
| AD041 | 31 | 41 | 43 | 42 | 42 | 40 | 74 | 86 |
| AD076 | 32 | 40 | 39 | 38 | 38 | 36 | 46 | 41 |
| AD137 | 33 | 37 | 29 | 29 | 29 | 28 | 12 | 107 |
| AD015 | 34 | 28 | 32 | 31 | 31 | 30 | 29 | 29 |
| AD043 | 35 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 12 | 11,5 |
| AD061 | 36 | 18 | 19 | 19 | 19 | 18 | 24 | 42 |
| AD111 | 37 | 43 | 49 | 48 | 48 | | | |
| AD070 | 38 | 34 | 37 | 36 | 36 | 34 | 40 | 44 |
| AD017 | 39 | 46 | 38 | 37 | 37 | 35 | 50 | 11,5 |
| AD139 | 40 | 47 | 46 | 45 | 45 | 43 | 62 | 23 |
| AD016 | 41 | 31 | 25 | 25 | 25 | 24 | 41 | 69 |
| AD079 | 42 | 39 | 42 | 41 | 41 | 39 | 39 | 35 |
| AD009 | 43 | 52 | 55 | 54 | 54 | 51 | 38 | 34 |
| AD031 | 44 | 53 | 44 | 43 | 43 | 41 | 56 | 11,5 |
| AD143 | 45 | 54 | 60 | 59 | 59 | 56 | 34 | 71 |
| AD004 | 46 | 55 | 47 | 46 | 46 | 44 | 55 | 61 |
| AD003 | 47 | 56 | 57 | 56 | 56 | 53 | 63 | 74 |
| AD057 | 48 | 60 | 59 | 58 | 58 | 55 | 83 | 76 |
| AD099 | 49 | 61 | 69 | 68 | | | | |
| AD006 | 50 | 51 | 51 | 50 | 50 | 47 | 60 | 58 |
| AD096 | 51 | 63 | 66 | 65 | 65 | 62 | 73 | 48 |
| AD094 | 52 | 65 | 71 | 70 | 69 | 66 | 78 | 65 |
| AD029 | 53 | 62 | 56 | 55 | 55 | 52 | 67 | 67 |

| PROFESORES | RANKING POR CADA ESCENARIO | | | | | | | |
|------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| AD109 | 54 | 58 | 58 | 57 | 57 | 54 | 65 | 57 |
| AD013 | 55 | 45 | 48 | 47 | 47 | 45 | 44 | 39 |
| AD093 | 56 | 64 | 52 | 51 | 51 | 48 | 48 | 73 |
| AD131 | 57 | 36 | 36 | 35 | 35 | 33 | 12 | 28 |
| AD078 | 58 | 6,5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 12 | 11,5 |
| AD098 | 59 | 69 | 65 | 64 | 64 | 61 | 71 | 77 |
| AD110 | 60 | 73 | 74 | 73 | 72 | 69 | 82 | 79 |
| AD005 | 61 | 42 | 40 | 39 | 39 | 37 | 45 | 54 |
| AD033 | 62 | 66 | 73 | 72 | 71 | 68 | 64 | 55 |
| AD010 | 63 | 48 | 50 | 49 | 49 | 46 | 70 | 70 |
| AD066 | 64 | 72 | 76 | 75 | 74 | 71 | 106 | 102 |
| AD141 | 65 | 68 | 70 | 69 | 68 | 65 | 33 | 40 |
| AD134 | 66 | 76 | 64 | 63 | 63 | 60 | 92 | 93 |
| AD127 | 67 | 74 | 78 | 77 | 76 | 73 | 32 | 33 |
| AD135 | 68 | 80 | 67 | 66 | 66 | 63 | 37 | 11,5 |
| AD140 | 69 | 78 | 68 | 67 | 67 | 64 | 68 | 72 |
| AD028 | 70 | 79 | 61 | 60 | 60 | 57 | 85 | 78 |
| AD001 | 71 | 50 | 53 | 52 | 52 | 49 | 12 | 11,5 |
| AD059 | 72 | 87 | 87 | 86 | 85 | 82 | 98 | 101 |
| AD122 | 73 | 70 | 75 | 74 | 73 | 70 | 81 | 90 |
| AD142 | 74 | 49 | 54 | 53 | 53 | 50 | 43 | 60 |
| AD074 | 75 | 83 | 85 | 84 | 83 | 80 | 66 | 56 |
| AD040 | 76 | 44 | 45 | 44 | 44 | 42 | 79 | 81 |
| AD018 | 77 | 89 | 82 | 81 | 80 | 77 | 87 | 103 |
| AD138 | 78 | 77 | 79 | 78 | 77 | 74 | 47 | 51 |
| AD116 | 79 | 90 | 89 | 88 | 87 | 84 | 89 | 82 |
| AD118 | 80 | 91 | 90 | 89 | 88 | 85 | 86 | 96 |
| AD125 | 81 | 92 | 98 | 97 | 96 | | | |
| AD117 | 82 | 94 | 94 | 93 | 92 | 89 | 95 | 75 |
| AD120 | 83 | 93 | 93 | 92 | 91 | 88 | 93 | 105 |
| AD072 | 84 | 57 | 63 | 62 | 62 | 59 | 76 | 64 |
| AD087 | 85 | 71 | 81 | 80 | 79 | 76 | 108 | 111 |
| AD073 | 86 | 85 | 77 | 76 | 75 | 72 | 90 | 87 |
| AD011 | 87 | 75 | 80 | 79 | 78 | 75 | 107 | 115 |
| AD047 | 88 | 96 | 88 | 87 | 86 | 83 | 99 | 108 |
| AD107 | 89 | 81 | 72 | 71 | 70 | 67 | 52 | 43 |
| AD084 | 90 | 102 | 99 | 98 | 97 | 93 | 103 | 94 |
| AD060 | 91 | 82 | 92 | 91 | 90 | 87 | 57 | 49 |
| AD007 | 92 | 98 | 84 | 83 | 82 | 79 | 96 | 104 |
| AD128 | 93 | 105 | 101 | 100 | 99 | 95 | 69 | 59 |
| AD090 | 94 | 86 | 83 | 82 | 81 | 78 | 61 | 52 |
| AD002 | 95 | 107 | 103 | 102 | 101 | 97 | 72 | 62 |
| AD086 | 96 | 59 | 62 | 61 | 61 | 58 | 97 | 98 |
| AD123 | 97 | 100 | 96 | 95 | 94 | 91 | 58 | 53 |
| AD106 | 98 | 108 | 108 | 107 | 106 | 102 | 91 | 80 |
| AD100 | 99 | 99 | 86 | 85 | 84 | 81 | 102 | 106 |
| AD027 | 100 | 106 | 104 | 103 | 102 | 98 | 101 | 92 |
| AD026 | 101 | 97 | 97 | 96 | 95 | 92 | 112 | 114 |
| AD012 | 102 | 88 | 95 | 94 | 93 | 90 | 105 | 97 |
| AD101 | 103 | 109 | 100 | 99 | 98 | 94 | 109 | 110 |
| AD092 | 104 | 112 | 115 | 114 | 113 | | | |
| AD115 | 105 | 111 | 111 | 110 | 109 | 105 | 117 | 117 |
| AD130 | 106 | 114 | 116 | 115 | 114 | 109 | 100 | 89 |
| AD126 | 107 | 115 | 118 | 117 | 116 | | | |
| AD071 | 108 | 95 | 102 | 101 | 100 | 96 | 118 | 116 |
| AD121 | 109 | 67 | 91 | 90 | 89 | 86 | 12 | 11,5 |
| AD056 | 110 | 104 | 105 | 104 | 103 | 99 | 94 | 85 |

| PROFESORES | RANKING POR CADA ESCENARIO | | | | | | | |
|------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| AD039 | 111 | 116 | 109 | 108 | 107 | 103 | 88 | 83 |
| AD034 | 112 | 117 | 112 | 111 | 110 | 106 | 122 | 122 |
| AD104 | 113 | 113 | 106 | 105 | 104 | 100 | 75 | 63 |
| AD037 | 114 | 120 | 120 | 119 | 118 | 112 | 116 | 121 |
| AD067 | 115 | 110 | 119 | 118 | 117 | 111 | 104 | 91 |
| AD129 | 116 | 122 | 122 | 121 | 120 | 114 | 111 | 100 |
| AD095 | 117 | 118 | 114 | 113 | 112 | 108 | 110 | 99 |
| AD108 | 118 | 119 | 121 | 120 | 119 | 113 | 113 | 109 |
| AD124 | 119 | 121 | 117 | 116 | 115 | 110 | 77 | 88 |
| AD064 | 120 | 123 | 124 | 123 | 122 | 116 | 121 | 119 |
| AD008 | 121 | 125 | 123 | 122 | 121 | 115 | 120 | 120 |
| AD042 | 122 | 124 | 125 | 124 | 123 | 117 | 119 | 118 |
| AD021 | 123 | 101 | 107 | 106 | 105 | 101 | 12 | 11,5 |
| AD068 | 124 | 126 | 126 | 125 | 124 | 118 | 115 | 113 |
| AD075 | 125 | 103 | 113 | 112 | 111 | 107 | 80 | 66 |
| AD103 | 126 | 84 | 110 | 109 | 108 | 104 | 51 | 46 |
| AD036 | 127 | 128 | 127 | 126 | 125 | 119 | 53 | 45 |
| AD102 | 128 | 129 | 130 | | | | | |
| AD097 | 129 | 127 | 128 | 127 | 126 | 120 | 114 | 112 |
| AD030 | 130 | 130 | 129 | 128 | 127 | 121 | 84 | 68 |
| AD052 | 131 | 131 | 131 | 129 | 128 | 122 | 12 | 11,5 |

Elaboración: Propia

Por la situación descrita, conviene volver a los datos originales tanto de aquellos casos en los que se ha mejorado la posición, como en aquellos en donde se observan saltos de posición y también algunos en los que se mantienen posiciones similares en todos los escenarios.

Tabla 6. 15: Información original de los Profesores, según ubicación en el ranking de los escenarios

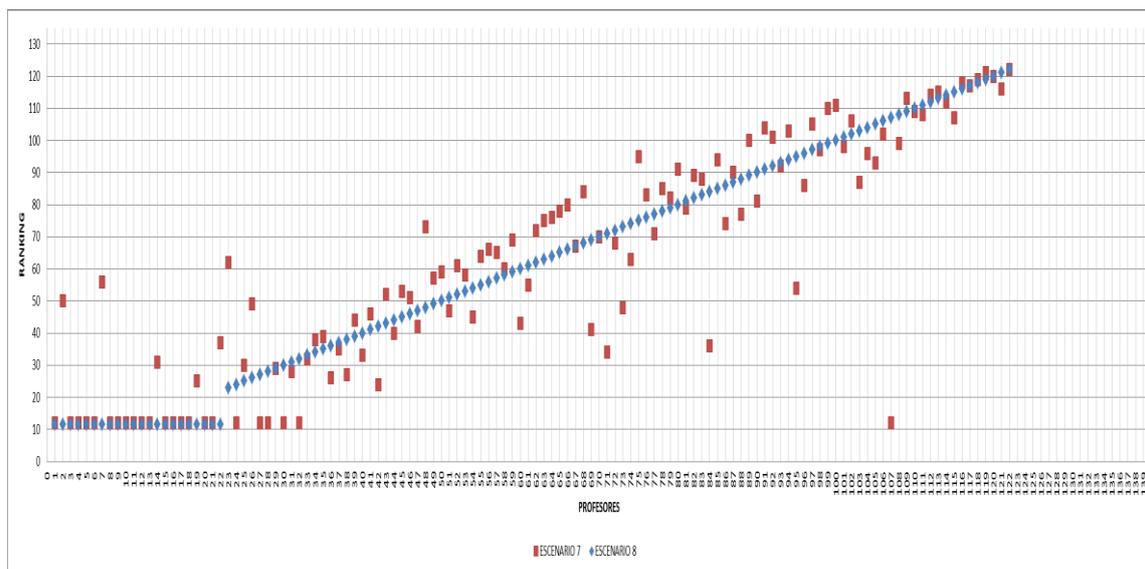
| PROFESOR | POSICIONES | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | 1/ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO | NOTA_MEDIA_CICLO | TASAPRO | SATEST_GLOBAL |
|----------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|----------|---------|----------|------------------|---------|---------------|
| AD001 | RANKING DE MENOR A MAYOR | 76,52 | 70,95 | 80,74 | 72,30 | 0,00909 | 46 | 29,9 | 29,8 | 41,82 | 75,13 |
| AD021 | | 73,59 | 69,53 | 76,25 | 69,69 | 0,00847 | 30 | 29,7 | 29,8 | 25,42 | 72,27 |
| AD052 | | 46,43 | 55,36 | 58,93 | 46,43 | 0,09091 | 4 | 28,3 | 28,3 | 36,36 | 51,79 |
| AD078 | | 71,72 | 70,75 | 77,79 | 74,51 | 0,00625 | 74 | 31,7 | 31,1 | 46,25 | 73,70 |
| AD121 | | 64,75 | 62,36 | 72,75 | 64,89 | 0,00725 | 51 | 31,2 | 30,55 | 36,96 | 66,19 |
| AD018 | RANKING DE MAYOR A MENOR | 69,17 | 70,00 | 80,83 | 75,00 | 0,04167 | 18 | 31,4 | 31,76 | 75,00 | 73,75 |
| AD041 | | 75,00 | 70,83 | 83,33 | 75,00 | 0,14286 | 3 | 33,3 | 34,5 | 42,86 | 76,04 |
| AD046 | | 69,44 | 73,61 | 88,19 | 80,56 | 0,08333 | 4 | 31,3 | 31,58 | 33,33 | 77,95 |
| AD088 | | 82,58 | 83,71 | 85,53 | 82,58 | 0,01010 | 51 | 30,7 | 31,85 | 51,52 | 83,60 |
| AD137 | | 62,50 | 75,00 | 87,50 | 75,00 | 0,03704 | 11 | 30,2 | 30,6 | 40,74 | 75,00 |
| AD013 | RANKING CONSTANTE | 76,39 | 73,41 | 79,37 | 76,19 | 0,00893 | 52 | 32 | 31,35 | 46,43 | 76,34 |
| AD038 | | 89,58 | 89,58 | 92,19 | 91,67 | 0,09091 | 10 | 34,7 | 34,5 | 90,91 | 90,76 |
| AD042 | | 72,92 | 62,50 | 73,44 | 70,83 | 0,02500 | 14 | 30,4 | 31,58 | 35,00 | 69,92 |
| AD101 | | 78,57 | 78,57 | 79,91 | 76,79 | 0,05263 | 5 | 30,2 | 32,07 | 26,32 | 78,46 |
| AD118 | | 71,09 | 67,97 | 78,91 | 68,75 | 0,04545 | 13 | 31,7 | 31,45 | 59,09 | 71,68 |

Elaboración Propia

Se han considerado 3 bloques de profesores para ejemplificar lo sucedido tomando en cuenta los valores originales en cada uno de los casos. En cada uno de ellos se pueden determinar características similares en todos los valores de las variables analizadas, por lo que aún podríamos decir que cualquiera de los escenarios puede ser el indicado para la medición del nivel de eficiencia, sin embargo y dado que en el escenario 8 se han establecido indicadores sintéticos a las actividades que comprende la docencia ejercida por un profesor se puede llegar a establecer como el más indicado, aunque también es importante desarrollar un análisis de la sensibilidad que puede observarse a los cambios en las situaciones.

Gráficamente se puede observar el comportamiento de las unidades analizadas con respecto a la posición en cada uno de los escenarios, inmediatamente podremos observar la comparación entre los escenarios 7 y 8, pero en los anexos de este documento se podrá observar también la comparación entre los escenarios 1, 2 y 3 y entre los escenarios 4, 5 y 6.

Gráfico 6. 6: Comparativo de rankings entre los escenarios 7 y 8 por cada Profesor



Conviene en esta parte considerar los resultados obtenidos para cada una de las áreas académicas restantes y en los ocho escenarios, de manera que a partir de los resultados se pueda identificar mejor el escenario con el cual se podrá continuar con el análisis correspondiente a la sensibilidad y algunos otros aspectos que considerados importantes aportes al esclarecimiento de la medición de la eficiencia de la actividad docente del profesor universitario.

6.4 Resultados del análisis para el área Biológica

La metodología empleada para el análisis de la eficiencia de los profesores en el área biológica, es igual a la que se empleó para determinar los resultados de la actividad docente de los profesores que corresponden al área administrativa.

Para cada uno de los escenarios, se ha considerado el análisis envolvente de datos con el modelo orientado a las salidas y los rendimientos variables de escala.

Conforme se puede identificar en la Tabla 6. 16, la medida de eficiencia es creciente y es en el escenario 8 en donde se observa una mayor eficiencia media y también un número mayor de profesores eficientes, de manera que la proporción de unidades eficientes a lo largo de cada escenario ha sido creciente.

Tabla 6. 16: Resultados de eficiencia en el área Biológica por cada escenario

| | ESCENARIOS | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PROFESORES ANALIZADOS | 35 | 35 | 35 | 34 | 34 | 31 | 31 | 31 |
| PROFESORES EFICIENTES | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 13 | 15 |
| PROPORCIÓN DE EFICIENTES | 0,1429 | 0,2000 | 0,2000 | 0,2059 | 0,2059 | 0,1935 | 0,4194 | 0,4839 |

Elaboración: Propia

La proporción de profesores eficientes en esta área pasa del 14% en el escenario 1 al 48% en el escenario 8, considerando todas las características de los cambios que se generaron entre cada uno de los escenarios planteados. Si bien es cierto el número de profesores analizados disminuye de 35 a 31 en el escenario 8, sin embargo el número de profesores eficientes crece significativamente (5 a 15), lo que nos conduce a pensar que en el escenario 8 se están considerando las características más comunes a todo el accionar de los profesores en cuanto a la docencia se refiere.

Por otro lado también es importante señalar que el nivel de eficiencia media que se registra en cada uno de los escenarios, es muy similar conforme lo mostramos en la Tabla 6. 17.

La eficiencia media en los escenarios se observa que es mayor a partir del escenario 6 aunque se registra mayor crecimiento en los escenarios 7 y 8, la eficiencia mediana en el escenario 8 registra un nivel más alto que en los demás (0,99378).

En los anexos correspondientes a los cálculos efectuados para cada escenario se podrá visualizar también la situación que identifica los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios analizados.

Tabla 6. 17: Descriptiva de los escenarios para el Área Biológica

| | ESCENARIOS | | | | | | | |
|------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| n | 35 | 35 | 35 | 34 | 34 | 31 | 31 | 31 |
| Media | 0,94099 | 0,94724 | 0,94757 | 0,94826 | 0,94826 | 0,95232 | 0,97442 | 0,97142 |
| Desv Tip | 0,04062 | 0,03998 | 0,04075 | 0,04116 | 0,04116 | 0,03678 | 0,03240 | 0,03925 |
| Mediana | 0,94005 | 0,95002 | 0,94500 | 0,94566 | 0,94566 | 0,95083 | 0,99215 | 0,99378 |
| Media Trim | 0,94232 | 0,94966 | 0,95022 | 0,95115 | 0,95115 | 0,95399 | 0,97904 | 0,97800 |
| Des Abs Mediana | 0,05117 | 0,03918 | 0,04961 | 0,04889 | 0,04889 | 0,04655 | 0,01164 | 0,00922 |
| Min | 0,83429 | 0,83429 | 0,83429 | 0,83429 | 0,83429 | 0,88857 | 0,90841 | 0,86799 |
| Max | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 |
| Rango | 0,16571 | 0,16571 | 0,16571 | 0,16571 | 0,16571 | 0,11143 | 0,09159 | 0,13201 |
| Coef Asim | -0,22490 | -0,47487 | -0,49098 | -0,53381 | -0,53381 | -0,16943 | -0,92075 | -1,11850 |
| Coef Curtosis | -0,44636 | -0,08580 | -0,20126 | -0,20018 | -0,20018 | -1,29462 | -0,75017 | -0,10044 |
| Error Estándar | 0,00687 | 0,00676 | 0,00689 | 0,00706 | 0,00706 | 0,00661 | 0,00582 | 0,00705 |

Elaboración: Propia

6.5 Resultados del análisis para el área Socio-Humanística

El conjunto de profesores analizados en esta área inicialmente corresponde a 214 de los cuales nos quedamos con 209, luego de haber eliminado aquellas asignaturas que cuentan con un número menor de estudiantes matriculados, conforme se lo ha venido desarrollando en los escenarios para todas las demás áreas.

Según lo podremos identificar en el Anexo 1, el área Socio-Humanística comprende en total 10 titulaciones en Modalidad Abierta y a Distancia, y por ello el número de profesores que integran la misma es mayor que en todas las demás áreas.

Los resultados muestran que la proporción de eficiencia es considerablemente más baja que en las otras áreas pasando del 3,74% con el escenario 1 al 15,79% con el escenario 8, lo que nuevamente nos muestra la situación descrita con el área Biológica porque como se mencionó en este escenario se están considerando todos los aspectos que identifican de mejor forma la actividad docente del profesor universitario y porque además en este escenario se están considerando elementos globalizadores de la

misma actividad de docencia como es la satisfacción experimentada por los estudiantes y los registros que devienen del proceso de enseñanza-aprendizaje con los promedios de las calificaciones obtenidas y la proporción del tiempo que puede otorgar el profesor a la atención de cada estudiante. También ha sido importante el considerar como una variable la calidad del estudiante que ingresa a cada curso, a través de una medida aproximada como es la nota media del ciclo.

Tabla 6. 18: Resultados de eficiencia en el área Socio-Humanística por cada escenario

| | ESCENARIOS | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PROFESORES ANALIZADOS | 214 | 214 | 214 | 214 | 213 | 209 | 209 | 209 |
| PROFESORES EFICIENTES | 8 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 28 | 33 |
| PROPORCIÓN DE EFICIENTES | 0,0374 | 0,0467 | 0,0514 | 0,0514 | 0,0516 | 0,0526 | 0,1340 | 0,1579 |

Elaboración: Propia

Cabe resaltar también los resultados que se obtienen en cada escenario en cuanto a los niveles medios de eficiencia obtenidos. Como se puede apreciar en la tabla 6.19, al igual que en el caso del área Biológica, la eficiencia media entre los escenarios ha sido creciente desde el escenario 1 hasta el escenario 8 pasando del 90,21% al 95,07% y cuyos niveles de error estándar también son importantes porque se observa que va disminuyendo desde 0,00321 hasta 0,00256.

La eficiencia mediana lleva el mismo comportamiento, se observa un nivel más alto en el escenario 7 y en el escenario 8 en relación con los demás escenarios y el grado de dispersión que se observa en la medida de eficiencia en los escenarios, se observa tanto a través de la desviación típica y de la desviación mediana, cuyos indicadores se ubican en nivel decreciente a medida que vamos cambiando de escenario, significando por tanto que la medida de eficiencia de los profesores del área analizada se vuelve un tanto más compacta.

Tabla 6. 19: Descriptiva de los escenarios para el Área Socio-Humanística

| | ESCENARIO | | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| n | 214 | 214 | 214 | 214 | 213 | 209 | 209 | 209 |
| Media | 0,90212 | 0,90790 | 0,90616 | 0,90616 | 0,90636 | 0,90554 | 0,95156 | 0,95071 |
| Desv Tip | 0,04700 | 0,04666 | 0,04733 | 0,04733 | 0,04735 | 0,04739 | 0,03566 | 0,03694 |
| Mediana | 0,89860 | 0,90868 | 0,90293 | 0,90293 | 0,90321 | 0,90254 | 0,95243 | 0,95115 |
| Media Trim | 0,90053 | 0,90697 | 0,90480 | 0,90480 | 0,90503 | 0,90408 | 0,95395 | 0,95319 |
| Des Abs Mediana | 0,04762 | 0,04628 | 0,04743 | 0,04743 | 0,04717 | 0,04525 | 0,03774 | 0,04015 |
| Min | 0,79327 | 0,79327 | 0,79327 | 0,79327 | 0,79327 | 0,79327 | 0,82545 | 0,82503 |
| Max | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 | 1,00000 |
| Rango | 0,20673 | 0,20673 | 0,20673 | 0,20673 | 0,20673 | 0,20673 | 0,17455 | 0,17497 |
| Coef Asim | 0,31514 | 0,17390 | 0,25204 | 0,25204 | 0,24369 | 0,28095 | -0,46637 | -0,39491 |
| Coef Curtosis | -0,58008 | -0,55221 | -0,56528 | -0,56528 | -0,56582 | -0,52996 | -0,23667 | -0,37781 |
| Error Estándar | 0,00321 | 0,00319 | 0,00324 | 0,00324 | 0,00324 | 0,00328 | 0,00247 | 0,00256 |

Elaboración: Propia

Finalmente, en el siguiente apartado veamos lo que sucede en el área Técnica, considerando que aquí existe una sola titulación al igual que en el área Biológica, lo que en cierta medida nos permitirá contrastar con los resultados obtenidos tanto en el área administrativa como en el área socio-humanística.

6.6 Resultados del análisis para el área Técnica

El área Técnica en la Modalidad Abierta y a Distancia de la UTPL, está constituida por la titulación de Informática, en la que se analizan inicialmente a 38 profesores y luego nos quedamos con 36 profesores de acuerdo a las características de los escenarios que se vienen desarrollando.

Tabla 6. 20: Resultados de eficiencia en el área Técnica por cada escenario

| | ESCENARIOS | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PROFESORES ANALIZADOS | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 36 | 36 | 36 |
| PROFESORES EFICIENTES | 4 | 7 | 9 | 9 | 9 | 8 | 13 | 14 |
| PROPORCIÓN DE EFICIENTES | 0,1053 | 0,1842 | 0,2368 | 0,2368 | 0,2368 | 0,2222 | 0,3611 | 0,3889 |

Elaboración: Propia

Los resultados que se muestran, permiten llegar a conclusiones similares a las áreas analizadas anteriormente, la proporción de eficiencia es creciente a medida que vamos cambiando de escenario analizado, pasamos de 10,53% al 38,89%, siendo la misma trayectoria que se observa en la eficiencia media, llegando al 97,16% de eficiencia en el escenario 8.

Tabla 6. 21: Descriptiva de los escenarios para el Área Técnica

| | ESCENARIO | | | | | | | |
|------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| n | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 36 | 36 | 36 |
| Media | 0,9330 | 0,9382 | 0,9436 | 0,9436 | 0,9436 | 0,9467 | 0,9734 | 0,9716 |
| DesvTip | 0,0446 | 0,0447 | 0,0437 | 0,0437 | 0,0437 | 0,0413 | 0,0310 | 0,0320 |
| Mediana | 0,9289 | 0,9409 | 0,9457 | 0,9457 | 0,9457 | 0,9524 | 0,9836 | 0,9796 |
| Media Trim | 0,9331 | 0,9386 | 0,9439 | 0,9439 | 0,9439 | 0,9476 | 0,9778 | 0,9752 |
| Des Abs Mediana | 0,0603 | 0,0642 | 0,0760 | 0,0760 | 0,0760 | 0,0669 | 0,0244 | 0,0302 |
| Min | 0,8568 | 0,8709 | 0,8802 | 0,8802 | 0,8802 | 0,8802 | 0,8908 | 0,8882 |
| Max | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Rango | 0,1432 | 0,1291 | 0,1198 | 0,1198 | 0,1198 | 0,1198 | 0,1092 | 0,1118 |
| Coef Asim | 0,0473 | -0,0016 | -0,0322 | -0,0322 | -0,0322 | -0,1160 | -1,0914 | -0,8678 |
| Coef Curtosis | -1,3313 | -1,4493 | -1,5617 | -1,5617 | -1,5617 | -1,4716 | 0,1992 | -0,4164 |
| Error Estándar | 0,0072 | 0,0073 | 0,0071 | 0,0071 | 0,0071 | 0,0069 | 0,0052 | 0,0053 |

Elaboración: Propia

De igual forma, las medidas descriptivas nos muestran que el error estándar es menor a medida que vamos cambiando de escenario y los datos de eficiencia se vuelven más compactos conforme se puede observar a través de la desviación típica y de la desviación absoluta mediana.

En el anexo 8, se presentan los resultados generales de la prueba de escenarios para cada una de las áreas académicas analizadas.

6.7 Escenario escogido

De acuerdo a los resultados obtenidos para cada una de las áreas y conforme se ha determinado la consistencia que se va logrando en los diferentes escenarios analizados, se considera adecuado utilizar el escenario 8 como aquel que reúne las características que permiten identificar de mejor manera los niveles de eficiencia en el desempeño de la actividad docente de cada uno de los profesores universitarios.

Como se ha mencionado al caracterizar este escenario, no solamente se toman las opiniones recibidas desde los estudiantes como informantes principales, sino que

también se abordan otros aspectos importantes de incidencia inmediata en los resultados de la actividad docente del profesor, como son la calidad de los estudiantes que recibe y la proporción de tiempo que le puede dedicar a cada uno de sus alumnos.

De esta manera, en los resultados obtenidos a través del análisis envolvente de datos (DEA), se establecen los pesos que para cada una de las variables y unidades analizadas les otorga el modelo, los mismos que en extracto se pueden observar en la Tabla 6. 22.

Tabla 6. 22: Extracto del escenario 8, con los pesos correspondientes a cada variable

| PROFESORES | Eficiencias | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA _CICLO | SATEST_G LOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|------------|-------------|----------|----------------------|-------------------|----------|----------|
| | | u1 | u2 | v1 | v2 | v3 |
| AD001 | 1 | 13,95001 | 0,847866 | 0 | 0,023913 | 0 |
| AD002 | 0,943867 | 1,098723 | 0,037151 | 0 | 0 | 0,03096 |
| AD003 | 0,93126 | 0 | 0,017305 | 0,006258 | 0 | 0,015945 |
| AD004 | 0,944111 | 0 | 0,019649 | 0,007996 | 0,000706 | 0,009313 |
| AD005 | 0,951578 | 2,369887 | 0,056911 | 0,005448 | 0 | 0,018216 |
| AD080 | 0,986259 | 0,718352 | 0,023379 | 0,001916 | 0 | 0,024931 |
| AD081 | 1 | 0,937958 | 0 | 0,002178 | 0 | 0,023239 |
| AD082 | 1 | 1,816477 | 0 | 0 | 0 | 0,027933 |
| AD083 | 1 | 7,57868 | 0 | 0,008066 | 0,003939 | 0 |
| AD084 | 0,914117 | 0,119887 | 0,017399 | 0,003253 | 0 | 0,023965 |
| AD085 | 0,969029 | 5,30602 | 0 | 0,006826 | 0 | 0,013616 |
| AD086 | 0,908687 | 5,653476 | 0 | 0,007273 | 0 | 0,014507 |
| AD139 | 0,998467 | 3,393702 | 0,052322 | 0 | 0,010612 | 0 |
| AD140 | 0,934124 | 2,392867 | 0,057463 | 0,005501 | 0 | 0,018393 |
| AD141 | 0,964574 | 2,397871 | 0,057583 | 0,005512 | 0 | 0,018431 |
| AD142 | 0,945046 | 2,321979 | 0,067421 | 0 | 0 | 0,032154 |
| AD143 | 0,93457 | 0 | 0,017401 | 0,006293 | 0 | 0,016033 |

Elaboración Propia

CAPÍTULO 7

**CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES
COMPUESTOS DE EFICIENCIA DOCENTE**

7.1 Introducción

El enfoque del beneficio de la duda supone obtener los pesos que maximizan la medida de eficiencia para cada unidad de decisión analizada. Ello supone que la eficiencia de cada unidad puede ser evaluada con un conjunto distinto de pesos. Como se ha mostrado, las técnicas DEA permiten calcular los mejores pesos para cada una de las unidades evaluadas, en nuestro caso una muestra de docentes universitarios.

En el caso de que solo un docente fuera eficiente, podría plantearse que los pesos que se obtienen, para sus inputs y outputs al calcular su eficiencia, se utilizaran para la construcción de un indicador compuesto de eficiencia. La aplicación directa del DEA nos permitiría obtener el indicador para cada docente que coincidiría con el valor de la eficiencia obtenida.

Sin embargo, al aplicar el DEA, incluso con el enfoque CCR, no es habitual obtener una única DMU eficiente, por lo que tendremos un conjunto de pesos para cada una de las $E = (\# \{k\} / e_k = 1)$ unidades eficientes. En el capítulo anterior cuando se ordenan las unidades se ha optado por desempatar a las eficientes por el número de unidades de las que son referentes π_k , con lo que se necesitan dos indicadores (π_k, e_k) por cada unidad. Para construir un indicador compuesto unidimensional de acuerdo a la forma tradicional en la literatura, es conveniente trabajar con un conjunto de pesos único para todas las unidades. Por ello en este capítulo se aborda la forma de agregar los pesos obtenidos mediante la aplicación del DEA para obtener un único peso para cada variable.

Para ilustrar la metodología trabajamos con los datos de los docentes del área administrativa.

7.2 Obtención de la ponderación de las variables

Una primera aproximación es considerar el promedio de los pesos que corresponden a las DMUs eficientes

$$\bar{w}_q = \frac{\sum_{k=1}^E w_k^q}{E} \quad q = 1, \dots, Q$$

, o un subconjunto formado por aquellas que son referentes de al menos un número π de unidades, si denotamos por τ al cardinal de este subconjunto de unidades eficientes, los pesos medios serán:

$$\tilde{w}_q = \frac{\sum_{k=1}^{\tau} w_k^q}{\tau} \quad q = 1, \dots, Q$$

Para los profesores eficientes del escenario 8, en la Tabla 7. 1 tenemos los valores de los \bar{w}_q .

Tabla 7. 1: Agregación de pesos de los Profesores Eficientes del escenario 8

| | INPUTS | | OUTPUTS | | |
|-----------------|------------|------------------|---------------|---------|----------|
| | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
| | u1 | u2 | v1 | v2 | v3 |
| Media | 23,1632 | 0,0666 | 0,0035 | 0,0046 | 0,0107 |
| Varianza | 8022,15519 | 0,03023 | 0,00002 | 0,00004 | 0,00020 |

Fuente: Elaboración Propia

Como puede comprobarse la media de los pesos de 1/ALUMAT es muy alta si tenemos en cuenta los valores mostrados en la Tabla 6. 22. Ello se debe a la gran dispersión de los pesos de la variable 1/ALUMAT, que alcanza su máximo en la unidad con mayor número de alumnos (AD078 con 160) con un peso de 433.06 para esta variable.

En el escenario 8, para $\pi=10$, $\tau=9$ y los valores de \tilde{w}_q obtenidos son los de la Tabla 7. 2.

Tabla 7. 2: Agregación de pesos de los Profesores Eficientes del escenario 8 con $\pi_k \geq 10$

| | INPUTS | | OUTPUTS | | |
|----------|----------|------------------|---------------|---------|----------|
| | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
| | u1 | u2 | v1 | v2 | v3 |
| Media | 2,4041 | 0,1100 | 0,0035 | 0,0069 | 0,0057 |
| Varianza | 17,04392 | 0,06887 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00010 |

Fuente: Elaboración Propia

Vemos que el resultado es poco robusto respecto a la selección del conjunto de pesos.

En general dada la disparidad entre las ponderaciones finales obtenidas, es razonable tener en cuenta el grado de proximidad o lejanía de cada vector de pesos respecto al resto de vectores de pesos a la hora de establecer la regla de agregación.

Pinar y otros (2014) plantean, para el caso de pesos dados por expertos, la necesidad de tener en cuenta el nivel de acuerdo entre los mismos, de forma que los que se alejen de los valores mayoritarios, sin ser descartados, tengan una menor influencia en la agregación. En nuestro caso tenemos dos conjuntos de vectores de pesos, uno correspondiente a las ponderaciones de las variables que miden los inputs y otro para las variables que miden los outputs por lo que ha sido preciso adaptar esta idea a nuestra situación.

Como medida de distancia entre los pesos de los outputs de una DMU a las demás puede utilizarse:

$$D_k^y = \sum_{r=1}^S \sum_{l=1}^E |u_r^k - u_r^l| \quad k \neq l$$

y para los inputs:

$$D_k^x = \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^E |v_i^k - v_i^l| \quad k \neq l$$

La suma de los valores absolutos de las diferencias es:

$$D^y = \sum_{k=1}^E D_k^y$$

$$D^x = \sum_{k=1}^E D_k^x$$

Estos dos valores se emplean para obtener los pesos comunes. En el caso de los outputs, al estar en el numerador, la influencia de la DMU debe aumentar cuanto más próximos sean sus pesos a los de las demás DMUs eficientes, por ello

$$W_k^y = \frac{D^y}{D_k^y}$$

Para los inputs, al estar en el denominador, para calcular el factor que permitirá construir los pesos comunes se utiliza la siguiente expresión:

$$W_k^x = \frac{D_k^x}{D^x}$$

Estos factores se normalizan para que sumen 1.

$$w_k^y = \frac{W_k^y}{\sum_{k=1}^E W_k^y}$$

$$w_k^x = \frac{W_k^x}{\sum_{k=1}^E W_k^x}$$

y con ello obtenemos los pesos comunes mediante:

$$u_r^c = \sum_{k=1}^S w_k^y u_r \quad \forall r = 1, \dots, S$$

$$v_r^c = \sum_{i=1}^m w_k^x v_i \quad \forall i = 1, \dots, m$$

Con este procedimiento los pesos comunes que se obtienen son los de la Tabla 7. 3, el uso de estos pesos permite calcular un indicador de eficiencia, que denotaremos por IC_1 .

En la Tabla 7. 4 se comparan para las primeras 20 unidades, los valores de este indicador con la eficiencia obtenida con el modelo VRS y orientación Output.

Tabla 7. 3: Pesos comunes de inputs y outputs resultantes de la agregación

| INPUTS | | OUTPUTS | | |
|-------------|------------------|---------------|-------------|-------------|
| 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
| u1 | u2 | v1 | v2 | v3 |
| 1.049371646 | 0.034544934 | 0.003950793 | 0.005181394 | 0.006002650 |

Elaboración: Propia

Tabla 7. 4: Ordenación resultante y comparación entre la eficiencia y el indicador compuesto

| PROFESORES | EFICIENCIA | inputs ponderados | outputs ponderados | indicador de eficiencia IC_1 |
|------------|------------|-------------------|--------------------|--------------------------------|
| AD133 | 1,00 | 1,0946 | 0,9732 | 0,8892 |
| AD031 | 1,00 | 1,1459 | 1,0081 | 0,8797 |
| AD017 | 1,00 | 1,1255 | 0,9898 | 0,8795 |
| AD054 | 1,00 | 1,1491 | 1,0095 | 0,8785 |
| AD058 | 1,00 | 1,1613 | 1,0145 | 0,8736 |
| AD019 | 1,00 | 1,1609 | 1,0090 | 0,8692 |
| AD025 | 1,00 | 1,1053 | 0,9605 | 0,8690 |
| AD083 | 1,00 | 1,1397 | 0,9859 | 0,8650 |
| AD139 | 1,00 | 1,1498 | 0,9809 | 0,8531 |
| AD053 | 1,00 | 1,2606 | 1,0718 | 0,8502 |

| | | | | |
|--------------|------|--------|--------|--------|
| AD135 | 1,00 | 1,0802 | 0,9112 | 0,8436 |
| AD077 | 0,95 | 1,1361 | 0,9432 | 0,8302 |
| AD093 | 0,93 | 1,1043 | 0,9041 | 0,8187 |
| AD081 | 1,00 | 1,1898 | 0,9718 | 0,8168 |
| AD096 | 0,96 | 1,1658 | 0,9510 | 0,8157 |
| AD091 | 0,99 | 1,1203 | 0,9119 | 0,8140 |
| AD038 | 1,00 | 1,2872 | 1,0379 | 0,8063 |
| AD076 | 0,96 | 1,1384 | 0,9165 | 0,8051 |
| AD004 | 0,94 | 1,1496 | 0,9251 | 0,8047 |
| AD065 | 0,99 | 1,1667 | 0,9332 | 0,7999 |

Elaboración: Propia

7.3 *Análisis de sensibilidad*

Como hemos señalado, la aplicación de las técnicas DEA permiten obtener para cada unidad, el conjunto de pesos que maximiza su eficiencia, medida ésta por el cociente entre la suma ponderada de los outputs y la suma ponderada de los inputs. Por cada unidad evaluada tendremos por tanto una ordenación del total de las unidades evaluadas.

Dado que el objetivo de nuestro estudio es la evaluación de la eficiencia, es defendible limitarnos a los \mathbf{E} conjuntos de pesos obtenidos para las unidades eficientes, o los \mathbf{T} conjuntos de pesos correspondientes a las unidades que cumplen la condición $\pi_k \geq \pi$. En este caso para cada unidad eficiente tendremos una ordenación, una forma de medir la similitud de las ordenaciones es comparar las posiciones de cada una de las unidades cuando se utilizan dos conjuntos de pesos.

Si denotamos con $Ranking_{ref}(k)$ la posición que ocupa la unidad k al utilizar los pesos de una unidad eficiente que se toma como referente y $Ranking(k)$ la posición que ocupa la unidad k al seleccionarse otro conjunto de pesos, el número medio de cambios de posición para las M unidades y los 2 conjuntos de pesos viene dado por:

$$\bar{R} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M |Ranking_{ref}(k) - Ranking(k)|$$

El peso de cada variable i puede considerarse distribuido como una variable discreta ξ_q que toma los valores correspondientes a cada unidad eficiente con probabilidad $1/E$ o $1/\tau$.

A su vez \bar{R} , es una variable aleatoria que depende de las ξ_q .

Como se expuso al introducir el análisis de sensibilidad en el capítulo 3, si denotamos por y a la variable aleatoria \bar{R} , su varianza puede descomponerse en función de las varianzas condicionadas a los valores de las ξ_q y de sus interacciones ξ_{ijk} mediante la fórmula:

$$V(y) = \sum_{q=1}^Q V_q + \sum_{q=1}^Q \sum_{h>q} V_{qh} + \sum_{q=1}^Q \sum_{h>q} \sum_{l>h} V_{qhl} + \dots$$

Para todos los términos de esta descomposición, se cumple

$$V(y) = V_{\xi_q} \left(E_{\xi_{\sim q}} (y | \xi_q) \right) + E_{\xi_q} \left(V_{\xi_{\sim q}} (y | \xi_q) \right)$$

Donde la notación “ $\sim q$ ” significa que el operador esperanza o varianza se calcula sobre todas las variables ξ distintas a ξ_q .

Si el número total de variables es Q , la descomposición de la varianza tiene $2^Q - 1$ términos, por ello lo habitual es limitarse al cálculo de los efectos de primer orden.

$$S_q = \frac{V_{\xi_q} \left(E_{\xi_{\sim q}} (y | \xi_q) \right)}{V(y)}$$

Y al del coeficiente de sensibilidad total

$$S_{Tq} = \frac{E_{\xi_{\sim q}} \left(V_{\xi_q} (y | \xi_{\sim q}) \right)}{V(y)} = 1 - \frac{V_{\xi_{\sim q}} \left(E_{\xi_q} (y | \xi_{\sim q}) \right)}{V(y)}$$

Para cualquier variable ξ_q diferencias significativas entre los valores S_q y S_{Tq} nos informa de la existencia de interacción entre las variables sin tener que calcular $2^Q - 1$ términos.

En nuestro caso $Q= 5$, lo que requiere calcular 31 términos. Para cada término se precisa obtener al menos N ordenaciones con:

$$N = \sum_{i=1}^{\tau} \binom{\tau}{i}$$

Los valores de \bar{R} se generan a partir de la comparación con la ordenación de referencia.

Hemos implementado un algoritmo cuyo código se adjunta en el Anexo 10, que permite obtener de forma exacta los términos de la descomposición de la varianza, los resultados para el escenario 8 en el área administrativa tomando las unidades eficientes que son peers de diez o más unidades son:

Tabla 7. 5: Varianzas e índices de sensibilidad para el escenario 8

| Índices | V_{qhl} | S_{qhl} |
|---------|-----------|-----------|
| 1 | 0,0003 | 0,0037 |
| 2 | 0,0028 | 0,0325 |
| 3 | 0,0029 | 0,0344 |
| 4 | 0,0039 | 0,0459 |
| 5 | 0,0035 | 0,0411 |
| 1,2 | 0,0077 | 0,0906 |
| 1,3 | 0,0012 | 0,0142 |
| 1,4 | 0,0022 | 0,0264 |
| 1,5 | 0,0006 | 0,0069 |
| 2,3 | 0,0027 | 0,0318 |
| 2,4 | 0,0137 | 0,1613 |
| 2,5 | 0,0021 | 0,0249 |
| 3,4 | 0,0029 | 0,0342 |
| 3,5 | 0,0001 | 0,0010 |
| 4,5 | 0,0003 | 0,0036 |
| 1,2,3 | 0,0034 | 0,0396 |
| 1,2,4 | 0,0041 | 0,0487 |
| 1,2,5 | 0,0009 | 0,0102 |
| 1,3,4 | 0,0048 | 0,0566 |
| 1,3,5 | 0,0003 | 0,0041 |
| 1,4,5 | 0,0007 | 0,0077 |

| | | |
|-----------|--------|--------|
| 2,3,4 | 0,0045 | 0,0527 |
| 2,3,5 | 0,0003 | 0,0032 |
| 2,4,5 | 0,0012 | 0,0140 |
| 3,4,5 | 0,0009 | 0,0103 |
| 1,2,3,4 | 0,0051 | 0,0608 |
| 1,2,3,5 | 0,0013 | 0,0150 |
| 1,2,4,5 | 0,0018 | 0,0207 |
| 1,3,4,5 | 0,0015 | 0,0174 |
| 2,3,4,5 | 0,0030 | 0,0359 |
| 1,2,3,4,5 | 0,0043 | 0,0506 |

| q | S_{Tq} |
|-----|----------|
| 1 | 0,4732 |
| 2 | 0,6926 |
| 3 | 0,4618 |
| 4 | 0,6467 |
| 5 | 0,2666 |

Elaboración: Propia

Como era de esperar, por la forma funcional del indicador de eficiencia como cociente de la suma ponderada de outputs y la suma ponderada de inputs, las interacciones son muy elevadas.

Dado el esfuerzo computacional que requiere el cálculo exacto de todos los coeficientes de sensibilidad se ha diseñado un procedimiento para obtenerlos por muestreo. El código se adjunta en el Anexo 11.

La bondad del algoritmo basado en el muestreo puede comprobarse en el siguiente cuadro comparativo.

Tabla 7. 6: Descomposición de la varianza por el procedimiento exhaustivo y por muestreo

| | | Valores Exhaustivo | Valores Muestreo | Diferencia |
|----|---|--------------------|------------------|--------------|
| ## | 1 | 3.108129e-04 | 3.108129e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 2 | 2.755647e-03 | 2.755647e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 3 | 2.913835e-03 | 2.913835e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 4 | 3.888939e-03 | 3.888939e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 5 | 3.479801e-03 | 3.479801e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 6 | 7.675248e-03 | 7.675248e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 7 | 1.204945e-03 | 1.204945e-03 | 0.0000000000 |

| | | | | |
|----|----|--------------|--------------|---------------|
| ## | 8 | 2.232607e-03 | 2.232607e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 9 | 5.846735e-04 | 5.846735e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 10 | 2.695547e-03 | 2.695547e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 11 | 1.366140e-02 | 1.366140e-02 | 0.0000000000 |
| ## | 12 | 2.112628e-03 | 2.112628e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 13 | 2.895524e-03 | 2.895524e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 14 | 8.770442e-05 | 8.770442e-05 | 0.0000000000 |
| ## | 15 | 3.058345e-04 | 3.058345e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 16 | 3.358177e-03 | 3.358177e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 17 | 4.128429e-03 | 4.128429e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 18 | 8.612983e-04 | 8.612983e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 19 | 4.798882e-03 | 4.798882e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 20 | 3.445767e-04 | 3.445767e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 21 | 6.528595e-04 | 6.528595e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 22 | 4.462976e-03 | 4.462976e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 23 | 2.734467e-04 | 2.734467e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 24 | 1.185160e-03 | 1.185160e-03 | 0.0000000000 |
| ## | 25 | 8.692353e-04 | 8.692353e-04 | 0.0000000000 |
| ## | 26 | 5.147008e-03 | 5.261507e-03 | -0.0001144984 |
| ## | 27 | 1.272948e-03 | 2.029572e-03 | -0.0007566240 |
| ## | 28 | 1.757074e-03 | 1.877170e-03 | -0.0001200959 |
| ## | 29 | 1.471702e-03 | 8.498187e-05 | 0.0013867204 |
| ## | 30 | 3.040572e-03 | 2.863421e-03 | 0.0001771508 |
| ## | 31 | 4.289338e-03 | 4.861991e-03 | -0.0005726529 |

La distribución de las diferencias puede verse en la siguiente tabla

Tabla 7. 7: Distribución de las diferencias obtenidas entre el procedimiento exhaustivo y por muestreo

| ## | Min. | 1st Qu. | Median | Mean | 3rd Qu. | Max. |
|----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ## | -0.0007566 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0.0013870 |

En el anexo se incluyen los resultados utilizando además de \bar{R} , el coeficiente de rangos de Spearman.

$$R_{Sp} = 1 - \frac{6 * \sum_{k=1}^M (Ranking_{ref}(k) - Ranking(k))^2}{M(M^2 - 1)}$$

7.4 Escenario 9: Normalización de variables

La existencia de altas interacciones entre las variables ξ_q que modelizan la selección de pesos procedentes de la etapa de aplicación del análisis de eficiencia nos ha sugerido utilizar técnicas de agregación específicamente desarrolladas para afrontar estas situaciones.

Las hipótesis de aditividad y compensabilidad están implícitamente presentes cuando construimos un indicador compuesto mediante la agregación ponderada de sus componentes. Cuando el análisis de sensibilidad nos indica que estas hipótesis no se cumplen, un enfoque es normalizar las variables de forma que los inputs puedan agregarse con los outputs.

Dados los inputs $X_r, r = 1, \dots, S$ hemos optado por la normalización

$$X_r = \frac{\min\{X_r\}}{X_r}, \quad r = 1, \dots, S$$

Para los outputs la normalización se realiza mediante

$$X_{S+i} = \frac{Y_i}{\max\{Y_i\}}, \quad i = 1, \dots, m$$

Siendo el número total de variables $Q=S+m$.

La aplicación de esta normalización a las variables del escenario 8, genera el escenario 9.

En el escenario 8 utilizábamos la variable 1/ALUMAT como input, para evitar errores de redondeo; en el nuevo escenario normalizamos ALUMAT como output, por lo que solo la variable NOTA_MEDIA_CICLO es normalizada como input.

Escenario 9

Variables

- ALUMAT normalizada
- NOTA_MEDIA_CICLO normalizada
- SATEST_GLOBAL normalizada
- TASAPRO normalizada

- PROMAPRO normalizada

Modelo: Rendimientos Variables con orientación Outputs

N° Profesores analizados: 122, se han excluido las asignaturas que registran niveles de matrícula iguales e inferiores a 6 estudiantes, a través de $ALUMAT < 6$

Los valores normalizados de las cinco variables, para las primeras unidades son los siguientes:

Tabla 7. 8: Valores normalizados de las variables del escenario 9

| ALUMAT | NOTA_CICLO | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|--------|------------|---------------|---------|----------|
| 0.6875 | 0.9497 | 0.8278 | 0.4182 | 0.7667 |
| 0.3875 | 0.8905 | 0.6817 | 0.6774 | 0.8282 |
| 0.1000 | 0.8911 | 0.8876 | 0.5000 | 0.7974 |
| 0.1250 | 0.8911 | 0.8934 | 0.8000 | 0.8128 |
| 0.6812 | 0.8984 | 0.8620 | 0.2752 | 0.8077 |
| 0.6938 | 0.9027 | 0.8635 | 0.6216 | 0.7872 |

Elaboración: Propia

En este modelo para construir el conjunto de pesos seleccionamos los de las unidades eficientes con $\pi_k \geq 10$ que son las de etiquetas:

"AD001", "AD020", "AD025", "AD032", "AD052" y "AD133"

Reproduciendo el proceso descrito en el análisis de sensibilidad del escenario 8, se obtienen los términos de la descomposición de la varianza y los índices de sensibilidad de primer orden siguientes:

Tabla 7. 9: Varianzas e índices de sensibilidad para el escenario 9

| Indices | V_{qhl} | S_{qhl} |
|---------|-----------|-----------|
| 1 | 0,0096 | 0,0680 |
| 2 | 0,0315 | 0,2226 |
| 3 | 0,0010 | 0,0073 |
| 4 | 0,0101 | 0,0711 |
| 5 | 0,0235 | 0,1658 |
| 1,2 | 0,0002 | 0,0139 |
| 1,3 | 0,0000 | 0,0003 |
| 1,4 | 0,0036 | 0,0256 |

| | | |
|-----------|--------|--------|
| 1,5 | 0,0001 | 0,0010 |
| 2,3 | 0,0034 | 0,0244 |
| 2,4 | 0,0133 | 0,0938 |
| 2,5 | 0,0045 | 0,0320 |
| 3,4 | 0,0072 | 0,0511 |
| 3,5 | 0,0010 | 0,0070 |
| 4,5 | 0,0022 | 0,0154 |
| 1,2,3 | 0,0010 | 0,0070 |
| 1,2,4 | 0,0042 | 0,0295 |
| 1,2,5 | 0,0003 | 0,0024 |
| 1,3,4 | 0,0013 | 0,0089 |
| 1,3,5 | 0,0004 | 0,0027 |
| 1,4,5 | 0,0006 | 0,0045 |
| 2,3,4 | 0,0080 | 0,0565 |
| 2,3,5 | 0,0011 | 0,0079 |
| 2,4,5 | 0,0030 | 0,0210 |
| 3,4,5 | 0,0015 | 0,0105 |
| 1,2,3,4 | 0,0025 | 0,0173 |
| 1,2,3,5 | 0,0006 | 0,0041 |
| 1,2,4,5 | 0,0010 | 0,0074 |
| 1,3,4,5 | 0,0003 | 0,0023 |
| 2,3,4,5 | 0,0022 | 0,0157 |
| 1,2,3,4,5 | 0,0004 | 0,0030 |

| q | S_{T_q} |
|-----|-----------|
| 1 | 0,1980 |
| 2 | 0,5585 |
| 3 | 0,2262 |
| 4 | 0,4337 |
| 5 | 0,3028 |

Elaboración: Propia

7.5 Aplicación de la integral de Choquet y el índice de Shapley a la construcción de indicadores compuestos.

Las capacidades (también conocidas como medidas fuzzy o medidas no aditivas) permiten abordar las situaciones en que no se cumple el axioma de aditividad y se relaja a una condición de monotonía.

Dado un conjunto finito Ω , y $P(\Omega)$ el conjunto de las partes de Ω se dice que una función $\mu: P(\Omega) \rightarrow [0,1]$ es una **capacidad** si satisface:

- a. $\mu(\emptyset) = 0$ y $\mu(\Omega) = 1$
- b. si $A \subseteq B \Rightarrow \mu(A) \leq \mu(B)$

Dada una capacidad μ se define su **transformación de Möbius** m_μ como la función

$$m_\mu : P(\Omega) \rightarrow R$$

$$m_\mu(B) = \sum_{A \subseteq B} (-1)^{|B|-|A|} \mu(A) \quad \forall B \subseteq \Omega$$

Si tenemos la función m_μ la capacidad puede obtenerse mediante

$$\mu(B) = \sum_{A \subseteq B} m_\mu(A)$$

El que las funciones de capacidad tomen $2^{\text{card}(\Omega)}$ valores dificulta su utilización, por ello, es importante buscar procedimientos que permitan la obtención de sus valores.

Si tomamos $\Omega = \{ \xi_1, \dots, \xi_Q \}$, $P(\Omega)$ se corresponde biunívocamente con el conjunto de los subíndices de la descomposición de la varianza de \bar{R} , por lo que hemos planteado dos procedimientos para construir una capacidad, en el primero la capacidad se calcula directamente como la varianza normalizada de cada conjunto de factores de incertidumbre, mientras que en el segundo exploramos, para cada conjunto de factores de incertidumbre, la influencia de las interacciones de los restantes factores a partir de los índices de sensibilidad de Sobol.

Algoritmo 7.1 *Obtención de una medida de capacidad a partir de la descomposición de la varianza.*

1. Calcular los $2^Q - 1$ valores

$$VN_{\xi_q} = V_{\xi_q} \left(E_{\xi_{-q}} (y | \xi_q) \right) / V(y)$$

$$VN_{\xi_q \xi_h} = V_{\xi_q \xi_h} \left(E_{\xi_{-qh}} (y | \xi_q, \xi_h) \right) / V(y)$$

$$VN_{\xi_q \xi_h \xi_l} = V_{\xi_q \xi_h \xi_l} \left(E_{\xi_{-qhl}} (y | \xi_q, \xi_h, \xi_l) \right) / V(y)$$

...

2. Para cada conjunto $\Psi \in P(\Omega)$ definir $\mu(\Psi) = VN_{\Psi}$, con $\mu(\emptyset) = 0$

Algoritmo 7.2. *Obtención de una medida de capacidad a partir de los índices de sensibilidad global.*

1. Calcular los $2^Q - 1$ componentes de la descomposición de la varianza

$$V(y) = \sum_{q=1}^Q V_q + \sum_{q=1}^Q \sum_{h>q} V_{qh} + \sum_{q=1}^Q \sum_{h>q} \sum_{l>h} V_{qhl} + \dots$$

donde :

$$V_q = V_{\xi_q} \left(E_{\xi_{-q}} (y | \xi_q) \right)$$

$$V_{qh} = V_{\xi_q \xi_h} \left(E_{\xi_{-qh}} (y | \xi_q, \xi_h) \right) - V_q - V_h$$

$$V_{qhl} = V_{\xi_q \xi_h \xi_l} \left(E_{\xi_{-qhl}} (y | \xi_q, \xi_h, \xi_l) \right) - V_q - V_h - V_l$$

...

2. Calcular los índices de sensibilidad global

$$S_{qhl} = \frac{V_{qhl}}{V(y)}$$

3. Obtener para cada conjunto $\Psi \in P(\Omega)$, su complementario, $\bar{\Psi} = \Omega - \Psi$

4. Definir $\eta(\Psi) = S_{\bar{\Psi}}$

5. Si η es una capacidad, denotar $\mu = \eta$. Fin

6. Si $\exists A \in P(\Omega) | \eta(A) > \eta(B)$ con $A \subseteq B$, entonces definir

$$\mu(B) = \max_{C \subseteq B} \eta(C). \text{Fin}$$

Para el escenario 9, aplicando el algoritmo 7.1 para obtener la capacidad μ_1 y el algoritmo 7.2 para la capacidad μ_2 obtenemos los resultados que se muestran en la Tabla 7. 10.

Tabla 7. 10: Varianzas, índices de sensibilidad y valores de las capacidades μ_1 y μ_2 para el escenario 9

| Indices | V_{qhl} | S_{qhl} | $\mu_1(qhl)$ | $\eta(qhl)$ | $\mu_2(qhl)$ |
|---------|-----------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| 1 | 0,0003 | 0,0037 | 0,0680 | 0,0359 | 0,0359 |
| 2 | 0,0028 | 0,0325 | 0,2226 | 0,0174 | 0,0174 |
| 3 | 0,0029 | 0,0344 | 0,0073 | 0,0207 | 0,0207 |
| 4 | 0,0039 | 0,0459 | 0,0711 | 0,0150 | 0,0150 |
| 5 | 0,0035 | 0,0411 | 0,1658 | 0,0608 | 0,0608 |
| 1,2 | 0,0077 | 0,0906 | 0,3045 | 0,0103 | 0,0359 |
| 1,3 | 0,0012 | 0,0142 | 0,0755 | 0,0140 | 0,0359 |
| 1,4 | 0,0022 | 0,0264 | 0,1646 | 0,0032 | 0,0359 |
| 1,5 | 0,0006 | 0,0069 | 0,2348 | 0,0527 | 0,0608 |
| 2,3 | 0,0027 | 0,0318 | 0,2542 | 0,0077 | 0,0207 |
| 2,4 | 0,0137 | 0,1613 | 0,3874 | 0,0041 | 0,0174 |
| 2,5 | 0,0021 | 0,0249 | 0,4204 | 0,0566 | 0,0608 |
| 3,4 | 0,0029 | 0,0342 | 0,1294 | 0,0102 | 0,0207 |
| 3,5 | 0,0001 | 0,0010 | 0,1801 | 0,0487 | 0,0608 |
| 4,5 | 0,0003 | 0,0036 | 0,2523 | 0,0396 | 0,0608 |
| 1,2,3 | 0,0034 | 0,0396 | 0,3434 | 0,0036 | 0,0359 |
| 1,2,4 | 0,0041 | 0,0487 | 0,5244 | 0,0010 | 0,0359 |
| 1,2,5 | 0,0009 | 0,0102 | 0,5057 | 0,0342 | 0,0608 |
| 1,3,4 | 0,0048 | 0,0566 | 0,2322 | 0,0249 | 0,0359 |
| 1,3,5 | 0,0003 | 0,0041 | 0,2521 | 0,1613 | 0,1613 |
| 1,4,5 | 0,0007 | 0,0077 | 0,3513 | 0,0318 | 0,0608 |
| 2,3,4 | 0,0045 | 0,0527 | 0,5267 | 0,0069 | 0,0207 |
| 2,3,5 | 0,0003 | 0,0032 | 0,4669 | 0,0264 | 0,0608 |
| 2,4,5 | 0,0012 | 0,0140 | 0,6216 | 0,0142 | 0,0608 |
| 3,4,5 | 0,0009 | 0,0103 | 0,3282 | 0,0906 | 0,0906 |
| 1,2,3,4 | 0,0051 | 0,0608 | 0,6972 | 0,0411 | 0,0411 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1,2,3,5 | 0,0013 | 0,0150 | 0,5663 | 0,0459 | 0,1613 |
| 1,2,4,5 | 0,0018 | 0,0207 | 0,7738 | 0,0344 | 0,0608 |
| 1,3,4,5 | 0,0015 | 0,0174 | 0,4415 | 0,0325 | 0,1613 |
| 2,3,4,5 | 0,0030 | 0,0359 | 0,8020 | 0,0037 | 0,0906 |
| 1,2,3,4,5 | 0,0043 | 0,0506 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |

Elaboración: Propia

De igual forma para este mismo escenario 9, los valores de la transformación de Möbius de la capacidad obtenida por el algoritmo 7.1 son:

Tabla 7. 11: Transformaciones de Möbius para el escenario 9

| $m(\mu_1)$ | | $m(\mu_2)$ | |
|----------------|----------|----------------|-----------|
| ## {} | 0.000000 | ## {} | 0.000000 |
| ## {1} | 0.067983 | ## {1} | 0.035890 |
| ## {2} | 0.222592 | ## {2} | 0.017372 |
| ## {3} | 0.007286 | ## {3} | 0.020740 |
| ## {4} | 0.071053 | ## {4} | 0.015026 |
| ## {5} | 0.165830 | ## {5} | 0.060754 |
| ## {1,2} | 0.013876 | ## {1,2} | -0.017372 |
| ## {1,3} | 0.000277 | ## {1,3} | -0.020740 |
| ## {1,4} | 0.025575 | ## {1,4} | -0.015026 |
| ## {1,5} | 0.001031 | ## {1,5} | -0.035890 |
| ## {2,3} | 0.024371 | ## {2,3} | -0.017372 |
| ## {2,4} | 0.093761 | ## {2,4} | -0.015026 |
| ## {2,5} | 0.031971 | ## {2,5} | -0.017372 |
| ## {3,4} | 0.051109 | ## {3,4} | -0.015026 |
| ## {3,5} | 0.006968 | ## {3,5} | -0.020740 |
| ## {4,5} | 0.015399 | ## {4,5} | -0.015026 |
| ## {1,2,3} | 0.007032 | ## {1,2,3} | 0.017372 |
| ## {1,2,4} | 0.029513 | ## {1,2,4} | 0.015026 |
| ## {1,2,5} | 0.002375 | ## {1,2,5} | 0.017372 |
| ## {1,3,4} | 0.008939 | ## {1,3,4} | 0.015026 |
| ## {1,3,5} | 0.002732 | ## {1,3,5} | 0.121242 |
| ## {1,4,5} | 0.004457 | ## {1,4,5} | 0.015026 |
| ## {2,3,4} | 0.056494 | ## {2,3,4} | 0.015026 |
| ## {2,3,5} | 0.007865 | ## {2,3,5} | 0.017372 |
| ## {2,4,5} | 0.021022 | ## {2,4,5} | 0.015026 |
| ## {3,4,5} | 0.010523 | ## {3,4,5} | 0.044868 |
| ## {1,2,3,4} | 0.017326 | ## {1,2,3,4} | -0.009841 |
| ## {1,2,3,5} | 0.004143 | ## {1,2,3,5} | -0.017372 |
| ## {1,2,4,5} | 0.007370 | ## {1,2,4,5} | -0.015026 |
| ## {1,3,4,5} | 0.002341 | ## {1,3,4,5} | -0.044868 |
| ## {2,3,4,5} | 0.015743 | ## {2,3,4,5} | -0.015026 |
| ## {1,2,3,4,5} | 0.003043 | ## {1,2,3,4,5} | 0.848585 |

La integral de Choquet respecto a una capacidad μ es una generalización de la integral de Lebesgue para variables discretas, y es el operador de agregación que nos permite obtener un valor a partir de las variables originales, cuando existe interacción entre las mismas (Marichal, 2000).

Sea $f : \Omega \rightarrow R^+$ una función con $x_q = f(q)$ con $q \in \{1, \dots, Q\}$ y $x_0 = 0$

La **integral de Choquet discreta** de f con respecto a la capacidad μ se define como

$$C_{\mu}(x_1, \dots, x_Q) = \sum_{q=1}^Q (x_{(q)} - x_{(q-1)}) \mu(A_{(q)})$$

donde

$\{x_{(1)}, \dots, x_{(Q)}\}$ es una permutación no decreciente de $\{x_1, \dots, x_Q\}$ y

$$A_{(q)} = \{x_{(q)}, \dots, x_{(Q)}\}$$

Reordenando los términos, otra forma de calcular la integral de Choquet discreta es mediante la fórmula

$$C_{\mu}(x_1, \dots, x_Q) = \sum_{q=1}^Q x_{(q)} (\mu(A_{(q)}) - \mu(A_{(q+1)}))$$

Los valores de la integral de Choquet discreta constituyen un indicador compuesto que denotaremos \mathbf{IC}_{2_1} para la capacidad μ_1 , e \mathbf{IC}_{2_2} para la capacidad μ_2 .

En la Tabla 7. 12 se muestran para el escenario 9, los valores de estos indicadores compuestos de las 20 primeras unidades y de las unidades con los 20 valores mayores.

Tabla 7. 12: Valores de la Integral de Choquet discreta

| DMU | IC _{2,1} | IC _{2,2} | DMU | IC _{2,1} | DMU | IC _{2,2} |
|-------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|
| AD001 | 0,6503 | 0,4698 | AD025 | 0,8542 | AD025 | 0,8483 |
| AD002 | 0,6975 | 0,4240 | AD083 | 0,8383 | AD083 | 0,7901 |
| AD003 | 0,5834 | 0,1562 | AD019 | 0,8323 | AD019 | 0,7579 |
| AD004 | 0,6922 | 0,1886 | AD077 | 0,8015 | AD085 | 0,6998 |
| AD005 | 0,5861 | 0,3501 | AD081 | 0,7992 | AD077 | 0,6794 |
| AD006 | 0,7342 | 0,6412 | AD058 | 0,7903 | AD081 | 0,6725 |
| AD007 | 0,6334 | 0,3389 | AD082 | 0,7825 | AD082 | 0,6713 |
| AD008 | 0,6425 | 0,2057 | AD076 | 0,7671 | AD015 | 0,6598 |
| AD009 | 0,6987 | 0,1957 | AD085 | 0,7640 | AD006 | 0,6412 |
| AD010 | 0,6478 | 0,4736 | AD015 | 0,7433 | AD067 | 0,6316 |
| AD011 | 0,6963 | 0,5911 | AD139 | 0,7401 | AD070 | 0,6261 |
| AD012 | 0,6345 | 0,4573 | AD135 | 0,7341 | AD011 | 0,5911 |
| AD013 | 0,6730 | 0,5111 | AD017 | 0,7313 | AD087 | 0,5842 |
| AD014 | 0,7032 | 0,5709 | AD054 | 0,7286 | AD016 | 0,5727 |
| AD015 | 0,7566 | 0,6598 | AD133 | 0,7264 | AD014 | 0,5709 |
| AD016 | 0,6974 | 0,5727 | AD006 | 0,7214 | AD076 | 0,5652 |
| AD017 | 0,7443 | 0,2922 | AD070 | 0,7166 | AD027 | 0,563 |
| AD018 | 0,6763 | 0,2092 | AD091 | 0,7159 | AD026 | 0,5608 |
| AD019 | 0,8471 | 0,7579 | AD031 | 0,7153 | AD079 | 0,5599 |
| AD020 | 0,7069 | 0,5265 | AD065 | 0,7120 | AD058 | 0,554 |

Elaboración: Propia

Dado que en el cálculo del indicador IC₂ intervienen tanto la capacidad de cada una de las variables como de sus interacciones es difícil valorar la influencia individual de cada variable, por ello Shapley propuso una medida de importancia de cada variable con respecto a la capacidad.

El **índice de importancia de Shapley** de la variable X_q con respecto a la capacidad μ se define como

$$\Phi(X_q) = \sum_{A \subseteq \Omega - \{X_q\}} \frac{(\text{card}(\Omega) - \text{card}(A) - 1)!}{\text{card}(\Omega)!} [\mu(A \cup \{X_q\}) - \mu(A)]$$

Con respecto a la transformación de Möbius el Índice de importancia de Shapley puede ser obtenido mediante

$$\Phi(X_q) = \sum_{A \subseteq \Omega - \{X_q\}} \frac{1}{\text{card}(A) + 1} m_\mu(A \cup \{X_q\})$$

El índice de importancia de Shapley verifica:

$$\Phi(X_q) \in [0,1] \quad \forall q = 1, \dots, Q$$

$$\sum_{q=1}^Q \Phi(X_q) = 1$$

En Tabla 7. 13 se muestran los valores de Φ para el escenario 9.

Tabla 7. 13: Valores del Índice de Shapley para el escenario 9

| | Índice de Shapley | |
|-------------------------------------|-------------------|---------|
| | μ_1 | μ_2 |
| ALUMAT normalizada | 0,1151 | 0,2063 |
| NOTA_MEDIA_CICLO normalizada | 0,3578 | 0,1716 |
| SATEST_GLOBAL normalizada | 0,0903 | 0,2087 |
| TASAPRO normalizada | 0,2189 | 0,1735 |
| PROMAPRO normalizada | 0,2178 | 0,2399 |

Elaboración: Propia

Podemos comprobar que en la primera medida de capacidad el mayor índice de Shapley corresponde a la variable que modeliza la variabilidad de los pesos de la nota media del ciclo, mientras que para la segunda capacidad los cinco índices tienen un menor recorrido.

Utilizando los valores del Índice de Shapley como pesos, obtenemos el indicador compuesto que denotaremos IC_{3_1} para la primera medida de capacidad e IC_{3_2} para la segunda.

En la Tabla 7. 14 se muestran con el escenario 9, los valores del indicador compuesto IC_3 , de las 20 primeras unidades y de las unidades con los 20 valores mayores.

Tabla 7. 14: Valores del Indicador Compuesto IC₃

| DMU | IC3_1 | IC3_2 | | DMU | IC3_1 | | DMU | IC3_2 |
|-------|---------|---------|--|-------|---------|--|-------|---------|
| AD001 | 0,75225 | 0,73403 | | AD025 | 0,88494 | | AD025 | 0,89545 |
| AD002 | 0,75351 | 0,69122 | | AD019 | 0,87204 | | AD019 | 0,86066 |
| AD003 | 0,69367 | 0,63681 | | AD083 | 0,86558 | | AD083 | 0,85915 |
| AD004 | 0,7661 | 0,69891 | | AD058 | 0,84456 | | AD081 | 0,82595 |
| AD005 | 0,71393 | 0,71612 | | AD081 | 0,83806 | | AD058 | 0,82009 |
| AD006 | 0,78841 | 0,77493 | | AD077 | 0,83559 | | AD082 | 0,81892 |
| AD007 | 0,719 | 0,67195 | | AD082 | 0,8314 | | AD077 | 0,81287 |
| AD008 | 0,72315 | 0,65059 | | AD054 | 0,81502 | | AD015 | 0,80838 |
| AD009 | 0,77097 | 0,69042 | | AD139 | 0,81433 | | AD078 | 0,80717 |
| AD010 | 0,74008 | 0,73273 | | AD076 | 0,8136 | | AD085 | 0,80283 |
| AD011 | 0,75227 | 0,74451 | | AD015 | 0,81145 | | AD076 | 0,77707 |
| AD012 | 0,72799 | 0,71849 | | AD133 | 0,80845 | | AD061 | 0,77572 |
| AD013 | 0,75992 | 0,75225 | | AD017 | 0,80707 | | AD006 | 0,77493 |
| AD014 | 0,77219 | 0,76601 | | AD085 | 0,80401 | | AD070 | 0,76864 |
| AD015 | 0,81145 | 0,80838 | | AD031 | 0,80372 | | AD020 | 0,76634 |
| AD016 | 0,76773 | 0,76093 | | AD135 | 0,80102 | | AD014 | 0,76601 |
| AD017 | 0,80707 | 0,74497 | | AD053 | 0,80053 | | AD079 | 0,76523 |
| AD018 | 0,74906 | 0,6767 | | AD078 | 0,79236 | | AD016 | 0,76093 |
| AD019 | 0,87204 | 0,86066 | | AD091 | 0,78881 | | AD139 | 0,75507 |

Elaboración: Propia

En la Tabla 7. 15 se muestra la comparación de los resultados obtenidos para los tres indicadores compuestos y el mínimo, máximo y media de los valores de las cinco variables.

Tabla 7. 15: Comparación de los indicadores compuestos, mínimo, máximo y media de las 20 primeras unidades en el escenario 9

| | IC ₁ | IC _{2_1} | IC _{2_2} | IC _{3_1} | IC _{3_2} | Min | Max | Media |
|-------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| AD001 | 0,8871 | 0,6503 | 0,4698 | 0,7523 | 0,7340 | 0,4182 | 0,9497 | 0,7300 |
| AD002 | 0,8523 | 0,6975 | 0,4240 | 0,7535 | 0,6912 | 0,3875 | 0,8905 | 0,6931 |
| AD003 | 0,8538 | 0,5834 | 0,1562 | 0,6937 | 0,6368 | 0,1000 | 0,8911 | 0,6352 |
| AD004 | 0,8985 | 0,6922 | 0,1886 | 0,7661 | 0,6989 | 0,1250 | 0,8934 | 0,7044 |
| AD005 | 0,8514 | 0,5861 | 0,3501 | 0,7139 | 0,7161 | 0,2752 | 0,8984 | 0,7049 |
| AD006 | 0,8986 | 0,7342 | 0,6412 | 0,7884 | 0,7749 | 0,6216 | 0,9027 | 0,7738 |
| AD007 | 0,8563 | 0,6334 | 0,3389 | 0,7190 | 0,6719 | 0,3000 | 0,8905 | 0,6710 |
| AD008 | 0,8550 | 0,6425 | 0,2057 | 0,7231 | 0,6506 | 0,1500 | 0,8911 | 0,6546 |
| AD009 | 0,8819 | 0,6987 | 0,1957 | 0,7710 | 0,6904 | 0,1313 | 0,8911 | 0,6948 |
| AD010 | 0,8597 | 0,6478 | 0,4736 | 0,7401 | 0,7327 | 0,4245 | 0,8871 | 0,7251 |
| AD011 | 0,8498 | 0,6963 | 0,5911 | 0,7523 | 0,7445 | 0,5636 | 0,8486 | 0,7405 |
| AD012 | 0,8422 | 0,6345 | 0,4573 | 0,7280 | 0,7185 | 0,4037 | 0,8802 | 0,7110 |
| AD013 | 0,8774 | 0,6730 | 0,5111 | 0,7599 | 0,7523 | 0,4643 | 0,9027 | 0,7457 |
| AD014 | 0,8791 | 0,7032 | 0,5709 | 0,7722 | 0,7660 | 0,5364 | 0,8802 | 0,7598 |
| AD015 | 0,9121 | 0,7566 | 0,6598 | 0,8115 | 0,8084 | 0,6299 | 0,9042 | 0,8052 |
| AD016 | 0,8840 | 0,6974 | 0,5727 | 0,7677 | 0,7609 | 0,5413 | 0,8899 | 0,7569 |
| AD017 | 0,9209 | 0,7443 | 0,2922 | 0,8071 | 0,7450 | 0,2375 | 0,9211 | 0,7527 |
| AD018 | 0,8753 | 0,6763 | 0,2092 | 0,7491 | 0,6767 | 0,1500 | 0,8911 | 0,6818 |
| AD019 | 0,9287 | 0,8471 | 0,7579 | 0,8720 | 0,8607 | 0,7438 | 0,9412 | 0,8610 |
| AD020 | 0,9119 | 0,7069 | 0,5265 | 0,7793 | 0,7663 | 0,5000 | 0,9873 | 0,7632 |

Elaboración: Propia

Las correlaciones entre los indicadores compuestos, y mínimo, máximo y media de las cinco variables se muestran en la Tabla 7. 16.

Tabla 7. 16: Correlaciones entre los indicadores compuestos, y mínimo, máximo y media de las cinco variables

| | IC ₁ | IC _{2_1} | IC _{2_2} | IC _{3_1} | IC _{3_2} | Min | Max | Media |
|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|--------|-------|
| IC ₁ | 1 | | | | | | | |
| IC _{2_1} | 0,8691 | 1 | | | | | | |
| IC _{2_2} | 0,3744 | 0,6003 | 1 | | | | | |
| IC _{3_1} | 0,9182 | 0,9781 | 0,5607 | 1 | | | | |
| IC _{3_2} | 0,7942 | 0,8655 | 0,7714 | 0,9083 | 1 | | | |
| Min | 0,3624 | 0,5962 | 0,9976 | 0,5451 | 0,7450 | 1 | | |
| Max | 0,4276 | 0,1931 | -0,0458 | 0,3135 | 0,2349 | -0,0625 | 1 | |
| Media | 0,8300 | 0,8985 | 0,7450 | 0,9371 | 0,9969 | 0,7205 | 0,2497 | 1 |

Elaboración: Propia

Como podemos comprobar en la aplicación al área Administrativa con el escenario 9, el indicador compuesto IC_1 basado en la ponderación de las distancias entre los conjuntos de pesos está más correlacionado con el indicador compuesto IC_{3_1} obtenido con los índices de Shapley para la medida de capacidad basada en la descomposición de la varianza. El indicador compuesto IC_{2_1} está más correlacionado con el IC_{3_1} lo que es esperable al haberse calculado mediante la integral de Choquet discreta y los índices de Shapley con la misma función de capacidad. El IC_{2_2} , obtenido mediante la integral de Choquet discreta para la capacidad calculada a partir de los índices de sensibilidad de las interacciones entre las fuentes de incertidumbre, está muy correlacionado con el mínimo, los indicadores IC_{3_1} e IC_{3_2} están muy correlacionados con la media.

La elección de un indicador compuesto u otro depende del nivel de tolerancia del decisor a valores bajos en alguno de los criterios. Lógicamente el comportamiento de máxima tolerancia viene dado por el máximo y el de mínima tolerancia por el mínimo.

Para medir el nivel de tolerancia de la integral de Choquet discreta para una medida de capacidad μ , C_μ puede emplearse el **índice orness** que se define como:

$$orness(C_\mu) = \frac{1}{n-1} \sum_{A \subseteq \Omega} \frac{(card(\Omega) - card(A))! card(A)!}{card(\Omega)!} \mu(A)$$

El índice orness, toma valores en $[0,1]$, verificándose

$$orness(C_\mu) = 0 \Leftrightarrow C_\mu \equiv Min$$

$$orness(C_\mu) = 1 \Leftrightarrow C_\mu \equiv Max$$

En el escenario 9 que estamos usando como ejemplo

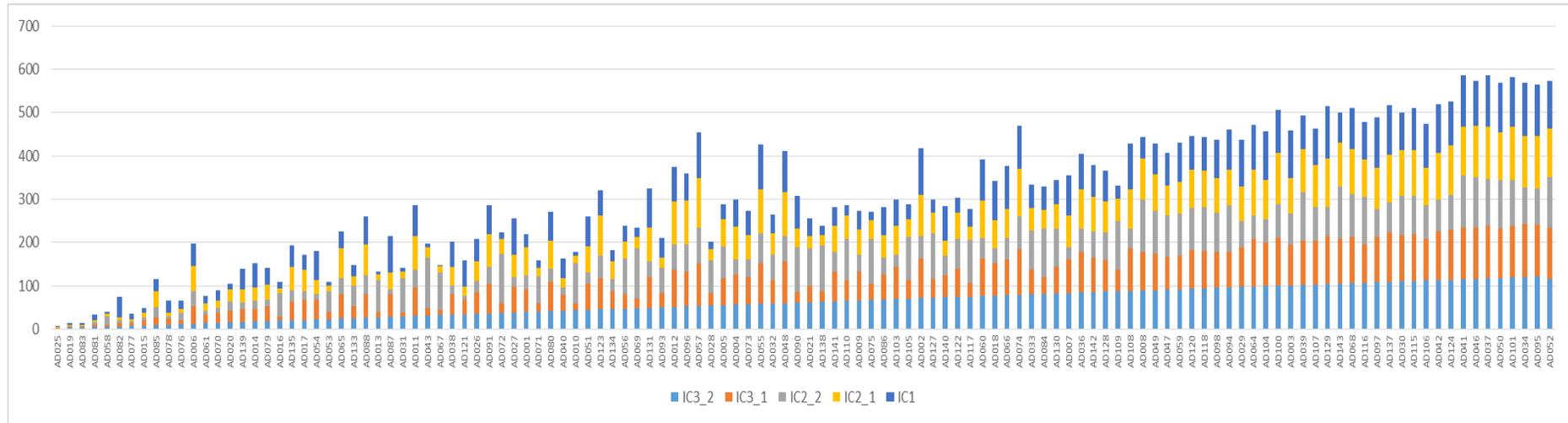
$$orness(C_{\mu_1}) = 0,35467$$

$$orness(C_{\mu_2}) = 0,04646$$

resultado que es coherente con la alta correlación que se da en este caso entre la media y el indicador compuesto construido con la integral de Choquet discreta para la primera función de capacidad con la media, y del mínimo con el construido con la segunda función de capacidad.

Dado que las recomendaciones de la OCDE y del JRC de la UE sobre indicadores compuestos incluye la conveniencia de hacer una representación gráfica de los resultados, en el Gráfico 7. 1 mostramos una posible presentación conjunta de los rangos obtenidos para todas las unidades de nuestro ejemplo con los cinco indicadores compuestos que muestra la robustez y coherencia de los procedimientos propuestos.

Gráfico 7. 1: Representación de los rangos acumulados de las unidades con los cinco indicadores compuestos



Elaboración Propia

CONCLUSIONES

El objetivo principal del trabajo ha sido introducir la dimensión de la eficiencia en la medición de la actividad docente del profesor universitario, campo mucho menos tratado en la literatura de las áreas de conocimiento cuantitativas que el de la actividad investigadora. Esta menor presencia de la dimensión docente tiene entre sus causas, además de un menor consenso sobre lo que se entiende por docencia “de calidad”, la escasez de datos y la dificultad de comparar la información disponible en los diversos sistemas universitarios.

En relación al marco conceptual, en el primer capítulo hemos intentado sistematizar los factores en los que hay un acuerdo mayoritario respecto a su positiva incidencia sobre la actividad docente. En el capítulo segundo se han presentado los diferentes tipos de eficiencia, identificando la eficiencia técnica como la que mejor se ajusta al concepto de eficiencia docente, y se han introducido en el tercer capítulo las técnicas cuantitativas que pueden emplearse para su medición.

El capítulo cuarto aporta una recopilación de experiencias internacionales de evaluación de las actividades del profesorado universitario, centrándonos en el quinto, para el caso ecuatoriano, en las fuentes de información disponibles en general y en la UTPL en particular. El apoyo dado por las autoridades académicas a la presente tesis ha permitido trabajar con el censo de profesores responsables de asignaturas de la Modalidad Abierta y a Distancia de la UTPL, lo que supone trabajar con una información muy superior, en diversidad y volumen, al de la mayoría de los estudios consultados.

Las aportaciones directamente relacionadas con la Estadística y la Investigación Operativa constituyen los dos últimos capítulos. El capítulo seis muestra la metodología seguida para la selección de inputs, outputs y orientación de los modelos DEA, y la influencia de los distintos escenarios en las mediciones de la eficiencia resultantes.

En el capítulo siete se presentan tres indicadores compuestos de eficiencia docente. Para la construcción de los indicadores se ha aplicado el Análisis Envolvente de Datos para, desde el enfoque del “beneficio de la duda”, obtener para cada profesor los pesos que optimizan su indicador de eficiencia. Dado que este procedimiento nos suministra tantos conjuntos de pesos como profesores, el primer indicador compuesto que proponemos se basa en la aplicación de un procedimiento que tiene en cuenta la distribución espacial de los vectores de pesos, de forma que tengan más participación los vectores con una menor distancia media al resto de los vectores.

El segundo indicador compuesto se basa en una novedosa construcción de una medida de capacidad, que se obtiene en primer lugar directamente a partir de la descomposición exhaustiva de la varianza, y en segundo lugar a partir de los índices de influencia de Sobol. Tanto los términos de la descomposición de la varianza como los índices de Sobol para Q variables ascienden a 2^Q-1 , lo que obliga a recurrir a una aproximación de Monte Carlo para su cálculo. La validez de la técnica de muestreo se ha comprobado, para el conjunto de variables utilizadas para medir la eficiencia, mediante el cálculo de los valores exactos de los índices y su comparación con las estimaciones obtenidas por muestreo. El disponer de una medida de capacidad μ nos permite proponer como segundo indicador compuesto la Integral de Choquet discreta C_μ .

El tercer indicador compuesto utiliza los índices de Shapley para la agregación de las variables normalizadas en función de su carácter input u output.

La elección de uno de los indicadores compuestos de eficiencia docente propuestos, puede ser realizada por el decisor en función del grado de compensabilidad deseado entre los valores de las variables consideradas.

Las aportaciones computacionales se muestran en los Anexos, y constituyen una herramienta de interés para los profesores e instituciones de educación superior, ya que al haberse utilizado exclusivamente el software gratuito y abierto R, todo nuestro desarrollo puede ser reproducido y adaptado a las necesidades de otras titulaciones, centros o universidades.

Desde el punto de vista de la implementación de la metodología de medición de la actividad docente en otras instituciones, las principales limitaciones son, por un lado, la dificultad para acceder a los datos, que puede ser resuelta mediante la efectiva implantación de los principios de transparencia y datos abiertos, y por otro la complejidad computacional de los algoritmos desarrollados. Complejidad consustancial a los problemas que trabajan con funciones definidas sobre la totalidad de las partes de un conjunto, de ahí que líneas futuras de investigación sean las orientadas a aprovechar más las posibilidades de paralelización que brinda la computación distribuida.

Desde el punto de vista de la medición de la eficiencia del conjunto de actividades que realiza el profesor universitario de nuestros días, nuestro trabajo tiene la limitación de centrarse en la labor docente, por ello otra futura línea de investigación es abordar el estudio conjunto de todas ellas.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

- ANECA. (2006). *Modelo de evaluación*. España.
- ANECA. (2007). *Orientaciones para la elaboración del procedimiento de evaluación. DOCENTIA* (pp. 1–47). España.
- ANECA. (2008). *Protocolo para la Elaboración del Informe de Evaluación Externa*
- ANECA. (2009). *Directrices para el seguimiento de la implantación de diseños* (Vol. V.02). España.
- ANECA. (2011a). *Proceso de Certificación de los Modelos de Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado Universitario*. España.
- ANECA. (2011b). *Programa de Apoyo a la Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado Universitario*. España
- Antón Nuño, M. A. (2012). *DOCENCIA UNIVERSITARIA: Concepciones y Evaluación de los Aprendizajes. Estudio de casos*. Universidad de Burgos. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10259/183>
- Aparicio Baeza, J. (2012). *Una Introducción al Análisis Envoltante de Datos. Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, Recuperado de http://www.seio.es/BEIO/Una_introduccion_al_analisis_envoltante_de_datos.html
- Arbeláez López, R. (2005). *Concepciones sobre una Docencia Universitaria de Calidad*. Universidad de Valencia.
- Banker, R. D., Natarajan, R. (2008). *Evaluating Contextual Variables Affecting Productivity Using Data Envelopment Analysis*. *Operations Research*, 56(1), 48–58. doi:10.1287/opre.1070.0460
- Barbosa, S. (2010). *Evaluación de la Eficiencia de las Escuelas de la Universidad de Santander*. Universidad Industrial de Santander - Bucaramanga.
- Barrios Queipo, E. A., Delgado, J. M. (2015). *Las Competencias Profesionales del Docente Universitario, el modelo educativo de la UISEK-Quito y el desempeño profesional docente*. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, VI (2), 239–250.
- Bas Cerdá, M. del C. (2014). *Estrategias metodológicas para la construcción de indicadores compuestos en la gestión universitaria*. Universidad Politécnica Valenciana. Recuperado de:

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/35330/Estrategias%20metodologicas%20para%20la%20construccion%20de%20indicadores%20compuestos%20en%20la%20gestion%20universitaria%205706_5707.pdf?sequence=16

Bogetoft, P., Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA and R*, Springer, New York.

Bogetoft, P., Otto, L.(2015). *Benchmarking with DEA and SFA*, R package version 0.26.

Caballero, K., Bolívar, A. (2015). *El profesorado universitario como docente : hacia una identidad profesional que integre docencia e investigación*. Revista de docencia universitaria, 13(1), 57–77.

Cáceres, H., Kristjanpoller, W., Tabilo, J. (2014). *Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad chilena*. Revista Innovar, 24, 199–217.

Carella, L. (2009). *Educación universitaria : medición del rendimiento académico a través de fronteras de eficiencia*. Universidad Nacional de La Plata.

Carmen, P. M., Bretones Nieto, B., Martos Méndez, M. J., Alonso Morillejo, E. (2011). *Evaluación de la actividad docente en el Espacio Europeo de Educación Superior : un estudio comparativo de indicadores de calidad en universidades europeas*. Revista Española de Pedagogía, (248), 145–163. Recuperado de <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer>

Castro Bonaño, J. M. (2002). *Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una aplicación para Andalucía*. Universidad de Málaga. Recuperado de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/jmc/>

Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T. (2007). *An Introduction to "Benefit of the Doubt" Composite Indicators*. Social Indicators Research. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s11205-006-9029-7>

CINDA, C. I. de D. (2007). *Evaluación del desempeño docente y calidad de la docencia universitaria*. Recuperado de <http://www.cinda.cl/download/libros>

Coelli, T., Prasada, D. S., O'Donnell, C., Battese, G. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity analysis*. Springer. Recuperado de http://facweb.knowlton.ohio-state.edu/pvinton/courses/crp394/coelli_Intro_effic.pdf

Coll, V., & Blasco, O. (2006). *Evaluación de la Eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos, Introducción a los Modelos Básicos*. Recuperado de www.eumed.net/libros/2006c/197/

- Conchado Peiró, A. (2011). *Modelización multivariante de los procesos de enseñanza-aprendizaje basados en competencias en Educación Superior*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Consilla Arteaga, Y. P. (2013). *Aplicación de la Metodología de Análisis Envolvente de Datos para la comparación de la eficiencia de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en el PERÚ*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cook, W. D., Zhu, J. (2014). *Data Envelopment Analysis: A Handbook on the Modeling of Internal Structures and Networks*, Springer Science+Business Media. New York.
- Cooper, W. W. (2014). *Origin and Development of Data Envelopment Analysis: Challenges and Opportunities*. Data Envelopment Analysis Journal, Recuperado de <http://www.nowpublishers.com/articles/data-envelopment-analysis-journal/DEA-0002>
- Cooper W, Seiford L, Z. J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer, New York.
- Cooper, W., Seiford, L., Tone, K. (2007). *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS: A Comprehensive Text with Models, Applications. References and DEA-Solver Software*. Springer, New York.
- Cordero, J. M. (2006). *Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. una aplicación a la educación secundaria en España*. Universidad de Extremadura. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1488>
- Daraio, C., Bonaccorsi, A., & Simar, L. (2015). *Rankings and university performance: A conditional multidimensional approach*. European Journal of Operational Research. Recuperado de: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377221715000843>
- Debreu, G. (2013). *The Coefficient of Resource Utilization*. Econometrica. Recuperado de http://219.219.114.96/cufe/upload_files/other/3_20140520040438_The_Coefficient_of_Resource_Utilization.pdf
- De Juan Herrero, J., Perez Cañaveras, R., Gomez_Torres, M., Vizcaya Moreno, M., Mora Pascual, J. (2007). *Buenas Prácticas en la Evaluación de la Docencia y del Profesorado Universitario*. Recuperado de: <http://blogs.ua.es/jdidip/files/2007/06/evaluadocencia.pdf>

- Díaz Barriga, F., Rigo, M. A. (2003). *Realidades y paradigmas de la función docente: implicaciones sobre la evaluación magisterial en educación superior*. Revista de la Educación Superior. Recuperado de <http://publicaciones.anuies.mx/revista/127>
- Dobrota, M., Jeremić, V., Bulajić, M. (2015). *Uncertainty and Sensitivity Analyses of PISA Efficiency : Distance Based Analysis Approach*. Acta Polytechnica Hungarica, 12(3), 41–58. Recuperado de http://www.uni-obuda.hu/journal/Dobrota_Jeremic_Bulajic_Radojicic_59.pdf
- Donoso, S., Aguirre, M., Espinoza, C., Manríquez, P., Silva, M. (1999). *Análisis de la Eficiencia de la Educación Básica mediante el método de Fronteras Estocásticas de Producción: El caso de la Comuna de Talca*. Estudios Pedagógicos, 25, 21–49. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07051999000100002>
- Escudero Escorza, T., Pino Mejías, J. L., Rodríguez Fernández, C. (2010). *Evaluación del profesorado universitario para incentivos individuales : Revisión metaevaluativa*. Revista de Educación, 351(Enero - Abril 2010), 513–537.
- Farrell, M. J. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. The Royal Statistical Society, 120(3), 253–290. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2343100>
- Faura, U., Gómez Gallego, J., Pérez Cárceles, M., Gómez García, J. (2012). *Comparación de rankings de eficiencia mediante análisis de componentes principales y DEA*. Estadística Española. Recuperado de <http://vufind.uniovi.es/Record/ir-ART0000571331>
- Fernández Gómez, A. (2015). *Técnicas estadísticas para la Medición de la Eficiencia y la Productividad Total de los Factores: Aplicación al Sistema Hospitalario Español*. Universidad de Sevilla. España.
- Ferrer, J., & Gonzalez, P. (1999). *El Profesor Universitario como Docente*. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 34, 329–335.
- Fuentes Pascual, R. (2000). *Eficiencia de los centros públicos de educación secundaria de la provincia de Alicante*. Universidad de Alicante.
- Gaiger, L. I. (2004). *Eficiencia sistémica*. La otra Economía, Recuperado de http://web.tau.org.ar/upload/89f0c2b656ca02ff45ef61a4f2e5bf24/Gaiger_eficiencia_sistemica.pdf
- Gairín, J., Rodríguez-Gómez, D. (2011). *Cambio y mejora en las organizaciones educativas*. EDUCAR 2011, 47, 31–50.
- García, L. (2009). *Evaluación del desempeño docente*. PSIENCIA, 1(2), 37–42. Recuperado de www.psiencia.org

- García Cabrero, B. (2003). *La evaluación de la docencia en el nivel universitario*. Revista de la Educación Superior, 32(127), Recuperado de <http://publicaciones.anuies.mx>
- Gattoufi, S., Oral, M., Kumar, A., Reisman, A. (2004). *Epistemology of data envelopment analysis and comparison with other fields of OR/MS for relevance to applications*. Socio-Economic Planning Sciences, 38(2-3), 123–140. Recuperado de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038012103000211>
- Gholam Abri, A., Jahanshahloo, G. R., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shoja, N., Fallah Jelodar, M. (2011). *A new method for ranking non-extreme efficient units in data envelopment analysis*. Optimization Letters, 7(2), 309–324. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s11590-011-0420-1>
- Gonzalez Arteaga, T. (2012). *Integral de Choquet discreta para toma de decisiones multicriterio*. Universidad de Valladolid. Jaén. Recuperado de http://sinbad2.uaen.es/cod/archivosPublicos/presentaciones/seminario_Choquet.pdf
- González Melo, H. S., Ospina, H. F. (2015). *Interacciones entre universidad y sociedad : contextos para pensar la educación contemporánea*. Revista Virtual Universidad Católica del Norte. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/616/1151>
- Grabisch M., Kojadinovic I., Meyer P. (2015). *Kappalab: Non-Additive Measure and Integral Manipulation Functions*. R package versión 0.4-7. <http://CRAN.R-project.org/package=kappalab>
- Güemes Castorena, D. (2004). *Análisis de la Envoltura de Datos – Usos y Aplicaciones*. Recuperado de [http://homepages.mty.itesm.mx/guemes/documents/An%E1lisis de la Envoltura de Datos.pdf](http://homepages.mty.itesm.mx/guemes/documents/An%E1lisis%20de%20la%20Envoltura%20de%20Datos.pdf)
- Guillen, A., Araiza, L. A., Cerna, E., Valenzuela, J., Uanl, J. L., Nicolás, S., Coah, S. (2012). *Métodos No-Paramétricos de Uso Común*. DAENA: International Journal of Good Conscience, 7(1), 132–155.
- González, L. E. (2007). *Evaluación de desempeño docente* (p. 18). Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.cinda.cl/download/libros/EVALUACION%20DEL%20DESEMPEÑO%20DOCEN.pdf>
- Hernández Arce, J. (2007). *Enfoques alternativos para la estimación de eficiencias en la industria bancaria mexicana*. (Eumed, Ed.) (Electrónica, pp. 1–112). México. Recuperado de www.eumed.net/libros/2007a/241
- Inciarte Rodriguez, M. (2008). *Gestión Docente en la Administración de Educación a Distancia*. EDUCARTE, 12(1), 1–13.

- Jaime De Chaparro, G., Romero, L. J., Rincón, E., Jaime, L. (2008). *Evaluación de desempeño docente*, (EVALUACION DE DESEMPEÑO), 167–178.
- Joint Committee on Standards for Educational Evaluation (2015), Sponsoring Organizations, recuperado de <http://www.icsee.org/sponsoring-organizations>
- Kuosmanen, T., Johnson, a. L. (2009). *Data Envelopment Analysis as Nonparametric Least-Squares Regression*. *Operations Research*, 58(1), 149–160. Recuperado de <http://or.journal.informs.org/cgi/doi/10.1287/opre.1090.0722>
- Liu, W. B., Meng, W., Li, X. X., Zhang, D. Q. (2009). *DEA models with undesirable inputs and outputs*. *Annals of Operations Research*, 173(1), 177–194. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s10479-009-0587-3>
- Liu, W., Sharp, J., Wu, Z. (2006). *Preference, Production and Performance in Data Envelopment Analysis*. *Annals of Operations Research*, 145(1), 105–127. Recuperado de <http://link.springer.com/10.1007/s10479-006-0042-7>
- Malagón Plata, L. A. (2003). *La pertinencia en la educación superior*. *Revista de la Educación Superior*, 32(127). Recuperado de <http://publicaciones.anuies.mx/revista/127>
- Marcano Fermín, L. (2008). *Modelo de evaluación del desempeño profesional docente Modelo de evaluación del docente (...)* (Primera., p. 128). La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de Cuba.
- Marichal, J.L. (2000), *Behavioral Analysis of Aggregation in Multicriteria Decision Aid, in Preferences and Decisions under Incomplete Knowledge*. Ed. Physica-Verlag.
- Martínez Roget, F., Miguel Domínguez, J. C., Muriás Fernández, P. (2005). *El análisis envolvente de datos en la construcción de indicadores sintéticos. Una aplicación a las provincias españolas*. *Estudios de Economía Aplicada*. Recuperado de http://econpapers.repec.org/article/lrkeeaart/23_5f3_5f11.htm
- Mizala, A., Romaguera, P. (n.d.). *El sistema nacional de evaluación del desempeño docente (SNED) en Chile* (pp. 28–30). San José de Costa Rica.
- Montoneri, B., Lin, T. T., Lee, C.-C., Huang, S.-L. (2012). *Application of data envelopment analysis on the indicators contributing to learning and teaching performance. Teaching and Teacher Education*. Recuperado de <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0742051X11001399>
- Morduchowicz, A. (2006). *Los indicadores educativos y las dimensiones que los integran*. Recuperado de http://www.udelas.ac.pa/biblioteca/librospdf/indicadores_educativos.pdf

- Murillo Melchor, C. (2002). *Contribución al análisis estocástico de la Eficiencia mediante métodos no paramétricos* Universidad de Cantabria. Recuperado de: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10630/TesisCMM.pdf?sequence=1>
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. (OECD Statistics Working Papers 2005/03, Ed.) (p. 109). Paris: OECD Publishing. doi: <http://dx.doi.org/10.1787/533411815016>
- OECD. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators* (p. 162). Recuperado de www.oecd.org/publishing
- Oh Dong-hyun, Suh Dukrok. (2013). *nonparaeff: Nonparametric Methods for Measuring Efficiency and Productivity*. R package versión 0.5-8. <http://CRAN.R-project.org/package=nonparaeff>
- Palomares, D., Paz, M., & Martínez-, J. M. (2006). *El análisis de eficiencia con variables de entorno: un método de programas con tres etapas*. Estudios de Economía Aplicada, 5731, 477–498.
- Peral, B., Javier, F., Casas, G., Mar, F. (2011). *Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos*. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, (11), 41–70.
- Pimienta Prieto, J. H. (2014). *Elaboración y validación de un instrumento para la medición del desempeño docente basado en competencias*. Revista de docencia universitaria, 12(2), 231–250.
- Pinar, M., Cruciani, C. Giove, S. (2014). *Constructing the FEEM sustainability index: A Choquet integral application*. Ecological Indicators, 39, 189-202.
- Pino Mejías, J. L., Solís Cabrera, F., Delgado Fernández, M., Barea Barrera, R. (2010). *Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA)*. El Profesional de la Información, 19(2), 160–167.
- Portilla Rendón, A. (2002). *La Formación Docente del Profesorado Universitario: Perfil y Líneas de Formación*. Universidad Autónoma de Barcelona
- Pulido, A., Pérez, J. (2003). *Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad docente e investigadora: Planteamiento y experimentación*. Madrid.
- Quiroga, J. E. M., Hernán, P., Torres, S., Cadavid, A. V. (2006). *Evaluación Docente Mediante BSC y DEA*, 70–86.

- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- RSudio Team (2015). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, Inc., Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Ridley, D., Collins, J. (2015). *A Suggested Evaluation Metric Instrument for Faculty Members at Colleges and Universities*. International Journal of Education Research, 10(1), 97–114.
- Rizo Moreno, H. E. (2002). *Evaluación del docente universitario. una visión institucional*. Revista Iberoamericana de Educación, (EVALUACION DOCENTE), 1–16.
- Rodríguez Conde, M. J., Olmos Migueláñez, S., Ortega Mohedano, F., Torrijos Flncias, P., Hernández Garzón, S. (2014). *Evaluación, Formación e Innovación Docente: respuesta a la mejora de calidad universitaria*. Revista CIDUI, 1–17.
- Roget, M., Domínguez, M., Fernández, J. C. D. E. M. (2005). *El análisis envolvente de datos en la construcción de indicadores sintéticos . Una aplicación a las provincias españolas*. Estudios de Economía Aplicada, 23(3), 753–771.
- Rueda Beltrán, M. (2008). *La evaluación del desempeño docente en la universidad*. Revista electrónica de Investigación Educativa, (Especial), 1–15. Recuperado de <http://redie.uabc.mx/NumEsp1/contenido-rueda.htm>
- Rueda Beltrán, M. (2009). *La evaluación del desempeño docente : consideraciones desde el enfoque por competencias*. Revista electrónica de Investigación Educativa, 11(2), Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol11no2/contenidorueda3>
- Salazar, S. F. (2006). *Hacia una caracterización del Docente Universitario Excelente: Una Revisión a los Aportes de la Investigación sobre el Desempeño del Docente Universitario*. REDALYC, 30(EDUCACION), 31–49.
- Sanhueza, R. (2003). *Fronteras de Eficiencia, Metodología para la determinación del Valor Agregado de Distribución*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Recuperado de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3661/S2009230_es.pdf?sequence=1
- Simar, L., Wilson, P. W. (2015). *Statistical Approaches for Non-parametric Frontier Models: A Guided Tour*. International Statistical Review, 83(1), 77–110. doi:10.1111/insr.12056

- Soto Mejia, J., Bernal Loaiza, M. E., Arenas Valencia, W. (2009). *Enfoque Metodológico para medir la calidad de los Programas Académicos de la Universidad Tecnológica de Pereira*. REDALYC, XV(42), 111–116.
- Suárez Suárez, Gi., Rouco Albellán, Z., Iglesias Leon, M. (2012). *La Evaluación de los Profesores Universitarios en la Universidad Cubana, propuesta de metodología*. *Pedagogía Universitaria*, XVII(3), 45–61. Recuperado de <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=aca3f3d8-0d68-4d3e-a099-f9b6dfe14f63%40sessionmgr113&vid=0&hid=128>
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis, A Foundation Text with Integrated Software*. Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-1-4615-1407-7
- Terzi, S., Pierini, A. (2015). *Data Envelopment Analysis (DEA) assessment of composite indicators of infrastructure endowment*. Recuperado de <http://www.istat.it/it/files/2015/05/Art.1-Data-envelopment.analysis-infrastructure-endowment.pdf>
- Tierno García, J. (n.d.). *La Valoración de la Docencia Universitaria por parte de los Estudiantes*, 241–255.
- Trillo del Pozo, D. (2002). *La función de distancia: Un análisis de la Eficiencia en la Universidad*. Universidad Rey Juan Carlos.
- Tünnermann Bernheim, C. (1998). *La Educación Superior en el Umbral del Siglo XXI*. Recuperado de <http://www.enriquebolanos.org/data/media/book/3146.pdf>
- UNESCO. (2009). *Conferencia Mundial sobre la Educación Superior - 2009: La nueva dinámica de la educación superior y la investigación para el cambio social y el desarrollo* (pp. 5–8). Paris. Recuperado de www.unesco.org
- Unidad de Evaluación de la Calidad - Universidad de Salamanca. (2007). *Evaluación de la Actividad Docente del Profesorado* (p. 85). Salamanca.
- Vargas Muñoz, D. (2010). *Evaluación de la Calidad de los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje en las Aulas de Ingeniería de las Universidades derivadas Chilenas*. Universidad de Sevilla.
- Vázquez García, J. (2015). *Nuevos escenarios y tendencias universitarias*. *Revista de Investigación Educativa*, 33(1), 13–26. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.6018/rie.33.1.211501>
- Vergara Schmalbach, J. C., Quesada Ibarquén, V. M. (2011). *Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad*

de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 13, 108–122.

- Vershelde, M., Rogge, N. (2012). An environment-adjusted evaluation of local police effectiveness: evidence from a conditional Data Envelopment Analysis approach. *Economics & Management*. Recuperado de <http://www.researchgate.net/publication/254420821>
- Warnes, G., Lumley, T.(2015). *gtools:Various R Programming Tools*. R package versión 3.5.0. <http://CRAN.R-project.org/package=gtools>
- Zabalza, M. Á. (2009). *Ser profesor universitario hoy*. La Cuestión Universitaria, 5, 69–81.
- Zabalza Beraza, M. A. (2011). *Evaluación de los planes de formación docente de las universidades*. EDUCAR 2011, 47, 181–197.
- Zambrano Guzman, R., Meda Lara, R., Lara García, B. (2005). *Evaluación de profesores universitarios por parte de los alumnos mediante el Cuestionario de Evaluación de Desempeño Docente (CEDED)*. Revista de Educación y Desarrollo, 4, 7.
- Zhu, J. (2009). *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*. Springer. New York



ANEXOS

Anexo 1: Oferta Académica de la UTPL, según modalidad y área académica

| ÁREA | MODALIDAD PRESENCIAL | MODALIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA |
|-------------------------|---|--|
| ADMINISTRATIVA | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Administración de Empresas ▪ Administración en Banca y Finanzas ▪ Ingeniería en Contabilidad y Auditoría ▪ Economía ▪ Gastronomía | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Administración de Empresas ▪ Administración en Gestión Pública ▪ Administración en Banca y Finanzas ▪ Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras ▪ Contabilidad y Auditoría ▪ Economía ▪ Asistencia Gerencial y Relaciones Públicas |
| BIOLOGICA | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioquímica y farmacia ▪ Biología ▪ Gestión Ambiental ▪ Ingeniería Agropecuaria ▪ Ingeniería en Alimentos ▪ Ingeniería Química ▪ Medicina ▪ Ingeniería Industrial ▪ Enfermería | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión Ambiental |
| SOCIOHUMANISTICA | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Relaciones Públicas ▪ Inglés ▪ Derecho ▪ Comunicación Social ▪ Psicología | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Abogacía ▪ Comunicación Social ▪ Psicología ▪ Ciencias Humanas y Religiosas ▪ Educación Básica ▪ Educación Infantil ▪ Físico-Matemáticas ▪ Inglés ▪ Lengua y Literatura ▪ Químico-Biológicas |
| TÉCNICA | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arquitectura ▪ Artes Plásticas y Diseño ▪ Sistemas Informáticos y Computación ▪ Electrónica y Telecomunicaciones ▪ Geología y Minas ▪ Ingeniería Civil | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Informática |

Fuente: <http://www.utpl.edu.ec/academia>

Anexo 2: Base de Datos - Área Administrativa

| Código_Profesor | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO | NOTA_MEDIA_CICLO | TASAPRO | SATEST_GLOBAL |
|-----------------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|----------|------------------|---------|---------------|
| AD001 | 76,52 | 70,95 | 80,74 | 72,30 | 110 | 46 | 29,9 | 29,8 | 41,82 | 75,13 |
| AD002 | 59,04 | 62,50 | 70,08 | 55,85 | 62 | 42 | 32,3 | 31,78 | 67,74 | 61,87 |
| AD003 | 77,78 | 76,39 | 84,72 | 83,33 | 16 | 8 | 31,1 | 31,76 | 50,00 | 80,56 |
| AD004 | 75,00 | 81,94 | 84,03 | 83,33 | 20 | 16 | 31,7 | 31,76 | 80,00 | 81,08 |
| AD005 | 76,70 | 78,41 | 81,68 | 76,14 | 109 | 30 | 31,5 | 31,5 | 27,52 | 78,23 |
| AD006 | 78,57 | 77,08 | 80,43 | 77,38 | 111 | 69 | 30,7 | 31,35 | 62,16 | 78,37 |
| AD007 | 76,69 | 71,62 | 79,73 | 74,32 | 48 | 26 | 30,8 | 31,78 | 54,17 | 75,59 |
| AD008 | 67,71 | 69,79 | 73,96 | 72,92 | 24 | 16 | 30,5 | 31,76 | 66,67 | 71,09 |
| AD009 | 70,00 | 70,83 | 69,58 | 68,33 | 21 | 17 | 34,1 | 31,76 | 80,95 | 69,69 |
| AD010 | 77,39 | 73,53 | 78,49 | 73,16 | 106 | 45 | 31,9 | 31,9 | 42,45 | 75,64 |
| AD011 | 74,13 | 69,91 | 77,40 | 71,80 | 110 | 62 | 31 | 33,35 | 56,36 | 73,31 |
| AD012 | 73,59 | 70,16 | 70,87 | 70,16 | 109 | 44 | 31,4 | 32,15 | 40,37 | 71,19 |
| AD013 | 76,39 | 73,41 | 79,37 | 76,19 | 112 | 52 | 32 | 31,35 | 46,43 | 76,34 |
| AD014 | 75,38 | 74,24 | 82,20 | 77,27 | 110 | 59 | 32,9 | 32,15 | 53,64 | 77,27 |
| AD015 | 77,96 | 76,64 | 81,91 | 80,26 | 127 | 80 | 32,2 | 31,3 | 62,99 | 79,19 |
| AD016 | 81,85 | 77,98 | 80,36 | 78,27 | 109 | 59 | 31 | 31,8 | 54,13 | 79,61 |
| AD017 | 79,69 | 81,77 | 82,81 | 80,21 | 38 | 35 | 32 | 31,78 | 92,11 | 81,12 |
| AD018 | 69,17 | 70,00 | 80,83 | 75,00 | 24 | 18 | 31,4 | 31,76 | 75,00 | 73,75 |
| AD019 | 81,25 | 81,11 | 72,94 | 75,57 | 119 | 112 | 35,7 | 33,35 | 94,12 | 77,72 |
| AD020 | 90,87 | 87,02 | 90,14 | 90,38 | 80 | 49 | 32,2 | 31,78 | 61,25 | 89,60 |
| AD021 | 73,59 | 69,53 | 76,25 | 69,69 | 118 | 30 | 29,7 | 29,8 | 25,42 | 72,27 |
| AD025 | 79,37 | 80,08 | 83,94 | 82,52 | 156 | 131 | 33,9 | 31,8 | 83,97 | 81,48 |
| AD026 | 72,44 | 72,44 | 76,28 | 68,91 | 110 | 58 | 30,5 | 31,8 | 52,73 | 72,52 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| AD027 | 72,50 | 70,54 | 76,96 | 72,50 | 87 | 55 | 30,4 | 31,3 | 63,22 | 73,13 |
| AD028 | 77,30 | 77,63 | 81,09 | 78,29 | 50 | 33 | 31,2 | 31,78 | 66,00 | 78,58 |
| AD029 | 41,77 | 59,45 | 80,34 | 54,88 | 48 | 26 | 32,2 | 31,78 | 54,17 | 59,11 |
| AD030 | 58,80 | 54,58 | 57,04 | 59,86 | 36 | 19 | 30,7 | 30,55 | 52,78 | 57,57 |
| AD031 | 80,00 | 80,00 | 80,42 | 83,33 | 23 | 22 | 32,1 | 31,85 | 95,65 | 80,94 |
| AD032 | 61,25 | 63,75 | 66,88 | 65,00 | 17 | 15 | 39 | 34,5 | 88,24 | 64,22 |
| AD033 | 62,74 | 70,28 | 76,89 | 67,45 | 84 | 32 | 32,4 | 31,8 | 38,10 | 69,34 |
| AD034 | 73,08 | 62,50 | 74,52 | 73,08 | 32 | 9 | 31 | 34,5 | 28,13 | 70,79 |
| AD035 | 90,63 | 90,63 | 89,06 | 87,50 | 6 | 4 | 33,3 | 31,58 | 66,67 | 89,45 |
| AD036 | 60,74 | 61,52 | 64,94 | 58,98 | 81 | 37 | 30,7 | 30,7 | 45,68 | 61,55 |
| AD037 | 73,44 | 62,50 | 73,44 | 56,25 | 16 | 7 | 31 | 31,85 | 43,75 | 66,41 |
| AD038 | 89,58 | 89,58 | 92,19 | 91,67 | 11 | 10 | 34,7 | 34,5 | 90,91 | 90,76 |
| AD039 | 72,12 | 62,98 | 78,13 | 65,38 | 34 | 16 | 30,4 | 30,55 | 47,06 | 69,65 |
| AD040 | 77,16 | 77,59 | 77,16 | 73,28 | 113 | 45 | 31,2 | 31,8 | 39,82 | 76,29 |
| AD041 | 75,00 | 70,83 | 83,33 | 75,00 | 7 | 3 | 33,3 | 34,5 | 42,86 | 76,04 |
| AD042 | 72,92 | 62,50 | 73,44 | 70,83 | 40 | 14 | 30,4 | 31,58 | 35,00 | 69,92 |
| AD043 | 80,87 | 80,30 | 84,75 | 81,44 | 109 | 44 | 31 | 31 | 40,37 | 81,84 |
| AD046 | 69,44 | 73,61 | 88,19 | 80,56 | 12 | 4 | 31,3 | 31,58 | 33,33 | 77,95 |
| AD047 | 79,55 | 73,86 | 76,70 | 72,73 | 23 | 14 | 30,9 | 31,85 | 60,87 | 75,71 |
| AD048 | 83,75 | 81,25 | 88,13 | 80,00 | 23 | 16 | 33,4 | 31,85 | 69,57 | 83,28 |
| AD049 | 87,50 | 90,63 | 93,75 | 75,00 | 7 | 4 | 31,3 | 31,58 | 57,14 | 86,72 |
| AD050 | 81,67 | 75,00 | 87,50 | 71,67 | 18 | 5 | 32 | 33,73 | 27,78 | 78,96 |
| AD051 | 85,71 | 78,57 | 81,25 | 82,14 | 9 | 8 | 36,3 | 33,73 | 88,89 | 81,92 |
| AD052 | 46,43 | 55,36 | 58,93 | 46,43 | 11 | 4 | 28,3 | 28,3 | 36,36 | 51,79 |
| AD053 | 91,25 | 91,25 | 88,13 | 90,00 | 11 | 11 | 32,9 | 33,73 | 100,00 | 90,16 |
| AD054 | 78,88 | 74,14 | 74,14 | 79,31 | 30 | 29 | 34,3 | 32,25 | 96,67 | 76,62 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|-------|-------|
| AD055 | 85,78 | 85,05 | 89,71 | 88,73 | 40 | 24 | 32,3 | 32,25 | 60,00 | 87,32 |
| AD056 | 70,54 | 68,39 | 75,09 | 68,57 | 109 | 50 | 30,6 | 31,37 | 45,87 | 70,65 |
| AD057 | 77,31 | 77,78 | 76,16 | 77,78 | 27 | 22 | 32,5 | 32,65 | 81,48 | 77,26 |
| AD058 | 84,02 | 81,76 | 84,53 | 81,97 | 83 | 76 | 35,3 | 33,25 | 91,57 | 83,07 |
| AD059 | 64,20 | 65,91 | 73,30 | 69,32 | 23 | 15 | 32,8 | 32,65 | 65,22 | 68,18 |
| AD060 | 59,71 | 61,91 | 74,85 | 57,65 | 110 | 34 | 31,7 | 31,37 | 30,91 | 63,53 |
| AD061 | 76,27 | 75,16 | 83,47 | 73,73 | 139 | 55 | 31,8 | 31,37 | 39,57 | 77,16 |
| AD064 | 59,47 | 59,09 | 70,64 | 56,82 | 43 | 25 | 31 | 32,25 | 58,14 | 61,51 |
| AD065 | 85,14 | 83,78 | 86,49 | 83,78 | 58 | 46 | 31,2 | 33,25 | 79,31 | 84,80 |
| AD066 | 75,30 | 69,94 | 75,74 | 73,21 | 59 | 32 | 32,4 | 33,65 | 54,24 | 73,55 |
| AD067 | 67,61 | 63,64 | 68,84 | 67,05 | 104 | 64 | 31,1 | 31,75 | 61,54 | 66,79 |
| AD068 | 60,00 | 56,88 | 66,72 | 60,63 | 47 | 22 | 31,4 | 32,25 | 46,81 | 61,05 |
| AD069 | 84,62 | 79,81 | 87,74 | 79,81 | 30 | 23 | 34,9 | 33,65 | 76,67 | 82,99 |
| AD070 | 80,11 | 77,27 | 80,87 | 77,65 | 100 | 61 | 32,4 | 31,75 | 61,00 | 78,98 |
| AD071 | 72,89 | 70,65 | 73,74 | 68,54 | 112 | 56 | 30,9 | 32,6 | 50,00 | 71,45 |
| AD072 | 74,26 | 72,15 | 76,67 | 72,52 | 124 | 46 | 31,6 | 31,6 | 37,10 | 73,90 |
| AD073 | 74,40 | 76,21 | 78,53 | 76,21 | 66 | 38 | 31,3 | 31,9 | 57,58 | 76,34 |
| AD074 | 68,06 | 63,29 | 73,81 | 66,67 | 70 | 34 | 32,5 | 31,9 | 48,57 | 67,96 |
| AD075 | 64,53 | 68,24 | 70,86 | 60,81 | 130 | 31 | 30,5 | 31,1 | 23,85 | 66,11 |
| AD076 | 70,45 | 75,00 | 75,95 | 68,56 | 86 | 71 | 33,7 | 32,6 | 82,56 | 72,49 |
| AD077 | 75,68 | 75,54 | 77,11 | 74,46 | 106 | 91 | 33,2 | 32,6 | 85,85 | 75,70 |
| AD078 | 71,72 | 70,75 | 77,79 | 74,51 | 160 | 74 | 31,7 | 31,1 | 46,25 | 73,70 |
| AD079 | 69,70 | 76,39 | 75,06 | 70,96 | 118 | 61 | 33 | 31,85 | 51,69 | 73,03 |
| AD080 | 79,39 | 79,05 | 79,90 | 79,73 | 79 | 41 | 34 | 32,15 | 51,90 | 79,52 |
| AD081 | 74,09 | 76,59 | 82,27 | 80,00 | 104 | 90 | 35,7 | 34,15 | 86,54 | 78,24 |
| AD082 | 67,64 | 69,74 | 79,73 | 79,44 | 104 | 95 | 35,8 | 35,8 | 91,35 | 74,14 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| AD083 | 78,76 | 80,78 | 81,25 | 80,11 | 125 | 112 | 34,1 | 32,75 | 89,60 | 80,23 |
| AD084 | 73,08 | 70,19 | 75,24 | 74,04 | 27 | 19 | 31,8 | 31,8 | 70,37 | 73,14 |
| AD085 | 81,92 | 79,69 | 83,04 | 81,25 | 110 | 83 | 32,6 | 34,15 | 75,45 | 81,47 |
| AD086 | 76,25 | 76,67 | 79,90 | 75,42 | 108 | 31 | 30,3 | 32,15 | 28,70 | 77,06 |
| AD087 | 74,34 | 71,71 | 76,48 | 69,74 | 110 | 61 | 31,4 | 32,75 | 55,45 | 73,07 |
| AD088 | 82,58 | 83,71 | 85,53 | 82,58 | 99 | 51 | 30,7 | 31,85 | 51,52 | 83,60 |
| AD090 | 71,70 | 72,41 | 77,95 | 71,70 | 90 | 38 | 31 | 31 | 42,22 | 73,44 |
| AD091 | 76,56 | 84,06 | 73,59 | 72,50 | 46 | 36 | 33,9 | 31,77 | 78,26 | 76,68 |
| AD092 | 62,50 | 62,50 | 81,25 | 62,50 | 5 | 4 | 29 | 31,96 | 80,00 | 67,19 |
| AD093 | 75,00 | 81,25 | 76,82 | 76,04 | 35 | 28 | 30,7 | 31,1 | 80,00 | 77,28 |
| AD094 | 66,67 | 67,71 | 68,75 | 68,75 | 16 | 10 | 34,1 | 32,6 | 62,50 | 67,97 |
| AD095 | 69,79 | 61,98 | 68,75 | 68,75 | 32 | 7 | 31,6 | 31,8 | 21,88 | 67,32 |
| AD096 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 17 | 15 | 32,9 | 31,96 | 88,24 | 75,00 |
| AD097 | 54,79 | 52,66 | 65,16 | 52,66 | 88 | 23 | 30,6 | 31,77 | 26,14 | 56,32 |
| AD098 | 72,92 | 78,13 | 68,75 | 75,00 | 24 | 13 | 32,1 | 31,45 | 54,17 | 73,70 |
| AD099 | 83,33 | 75,00 | 52,08 | 66,67 | 3 | 2 | 30,5 | 31,96 | 66,67 | 69,27 |
| AD100 | 74,04 | 73,08 | 79,65 | 75,64 | 55 | 18 | 30,6 | 31,8 | 32,73 | 75,60 |
| AD101 | 78,57 | 78,57 | 79,91 | 76,79 | 19 | 5 | 30,2 | 32,07 | 26,32 | 78,46 |
| AD102 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 2 | 1 | 28 | 31,45 | 50,00 | 75,00 |
| AD103 | 70,31 | 66,99 | 68,16 | 65,23 | 141 | 20 | 30,5 | 30,85 | 14,18 | 67,68 |
| AD104 | 65,24 | 59,45 | 63,57 | 60,98 | 55 | 24 | 32,3 | 31,8 | 43,64 | 62,31 |
| AD105 | 85,23 | 78,41 | 75,57 | 75,00 | 16 | 12 | 33,9 | 32,07 | 75,00 | 78,55 |
| AD106 | 71,25 | 73,13 | 73,75 | 72,50 | 29 | 11 | 31,5 | 31,1 | 37,93 | 72,66 |
| AD107 | 75,34 | 70,27 | 79,73 | 72,97 | 67 | 13 | 31,2 | 30,85 | 19,40 | 74,58 |
| AD108 | 68,60 | 65,24 | 72,56 | 64,63 | 72 | 29 | 30,8 | 31,77 | 40,28 | 67,76 |
| AD109 | 75,33 | 76,32 | 77,96 | 76,32 | 54 | 23 | 32,5 | 31,8 | 42,59 | 76,48 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| AD110 | 75,74 | 76,47 | 79,78 | 75,00 | 21 | 17 | 32,1 | 32,07 | 80,95 | 76,75 |
| AD111 | 75,00 | 66,67 | 77,08 | 75,00 | 4 | 3 | 34 | 31,45 | 75,00 | 73,44 |
| AD115 | 70,83 | 70,83 | 75,46 | 73,15 | 45 | 15 | 31,1 | 32,6 | 33,33 | 72,57 |
| AD116 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 23 | 10 | 32 | 31,8 | 43,48 | 75,00 |
| AD117 | 60,23 | 61,36 | 72,73 | 77,27 | 15 | 13 | 31,8 | 31,8 | 86,67 | 67,90 |
| AD118 | 71,09 | 67,97 | 78,91 | 68,75 | 22 | 13 | 31,7 | 31,45 | 59,09 | 71,68 |
| AD119 | 62,50 | 62,50 | 75,00 | 75,00 | 2 | 2 | 35,5 | 31,96 | 100,00 | 68,75 |
| AD120 | 63,46 | 66,35 | 76,92 | 65,38 | 26 | 16 | 31,9 | 31,96 | 61,54 | 68,03 |
| AD121 | 64,75 | 62,36 | 72,75 | 64,89 | 138 | 51 | 31,2 | 30,55 | 36,96 | 66,19 |
| AD122 | 76,60 | 71,81 | 81,38 | 73,40 | 75 | 36 | 29,9 | 31,2 | 48,00 | 75,80 |
| AD123 | 76,10 | 74,34 | 77,96 | 76,32 | 72 | 45 | 30,5 | 30,77 | 62,50 | 76,18 |
| AD124 | 75,96 | 66,35 | 75,72 | 68,27 | 34 | 10 | 30,1 | 30,45 | 29,41 | 71,57 |
| AD125 | 81,25 | 64,58 | 78,13 | 79,17 | 5 | 4 | 30 | 30,6 | 80,00 | 75,78 |
| AD126 | 69,64 | 75,00 | 67,86 | 64,29 | 6 | 5 | 30,8 | 30,45 | 83,33 | 69,20 |
| AD127 | 63,50 | 67,25 | 75,13 | 61,50 | 67 | 38 | 32,5 | 31,2 | 56,72 | 66,84 |
| AD128 | 68,56 | 72,73 | 72,73 | 64,39 | 47 | 26 | 31,7 | 31,1 | 55,32 | 69,60 |
| AD129 | 61,61 | 62,50 | 72,32 | 64,29 | 16 | 10 | 31,2 | 31,2 | 62,50 | 65,18 |
| AD130 | 63,64 | 75,00 | 76,14 | 68,18 | 14 | 11 | 30,8 | 30,6 | 78,57 | 70,74 |
| AD131 | 79,17 | 72,32 | 82,59 | 79,17 | 110 | 34 | 30,7 | 30,7 | 30,91 | 78,31 |
| AD132 | 81,25 | 56,25 | 84,38 | 87,50 | 4 | 2 | 28,5 | 30,6 | 50,00 | 77,34 |
| AD133 | 81,47 | 82,33 | 83,84 | 84,48 | 28 | 24 | 33,5 | 30,6 | 85,71 | 83,03 |
| AD134 | 75,99 | 76,97 | 78,62 | 75,00 | 47 | 37 | 31,8 | 32,7 | 78,72 | 76,64 |
| AD135 | 77,13 | 75,91 | 79,88 | 78,05 | 61 | 49 | 31,3 | 30,77 | 80,33 | 77,74 |
| AD137 | 62,50 | 75,00 | 87,50 | 75,00 | 27 | 11 | 30,2 | 30,6 | 40,74 | 75,00 |
| AD138 | 76,52 | 73,48 | 81,25 | 76,52 | 67 | 36 | 29,9 | 30,55 | 53,73 | 76,94 |
| AD139 | 75,42 | 74,58 | 72,92 | 71,67 | 52 | 49 | 33,6 | 32,7 | 94,23 | 73,65 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----|----|------|-------|-------|-------|
| AD140 | 81,00 | 79,00 | 79,25 | 80,00 | 44 | 27 | 30,5 | 31,1 | 61,36 | 79,81 |
| AD141 | 80,81 | 77,91 | 81,10 | 77,91 | 64 | 33 | 30,5 | 30,77 | 51,56 | 79,43 |
| AD142 | 79,96 | 75,79 | 72,62 | 71,03 | 99 | 19 | 31,1 | 31,2 | 19,19 | 74,85 |
| AD143 | 70,83 | 83,33 | 79,17 | 83,33 | 8 | 4 | 31,3 | 31,2 | 50,00 | 79,17 |

Anexo 3: Base de Datos - Área Biológica

| Código_ Profesor | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO | NOTA_MEDIA_ CICLO | TASAPRO | SATEST_ GLOBAL |
|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| BI001 | 78,47 | 73,96 | 79,69 | 77,78 | 42 | 22 | 30,8 | 30,37 | 52,38 | 77,47 |
| BI002 | 78,65 | 64,58 | 78,39 | 76,04 | 29 | 24 | 32,8 | 31,63 | 82,76 | 74,41 |
| BI003 | 81,82 | 80,11 | 82,39 | 80,68 | 22 | 12 | 30,9 | 31,63 | 54,55 | 81,25 |
| BI004 | 59,51 | 63,28 | 69,66 | 58,33 | 134 | 56 | 31,6 | 32,18 | 41,79 | 62,70 |
| BI005 | 78,51 | 78,07 | 77,52 | 77,63 | 29 | 21 | 30,8 | 30,78 | 72,41 | 77,93 |
| BI006 | 48,97 | 49,83 | 65,50 | 52,05 | 109 | 14 | 31,1 | 32,18 | 12,84 | 54,09 |
| BI007 | 67,48 | 69,80 | 75,39 | 69,69 | 110 | 60 | 32,4 | 32,75 | 54,55 | 70,59 |
| BI008 | 72,63 | 75,47 | 76,11 | 74,37 | 91 | 78 | 33,8 | 32,6 | 85,71 | 74,64 |
| BI009 | 75,00 | 62,50 | 75,00 | 75,00 | 103 | 44 | 33 | 32,18 | 42,72 | 71,88 |
| BI010 | 82,81 | 73,44 | 87,11 | 76,56 | 19 | 15 | 31,7 | 31,63 | 78,95 | 79,98 |
| BI011 | 74,73 | 76,73 | 79,59 | 78,46 | 110 | 89 | 33,2 | 32,55 | 80,91 | 77,38 |
| BI012 | 69,64 | 66,07 | 82,14 | 64,29 | 11 | 6 | 29,2 | 32,6 | 54,55 | 70,54 |
| BI013 | 54,31 | 53,66 | 53,77 | 55,60 | 49 | 14 | 31,3 | 31,6 | 28,57 | 54,34 |
| BI014 | 77,26 | 75,53 | 80,39 | 76,86 | 114 | 79 | 34,3 | 32,6 | 69,30 | 77,51 |
| BI015 | 70,11 | 69,97 | 71,70 | 68,39 | 110 | 56 | 31,1 | 32,75 | 50,91 | 70,04 |
| BI016 | 48,03 | 59,87 | 84,21 | 79,61 | 47 | 16 | 30,8 | 32,18 | 34,04 | 67,93 |
| BI017 | 74,12 | 73,94 | 78,35 | 71,13 | 101 | 63 | 34,4 | 32,18 | 62,38 | 74,38 |
| BI018 | 71,28 | 64,89 | 77,66 | 68,62 | 54 | 33 | 30,1 | 30,37 | 61,11 | 70,61 |
| BI019 | 41,67 | 41,67 | 50,00 | 41,67 | 6 | 5 | 29,2 | 30,78 | 83,33 | 43,75 |
| BI020 | 68,98 | 71,76 | 75,46 | 72,22 | 36 | 24 | 31,1 | 30,78 | 66,67 | 72,11 |
| BI021 | 71,49 | 71,49 | 71,21 | 70,51 | 112 | 83 | 32,1 | 32,1 | 74,11 | 71,17 |
| BI022 | 75,00 | 80,36 | 88,39 | 78,57 | 120 | 103 | 32,5 | 32,75 | 85,83 | 80,58 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| BI023 | 89,29 | 78,57 | 87,50 | 89,29 | 6 | 5 | 33,4 | 31,63 | 83,33 | 86,16 |
| BI024 | 84,38 | 71,88 | 78,13 | 68,75 | 4 | 3 | 31,3 | 31,63 | 75,00 | 75,78 |
| BI025 | 75,56 | 72,50 | 73,75 | 73,89 | 57 | 32 | 31,6 | 31,15 | 56,14 | 73,92 |
| BI026 | 80,98 | 83,15 | 84,69 | 83,51 | 105 | 83 | 33,1 | 32,6 | 79,05 | 83,08 |
| BI027 | 70,70 | 74,41 | 80,76 | 75,78 | 110 | 35 | 31,2 | 31,6 | 31,82 | 75,42 |
| BI028 | 69,91 | 77,78 | 79,86 | 70,37 | 29 | 26 | 32 | 30,78 | 89,66 | 74,48 |
| BI032 | 71,55 | 74,57 | 73,81 | 71,12 | 110 | 31 | 32,3 | 31,6 | 28,18 | 72,76 |
| BI033 | 81,25 | 68,75 | 75,00 | 75,00 | 2 | 2 | 31 | 31,63 | 100,00 | 75,00 |
| BI034 | 87,50 | 89,06 | 96,88 | 87,50 | 51 | 26 | 30,2 | 30,37 | 50,98 | 90,23 |
| BI035 | 69,06 | 69,38 | 69,69 | 68,13 | 36 | 16 | 30,3 | 31,63 | 44,44 | 69,06 |
| BI036 | 70,59 | 69,41 | 73,16 | 70,00 | 100 | 78 | 31,9 | 32,55 | 78,00 | 70,79 |
| BI037 | 75,00 | 71,01 | 75,27 | 75,53 | 52 | 42 | 30,7 | 31,15 | 80,77 | 74,20 |
| BI038 | 73,79 | 76,21 | 79,79 | 77,67 | 115 | 95 | 35 | 32,75 | 82,61 | 76,87 |

Anexo 4: Base de Datos - Área Socio-Humanística

| Código_ Profesor | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO | NOTA_MEDIA_ CICLO | TASAPRO | SATEST_ GLOBAL |
|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| SH001 | 80,21 | 80,21 | 87,50 | 83,33 | 14 | 12 | 31,7 | 31,33 | 85,71 | 82,81 |
| SH002 | 67,86 | 69,64 | 63,39 | 53,57 | 11 | 1 | 29 | 31 | 9,09 | 63,62 |
| SH003 | 70,45 | 69,32 | 60,23 | 68,18 | 13 | 5 | 31,2 | 31 | 38,46 | 67,05 |
| SH004 | 72,58 | 68,55 | 72,08 | 64,52 | 96 | 68 | 32,8 | 31 | 70,83 | 69,43 |
| SH005 | 66,67 | 62,50 | 87,50 | 83,33 | 6 | 4 | 31,3 | 33,15 | 66,67 | 75,00 |
| SH006 | 75,00 | 86,25 | 92,50 | 85,00 | 11 | 5 | 32,4 | 31,33 | 45,45 | 84,69 |
| SH007 | 75,00 | 76,56 | 77,34 | 75,78 | 3 | 1 | 30 | 30 | 33,33 | 76,17 |
| SH008 | 78,75 | 70,00 | 75,00 | 75,00 | 13 | 12 | 30,8 | 30,4 | 92,31 | 74,69 |
| SH009 | 64,42 | 61,54 | 71,63 | 61,54 | 20 | 6 | 30 | 30,4 | 30,00 | 64,78 |
| SH010 | 78,13 | 77,08 | 83,33 | 81,25 | 13 | 7 | 28,6 | 32 | 53,85 | 79,95 |
| SH011 | 85,00 | 82,50 | 86,88 | 87,50 | 13 | 11 | 33,8 | 32 | 84,62 | 85,47 |
| SH012 | 67,86 | 66,96 | 69,05 | 66,67 | 57 | 40 | 37 | 33,95 | 70,18 | 67,63 |
| SH013 | 84,72 | 75,00 | 88,19 | 77,78 | 120 | 91 | 31,2 | 30,85 | 75,83 | 81,42 |
| SH014 | 82,50 | 80,00 | 82,50 | 77,50 | 15 | 12 | 30,8 | 31,33 | 80,00 | 80,63 |
| SH015 | 58,06 | 51,81 | 50,82 | 48,68 | 96 | 40 | 30,5 | 30,85 | 41,67 | 52,34 |
| SH016 | 83,33 | 83,33 | 83,33 | 83,33 | 6 | 3 | 35 | 33,15 | 50,00 | 83,33 |
| SH017 | 76,39 | 68,06 | 65,97 | 77,78 | 10 | 9 | 31,8 | 33,95 | 90,00 | 72,05 |
| SH018 | 80,00 | 60,00 | 80,00 | 70,00 | 12 | 8 | 33,6 | 32 | 66,67 | 72,50 |
| SH019 | 85,00 | 85,00 | 85,00 | 85,00 | 9 | 7 | 30,3 | 30,4 | 77,78 | 85,00 |
| SH020 | 85,94 | 87,50 | 85,16 | 81,25 | 10 | 9 | 34,3 | 33,95 | 90,00 | 84,96 |
| SH021 | 59,72 | 52,78 | 64,58 | 50,00 | 11 | 8 | 30,4 | 31,33 | 72,73 | 56,77 |
| SH022 | 60,00 | 65,00 | 62,50 | 55,00 | 12 | 2 | 30,5 | 30,4 | 16,67 | 60,63 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| SH023 | 73,21 | 67,86 | 78,57 | 71,43 | 8 | 7 | 32,7 | 33,95 | 87,50 | 72,77 |
| SH024 | 69,44 | 67,36 | 73,96 | 66,67 | 28 | 16 | 32,8 | 32,17 | 57,14 | 69,36 |
| SH025 | 79,69 | 76,56 | 69,53 | 71,88 | 9 | 4 | 33,3 | 31,18 | 44,44 | 74,41 |
| SH026 | 68,06 | 68,40 | 73,78 | 73,61 | 49 | 26 | 30,5 | 30,63 | 53,06 | 70,96 |
| SH027 | 71,71 | 76,64 | 68,59 | 80,92 | 32 | 28 | 33,3 | 32,03 | 87,50 | 74,47 |
| SH028 | 77,98 | 73,21 | 75,74 | 75,00 | 65 | 31 | 30,2 | 31,18 | 47,69 | 75,48 |
| SH029 | 63,80 | 64,61 | 71,51 | 62,66 | 99 | 38 | 32,8 | 31,6 | 38,38 | 65,65 |
| SH030 | 57,43 | 51,01 | 69,26 | 50,68 | 46 | 23 | 31,5 | 32,03 | 50,00 | 57,09 |
| SH031 | 66,01 | 65,55 | 73,48 | 67,68 | 142 | 69 | 30 | 30,15 | 48,59 | 68,18 |
| SH032 | 72,66 | 73,05 | 76,56 | 71,48 | 134 | 56 | 30,8 | 31,6 | 41,79 | 73,44 |
| SH033 | 70,11 | 71,20 | 78,67 | 73,37 | 112 | 31 | 30,5 | 30,6 | 27,68 | 73,34 |
| SH034 | 68,06 | 68,06 | 84,03 | 83,33 | 13 | 10 | 30,7 | 31,18 | 76,92 | 75,87 |
| SH035 | 74,48 | 73,18 | 78,39 | 74,48 | 135 | 18 | 30,7 | 30,6 | 13,33 | 75,13 |
| SH036 | 69,03 | 65,91 | 73,44 | 69,89 | 83 | 29 | 30,1 | 31,18 | 34,94 | 69,57 |
| SH037 | 71,15 | 69,81 | 73,46 | 66,54 | 143 | 35 | 31,2 | 31,6 | 24,48 | 70,24 |
| SH038 | 72,92 | 66,67 | 70,83 | 62,50 | 63 | 24 | 32,1 | 32,17 | 38,10 | 68,23 |
| SH040 | 70,54 | 70,09 | 68,75 | 67,86 | 55 | 25 | 31,3 | 32,03 | 45,45 | 69,31 |
| SH041 | 76,64 | 73,03 | 79,44 | 75,00 | 59 | 32 | 29,8 | 30,63 | 54,24 | 76,03 |
| SH044 | 74,64 | 75,36 | 79,29 | 75,71 | 41 | 31 | 31,6 | 30,63 | 75,61 | 76,25 |
| SH045 | 87,50 | 83,33 | 87,50 | 83,33 | 5 | 5 | 31,6 | 32,17 | 100,00 | 85,42 |
| SH046 | 74,81 | 71,02 | 76,89 | 67,42 | 121 | 39 | 30,3 | 30,15 | 32,23 | 72,54 |
| SH047 | 64,22 | 61,21 | 68,21 | 61,21 | 98 | 22 | 31,6 | 31,18 | 22,45 | 63,71 |
| SH048 | 78,25 | 73,00 | 79,13 | 73,50 | 89 | 21 | 31,2 | 30,7 | 23,60 | 75,97 |
| SH049 | 61,20 | 59,90 | 68,88 | 60,94 | 81 | 21 | 30,8 | 30,7 | 25,93 | 62,73 |
| SH050 | 61,94 | 63,89 | 71,25 | 64,44 | 82 | 24 | 30,1 | 30,7 | 29,27 | 65,38 |
| SH051 | 77,68 | 75,89 | 79,46 | 78,57 | 38 | 28 | 30,9 | 31,85 | 73,68 | 77,90 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| SH052 | 75,24 | 74,29 | 75,30 | 75,24 | 130 | 96 | 32,9 | 33,03 | 73,85 | 75,01 |
| SH053 | 75,32 | 71,43 | 74,84 | 74,35 | 109 | 77 | 32,1 | 31,03 | 70,64 | 73,99 |
| SH054 | 76,79 | 72,08 | 78,73 | 75,97 | 109 | 45 | 31,1 | 31,55 | 41,28 | 75,89 |
| SH055 | 70,07 | 66,12 | 73,68 | 67,11 | 110 | 44 | 30,8 | 30,83 | 40,00 | 69,24 |
| SH056 | 78,50 | 78,13 | 78,13 | 78,25 | 116 | 98 | 32,8 | 33,03 | 84,48 | 78,25 |
| SH057 | 73,15 | 66,05 | 78,41 | 73,01 | 108 | 61 | 31,5 | 31,03 | 56,48 | 72,66 |
| SH058 | 85,98 | 80,95 | 85,21 | 86,28 | 110 | 42 | 34,3 | 34,3 | 38,18 | 84,60 |
| SH059 | 78,08 | 77,90 | 76,09 | 74,64 | 93 | 83 | 34,4 | 33,62 | 89,25 | 76,68 |
| SH060 | 79,03 | 76,67 | 75,00 | 75,83 | 110 | 63 | 32,5 | 32,74 | 57,27 | 76,63 |
| SH061 | 73,52 | 69,74 | 65,71 | 67,43 | 110 | 60 | 31,4 | 31,85 | 54,55 | 69,10 |
| SH062 | 79,22 | 75,63 | 73,52 | 76,56 | 110 | 61 | 32,1 | 31,85 | 55,45 | 76,23 |
| SH063 | 72,98 | 71,69 | 72,70 | 70,96 | 101 | 51 | 30,2 | 31,03 | 50,50 | 72,08 |
| SH064 | 67,88 | 65,77 | 71,35 | 67,31 | 92 | 43 | 30,3 | 31,03 | 46,74 | 68,08 |
| SH065 | 78,95 | 77,93 | 77,61 | 78,32 | 113 | 79 | 33 | 31,85 | 69,91 | 78,20 |
| SH066 | 78,85 | 75,41 | 76,92 | 75,00 | 110 | 90 | 32,8 | 32,74 | 81,82 | 76,55 |
| SH067 | 81,15 | 78,27 | 78,56 | 74,62 | 81 | 70 | 34 | 32,74 | 86,42 | 78,15 |
| SH068 | 79,36 | 76,74 | 79,87 | 77,91 | 110 | 85 | 33 | 32,74 | 77,27 | 78,47 |
| SH069 | 75,95 | 68,70 | 69,32 | 69,27 | 160 | 120 | 30,3 | 31,75 | 75,00 | 70,81 |
| SH070 | 76,54 | 76,75 | 78,84 | 78,07 | 110 | 61 | 31,5 | 31,55 | 55,45 | 77,55 |
| SH071 | 89,29 | 85,71 | 97,32 | 89,29 | 157 | 121 | 32,3 | 31,75 | 77,07 | 90,40 |
| SH072 | 74,24 | 72,71 | 77,67 | 73,17 | 110 | 104 | 32,3 | 31,75 | 94,55 | 74,45 |
| SH073 | 74,84 | 73,19 | 75,00 | 70,72 | 100 | 70 | 32,1 | 31,75 | 70,00 | 73,44 |
| SH074 | 81,54 | 79,81 | 83,85 | 80,00 | 100 | 48 | 31,8 | 31,55 | 48,00 | 81,30 |
| SH075 | 73,12 | 72,26 | 76,63 | 71,23 | 131 | 68 | 31,3 | 30,83 | 51,91 | 73,31 |
| SH076 | 72,16 | 72,54 | 79,55 | 75,00 | 110 | 53 | 31,8 | 31,55 | 48,18 | 74,81 |
| SH077 | 75,43 | 73,99 | 77,59 | 75,86 | 111 | 81 | 33,4 | 33,03 | 72,97 | 75,72 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|-------|-------|
| SH078 | 79,22 | 76,09 | 76,17 | 75,94 | 109 | 75 | 31,4 | 32,74 | 68,81 | 76,86 |
| SH079 | 75,46 | 74,23 | 77,39 | 75,31 | 110 | 98 | 33,6 | 33,62 | 89,09 | 75,60 |
| SH080 | 71,79 | 69,93 | 76,18 | 71,28 | 112 | 43 | 30,4 | 30,83 | 38,39 | 72,30 |
| SH081 | 83,17 | 78,85 | 75,96 | 81,25 | 81 | 76 | 35 | 34,1 | 93,83 | 79,81 |
| SH082 | 69,10 | 64,58 | 67,01 | 65,97 | 73 | 48 | 30,1 | 33,62 | 65,75 | 66,67 |
| SH083 | 75,57 | 76,99 | 76,42 | 78,41 | 98 | 92 | 35,6 | 33,62 | 93,88 | 76,85 |
| SH084 | 77,64 | 77,88 | 79,21 | 80,29 | 104 | 98 | 35,3 | 33,62 | 94,23 | 78,76 |
| SH085 | 84,87 | 84,21 | 82,73 | 84,87 | 82 | 77 | 35,4 | 34,1 | 93,90 | 84,17 |
| SH086 | 75,00 | 73,33 | 73,33 | 75,83 | 71 | 59 | 32,7 | 33,62 | 83,10 | 74,38 |
| SH087 | 79,06 | 79,69 | 72,03 | 79,38 | 86 | 81 | 31,9 | 34,1 | 94,19 | 77,54 |
| SH091 | 78,64 | 72,73 | 78,52 | 75,91 | 72 | 42 | 31,5 | 32,4 | 58,33 | 76,45 |
| SH092 | 76,85 | 77,07 | 81,58 | 77,17 | 128 | 70 | 32,5 | 32,15 | 54,69 | 78,17 |
| SH093 | 69,89 | 68,56 | 74,53 | 71,21 | 92 | 55 | 31,5 | 30,63 | 59,78 | 71,05 |
| SH094 | 75,48 | 73,56 | 77,88 | 74,04 | 35 | 28 | 30,1 | 30,1 | 80,00 | 75,24 |
| SH095 | 75,45 | 74,33 | 82,37 | 75,45 | 66 | 49 | 32 | 31,7 | 74,24 | 76,90 |
| SH096 | 72,37 | 64,47 | 46,05 | 51,32 | 24 | 7 | 29,9 | 31,7 | 29,17 | 58,55 |
| SH097 | 75,56 | 73,33 | 82,78 | 73,33 | 58 | 54 | 33,3 | 32,4 | 93,10 | 76,25 |
| SH098 | 74,81 | 73,27 | 74,81 | 72,69 | 91 | 46 | 30,1 | 30,63 | 50,55 | 73,89 |
| SH099 | 75,00 | 71,45 | 78,24 | 74,38 | 127 | 54 | 31,1 | 31,43 | 42,52 | 74,77 |
| SH100 | 73,38 | 74,03 | 78,57 | 75,97 | 99 | 74 | 31,9 | 31,7 | 74,75 | 75,49 |
| SH101 | 87,50 | 86,67 | 84,79 | 86,67 | 71 | 39 | 32,2 | 32,2 | 54,93 | 86,41 |
| SH104 | 77,06 | 74,73 | 80,01 | 75,82 | 137 | 51 | 31,1 | 31,43 | 37,23 | 76,91 |
| SH107 | 75,77 | 75,19 | 77,50 | 74,62 | 82 | 61 | 32,9 | 31,43 | 74,39 | 75,77 |
| SH108 | 77,74 | 75,91 | 82,16 | 77,44 | 70 | 30 | 32,8 | 31,23 | 42,86 | 78,32 |
| SH109 | 79,44 | 79,64 | 83,57 | 81,85 | 70 | 44 | 30,8 | 31,23 | 62,86 | 81,12 |
| SH110 | 72,52 | 70,30 | 72,71 | 71,53 | 138 | 76 | 31,5 | 31,77 | 55,07 | 71,77 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| SH111 | 70,67 | 70,19 | 74,28 | 73,08 | 29 | 16 | 30,3 | 30,3 | 55,17 | 72,06 |
| SH112 | 86,54 | 86,06 | 88,22 | 88,46 | 31 | 22 | 32,2 | 31,35 | 70,97 | 87,32 |
| SH113 | 89,52 | 89,11 | 92,34 | 91,94 | 56 | 38 | 32,9 | 31,77 | 67,86 | 90,73 |
| SH114 | 80,99 | 77,86 | 80,34 | 80,73 | 56 | 40 | 31,7 | 31,43 | 71,43 | 79,98 |
| SH115 | 79,57 | 76,22 | 80,79 | 79,88 | 56 | 40 | 31,6 | 31,43 | 71,43 | 79,12 |
| SH116 | 73,21 | 75,36 | 80,36 | 75,71 | 48 | 10 | 30,5 | 31,35 | 20,83 | 76,16 |
| SH117 | 80,07 | 77,36 | 80,89 | 76,81 | 128 | 39 | 30,9 | 31,2 | 30,47 | 78,78 |
| SH118 | 72,92 | 73,30 | 77,18 | 74,24 | 100 | 58 | 30,1 | 31,23 | 58,00 | 74,41 |
| SH119 | 84,27 | 75,40 | 85,69 | 86,29 | 30 | 21 | 33,5 | 33,5 | 70,00 | 82,91 |
| SH122 | 71,61 | 72,66 | 76,30 | 71,88 | 114 | 26 | 31,5 | 31,2 | 22,81 | 73,11 |
| SH123 | 73,98 | 72,70 | 81,63 | 79,59 | 59 | 35 | 31 | 31,43 | 59,32 | 76,98 |
| SH125 | 73,28 | 67,03 | 74,46 | 71,98 | 85 | 22 | 30,9 | 31,77 | 25,88 | 71,69 |
| SH126 | 73,13 | 70,42 | 74,38 | 71,25 | 17 | 11 | 33,3 | 32,3 | 64,71 | 72,29 |
| SH127 | 59,38 | 59,38 | 67,97 | 59,38 | 13 | 13 | 33,9 | 33,9 | 100,00 | 61,52 |
| SH128 | 72,08 | 82,08 | 89,58 | 82,50 | 27 | 22 | 32,9 | 32,5 | 81,48 | 81,56 |
| SH129 | 79,55 | 80,11 | 84,38 | 71,59 | 37 | 14 | 30,4 | 31,25 | 37,84 | 78,91 |
| SH130 | 75,00 | 76,19 | 76,79 | 75,00 | 18 | 13 | 33,8 | 34,45 | 72,22 | 75,74 |
| SH131 | 78,13 | 77,60 | 79,17 | 78,13 | 33 | 20 | 32,1 | 32,5 | 60,61 | 78,26 |
| SH132 | 76,79 | 75,89 | 81,25 | 73,21 | 23 | 22 | 33,3 | 32,4 | 95,65 | 76,79 |
| SH133 | 64,71 | 70,59 | 59,56 | 61,76 | 23 | 16 | 31,5 | 32,4 | 69,57 | 64,15 |
| SH134 | 74,21 | 73,55 | 73,16 | 72,63 | 103 | 46 | 30,3 | 30,63 | 44,66 | 73,39 |
| SH135 | 78,47 | 77,43 | 78,47 | 77,08 | 90 | 23 | 32,4 | 32,35 | 25,56 | 77,86 |
| SH136 | 60,94 | 77,34 | 83,20 | 79,69 | 24 | 23 | 37,3 | 37,3 | 95,83 | 75,29 |
| SH137 | 80,68 | 78,41 | 82,95 | 84,09 | 21 | 17 | 33,2 | 33,2 | 80,95 | 81,53 |
| SH138 | 79,17 | 84,03 | 82,99 | 84,72 | 41 | 16 | 29,9 | 29,9 | 39,02 | 82,73 |
| SH139 | 84,56 | 75,00 | 81,25 | 83,82 | 31 | 19 | 32,1 | 31,25 | 61,29 | 81,16 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| SH140 | 80,15 | 70,59 | 84,56 | 76,47 | 24 | 12 | 30,8 | 30,8 | 50,00 | 77,94 |
| SH141 | 71,88 | 71,45 | 71,88 | 73,30 | 110 | 94 | 33 | 31,7 | 85,45 | 72,12 |
| SH142 | 72,66 | 68,75 | 67,77 | 68,75 | 39 | 30 | 32,9 | 32,9 | 76,92 | 69,48 |
| SH143 | 81,25 | 79,17 | 86,46 | 75,00 | 18 | 11 | 29,8 | 31,6 | 61,11 | 80,47 |
| SH144 | 77,60 | 76,14 | 79,71 | 75,65 | 110 | 66 | 30,6 | 31,43 | 60,00 | 77,27 |
| SH145 | 72,06 | 72,61 | 78,31 | 73,16 | 102 | 57 | 31,8 | 32,15 | 55,88 | 74,03 |
| SH146 | 80,15 | 80,15 | 85,66 | 79,41 | 21 | 17 | 35,1 | 34,45 | 80,95 | 81,34 |
| SH147 | 78,57 | 77,55 | 77,93 | 79,08 | 72 | 63 | 33,4 | 32,66 | 87,50 | 78,28 |
| SH148 | 78,75 | 75,63 | 77,50 | 76,25 | 10 | 5 | 34,8 | 35,8 | 50,00 | 77,03 |
| SH149 | 80,60 | 79,74 | 82,11 | 83,62 | 67 | 45 | 33,5 | 34,07 | 67,16 | 81,52 |
| SH150 | 73,40 | 75,00 | 79,01 | 75,64 | 77 | 43 | 32,6 | 33,53 | 55,84 | 75,76 |
| SH151 | 79,17 | 75,91 | 79,89 | 76,09 | 110 | 63 | 32,7 | 33,63 | 57,27 | 77,76 |
| SH152 | 59,18 | 59,44 | 67,09 | 58,67 | 74 | 30 | 33,3 | 32,45 | 40,54 | 61,10 |
| SH153 | 59,30 | 59,88 | 68,02 | 58,14 | 69 | 33 | 31,8 | 31,9 | 47,83 | 61,34 |
| SH154 | 74,46 | 75,00 | 68,07 | 64,13 | 60 | 52 | 34,8 | 32,45 | 86,67 | 70,41 |
| SH155 | 77,20 | 76,01 | 73,99 | 74,66 | 90 | 67 | 33,6 | 33,63 | 74,44 | 75,46 |
| SH156 | 75,65 | 71,98 | 76,19 | 71,55 | 51 | 30 | 31,1 | 32,66 | 58,82 | 73,84 |
| SH157 | 76,34 | 77,46 | 78,13 | 76,79 | 70 | 58 | 33,6 | 32,45 | 82,86 | 77,18 |
| SH158 | 72,50 | 73,67 | 76,92 | 72,00 | 46 | 24 | 32 | 31,9 | 52,17 | 73,77 |
| SH159 | 77,73 | 77,50 | 78,41 | 75,00 | 84 | 53 | 32,5 | 32,66 | 63,10 | 77,16 |
| SH160 | 79,57 | 80,18 | 82,93 | 78,66 | 99 | 75 | 36,3 | 34,07 | 75,76 | 80,34 |
| SH161 | 87,87 | 88,60 | 86,03 | 86,76 | 65 | 55 | 36,5 | 33,53 | 84,62 | 87,32 |
| SH162 | 85,81 | 86,65 | 87,71 | 84,32 | 120 | 110 | 36,1 | 33,63 | 91,67 | 86,12 |
| SH163 | 81,45 | 79,84 | 82,86 | 79,84 | 64 | 60 | 35,7 | 32,66 | 93,75 | 81,00 |
| SH164 | 77,78 | 70,24 | 76,49 | 74,21 | 99 | 38 | 30,6 | 32,66 | 38,38 | 74,68 |
| SH165 | 62,85 | 61,46 | 64,93 | 62,50 | 49 | 28 | 30,7 | 32,45 | 57,14 | 62,93 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-------|--------|-------|
| SH166 | 71,59 | 69,89 | 72,73 | 65,91 | 38 | 24 | 31,7 | 31,7 | 63,16 | 70,03 |
| SH172 | 61,50 | 60,75 | 68,00 | 60,00 | 69 | 31 | 30,7 | 32,45 | 44,93 | 62,56 |
| SH173 | 84,13 | 83,89 | 85,58 | 83,65 | 102 | 68 | 36,8 | 35,8 | 66,67 | 84,31 |
| SH174 | 75,00 | 67,13 | 78,59 | 63,89 | 101 | 41 | 32,4 | 34,07 | 40,59 | 71,15 |
| SH175 | 74,63 | 76,84 | 81,07 | 75,74 | 58 | 49 | 33,9 | 33,53 | 84,48 | 77,07 |
| SH176 | 80,99 | 78,70 | 81,95 | 79,23 | 137 | 111 | 32,1 | 33,63 | 81,02 | 80,22 |
| SH177 | 63,98 | 59,32 | 68,22 | 58,47 | 80 | 49 | 31,6 | 32,45 | 61,25 | 62,50 |
| SH178 | 75,63 | 72,29 | 79,27 | 72,92 | 125 | 49 | 31,1 | 33,53 | 39,20 | 75,03 |
| SH179 | 56,82 | 61,36 | 56,82 | 61,36 | 14 | 10 | 32 | 31,37 | 71,43 | 59,09 |
| SH180 | 81,25 | 82,81 | 89,45 | 85,94 | 27 | 11 | 31,1 | 31,1 | 40,74 | 84,86 |
| SH181 | 77,68 | 78,57 | 83,04 | 76,79 | 27 | 11 | 32,3 | 32,35 | 40,74 | 79,02 |
| SH182 | 69,38 | 71,88 | 80,63 | 72,50 | 50 | 17 | 32,6 | 32,6 | 34,00 | 73,59 |
| SH183 | 67,19 | 73,44 | 82,03 | 78,13 | 10 | 10 | 32,8 | 31,73 | 100,00 | 75,20 |
| SH184 | 65,63 | 60,94 | 78,13 | 62,50 | 9 | 8 | 30,9 | 31,73 | 88,89 | 66,80 |
| SH185 | 70,83 | 73,96 | 79,17 | 75,00 | 15 | 13 | 30,7 | 31,37 | 86,67 | 74,74 |
| SH186 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 75,00 | 7 | 7 | 33,1 | 31,73 | 100,00 | 75,00 |
| SH187 | 73,86 | 71,59 | 81,82 | 77,27 | 17 | 11 | 31,4 | 31,37 | 64,71 | 76,14 |
| SH188 | 77,78 | 90,28 | 75,00 | 83,33 | 12 | 8 | 30,1 | 31,73 | 66,67 | 81,60 |
| SH189 | 77,94 | 82,35 | 88,97 | 79,41 | 23 | 14 | 33,4 | 31,6 | 60,87 | 82,17 |
| SH191 | 73,32 | 71,64 | 81,06 | 72,39 | 109 | 34 | 30,1 | 31,1 | 31,19 | 74,60 |
| SH192 | 68,65 | 68,27 | 76,83 | 71,92 | 109 | 30 | 31,4 | 32,78 | 27,52 | 71,42 |
| SH193 | 72,30 | 72,30 | 75,90 | 72,30 | 122 | 85 | 34 | 33,17 | 69,67 | 73,20 |
| SH194 | 72,79 | 70,22 | 75,83 | 73,53 | 92 | 55 | 30,8 | 31,2 | 59,78 | 73,09 |
| SH195 | 71,43 | 69,64 | 80,13 | 72,32 | 75 | 43 | 32,7 | 33,2 | 57,33 | 73,38 |
| SH196 | 75,33 | 66,45 | 76,64 | 65,79 | 38 | 27 | 31,2 | 32,02 | 71,05 | 71,05 |
| SH197 | 61,07 | 65,00 | 77,14 | 64,29 | 38 | 31 | 30,7 | 32,02 | 81,58 | 66,88 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|------|-------|-------|-------|
| SH198 | 73,50 | 69,75 | 72,25 | 70,00 | 73 | 38 | 31,6 | 33,17 | 52,05 | 71,38 |
| SH199 | 76,19 | 74,88 | 80,12 | 75,48 | 114 | 63 | 36 | 33,2 | 55,26 | 76,67 |
| SH200 | 69,23 | 69,23 | 71,15 | 71,15 | 129 | 71 | 31,1 | 31,2 | 55,04 | 70,19 |
| SH202 | 74,04 | 77,88 | 81,25 | 75,00 | 42 | 33 | 34,5 | 32,02 | 78,57 | 77,04 |
| SH203 | 81,25 | 85,42 | 89,06 | 87,50 | 40 | 29 | 33,3 | 32,02 | 72,50 | 85,81 |
| SH206 | 68,31 | 71,51 | 71,66 | 70,35 | 55 | 35 | 30,7 | 32,02 | 63,64 | 70,46 |
| SH207 | 74,86 | 71,74 | 75,34 | 76,09 | 98 | 83 | 35,7 | 32,78 | 84,69 | 74,51 |
| SH208 | 83,78 | 67,57 | 80,41 | 70,95 | 57 | 14 | 31,7 | 32,02 | 24,56 | 75,68 |
| SH209 | 76,61 | 83,06 | 87,70 | 87,10 | 150 | 89 | 32,2 | 31,1 | 59,33 | 83,62 |
| SH210 | 75,66 | 72,92 | 77,36 | 75,22 | 140 | 65 | 32,1 | 33,2 | 46,43 | 75,29 |
| SH211 | 72,84 | 71,12 | 74,35 | 69,83 | 41 | 34 | 33,2 | 31,7 | 82,93 | 72,04 |
| SH212 | 80,80 | 72,77 | 80,25 | 76,34 | 109 | 36 | 31 | 31,1 | 33,03 | 77,54 |
| SH213 | 78,22 | 73,71 | 79,06 | 78,09 | 110 | 73 | 32,2 | 33,2 | 66,36 | 77,27 |
| SH214 | 72,62 | 65,48 | 63,39 | 63,10 | 94 | 62 | 31,3 | 31,15 | 65,96 | 66,15 |
| SH215 | 70,96 | 72,43 | 77,02 | 71,32 | 66 | 56 | 31,6 | 31,7 | 84,85 | 72,93 |
| SH216 | 69,14 | 70,05 | 74,94 | 69,14 | 162 | 68 | 32,6 | 32,78 | 41,98 | 70,82 |
| SH217 | 83,33 | 83,13 | 87,81 | 89,58 | 111 | 22 | 32,3 | 31,7 | 19,82 | 85,96 |
| SH218 | 78,77 | 77,12 | 85,14 | 79,72 | 117 | 20 | 31,1 | 31,7 | 17,09 | 80,19 |
| SH219 | 66,42 | 68,38 | 73,16 | 69,12 | 67 | 28 | 31,4 | 32,78 | 41,79 | 69,27 |
| SH220 | 78,98 | 77,65 | 77,27 | 76,52 | 98 | 65 | 33 | 33,2 | 66,33 | 77,60 |
| SH221 | 84,56 | 79,41 | 86,03 | 83,82 | 122 | 104 | 33,9 | 33,17 | 85,25 | 83,46 |
| SH222 | 73,03 | 69,74 | 73,68 | 73,68 | 28 | 19 | 31,7 | 31,2 | 67,86 | 72,53 |
| SH223 | 67,22 | 74,29 | 76,18 | 72,64 | 49 | 38 | 31,7 | 31,7 | 77,55 | 72,58 |
| SH224 | 70,95 | 68,92 | 72,80 | 71,62 | 41 | 31 | 31 | 31,15 | 75,61 | 71,07 |
| SH225 | 67,19 | 59,90 | 59,11 | 55,21 | 28 | 20 | 30,3 | 31,7 | 71,43 | 60,35 |
| SH226 | 80,00 | 76,79 | 86,25 | 79,29 | 74 | 12 | 30,6 | 30,6 | 16,22 | 80,58 |

Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----|----|------|-------|--------|-------|
| SH227 | 64,58 | 37,50 | 77,08 | 79,17 | 10 | 4 | 31,3 | 32,3 | 40,00 | 64,58 |
| SH228 | 36,11 | 54,17 | 63,89 | 58,33 | 10 | 7 | 33,7 | 32,03 | 70,00 | 53,13 |
| SH229 | 92,31 | 86,54 | 88,94 | 90,38 | 8 | 5 | 32,2 | 31,85 | 62,50 | 89,54 |
| SH230 | 60,00 | 66,25 | 73,75 | 70,00 | 8 | 6 | 32 | 32,03 | 75,00 | 67,50 |
| SH231 | 78,85 | 78,85 | 78,85 | 78,85 | 9 | 5 | 31,2 | 31,4 | 55,56 | 78,85 |
| SH232 | 64,42 | 65,38 | 65,38 | 65,38 | 9 | 7 | 30,4 | 32,03 | 77,78 | 65,14 |
| SH233 | 81,25 | 83,33 | 84,38 | 83,33 | 6 | 6 | 31,5 | 31,85 | 100,00 | 83,07 |
| SH234 | 88,39 | 83,93 | 85,27 | 76,79 | 19 | 13 | 31,4 | 31,4 | 68,42 | 83,59 |
| SH235 | 62,50 | 70,00 | 72,50 | 65,00 | 13 | 11 | 31,6 | 31,4 | 84,62 | 67,50 |
| SH236 | 78,57 | 71,43 | 80,95 | 61,90 | 31 | 10 | 29,8 | 29,8 | 32,26 | 73,21 |

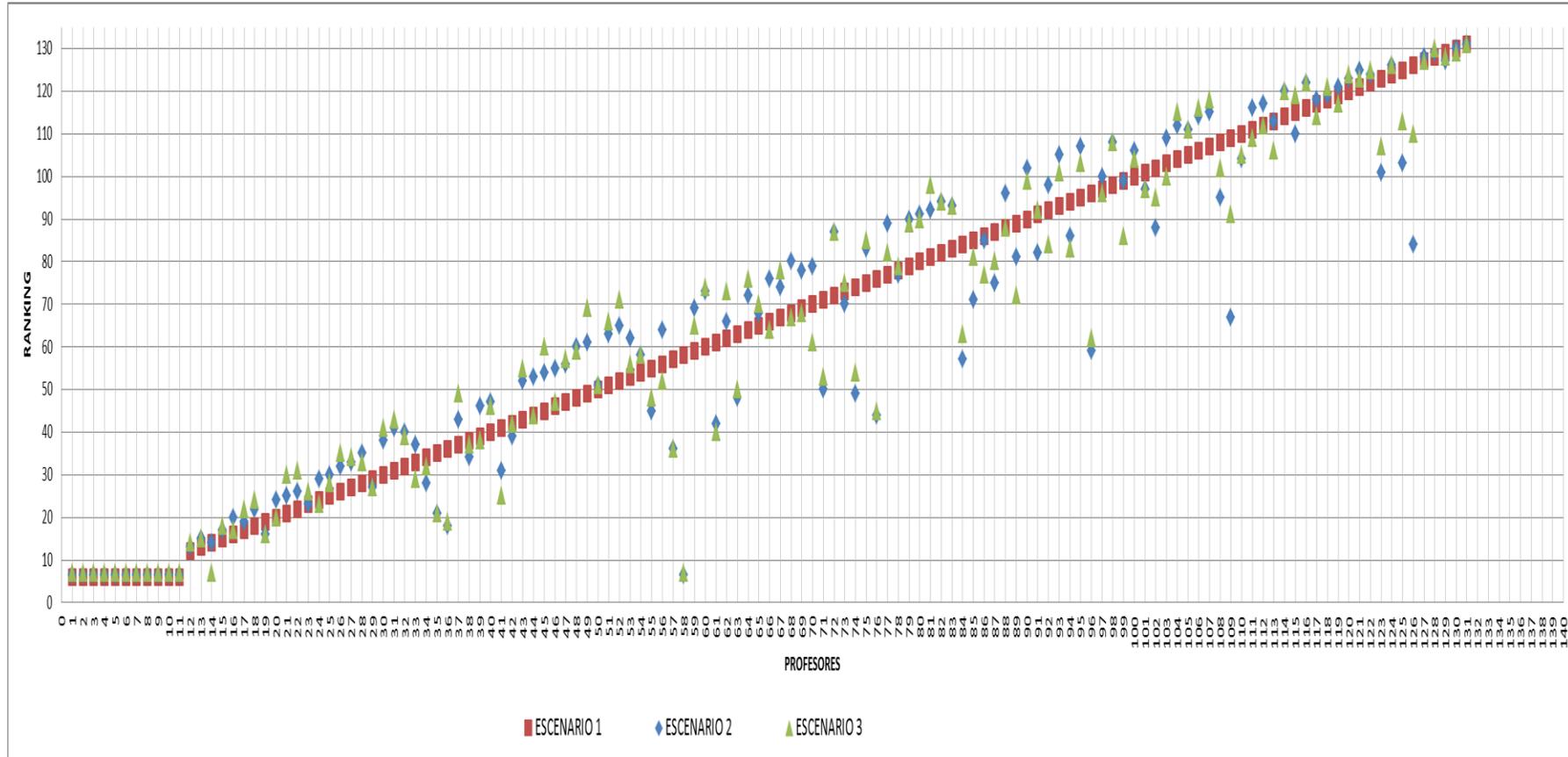
Anexo 5: Base de Datos - Área Técnica

| Código_ Profesor | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO | NOTA_MEDIA_ CICLO | TASAPRO | SATEST_ GLOBAL |
|-------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| TE001 | 62,50 | 62,50 | 67,19 | 62,50 | 4 | 3 | 32,3 | 32,58 | 75,00 | 63,67 |
| TE002 | 67,65 | 68,38 | 72,43 | 67,65 | 19 | 16 | 33,7 | 33,37 | 84,21 | 69,03 |
| TE003 | 68,75 | 65,63 | 64,32 | 57,29 | 32 | 22 | 31,5 | 32,03 | 68,75 | 64,00 |
| TE004 | 72,45 | 73,98 | 76,91 | 72,45 | 61 | 35 | 33,8 | 33,45 | 57,38 | 73,95 |
| TE005 | 54,41 | 51,47 | 62,87 | 57,35 | 21 | 10 | 31,9 | 31,63 | 47,62 | 56,53 |
| TE006 | 64,29 | 60,71 | 75,89 | 64,29 | 8 | 5 | 32,2 | 33,37 | 62,50 | 66,29 |
| TE007 | 69,58 | 71,23 | 76,13 | 66,27 | 87 | 52 | 32,5 | 33,45 | 59,77 | 70,80 |
| TE008 | 65,41 | 68,66 | 71,40 | 62,67 | 97 | 53 | 34,8 | 32,68 | 54,64 | 67,04 |
| TE009 | 76,79 | 76,79 | 83,04 | 78,57 | 25 | 17 | 33,9 | 33,37 | 68,00 | 78,79 |
| TE010 | 67,58 | 65,52 | 77,95 | 67,86 | 110 | 46 | 33,6 | 32,68 | 41,82 | 69,73 |
| TE011 | 90,00 | 87,50 | 98,75 | 90,00 | 8 | 5 | 33,4 | 31,63 | 62,50 | 91,56 |
| TE012 | 68,90 | 70,64 | 73,26 | 69,19 | 62 | 28 | 29,5 | 32,68 | 45,16 | 70,49 |
| TE013 | 77,54 | 79,03 | 82,20 | 77,12 | 79 | 59 | 35,1 | 33,45 | 74,68 | 78,97 |
| TE014 | 71,68 | 71,68 | 76,40 | 72,45 | 90 | 23 | 32,2 | 32,8 | 25,56 | 73,05 |
| TE015 | 63,66 | 61,63 | 70,78 | 63,37 | 46 | 19 | 33,2 | 32,35 | 41,30 | 64,86 |
| TE016 | 83,50 | 83,50 | 86,50 | 85,00 | 29 | 21 | 30,7 | 32,1 | 72,41 | 84,63 |
| TE017 | 73,41 | 72,02 | 74,60 | 72,22 | 81 | 39 | 33,2 | 32,58 | 48,15 | 73,07 |
| TE018 | 65,97 | 62,50 | 70,49 | 58,33 | 22 | 14 | 31,6 | 31,63 | 63,64 | 64,32 |
| TE019 | 75,98 | 72,55 | 74,26 | 72,06 | 62 | 28 | 31,9 | 32,58 | 45,16 | 73,71 |
| TE020 | 67,31 | 64,42 | 69,23 | 65,38 | 13 | 11 | 33,5 | 31,63 | 84,62 | 66,59 |
| TE021 | 66,29 | 69,32 | 66,29 | 60,61 | 46 | 18 | 31,5 | 32,35 | 39,13 | 65,63 |
| TE022 | 73,13 | 75,00 | 80,63 | 73,75 | 63 | 47 | 34,6 | 33,37 | 74,60 | 75,63 |

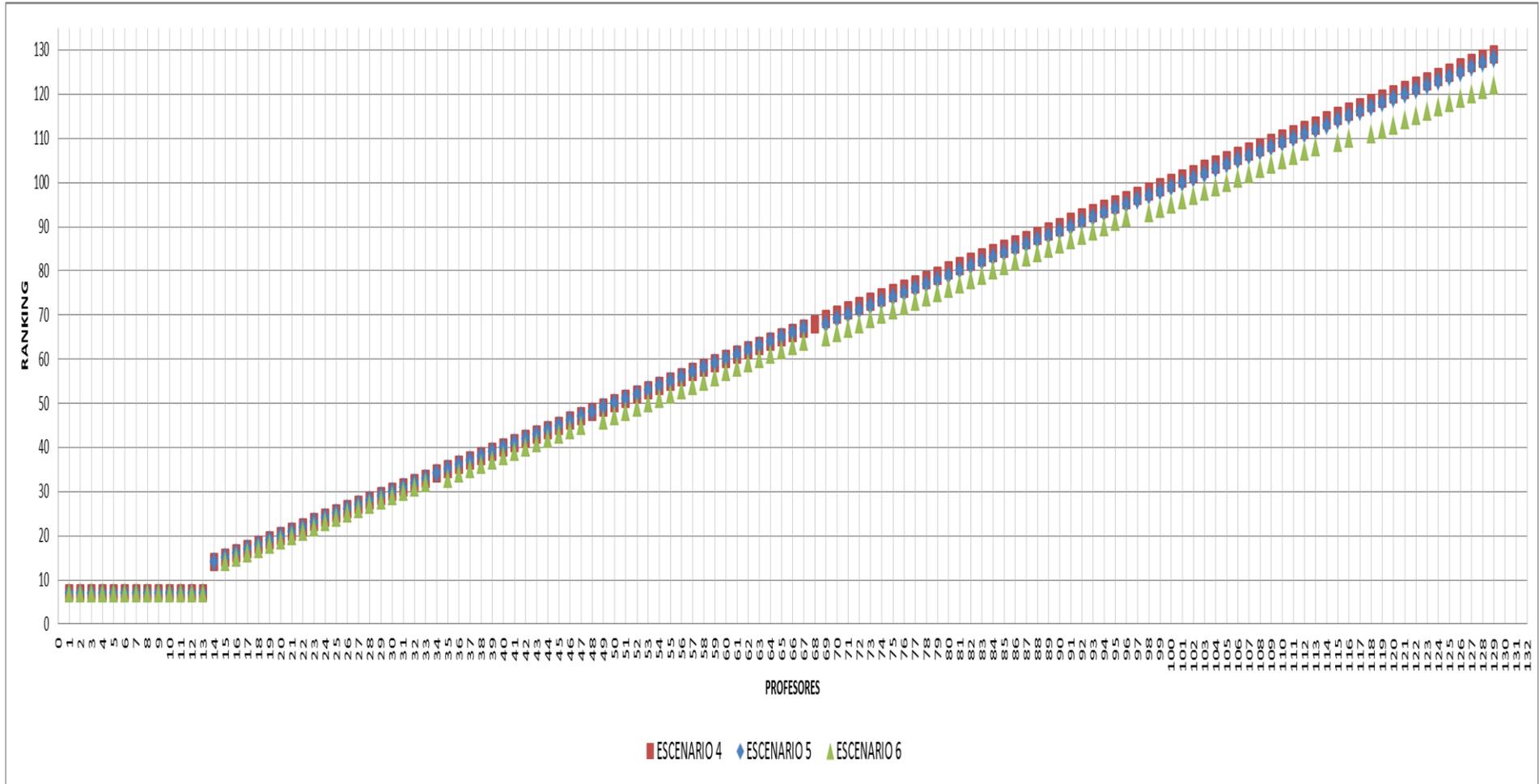
Medición de la actividad docente del profesor universitario mediante técnicas de análisis de eficiencia

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|----|------|-------|--------|-------|
| TE023 | 69,44 | 65,28 | 77,08 | 66,67 | 10 | 4 | 30,8 | 31,63 | 40,00 | 69,62 |
| TE024 | 73,08 | 70,19 | 72,60 | 67,31 | 13 | 11 | 31,4 | 31,63 | 84,62 | 70,79 |
| TE025 | 80,73 | 83,33 | 82,03 | 83,33 | 20 | 16 | 33,5 | 32,1 | 80,00 | 82,36 |
| TE026 | 67,05 | 73,86 | 80,11 | 68,18 | 63 | 40 | 33,4 | 32,8 | 63,49 | 72,30 |
| TE027 | 70,54 | 72,32 | 81,70 | 73,21 | 16 | 16 | 34,3 | 33,37 | 100,00 | 74,44 |
| TE028 | 75,28 | 72,50 | 68,19 | 67,22 | 67 | 33 | 32,4 | 33,45 | 49,25 | 70,80 |
| TE029 | 67,05 | 67,05 | 73,86 | 65,91 | 13 | 11 | 31,5 | 33,37 | 84,62 | 68,47 |
| TE030 | 78,27 | 76,19 | 76,79 | 75,30 | 130 | 86 | 32 | 35,2 | 66,15 | 76,64 |
| TE031 | 62,50 | 65,00 | 57,50 | 60,00 | 6 | 5 | 38,4 | 35,2 | 83,33 | 61,25 |
| TE035 | 70,83 | 71,88 | 74,48 | 72,92 | 28 | 21 | 31,7 | 31,63 | 75,00 | 72,53 |
| TE036 | 75,95 | 78,80 | 83,94 | 76,90 | 106 | 58 | 32,8 | 32,68 | 54,72 | 78,90 |
| TE037 | 55,36 | 50,00 | 67,86 | 57,14 | 41 | 18 | 31,4 | 32,03 | 43,90 | 57,59 |
| TE038 | 67,66 | 64,67 | 67,66 | 65,22 | 82 | 21 | 30,7 | 31,63 | 25,61 | 66,30 |
| TE039 | 66,67 | 72,92 | 61,46 | 62,50 | 35 | 14 | 29,7 | 31,63 | 40,00 | 65,89 |
| TE040 | 73,92 | 72,63 | 75,00 | 71,12 | 67 | 34 | 32,9 | 32,58 | 50,75 | 73,17 |
| TE041 | 77,27 | 77,84 | 81,53 | 76,14 | 34 | 20 | 33,2 | 32,03 | 58,82 | 78,20 |

Anexo 6: Gráfico comparativo entre el ranking de los profesores según los escenarios 1, 2, 3



Anexo 7: Gráfico comparativo entre el ranking de los profesores según los escenarios 4, 5 y 6

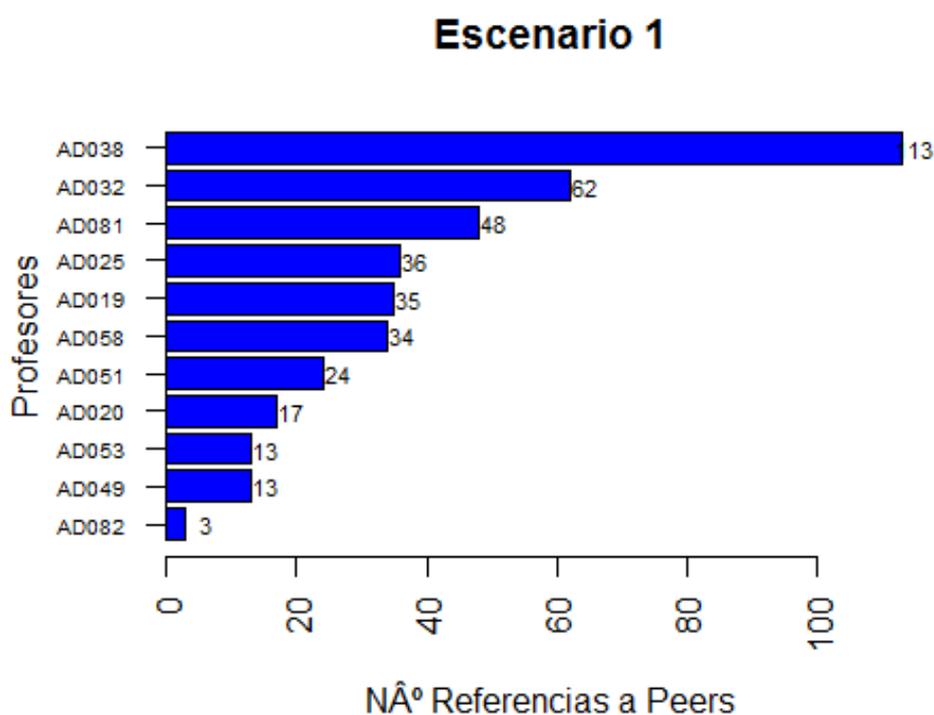


Anexo 8: Cálculo de la eficiencia en los escenarios por cada área

```
areas = c("ADM", "BIO", "SOH", "TEC")  
areasComp = c("ADMINISTRATIVA", "BIOLÓGICA", "SOCIOHUMANISTICA", "TÉCNICA")
```

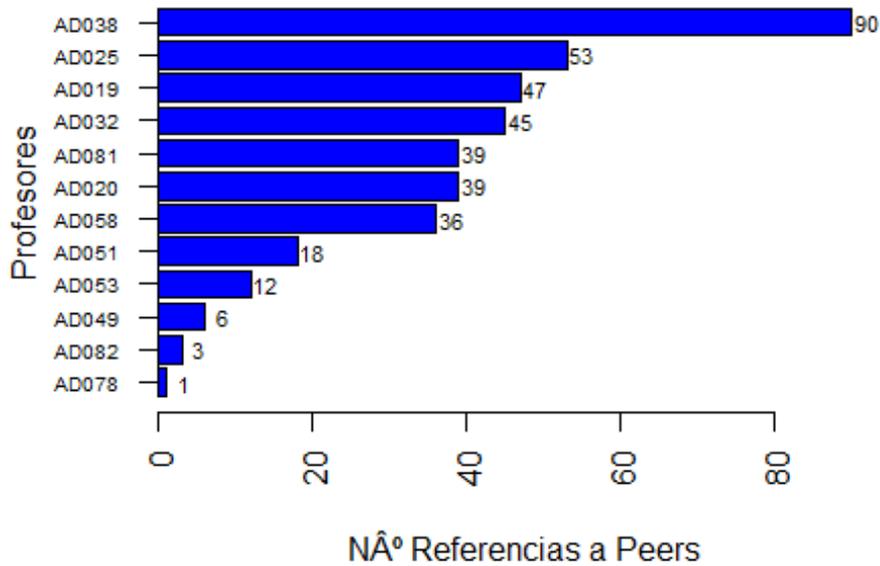
Administración

```
i = 1  
  ficheroRData_todo =  
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_TODOS_", areas[i], "_DatosSalida.R  
Data", sep="")  
load(file=ficheroRData_todo)  
  
## [1] "Escenario 1"
```



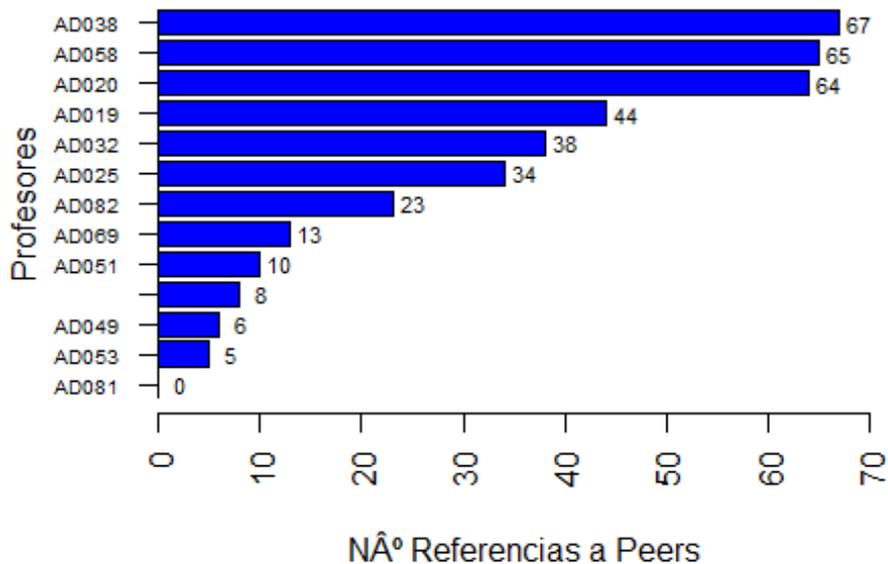
```
## [1] "Escenario 2"
```

Escenario 2



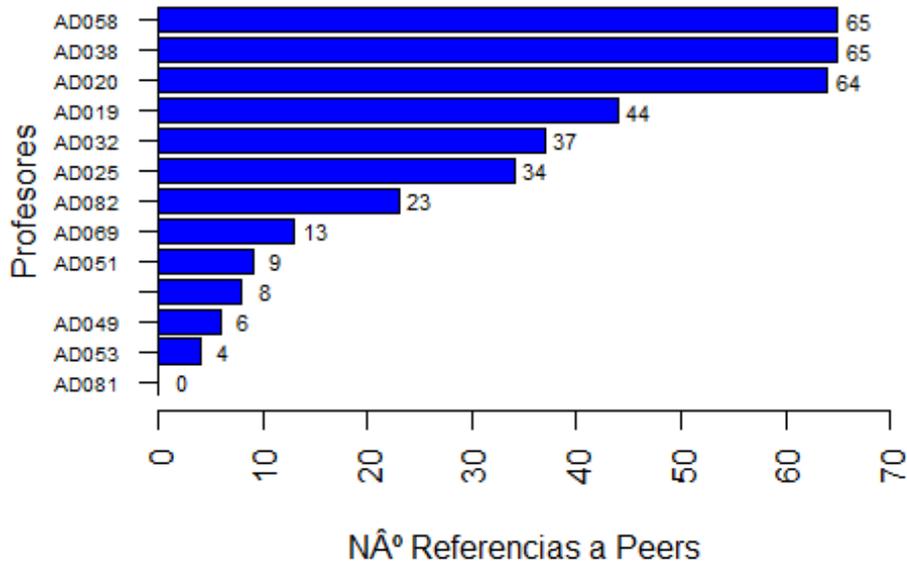
[1] "Escenario 3"

Escenario 3



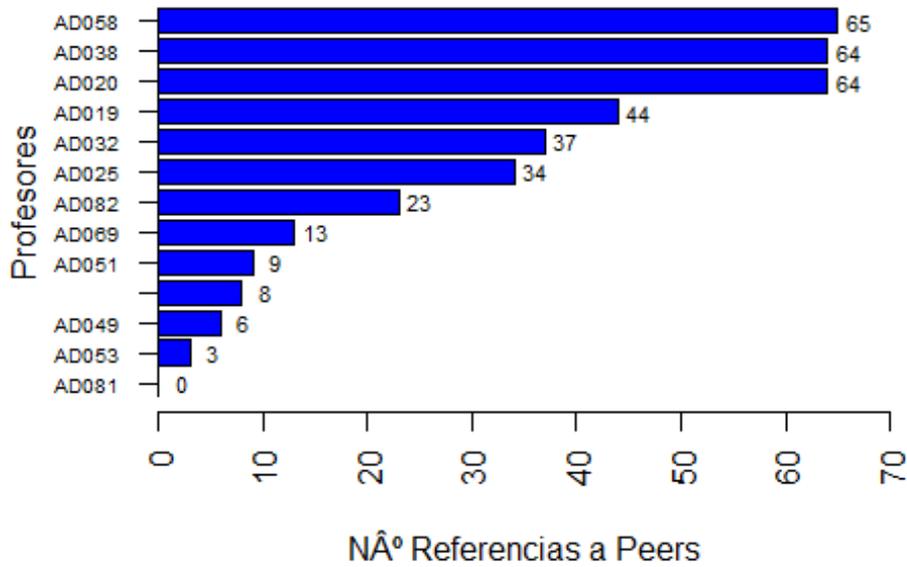
[1] "Escenario 4"

Escenario 4



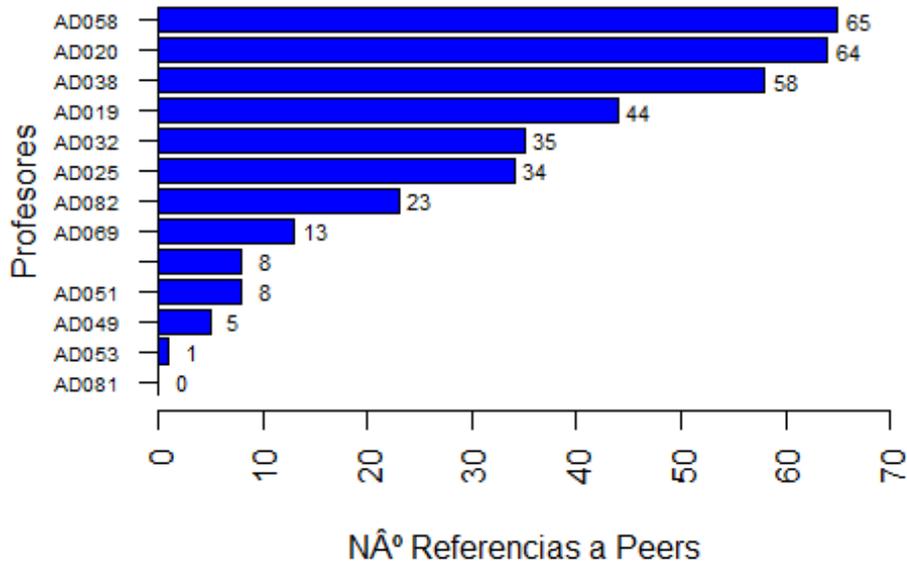
[1] "Escenario 5"

Escenario 5



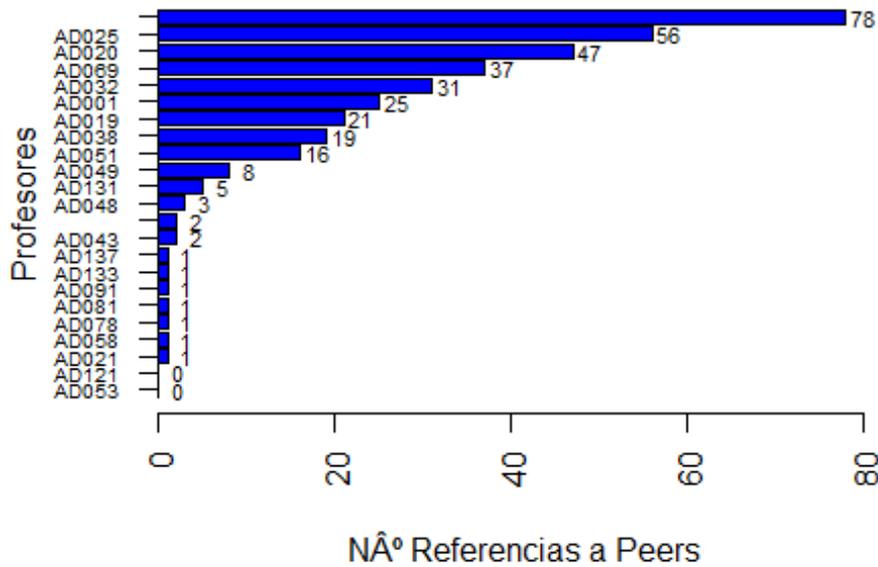
[1] "Escenario 6"

Escenario 6



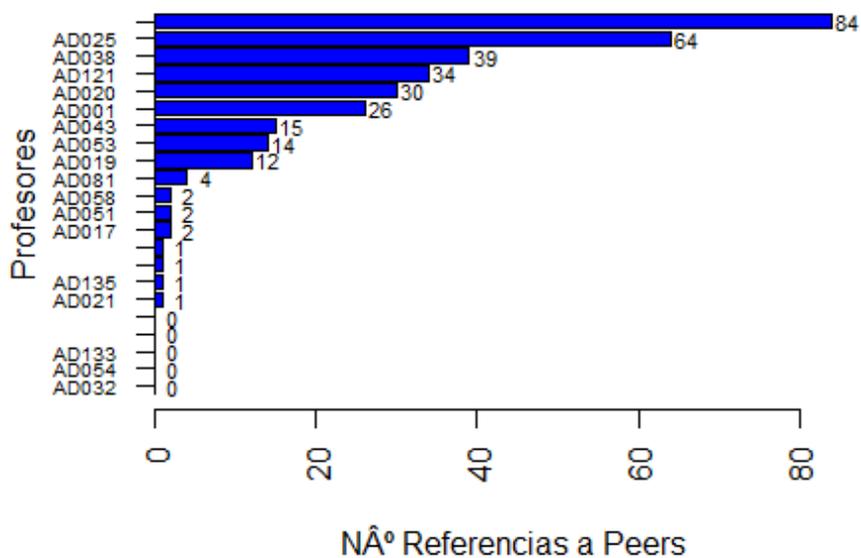
[1] "Escenario 7"

Escenario 7



[1] "Escenario 8"

Escenario 8



| | Frec. | Porc. | Abs. | Porc. |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 11 | 8.40 | 11 | 8.40 |
| [0.95,1) | 16 | 12.21 | 27 | 20.61 |
| [0.9,0.95) | 43 | 32.82 | 70 | 53.44 |
| [0.8,0.9) | 60 | 45.80 | 130 | 99.24 |
| <0.8 | 1 | 0.76 | 131 | 100.00 |
| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
| 1 | 12 | 9.16 | 12 | 9.16 |
| [0.95,1) | 21 | 16.03 | 33 | 25.19 |
| [0.9,0.95) | 54 | 41.22 | 87 | 66.41 |
| [0.8,0.9) | 43 | 32.82 | 130 | 99.24 |
| <0.8 | 1 | 0.76 | 131 | 100.00 |
| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
| 1 | 13 | 9.92 | 13 | 9.92 |
| [0.95,1) | 25 | 19.08 | 38 | 29.01 |
| [0.9,0.95) | 55 | 41.98 | 93 | 70.99 |
| [0.8,0.9) | 37 | 28.24 | 130 | 99.24 |
| <0.8 | 1 | 0.76 | 131 | 100.00 |
| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
| 1 | 13 | 10.08 | 13 | 10.08 |
| [0.95,1) | 24 | 18.60 | 37 | 28.68 |
| [0.9,0.95) | 55 | 42.64 | 92 | 71.32 |
| [0.8,0.9) | 36 | 27.91 | 128 | 99.22 |
| <0.8 | 1 | 0.78 | 129 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 13 | 10.16 | 13 | 10.16 |
| [0.95,1) | 24 | 18.75 | 37 | 28.91 |
| [0.9,0.95) | 54 | 42.19 | 91 | 71.09 |
| [0.8,0.9) | 36 | 28.12 | 127 | 99.22 |
| <0.8 | 1 | 0.78 | 128 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 13 | 10.66 | 13 | 10.66 |
| [0.95,1) | 22 | 18.03 | 35 | 28.69 |
| [0.9,0.95) | 53 | 43.44 | 88 | 72.13 |
| [0.8,0.9) | 33 | 27.05 | 121 | 99.18 |
| <0.8 | 1 | 0.82 | 122 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 23 | 18.85 | 23 | 18.85 |
| [0.95,1) | 41 | 33.61 | 64 | 52.46 |
| [0.9,0.95) | 49 | 40.16 | 113 | 92.62 |
| [0.8,0.9) | 9 | 7.38 | 122 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 122 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 22 | 18.03 | 22 | 18.03 |
| [0.95,1) | 33 | 27.05 | 55 | 45.08 |
| [0.9,0.95) | 56 | 45.90 | 111 | 90.98 |
| [0.8,0.9) | 11 | 9.02 | 122 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 122 | 100.00 |

| n | Media | Desv Tip | Mediana | Media Trim | Des Abs Mediana | Min | Max | Rango | Coef Asim | Coef Curtosis | Error Estandar |
|-----|-------|----------|---------|------------|-----------------|------|-----|-------|-----------|---------------|----------------|
| 131 | 0.91 | 0.05 | 0.9 | 0.91 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | 0.2 | 0.04 | 0 |
| 131 | 0.92 | 0.04 | 0.91 | 0.92 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | -0.02 | 0.19 | 0 |
| 131 | 0.92 | 0.05 | 0.92 | 0.92 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | -0.11 | 0.18 | 0 |
| 129 | 0.93 | 0.04 | 0.92 | 0.92 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | -0.08 | 0.23 | 0 |
| 128 | 0.93 | 0.04 | 0.92 | 0.92 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | -0.08 | 0.21 | 0 |

| n | Media | Desv Tip | Mediana | Media Trim | Des Abs Mediana | Min | Max | Rango | Coef Asim | Coef Curtosis | Error Estandar |
|-----|-------|----------|---------|------------|-----------------|------|-----|-------|-----------|---------------|----------------|
| 122 | 0.93 | 0.04 | 0.92 | 0.93 | 0.04 | 0.76 | 1 | 0.24 | -0.11 | 0.29 | 0 |
| n | Media | Desv Tip | Mediana | Media Trim | Des Abs Mediana | Min | Max | Rango | Coef Asim | Coef Curtosis | Error Estandar |
| 122 | 0.95 | 0.03 | 0.95 | 0.95 | 0.04 | 0.88 | 1 | 0.12 | -0.1 | -1.03 | 0 |
| n | Media | Desv Tip | Mediana | Media Trim | Des Abs Mediana | Min | Max | Rango | Coef Asim | Coef Curtosis | Error Estandar |
| 122 | 0.95 | 0.04 | 0.94 | 0.95 | 0.04 | 0.87 | 1 | 0.13 | 0.07 | -1.15 | 0 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| | | | | | | | |
|-------|---|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| AD038 | 1 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 10 | 34.7 |
| AD032 | 1 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 |
| AD081 | 1 | 74.0909 | 76.5909 | 82.2727 | 80.0000 | 90 | 35.7 |
| AD025 | 1 | 79.3699 | 80.0813 | 83.9431 | 82.5203 | 131 | 33.9 |
| AD019 | 1 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 112 | 35.7 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST ALUMAT NUMAPRO PROMAPRO

| | | | | | | | | |
|-------|---|---------|---------|---------|---------|-----|-----|------|
| AD038 | 1 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 11 | 10 | 34.7 |
| AD025 | 1 | 79.3699 | 80.0813 | 83.9431 | 82.5203 | 156 | 131 | 33.9 |
| AD019 | 1 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 119 | 112 | 35.7 |
| AD032 | 1 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 17 | 15 | 39.0 |
| AD020 | 1 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 80 | 49 | 32.2 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| | | | | | | | |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| AD038 | 0.0909 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 10 | 34.7 |
| AD058 | 0.0120 | 84.0164 | 81.7623 | 84.5287 | 81.9672 | 76 | 35.3 |
| AD020 | 0.0125 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 49 | 32.2 |
| AD019 | 0.0084 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 112 | 35.7 |
| AD032 | 0.0588 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| | | | | | | | |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| AD038 | 0.0909 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 10 | 34.7 |
| AD058 | 0.0120 | 84.0164 | 81.7623 | 84.5287 | 81.9672 | 76 | 35.3 |
| AD020 | 0.0125 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 49 | 32.2 |
| AD019 | 0.0084 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 112 | 35.7 |
| AD032 | 0.0588 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| | | | | | | | |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| AD058 | 0.0120 | 84.0164 | 81.7623 | 84.5287 | 81.9672 | 76 | 35.3 |
| AD020 | 0.0125 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 49 | 32.2 |
| AD038 | 0.0909 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 10 | 34.7 |
| AD019 | 0.0084 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 112 | 35.7 |
| AD032 | 0.0588 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 |

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| AD058 | 0.0120 | 84.0164 | 81.7623 | 84.5287 | 81.9672 | 76 | 35.3 | |
| AD020 | 0.0125 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 49 | 32.2 | |
| AD038 | 0.0909 | 89.5833 | 89.5833 | 92.1875 | 91.6667 | 10 | 34.7 | |
| AD019 | 0.0084 | 81.2500 | 81.1080 | 72.9403 | 75.5682 | 112 | 35.7 | |
| AD032 | 0.0588 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 | |

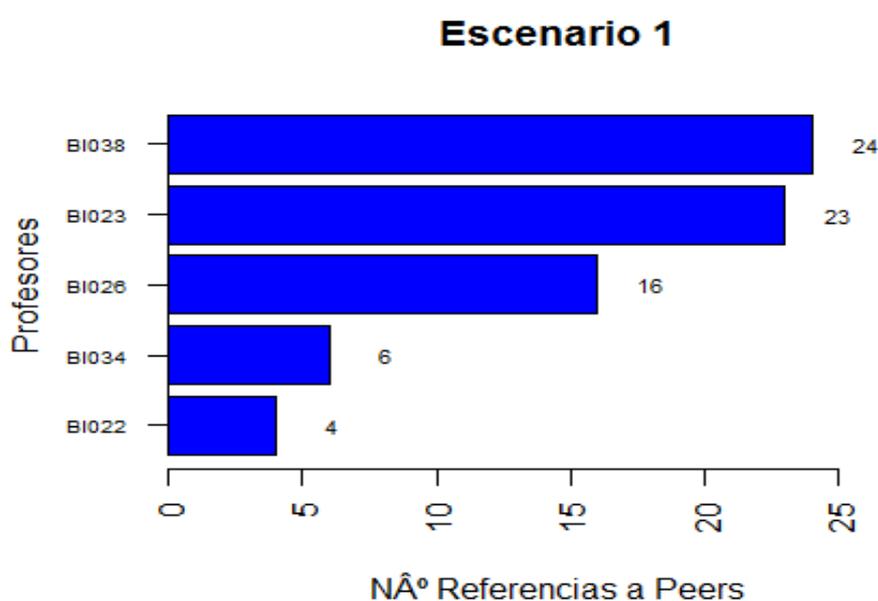
| | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| AD133 | 0.0357 | 30.60 | 81.4655 | 82.3276 | 83.8362 | 84.4828 | 24 | 33.5 |
| AD025 | 0.0064 | 31.80 | 79.3699 | 80.0813 | 83.9431 | 82.5203 | 131 | 33.9 |
| AD020 | 0.0125 | 31.78 | 90.8654 | 87.0192 | 90.1442 | 90.3846 | 49 | 32.2 |
| AD058 | 0.0120 | 33.25 | 84.0164 | 81.7623 | 84.5287 | 81.9672 | 76 | 35.3 |
| AD032 | 0.0588 | 34.50 | 61.2500 | 63.7500 | 66.8750 | 65.0000 | 15 | 39.0 |

| | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|-------|----------|------------------|---------------|---------|----------|
| AD133 | 0.0357 | 30.60 | 83.0280 | 85.7143 | 33.5 |
| AD025 | 0.0064 | 31.80 | 81.4787 | 83.9744 | 33.9 |
| AD032 | 0.0588 | 34.50 | 64.2188 | 88.2353 | 39.0 |
| AD058 | 0.0120 | 33.25 | 83.0686 | 91.5663 | 35.3 |
| AD020 | 0.0125 | 31.78 | 89.6034 | 61.2500 | 32.2 |

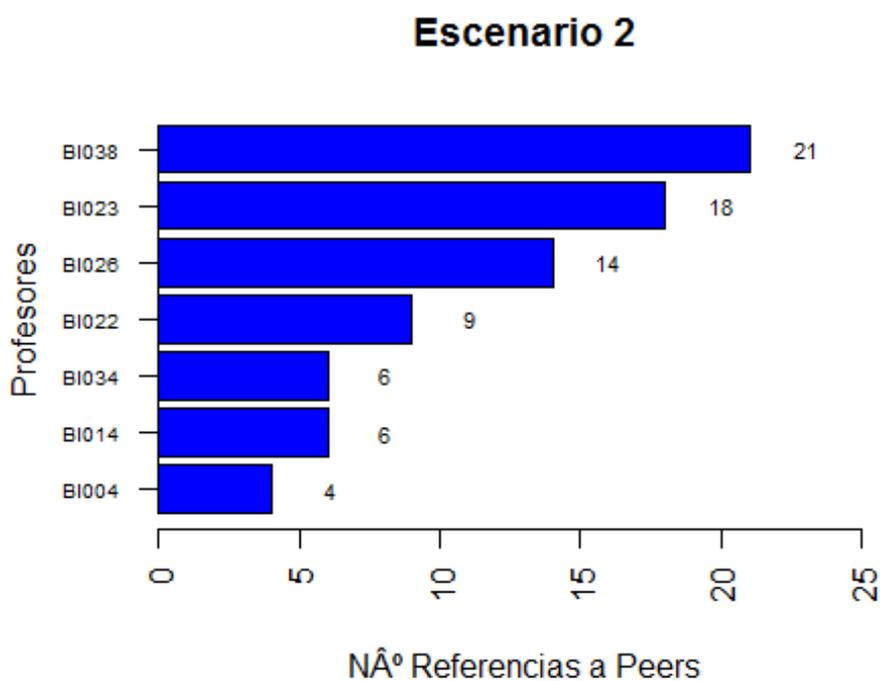
Biológica

```
i = 2
ficheroRData_todo =
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_TODOS_",areas[i],"_DatosSalida.R
Data",sep="")
load(file=ficheroRData_todo)

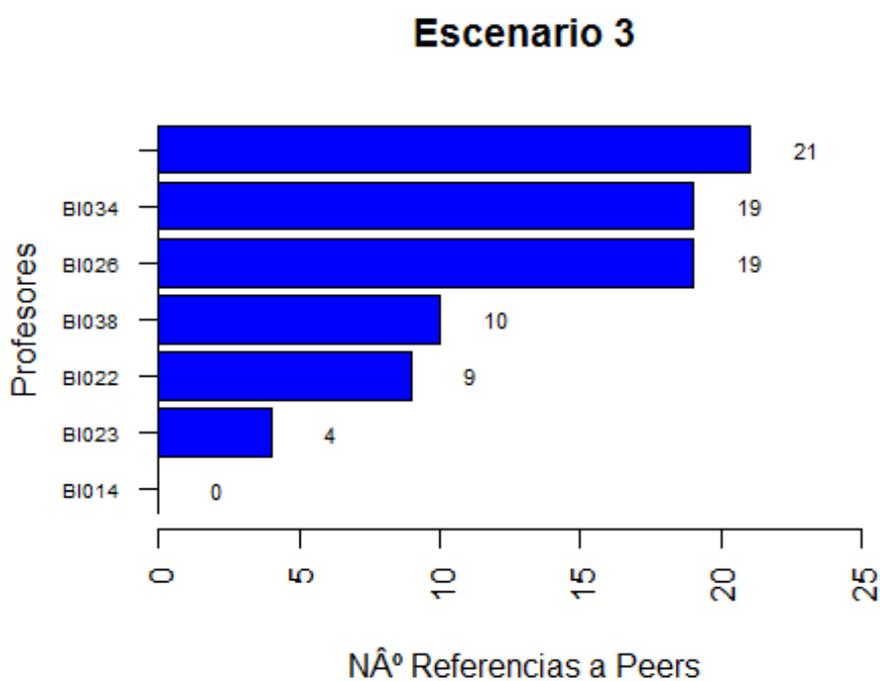
## [1] "Escenario 1"
```



[1] "Escenario 2"

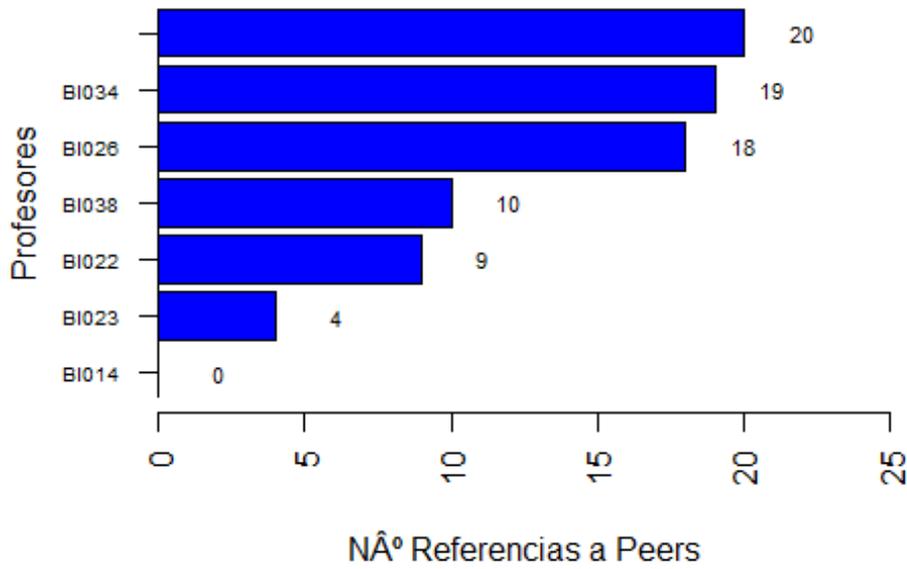


[1] "Escenario 3"



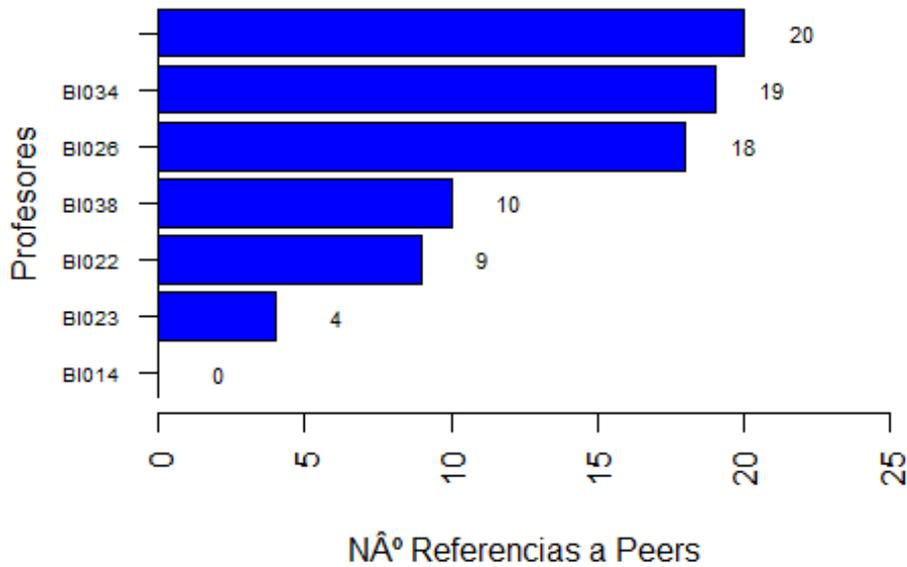
[1] "Escenario 4"

Escenario 4



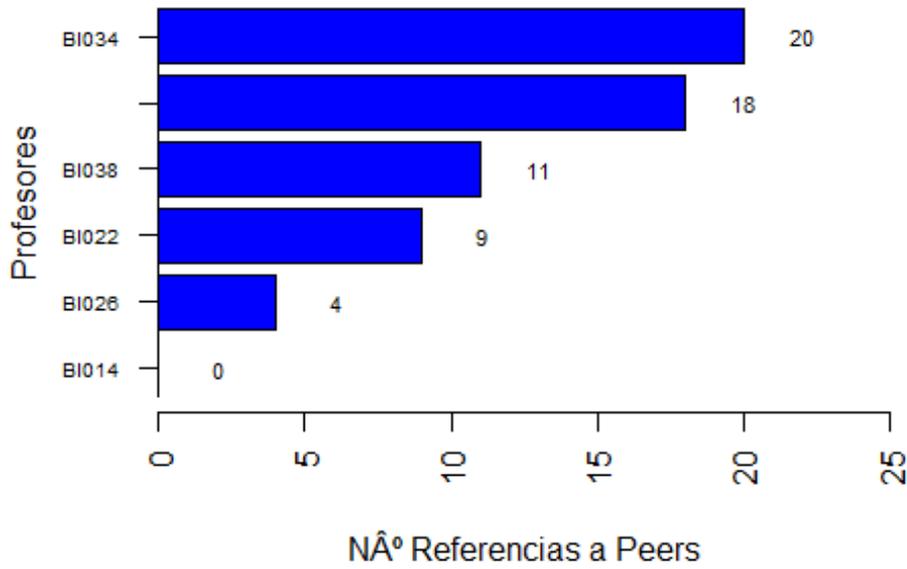
```
## [1] "Escenario 5"
```

Escenario 5



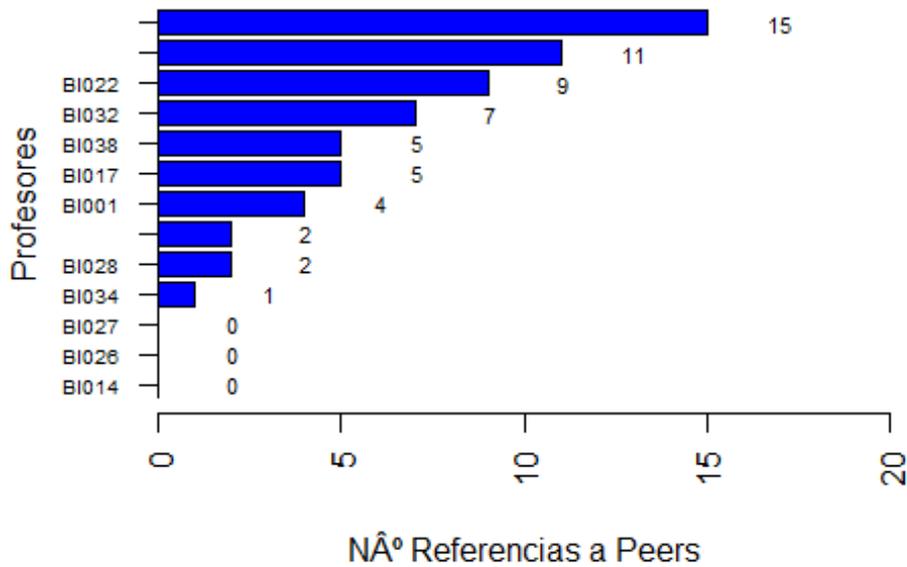
```
## [1] "Escenario 6"
```

Escenario 6



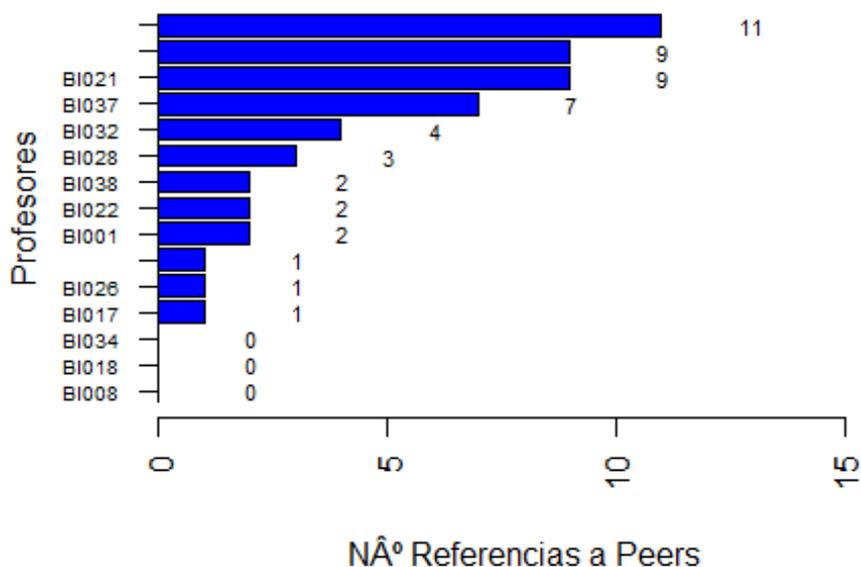
[1] "Escenario 7"

Escenario 7



[1] "Escenario 8"

Escenario 8



| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 5 | 14.29 | 5 | 14.29 |
| [0.95,1) | 9 | 25.71 | 14 | 40.00 |
| [0.9,0.95) | 16 | 45.71 | 30 | 85.71 |
| [0.8,0.9) | 5 | 14.29 | 35 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 35 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 7 | 20.00 | 7 | 20.00 |
| [0.95,1) | 11 | 31.43 | 18 | 51.43 |
| [0.9,0.95) | 14 | 40.00 | 32 | 91.43 |
| [0.8,0.9) | 3 | 8.57 | 35 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 35 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 7 | 20.00 | 7 | 20.00 |
| [0.95,1) | 8 | 22.86 | 15 | 42.86 |
| [0.9,0.95) | 16 | 45.71 | 31 | 88.57 |
| [0.8,0.9) | 4 | 11.43 | 35 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 35 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|---|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 7 | 20.59 | 7 | 20.59 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| [0.95,1) | 8 | 23.53 | 15 | 44.12 |
| [0.9,0.95) | 15 | 44.12 | 30 | 88.24 |
| [0.8,0.9) | 4 | 11.76 | 34 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 34 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 7 | 20.59 | 7 | 20.59 |
| [0.95,1) | 8 | 23.53 | 15 | 44.12 |
| [0.9,0.95) | 15 | 44.12 | 30 | 88.24 |
| [0.8,0.9) | 4 | 11.76 | 34 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 34 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 6 | 19.35 | 6 | 19.35 |
| [0.95,1) | 11 | 35.48 | 17 | 54.84 |
| [0.9,0.95) | 11 | 35.48 | 28 | 90.32 |
| [0.8,0.9) | 3 | 9.68 | 31 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 31 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 13 | 41.94 | 13 | 41.94 |
| [0.95,1) | 11 | 35.48 | 24 | 77.42 |
| [0.9,0.95) | 7 | 22.58 | 31 | 100.00 |
| [0.8,0.9) | 0 | 0.00 | 31 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 31 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 15 | 48.39 | 15 | 48.39 |
| [0.95,1) | 8 | 25.81 | 23 | 74.19 |
| [0.9,0.95) | 5 | 16.13 | 28 | 90.32 |
| [0.8,0.9) | 3 | 9.68 | 31 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 31 | 100.00 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 35 | 0.94 | 0.04 | 0.94 | 0.94 | 0.05 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.22 | -0.45 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 35 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.04 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.47 | -0.09 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 35 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.05 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.49 | -0.2 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 34 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.05 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.53 | -0.2 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 34 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.05 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.53 | -0.2 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 31 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.05 | 0.89 | 1 | 0.11 | -0.17 | -1.29 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----|-------|----------|---------|-----------|---------------|------|-----|-------|----------|--------------|---------------|
| 31 | 0.97 | 0.03 | 0.99 | 0.98 | 0.01 | 0.91 | 1 | 0.09 | -0.92 | -0.75 | 0.01 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----|-------|----------|---------|-----------|---------------|------|-----|-------|----------|--------------|---------------|
| 31 | 0.97 | 0.04 | 0.99 | 0.98 | 0.01 | 0.87 | 1 | 0.13 | -1.12 | -0.1 | 0.01 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI038 | 1 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 |
| BI023 | 1 | 89.2857 | 78.5714 | 87.5000 | 89.2857 | 5 |
| BI026 | 1 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 |
| BI034 | 1 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 |
| BI022 | 1 | 75.0000 | 80.3571 | 88.3929 | 78.5714 | 103 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI038 | 1 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 115 | 95 |
| BI023 | 1 | 89.2857 | 78.5714 | 87.5000 | 89.2857 | 6 | 5 |
| BI026 | 1 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 105 | 83 |
| BI022 | 1 | 75.0000 | 80.3571 | 88.3929 | 78.5714 | 120 | 103 |
| BI014 | 1 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 114 | 79 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI038 | 0.0087 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 |
| BI023 | 0.1667 | 89.2857 | 78.5714 | 87.5000 | 89.2857 | 5 |
| BI026 | 0.0095 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 |
| BI034 | 0.0196 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 |
| BI014 | 0.0088 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 79 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI038 | 0.0087 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 |
| BI026 | 0.0095 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 |
| BI023 | 0.1667 | 89.2857 | 78.5714 | 87.5000 | 89.2857 | 5 |
| BI034 | 0.0196 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 |
| BI014 | 0.0088 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 79 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI038 | 0.0087 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 |
| BI026 | 0.0095 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 |
| BI023 | 0.1667 | 89.2857 | 78.5714 | 87.5000 | 89.2857 | 5 |
| BI034 | 0.0196 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 |
| BI014 | 0.0088 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 79 |

| resDEA\$datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| BI026 | 0.0095 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 |
| BI038 | 0.0087 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 |
| BI034 | 0.0196 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 |
| BI014 | 0.0088 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 79 |
| BI022 | 0.0083 | 75.0000 | 80.3571 | 88.3929 | 78.5714 | 103 |

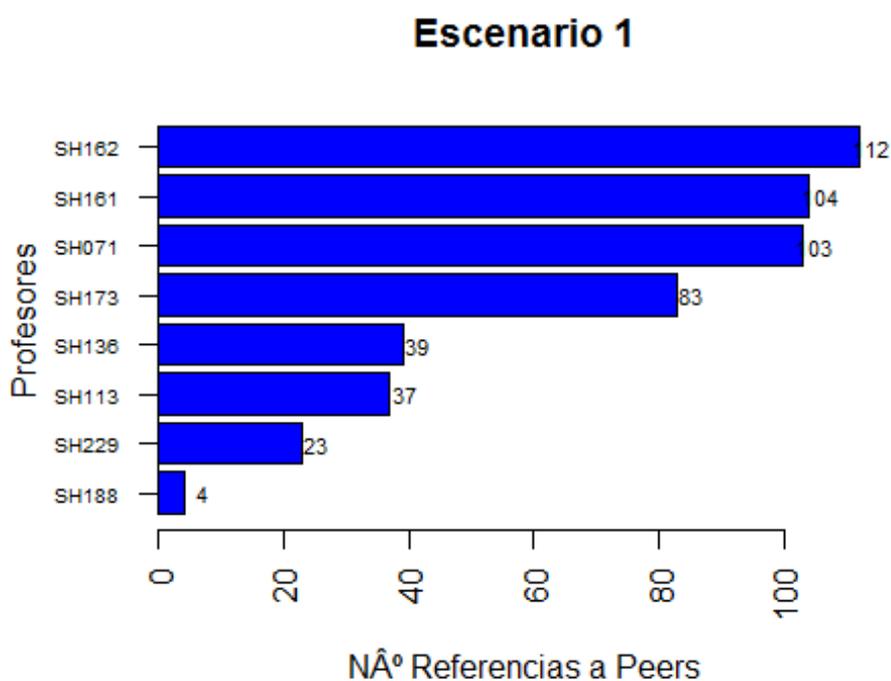
1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO | | | | | | | | |
|---|--------|-------|---------|---------|---------|---------|----|------|
| BI034 | 0.0196 | 30.37 | 87.5000 | 89.0625 | 96.8750 | 87.5000 | 26 | 30.2 |
| BI038 | 0.0087 | 32.75 | 73.7864 | 76.2136 | 79.7937 | 77.6699 | 95 | 35.0 |
| BI017 | 0.0099 | 32.18 | 74.1197 | 73.9437 | 78.3451 | 71.1268 | 63 | 34.4 |
| BI026 | 0.0095 | 32.60 | 80.9783 | 83.1522 | 84.6920 | 83.5145 | 83 | 33.1 |
| BI014 | 0.0088 | 32.60 | 77.2606 | 75.5319 | 80.3856 | 76.8617 | 79 | 34.3 |

| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO SATEST_GLOBAL TASAPRO PROMAPRO | | | | | |
|--|--------|-------|---------|---------|------|
| BI038 | 0.0087 | 32.75 | 76.8659 | 82.6087 | 35.0 |
| BI017 | 0.0099 | 32.18 | 74.3838 | 62.3762 | 34.4 |
| BI034 | 0.0196 | 30.37 | 90.2344 | 50.9804 | 30.2 |
| BI028 | 0.0345 | 30.78 | 74.4792 | 89.6552 | 32.0 |
| BI026 | 0.0095 | 32.60 | 83.0842 | 79.0476 | 33.1 |

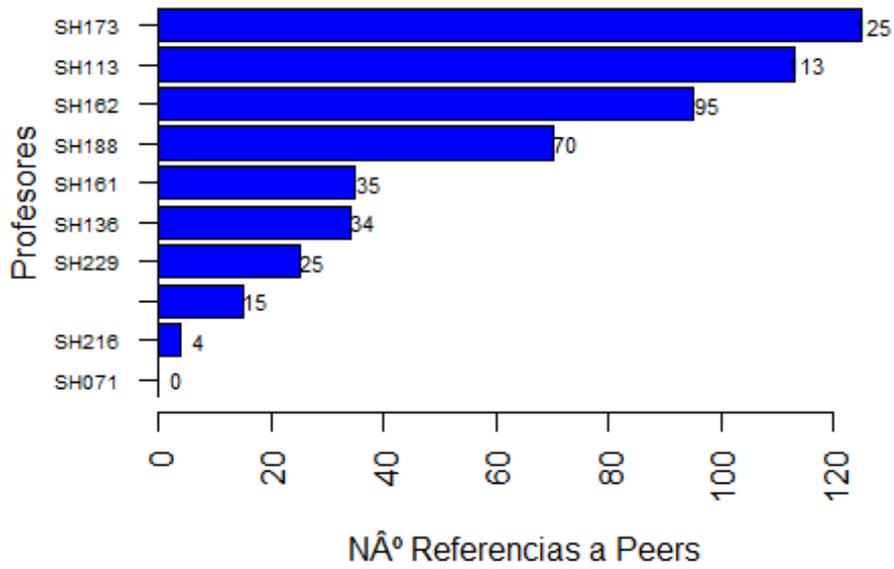
Socio Humanística

```
i = 3
ficheroRData_todo =
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_TODOS_",areas[i],"_DatosSalida.R
Data",sep="")
load(file=ficheroRData_todo)
## [1] "Escenario 1"
```



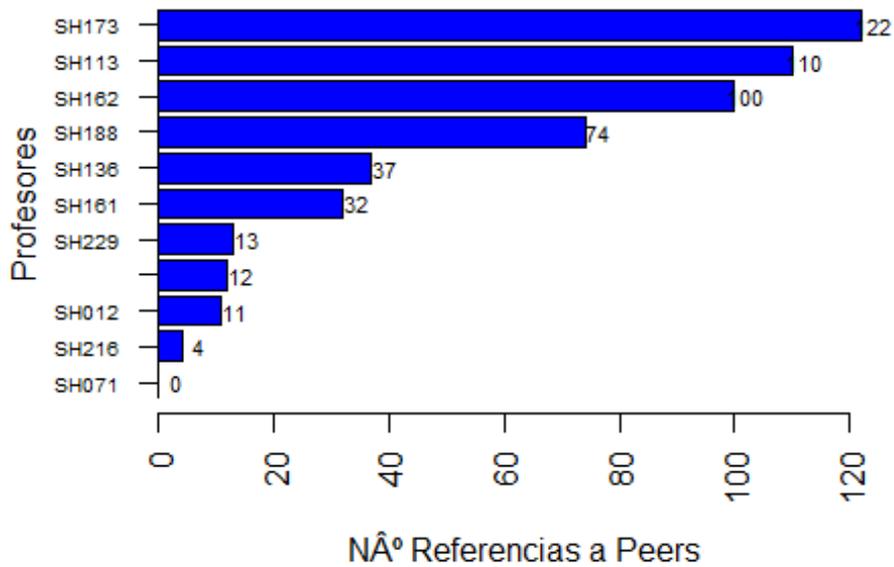
```
## [1] "Escenario 2"
```

Escenario 2



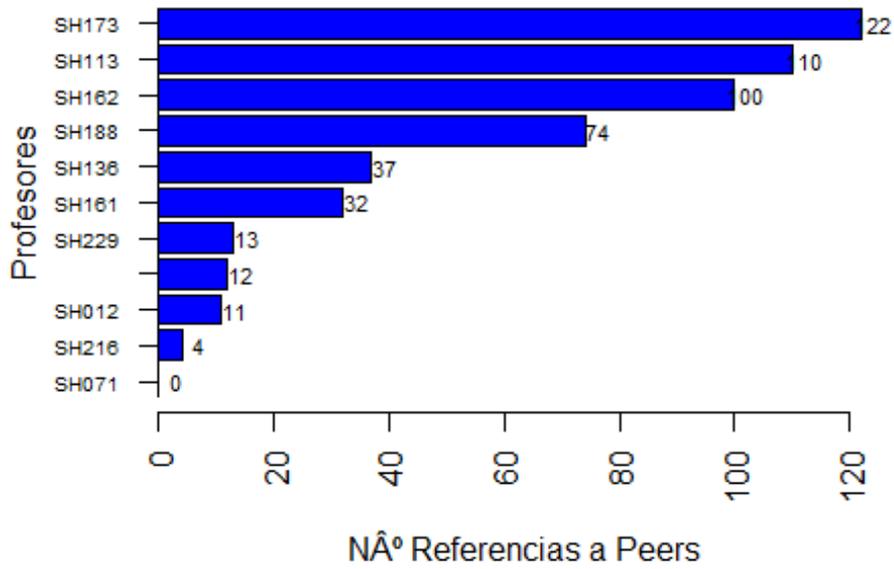
[1] "Escenario 3"

Escenario 3



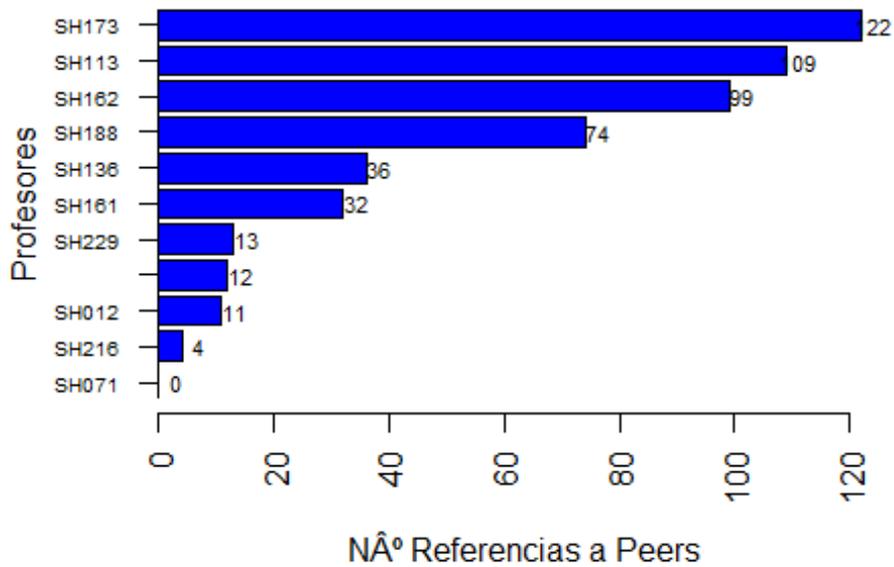
[1] "Escenario 4"

Escenario 4



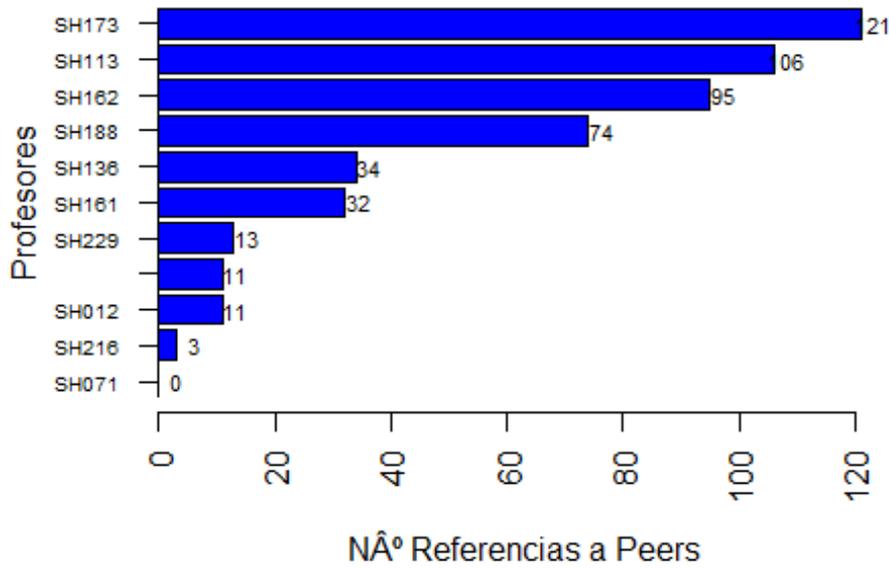
[1] "Escenario 5"

Escenario 5



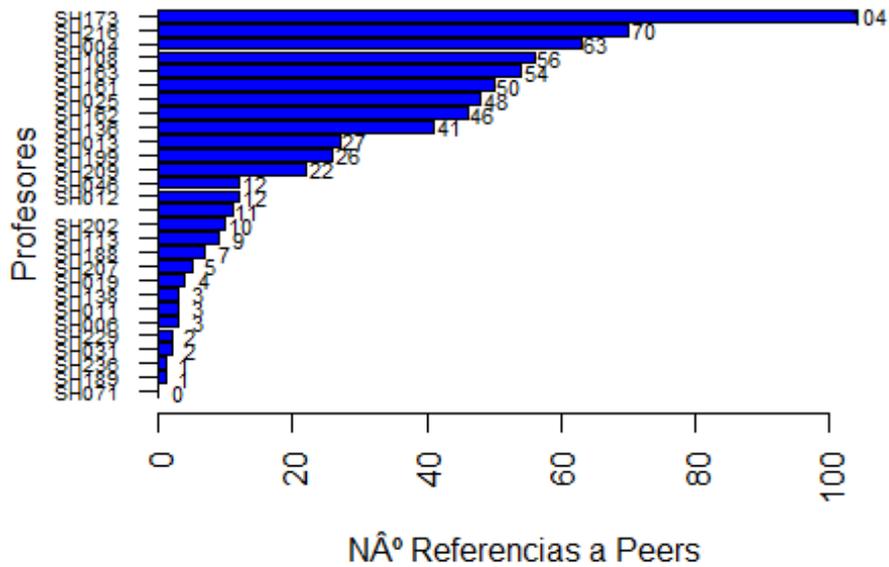
[1] "Escenario 6"

Escenario 6



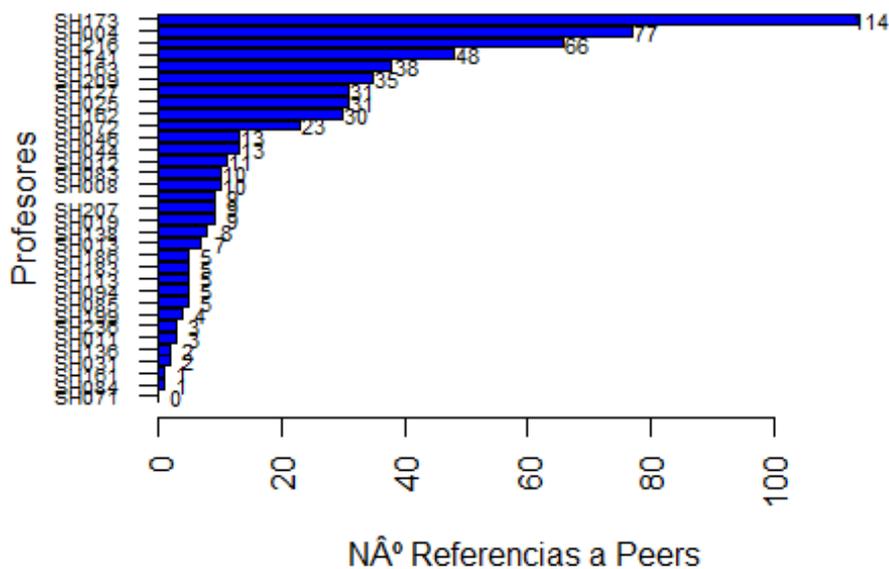
[1] "Escenario 7"

Escenario 7



[1] "Escenario 8"

Escenario 8



| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 8 | 3.74 | 8 | 3.74 |
| [0.95,1) | 29 | 13.55 | 37 | 17.29 |
| [0.9,0.95) | 66 | 30.84 | 103 | 48.13 |
| [0.8,0.9) | 110 | 51.40 | 213 | 99.53 |
| <0.8 | 1 | 0.47 | 214 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 10 | 4.67 | 10 | 4.67 |
| [0.95,1) | 31 | 14.49 | 41 | 19.16 |
| [0.9,0.95) | 80 | 37.38 | 121 | 56.54 |
| [0.8,0.9) | 92 | 42.99 | 213 | 99.53 |
| <0.8 | 1 | 0.47 | 214 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 11 | 5.14 | 11 | 5.14 |
| [0.95,1) | 28 | 13.08 | 39 | 18.22 |
| [0.9,0.95) | 75 | 35.05 | 114 | 53.27 |
| [0.8,0.9) | 99 | 46.26 | 213 | 99.53 |
| <0.8 | 1 | 0.47 | 214 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 11 | 5.14 | 11 | 5.14 |
| [0.95,1) | 28 | 13.08 | 39 | 18.22 |
| [0.9,0.95) | 75 | 35.05 | 114 | 53.27 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|-----------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| [0.8,0.9) | 99 | 46.26 | 213 | 99.53 |
| <0.8 | 1 | 0.47 | 214 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 11 | 5.16 | 11 | 5.16 |
| [0.95,1) | 28 | 13.15 | 39 | 18.31 |
| [0.9,0.95) | 75 | 35.21 | 114 | 53.52 |
| [0.8,0.9) | 98 | 46.01 | 212 | 99.53 |
| <0.8 | 1 | 0.47 | 213 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 11 | 5.26 | 11 | 5.26 |
| [0.95,1) | 26 | 12.44 | 37 | 17.70 |
| [0.9,0.95) | 73 | 34.93 | 110 | 52.63 |
| [0.8,0.9) | 98 | 46.89 | 208 | 99.52 |
| <0.8 | 1 | 0.48 | 209 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 28 | 13.40 | 28 | 13.40 |
| [0.95,1) | 82 | 39.23 | 110 | 52.63 |
| [0.9,0.95) | 78 | 37.32 | 188 | 89.95 |
| [0.8,0.9) | 21 | 10.05 | 209 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 209 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 33 | 15.79 | 33 | 15.79 |
| [0.95,1) | 75 | 35.89 | 108 | 51.67 |
| [0.9,0.95) | 80 | 38.28 | 188 | 89.95 |
| [0.8,0.9) | 21 | 10.05 | 209 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 209 | 100.00 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 214 | 0.9 | 0.05 | 0.9 | 0.9 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.32 | -0.58 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 214 | 0.91 | 0.05 | 0.91 | 0.91 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.17 | -0.55 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 214 | 0.91 | 0.05 | 0.9 | 0.9 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.25 | -0.57 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 214 | 0.91 | 0.05 | 0.9 | 0.9 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.25 | -0.57 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 213 | 0.91 | 0.05 | 0.9 | 0.91 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.24 | -0.57 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 209 | 0.91 | 0.05 | 0.9 | 0.9 | 0.05 | 0.79 | 1 | 0.21 | 0.28 | -0.53 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|----------|--------------|-----------------|----------------|------------------|----------------------|------------|------------|--------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 209 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.04 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.47 | -0.24 | 0 |

| n | Media | DesvTip* | Mediana | MediaTrim | DesAbsMediana | Min | Max | Rango | CoefAsim | CoefCurtosis | ErrorEstandar |
|-----|-------|----------|---------|-----------|---------------|------|-----|-------|----------|--------------|---------------|
| 209 | 0.95 | 0.04 | 0.95 | 0.95 | 0.04 | 0.83 | 1 | 0.17 | -0.39 | -0.38 | 0 |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| SH162 | 1 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 | |
| SH161 | 1 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 55 | 36.5 | |
| SH071 | 1 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 | |
| SH173 | 1 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 68 | 36.8 | |
| SH136 | 1 | 60.9375 | 77.3438 | 83.2031 | 79.6875 | 23 | 37.3 | |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | ALUMAT | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|----------|
| SH162 | 1 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 120 | 110 | 36.1 | |
| SH071 | 1 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 157 | 121 | 32.3 | |
| SH161 | 1 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 65 | 55 | 36.5 | |
| SH173 | 1 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 102 | 68 | 36.8 | |
| SH136 | 1 | 60.9375 | 77.3438 | 83.2031 | 79.6875 | 24 | 23 | 37.3 | |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| SH162 | 0.0083 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 | |
| SH071 | 0.0064 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 | |
| SH161 | 0.0154 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 55 | 36.5 | |
| SH173 | 0.0098 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 68 | 36.8 | |
| SH113 | 0.0179 | 89.5161 | 89.1129 | 92.3387 | 91.9355 | 38 | 32.9 | |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| SH162 | 0.0083 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 | |
| SH071 | 0.0064 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 | |
| SH161 | 0.0154 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 55 | 36.5 | |
| SH173 | 0.0098 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 68 | 36.8 | |
| SH113 | 0.0179 | 89.5161 | 89.1129 | 92.3387 | 91.9355 | 38 | 32.9 | |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| SH162 | 0.0083 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 | |
| SH071 | 0.0064 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 | |
| SH161 | 0.0154 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 55 | 36.5 | |
| SH173 | 0.0098 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 68 | 36.8 | |
| SH113 | 0.0179 | 89.5161 | 89.1129 | 92.3387 | 91.9355 | 38 | 32.9 | |

| | resDEA | datos.inputs | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|--------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|
| SH162 | 0.0083 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 | |
| SH071 | 0.0064 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 | |
| SH161 | 0.0154 | 87.8676 | 88.6029 | 86.0294 | 86.7647 | 55 | 36.5 | |
| SH173 | 0.0098 | 84.1346 | 83.8942 | 85.5769 | 83.6538 | 68 | 36.8 | |
| SH113 | 0.0179 | 89.5161 | 89.1129 | 92.3387 | 91.9355 | 38 | 32.9 | |

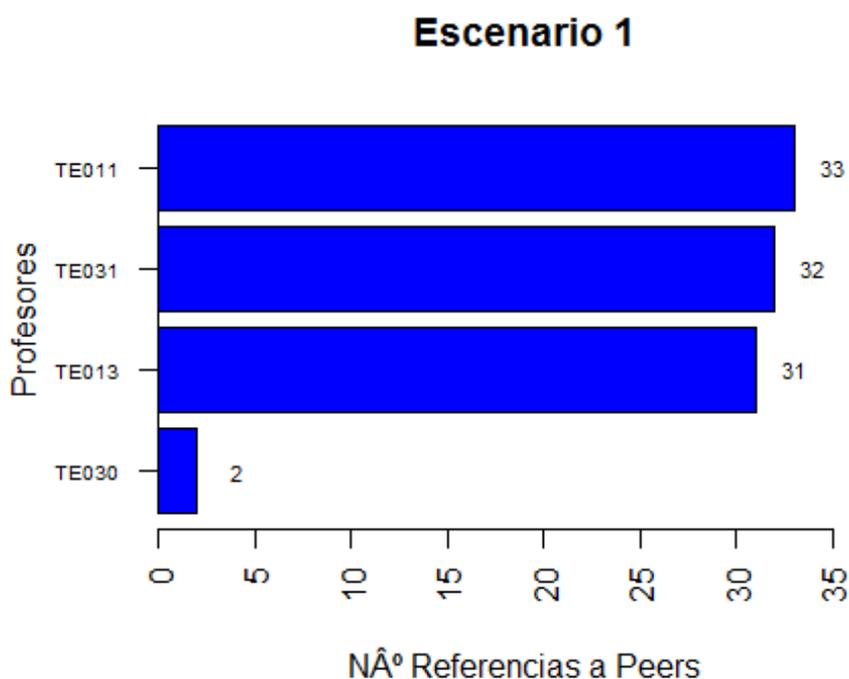
| | 1/ALUMAT | NOTA_MEDIA_CICLO | MATENS | EVAPREN | ATENAL | SATEST | NUMAPRO | PROMAPRO |
|-------|----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| SH163 | 0.0156 | 32.66 | 81.4516 | 79.8387 | 82.8629 | 79.8387 | 60 | 35.7 |
| SH209 | 0.0067 | 31.10 | 76.6129 | 83.0645 | 87.7016 | 87.0968 | 89 | 32.2 |

| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO | | | | | | | | |
|---|--------|-------|---------|---------|---------|---------|-----|------|
| SH004 | 0.0104 | 31.00 | 72.5806 | 68.5484 | 72.0766 | 64.5161 | 68 | 32.8 |
| SH071 | 0.0064 | 31.75 | 89.2857 | 85.7143 | 97.3214 | 89.2857 | 121 | 32.3 |
| SH162 | 0.0083 | 33.63 | 85.8051 | 86.6525 | 87.7119 | 84.3220 | 110 | 36.1 |
| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO SATEST_GLOBAL TASAPRO PROMAPRO | | | | | | | | |
| SH163 | 0.0156 | 32.66 | 80.9980 | 93.7500 | 35.7 | | | |
| SH004 | 0.0104 | 31.00 | 69.4304 | 70.8333 | 32.8 | | | |
| SH209 | 0.0067 | 31.10 | 83.6190 | 59.3333 | 32.2 | | | |
| SH138 | 0.0244 | 29.90 | 82.7257 | 39.0244 | 29.9 | | | |
| SH162 | 0.0083 | 33.63 | 86.1229 | 91.6667 | 36.1 | | | |

Técnica

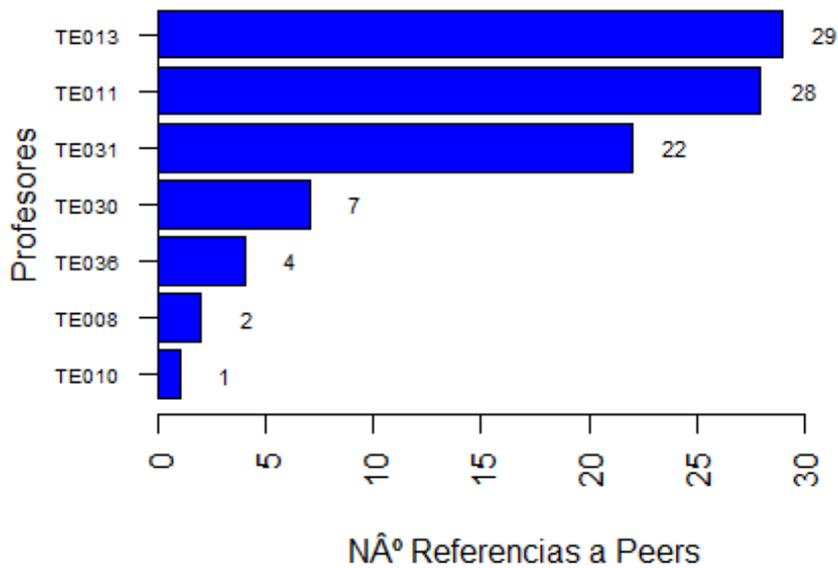
```

i = 4
  ficheroRData_todo =
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_TODOS_",areas[i],"_DatosSalida.R
Data",sep="")
load(file=ficheroRData_todo)
## [1] "Escenario 1"
    
```



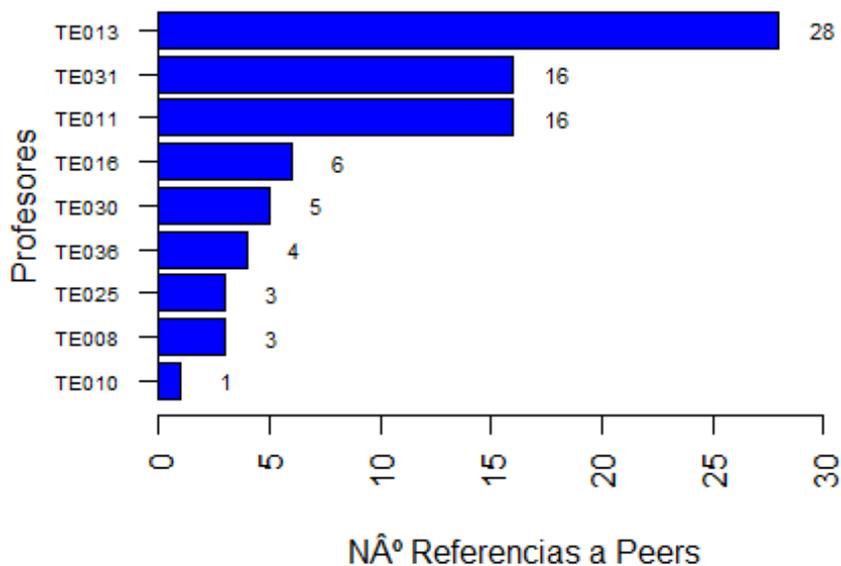
```
## [1] "Escenario 2"
```

Escenario 2



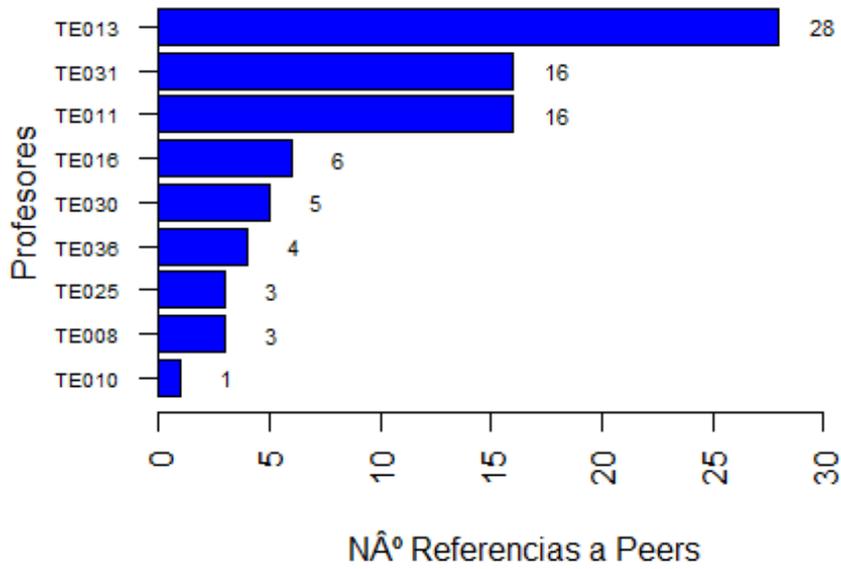
[1] "Escenario 3"

Escenario 3



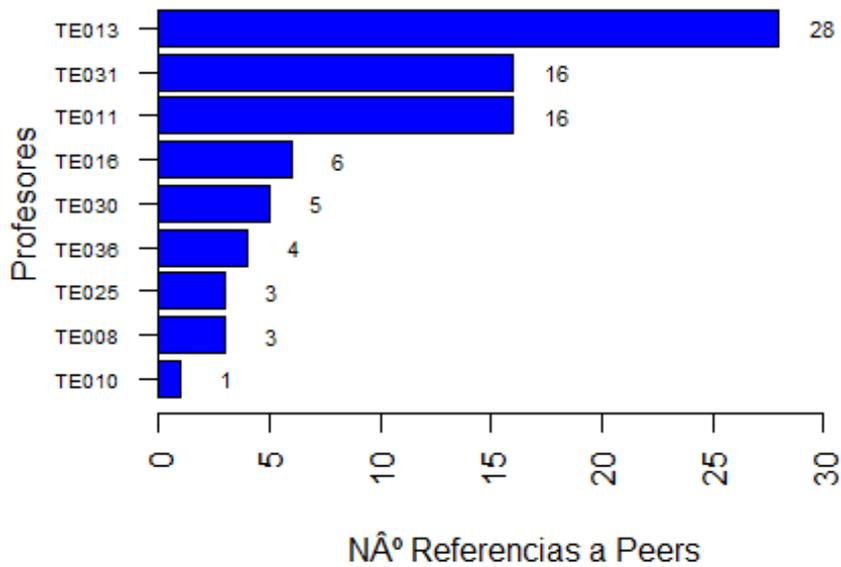
[1] "Escenario 4"

Escenario 4



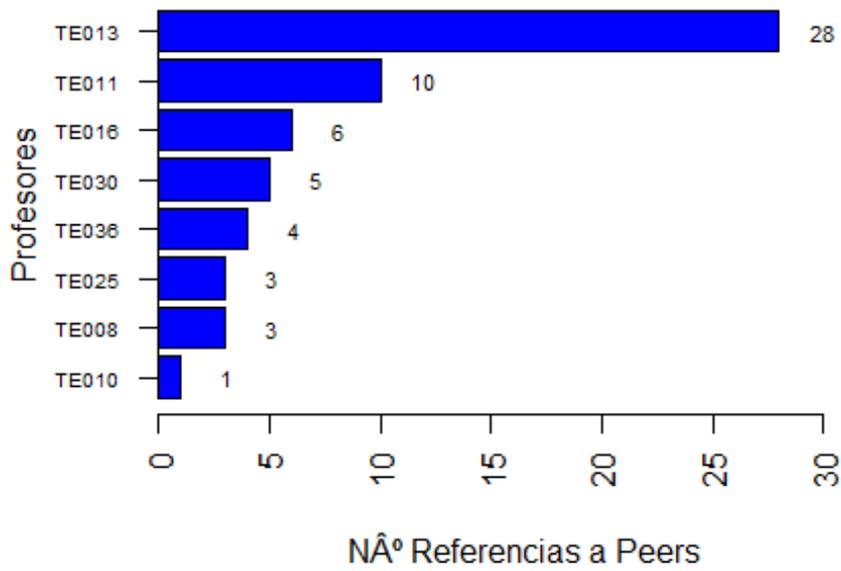
[1] "Escenario 5"

Escenario 5



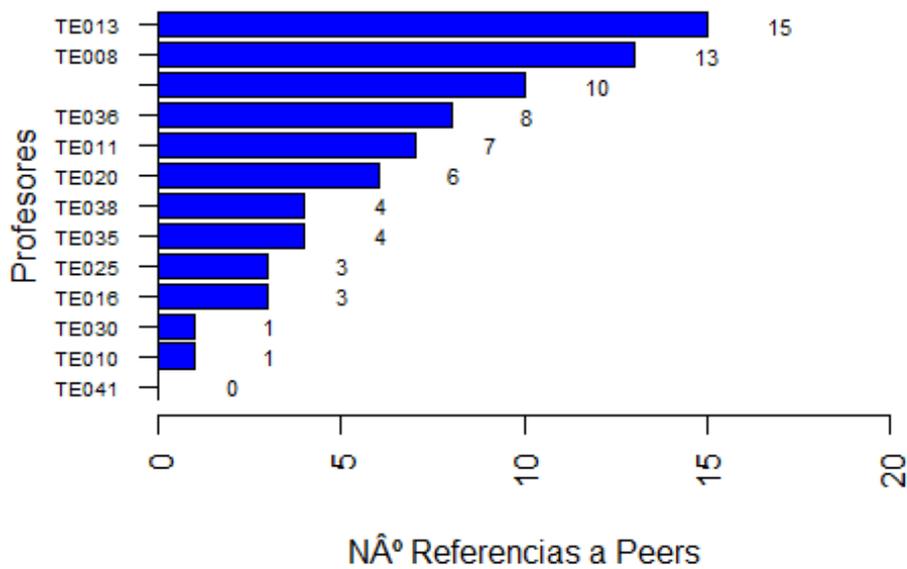
[1] "Escenario 6"

Escenario 6



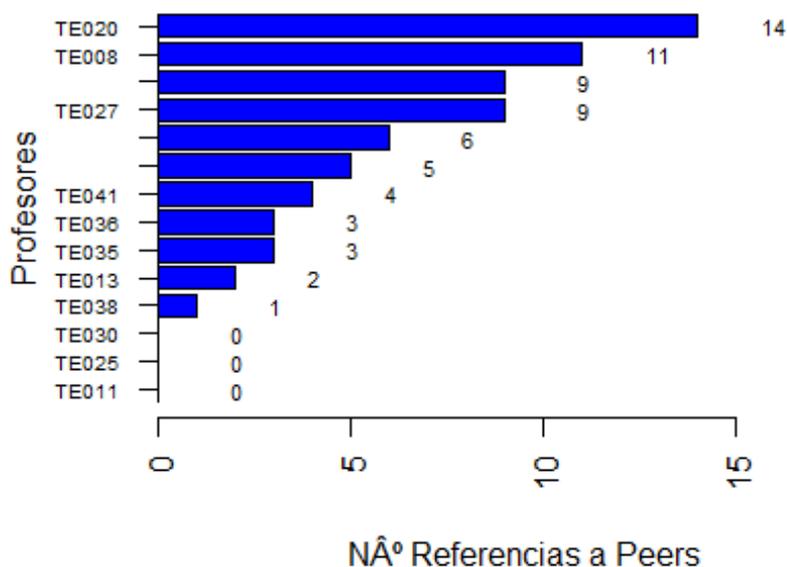
[1] "Escenario 7"

Escenario 7



[1] "Escenario 8"

Escenario 8



| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 4 | 10.53 | 4 | 10.53 |
| [0.95,1) | 11 | 28.95 | 15 | 39.47 |
| [0.9,0.95) | 11 | 28.95 | 26 | 68.42 |
| [0.8,0.9) | 12 | 31.58 | 38 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 38 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 7 | 18.42 | 7 | 18.42 |
| [0.95,1) | 9 | 23.68 | 16 | 42.11 |
| [0.9,0.95) | 10 | 26.32 | 26 | 68.42 |
| [0.8,0.9) | 12 | 31.58 | 38 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 38 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 9 | 23.68 | 9 | 23.68 |
| [0.95,1) | 9 | 23.68 | 18 | 47.37 |
| [0.9,0.95) | 9 | 23.68 | 27 | 71.05 |
| [0.8,0.9) | 11 | 28.95 | 38 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 38 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|----------------|-------|----------------|-----------------|
| 1 | 9 | 23.68 | 9 | 23.68 |
| [0.95,1) | 9 | 23.68 | 18 | 47.37 |
| [0.9,0.95) | 9 | 23.68 | 27 | 71.05 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|-----------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| [0.8,0.9) | 11 | 28.95 | 38 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 38 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 9 | 23.68 | 9 | 23.68 |
| [0.95,1) | 9 | 23.68 | 18 | 47.37 |
| [0.9,0.95) | 9 | 23.68 | 27 | 71.05 |
| [0.8,0.9) | 11 | 28.95 | 38 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 38 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 8 | 22.22 | 8 | 22.22 |
| [0.95,1) | 11 | 30.56 | 19 | 52.78 |
| [0.9,0.95) | 9 | 25.00 | 28 | 77.78 |
| [0.8,0.9) | 8 | 22.22 | 36 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 36 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 13 | 36.11 | 13 | 36.11 |
| [0.95,1) | 16 | 44.44 | 29 | 80.56 |
| [0.9,0.95) | 5 | 13.89 | 34 | 94.44 |
| [0.8,0.9) | 2 | 5.56 | 36 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 36 | 100.00 |

| | Frec.Absolutas | Porc. | Abs.Acumuladas | Porc.Acumuladas |
|------------|-----------------------|--------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 14 | 38.89 | 14 | 38.89 |
| [0.95,1) | 14 | 38.89 | 28 | 77.78 |
| [0.9,0.95) | 7 | 19.44 | 35 | 97.22 |
| [0.8,0.9) | 1 | 2.78 | 36 | 100.00 |
| <0.8 | 0 | 0.00 | 36 | 100.00 |

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 38 0.93 0.04 0.93 0.93 0.06 0.86 1 0.14 0.05 -1.33 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 38 0.94 0.04 0.94 0.94 0.06 0.87 1 0.13 0 -1.45 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 38 0.94 0.04 0.95 0.94 0.08 0.88 1 0.12 -0.03 -1.56 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 38 0.94 0.04 0.95 0.94 0.08 0.88 1 0.12 -0.03 -1.56 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 38 0.94 0.04 0.95 0.94 0.08 0.88 1 0.12 -0.03 -1.56 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 36 0.95 0.04 0.95 0.95 0.07 0.88 1 0.12 -0.12 -1.47 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar
 36 0.97 0.03 0.98 0.98 0.02 0.89 1 0.11 -1.09 0.2 0.01

n Media DesvTip* Mediana MediaTrim DesAbsMediana Min Max Rango CoefAsim CoefCurtosis ErrorEstandar

36 0.97 0.03 0.98 0.98 0.03 0.89 1 0.11 -0.87 -0.42 0.01

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

TE011 1 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 5 33.4
 TE031 1 62.5000 65.0000 57.5000 60.0000 5 38.4
 TE013 1 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 59 35.1
 TE030 1 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 86 32.0

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST ALUMAT NUMAPRO PROMAPRO

TE013 1 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 79 59 35.1
 TE011 1 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 8 5 33.4
 TE031 1 62.5000 65.0000 57.5000 60.0000 6 5 38.4
 TE030 1 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 130 86 32.0
 TE036 1 75.9494 78.7975 83.9399 76.8987 106 58 32.8

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

TE013 0.0127 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 59 35.1
 TE011 0.1250 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 5 33.4
 TE031 0.1667 62.5000 65.0000 57.5000 60.0000 5 38.4
 TE016 0.0345 83.5000 83.5000 86.5000 85.0000 21 30.7
 TE030 0.0077 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 86 32.0

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

TE013 0.0127 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 59 35.1
 TE011 0.1250 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 5 33.4
 TE031 0.1667 62.5000 65.0000 57.5000 60.0000 5 38.4
 TE016 0.0345 83.5000 83.5000 86.5000 85.0000 21 30.7
 TE030 0.0077 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 86 32.0

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

TE013 0.0127 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 59 35.1
 TE011 0.1250 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 5 33.4
 TE031 0.1667 62.5000 65.0000 57.5000 60.0000 5 38.4
 TE016 0.0345 83.5000 83.5000 86.5000 85.0000 21 30.7
 TE030 0.0077 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 86 32.0

resDEA\$datos.inputs MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

TE013 0.0127 77.5424 79.0254 82.2034 77.1186 59 35.1
 TE011 0.1250 90.0000 87.5000 98.7500 90.0000 5 33.4
 TE016 0.0345 83.5000 83.5000 86.5000 85.0000 21 30.7
 TE030 0.0077 78.2738 76.1905 76.7857 75.2976 86 32.0
 TE036 0.0094 75.9494 78.7975 83.9399 76.8987 58 32.8

1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO

| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO MATENS EVAPREN ATENAL SATEST NUMAPRO PROMAPRO | | | | | | | | |
|--|--------|-------|---------|---------|---------|---------|----|------|
| TE013 | 0.0127 | 33.45 | 77.5424 | 79.0254 | 82.2034 | 77.1186 | 59 | 35.1 |
| TE008 | 0.0103 | 32.68 | 65.4110 | 68.6644 | 71.4041 | 62.6712 | 53 | 34.8 |
| TE041 | 0.0294 | 32.03 | 77.2727 | 77.8409 | 81.5341 | 76.1364 | 20 | 33.2 |
| TE036 | 0.0094 | 32.68 | 75.9494 | 78.7975 | 83.9399 | 76.8987 | 58 | 32.8 |
| TE011 | 0.1250 | 31.63 | 90.0000 | 87.5000 | 98.7500 | 90.0000 | 5 | 33.4 |

| 1/ALUMAT NOTA_MEDIA_CICLO SATEST_GLOBAL TASAPRO PROMAPRO | | | | | |
|---|--------|-------|---------|---------|------|
| TE013 | 0.0127 | 33.45 | 78.9725 | 74.6835 | 35.1 |
| TE008 | 0.0103 | 32.68 | 67.0377 | 54.6392 | 34.8 |
| TE020 | 0.0769 | 31.63 | 66.5865 | 84.6154 | 33.5 |
| TE041 | 0.0294 | 32.03 | 78.1960 | 58.8235 | 33.2 |
| TE036 | 0.0094 | 32.68 | 78.8964 | 54.7170 | 32.8 |

Anexo 9: Comparación de los indicadores compuestos, mínimo, máximo y media para el escenario 9 del área Administrativa

| | IC ₁ | IC _{2_1} | IC _{2_2} | IC _{3_1} | IC _{3_2} | Min | Max | Media |
|-------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| AD001 | 0,8871 | 0,6503 | 0,4698 | 0,7523 | 0,7340 | 0,4182 | 0,9497 | 0,7300 |
| AD002 | 0,8523 | 0,6975 | 0,4240 | 0,7535 | 0,6912 | 0,3875 | 0,8905 | 0,6931 |
| AD003 | 0,8538 | 0,5834 | 0,1562 | 0,6937 | 0,6368 | 0,1000 | 0,8911 | 0,6352 |
| AD004 | 0,8985 | 0,6922 | 0,1886 | 0,7661 | 0,6989 | 0,1250 | 0,8934 | 0,7044 |
| AD005 | 0,8514 | 0,5861 | 0,3501 | 0,7139 | 0,7161 | 0,2752 | 0,8984 | 0,7049 |
| AD006 | 0,8986 | 0,7342 | 0,6412 | 0,7884 | 0,7749 | 0,6216 | 0,9027 | 0,7738 |
| AD007 | 0,8563 | 0,6334 | 0,3389 | 0,7190 | 0,6719 | 0,3000 | 0,8905 | 0,6710 |
| AD008 | 0,8550 | 0,6425 | 0,2057 | 0,7231 | 0,6506 | 0,1500 | 0,8911 | 0,6546 |
| AD009 | 0,8819 | 0,6987 | 0,1957 | 0,7710 | 0,6904 | 0,1313 | 0,8911 | 0,6948 |
| AD010 | 0,8597 | 0,6478 | 0,4736 | 0,7401 | 0,7327 | 0,4245 | 0,8871 | 0,7251 |
| AD011 | 0,8498 | 0,6963 | 0,5911 | 0,7523 | 0,7445 | 0,5636 | 0,8486 | 0,7405 |
| AD012 | 0,8422 | 0,6345 | 0,4573 | 0,7280 | 0,7185 | 0,4037 | 0,8802 | 0,7110 |
| AD013 | 0,8774 | 0,6730 | 0,5111 | 0,7599 | 0,7523 | 0,4643 | 0,9027 | 0,7457 |
| AD014 | 0,8791 | 0,7032 | 0,5709 | 0,7722 | 0,7660 | 0,5364 | 0,8802 | 0,7598 |
| AD015 | 0,9121 | 0,7566 | 0,6598 | 0,8115 | 0,8084 | 0,6299 | 0,9042 | 0,8052 |
| AD016 | 0,8840 | 0,6974 | 0,5727 | 0,7677 | 0,7609 | 0,5413 | 0,8899 | 0,7569 |
| AD017 | 0,9209 | 0,7443 | 0,2922 | 0,8071 | 0,7450 | 0,2375 | 0,9211 | 0,7527 |
| AD018 | 0,8753 | 0,6763 | 0,2092 | 0,7491 | 0,6767 | 0,1500 | 0,8911 | 0,6818 |
| AD019 | 0,9287 | 0,8471 | 0,7579 | 0,8720 | 0,8607 | 0,7438 | 0,9412 | 0,8610 |
| AD020 | 0,9119 | 0,7069 | 0,5265 | 0,7793 | 0,7663 | 0,5000 | 0,9873 | 0,7632 |
| AD021 | 0,8603 | 0,5821 | 0,3370 | 0,7182 | 0,7081 | 0,2542 | 0,9497 | 0,6998 |
| AD025 | 0,9518 | 0,8694 | 0,8483 | 0,8849 | 0,8955 | 0,8397 | 0,9750 | 0,8943 |
| AD026 | 0,8645 | 0,6867 | 0,5608 | 0,7555 | 0,7404 | 0,5273 | 0,8899 | 0,7372 |
| AD027 | 0,8808 | 0,7120 | 0,5630 | 0,7671 | 0,7322 | 0,5438 | 0,9042 | 0,7331 |
| AD028 | 0,8810 | 0,6788 | 0,3543 | 0,7516 | 0,7044 | 0,3125 | 0,8905 | 0,7058 |
| AD029 | 0,8233 | 0,6327 | 0,3403 | 0,7104 | 0,6427 | 0,3000 | 0,8905 | 0,6418 |
| AD030 | 0,8294 | 0,6128 | 0,2706 | 0,7017 | 0,6182 | 0,2250 | 0,9264 | 0,6201 |
| AD031 | 0,9200 | 0,7281 | 0,2077 | 0,8037 | 0,7316 | 0,1438 | 0,9565 | 0,7407 |
| AD032 | 0,8547 | 0,6937 | 0,1785 | 0,7806 | 0,7033 | 0,1063 | 1,0000 | 0,7033 |
| AD033 | 0,8361 | 0,6154 | 0,4238 | 0,7122 | 0,6859 | 0,3810 | 0,8899 | 0,6781 |
| AD034 | 0,7672 | 0,5099 | 0,2390 | 0,6217 | 0,5843 | 0,2000 | 0,8203 | 0,5753 |
| AD036 | 0,8398 | 0,6409 | 0,4842 | 0,7208 | 0,6722 | 0,4568 | 0,9218 | 0,6700 |
| AD037 | 0,8114 | 0,5554 | 0,1539 | 0,6644 | 0,5924 | 0,1000 | 0,8885 | 0,5905 |
| AD038 | 0,9030 | 0,6974 | 0,1454 | 0,7846 | 0,7348 | 0,0688 | 1,0000 | 0,7376 |
| AD039 | 0,8477 | 0,5958 | 0,2572 | 0,6980 | 0,6316 | 0,2125 | 0,9264 | 0,6313 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AD040 | 0,8590 | 0,6377 | 0,4553 | 0,7371 | 0,7349 | 0,3982 | 0,8899 | 0,7270 |
| AD041 | 0,7990 | 0,5411 | 0,1045 | 0,6540 | 0,6038 | 0,0438 | 0,8538 | 0,5969 |
| AD042 | 0,8171 | 0,5563 | 0,2872 | 0,6654 | 0,6138 | 0,2500 | 0,8961 | 0,6092 |
| AD043 | 0,8833 | 0,6436 | 0,4577 | 0,7480 | 0,7461 | 0,4037 | 0,9129 | 0,7389 |
| AD046 | 0,8278 | 0,5239 | 0,1287 | 0,6547 | 0,5988 | 0,0750 | 0,8961 | 0,5932 |
| AD047 | 0,8574 | 0,6251 | 0,1988 | 0,7157 | 0,6519 | 0,1438 | 0,8885 | 0,6535 |
| AD048 | 0,8946 | 0,6698 | 0,2048 | 0,7562 | 0,6998 | 0,1438 | 0,9176 | 0,7004 |
| AD049 | 0,8783 | 0,5991 | 0,1088 | 0,7119 | 0,6539 | 0,0438 | 0,9555 | 0,6539 |
| AD050 | 0,7949 | 0,5034 | 0,1615 | 0,6313 | 0,5938 | 0,1125 | 0,8700 | 0,5840 |
| AD051 | 0,8952 | 0,7075 | 0,1342 | 0,7856 | 0,7214 | 0,0563 | 0,9308 | 0,7235 |
| AD052 | 0,8198 | 0,5281 | 0,1222 | 0,6549 | 0,5420 | 0,0688 | 1,0000 | 0,5457 |
| AD053 | 0,9184 | 0,7079 | 0,1422 | 0,8005 | 0,7413 | 0,0688 | 1,0000 | 0,7490 |
| AD054 | 0,9147 | 0,7416 | 0,2504 | 0,8150 | 0,7441 | 0,1875 | 0,9667 | 0,7511 |
| AD055 | 0,8862 | 0,6504 | 0,2984 | 0,7414 | 0,7057 | 0,2500 | 0,9621 | 0,7036 |
| AD056 | 0,8579 | 0,6589 | 0,5029 | 0,7429 | 0,7256 | 0,4587 | 0,9021 | 0,7210 |
| AD057 | 0,8829 | 0,7035 | 0,2290 | 0,7664 | 0,7025 | 0,1688 | 0,8668 | 0,7070 |
| AD058 | 0,9269 | 0,8044 | 0,5540 | 0,8446 | 0,8201 | 0,5188 | 0,9157 | 0,8212 |
| AD059 | 0,8402 | 0,6412 | 0,2017 | 0,7205 | 0,6501 | 0,1438 | 0,8668 | 0,6510 |
| AD060 | 0,8254 | 0,5965 | 0,3793 | 0,7099 | 0,6913 | 0,3091 | 0,9021 | 0,6823 |
| AD061 | 0,8771 | 0,6584 | 0,4659 | 0,7638 | 0,7757 | 0,3957 | 0,9021 | 0,7664 |
| AD064 | 0,8215 | 0,6321 | 0,3115 | 0,7066 | 0,6390 | 0,2688 | 0,8775 | 0,6400 |
| AD065 | 0,8935 | 0,7247 | 0,4047 | 0,7786 | 0,7453 | 0,3625 | 0,9344 | 0,7482 |
| AD066 | 0,8327 | 0,6440 | 0,4022 | 0,7163 | 0,6829 | 0,3688 | 0,8410 | 0,6787 |
| AD067 | 0,8643 | 0,7219 | 0,6316 | 0,7686 | 0,7387 | 0,6154 | 0,8913 | 0,7380 |
| AD068 | 0,8077 | 0,6009 | 0,3313 | 0,6864 | 0,6259 | 0,2938 | 0,8775 | 0,6234 |
| AD069 | 0,8840 | 0,6965 | 0,2482 | 0,7679 | 0,7215 | 0,1875 | 0,9145 | 0,7209 |
| AD070 | 0,8944 | 0,7293 | 0,6261 | 0,7840 | 0,7686 | 0,6100 | 0,8913 | 0,7655 |
| AD071 | 0,8482 | 0,6730 | 0,5392 | 0,7444 | 0,7345 | 0,5000 | 0,8681 | 0,7295 |
| AD072 | 0,8576 | 0,6354 | 0,4398 | 0,7409 | 0,7422 | 0,3710 | 0,8956 | 0,7332 |
| AD073 | 0,8677 | 0,6694 | 0,4427 | 0,7418 | 0,7053 | 0,4125 | 0,8871 | 0,7038 |
| AD074 | 0,8416 | 0,6465 | 0,4639 | 0,7233 | 0,6829 | 0,4375 | 0,8871 | 0,6785 |
| AD075 | 0,8282 | 0,5740 | 0,3235 | 0,7075 | 0,7048 | 0,2385 | 0,9100 | 0,6943 |
| AD076 | 0,8957 | 0,7808 | 0,5652 | 0,8136 | 0,7771 | 0,5375 | 0,8681 | 0,7788 |
| AD077 | 0,9118 | 0,8157 | 0,6794 | 0,8356 | 0,8129 | 0,6625 | 0,8681 | 0,8149 |
| AD078 | 0,8885 | 0,6965 | 0,5256 | 0,7924 | 0,8072 | 0,4625 | 1,0000 | 0,7995 |
| AD079 | 0,8741 | 0,7001 | 0,5599 | 0,7730 | 0,7652 | 0,5169 | 0,8885 | 0,7588 |
| AD080 | 0,8762 | 0,6807 | 0,5176 | 0,7545 | 0,7349 | 0,4938 | 0,8802 | 0,7282 |
| AD081 | 0,9042 | 0,8134 | 0,6725 | 0,8381 | 0,8260 | 0,6500 | 0,9154 | 0,8243 |
| AD082 | 0,8803 | 0,7964 | 0,6713 | 0,8314 | 0,8189 | 0,6500 | 0,9179 | 0,8178 |
| AD083 | 0,9336 | 0,8532 | 0,7901 | 0,8656 | 0,8592 | 0,7813 | 0,8960 | 0,8599 |

| | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AD084 | 0,8692 | 0,6661 | 0,2253 | 0,7423 | 0,6734 | 0,1688 | 0,8899 | 0,6767 |
| AD085 | 0,8883 | 0,7776 | 0,6998 | 0,8040 | 0,8028 | 0,6875 | 0,8977 | 0,8009 |
| AD086 | 0,8360 | 0,5796 | 0,3578 | 0,7014 | 0,7037 | 0,2870 | 0,8802 | 0,6937 |
| AD087 | 0,8580 | 0,6979 | 0,5842 | 0,7578 | 0,7475 | 0,5545 | 0,8641 | 0,7433 |
| AD088 | 0,8848 | 0,6785 | 0,5449 | 0,7566 | 0,7506 | 0,5152 | 0,9212 | 0,7462 |
| AD090 | 0,8610 | 0,6369 | 0,4611 | 0,7301 | 0,7055 | 0,4222 | 0,9129 | 0,7003 |
| AD091 | 0,9009 | 0,7287 | 0,3380 | 0,7888 | 0,7328 | 0,2875 | 0,8908 | 0,7350 |
| AD093 | 0,9015 | 0,7075 | 0,2726 | 0,7743 | 0,7066 | 0,2188 | 0,9100 | 0,7135 |
| AD094 | 0,8389 | 0,6300 | 0,1627 | 0,7171 | 0,6441 | 0,1000 | 0,8744 | 0,6433 |
| AD095 | 0,7916 | 0,5058 | 0,2390 | 0,6328 | 0,5811 | 0,2000 | 0,8899 | 0,5721 |
| AD096 | 0,8956 | 0,7102 | 0,1733 | 0,7806 | 0,7018 | 0,1063 | 0,8855 | 0,7088 |
| AD097 | 0,7861 | 0,5504 | 0,3240 | 0,6662 | 0,6294 | 0,2614 | 0,8908 | 0,6215 |
| AD098 | 0,8543 | 0,6121 | 0,2039 | 0,7105 | 0,6462 | 0,1500 | 0,8998 | 0,6453 |
| AD100 | 0,8287 | 0,5674 | 0,3587 | 0,6758 | 0,6425 | 0,3273 | 0,8899 | 0,6357 |
| AD101 | 0,8104 | 0,5001 | 0,1651 | 0,6338 | 0,5878 | 0,1188 | 0,8824 | 0,5806 |
| AD103 | 0,8262 | 0,5404 | 0,2456 | 0,6984 | 0,7071 | 0,1418 | 0,9173 | 0,6936 |
| AD104 | 0,8185 | 0,6081 | 0,3770 | 0,6959 | 0,6413 | 0,3438 | 0,8899 | 0,6370 |
| AD105 | 0,8872 | 0,6797 | 0,1664 | 0,7590 | 0,6913 | 0,1000 | 0,8824 | 0,6934 |
| AD106 | 0,8353 | 0,5625 | 0,2270 | 0,6777 | 0,6202 | 0,1813 | 0,9100 | 0,6158 |
| AD107 | 0,8292 | 0,5261 | 0,2555 | 0,6674 | 0,6409 | 0,1940 | 0,9173 | 0,6304 |
| AD108 | 0,8271 | 0,6086 | 0,4328 | 0,6982 | 0,6608 | 0,4028 | 0,8908 | 0,6560 |
| AD109 | 0,8498 | 0,6115 | 0,3713 | 0,7082 | 0,6720 | 0,3375 | 0,8899 | 0,6659 |
| AD110 | 0,8867 | 0,6955 | 0,1946 | 0,7637 | 0,6929 | 0,1313 | 0,8824 | 0,6984 |
| AD115 | 0,8090 | 0,5555 | 0,3154 | 0,6619 | 0,6230 | 0,2813 | 0,8681 | 0,6159 |
| AD116 | 0,8368 | 0,5729 | 0,1948 | 0,6835 | 0,6271 | 0,1438 | 0,8899 | 0,6231 |
| AD117 | 0,8756 | 0,6854 | 0,1584 | 0,7641 | 0,6741 | 0,0938 | 0,8899 | 0,6828 |
| AD118 | 0,8544 | 0,6230 | 0,1936 | 0,7156 | 0,6451 | 0,1375 | 0,8998 | 0,6462 |
| AD120 | 0,8432 | 0,6321 | 0,2170 | 0,7161 | 0,6449 | 0,1625 | 0,8855 | 0,6462 |
| AD121 | 0,8598 | 0,6423 | 0,4352 | 0,7518 | 0,7451 | 0,3696 | 0,9264 | 0,7375 |
| AD122 | 0,8628 | 0,6450 | 0,4899 | 0,7260 | 0,6939 | 0,4688 | 0,9071 | 0,6915 |
| AD123 | 0,8913 | 0,6961 | 0,4780 | 0,7639 | 0,7219 | 0,4500 | 0,9197 | 0,7232 |
| AD124 | 0,8291 | 0,5366 | 0,2517 | 0,6607 | 0,6041 | 0,2125 | 0,9294 | 0,5993 |
| AD127 | 0,8602 | 0,6740 | 0,4496 | 0,7450 | 0,6941 | 0,4188 | 0,9071 | 0,6926 |
| AD128 | 0,8577 | 0,6425 | 0,3347 | 0,7268 | 0,6678 | 0,2938 | 0,9100 | 0,6673 |
| AD129 | 0,8448 | 0,6228 | 0,1601 | 0,7120 | 0,6265 | 0,1000 | 0,9071 | 0,6300 |
| AD130 | 0,8871 | 0,6781 | 0,1532 | 0,7554 | 0,6652 | 0,0875 | 0,9248 | 0,6734 |
| AD131 | 0,8669 | 0,6023 | 0,3788 | 0,7260 | 0,7226 | 0,3091 | 0,9218 | 0,7137 |
| AD133 | 0,9377 | 0,7394 | 0,2382 | 0,8084 | 0,7405 | 0,1750 | 0,9248 | 0,7462 |
| AD134 | 0,8808 | 0,7147 | 0,3411 | 0,7697 | 0,7175 | 0,2938 | 0,8654 | 0,7213 |
| AD135 | 0,9182 | 0,7471 | 0,4216 | 0,8010 | 0,7471 | 0,3813 | 0,9197 | 0,7527 |

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AD137 | 0,8478 | 0,5666 | 0,2155 | 0,6828 | 0,6224 | 0,1688 | 0,9248 | 0,6204 |
| AD138 | 0,8815 | 0,6590 | 0,4465 | 0,7409 | 0,6994 | 0,4188 | 0,9264 | 0,6994 |
| AD139 | 0,9021 | 0,7532 | 0,3733 | 0,8143 | 0,7551 | 0,3250 | 0,9423 | 0,7612 |
| AD140 | 0,8843 | 0,6568 | 0,3185 | 0,7414 | 0,6905 | 0,2750 | 0,9100 | 0,6920 |
| AD141 | 0,8817 | 0,6507 | 0,4294 | 0,7374 | 0,7001 | 0,4000 | 0,9197 | 0,6985 |
| AD142 | 0,8330 | 0,5423 | 0,2736 | 0,6860 | 0,6800 | 0,1919 | 0,9071 | 0,6680 |
| AD143 | 0,8578 | 0,5776 | 0,1112 | 0,6934 | 0,6273 | 0,0500 | 0,9071 | 0,6264 |

Elaboración Propia

Anexo 10: Código para desarrollar el Informe de Indicadores Compuestos

Fichero: influenciaTODO_solofunciones.R

```
# FUNCIÓN PARA CALCULAR LOS PESOS ASOCIADOS A LOS MODELOS CRS (CCR) O VRS (BCC)

func_calculo_pesos_DEA = function(datos.inputs,datos.outputs,
                                   orientacion="input",modelo="crs")

{library(Benchmarking)

  ed = Benchmarking::dea.dual(datos.inputs,datos.outputs,
                             RTS=ifelse(modelo=="crs","crs","vrs"),
                             ORIENTATION = ifelse(orientacion=="input","inp","out"))
  res = list()
  res$pesos.inputs = ed$u # u son valores duales, precios, para las entradas
  res$pesos.outputs = ed$v # v son valores duales, precios, para las salidas
  res$constantes = ed$gamma # en modelo vrs
  return( res )}

func_calculo_pesos_DEA_nonparaeff = function(datos.inputs,datos.outputs,
                                              orientacion="input",modelo="crs")
{ library(nonparaeff)
  nvar.out = dim(datos.outputs)[2]
  nvar.inp = dim(datos.inputs)[2]
  ed = nonparaeff::dual.dea(data.frame(datos.outputs,datos.inputs),
                           noutput= nvar.out,
                           rts=ifelse(modelo=="crs",1,2),
                           orientation = ifelse(orientacion=="input",1,2))

  res = list()
  res$pesos.inputs = ed[,2:(2+nvar.inp-1)]
  res$pesos.outputs = ed[(2+nvar.inp):(2+nvar.inp+nvar.out-1)]
  ##res$constantes = ed$gamma ## en modelo vrs:
  return( res )}

func_pesos_DEAlineal_solo_output = function(datos.outputs) {

  library(nonparaeff)
  nvar = dim(datos.outputs)[2]
  nuds = dim(datos.outputs)[1]

  f.dir = rep("<=",nuds)

  f.rhs = rep(1,nuds)

  f.con = datos.outputs

  eficiencias = c()
  pesos = c()
  for (i in 1:nuds) {
    f.obj = as.numeric(datos.outputs[i,])
    sol.lp = lp2("max",f.obj,f.con,f.dir,f.rhs)
  }
}
```

```

    eficiencias = c(eficiencias,sol.lp$objval)
    if (i==1) {pesos = sol.lp$solution} else {pesos
=rbind(pesos,sol.lp$solution)}}
res = list()
res$eficiencias = eficiencias
res$m_pesos = pesos
return(res)}

func_pesos_DEAlineal_solo_output_PesosRestringidos = function(datos.outputs)

{ library(nonparaeff)
nvar = dim(datos.outputs)[2]
nuds = dim(datos.outputs)[1]
m_rest_pesos=diag(1,ncol=nvar,nrow=nvar)
colnames(m_rest_pesos) = colnames(datos.outputs)
f.dir = rep("<=",nuds)
f.dir = c(f.dir,rep(">=",nvar),rep("<=",nvar))
f.rhs = rep(1,nuds)
f.rhs = c(f.rhs,rep(0.1,nvar),rep(1,nvar))
f.con = rbind(datos.outputs,m_rest_pesos,m_rest_pesos)
eficiencias = c()
pesos = c()

for (i in 1:nuds) {
  f.obj = as.numeric(datos.outputs[i,])
  sol.lp = lp2("max",f.obj,f.con,f.dir,f.rhs)

  eficiencias = c(eficiencias,sol.lp$objval)
  if (i==1) {
    pesos = sol.lp$solution} else {pesos = rbind(pesos,sol.lp$solution)}}
res = list()
res$eficiencias = eficiencias
res$m_pesos = pesos
return(res)}

func_Normaliza_MatrizPesos = function(Matriz_Pesos_NoNormalizada) {

  VG_N = dim(Matriz_Pesos_NoNormalizada)[2]
  VG_m = dim(Matriz_Pesos_NoNormalizada)[1]
  sumfilas = colSums(t(Matriz_Pesos_NoNormalizada))
  Matriz_Pesos = Matriz_Pesos_NoNormalizada/sumfilas
  rownames(Matriz_Pesos) = paste("Ud",1:VG_m,sep="")
  return(Matriz_Pesos)}

func_IndicadorCompuesto_DEA = function(vector_pesos,Matriz_Valores,
                                       nvar_input=1,orientacion="input") {

  ind_inp = 1:nvar_input
  ind_out = (1:length(vector_pesos))[-ind_inp]
  v_pesos_inp = vector_pesos[ind_inp]
  v_pesos_out = vector_pesos[ind_out]
  if (orientacion=="input") {
    num = as.matrix(Matriz_Valores[,ind_inp]) %*% v_pesos_inp
    den = as.matrix(Matriz_Valores[,ind_out]) %*% v_pesos_out
    res_IC = num/den}

```

```

else {den = as.matrix(Matriz_Valores[,ind_inp]) %% v_pesos_inp
      num = as.matrix(Matriz_Valores[,ind_out]) %% v_pesos_out
      res_IC = num/den}
return(res_IC)}

func_IndicadorCompuesto = function(vector_pesos,Matriz_Valores) {
  res_IC = Matriz_Valores %% vector_pesos
  res_IC}

func_RangosFirma = function(vector_Valores_IndicadorCompuesto) {
  res_rangos = rank(vector_Valores_IndicadorCompuesto)
  res_rangos}

func_spearman2 = function(rangos_X,rangos_Y) {
  dif = rangos_X - rangos_Y
  sumdif2 = sum(dif^2)
  NN = length(rangos_X)
  res_Spearman = 1 - ((6*sumdif2)/(NN*(NN^2-1)))
  res_Spearman}

func_spearman_valores = function(valores_X,valores_Y) {
  rangos_X = rank(valores_X)
  rangos_Y = rank(valores_Y)
  dif = rangos_X - rangos_Y
  sumdif2 = sum(dif^2)
  NN = length(rangos_X)
  res_Spearman = 1 - ((6*sumdif2)/(NN*(NN^2-1)))
  res_Spearman}

##func_spearman_valores(datos[,1],datos[,2])

func_spearman = function(rangos_X,rangos_Y) {
  dif = rangos_X - rangos_Y
  mean(abs(dif))}

func_MediaDiferencia_Rangos = function(vector_Rangos,vector_Rangos_Referencia)
{
  res_Spearman = func_spearman(vector_Rangos,vector_Rangos_Referencia)
  res_Spearman}

func_Genera_CalculoVarianza_Fijados_Pesos =
function(Matriz_Valores,Matriz_Pesos,v_Pesos_Ref,v_Rangos_Ref,v_ind_Pesos_fijos,
n_muestras=NA) {
  ## -> Calcula valor varianza:  $V_{\{X_1, \dots, X_k\}}$  ( $X_1, \dots, X_k$ ) fijadas

  VG_m = dim(Matriz_Valores)[1]
  VG_N = dim(Matriz_Valores)[2]
  if (is.na(n_muestras)) {
    n_muestras_genera = 2 * VG_m * (VG_N +1)
  } else {n_muestras_genera = n_muestras}

  VG_k = length(v_ind_Pesos_fijos)
  v_ind_Pesos_nofijos = (1:VG_N)[-v_ind_Pesos_fijos]

  suma_pesos_fijos_Ref = sum(v_Pesos_Ref[v_ind_Pesos_fijos])
  suma_pesos_nofijos_Ref = 1-suma_pesos_fijos_Ref
  v_muestra_Rs = c()

```

```

for (i in 1:n_muestras_genera) {
  indices_aleatorios = sample(1:VG_m, VG_N-VG_k, replace=FALSE)
  pesos_nofijos_aleatorios_ini = c()
  for (j in 1:(VG_N-VG_k)) {
    pesos_nofijos_aleatorios_ini = c(pesos_nofijos_aleatorios_ini,
                                     Matriz_Pesos[indices_aleatorios[j],
                                                  v_ind_Pesos_nofijos[j]])
  }
  pesos_nofijos_aleatorios_fin =
(pesos_nofijos_aleatorios_ini*suma_pesos_nofijos_Ref)/
  sum(pesos_nofijos_aleatorios_ini)
  v_pesos_todos = rep(NA, VG_N)
  v_pesos_todos[v_ind_Pesos_nofijos] = pesos_nofijos_aleatorios_fin
  v_pesos_todos[v_ind_Pesos_fijos] = v_Pesos_Ref[v_ind_Pesos_fijos]
  v_IC_pesos_todos = func_IndicadorCompuesto(v_pesos_todos, Matriz_Valores)
  v_rangos_todos = func_RangosFirma(v_IC_pesos_todos)
  coef.Spearman = func_spearman(v_rangos_todos, v_Rangos_Ref)
  v_muestra_Rs = c(v_muestra_Rs, coef.Spearman)}

media_Rs = mean(v_muestra_Rs)
varianza_Rs = var(v_muestra_Rs)*((n_muestras_genera-1)/n_muestras_genera)
res = list()
res$media_Rs = media_Rs
res$varianza_Rs = varianza_Rs
res$muestra_Rs = v_muestra_Rs
return(res)}

## Cálculo de todas las varianzas de primer y segundo orden, que se guardarán
## en una matriz simétrica, en la diagonal las de primer orden y fuera las de
## segundo orden

func_Calculo_Varianzas = function(Matriz_Valores, Matriz_Pesos,
                                  v_Pesos_Ref, v_Rangos_Ref) {

  VG_m = dim(Matriz_Valores)[1]
  VG_N = dim(Matriz_Valores)[2]
  VG_k = length(v_ind_Pesos_fijos)
  matriz_Varianzas = matrix(rep(NA, VG_N^2), nrow=VG_N, ncol=VG_N)
  for (i in 1:VG_N) {

    v_ind_Pesos_fijos = c(i)
    res_vxi =

func_Genera_CalculoVarianza_Fijados_Pesos(Matriz_Valores, Matriz_Pesos,
v_Pesos_Ref, v_Rangos_Ref, v_ind_Pesos_fijos, n_muestras=NA)
    matriz_Varianzas[i,i] = res_vxi$varianza_Rs
    if ((i+1)<=VG_N) {for (j in (i+1):VG_N) {
      v_ind_Pesos_fijos = c(i,j)
      res_vxixj =
func_Genera_CalculoVarianza_Fijados_Pesos(Matriz_Valores, Matriz_Pesos,
v_Pesos_Ref, v_Rangos_Ref, v_ind_Pesos_fijos, n_muestras=NA)
      matriz_Varianzas[i,j] = res_vxixj$varianza_Rs
      matriz_Varianzas[j,i] = res_vxixj$varianza_Rs}}}

    return(matriz_Varianzas)}

```

```

func_lista_todascombinaciones = function(n_elementos) {
  library(gtools)
  lista_res = list()
  cuantos = c()
  for (i in 1:n_elementos) {
    temp = combinations(n_elementos,i)
    lista_res[[i]] = temp
    cuantos = c(cuantos,dim(temp)[1])
  }
  lista_res$cuantos = cuantos
  lista_res$indices = cumsum(cuantos)
  return(lista_res)}

func_lista_todascombinaciones_i = function(lista_todascombinaciones,i) {
  v_indices = lista_todascombinaciones$indices
  if (i>v_indices[length(v_indices)]) {
    stop(paste("Número demasiado grande, el mayor
es:",v_indices[length(v_indices)]))}
  for (j in 1:length(v_indices)) {if (v_indices[j]>=i)
{res = lista_todascombinaciones[[j]][ifelse(j==1,i,i-v_indices[j-1]),]
break}}
  return(res)}

func_lista_todascombinaciones_que_i =
function(lista_todascombinaciones,v_combinacion) {
  v_indices = lista_todascombinaciones$indices
  n_comb = length(v_combinacion)
  v_combinacion_ordenada = sort(v_combinacion)
  ini = ifelse(n_comb==1,1,v_indices[n_comb-1]+1)
  cuantos = lista_todascombinaciones$cuantos[n_comb]
  res = NA
  for (j in ini:(ini+cuantos-1)) {
    if ( all(v_combinacion_ordenada==
( func_lista_todascombinaciones_i(lista_todascombinaciones,j) )
) ) {
      res = j
      break}}
  return(res)}

# Cálculo de todas las varianzas de todos los órdenes, que se guardarán en un
vector##

func_Calculo_Varianzas_TodosOrdenes = function(Matriz_Valores,Matriz_Pesos,
v_Pesos_Ref,v_Rangos_Ref,n_muestras=NA) {

  VG_m = dim(Matriz_Valores)[1]
  VG_N = dim(Matriz_Valores)[2]
  ltemp = func_lista_todascombinaciones(VG_N)
  cuantas = ltemp$indices[VG_N]
  v_Varianzas = rep(NA,cuantas)
  v_combinacion = rep(NA,cuantas)
  for (i in 1:cuantas) {
    v_ind_Pesos_fijos = func_lista_todascombinaciones_i(ltemp,i)
    res_Varianza_i =
func_Genera_CalculoVarianza_Fijados_Pesos(Matriz_Valores,Matriz_Pesos,
v_Pesos_Ref,v_Rangos_Ref,

```

```

v_ind_Pesos_fijos,n_muestras=NA)
  v_Varianzas[i] = res_Varianza_i$varianza_Rs
  v_combinacion[i] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(ltemp,i),sep="," ,collapse="," )}

res = list()
res$v_Varianzas = v_Varianzas
res$v_Combinacion = v_combinacion
res$lista_todascombinaciones = ltemp
return(res)}

func_Calculo_Varianzas_Vi_sobreDMU = function(Matriz_Valores,Matriz_Pesos,
v_Rangos_Ref) {

VG_m = dim(Matriz_Valores)[1]
VG_N = dim(Matriz_Valores)[2]
ltemp = func_lista_todascombinaciones (VG_N)
cuantas = ltemp$indices[VG_N]
v_Varianzas = rep(NA,cuantas)
v_Esperanzas = rep(NA,cuantas)
v_combinacion = rep(NA,cuantas)
for (j in 1:cuantas) {
  v_ind_Pesos_fijos = func_lista_todascombinaciones_i(ltemp,j)

  v_esperanzas=c()
  v_varianzas=c()
  for (i in 1:VG_m)
  { (v_Pesos_Ref = Matriz_Pesos[i,])
    (IC_Ref = func_IndicadorCompuesto(v_Pesos_Ref,Matriz_Valores))
    (v_Rangos_Ref = func_RangosFirma(IC_Ref))

    res_vx2 =
func_Genera_CalculoVarianza_Fijados_Pesos(Matriz_Valores,Matriz_Pesos,
v_Pesos_Ref,v_Rangos_Ref,
v_ind_Pesos_fijos,n_muestras=NA)

    v_esperanzas = c(v_esperanzas,res_vx2$media_Rs)
    v_varianzas = c(v_varianzas,res_vx2$varianza_Rs)}

var_j<- var(v_esperanzas)*((VG_m-1)/VG_m)
esp_j<-mean(v_varianzas)

v_Varianzas[j] = var_j
v_Esperanzas[j] = esp_j
v_combinacion[j] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(ltemp,j),sep="," ,collapse="," )}

v_Vartotal_estimaciones=v_Esperanzas + v_Varianzas
S_i=v_Varianzas/v_Vartotal_estimaciones
ST_i=v_Esperanzas/v_Vartotal_estimaciones

res = list()
res$v_Combinacion = v_combinacion
res$v_Varianzas = v_Varianzas
res$v_Esperanzas = v_Esperanzas

```

```

res$v_Vartotal = v_Vartotal_estimaciones
res$S_i = S_i
res$ST_i = ST_i
res$lista_todascombinaciones = ltemp
return(res)}

func_indices_estan_vectorind =
function(v_combinaciones,vectorind,hastaquenivel=NA) {
  kk = length(vectorind)
  for (i in 1:kk) {
    indtemp = grep(vectorind[i],v_combinaciones)
    if (i==1) {
      indicesfinal = indtemp
    } else {
      indicesfinal = union(indicesfinal,indtemp)}}
  ltemp = strsplit(v_combinaciones[indicesfinal],",")
  niveles = as.numeric(lapply(ltemp,length))
  tt_ind = c()
  for (i in 1:length(ltemp)) {
    tt = setdiff(as.numeric(ltemp[[i]]),vectorind)
    if (length(tt)>0) {
      tt_ind = c(tt_ind,i)}}
  if (length(tt_ind)>0) {
    indicesfinal = indicesfinal[-tt_ind]
    niveles = niveles[-tt_ind]}
  if (!(is.na(hastaquenivel))) {
    ind2 = which(niveles<=hastaquenivel)
    niveles = niveles[ind2]
    indicesfinal = indicesfinal[ind2]}

  res = list()
  res$indices = indicesfinal
  res$niveles = niveles
  res$cuales = v_combinaciones[indicesfinal]

  return(res)}

func_varianza = function(v_datos) {
  nn = length(v_datos)
  return( var(v_datos) * ((nn-1)/nn) )}

func_Calcula_Sijk_STi = function(v_valores_Rmedias,m_lista_VarRepeticion) {

  VG_K = dim(m_lista_VarRepeticion)[2]

  l_combinaciones = func_lista_todascombinaciones(VG_K)
  cuantas = l_combinaciones$indices[VG_K]
  v_vcs_vxixj = rep(NA,cuantas)
  v_ecs_vxixj = rep(NA,cuantas)
  v_combinacion = rep(NA,cuantas)

  for (i in 1:(cuantas-1)) {
    comb_fija = func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i)
    v_medias = c()

```

```

v_varianzas = c()
v_combinacion[i] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i),
      sep="," ,collapse="," )

varrep = permutations(VG_K, length(comb_fija), v=1:VG_K, set=TRUE,
repeats.allowed=T)
nn = dim(varrep)[1]

for (j in 1:nn) {
  varrep_fija = varrep[j,]
  m_temp = (m_lista_VarRepeticion[,comb_fija]==varrep_fija)
  if (class(m_temp)=="matrix") {
    cuales = which(rowMeans(m_temp)==1)} else {
    cuales = which(m_temp)}
  v_datos = v_valores_Rmedias[cuales]
  media = mean(v_datos)
  varianza = func_varianza(v_datos)
  v_medias = c(v_medias,media)
  v_varianzas = c(v_varianzas,varianza)}
  v_vcs_vxixj[i] = func_varianza(v_medias)
  v_ecs_vxixj[i] = mean(v_varianzas)}
v_vcs_vxixj[cuantas] = func_varianza(v_valores_Rmedias)
v_ecs_vxixj[cuantas] = 0
v_combinacion[cuantas] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,cuantas),
      sep="," ,collapse="," )

v_de_Y = func_varianza(v_valores_Rmedias)

# Cálculo de  $V_{ijk}$ 

indices = l_combinaciones$indices
v_Vijk = rep(NA,cuantas)
j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  # orden i
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j]} else {
      ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
      vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
      itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
      temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
      v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j] - sum(v_vcs_vxixj[temp_ind])}
    j = j+1}}
v_Vijk[cuantas] = v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
#S_i = res_Vijk/VdeY

v_Sijk = v_Vijk/v_de_Y
v_STijk = v_ecs_vxixj/v_de_Y

res = list()
res$vcs_vxixj = v_vcs_vxixj
res$ecs_vxixj = v_ecs_vxixj
res$combinaciones = v_combinacion
res$l_todascombinaciones = l_combinaciones

```

```

res$Vijk = v_Vijk
res$V_de_Y = v_de_Y
res$Sijk = v_Sijk
res$STijk = v_STijk

res$mu_ijk = c(0,v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1],1)

return(res)}

```

#Construcción de la función de capacidad con algoritmo 7.1

```

func_construye_mus_alg01 = function(resx) {
  res = list()
  mus = resx$vcs_vxixj/resx$V_de_Y
  res$mu_ijk = mus
  res$mu_ijk_corregidos = c(0,mus)
  return(res)}

```

capacidad obtenida de los sij

```

library(kappalab)

```

```

func_calculo_capacidad = function(mu_ijk) {
  mu <- capacity(mu_ijk)
  return(mu)}

```

```

func_Choquet_trans_Mobius = function(mu) {
  a <- Mobius(mu)
  return(a)}

```

```

func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet = function(v_valores,mu) {

  return( Choquet.integral(mu,v_valores) )}

```

```

func_Calculo_IndSintetico_Todos = function(m_pesos,m_valores) {
  library(gtools)
  VG_K = dim(m_pesos)[2]
  m_lista_VarRepeticion = permutations(VG_K, VG_K, v=1:VG_K, set=TRUE,
repeats.allowed=T)
  nn = dim(m_lista_VarRepeticion)[1]
  IndSintetico = matrix(NA,nrow=nn,ncol=VG_K)
  RangosSinteticos = matrix(NA,nrow=nn,ncol=VG_K)
  v_pesos = rep(NA,VG_K)
  for (i in 1:nn) {
    for (j in 1:VG_K) {
      ii = m_lista_VarRepeticion[i,j]
      v_pesos[j] = m_pesos[ii,j]}
    IndSintetico[i,] = m_valores %*% v_pesos
    RangosSinteticos[i,] = rank(-IndSintetico[i,])}

  res = list()
  res$l_VarRepeticion = m_lista_VarRepeticion

```

```

res$IndSintetico = IndSintetico
res$RangosSinteticos = RangosSinteticos
return(res)}

func_Calculo_RangosMedios = function(m_RangosSinteticos,v_Rangos_Ref,cual=1) {
  nn = dim(m_RangosSinteticos)[1]
  k = length(v_Rangos_Ref)
  v_valores_Rmedias = rep(NA,nn)
  for (i in 1:nn) {
    v_rg1 = m_RangosSinteticos[i,]
    if (cual==1) {
      v_valores_Rmedias[i] = func_spearman(v_rg1,v_Rangos_Ref)
    } else {
      v_valores_Rmedias[i] = func_spearman2(v_rg1,v_Rangos_Ref)}}

  return(v_valores_Rmedias)}

func_Calculo_IndSintetico_Todos_General =
function(m_pesos,m_valores,usoDEA=FALSE,
nvar_input=1,orientacion="input") {
  library(gtools)
  VG_K = dim(m_pesos)[2]
  VG_m = dim(m_pesos)[1]
  m_lista_VarRepeticion = permutations(VG_m, VG_K, set=TRUE,
repeats.allowed=T)
  nn = dim(m_lista_VarRepeticion)[1]
  IndSintetico = matrix(NA,nrow=nn,ncol=VG_m)
  RangosSinteticos = matrix(NA,nrow=nn,ncol=VG_m)
  v_pesos = rep(NA,VG_K)
  for (i in 1:nn) {
    for (j in 1:VG_K) {
      ii = m_lista_VarRepeticion[i,j]
      v_pesos[j] = m_pesos[ii,j]}
    if (usoDEA) {
      IndSintetico[i,] =
func_IndicadorCompuesto_DEA(v_pesos,m_valores,nvar_input,orientacion)}
  } else {IndSintetico[i,] = m_valores %*% v_pesos}
  RangosSinteticos[i,] = rank(-IndSintetico[i,])}

  res = list()
  res$l_VarRepeticion = m_lista_VarRepeticion
  res$IndSintetico = IndSintetico
  res$RangosSinteticos = RangosSinteticos
  return(res)}

func_Calcula_Sijk_STi_General =
function(v_valores_Rmedias,m_lista_VarRepeticion) {

  VG_K = dim(m_lista_VarRepeticion)[2] # num. indicadores = num. firmas
  VG_m = length(v_valores_Rmedias)^(1/VG_K)
  VG_m = as.integer(round(VG_m))

  l_combinaciones = func_lista_todascombinaciones(VG_K)
  cuantas = l_combinaciones$indices[VG_K]
  v_vcs_vxixj = rep(NA,cuantas)

```

```

v_ecs_vxixj = rep(NA,cuantas)
v_combinacion = rep(NA,cuantas)
for (i in 1:(cuantas-1)) {
  comb_fija = func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i)
  v_medias = c()
  v_varianzas = c()
  v_combinacion[i] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i),
      sep="," ,collapse="," )

  varrep = permutations(VG_m, length(comb_fija), set=TRUE,
repeats.allowed=T)
  nn = dim(varrep)[1]
  #j=10
  dim1 = ifelse(length(comb_fija)==1,TRUE,FALSE)
  if (!dim1) {
    m_temp2 = t(m_lista_VarRepeticion[,comb_fija])}

    else { m_temp2 = m_lista_VarRepeticion[,comb_fija]}

  for (j in 1:nn) {varrep_fija = varrep[j,]

  if (!dim1) {
    m_temp = (m_temp2==varrep_fija)
    cuales = which(colMeans(m_temp)==1)}

  else {m_temp = (m_temp2==varrep_fija)
    cuales = which(m_temp)}

  v_datos = v_valores_Rmedias[cuales]
  media = mean(v_datos)
  varianza = func_varianza(v_datos)
  v_medias = c(v_medias,media)
  v_varianzas = c(v_varianzas,varianza)}
v_vcs_vxixj[i] = func_varianza(v_medias)
v_ecs_vxixj[i] = mean(v_varianzas)
cat(paste(i," de ",cuantas,"\n"))
cat(paste(Sys.time(),"\n"))}
v_vcs_vxixj[cuantas] = func_varianza(v_valores_Rmedias)
v_ecs_vxixj[cuantas] = 0
v_combinacion[cuantas] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,cuantas),
      sep="," ,collapse="," )

v_de_Y = func_varianza(v_valores_Rmedias)

# Cálculo de V_{ijk}

indices = l_combinaciones$indices
v_Vijk = rep(NA,cuantas)
j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {
      v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j]
    } else {
      ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")

```

```

    vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
    itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
    temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
    v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j] - sum(v_Vijk[temp_ind])
    j = j+1}}
v_Vijk[cuantas] = v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
#S_i = res_Vijk/VdeY
cat(paste(Sys.time(),"\n"))

v_Sijk = v_Vijk/v_de_Y
v_STijk = v_ecs_vxixj/v_de_Y

res = list()
res$vcs_vxixj = v_vcs_vxixj
res$ecs_vxixj = v_ecs_vxixj
res$combinaciones = v_combinacion
res$l_todascombinaciones = l_combinaciones
res$Vijk = v_Vijk
res$V_de_Y = v_de_Y
res$Sijk = v_Sijk
res$STijk = v_STijk

res$mu_ijk = c(0,v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1],1)

# Cálculo de los mu_ijk corregidos: máximo de los mu_ijk de dimensión inferior

indices = l_combinaciones$indices
mu_ijk = v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1]
mu_ijk_corregidos = rep(NA,cuantas)
j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {
      mu_ijk_corregidos[j] = mu_ijk[j]} else {
      ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
      vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
      itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
      temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
      mu_ijk_corregidos[j] = max(max(mu_ijk_corregidos[temp_ind]),mu_ijk[j])
    }
    j = j+1}}
mu_ijk_corregidos[cuantas] = 1
#v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
mu_ijk_corregidos = c(0,mu_ijk_corregidos)
cat(paste(Sys.time(),"\n"))

res$mu_ijk_corregidos = mu_ijk_corregidos

return(res)}

func_Calcula_Sijk_STi_General_recalculo_con_v_vcs =
function(v_valores_Rmedias,

```

```

m_lista_VarRepeticion,resx) {

  VG_K = dim(m_lista_VarRepeticion)[2]

  VG_m = length(v_valores_Rmedias)^(1/VG_K)
  VG_m = as.integer(round(VG_m))

  l_combinaciones = func_lista_todascombinaciones(VG_K)
  cuantas = l_combinaciones$indices[VG_K]

  l_combinaciones = resx$l_todascombinaciones
  cuantas = l_combinaciones$indices[VG_K]
  v_vcs_vxixj = resx$vcs_vxixj
  v_ecs_vxixj = resx$ecs_vxixj
  v_combinacion = resx$combinaciones
  v_de_Y = resx$V_de_Y

  # Cálculo de V_{ijk}

  indices = l_combinaciones$indices
  v_Vijk = rep(NA,cuantas)
  j=1
  for (i in 1:length(indices)) {
    while (j<=indices[i]) {
      if (i==1) {
        v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j]
      } else {
        ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
        vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
        itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
        temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
        v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j] - sum(v_Vijk[temp_ind])
        j = j+1}}
    v_Vijk[cuantas] = v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
    #S_i = res_Vijk/VdeY
    cat(paste(Sys.time(),"\n"))

    v_Sijk = v_Vijk/v_de_Y
    v_STijk = v_ecs_vxixj/v_de_Y

    res = list()
    res$vcs_vxixj = v_vcs_vxixj
    res$ecs_vxixj = v_ecs_vxixj
    res$combinaciones = v_combinacion
    res$l_todascombinaciones = l_combinaciones
    res$Vijk = v_Vijk
    res$V_de_Y = v_de_Y
    res$Sijk = v_Sijk
    res$STijk = v_STijk

    res$mu_ijk = c(0,v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1],1)

    # Cálculo de los mu_ijk corregidos: máximo de los mu_ijk de dimensión inferior

    indices = l_combinaciones$indices

```

```

mu_ijk = v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1]
mu_ijk_corregidos = rep(NA,cuantas)
j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {
      mu_ijk_corregidos[j] = mu_ijk[j]
    } else {
      ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
      vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
      itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
      temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
      mu_ijk_corregidos[j] = max(max(mu_ijk_corregidos[temp_ind]),mu_ijk[j])
    }
    j = j+1}}
mu_ijk_corregidos[cuantas] = 1
#v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
mu_ijk_corregidos = c(0,mu_ijk_corregidos)
cat(paste(Sys.time(),"\n"))

res$mu_ijk_corregidos = mu_ijk_corregidos
return(res)}

```

```

func_Calcula_Sijk_STi_General_muestreo =
function(v_valores_Rmedias,m_lista_VarRepeticion) {

  VG_K = dim(m_lista_VarRepeticion)[2]

  VG_m = length(v_valores_Rmedias)^(1/VG_K)
  VG_m = as.integer(round(VG_m))

  l_combinaciones = func_lista_todascombinaciones(VG_K)
  cuantas = l_combinaciones$indices[VG_K]
  v_vcs_vxixj = rep(NA,cuantas)
  v_ecs_vxixj = rep(NA,cuantas)
  v_combinacion = rep(NA,cuantas)
  for (i in 1:(cuantas-1)) {
    comb_fija = func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i)
    v_medias = c()
    v_varianzas = c()
    v_combinacion[i] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,i),
      sep=",",collapse=",")

    varrep = permutations(VG_m, length(comb_fija), set=TRUE,
repeats.allowed=T)
    nn = dim(varrep)[1]
    if (nn>1000) {
      elegimos = round(0.20 * nn,0)
      if (elegimos > 4000) {
        elegimos = 4000
      }
      varrep = varrep[sample(1:nn,size = elegimos,replace = F),]
      nn = dim(varrep)[1]}

    dim1 = ifelse(length(comb_fija)==1,TRUE,FALSE)

```

```

if (!dim1) {
  m_temp2 = t(m_lista_VarRepeticion[,comb_fij])
else {m_temp2 = m_lista_VarRepeticion[,comb_fija]}

for (j in 1:nn) {
  varrep_fija = varrep[j,]
  if (!dim1) {
    m_temp = (m_temp2==varrep_fija)
    cuales = which(colMeans(m_temp)==1)}

  else {m_temp = (m_temp2==varrep_fija)
    cuales = which(m_temp)}

  v_datos = v_valores_Rmedias[cuales]
  media = mean(v_datos)
  varianza = func_varianza(v_datos)
  v_medias = c(v_medias,media)
  v_varianzas = c(v_varianzas,varianza)}
v_vcs_vxixj[i] = func_varianza(v_medias)
v_ecs_vxixj[i] = mean(v_varianzas)
cat(paste(i," de ",cuantas,"\n"))
cat(paste(Sys.time(),"\n"))}
v_vcs_vxixj[cuantas] = func_varianza(v_valores_Rmedias)
v_ecs_vxixj[cuantas] = 0
v_combinacion[cuantas] =
paste(func_lista_todascombinaciones_i(l_combinaciones,cuantas),
      sep="," ,collapse=",")

v_de_Y = func_varianza(v_valores_Rmedias)

# Cálculo de V_{ijk}

indices = l_combinaciones$indices
v_Vijk = rep(NA,cuantas)
j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {
      v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j]}

    else {ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
      vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
      itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)

      temp_ind = itemp$indices # indices en los que aparecen de menor nivel
      v_Vijk[j] = v_vcs_vxixj[j] - sum(v_Vijk[temp_ind])}
    j = j+1}}
v_Vijk[cuantas] = v_de_Y - sum(v_Vijk[1:(cuantas-1)])
#S_i = res_Vijk/VdeY
cat(paste(Sys.time(),"\n"))

v_Sijk = v_Vijk/v_de_Y
v_STijk = v_ecs_vxixj/v_de_Y

res = list()
res$vcs_vxixj = v_vcs_vxixj
res$ecs_vxixj = v_ecs_vxixj

```

```

res$combinaciones = v_combinacion
res$l_todascombinaciones = l_combinaciones
res$Vijk = v_Vijk
res$V_de_Y = v_de_Y
res$Sijk = v_Sijk
res$STijk = v_STijk

res$mu_ijk = c(0,v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1],1)

# Cálculo de los mu_ijk corregidos: máximo de los mu_ijk de dimensión inferior

indices = l_combinaciones$indices
mu_ijk = v_Sijk[(length(v_Sijk)-1):1]
mu_ijk_corregidos = rep(NA,cuantas)

j=1
for (i in 1:length(indices)) {
  while (j<=indices[i]) {
    if (i==1) {
      mu_ijk_corregidos[j] = mu_ijk[j]} else {
      ltemp2 = strsplit(v_combinacion[j],",")
      vecn = as.numeric(ltemp2[[1]])
      itemp = func_indices_estan_vectorind(v_combinacion,vecn,length(vecn)-
1)
      temp_ind = itemp$indices
      mu_ijk_corregidos[j] =
max(max(mu_ijk_corregidos[temp_ind]),mu_ijk[j])}
      j = j+1}}
mu_ijk_corregidos[cuantas] = 1

mu_ijk_corregidos = c(0,mu_ijk_corregidos)
cat(paste(Sys.time(),"\n"))

res$mu_ijk_corregidos = mu_ijk_corregidos

return(res)}

func_Distancias_con_pesos_Ind = function(m_pesos) {

N_filas = dim(m_pesos)[1]
N_Ind = dim(m_pesos)[2]

D_k=rep(0,N_filas)
D_total = 0

for (k in 1:N_filas) {
  for (i in 1:N_Ind) {
    for (l in 1:N_filas) {
      D_k[k]=D_k[k]+abs(m_pesos[k,i]-m_pesos[l,i])}}
  D_total = D_total + D_k[k]}

W_k = 1/(D_k/D_total)
Suma_Wk = sum(W_k)
w_k = W_k/Suma_Wk

m_ic=rep(0,N_Ind)

```

```

for (i in 1:N_Ind) {
  for (k in 1:N_filas) {
    m_ic[i]=m_ic[i]+w_k[k]*m_pesos[k,i]}

```

```

res = list()
res$m_ic = m_ic
res$w_k = w_k
res$W_k = W_k
res$D_k = D_k
return(res)}

```

```

func_Distancias_con_pesos_Ind_output = function(m_pesos) {

```

```

  N_filas = dim(m_pesos)[1]
  N_Ind = dim(m_pesos)[2]

```

```

  D_k=rep(0,N_filas)
  D_total = 0

```

```

  for (k in 1:N_filas) {
    for (i in 1:N_Ind) {
      for (l in 1:N_filas) {
        D_k[k]=D_k[k]+abs(m_pesos[k,i]-m_pesos[l,i])}
      D_total = D_total + D_k[k]}

```

```

  W_k = 1/(D_k/D_total)
  Suma_Wk = sum(W_k)
  w_k = W_k/Suma_Wk

```

```

  m_ic=rep(0,N_Ind)

```

```

  for (i in 1:N_Ind) {
    for (k in 1:N_filas) {
      m_ic[i]=m_ic[i]+w_k[k]*m_pesos[k,i]}

```

```

  res = list()
  res$m_ic = m_ic
  res$w_k = w_k
  res$W_k = W_k
  res$D_k = D_k
  return(res)}

```

```

func_Distancias_con_pesos_Ind_input = function(m_pesos) {

```

```

  N_filas = dim(m_pesos)[1]
  N_Ind = dim(m_pesos)[2]

```

```

  D_k=rep(0,N_filas)
  D_total = 0

```

```

  for (k in 1:N_filas) {
    for (i in 1:N_Ind) {
      for (l in 1:N_filas) {
        D_k[k]=D_k[k]+abs(m_pesos[k,i]-m_pesos[l,i])}

```

```

D_total = D_total + D_k[k]}

W_k = (D_k/D_total)
Suma_Wk = sum(W_k)
w_k = W_k/Suma_Wk

m_ic=rep(0,N_Ind)

for (i in 1:N_Ind) {
  for (k in 1:N_filas) {
    m_ic[i]=m_ic[i]+w_k[k]*m_pesos[k,i]}}

res = list()
res$m_ic = m_ic
res$w_k = w_k
res$W_k = W_k
res$D_k = D_k
return(res)}

func_Distancias_con_pesos_Ind_dea = function(m_pesos_input,m_pesos_output) {
  sinput = func_Distancias_con_pesos_Ind_input(m_pesos_input)
  soutput = func_Distancias_con_pesos_Ind_output(m_pesos_output)
  res = list()
  res$input = sinput
  res$output = soutput
  return(res)}

# Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice orness e Índices de interacción

func_Valores_Transformacion = function(mus) {

  (alfa <- Mobius(mus))

  (shap<- Shapley.value(mus))

  (indorn = orness(mus))

  (indint = interaction.indices(mus))

  res = list()
  res$Alfa_Mobius = alfa
  res$Indice_Shapley = shap
  res$Indice_Orness = indorn
  res$Indice_Interaccion = indint
  return(res)}

```

Fichero: informeexcelDEA.R

```
# Informe Excel sobre DEA con Benchmarking

# Esperamos los datos de la siguiente forma

# datos.inputs
# datos.outputs
# orientacion (1 = input, 2 = output)
# modelo (1 = VRS, 3 = CRS )

# comprobaciones:
# (1.) dim(datos.inputs)[1]==dim(datos.outputs)[1]
# (2.) datos.inputs y datos.outputs de tipo: matrix
# (3.) si orientacion y modelo son textos convertirlos a números

library(Benchmarking)

calculos.dea.BM = function(datos.inputs,datos.outputs,orientacion,modelo) {
  resultados.dea.BM = Benchmarking::dea(X=datos.inputs,Y=datos.outputs,
                                       ORIENTATION = orientacion,RTS=modelo,
                                       SLACK = T,DUAL = T,LP=F)

  eficiencias = resultados.dea.BM$eff
  holguras.logicas = resultados.dea.BM$slack
  lambdas = resultados.dea.BM$lambda
  holguras.inputs = resultados.dea.BM$sx
  holguras.outputs = resultados.dea.BM$sy

  movimiento.radial = excess(resultados.dea.BM,datos.inputs,datos.outputs)

  res = list()
  res$num.unidades = dim(datos.inputs)[1]
  res$numvars.inputs = dim(datos.inputs)[2]
  res$numvars.outputs = dim(datos.outputs)[2]
  res$datos.inputs = datos.inputs
  res$datos.outputs = datos.outputs
  res$modelo = modelo
  res$modelo.texto = ifelse(modelo==1,"VRS","CRS")
  res$orientacion = orientacion
  res$orientacion.texto = ifelse(orientacion==1,"INPUT","OUTPUT")
  if (orientacion==1) {
    res$eficiencias = eficiencias}
  else {res$eficiencias = 1/eficiencias}

  res$eficiencias.BM = eficiencias
  res$holguras.inputs = holguras.inputs
  res$holguras.outputs = holguras.outputs
  res$lambdas = lambdas
  res$movimiento.radial = movimiento.radial
  if (orientacion==1) {
    res$movimiento.radial.input = movimiento.radial
    res$movimiento.radial.output =
matrix(0,ncol=res$numvars.outputs,nrow=res$num.unidades)}
```

```

else {res$movimiento.radial.input =
matrix(0,ncol=res$numvars.inputs,nrow=res$num.unidades)
  res$movimiento.radial.output = movimiento.radial}

res$valor.objetivo.input = res$datos.inputs -
  (res$holguras.inputs + res$movimiento.radial.input)
res$valor.objetivo.output = res$datos.outputs +
  (res$holguras.outputs + res$movimiento.radial.output)
colnames(res$valor.objetivo.input) =
paste("vobjx",1:res$numvars.inputs,sep="")
colnames(res$valor.objetivo.output) =
paste("vobjy",1:res$numvars.outputs,sep="")

# peers
nivel.peers = 0.00001
m.peers.tf = lambdas > nivel.peers
diag(m.peers.tf) = FALSE
m.peers.tf[is.na(m.peers.tf)]=F
sumcol.m.peers.tf = colSums(m.peers.tf)
sumrow.m.peers.tf = colSums(t(m.peers.tf))

res$cuantos.peers = sumrow.m.peers.tf
res$cuantos.mereferencian.como.peers = sumcol.m.peers.tf

res$unidades.eficientes = which(res$eficiencias==1)
res$unidades.eficientes.como.peers =
  res$cuantos.mereferencian.como.peers[res$unidades.eficientes]

# más eficiente menor orden, empates con media de orden.
res$uds.rangos = rank(-res$eficiencias)
res$uds.rangos2 = rank(-res$eficiencias)
res$uds.rangos2[res$unidades.eficientes] =
  rank(-res$cuantos.mereferencian.como.peers[res$unidades.eficientes])

m.cuales.peers = peers(resultados.dea.BM)

avisos = "Avisos"
if (sum(is.na(resultados.dea.BM$sum))>0) {
  aviso = paste("Problemas de cálculo en ",
which(is.na(resultados.dea.BM$sum)),collapse=" ")
  avisos = paste(avisos,aviso,sep=". ")
  cat(avisos)

  ttemp = which(is.na(resultados.dea.BM$sum))
  ttemp2 = (resultados.dea.BM$eff==1)
  ttemp3 = ttemp2[ttemp]
  nn = length(ttemp3)
  ttemp4 = as.numeric(names(ttemp3))
  for (i in 1:nn) {
    ii = ttemp4[i]
    m.cuales.peers[ii,1] = ii}}

v.cuales.peers = as.numeric(m.cuales.peers)
v.cuales.peers = v.cuales.peers[!is.na(v.cuales.peers)]
t.cuales.peers = table(v.cuales.peers)
v.cuantos.mereferencian.como.peers.yono = rep(0,dim(m.cuales.peers)[1])
v.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi =

```

```

v.cuantos.mereferencian.como.peers.yono
  v.cuantos.mereferencian.como.peers.yono[as.numeric(names(t.cuales.peers))] =
t.cuales.peers-1
  v.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi[as.numeric(names(t.cuales.peers))] =
t.cuales.peers
v.efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yono =
  v.cuantos.mereferencian.como.peers.yono[which(resultados.dea.BM$eff==1)]
v.efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi =
  v.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi[which(resultados.dea.BM$eff==1)]
v.cuantos.peers.tengo.yosi = rowSums(!is.na(m.cuales.peers))

v.cuantos.peers.tengo.yono = v.cuantos.peers.tengo.yosi
n.uds = dim(m.cuales.peers)[1]
for (i in 1:n.uds) {
  if (i %in% m.cuales.peers[,i]) {
    v.cuantos.peers.tengo.yono[i] = v.cuantos.peers.tengo.yono[i] -1}}

res$cuantos.mereferencian.como.peers.yono =
v.cuantos.mereferencian.como.peers.yono
res$cuantos.mereferencian.como.peers.yosi =
v.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi

res$efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yono =
v.efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yono
res$efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi =
v.efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi

res$cuantos.peers.tengo.yono = v.cuantos.peers.tengo.yono
res$cuantos.peers.tengo.yosi = v.cuantos.peers.tengo.yosi

res$peers = m.cuales.peers

res$uds.rangos3 = rank(-res$eficiencias)
res$uds.rangos3[res$unidades.eficientes] =
  rank(-res$cuantos.mereferencian.como.peers.yosi[res$unidades.eficientes])
axy =
data.frame(Eff=res$eficiencias,MeRef=res$cuantos.mereferencian.como.peers,
           Ord=res$uds.rangos,Ord2=res$uds.rangos2)
res$uds.ordenadas.df = axy[order(axy$Ord2),]

res$pesos.inputs = resultados.dea.BM$u
res$pesos.outputs = resultados.dea.BM$v
res$pesos.constantes = resultados.dea.BM$gamma

# tabla de frecuencias de eficiencias
efic.agrupadas = cut(res$eficiencias,breaks=c(0,0.8,0.9,0.95,1,1.1),right=F)
tf.abs = table(efic.agrupadas)
names(tf.abs)[1] = "<0.8"
names(tf.abs)[5] = "1"
tf.abs = tf.abs[5:1]
tf.porc = prop.table(tf.abs)*100
tf.absacu = cumsum(tf.abs)
tf.porcacu = cumsum(tf.porc)
tablafrec.efi = cbind(tf.abs,round(tf.porc,2),tf.absacu,round(tf.porcacu,2))

colnames(tablafrec.efi)=c("Frec.Absolutas","Porc. ","Abs.Acumuladas","Porc.Acum
uladas")

```

```

res$tablafrec.eficiencias = tablafrec.efi
library(psych)
df.eficiencias.resumen = psych::describe(res$eficiencias)
df.eficiencias.resumen = as.data.frame(df.eficiencias.resumen)
res$resumen.eficiencias = df.eficiencias.resumen[,-1]
df.res.inputs = psych::describe(datos.inputs)
df.res.outputs = psych::describe(datos.outputs)
df.res.inputs = as.data.frame(df.res.inputs)
df.res.outputs = as.data.frame(df.res.outputs)
res$resumen.datos.inputs = df.res.inputs[,-1]
res$resumen.datos.outputs = df.res.outputs[,-1]
nombresCar =
c("n", "Media", "CuaDesvTip", "Mediana", "MediaTrim", "DesAbsMediana",
"Min", "Max", "Rango", "CoefAsim", "CoefCurtosis", "ErrorEstandar")
colnames(res$resumen.eficiencias) = nombresCar
colnames(res$resumen.datos.inputs) = nombresCar
colnames(res$resumen.datos.outputs) = nombresCar

res$Correlacion =
cor(cbind(datos.inputs,datos.outputs),cbind(datos.inputs,datos.outputs))
res$Correlacion.conEficiencia =
cor(cbind(datos.inputs,datos.outputs),res$eficiencias)
return( res )}

dea.unidad = function(que.unidad,res.dea.BM,var.inputs,var.outputs) {

movimiento.radial = res.dea.BM$movimiento.radial
res = list()
res$firma = que.unidad
res$eficiencia = res.dea.BM$eficiencias[que.unidad]
res$valor.original.out = var.outputs[que.unidad,]
res$valor.original.inp = var.inputs[que.unidad,]
res$holgura.out = res.dea.BM$holguras.outputs[que.unidad,]
res$holgura.inp = res.dea.BM$holguras.inputs[que.unidad,]
res$movimientoradial.inp = res.dea.BM$movimiento.radial.input[que.unidad,]
res$movimientoradial.out = res.dea.BM$movimiento.radial.output[que.unidad,]
res$valorproyectado.inp = res.dea.BM$valor.objetivo.input[que.unidad,]
res$valorproyectado.out = res.dea.BM$valor.objetivo.output[que.unidad,]
res$diferencia.inp = res$movimientoradial.inp + res$holgura.inp
res$diferencia.out = res$movimientoradial.out + res$holgura.out
nivel.peers = 0.00001

if (res$eficiencia>=1) {
  unidades.peers = integer(0)
  res$pesos.lambda = numeric(0)}

else {
  unidades.peers = which(res.dea.BM$lambda[que.unidad,]>nivel.peers &
res.dea.BM$lambda[que.unidad,]<1)
  res$pesos.lambda = res.dea.BM$lambda[que.unidad,unidades.peers]}
res$unidades.peers = unidades.peers

res$cuantos.peers = length(res$unidades.peers)

res$tabla.out = cbind(t(res$valor.original.out),
t(res$valorproyectado.out),

```

```

        t(res$diferencia.out),
        res$holgura.out,
        t(res$movimientoradial.out))

colnames(res$tabla.out) = c("ValorOriginal", "ValorObjetivo",
                            "Diferencia", "Holgura", "MovimientoRadial")

res$tabla.inp = cbind(t(res$valor.original.inp),
                    t(res$valor.proyectado.inp),
                    res$diferencia.inp,
                    res$holgura.inp,
                    res$movimientoradial.inp)

colnames(res$tabla.inp) = c("ValorOriginal", "ValorObjetivo",
                            "Diferencia", "Holgura", "MovimientoRadial")

return(res)}

# Cálculo DEA exigiendo que los pesos cumplan determinadas condiciones

# cp.cotinf = 0.5
# cp.cotsup = 2.5
# num.var.inp = 2
# num.var.out = 3
# m.condiciones.coc.pesos <- matrix(c(cp.cotinf, cp.cotsup),
#   nrow=(num.var.inp+num.var.out-2), ncol=2, byrow=TRUE)

# res33 = resultados.DEA.BM.condicionesPesos(datos.inputs, datos.outputs,
#   orientacion, modelo, m.condiciones.coc.pesos)

resultados.DEA.BM.condicionesPesos = function(datos.inputs, datos.outputs,
orientacion, modelo, m.condiciones.coc.pesos) {

# condiciones.coc.pesos es una matrix de 2 columnas y el número de filas es:
# num.input+num.output-2
# contiene cota inferior (columna 1) y cota superior (columna 2) de los cocientes de
# pesos respecto al peso de la variable 1
# (tanto para las entradas como para las salidas):
# u[,2]/u[,1], u[,3]/u[,1],...
# v[,2]/v[,1], v[,3]/v[,1],...
# Nota: no se ponen cotas para la primera variable input y para la primera variable
# output
resultados.dea.BM.conPesos =
Benchmarking::dea.dual(X=datos.inputs, Y=datos.outputs,
                        ORIENTATION =
orientacion, RTS=modelo,
                        DUAL=m.condiciones.coc.pesos)

# dual <- matrix(c(.5, 2.5), nrow=dim(x)[2]+dim(y)[2]-2, ncol=2, byrow=TRUE)
# er <- dea.dual(x,y,RTS="crs", DUAL=dual)
# print(cbind("e"=e$eff, "ar"=er$eff, lambda(e), e$sx, e$sy, er$u,
#   "ratio"=er$u[,2]/er$u[,1], er$y), digits=3)

eficiencias = resultados.dea.BM.conPesos$eff

holguras = slack(datos.inputs, datos.outputs, resultados.dea.BM.conPesos)

```

```

lambdas = holguras$lambda
holguras.inputs = holguras$sx
holguras.outputs = holguras$sy

# movimiento radial
movimiento.radial =
excess(resultados.dea.BM.conPesos,datos.inputs,datos.outputs)

res = list()
res$num.unidades = dim(datos.inputs)[1]
res$numvars.inputs = dim(datos.inputs)[2]
res$numvars.outputs = dim(datos.outputs)[2]
res$datos.inputs = datos.inputs
res$datos.outputs = datos.outputs
res$modelo = modelo
res$modelo.texto = ifelse(modelo==1,"VRS","CRS")
res$orientacion = orientacion
res$orientacion.texto = ifelse(orientacion==1,"INPUT","OUTPUT")
if (orientacion==1) {res$eficiencias = eficiencias} else {res$eficiencias =
1/eficiencias}

res$eficiencias.BM = eficiencias
res$holguras.inputs = holguras.inputs
res$holguras.outputs = holguras.outputs
res$lambdas = lambdas
res$movimiento.radial = movimiento.radial

if (orientacion==1) {
  res$movimiento.radial.input = movimiento.radial
  res$movimiento.radial.output =
matrix(0,ncol=res$numvars.outputs,nrow=res$num.unidades)}

  else {
    res$movimiento.radial.input =
matrix(0,ncol=res$numvars.inputs,nrow=res$num.unidades)
    res$movimiento.radial.output = movimiento.radial}

res$valor.objetivo.input = res$datos.inputs -
  (res$holguras.inputs + res$movimiento.radial.input)
res$valor.objetivo.output = res$datos.outputs +
  (res$holguras.outputs + res$movimiento.radial.output)
colnames(res$valor.objetivo.input) =
paste("vobjx",1:res$numvars.inputs,sep="")
colnames(res$valor.objetivo.output) =
paste("vobjy",1:res$numvars.outputs,sep="")

nivel.peers = 0.00001
m.peers.tf = lambdas > nivel.peers
diag(m.peers.tf) = FALSE
sumcol.m.peers.tf = colSums(m.peers.tf)
sumrow.m.peers.tf = colSums(t(m.peers.tf))

res$cuantos.peers = sumrow.m.peers.tf
res$cuantos.mereferencian.como.peers = sumcol.m.peers.tf

res$unidades.eficientes = which(res$eficiencias==1)

```

```

res$unidades.eficientes.como.peers =
  res$cuantos.mereferencian.como.peers[res$unidades.eficientes]

res$uds.rangos = rank(-res$eficiencias)
res$uds.rangos2 = rank(-res$eficiencias)
res$uds.rangos2[res$unidades.eficientes] =
  rank(-res$cuantos.mereferencian.como.peers[res$unidades.eficientes])
axy =
data.frame(Eff=res$eficiencias,MeRef=res$cuantos.mereferencian.como.peers,
           Ord=res$uds.rangos,Ord2=res$uds.rangos2)
res$uds.ordenadas.df = axy[order(axy$Ord2),]

res$pesos.inputs = resultados.dea.BM.conPesos$u
res$pesos.outputs = resultados.dea.BM.conPesos$v
res$pesos.constantes = resultados.dea.BM.conPesos$gamma

efic.agrupadas = cut(res$eficiencias,breaks=c(0,0.8,0.9,0.95,1,1.1),right=F)
tf.abs = table(efic.agrupadas)
names(tf.abs)[1] = "<0.8"
names(tf.abs)[5] = "1"
tf.abs = tf.abs[5:1]
tf.porc = prop.table(tf.abs)*100
tf.absacu = cumsum(tf.abs)
tf.porcacu = cumsum(tf.porc)
tablafrec.efi = cbind(tf.abs,round(tf.porc,2),tf.absacu,round(tf.porcacu,2))
colnames(tablafrec.efi)=c("Frec.Absolutas","Porc. ","Abs.Acumuladas","Porc.Acumuladas")
res$tablafrec.eficiencias = tablafrec.efi
library(psych)
df.eficiencias.resumen = psych::describe(res$eficiencias)
res$resumen.eficiencias = df.eficiencias.resumen[,-1]

df.res.inputs = psych::describe(datos.inputs)
df.res.outputs = psych::describe(datos.outputs)
res$resumen.datos.inputs = df.res.inputs[,-1]
res$resumen.datos.outputs = df.res.outputs[,-1]
nombresCar = c("n","Media","CuaDesvTip","Mediana","MediaTrim",
"DesAbsMediana","Min","Max","Rango","CoefAsim","CoefCurtosis","ErrorEstandar")
colnames(res$resumen.eficiencias) = nombresCar
colnames(res$resumen.datos.inputs) = nombresCar
colnames(res$resumen.datos.outputs) = nombresCar

res$Correlacion =
cor(cbind(datos.inputs,datos.outputs),cbind(datos.inputs,datos.outputs))
res$Correlacion.conEficiencia =
cor(cbind(datos.inputs,datos.outputs),res$eficiencias)

return( res )}

#ficheroexcel = "escenario01.xlsx"
# idsUds = idsUds
# datos.inputs = var.inputs
# datos.outputs = var.outputs
# orientacion = orientacion
# modelo = modelo

```

```

informe.dea.BM.en.Excel =
function(ficheroexcel,idsUds,datos.inputs,datos.outputs,
        orientacion,modelo) {
  require(XLConnect)
  num.Uds = length(idsUds)
  num.vars.out = ncol(datos.outputs)
  num.vars.inp = ncol(datos.inputs)

  resDEA = calculos.dea.BM(datos.inputs,datos.outputs,orientacion,modelo)
  wb = loadWorkbook(ficheroexcel,create = T)
  temp.excel = data.frame(Uds=idsUds,
                          datos.inputs = resDEA$datos.inputs,
                          datos.outputs = resDEA$datos.outputs)

  hojaExcel = "Datos Originales"
  if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
    removeSheet(wb, sheet=hojaExcel)}
  createSheet(wb,name="Datos Originales")
  writeWorksheet(wb,
                 temp.excel,
                 sheet = "Datos Originales",
                 startRow=4)

  temp.excel = data.frame(Num.V.Inputs = ncol(datos.inputs),
                          Num.V.Outputs = ncol(datos.outputs),
                          Modelo = ifelse(modelo==1,"VRS","CRS"),
                          Orientacion =
ifelse(orientacion==1,"INPUT","OUTPUT"))
  writeWorksheet(wb,
                 temp.excel,
                 sheet = "Datos Originales",
                 startRow=1)

  hojaExcel7 = "Resumen Datos Originales"
  hojaExcel = hojaExcel7
  if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
    removeSheet(wb, sheet=hojaExcel)}
  createSheet(wb,name=hojaExcel)

  temp.excel = data.frame(rbind(resDEA$resumen.datos.inputs,
                               resDEA$resumen.datos.outputs))
  writeWorksheet(wb,
                 temp.excel,
                 sheet = hojaExcel,
                 startRow=1,rownames = rownames(temp.excel))

  writeWorksheet(wb,
                 t(c("RESUMEN")),
                 sheet = hojaExcel,
                 startRow=1,header=F)

  temp.excel = data.frame(resDEA$Correlacion)

  writeWorksheet(wb,
                 temp.excel,
                 sheet = hojaExcel,
                 startRow=3+resDEA$numvars.inputs+resDEA$numvars.outputs,
                 rownames = rownames(temp.excel))
  writeWorksheet(wb,

```

```

        t(c("CORRELACIONES")),
        sheet = hojaExcel,

startRow=3+resDEA$numvars.inputs+resDEA$numvars.outputs, header=F)

temp.list = vector('list', num.vars.out)
for (j in 1:num.vars.out) {
  dd = NULL
  for (i in 1:num.Uds) {
    res = dea.unidad(i, resDEA, datos.inputs, datos.outputs)
    dd = rbind(dd, res$tabla.out[j,])
  }
  temp.list[[j]] = dd

temp.list2 = vector('list', num.vars.out)
for (j in 1:num.vars.inp) {dd = NULL
  for (i in 1:num.Uds) {
    res = dea.unidad(i, resDEA, datos.inputs, datos.outputs)

    dd = rbind(dd, res$tabla.inp[j,])
  }
  temp.list2[[j]] = dd}

hojaExcel = "Resultados Variables"
if (existsSheet(wb, name=hojaExcel)) {
  removeSheet(wb, sheet=hojaExcel)}
createSheet(wb, name="Resultados Variables")
temp.excel = data.frame(Uds=idsUds,
                       Eficiencias = resDEA$eficiencias)

writeWorksheet(wb,
               temp.excel,
               sheet = "Resultados Variables",
               startRow=3)

inicol = 3
numcol = 5

temp.excel = c(rep(colnames(datos.inputs), each=numcol),
               rep(colnames(datos.outputs), each=numcol))
writeWorksheet(wb,
               t(temp.excel),
               sheet = "Resultados Variables",
               startRow=2, startCol=inicol, header=F)

temp.excel = c(rep("INPUT", each=numcol*num.vars.inp),
               rep("OUTPUT", each=numcol*num.vars.out))
writeWorksheet(wb,
               t(temp.excel),
               sheet = "Resultados Variables",
               startRow=1, startCol=inicol, header=F)

for (j in 1:num.vars.inp) {
  writeWorksheet(wb,
                 temp.list2[[j]],
                 sheet = "Resultados Variables",
                 startRow=3, startCol=inicol+(j-1)*numcol)}

inicol = incol+(j)*numcol

```

```

for (j in 1:num.vars.out) {
  writeWorksheet(wb,
                temp.list[[j]],
                sheet = "Resultados Variables",
                startRow=3,startCol=inicol+(j-1)*numcol)}

hojaExcel = "Resultados por Uds"
if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
  removeSheet(wb,sheet=hojaExcel)}

createSheet(wb,name="Resultados por Uds")

writeWorksheet(wb,
              data.frame("Unidades"),
              sheet = "Resultados por Uds",
              startRow=1)

nivel.peers = 0.00001
salto = 6
v.cuantos.peers = c()
v.que.peers = c()
for (i in 1:num.Uds) {
  res = dea.unidad(i,resDEA,datos.inputs,datos.outputs)
  if (length(res$unidades.peers)>0) {
    v.que.peers = c(v.que.peers,res$unidades.peers)}

  else {
    v.que.peers = c(v.que.peers,i)}
  v.cuantos.peers = c(v.cuantos.peers,res$cuantos.peers)
  writeWorksheet(wb,
                res$tabla.out,
                sheet = "Resultados por Uds",
                startRow=2+(i-1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp),
                startCol=3,rownames = rownames(res$tabla.out))
  writeWorksheet(wb,
                res$tabla.inp,
                sheet = "Resultados por Uds",
                header=F,
                startRow=2+(i-
1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp)+num.vars.out+1,
                startCol=3,rownames = rownames(res$tabla.inp))

  writeWorksheet(wb,
                data.frame(Uds = paste("Unidad",idsUds[i])),
                sheet = "Resultados por Uds",
                startRow=2+(i-
1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp),startCol=1,header=F)
  writeWorksheet(wb,
                data.frame(Eficiencia = res$eficiencia),
                sheet = "Resultados por Uds",
                startRow=2+(i-
1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp)+1,startCol=1,header=T)

  if (length(res$pesos.lambda)>0) {
    temp.excel = res$pesos.lambda
    names(temp.excel) = paste("Lambda",idsUds[res$unidades.peers])
    writeWorksheet(wb,

```

```

        t(data.frame(temp.excel)),
        sheet = "Resultados por Uds",
        startRow=2+(i-
1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp)+num.vars.out+num.vars.inp+2,
        startCol=3,header=T)
    writeWorksheet(wb,
        data.frame("Peers"),
        sheet = "Resultados por Uds",
        startRow=2+(i-
1)*(num.vars.out+salto+num.vars.inp)+num.vars.out+num.vars.inp+2,
        startCol=2,header=F)}}

hojaExcel = "Resultados sobre Peers"
if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
    removeSheet(wb,sheet=hojaExcel)}

createSheet(wb,name="Resultados sobre Peers")
writeWorksheet(wb,
    data.frame("Peers"),
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=1,header=F)
writeWorksheet(wb,
    data.frame(Uds = idsUds,
                NumPeersYoNo = resDEA$cuantos.peers),
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=2)

temp.excel = data.frame("Uds"=idsUds[resDEA$unidades.eficientes],
"Freq.Elegidos.PeersYoNo"=resDEA$unidades.eficientes.como.peers)
rownames(temp.excel)=NULL

writeWorksheet(wb,
    temp.excel,
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=2,startCol = 5)

fini = 2+num.Uds+3
cini = 11+(dim(resDEA$peers)[2]) +3
writeWorksheet(wb,
    c("Lambdas"),
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=fini,startCol = cini,header=F)

writeWorksheet(wb,
    resDEA$lambdas,
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=fini+1,startCol = cini+1,header=F)

writeWorksheet(wb,
    t(idsUds),
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=fini,startCol = cini+1,header=F)
writeWorksheet(wb,
    idsUds,
    sheet = "Resultados sobre Peers",
    startRow=fini+1,startCol = cini,header=F)

```

```

fini = 2+num.Uds+3
cini = 11
writeWorksheet(wb,
               c("Índices Mis Peers"),
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini,startCol = cini,header=F)

writeWorksheet(wb,
               resDEA$peers,
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini,startCol = cini+1,header=T)

writeWorksheet(wb,
               idsUds,
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini+1,startCol = cini,header=F)

fini = 2+num.Uds+3
cini = 1
writeWorksheet(wb,
               c("Uds"),
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini,startCol = cini,header=F)

temp = data.frame(NumPeersTengoYoNo=resDEA$cuantos.peers.tengo.yono,
                  NumPeersTengoYoSi=resDEA$cuantos.peers.tengo.yosi,
                  NumPeersMeRefYoNo=resDEA$cuantos.mereferencian.como.peers.yono,
                  NumPeersMeRefYoSi=resDEA$cuantos.mereferencian.como.peers.yosi)
writeWorksheet(wb,
               temp,
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini,startCol = cini+1,header=T)

writeWorksheet(wb,
               idsUds,
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=fini+1,startCol = cini,header=F)

temp.excel = data.frame("Uds"=idsUds[resDEA$unidades.eficientes],
                        "Freq.MeRefPeerYoN0"=resDEA$efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yono,
                        "Freq.MeRefPeerYoSi"=resDEA$efic.cuantos.mereferencian.como.peers.yosi)
writeWorksheet(wb,
               temp.excel,
               sheet = "Resultados sobre Peers",
               startRow=2+num.Uds+3,startCol = 7)

hojaExcel = "Resumen sobre Eficiencias"
if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
  removeSheet(wb,sheet=hojaExcel)}

createSheet(wb,name="Resumen sobre Eficiencias")

```

```

writeWorksheet(wb,
               data.frame("EFICIENCIAS"),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=1,header=F)
writeWorksheet(wb,
               data.frame(Uds = idsUds,
                           Rangos = resDEA$uds.rangos,
                           Rangos2 = resDEA$uds.rangos2),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=2)

writeWorksheet(wb,
               data.frame(Uds = idsUds[order(resDEA$uds.rangos3)],
                           Rangos = resDEA$uds.ordenadas.df),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=2,startCol = 6)

writeWorksheet(wb,
               data.frame(resDEA$tablafrec.eficiencias),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=2,startCol = 13,
               rownames = rownames(resDEA$tablafrec.eficiencias))
writeWorksheet(wb,
               t(c("Intervalos")),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=2,startCol=13,header=F)

writeWorksheet(wb,
               resDEA$resumen.eficiencias,
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=10,startCol = 13)

writeWorksheet(wb,
               resDEA$Correlacion.conEficiencia,
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=13,startCol = 13,
               rownames = rownames(resDEA$Correlacion.conEficiencia))

writeWorksheet(wb,
               t(c("VARS","CORR. con EFICIENCIA")),
               sheet = "Resumen sobre Eficiencias",
               startRow=13,startCol=13,header=F)

hojaExcel6 = "Pesos de las Variables"
hojaExcel = hojaExcel6
if (existsSheet(wb,name=hojaExcel)) {
  removeSheet(wb,sheet=hojaExcel)}
createSheet(wb,name=hojaExcel)

temp.excel = data.frame(Uds=idsUds,
                        Eficiencias = resDEA$eficiencias)

inicol = 3

writeWorksheet(wb,
               temp.excel,
               sheet = hojaExcel,
               startRow=3)

```

```

temp.excel =
c(rep("INPUT",each=num.vars.inp),rep("OUTPUT",each=num.vars.out))
writeWorksheet(wb,
               t(temp.excel),
               sheet = hojaExcel,
               startRow=1,startCol=inicol,header=F)
temp.excel = c(colnames(datos.inputs),colnames(datos.outputs))
writeWorksheet(wb,
               t(temp.excel),
               sheet = hojaExcel,
               startRow=2,startCol=inicol,header=F)

writeWorksheet(wb,
               resDEA$pesos.inputs,
               sheet = hojaExcel,
               startRow=3,startCol=inicol)
writeWorksheet(wb,
               resDEA$pesos.outputs,
               sheet = hojaExcel,
               startRow=3,startCol=inicol+num.vars.inp)

createFreezePane(wb, "Resultados Variables", colSplit=3, rowSplit=4, 3, 4)
createFreezePane(wb, "Datos Originales", colSplit=2, rowSplit=5, 2, 5)

createFreezePane(wb, hojaExcel6, colSplit=3, rowSplit=4, 3, 4)

saveWorkbook(wb,file = ficheroexcel)}

# CÁLCULOS DEL DEA:

func_calculo_dea_escenario = function(var.inputs,var.outputs,
                                     orientacion,modelo,ficheroexcel,idsUds)
{ resDEA2 = calculos.dea.BM(var.inputs,var.outputs,orientacion,modelo)
  resDEA2$idsUds = idsUds
  resDEA2$eficiencias
  resDEA2$holguras.outputs
  resDEA2$movimiento.radial
  resDEA2$cuantos.mereferencian.como.peers
  resDEA2$resumen.eficiencias
  resDEA2$tablafrec.eficiencias
  resDEA2$uds.rangos2

  # CREACIÓN DEL INFORME EXCEL SOBRE CÁLCULOS DEL DEA

  suppressWarnings(
    informe.dea.BM.en.Excel(ficheroexcel,idsUds,var.inputs,var.outputs,
                           orientacion,modelo))

  return(resDEA2)}

```

Fichero: Carlos_00_NG_Escenario08.R

```

# ESCENARIO 8 (inputs: 13 y 16, outputs: 18,17,15)
# QUITAMOS ALUMAT <= 6, ES DECIR NOS QUEDAMOS CON LOS QUE ALUMAT>6

# CARGA DE DATOS: ESCENARIO
# HAY QUE DEFINIR:
# var.inputs,var.outputs,orientacion,modelo
# idsUds

ind.inputs = c(13,16)
ind.outputs = c(18,17,15)

filas2 = filas[BASE[filas,13]>6]
filas = filas2

var.inputs = BASE[filas,ind.inputs]
var.inputs[,1] = 1/var.inputs[,1]

var.outputs = BASE[filas,ind.outputs]

orientacion = 2
modelo = 1

idsUds = BASE[filas,3]

```

Fichero: Calculos STi

```

func_Calcula_STi = function(resx) {
  ltemp2 = resx$combinaciones
  cuantos = resx$l_todascombinaciones$indices[1]
  STi = rep(NA,cuantos)
  for (j in 1:cuantos) {
    indice = as.character(j)
    total = 0
    for (i in 1:length(ltemp2)) {
      if (grepl(indice,ltemp2[i])) {
        total = total + resx$Sijk[i]}
    }
    STi[j] = total}
  return(STi)
}

## Para Escenario 8

load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08c_DatosSalida.RData")

round(func_Calcula_STi(resx),4)

## [1] 0.4732 0.6926 0.4618 0.6467 0.2666

## Para Escenario 9

round(func_Calcula_STi(resx),4)

## [1] 0.1980 0.5585 0.2262 0.4337 0.3028

```

Anexo 11: Código del estudio de influencia en el escenario 8

A continuación seleccionamos:

- Los pesos asignados por el DEA en el Escenario 8
- Seleccionamos aquellas unidades eficientes que además tienen un número de unidades que la eligen como peers superior a 10 (u otro valor conveniente).

Cuánto mayor número de peers mejor en la ordenación (de mejor a peor): 1, 2, ...

```
source("influenciaTODO_solofunciones.R")

## Loading required package: lpSolve
## Loading required package: quadprog
## Loading required package: kernlab

load("Carlos_Datos.RData")

BASE = CARLOS_BASE

areas = c("ADM", "BIO", "SOH", "TEC")
areasComp = c("ADMINISTRATIVA", "BIOLÓGICA", "SOCIOHUMANISTICA", "TÉCNICA")
escenarios = paste("Carlos_00_NG_Escenario0", 1:8, ".R", sep="")
v.resDEA = paste("resDEA0", 1:8, sep="")
i=1
ficherosRData =
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_", areas[i], "_0", 1:8,
      "_DatosSalida.RData", sep="")
filasG = which(BASE$Area_Academica==areasComp[i])
filas = filasG
source("Carlos_00_NG_Escenario08.R")

load(file=ficherosRData[8])

filas_efi = which(resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers>10)
(idsUds = resDEA08$idsUds[filas_efi])

## [1] "AD001" "AD019" "AD020" "AD025" "AD032" "AD038" "AD051" "AD058" "AD133"

pesos.inputs = resDEA08$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA08$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA08$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA08$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2, "output", "input")

(resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

##   L1  L19  L20  L22  L29  L34  L45  L52  L113
##   26   12   30   64   39   15   14   34   84
```

```

v_Rangos_Ref = rank(-resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi],)

### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:
# m_pesos
# m_valores
# nvar_input
# orientacion = "output" (input o output)
# v_Rangos_Ref

m_pesos = cbind(pesos.inputs,pesos.outputs)
m_valores = cbind(as.matrix(datos.inputs),as.matrix(datos.outputs))

load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08_DatosSalida.RData")

#####
### Cálculo de los Rangos Medios respecto a los Rangos de Referencia
#####

##(orden con las eficientes, ordenadas por número de peers)
## puede probarse con otros órdenes: el uds.rangos que no desempata en las
eficientes

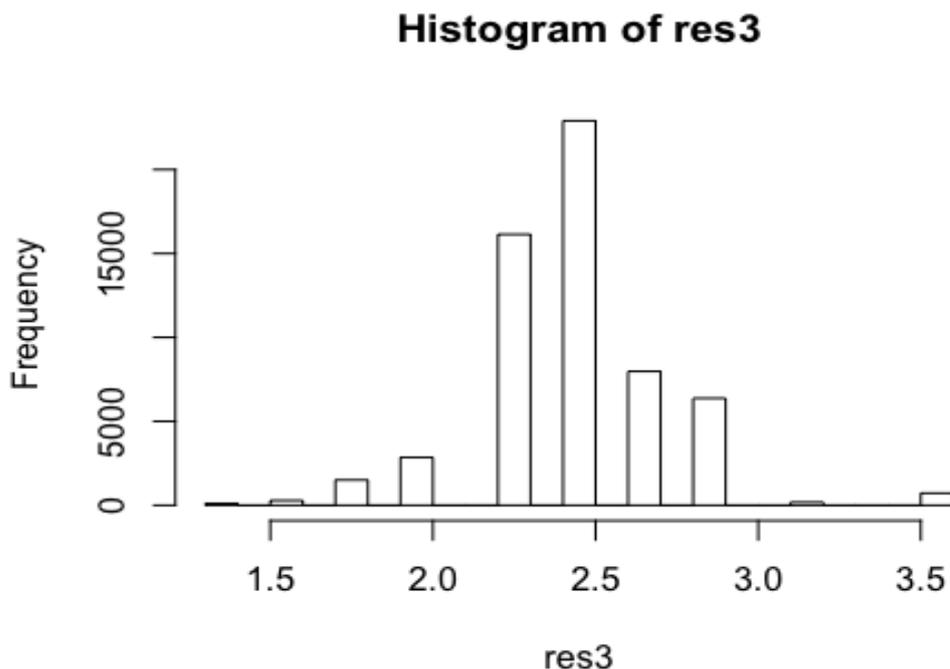
m_RangosSinteticos = res2$RangosSinteticos
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08b_DatosSalida.RData")

summary(res3)

##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  1.333   2.222   2.444   2.432   2.667   3.556

hist(res3)

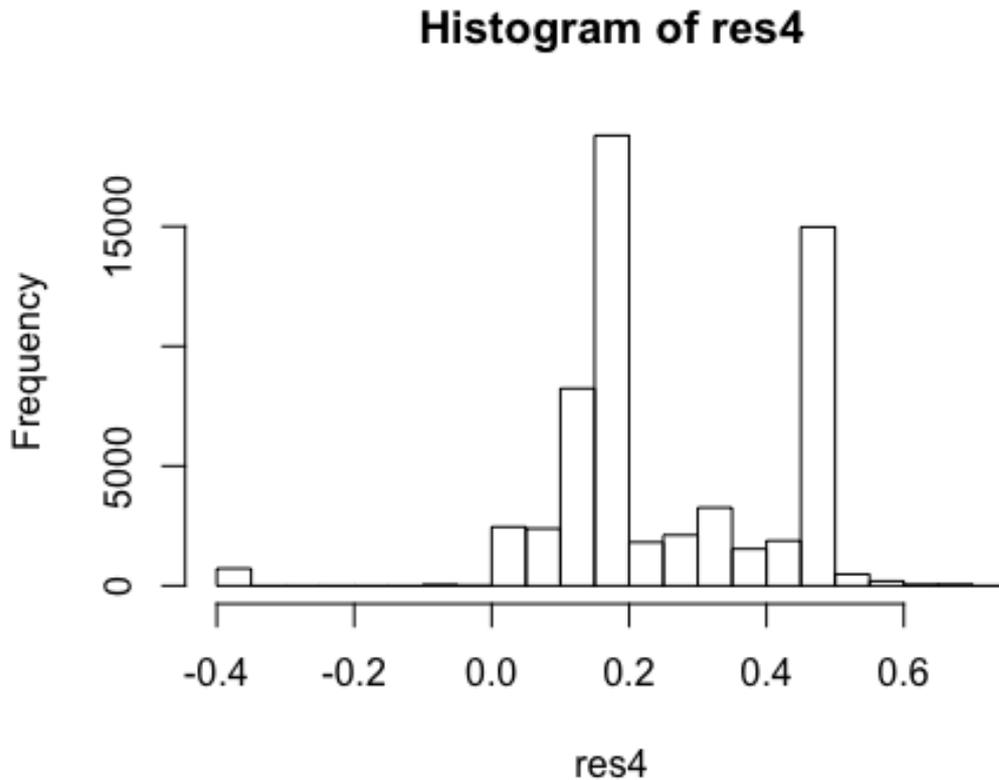
```



```
summary(res4)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
## -0.4000  0.1667  0.2000  0.2728  0.4833  0.7333
```

```
hist(res4)
```



Cálculo de Influencia (rangos medios diferencia en valor absoluto)

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08c_DatosSalida.RData")
```

```
resx
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.0003108129 0.0027556469 0.0029138348 0.0038889394 0.0034798006
## [6] 0.0107417076 0.0044295926 0.0064323594 0.0043752870 0.0083650284
## [11] 0.0203059858 0.0083480752 0.0096982981 0.0064813398 0.0076745744
## [16] 0.0209142115 0.0346530822 0.0177801078 0.0182455452 0.0089263479
## [21] 0.0114555275 0.0332738676 0.0143186078 0.0273894085 0.0144408729
## [26] 0.0621299770 0.0299312875 0.0455924107 0.0260419321 0.0446282490
## [31] 0.0847188287
##
## $ecs_vxixj
## [1] 0.08440802 0.08196318 0.08180499 0.08082989 0.08123903 0.07397712
## [7] 0.08028924 0.07828647 0.08034354 0.07635380 0.06441284 0.07637075
## [13] 0.07502053 0.07823749 0.07704425 0.06380462 0.05006575 0.06693872
## [19] 0.06647328 0.07579248 0.07326330 0.05144496 0.07040022 0.05732942
## [25] 0.07027796 0.02258885 0.05478754 0.03912642 0.05867690 0.04009058
## [31] 0.00000000
```

```

##
## $combinaciones
## [1] "1"      "2"      "3"      "4"      "5"
## [6] "1,2"    "1,3"    "1,4"    "1,5"    "2,3"
## [11] "2,4"    "2,5"    "3,4"    "3,5"    "4,5"
## [16] "1,2,3"  "1,2,4"  "1,2,5"  "1,3,4"  "1,3,5"
## [21] "1,4,5"  "2,3,4"  "2,3,5"  "2,4,5"  "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5
## [5,]    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos

```

```

## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 3.108129e-04 2.755647e-03 2.913835e-03 3.888939e-03 3.479801e-03
## [6] 7.675248e-03 1.204945e-03 2.232607e-03 5.846735e-04 2.695547e-03
## [11] 1.366140e-02 2.112628e-03 2.895524e-03 8.770442e-05 3.058345e-04
## [16] 3.358177e-03 4.128429e-03 8.612983e-04 4.798882e-03 3.445767e-04
## [21] 6.528595e-04 4.462976e-03 2.734467e-04 1.185160e-03 8.692353e-04
## [26] 5.147008e-03 1.272948e-03 1.757074e-03 1.471702e-03 3.040572e-03
## [31] 4.289338e-03
##
## $V_de_Y
## [1] 0.08471883
##
## $Sijk
## [1] 0.003668758 0.032526971 0.034394181 0.045904074 0.041074702
## [6] 0.090596718 0.014222871 0.026353140 0.006901341 0.031817564
## [11] 0.161255765 0.024936933 0.034178045 0.001035241 0.003609994
## [16] 0.039639092 0.048730945 0.010166551 0.056644812 0.004067298
## [21] 0.007706191 0.052679863 0.003227697 0.013989333 0.010260238
## [26] 0.060754008 0.015025562 0.020740070 0.017371608 0.035890159
## [31] 0.050630275
##
## $STijk
## [1] 0.9963312 0.9674730 0.9656058 0.9540959 0.9589253 0.8732076 0.9477142
## [8] 0.9240740 0.9483552 0.9012613 0.7603132 0.9014614 0.8855237 0.9234959
## [15] 0.9094112 0.7531338 0.5909636 0.7901280 0.7846341 0.8946356 0.8647818
## [22] 0.6072435 0.8309867 0.6767022 0.8295435 0.2666332 0.6466985 0.4618385
## [29] 0.6926075 0.4732192 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000000 0.035890159 0.017371608 0.020740070 0.015025562
## [6] 0.060754008 0.010260238 0.013989333 0.003227697 0.052679863
## [11] 0.007706191 0.004067298 0.056644812 0.010166551 0.048730945
## [16] 0.039639092 0.003609994 0.001035241 0.034178045 0.024936933
## [21] 0.161255765 0.031817564 0.006901341 0.026353140 0.014222871
## [26] 0.090596718 0.041074702 0.045904074 0.034394181 0.032526971
## [31] 0.003668758 1.000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.00000000 0.03589016 0.01737161 0.02074007 0.01502556 0.06075401
## [7] 0.03589016 0.03589016 0.03589016 0.06075401 0.02074007 0.01737161
## [13] 0.06075401 0.02074007 0.06075401 0.06075401 0.03589016 0.03589016
## [19] 0.06075401 0.03589016 0.16125577 0.06075401 0.02074007 0.06075401
## [25] 0.06075401 0.09059672 0.04107470 0.16125577 0.06075401 0.16125577
## [31] 0.09059672 1.00000000

## Comprobación
resx$vcs_vxixj + resx$ecs_vxixj

## [1] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [7] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [13] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [19] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883

```

```

## [25] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [31] 0.08471883

### Cálculos de Capacidad y IndSintetico_IntChoquet

#Los que no cumplen la condición de monotonía son sustituidos por el máximo de sus
componentes
(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))

##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.035890
## {2}         0.017372
## {3}         0.020740
## {4}         0.015026
## {5}         0.060754
## {1,2}       0.035890
## {1,3}       0.035890
## {1,4}       0.035890
## {1,5}       0.060754
## {2,3}       0.020740
## {2,4}       0.017372
## {2,5}       0.060754
## {3,4}       0.020740
## {3,5}       0.060754
## {4,5}       0.060754
## {1,2,3}     0.035890
## {1,2,4}     0.035890
## {1,2,5}     0.060754
## {1,3,4}     0.035890
## {1,3,5}     0.161256
## {1,4,5}     0.060754
## {2,3,4}     0.020740
## {2,3,5}     0.060754
## {2,4,5}     0.060754
## {3,4,5}     0.090597
## {1,2,3,4}   0.041075
## {1,2,3,5}   0.161256
## {1,2,4,5}   0.060754
## {1,3,4,5}   0.161256
## {2,3,4,5}   0.090597
## {1,2,3,4,5} 1.000000

#Obtención del nuevo indicador sintético
N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {
  #vector_valores = c(as.numeric(var.inputs[i,]),as.numeric(var.outputs[i,]))
  vector_valores =
c(as.numeric(datos.inputs[i,]),as.numeric(datos.outputs[i,]))
  #I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.outputs[i,]),mus)
  I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(vector_valores,mus)}
I_Nuestro

## [1] 3.655114 4.359807 4.119132 4.101342 4.470667 4.391280 4.440577 4.327427
## [9] 4.135046

```

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice orness e Índices de interacción

```

mus

##      capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.035890
## {2}     0.017372
## {3}     0.020740
## {4}     0.015026
## {5}     0.060754
## {1,2}   0.035890
## {1,3}   0.035890
## {1,4}   0.035890
## {1,5}   0.060754
## {2,3}   0.020740
## {2,4}   0.017372
## {2,5}   0.060754
## {3,4}   0.020740
## {3,5}   0.060754
## {4,5}   0.060754
## {1,2,3} 0.035890
## {1,2,4} 0.035890
## {1,2,5} 0.060754
## {1,3,4} 0.035890
## {1,3,5} 0.161256
## {1,4,5} 0.060754
## {2,3,4} 0.020740
## {2,3,5} 0.060754
## {2,4,5} 0.060754
## {3,4,5} 0.090597
## {1,2,3,4} 0.041075
## {1,2,3,5} 0.161256
## {1,2,4,5} 0.060754
## {1,3,4,5} 0.161256
## {2,3,4,5} 0.090597
## {1,2,3,4,5} 1.000000

(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))

## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.035890
## {2}     0.017372
## {3}     0.020740
## {4}     0.015026
## {5}     0.060754
## {1,2}   -0.017372
## {1,3}   -0.020740
## {1,4}   -0.015026
## {1,5}   -0.035890
## {2,3}   -0.017372
## {2,4}   -0.015026
## {2,5}   -0.017372
## {3,4}   -0.015026
## {3,5}   -0.020740

```

```
## {4,5} -0.015026
## {1,2,3} 0.017372
## {1,2,4} 0.015026
## {1,2,5} 0.017372
## {1,3,4} 0.015026
## {1,3,5} 0.121242
## {1,4,5} 0.015026
## {2,3,4} 0.015026
## {2,3,5} 0.017372
## {2,4,5} 0.015026
## {3,4,5} 0.044868
## {1,2,3,4} -0.009841
## {1,2,3,5} -0.017372
## {1,2,4,5} -0.015026
## {1,3,4,5} -0.044868
## {2,3,4,5} -0.015026
## {1,2,3,4,5} 0.848585
##
## $Indice_Shapley
##      1      2      3      4      5
## 0.2063375 0.1715997 0.2087100 0.1735001 0.2398528
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.05905635
##
## $Indice_Interaccion
##      1      2      3      4      5
## 1      NA 0.2055797 0.2441988 0.1964141 0.2273205
## 2 0.2055797      NA 0.2055797 0.2063617 0.2038515
## 3 0.2441988 0.2055797      NA 0.2113355 0.2573919
## 4 0.1964141 0.2063617 0.2113355      NA 0.2096073
## 5 0.2273205 0.2038515 0.2573919 0.2096073      NA
```

Presentación

```
df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
                     Sijk = resx$Sijk,
                     STijk = resx$STijk,
                     muijk = resx$mu_ijk[-1],
                     muijkcorre = resx$mu_ijk_corregidos[-1])
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))
```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk | muijkcorre |
|---------|--------|--------|--------|--------|------------|
| 1 | 0.0003 | 0.0037 | 0.9963 | 0.0359 | 0.0359 |
| 2 | 0.0028 | 0.0325 | 0.9675 | 0.0174 | 0.0174 |
| 3 | 0.0029 | 0.0344 | 0.9656 | 0.0207 | 0.0207 |
| 4 | 0.0039 | 0.0459 | 0.9541 | 0.0150 | 0.0150 |
| 5 | 0.0035 | 0.0411 | 0.9589 | 0.0608 | 0.0608 |
| 1,2 | 0.0077 | 0.0906 | 0.8732 | 0.0103 | 0.0359 |
| 1,3 | 0.0012 | 0.0142 | 0.9477 | 0.0140 | 0.0359 |
| 1,4 | 0.0022 | 0.0264 | 0.9241 | 0.0032 | 0.0359 |
| 1,5 | 0.0006 | 0.0069 | 0.9484 | 0.0527 | 0.0608 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2,3 | 0.0027 | 0.0318 | 0.9013 | 0.0077 | 0.0207 |
| 2,4 | 0.0137 | 0.1613 | 0.7603 | 0.0041 | 0.0174 |
| 2,5 | 0.0021 | 0.0249 | 0.9015 | 0.0566 | 0.0608 |
| 3,4 | 0.0029 | 0.0342 | 0.8855 | 0.0102 | 0.0207 |
| 3,5 | 0.0001 | 0.0010 | 0.9235 | 0.0487 | 0.0608 |
| 4,5 | 0.0003 | 0.0036 | 0.9094 | 0.0396 | 0.0608 |
| 1,2,3 | 0.0034 | 0.0396 | 0.7531 | 0.0036 | 0.0359 |
| 1,2,4 | 0.0041 | 0.0487 | 0.5910 | 0.0010 | 0.0359 |
| 1,2,5 | 0.0009 | 0.0102 | 0.7901 | 0.0342 | 0.0608 |
| 1,3,4 | 0.0048 | 0.0566 | 0.7846 | 0.0249 | 0.0359 |
| 1,3,5 | 0.0003 | 0.0041 | 0.8946 | 0.1613 | 0.1613 |
| 1,4,5 | 0.0007 | 0.0077 | 0.8648 | 0.0318 | 0.0608 |
| 2,3,4 | 0.0045 | 0.0527 | 0.6072 | 0.0069 | 0.0207 |
| 2,3,5 | 0.0003 | 0.0032 | 0.8310 | 0.0264 | 0.0608 |
| 2,4,5 | 0.0012 | 0.0140 | 0.6767 | 0.0142 | 0.0608 |
| 3,4,5 | 0.0009 | 0.0103 | 0.8295 | 0.0906 | 0.0906 |
| 1,2,3,4 | 0.0051 | 0.0608 | 0.2666 | 0.0411 | 0.0411 |
| 1,2,3,5 | 0.0013 | 0.0150 | 0.6467 | 0.0459 | 0.1613 |
| 1,2,4,5 | 0.0018 | 0.0207 | 0.4618 | 0.0344 | 0.0608 |
| 1,3,4,5 | 0.0015 | 0.0174 | 0.6926 | 0.0325 | 0.1613 |
| 2,3,4,5 | 0.0030 | 0.0359 | 0.4732 | 0.0037 | 0.0906 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0043 | 0.0506 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Cálculo de Influencia (Coeficiente Spearman)

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08d_DatosSalida.RData")

resx4

## $vcs_vxixj
## [1] 3.013537e-03 8.621257e-05 6.485469e-04 1.032795e-03 1.790065e-04
## [6] 7.667342e-03 4.509820e-03 5.253135e-03 3.611671e-03 1.632298e-03
## [11] 4.410067e-03 5.612963e-04 2.222302e-03 8.367727e-04 1.242010e-03
## [16] 1.069519e-02 1.456494e-02 8.765536e-03 9.167441e-03 5.427579e-03
## [21] 6.595630e-03 7.741804e-03 2.181492e-03 5.155548e-03 2.561420e-03
## [26] 2.330182e-02 1.253715e-02 1.736533e-02 1.184994e-02 9.073700e-03
## [31] 2.935892e-02
##
## $ecs_vxixj
## [1] 0.026345386 0.029272711 0.028710377 0.028326128 0.029179917
## [6] 0.021691581 0.024849104 0.024105788 0.025747253 0.027726625
## [11] 0.024948857 0.028797627 0.027136621 0.028522151 0.028116914
## [16] 0.018663734 0.014793979 0.020593388 0.020191482 0.023931345
## [21] 0.022763293 0.021617119 0.027177432 0.024203375 0.026797503
## [26] 0.006057104 0.016821777 0.011993595 0.017508983 0.020285223
## [31] 0.000000000
```

```

##
## $combinaciones
## [1] "1"      "2"      "3"      "4"      "5"
## [6] "1,2"    "1,3"    "1,4"    "1,5"    "2,3"
## [11] "2,4"    "2,5"    "3,4"    "3,5"    "4,5"
## [16] "1,2,3"  "1,2,4"  "1,2,5"  "1,3,4"  "1,3,5"
## [21] "1,4,5"  "2,3,4"  "2,3,5"  "2,4,5"  "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5
## [5,]    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos

```

```

## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 3.013537e-03 8.621257e-05 6.485469e-04 1.032795e-03 1.790065e-04
## [6] 4.567592e-03 8.477355e-04 1.206803e-03 4.191271e-04 8.975385e-04
## [11] 3.291059e-03 2.960773e-04 5.409599e-04 9.219397e-06 3.020781e-05
## [16] 6.340263e-04 1.366946e-03 2.039827e-04 1.877063e-03 3.104062e-04
## [21] 7.141537e-04 1.244692e-03 6.489074e-05 2.401901e-04 1.206842e-04
## [26] 2.046312e-03 3.592469e-04 7.176381e-04 8.996942e-04 3.916199e-04
## [31] 1.100959e-03
##
## $V_de_Y
## [1] 0.02935892
##
## $Sijk
## [1] 0.1026446812 0.0029365032 0.0220902810 0.0351782420 0.0060971742
## [6] 0.1555776441 0.0288748830 0.0411051380 0.0142759686 0.0305712339
## [11] 0.1120973973 0.0100847464 0.0184257415 0.0003140237 0.0010289139
## [16] 0.0215956932 0.0465598120 0.0069478955 0.0639350248 0.0105728060
## [21] 0.0243249274 0.0423956961 0.0022102560 0.0081811617 0.0041106478
## [26] 0.0696998363 0.0122363779 0.0244436094 0.0306446576 0.0133390405
## [31] 0.0374999857
##
## $STijk
## [1] 0.8973553 0.9970635 0.9779097 0.9648218 0.9939028 0.7388412 0.8463902
## [8] 0.8210719 0.8769822 0.9444020 0.8497879 0.9808816 0.9243057 0.9714985
## [15] 0.9576957 0.6357091 0.5039006 0.7014354 0.6877460 0.8151302 0.7753450
## [22] 0.7363049 0.9256958 0.8243959 0.9127550 0.2063122 0.5729698 0.4085162
## [29] 0.5963769 0.6909389 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.0000000000 0.0133390405 0.0306446576 0.0244436094 0.0122363779
## [6] 0.0696998363 0.0041106478 0.0081811617 0.0022102560 0.0423956961
## [11] 0.0243249274 0.0105728060 0.0639350248 0.0069478955 0.0465598120
## [16] 0.0215956932 0.0010289139 0.0003140237 0.0184257415 0.0100847464
## [21] 0.1120973973 0.0305712339 0.0142759686 0.0411051380 0.0288748830
## [26] 0.1555776441 0.0060971742 0.0351782420 0.0220902810 0.0029365032
## [31] 0.1026446812 1.0000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.00000000 0.01333904 0.03064466 0.02444361 0.01223638 0.06969984
## [7] 0.03064466 0.02444361 0.01333904 0.06969984 0.03064466 0.03064466
## [13] 0.06969984 0.02444361 0.06969984 0.06969984 0.03064466 0.03064466
## [19] 0.06969984 0.02444361 0.11209740 0.06969984 0.03064466 0.06969984
## [25] 0.06969984 0.15557764 0.03064466 0.11209740 0.06969984 0.15557764
## [31] 0.15557764 1.00000000

## Comprobación
resx4$vcx_vxixj + resx4$ecx_vxixj

## [1] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [7] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [13] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [19] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892

```

```
## [25] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [31] 0.02935892
```

Cálculos de Capacidad e IndSintetico_IntChoquet

```
(mus4 = func_calculo_capacidad(resx4$mu_ijk_corregidos))

##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.013339
## {2}         0.030645
## {3}         0.024444
## {4}         0.012236
## {5}         0.069700
## {1,2}       0.030645
## {1,3}       0.024444
## {1,4}       0.013339
## {1,5}       0.069700
## {2,3}       0.030645
## {2,4}       0.030645
## {2,5}       0.069700
## {3,4}       0.024444
## {3,5}       0.069700
## {4,5}       0.069700
## {1,2,3}     0.030645
## {1,2,4}     0.030645
## {1,2,5}     0.069700
## {1,3,4}     0.024444
## {1,3,5}     0.112097
## {1,4,5}     0.069700
## {2,3,4}     0.030645
## {2,3,5}     0.069700
## {2,4,5}     0.069700
## {3,4,5}     0.155578
## {1,2,3,4}   0.030645
## {1,2,3,5}   0.112097
## {1,2,4,5}   0.069700
## {1,3,4,5}   0.155578
## {2,3,4,5}   0.155578
## {1,2,3,4,5} 1.000000

#Obtención del nuevo indicador sintético
N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro4=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

  vector_valores =
c(as.numeric(datos.inputs[i,]),as.numeric(datos.outputs[i,]))

  I_Nuestro4[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(vector_valores,mus)}
I_Nuestro4

## [1] 3.655114 4.359807 4.119132 4.101342 4.470667 4.391280 4.440577 4.327427
## [9] 4.135046
```

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice orness e Índices de interacción

mus4

```
##          capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.013339
## {2}         0.030645
## {3}         0.024444
## {4}         0.012236
## {5}         0.069700
## {1,2}       0.030645
## {1,3}       0.024444
## {1,4}       0.013339
## {1,5}       0.069700
## {2,3}       0.030645
## {2,4}       0.030645
## {2,5}       0.069700
## {3,4}       0.024444
## {3,5}       0.069700
## {4,5}       0.069700
## {1,2,3}     0.030645
## {1,2,4}     0.030645
## {1,2,5}     0.069700
## {1,3,4}     0.024444
## {1,3,5}     0.112097
## {1,4,5}     0.069700
## {2,3,4}     0.030645
## {2,3,5}     0.069700
## {2,4,5}     0.069700
## {3,4,5}     0.155578
## {1,2,3,4}   0.030645
## {1,2,3,5}   0.112097
## {1,2,4,5}   0.069700
## {1,3,4,5}   0.155578
## {2,3,4,5}   0.155578
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

(IndTransf4 = func_Valores_Transformacion(mus4))

```
## $Alfa_Mobius
##          Mobius.capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.013339
## {2}         0.030645
## {3}         0.024444
## {4}         0.012236
## {5}         0.069700
## {1,2}       -0.013339
## {1,3}       -0.013339
## {1,4}       -0.012236
## {1,5}       -0.013339
## {2,3}       -0.024444
## {2,4}       -0.012236
## {2,5}       -0.030645
## {3,4}       -0.012236
## {3,5}       -0.024444
```

```
## {4,5} -0.012236
## {1,2,3} 0.013339
## {1,2,4} 0.012236
## {1,2,5} 0.013339
## {1,3,4} 0.012236
## {1,3,5} 0.055737
## {1,4,5} 0.012236
## {2,3,4} 0.012236
## {2,3,5} 0.024444
## {2,4,5} 0.012236
## {3,4,5} 0.098114
## {1,2,3,4} -0.012236
## {1,2,3,5} -0.013339
## {1,2,4,5} -0.012236
## {1,3,4,5} -0.054634
## {2,3,4,5} -0.012236
## {1,2,3,4,5} 0.856659
##
## $Indice_Shapley
##      1      2      3      4      5
## 0.1751405 0.1784095 0.2074680 0.1893583 0.2496237
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.06109332
##
## $Indice_Interaccion
##      1      2      3      4      5
## 1      NA 0.2076789 0.2147452 0.1939140 0.2147452
## 2 0.2076789      NA 0.2021267 0.2080465 0.1959256
## 3 0.2147452 0.2021267      NA 0.2368529 0.2521318
## 4 0.1939140 0.2080465 0.2368529      NA 0.2368529
## 5 0.2147452 0.1959256 0.2521318 0.2368529      NA
```

Presentación

```
df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx4$Vijk,
                     Sijk = resx4$Sijk,
                     STijk = resx4$STijk,
                     muijk = resx4$mu_ijk[-1],
                     muijkcorre = resx4$mu_ijk_corregidos[-1])
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))
```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk | muijkcorre |
|---------|--------|--------|--------|--------|------------|
| 1 | 0.0030 | 0.1026 | 0.8974 | 0.0133 | 0.0133 |
| 2 | 0.0001 | 0.0029 | 0.9971 | 0.0306 | 0.0306 |
| 3 | 0.0006 | 0.0221 | 0.9779 | 0.0244 | 0.0244 |
| 4 | 0.0010 | 0.0352 | 0.9648 | 0.0122 | 0.0122 |
| 5 | 0.0002 | 0.0061 | 0.9939 | 0.0697 | 0.0697 |
| 1,2 | 0.0046 | 0.1556 | 0.7388 | 0.0041 | 0.0306 |
| 1,3 | 0.0008 | 0.0289 | 0.8464 | 0.0082 | 0.0244 |
| 1,4 | 0.0012 | 0.0411 | 0.8211 | 0.0022 | 0.0133 |
| 1,5 | 0.0004 | 0.0143 | 0.8770 | 0.0424 | 0.0697 |
| 2,3 | 0.0009 | 0.0306 | 0.9444 | 0.0243 | 0.0306 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2,4 | 0.0033 | 0.1121 | 0.8498 | 0.0106 | 0.0306 |
| 2,5 | 0.0003 | 0.0101 | 0.9809 | 0.0639 | 0.0697 |
| 3,4 | 0.0005 | 0.0184 | 0.9243 | 0.0069 | 0.0244 |
| 3,5 | 0.0000 | 0.0003 | 0.9715 | 0.0466 | 0.0697 |
| 4,5 | 0.0000 | 0.0010 | 0.9577 | 0.0216 | 0.0697 |
| 1,2,3 | 0.0006 | 0.0216 | 0.6357 | 0.0010 | 0.0306 |
| 1,2,4 | 0.0014 | 0.0466 | 0.5039 | 0.0003 | 0.0306 |
| 1,2,5 | 0.0002 | 0.0069 | 0.7014 | 0.0184 | 0.0697 |
| 1,3,4 | 0.0019 | 0.0639 | 0.6877 | 0.0101 | 0.0244 |
| 1,3,5 | 0.0003 | 0.0106 | 0.8151 | 0.1121 | 0.1121 |
| 1,4,5 | 0.0007 | 0.0243 | 0.7753 | 0.0306 | 0.0697 |
| 2,3,4 | 0.0012 | 0.0424 | 0.7363 | 0.0143 | 0.0306 |
| 2,3,5 | 0.0001 | 0.0022 | 0.9257 | 0.0411 | 0.0697 |
| 2,4,5 | 0.0002 | 0.0082 | 0.8244 | 0.0289 | 0.0697 |
| 3,4,5 | 0.0001 | 0.0041 | 0.9128 | 0.1556 | 0.1556 |
| 1,2,3,4 | 0.0020 | 0.0697 | 0.2063 | 0.0061 | 0.0306 |
| 1,2,3,5 | 0.0004 | 0.0122 | 0.5730 | 0.0352 | 0.1121 |
| 1,2,4,5 | 0.0007 | 0.0244 | 0.4085 | 0.0221 | 0.0697 |
| 1,3,4,5 | 0.0009 | 0.0306 | 0.5964 | 0.0029 | 0.1556 |
| 2,3,4,5 | 0.0004 | 0.0133 | 0.6909 | 0.1026 | 0.1556 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0011 | 0.0375 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Cálculo de Influencia (rangos medios diferencia en valor absoluto) con procedimiento de muestreo

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08muestreo_DatosSalida.RData")

resx_m

## $vcs_vxixj
## [1] 0.0003108129 0.0027556469 0.0029138348 0.0038889394 0.0034798006
## [6] 0.0107417076 0.0044295926 0.0064323594 0.0043752870 0.0083650284
## [11] 0.0203059858 0.0083480752 0.0096982981 0.0064813398 0.0076745744
## [16] 0.0209142115 0.0346530822 0.0177801078 0.0182455452 0.0089263479
## [21] 0.0114555275 0.0332738676 0.0143186078 0.0273894085 0.0144408729
## [26] 0.0622444754 0.0306879115 0.0457125066 0.0246552116 0.0444510982
## [31] 0.0847188287
##
## $ecs_vxixj
## [1] 0.08440802 0.08196318 0.08180499 0.08082989 0.08123903 0.07397712
## [7] 0.08028924 0.07828647 0.08034354 0.07635380 0.06441284 0.07637075
## [13] 0.07502053 0.07823749 0.07704425 0.06380462 0.05006575 0.06693872
## [19] 0.06647328 0.07579248 0.07326330 0.05144496 0.07040022 0.05732942
## [25] 0.07027796 0.02250735 0.05431671 0.04062717 0.05629440 0.04455560
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
```

```

## [6] "1,2"      "1,3"      "1,4"      "1,5"      "2,3"
## [11] "2,4"      "2,5"      "3,4"      "3,5"      "4,5"
## [16] "1,2,3"    "1,2,4"    "1,2,5"    "1,3,4"    "1,3,5"
## [21] "1,4,5"    "2,3,4"    "2,3,5"    "2,4,5"    "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4"  "1,2,3,5"  "1,2,4,5"  "1,3,4,5"  "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5
## [5,]    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices

```

```

## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 3.108129e-04 2.755647e-03 2.913835e-03 3.888939e-03 3.479801e-03
## [6] 7.675248e-03 1.204945e-03 2.232607e-03 5.846735e-04 2.695547e-03
## [11] 1.366140e-02 2.112628e-03 2.895524e-03 8.770442e-05 3.058345e-04
## [16] 3.358177e-03 4.128429e-03 8.612983e-04 4.798882e-03 3.445767e-04
## [21] 6.528595e-04 4.462976e-03 2.734467e-04 1.185160e-03 8.692353e-04
## [26] 5.261507e-03 2.029572e-03 1.877170e-03 8.498187e-05 2.863421e-03
## [31] 4.861991e-03
##
## $V_de_Y
## [1] 0.08471883
##
## $Sijk
## [1] 0.003668758 0.032526971 0.034394181 0.045904074 0.041074702
## [6] 0.090596718 0.014222871 0.026353140 0.006901341 0.031817564
## [11] 0.161255765 0.024936933 0.034178045 0.001035241 0.003609994
## [16] 0.039639092 0.048730945 0.010166551 0.056644812 0.004067298
## [21] 0.007706191 0.052679863 0.003227697 0.013989333 0.010260238
## [26] 0.062105519 0.023956564 0.022157652 0.001003105 0.033799114
## [31] 0.057389728
##
## $STijk
## [1] 0.9963312 0.9674730 0.9656058 0.9540959 0.9589253 0.8732076 0.9477142
## [8] 0.9240740 0.9483552 0.9012613 0.7603132 0.9014614 0.8855237 0.9234959
## [15] 0.9094112 0.7531338 0.5909636 0.7901280 0.7846341 0.8946356 0.8647818
## [22] 0.6072435 0.8309867 0.6767022 0.8295435 0.2656712 0.6411410 0.4795530
## [29] 0.6644851 0.5259232 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000000 0.033799114 0.001003105 0.022157652 0.023956564
## [6] 0.062105519 0.010260238 0.013989333 0.003227697 0.052679863
## [11] 0.007706191 0.004067298 0.056644812 0.010166551 0.048730945
## [16] 0.039639092 0.003609994 0.001035241 0.034178045 0.024936933
## [21] 0.161255765 0.031817564 0.006901341 0.026353140 0.014222871
## [26] 0.090596718 0.041074702 0.045904074 0.034394181 0.032526971
## [31] 0.003668758 1.000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000000 0.033799114 0.001003105 0.022157652 0.023956564
## [6] 0.062105519 0.033799114 0.033799114 0.033799114 0.062105519
## [11] 0.022157652 0.023956564 0.062105519 0.023956564 0.062105519
## [16] 0.062105519 0.033799114 0.033799114 0.062105519 0.033799114
## [21] 0.161255765 0.062105519 0.023956564 0.062105519 0.062105519
## [26] 0.090596718 0.041074702 0.161255765 0.062105519 0.161255765
## [31] 0.090596718 1.000000000

## Comprobación
resx_m$Vcs_vxixj + resx_m$ecs_vxixj

## [1] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [7] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [13] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [19] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [25] 0.08471883 0.08475183 0.08500462 0.08633968 0.08094961 0.08900669
## [31] 0.08471883

```

Cálculo de Influencia (Coeficiente Spearman) con procedimiento de muestreo

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc08muestreob_DatosSalida.RData")
```

```
resx4_m
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 3.013537e-03 8.621257e-05 6.485469e-04 1.032795e-03 1.790065e-04
## [6] 7.667342e-03 4.509820e-03 5.253135e-03 3.611671e-03 1.632298e-03
## [11] 4.410067e-03 5.612963e-04 2.222302e-03 8.367727e-04 1.242010e-03
## [16] 1.069519e-02 1.456494e-02 8.765536e-03 9.167441e-03 5.427579e-03
## [21] 6.595630e-03 7.741804e-03 2.181492e-03 5.155548e-03 2.561420e-03
## [26] 2.249096e-02 1.275355e-02 1.731503e-02 1.171314e-02 9.506518e-03
## [31] 2.935892e-02
##
## $ecs_vxixj
## [1] 0.026345386 0.029272711 0.028710377 0.028326128 0.029179917
## [6] 0.021691581 0.024849104 0.024105788 0.025747253 0.027726625
## [11] 0.024948857 0.028797627 0.027136621 0.028522151 0.028116914
## [16] 0.018663734 0.014793979 0.020593388 0.020191482 0.023931345
## [21] 0.022763293 0.021617119 0.027177432 0.024203375 0.026797503
## [26] 0.004744367 0.016845239 0.011372892 0.017557980 0.020323724
## [31] 0.000000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
## [1]
## [1,] 1
## [2,] 2
## [3,] 3
## [4,] 4
## [5,] 5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
## [1,] [2]
## [1,] 1 2
## [2,] 1 3
## [3,] 1 4
## [4,] 1 5
## [5,] 2 3
## [6,] 2 4
## [7,] 2 5
## [8,] 3 4
## [9,] 3 5
## [10,] 4 5
```

```

##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5
## [5,]    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1]  5 10 10  5  1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1]  5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 3.013537e-03 8.621257e-05 6.485469e-04 1.032795e-03 1.790065e-04
## [6] 4.567592e-03 8.477355e-04 1.206803e-03 4.191271e-04 8.975385e-04
## [11] 3.291059e-03 2.960773e-04 5.409599e-04 9.219397e-06 3.020781e-05
## [16] 6.340263e-04 1.366946e-03 2.039827e-04 1.877063e-03 3.104062e-04
## [21] 7.141537e-04 1.244692e-03 6.489074e-05 2.401901e-04 1.206842e-04
## [26] 1.235456e-03 5.756504e-04 6.673374e-04 7.628892e-04 8.244378e-04
## [31] 1.449700e-03
##
##
## $V_de_Y
## [1] 0.02935892
##
##
## $Sijk
## [1] 0.1026446812 0.0029365032 0.0220902810 0.0351782420 0.0060971742
## [6] 0.1555776441 0.0288748830 0.0411051380 0.0142759686 0.0305712339
## [11] 0.1120973973 0.0100847464 0.0184257415 0.0003140237 0.0010289139
## [16] 0.0215956932 0.0465598120 0.0069478955 0.0639350248 0.0105728060
## [21] 0.0243249274 0.0423956961 0.0022102560 0.0081811617 0.0041106478
## [26] 0.0420810968 0.0196073407 0.0227303092 0.0259849185 0.0280813363
## [31] 0.0493785059
##
##
## $STijk
## [1] 0.8973553 0.9970635 0.9779097 0.9648218 0.9939028 0.7388412 0.8463902
## [8] 0.8210719 0.8769822 0.9444020 0.8497879 0.9808816 0.9243057 0.9714985
## [15] 0.9576957 0.6357091 0.5039006 0.7014354 0.6877460 0.8151302 0.7753450

```

```
## [22] 0.7363049 0.9256958 0.8243959 0.9127550 0.1615988 0.5737690 0.3873743
## [29] 0.5980458 0.6922503 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000000 0.0280813363 0.0259849185 0.0227303092 0.0196073407
## [6] 0.0420810968 0.0041106478 0.0081811617 0.0022102560 0.0423956961
## [11] 0.0243249274 0.0105728060 0.0639350248 0.0069478955 0.0465598120
## [16] 0.0215956932 0.0010289139 0.0003140237 0.0184257415 0.0100847464
## [21] 0.1120973973 0.0305712339 0.0142759686 0.0411051380 0.0288748830
## [26] 0.1555776441 0.0060971742 0.0351782420 0.0220902810 0.0029365032
## [31] 0.1026446812 1.000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.00000000 0.02808134 0.02598492 0.02273031 0.01960734 0.04208110
## [7] 0.02808134 0.02808134 0.02808134 0.04239570 0.02598492 0.02598492
## [13] 0.06393502 0.02273031 0.04655981 0.04208110 0.02808134 0.02808134
## [19] 0.06393502 0.02808134 0.11209740 0.04239570 0.02598492 0.06393502
## [25] 0.06393502 0.15557764 0.02808134 0.11209740 0.06393502 0.15557764
## [31] 0.15557764 1.00000000
##
## Comprobación
resx4_m$vcs_vxixj + resx4_m$ecs_vxixj
## [1] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [7] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [13] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [19] 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892 0.02935892
## [25] 0.02935892 0.02723533 0.02959879 0.02868792 0.02927112 0.02983024
## [31] 0.02935892
```

Comparación entre procedimientos completos y de muestreo media de diferencias de rangos en valor absoluto

```
diferencias_modelos = resx$vcs_vxixj - resx_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)
##           Min.      1st Qu.        Median         Mean      3rd Qu.         Max.
## -7.566e-04  0.000e+00  0.000e+00  1.847e-05  0.000e+00  1.387e-03

df_dif = data.frame(resx$vcs_vxixj, resx_m$vcs_vxixj, diferencias_modelos)
df_dif
##   resx.vcs_vxixj resx_m.vcs_vxixj diferencias_modelos
## 1  0.0003108129    0.0003108129    0.0000000000
## 2  0.0027556469    0.0027556469    0.0000000000
## 3  0.0029138348    0.0029138348    0.0000000000
## 4  0.0038889394    0.0038889394    0.0000000000
## 5  0.0034798006    0.0034798006    0.0000000000
## 6  0.0107417076    0.0107417076    0.0000000000
## 7  0.0044295926    0.0044295926    0.0000000000
## 8  0.0064323594    0.0064323594    0.0000000000
## 9  0.0043752870    0.0043752870    0.0000000000
## 10 0.0083650284    0.0083650284    0.0000000000
## 11 0.0203059858    0.0203059858    0.0000000000
## 12 0.0083480752    0.0083480752    0.0000000000
## 13 0.0096982981    0.0096982981    0.0000000000
```

```
## 14 0.0064813398 0.0064813398 0.0000000000
## 15 0.0076745744 0.0076745744 0.0000000000
## 16 0.0209142115 0.0209142115 0.0000000000
## 17 0.0346530822 0.0346530822 0.0000000000
## 18 0.0177801078 0.0177801078 0.0000000000
## 19 0.0182455452 0.0182455452 0.0000000000
## 20 0.0089263479 0.0089263479 0.0000000000
## 21 0.0114555275 0.0114555275 0.0000000000
## 22 0.0332738676 0.0332738676 0.0000000000
## 23 0.0143186078 0.0143186078 0.0000000000
## 24 0.0273894085 0.0273894085 0.0000000000
## 25 0.0144408729 0.0144408729 0.0000000000
## 26 0.0621299770 0.0622444754 -0.0001144984
## 27 0.0299312875 0.0306879115 -0.0007566240
## 28 0.0455924107 0.0457125066 -0.0001200959
## 29 0.0260419321 0.0246552116 0.0013867204
## 30 0.0446282490 0.0444510982 0.0001771508
## 31 0.0847188287 0.0847188287 0.0000000000
```

```
diferencias_modelos = resx$Vijk - resx_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.      1st Qu.      Median      Mean      3rd Qu.      Max.
## -0.0007566 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0000000 0.0013870
```

```
df_dif = data.frame(resx$Vijk, resx_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.Vijk resx_m.Vijk diferencias_modelos
## 1 3.108129e-04 3.108129e-04 0.0000000000
## 2 2.755647e-03 2.755647e-03 0.0000000000
## 3 2.913835e-03 2.913835e-03 0.0000000000
## 4 3.888939e-03 3.888939e-03 0.0000000000
## 5 3.479801e-03 3.479801e-03 0.0000000000
## 6 7.675248e-03 7.675248e-03 0.0000000000
## 7 1.204945e-03 1.204945e-03 0.0000000000
## 8 2.232607e-03 2.232607e-03 0.0000000000
## 9 5.846735e-04 5.846735e-04 0.0000000000
## 10 2.695547e-03 2.695547e-03 0.0000000000
## 11 1.366140e-02 1.366140e-02 0.0000000000
## 12 2.112628e-03 2.112628e-03 0.0000000000
## 13 2.895524e-03 2.895524e-03 0.0000000000
## 14 8.770442e-05 8.770442e-05 0.0000000000
## 15 3.058345e-04 3.058345e-04 0.0000000000
## 16 3.358177e-03 3.358177e-03 0.0000000000
## 17 4.128429e-03 4.128429e-03 0.0000000000
## 18 8.612983e-04 8.612983e-04 0.0000000000
## 19 4.798882e-03 4.798882e-03 0.0000000000
## 20 3.445767e-04 3.445767e-04 0.0000000000
## 21 6.528595e-04 6.528595e-04 0.0000000000
## 22 4.462976e-03 4.462976e-03 0.0000000000
## 23 2.734467e-04 2.734467e-04 0.0000000000
## 24 1.185160e-03 1.185160e-03 0.0000000000
## 25 8.692353e-04 8.692353e-04 0.0000000000
## 26 5.147008e-03 5.261507e-03 -0.0001144984
## 27 1.272948e-03 2.029572e-03 -0.0007566240
## 28 1.757074e-03 1.877170e-03 -0.0001200959
## 29 1.471702e-03 8.498187e-05 0.0013867204
```

```
## 30 3.040572e-03 2.863421e-03 0.0001771508
## 31 4.289338e-03 4.861991e-03 -0.0005726529
```

Comparación entre procedimientos completos y de muestreo Coeficiente de Spearman

```
diferencias_modelos = resx4$vcs_vxixj - resx4_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.      1st Qu.      Median      Mean      3rd Qu.      Max.
## -4.328e-04  0.000e+00  0.000e+00  1.125e-05  0.000e+00  8.109e-04
```

```
df_dif = data.frame(resx4$vcs_vxixj, resx4_m$vcs_vxixj, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx4.vcs_vxixj resx4_m.vcs_vxixj diferencias_modelos
## 1  3.013537e-03      3.013537e-03      0.000000e+00
## 2  8.621257e-05      8.621257e-05      0.000000e+00
## 3  6.485469e-04      6.485469e-04      0.000000e+00
## 4  1.032795e-03      1.032795e-03      0.000000e+00
## 5  1.790065e-04      1.790065e-04      0.000000e+00
## 6  7.667342e-03      7.667342e-03      0.000000e+00
## 7  4.509820e-03      4.509820e-03      0.000000e+00
## 8  5.253135e-03      5.253135e-03      0.000000e+00
## 9  3.611671e-03      3.611671e-03      0.000000e+00
## 10 1.632298e-03      1.632298e-03      0.000000e+00
## 11 4.410067e-03      4.410067e-03      0.000000e+00
## 12 5.612963e-04      5.612963e-04      0.000000e+00
## 13 2.222302e-03      2.222302e-03      0.000000e+00
## 14 8.367727e-04      8.367727e-04      0.000000e+00
## 15 1.242010e-03      1.242010e-03      0.000000e+00
## 16 1.069519e-02      1.069519e-02      0.000000e+00
## 17 1.456494e-02      1.456494e-02      0.000000e+00
## 18 8.765536e-03      8.765536e-03      0.000000e+00
## 19 9.167441e-03      9.167441e-03      0.000000e+00
## 20 5.427579e-03      5.427579e-03      0.000000e+00
## 21 6.595630e-03      6.595630e-03      0.000000e+00
## 22 7.741804e-03      7.741804e-03      0.000000e+00
## 23 2.181492e-03      2.181492e-03      0.000000e+00
## 24 5.155548e-03      5.155548e-03      0.000000e+00
## 25 2.561420e-03      2.561420e-03      0.000000e+00
## 26 2.330182e-02      2.249096e-02      8.108565e-04
## 27 1.253715e-02      1.275355e-02      -2.164035e-04
## 28 1.736533e-02      1.731503e-02      5.030065e-05
## 29 1.184994e-02      1.171314e-02      1.368049e-04
## 30 9.073700e-03      9.506518e-03      -4.328179e-04
## 31 2.935892e-02      2.935892e-02      0.000000e+00
```

```
diferencias_modelos = resx4$Vijk - resx4_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.      1st Qu.      Median      Mean      3rd Qu.      Max.
## -0.0004328  0.0000000  0.0000000  0.0000000  0.0000000  0.0008109
```

```
df_dif = data.frame(resx4$Vijk, resx4_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx4.Vijk resx4_m.Vijk diferencias_modelos
## 1  3.013537e-03  3.013537e-03      0.000000e+00
## 2  8.621257e-05  8.621257e-05      0.000000e+00
```

| | | | |
|-------|--------------|--------------|---------------|
| ## 3 | 6.485469e-04 | 6.485469e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 4 | 1.032795e-03 | 1.032795e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 5 | 1.790065e-04 | 1.790065e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 6 | 4.567592e-03 | 4.567592e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 7 | 8.477355e-04 | 8.477355e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 8 | 1.206803e-03 | 1.206803e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 9 | 4.191271e-04 | 4.191271e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 10 | 8.975385e-04 | 8.975385e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 11 | 3.291059e-03 | 3.291059e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 12 | 2.960773e-04 | 2.960773e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 13 | 5.409599e-04 | 5.409599e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 14 | 9.219397e-06 | 9.219397e-06 | 0.000000e+00 |
| ## 15 | 3.020781e-05 | 3.020781e-05 | 0.000000e+00 |
| ## 16 | 6.340263e-04 | 6.340263e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 17 | 1.366946e-03 | 1.366946e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 18 | 2.039827e-04 | 2.039827e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 19 | 1.877063e-03 | 1.877063e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 20 | 3.104062e-04 | 3.104062e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 21 | 7.141537e-04 | 7.141537e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 22 | 1.244692e-03 | 1.244692e-03 | 0.000000e+00 |
| ## 23 | 6.489074e-05 | 6.489074e-05 | 0.000000e+00 |
| ## 24 | 2.401901e-04 | 2.401901e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 25 | 1.206842e-04 | 1.206842e-04 | 0.000000e+00 |
| ## 26 | 2.046312e-03 | 1.235456e-03 | 8.108565e-04 |
| ## 27 | 3.592469e-04 | 5.756504e-04 | -2.164035e-04 |
| ## 28 | 7.176381e-04 | 6.673374e-04 | 5.030065e-05 |
| ## 29 | 8.996942e-04 | 7.628892e-04 | 1.368049e-04 |
| ## 30 | 3.916199e-04 | 8.244378e-04 | -4.328179e-04 |
| ## 31 | 1.100959e-03 | 1.449700e-03 | -3.487406e-04 |

Obtención de ponderaciones comunes

Buscamos unas ponderaciones que nos permitan construir un Indicador Compuesto de eficiencia universitaria.

Utilizamos el enfoque del "**beneficio de la duda**" con ayuda del análisis DEA, el cual para cada unidad asigna unos pesos de forma que ésta obtenga la máxima eficiencia. Eficiencia que viene medida con un indicador que es un cociente entre el total de las salidas obtenidas y el total de las entradas obtenidas.

$$\text{Indicador}^k = \frac{\sum jv_j^k O_j^k}{\sum iu_i^k I_i^k}$$

donde v_j^k y u_i^k son los pesos de la unidad k asociados a las variable de salida j —ésima (output) y a la variable de entrada i —ésima (input), respectivamente. Y O_j^k y I_i^k son los valores de la variable de salida j —ésima (output) y de las variables de entrada i —ésima (input).

Ponderación por distancias con los eficientes , adaptado al análisis DEA

```

source("influenciaTODO_solofunciones.R")

load("Carlos_Datos.RData")

BASE = CARLOS_BASE

areas = c("ADM", "BIO", "SOH", "TEC")
areasComp = c("ADMINISTRATIVA", "BIOLÓGICA", "SOCIOHUMANISTICA", "TÉCNICA")
escenarios = paste("Carlos_00_NG_Escenario0", 1:8, ".R", sep="")
v.resDEA = paste("resDEA0", 1:8, sep="")
i=1

ficherosRData =
paste("Carlos_01_NG_calculosDEA_en_escenarios_", areas[i], "_0", 1:8, "_DatosSalida.RData", sep="")
filasG = which(BASE$Area_.Academica==areasComp[i])
filas = filasG
source("Carlos_00_NG_Escenario08.R")

load(file=ficherosRData[8])

filas_efi = which(resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers>10)
(idsUds = resDEA08$idsUds[filas_efi])

## [1] "AD001" "AD019" "AD020" "AD025" "AD032" "AD038" "AD051" "AD058" "AD133"

pesos.inputs = resDEA08$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA08$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA08$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA08$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2, "output", "input")

(resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

##   L1  L19  L20  L22  L29  L34  L45  L52  L113
##   26   12   30   64   39   15   14   34   84

v_Rangos_Ref = rank(-resDEA08$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

#### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:

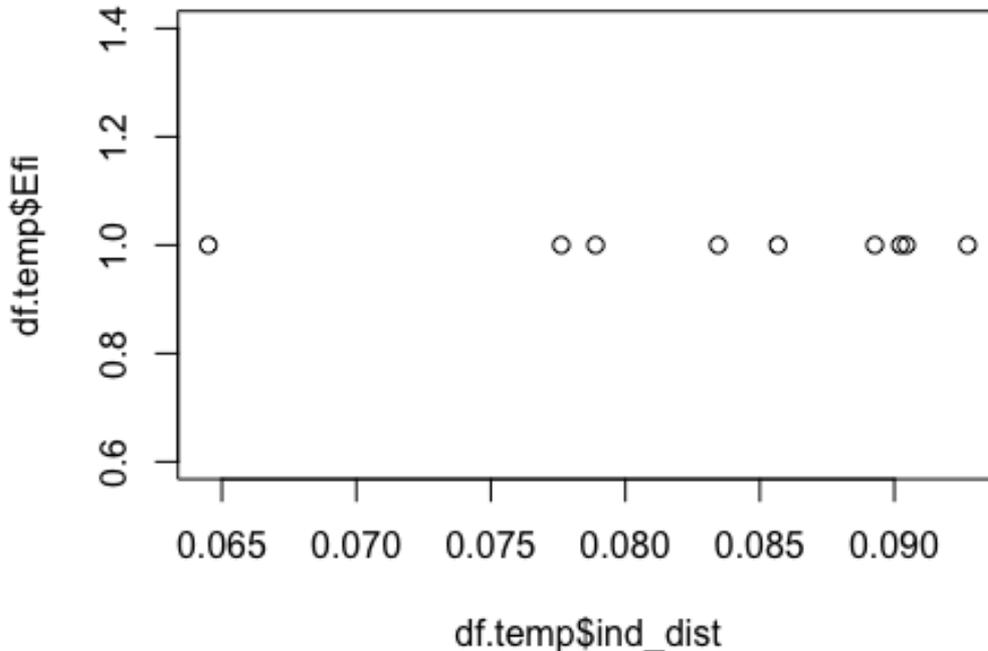
m_pesos = cbind(pesos.inputs, pesos.outputs)
m_valores = cbind(as.matrix(datos.inputs), as.matrix(datos.outputs))

#####
##### Cálculo de Medidas de agregación por distancias

resDistnuevo = func_Distancias_con_pesos_Ind_dea(pesos.inputs, pesos.outputs)
round(resDistnuevo$input$m_ic, 5)

```

```
## [1] 6.19302 0.36106
round(resDistnuevo$output$m_ic,5)
## [1] 0.00387 0.00689 0.00398
ind_distancias_nuevo = (as.matrix(datos.outputs) %>%
resDistnuevo$output$m_ic)/
  (as.matrix(datos.inputs) %>% resDistnuevo$input$m_ic)
df.temp = data.frame(id = idsUds,
                     ind_dist = ind_distancias_nuevo,
                     Num = (as.matrix(datos.outputs) %>%
resDistnuevo$output$m_ic),
                     Den = (as.matrix(datos.inputs) %>%
resDistnuevo$input$m_ic),
                     Efi = resDEA08$eficiencias[filas_efi],
                     NumD = colSums(t(as.matrix(datos.outputs) *
pesos.outputs) ),
                     DenD = colSums(t(as.matrix(datos.inputs) * pesos.inputs))
)
plot(df.temp$ind_dist,df.temp$Efi)
```



Indicador Compuesto

```
print(knitr::kable(df.temp,digits=4))
```

| | id | ind_dist | Num | Den | Efi | NumD | DenD |
|-----|-------|----------|--------|---------|-----|------|---------|
| 1 | AD001 | 0.0645 | 0.6976 | 10.8159 | 1 | 1 | 25.3932 |
| 19 | AD019 | 0.0902 | 1.0911 | 12.0934 | 1 | 1 | 0.0091 |
| 20 | AD020 | 0.0776 | 0.8966 | 11.5519 | 1 | 1 | 0.0137 |
| 22 | AD025 | 0.0893 | 1.0286 | 11.5215 | 1 | 1 | 1.0000 |
| 29 | AD032 | 0.0789 | 1.0115 | 12.8209 | 1 | 1 | 0.0000 |
| 35 | AD038 | 0.0857 | 1.1154 | 13.0196 | 1 | 1 | 0.0684 |
| 46 | AD051 | 0.0834 | 1.0737 | 12.8667 | 1 | 1 | 0.6294 |
| 53 | AD058 | 0.0904 | 1.0926 | 12.0799 | 1 | 1 | 0.0137 |
| 122 | AD133 | 0.0927 | 1.0450 | 11.2697 | 1 | 1 | 2.8383 |

Presentamos con ordenación respecto al **Ind_dist08**:

```
print(knitr::kable(df.temp[order(df.temp[,2],decreasing = T),],digits=4))
```

| | id | ind_dist | Num | Den | Efi | NumD | DenD |
|-----|-------|----------|--------|---------|-----|------|---------|
| 122 | AD133 | 0.0927 | 1.0450 | 11.2697 | 1 | 1 | 2.8383 |
| 53 | AD058 | 0.0904 | 1.0926 | 12.0799 | 1 | 1 | 0.0137 |
| 19 | AD019 | 0.0902 | 1.0911 | 12.0934 | 1 | 1 | 0.0091 |
| 22 | AD025 | 0.0893 | 1.0286 | 11.5215 | 1 | 1 | 1.0000 |
| 35 | AD038 | 0.0857 | 1.1154 | 13.0196 | 1 | 1 | 0.0684 |
| 46 | AD051 | 0.0834 | 1.0737 | 12.8667 | 1 | 1 | 0.6294 |
| 29 | AD032 | 0.0789 | 1.0115 | 12.8209 | 1 | 1 | 0.0000 |
| 20 | AD020 | 0.0776 | 0.8966 | 11.5519 | 1 | 1 | 0.0137 |
| 1 | AD001 | 0.0645 | 0.6976 | 10.8159 | 1 | 1 | 25.3932 |

Cálculos para todas las unidades

```
ind_distancias_nuevo_todos = t((as.matrix(resDEA08$datos.outputs) %%%
resDistnuevo$output$m_ic)/
                                (as.matrix(resDEA08$datos.inputs) %%%
resDistnuevo$input$m_ic))
ind_distancias_nuevo_todos

##           1           2           3           4           5           6
## [1,] 0.06449722 0.0721019 0.06577699 0.08413788 0.05401913 0.07503306
##           7           8           9          10          11          12
## [1,] 0.06791649 0.07297296 0.08186961 0.06149862 0.06573069 0.05815388
##          13          14          15          16          17          18
## [1,] 0.06526949 0.06852235 0.07651039 0.06969272 0.09243152 0.07905199
##          19          20          21          22          23          24
## [1,] 0.09022274 0.07761729 0.05297383 0.08927567 0.06630843 0.07380369
##          25          26          27          28          29          30
## [1,] 0.07611032 0.06290449 0.06323891 0.09344909 0.0788952 0.05707361
##          31          33          34          35          36          37
## [1,] 0.04670728 0.06046819 0.05733818 0.08567249 0.0637261 0.06011579
##          38          39          40          41          42          43
## [1,] 0.05410413 0.05472603 0.06381803 0.05500865 0.07095915 0.07938316
##          44          45          46          47          48          49
```

```

## [1,] 0.06947106 0.04983028 0.08344838 0.05225851 0.09171498 0.09272443
##          50          51          52          53          54          55
## [1,] 0.07454591 0.06245964 0.08233581 0.09044949 0.06995722 0.05137066
##          56          57          58          59          60          61
## [1,] 0.06133971 0.06462274 0.08244112 0.06422275 0.06994744 0.05804605
##          62          63          64          65          66          67
## [1,] 0.07996481 0.07414958 0.06289243 0.05821266 0.07031133 0.06261743
##          68          69          70          71          72          73
## [1,] 0.0479995 0.08302895 0.08592119 0.06476613 0.06664289 0.06848561
##          74          75          76          77          78          79
## [1,] 0.08401189 0.0815189 0.08954657 0.07635724 0.07788116 0.05282904
##          80          81          82          83          85          86
## [1,] 0.06645681 0.06922249 0.06200008 0.08363733 0.08523858 0.06820057
##          87          88          89          90          92          93
## [1,] 0.04597168 0.08643638 0.04501989 0.06767381 0.0551619 0.05080507
##          95          96          97          98          99         100
## [1,] 0.04298987 0.0577972 0.0798426 0.05834564 0.04863017 0.05728836
##         101         102         104         105         106         107
## [1,] 0.06195965 0.08272614 0.05324151 0.06100771 0.08291795 0.06964626
##         109         110         111         112         113         116
## [1,] 0.0691147 0.05730787 0.06545772 0.07561527 0.05360922 0.06855244
##         117         118         119         120         122         123
## [1,] 0.068344 0.06924326 0.08158631 0.05725866 0.09272461 0.08086084
##         124         125         126         127         128         129
## [1,] 0.08729275 0.06125955 0.07072927 0.08953607 0.0750057 0.06993955
##         130         131
## [1,] 0.04814574 0.06438702

```

Anexo 12 Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (Escenario 9. Area ADMINISTRATIVA)

```

load('Carlos_Datos.RData')
BASE = CARLOS_BASE
filas = which(CARLOS_BASE$Area_.Academica=="ADMINISTRATIVA")
ind.outputs = c(13,16,18,17,15)
filas2 = filas[BASE[filas,13]>6]
filas = filas2

var.inputs = matrix(rep(1,length(filas)),ncol=1)
var.outputs = BASE[filas,ind.outputs]
MinVar = apply(var.outputs, 2, min)
MaxVar = apply(var.outputs, 2, max)
var.outputs[,1] = var.outputs[,1]/MaxVar[1]
var.outputs[,2] = MinVar[2]/var.outputs[,2]
var.outputs[,3] = var.outputs[,3]/MaxVar[3]
var.outputs[,4] = var.outputs[,4]/MaxVar[4]
var.outputs[,5] = var.outputs[,5]/MaxVar[5]
orientacion = 2
modelo = 1
idsUds = BASE[filas,3]

print(knitr::kable(head(var.outputs),digits=4))

```

| ALUMAT | NOTA_MEDIA_SUPUESTA | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|--------|---------------------|---------------|---------|----------|
| 0.6875 | 0.9497 | 0.8278 | 0.4182 | 0.7667 |
| 0.3875 | 0.8905 | 0.6817 | 0.6774 | 0.8282 |
| 0.1000 | 0.8911 | 0.8876 | 0.5000 | 0.7974 |
| 0.1250 | 0.8911 | 0.8934 | 0.8000 | 0.8128 |
| 0.6812 | 0.8984 | 0.8620 | 0.2752 | 0.8077 |
| 0.6938 | 0.9027 | 0.8635 | 0.6216 | 0.7872 |

Resolución DEA

```

source("informeexcelDEA.R")

## Loading required package: lpSolveAPI
## Loading required package: ucminf

ficheroexcel = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09.xlsx"
ficheroRData = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09.RData"

load(file=ficheroRData)

```

Cálculo de Influencia (rangos medios diferencia en valor absoluto)**Paso 1**

```

source("influenciaTODO_solofunciones.R")

filas_efi = which(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers>10)
(idsUds = resDEA09$idsUds[filas_efi])

## [1] "AD001" "AD020" "AD025" "AD032" "AD052" "AD133"

pesos.inputs = resDEA09$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA09$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA09$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA09$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2,"output","input")

(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

##   L1  L20  L22  L29  L46  L113
##   39   18   69   15   58   93

v_Rangos_Ref = rank(-resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:
## solamente variables outputs como función lineal (no como cociente)

m_pesos = pesos.outputs
m_valores = as.matrix(datos.outputs)

Sys.time()

## [1] "2015-09-17 18:08:39 CEST"

res2 = func_Calculo_IndSintetico_Todos_General(m_pesos,m_valores,usoDEA=FALSE,
                                              nvar_input,orientacion)

Sys.time()

## [1] "2015-09-17 18:08:40 CEST"

save(res2,file="Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09_DatosSalida.RData")

```

Paso 2

```

#####
### Cálculo de los Rangos Medios respecto a los Rangos de Referencia
#####

##(orden con las eficientes, ordenadas por número de peers)
## puede probarse con otros órdenes: el uds.rangos que no desempata en las
eficientes

```

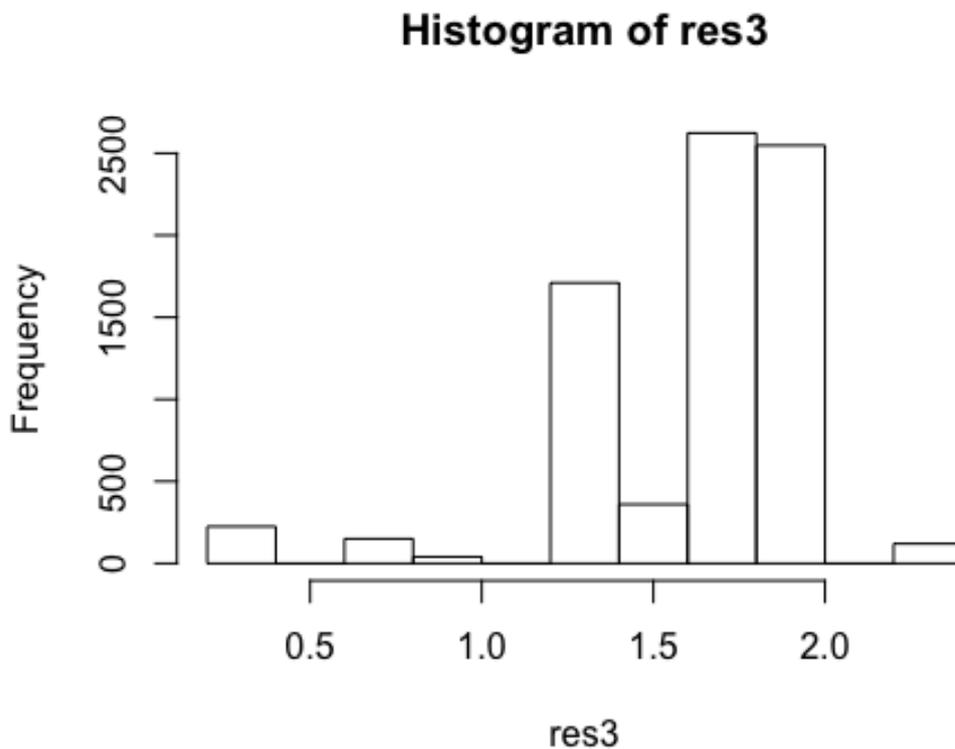
```
m_RangosSinteticos = res2$RangosSinteticos

load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09b_DatosSalida.RData")

summary(res3)

##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
## 0.3333  1.3330  1.6670  1.6440  2.0000  2.3330

hist(res3)
```



Paso 3

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09c_DatosSalida.RData")

resx

## $vcs_vxixj
## [1] 0.0003108129 0.0027556469 0.0029138348 0.0038889394 0.0034798006
## [6] 0.0107417076 0.0044295926 0.0064323594 0.0043752870 0.0083650284
## [11] 0.0203059858 0.0083480752 0.0096982981 0.0064813398 0.0076745744
## [16] 0.0209142115 0.0346530822 0.0177801078 0.0182455452 0.0089263479
## [21] 0.0114555275 0.0332738676 0.0143186078 0.0273894085 0.0144408729
## [26] 0.0621299770 0.0299312875 0.0455924107 0.0260419321 0.0446282490
## [31] 0.0847188287
##
## $ecs_vxixj
## [1] 0.08440802 0.08196318 0.08180499 0.08082989 0.08123903 0.07397712
## [7] 0.08028924 0.07828647 0.08034354 0.07635380 0.06441284 0.07637075
```

```

## [13] 0.07502053 0.07823749 0.07704425 0.06380462 0.05006575 0.06693872
## [19] 0.06647328 0.07579248 0.07326330 0.05144496 0.07040022 0.05732942
## [25] 0.07027796 0.02258885 0.05478754 0.03912642 0.05867690 0.04009058
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
## [,1]
## [1,] 1
## [2,] 2
## [3,] 3
## [4,] 4
## [5,] 5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
## [,1] [,2]
## [1,] 1 2
## [2,] 1 3
## [3,] 1 4
## [4,] 1 5
## [5,] 2 3
## [6,] 2 4
## [7,] 2 5
## [8,] 3 4
## [9,] 3 5
## [10,] 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
## [,1] [,2] [,3]
## [1,] 1 2 3
## [2,] 1 2 4
## [3,] 1 2 5
## [4,] 1 3 4
## [5,] 1 3 5
## [6,] 1 4 5
## [7,] 2 3 4
## [8,] 2 3 5
## [9,] 2 4 5
## [10,] 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
## [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,] 1 2 3 4
## [2,] 1 2 3 5
## [3,] 1 2 4 5
## [4,] 1 3 4 5
## [5,] 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]

```

```

##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1]  5 10 10  5  1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1]  5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 3.108129e-04 2.755647e-03 2.913835e-03 3.888939e-03 3.479801e-03
## [6] 7.675248e-03 1.204945e-03 2.232607e-03 5.846735e-04 2.695547e-03
## [11] 1.366140e-02 2.112628e-03 2.895524e-03 8.770442e-05 3.058345e-04
## [16] 3.358177e-03 4.128429e-03 8.612983e-04 4.798882e-03 3.445767e-04
## [21] 6.528595e-04 4.462976e-03 2.734467e-04 1.185160e-03 8.692353e-04
## [26] 5.147008e-03 1.272948e-03 1.757074e-03 1.471702e-03 3.040572e-03
## [31] 4.289338e-03
##
## $V_de_Y
## [1] 0.08471883
##
## $Sijk
## [1] 0.003668758 0.032526971 0.034394181 0.045904074 0.041074702
## [6] 0.090596718 0.014222871 0.026353140 0.006901341 0.031817564
## [11] 0.161255765 0.024936933 0.034178045 0.001035241 0.003609994
## [16] 0.039639092 0.048730945 0.010166551 0.056644812 0.004067298
## [21] 0.007706191 0.052679863 0.003227697 0.013989333 0.010260238
## [26] 0.060754008 0.015025562 0.020740070 0.017371608 0.035890159
## [31] 0.050630275
##
## $STijk
## [1] 0.9963312 0.9674730 0.9656058 0.9540959 0.9589253 0.8732076 0.9477142
## [8] 0.9240740 0.9483552 0.9012613 0.7603132 0.9014614 0.8855237 0.9234959
## [15] 0.9094112 0.7531338 0.5909636 0.7901280 0.7846341 0.8946356 0.8647818
## [22] 0.6072435 0.8309867 0.6767022 0.8295435 0.2666332 0.6466985 0.4618385
## [29] 0.6926075 0.4732192 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000000 0.035890159 0.017371608 0.020740070 0.015025562
## [6] 0.060754008 0.010260238 0.013989333 0.003227697 0.052679863
## [11] 0.007706191 0.004067298 0.056644812 0.010166551 0.048730945
## [16] 0.039639092 0.003609994 0.001035241 0.034178045 0.024936933
## [21] 0.161255765 0.031817564 0.006901341 0.026353140 0.014222871
## [26] 0.090596718 0.041074702 0.045904074 0.034394181 0.032526971
## [31] 0.003668758 1.000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000000 0.03589016 0.01737161 0.02074007 0.01502556 0.06075401
## [7] 0.03589016 0.03589016 0.03589016 0.06075401 0.02074007 0.01737161
## [13] 0.06075401 0.02074007 0.06075401 0.06075401 0.03589016 0.03589016
## [19] 0.06075401 0.03589016 0.16125577 0.06075401 0.02074007 0.06075401
## [25] 0.06075401 0.09059672 0.04107470 0.16125577 0.06075401 0.16125577
## [31] 0.09059672 1.00000000
##
## Comprobación
resx$vcs_vxixj + resx$ecs_vxixj

```

```
## [1] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [7] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [13] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [19] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [25] 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883 0.08471883
## [31] 0.08471883
```

Cálculos de Capacidad e IndSintetico_IntChoquet_1

```
(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))
```

```
##      capacity
## {}          0.000000
## {1}          0.035890
## {2}          0.017372
## {3}          0.020740
## {4}          0.015026
## {5}          0.060754
## {1,2}        0.035890
## {1,3}        0.035890
## {1,4}        0.035890
## {1,5}        0.060754
## {2,3}        0.020740
## {2,4}        0.017372
## {2,5}        0.060754
## {3,4}        0.020740
## {3,5}        0.060754
## {4,5}        0.060754
## {1,2,3}      0.035890
## {1,2,4}      0.035890
## {1,2,5}      0.060754
## {1,3,4}      0.035890
## {1,3,5}      0.161256
## {1,4,5}      0.060754
## {2,3,4}      0.020740
## {2,3,5}      0.060754
## {2,4,5}      0.060754
## {3,4,5}      0.090597
## {1,2,3,4}    0.041075
## {1,2,3,5}    0.161256
## {1,2,4,5}    0.060754
## {1,3,4,5}    0.161256
## {2,3,4,5}    0.090597
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

Obtención del indicador sintético

```
N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.output
s[i,]),mus)}
I_Nuestro
```

```
## [1] 0.09201200 0.09868002 0.08253538 0.09793989 0.08292632
0.10388069
```

Ahora sobre todas las unidades

```
N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(resDEA09$d
atos.outputs[i,]),mus)}
I_Nuestro

##      AD001      AD002      AD003      AD004      AD005      AD006      AD007
## 0.6503359 0.6974651 0.5833556 0.6922339 0.5861188 0.7342232 0.6334292
##      AD008      AD009      AD010      AD011      AD012      AD013      AD014
## 0.6425352 0.6986746 0.6477707 0.6962771 0.6344698 0.6729939 0.7032412
##      AD015      AD016      AD017      AD018      AD019      AD020      AD021
## 0.7565553 0.6973674 0.7442915 0.6762939 0.8470945 0.7069299 0.5821227
##      AD025      AD026      AD027      AD028      AD029      AD030      AD031
## 0.8693963 0.6867109 0.7120266 0.6787807 0.6327266 0.6128064 0.7280590
##      AD032      AD033      AD034      AD036      AD037      AD038      AD039
## 0.6937421 0.6153570 0.5099307 0.6408650 0.5554337 0.6974329 0.5958338
##      AD040      AD041      AD042      AD043      AD046      AD047      AD048
## 0.6377481 0.5410726 0.5562632 0.6435779 0.5238674 0.6251020 0.6698033
##      AD049      AD050      AD051      AD052      AD053      AD054      AD055
## 0.5990766 0.5033737 0.7075241 0.5281205 0.7078541 0.7415682 0.6503939
##      AD056      AD057      AD058      AD059      AD060      AD061      AD064
## 0.6588755 0.7035404 0.8043759 0.6412274 0.5965425 0.6584074 0.6321050
##      AD065      AD066      AD067      AD068      AD069      AD070      AD071
## 0.7246628 0.6439732 0.7218639 0.6008825 0.6965350 0.7292962 0.6730020
##      AD072      AD073      AD074      AD075      AD076      AD077      AD078
## 0.6353630 0.6693700 0.6465122 0.5740277 0.7807807 0.8157275 0.6965470
##      AD079      AD080      AD081      AD082      AD083      AD084      AD085
## 0.7000887 0.6807303 0.8133930 0.7964490 0.8531707 0.6660691 0.7776366
##      AD086      AD087      AD088      AD090      AD091      AD093      AD094
## 0.5796225 0.6978909 0.6784680 0.6368822 0.7286773 0.7074824 0.6300381
##      AD095      AD096      AD097      AD098      AD100      AD101      AD103
## 0.5057524 0.7101984 0.5503682 0.6120706 0.5674126 0.5001468 0.5404435
##      AD104      AD105      AD106      AD107      AD108      AD109      AD110
## 0.6081248 0.6797260 0.5625300 0.5261028 0.6086257 0.6115238 0.6954721
##      AD115      AD116      AD117      AD118      AD120      AD121      AD122
## 0.5554991 0.5728839 0.6854090 0.6230342 0.6321343 0.6422850 0.6450295
##      AD123      AD124      AD127      AD128      AD129      AD130      AD131
## 0.6961323 0.5365887 0.6739541 0.6425247 0.6227714 0.6780910 0.6023022
##      AD133      AD134      AD135      AD137      AD138      AD139      AD140
## 0.7393528 0.7147248 0.7471233 0.5666152 0.6590293 0.7532412 0.6567669
##      AD141      AD142      AD143
## 0.6507148 0.5423372 0.5776208
```

Presentación

```
df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
```

```

Sijk = resx$Sijk,
STijk = resx$STijk,
muijk = resx$mu_ijk)
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))

```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.0096 | 0.0680 | 0.9320 | 0.0680 |
| 2 | 0.0315 | 0.2226 | 0.7774 | 0.2226 |
| 3 | 0.0010 | 0.0073 | 0.9927 | 0.0073 |
| 4 | 0.0101 | 0.0711 | 0.9289 | 0.0711 |
| 5 | 0.0235 | 0.1658 | 0.8342 | 0.1658 |
| 1,2 | 0.0020 | 0.0139 | 0.6955 | 0.3045 |
| 1,3 | 0.0000 | 0.0003 | 0.9245 | 0.0755 |
| 1,4 | 0.0036 | 0.0256 | 0.8354 | 0.1646 |
| 1,5 | 0.0001 | 0.0010 | 0.7652 | 0.2348 |
| 2,3 | 0.0034 | 0.0244 | 0.7458 | 0.2542 |
| 2,4 | 0.0133 | 0.0938 | 0.6126 | 0.3874 |
| 2,5 | 0.0045 | 0.0320 | 0.5796 | 0.4204 |
| 3,4 | 0.0072 | 0.0511 | 0.8706 | 0.1294 |
| 3,5 | 0.0010 | 0.0070 | 0.8199 | 0.1801 |
| 4,5 | 0.0022 | 0.0154 | 0.7477 | 0.2523 |
| 1,2,3 | 0.0010 | 0.0070 | 0.6566 | 0.3434 |
| 1,2,4 | 0.0042 | 0.0295 | 0.4756 | 0.5244 |
| 1,2,5 | 0.0003 | 0.0024 | 0.4943 | 0.5057 |
| 1,3,4 | 0.0013 | 0.0089 | 0.7678 | 0.2322 |
| 1,3,5 | 0.0004 | 0.0027 | 0.7479 | 0.2521 |
| 1,4,5 | 0.0006 | 0.0045 | 0.6487 | 0.3513 |
| 2,3,4 | 0.0080 | 0.0565 | 0.4733 | 0.5267 |
| 2,3,5 | 0.0011 | 0.0079 | 0.5331 | 0.4669 |
| 2,4,5 | 0.0030 | 0.0210 | 0.3784 | 0.6216 |
| 3,4,5 | 0.0015 | 0.0105 | 0.6718 | 0.3282 |
| 1,2,3,4 | 0.0025 | 0.0173 | 0.3028 | 0.6972 |
| 1,2,3,5 | 0.0006 | 0.0041 | 0.4337 | 0.5663 |
| 1,2,4,5 | 0.0010 | 0.0074 | 0.2262 | 0.7738 |
| 1,3,4,5 | 0.0003 | 0.0023 | 0.5585 | 0.4415 |
| 2,3,4,5 | 0.0022 | 0.0157 | 0.1980 | 0.8020 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0004 | 0.0030 | 0.0000 | 1.0000 |

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice de Shapley-Orness e Índices de interacción

```
mus
```

```
##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.067983
## {2}         0.222592
## {3}         0.007286
## {4}         0.071053
## {5}         0.165830
## {1,2}       0.304451
## {1,3}       0.075546
## {1,4}       0.164611
## {1,5}       0.234844
## {2,3}       0.254248
## {2,4}       0.387406
## {2,5}       0.420392
## {3,4}       0.129448
## {3,5}       0.180083
## {4,5}       0.252282
## {1,2,3}    0.343417
## {1,2,4}    0.524353
## {1,2,5}    0.505658
## {1,3,4}    0.232223
## {1,3,5}    0.252108
## {1,4,5}    0.351328
## {2,3,4}    0.526665
## {2,3,5}    0.466882
## {2,4,5}    0.621627
## {3,4,5}    0.328167
## {1,2,3,4}  0.697187
## {1,2,3,5}  0.566333
## {1,2,4,5}  0.773808
## {1,3,4,5}  0.441505
## {2,3,4,5}  0.801985
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

```
(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))
```

```
## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.067983
## {2}         0.222592
## {3}         0.007286
## {4}         0.071053
## {5}         0.165830
## {1,2}       0.013876
## {1,3}       0.000277
## {1,4}       0.025575
## {1,5}       0.001031
```

```

## {2,3}          0.024371
## {2,4}          0.093761
## {2,5}          0.031971
## {3,4}          0.051109
## {3,5}          0.006968
## {4,5}          0.015399
## {1,2,3}       0.007032
## {1,2,4}       0.029513
## {1,2,5}       0.002375
## {1,3,4}       0.008939
## {1,3,5}       0.002732
## {1,4,5}       0.004457
## {2,3,4}       0.056494
## {2,3,5}       0.007865
## {2,4,5}       0.021022
## {3,4,5}       0.010523
## {1,2,3,4}     0.017326
## {1,2,3,5}     0.004143
## {1,2,4,5}     0.007370
## {1,3,4,5}     0.002341
## {2,3,4,5}     0.015743
## {1,2,3,4,5}  0.003043
##
## $Indice_Shapley
##           1           2           3           4           5
## 0.11511652 0.35776862 0.09034032 0.21892777 0.21784676
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.3546715
##
## $Indice_Interaccion
##           1           2           3           4           5
## 1          NA 0.04370986 0.01832677 0.05680284 0.01119237
## 2 0.04370986          NA 0.07323085 0.16151507 0.05744792
## 3 0.01832677 0.07323085          NA 0.10165103 0.02569801
## 4 0.05680284 0.16151507 0.10165103          NA 0.04264512
## 5 0.01119237 0.05744792 0.02569801 0.04264512          NA

```

Para Shapley

Obtención del nuevo indicador sintético

Ahora sobre todas las unidades

```

N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro2=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro2) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {
  I_Nuestro2[i] =
sum(resDEA09$datos.outputs[i,]*IndTransf$Indice_Shapley)}
I_Nuestro2

```

```

##      AD001      AD002      AD003      AD004      AD005      AD006      AD007
## 0.7522535 0.7535128 0.6936742 0.7661004 0.7139294 0.7884072 0.7190015
##      AD008      AD009      AD010      AD011      AD012      AD013      AD014
## 0.7231480 0.7709741 0.7400843 0.7522675 0.7279867 0.7599248 0.7721857
##      AD015      AD016      AD017      AD018      AD019      AD020      AD021
## 0.8114540 0.7677263 0.8070711 0.7490633 0.8720363 0.7793004 0.7181521
##      AD025      AD026      AD027      AD028      AD029      AD030      AD031
## 0.8849387 0.7555207 0.7670744 0.7515537 0.7104140 0.7016572 0.8037211
##      AD032      AD033      AD034      AD036      AD037      AD038      AD039
## 0.7806486 0.7122318 0.6217006 0.7208325 0.6644472 0.7845816 0.6980479
##      AD040      AD041      AD042      AD043      AD046      AD047      AD048
## 0.7370980 0.6540382 0.6654245 0.7480337 0.6546503 0.7156659 0.7562041
##      AD049      AD050      AD051      AD052      AD053      AD054      AD055
## 0.7119059 0.6312808 0.7855615 0.6549205 0.8005329 0.8150230 0.7414235
##      AD056      AD057      AD058      AD059      AD060      AD061      AD064
## 0.7428549 0.7663569 0.8445557 0.7205145 0.7098764 0.7638215 0.7065548
##      AD065      AD066      AD067      AD068      AD069      AD070      AD071
## 0.7785560 0.7162701 0.7686421 0.6864114 0.7678744 0.7839834 0.7443524
##      AD072      AD073      AD074      AD075      AD076      AD077      AD078
## 0.7409127 0.7417511 0.7232780 0.7074717 0.8135972 0.8355897 0.7923574
##      AD079      AD080      AD081      AD082      AD083      AD084      AD085
## 0.7729899 0.7544577 0.8380588 0.8313966 0.8655845 0.7423093 0.8040136
##      AD086      AD087      AD088      AD090      AD091      AD093      AD094
## 0.7014246 0.7578318 0.7566059 0.7300594 0.7888113 0.7742918 0.7170541
##      AD095      AD096      AD097      AD098      AD100      AD101      AD103
## 0.6328270 0.7806307 0.6662110 0.7104539 0.6757932 0.6337864 0.6984299
##      AD104      AD105      AD106      AD107      AD108      AD109      AD110
## 0.6959414 0.7589696 0.6777416 0.6673939 0.6981664 0.7081600 0.7637474
##      AD115      AD116      AD117      AD118      AD120      AD121      AD122
## 0.6618872 0.6835288 0.7641374 0.7155521 0.7161342 0.7517768 0.7260279
##      AD123      AD124      AD127      AD128      AD129      AD130      AD131
## 0.7638796 0.6607406 0.7449647 0.7268368 0.7120140 0.7554232 0.7260484
##      AD133      AD134      AD135      AD137      AD138      AD139      AD140
## 0.8084485 0.7697146 0.8010221 0.6828450 0.7408623 0.8143312 0.7413720
##      AD141      AD142      AD143
## 0.7374181 0.6859871 0.6933749

```

Cálculos de Capacidad e IndSintetico_IntChoquet_2

```
(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))
```

```

##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.035890
## {2}         0.017372
## {3}         0.020740
## {4}         0.015026
## {5}         0.060754
## {1,2}       0.035890
## {1,3}       0.035890
## {1,4}       0.035890
## {1,5}       0.060754
## {2,3}       0.020740
## {2,4}       0.017372
## {2,5}       0.060754

```

```
## {3,4} 0.020740
## {3,5} 0.060754
## {4,5} 0.060754
## {1,2,3} 0.035890
## {1,2,4} 0.035890
## {1,2,5} 0.060754
## {1,3,4} 0.035890
## {1,3,5} 0.161256
## {1,4,5} 0.060754
## {2,3,4} 0.020740
## {2,3,5} 0.060754
## {2,4,5} 0.060754
## {3,4,5} 0.090597
## {1,2,3,4} 0.041075
## {1,2,3,5} 0.161256
## {1,2,4,5} 0.060754
## {1,3,4,5} 0.161256
## {2,3,4,5} 0.090597
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

Obtención del nuevo indicador sintético

```
N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.outputs[i,]),
mus)}
I_Nuestro

## [1] 0.4698055 0.4240087 0.1562392 0.1886019 0.3501433 0.6411930
```

Ahora sobre todas las unidades

```
N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(resDEA09$datos.ou
tputs[i,]),mus)}
I_Nuestro

## AD001 AD002 AD003 AD004 AD005 AD006 AD007
## 0.4698055 0.4240087 0.1562392 0.1886019 0.3501433 0.6411930 0.3388615
## AD008 AD009 AD010 AD011 AD012 AD013 AD014
## 0.2057164 0.1956852 0.4736012 0.5911098 0.4572622 0.5111151 0.5708816
## AD015 AD016 AD017 AD018 AD019 AD020 AD021
## 0.6597992 0.5726865 0.2922487 0.2092253 0.7579248 0.5264943 0.3370117
## AD025 AD026 AD027 AD028 AD029 AD030 AD031
## 0.8482946 0.5607860 0.5629652 0.3542817 0.3402734 0.2706080 0.2076927
## AD032 AD033 AD034 AD036 AD037 AD038 AD039
## 0.1784949 0.4237854 0.2390071 0.4841724 0.1539153 0.1454161 0.2572000
## AD040 AD041 AD042 AD043 AD046 AD047 AD048
## 0.4552950 0.1044507 0.2871791 0.4577447 0.1287271 0.1988406 0.2047873
## AD049 AD050 AD051 AD052 AD053 AD054 AD055
## 0.1087707 0.1614736 0.1342287 0.1222250 0.1421542 0.2504489 0.2983504
## AD056 AD057 AD058 AD059 AD060 AD061 AD064
```

```
## 0.5029219 0.2290477 0.5539710 0.2017322 0.3792768 0.4658579 0.3114799
## AD065 AD066 AD067 AD068 AD069 AD070 AD071
## 0.4047167 0.4021788 0.6315551 0.3312785 0.2481660 0.6261052 0.5391758
## AD072 AD073 AD074 AD075 AD076 AD077 AD078
## 0.4397579 0.4426692 0.4639221 0.3235175 0.5652082 0.6793815 0.5256290
## AD079 AD080 AD081 AD082 AD083 AD084 AD085
## 0.5598517 0.5176325 0.6724523 0.6712599 0.7900655 0.2252952 0.6997989
## AD086 AD087 AD088 AD090 AD091 AD093 AD094
## 0.3578285 0.5841563 0.5448695 0.4610589 0.3379922 0.2725976 0.1627128
## AD095 AD096 AD097 AD098 AD100 AD101 AD103
## 0.2390193 0.1732653 0.3240059 0.2039140 0.3587068 0.1650717 0.2456145
## AD104 AD105 AD106 AD107 AD108 AD109 AD110
## 0.3770188 0.1663612 0.2269962 0.2555414 0.4327885 0.3712776 0.1946301
## AD115 AD116 AD117 AD118 AD120 AD121 AD122
## 0.3153995 0.1947771 0.1584161 0.1935711 0.2170096 0.4352211 0.4898549
## AD123 AD124 AD127 AD128 AD129 AD130 AD131
## 0.4779807 0.2517096 0.4496473 0.3347157 0.1600549 0.1531604 0.3787615
## AD133 AD134 AD135 AD137 AD138 AD139 AD140
## 0.2382435 0.3411360 0.4216371 0.2154547 0.4464728 0.3733374 0.3184613
## AD141 AD142 AD143
## 0.4293673 0.2736002 0.1112006
```

Presentación

```
df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
                     Sijk = resx$Sijk,
                     STijk = resx$STijk,
                     muijk = resx$mu_ijk[-1],
                     muijcorre = resx$mu_ijk_corregidos[-1])
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))
```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk | muijcorre |
|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0.0003 | 0.0037 | 0.9963 | 0.0359 | 0.0359 |
| 2 | 0.0028 | 0.0325 | 0.9675 | 0.0174 | 0.0174 |
| 3 | 0.0029 | 0.0344 | 0.9656 | 0.0207 | 0.0207 |
| 4 | 0.0039 | 0.0459 | 0.9541 | 0.0150 | 0.0150 |
| 5 | 0.0035 | 0.0411 | 0.9589 | 0.0608 | 0.0608 |
| 1,2 | 0.0077 | 0.0906 | 0.8732 | 0.0103 | 0.0359 |
| 1,3 | 0.0012 | 0.0142 | 0.9477 | 0.0140 | 0.0359 |
| 1,4 | 0.0022 | 0.0264 | 0.9241 | 0.0032 | 0.0359 |
| 1,5 | 0.0006 | 0.0069 | 0.9484 | 0.0527 | 0.0608 |
| 2,3 | 0.0027 | 0.0318 | 0.9013 | 0.0077 | 0.0207 |
| 2,4 | 0.0137 | 0.1613 | 0.7603 | 0.0041 | 0.0174 |
| 2,5 | 0.0021 | 0.0249 | 0.9015 | 0.0566 | 0.0608 |
| 3,4 | 0.0029 | 0.0342 | 0.8855 | 0.0102 | 0.0207 |
| 3,5 | 0.0001 | 0.0010 | 0.9235 | 0.0487 | 0.0608 |
| 4,5 | 0.0003 | 0.0036 | 0.9094 | 0.0396 | 0.0608 |
| 1,2,3 | 0.0034 | 0.0396 | 0.7531 | 0.0036 | 0.0359 |
| 1,2,4 | 0.0041 | 0.0487 | 0.5910 | 0.0010 | 0.0359 |
| 1,2,5 | 0.0009 | 0.0102 | 0.7901 | 0.0342 | 0.0608 |
| 1,3,4 | 0.0048 | 0.0566 | 0.7846 | 0.0249 | 0.0359 |

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1,3,5 | 0.0003 | 0.0041 | 0.8946 | 0.1613 | 0.1613 |
| 1,4,5 | 0.0007 | 0.0077 | 0.8648 | 0.0318 | 0.0608 |
| 2,3,4 | 0.0045 | 0.0527 | 0.6072 | 0.0069 | 0.0207 |
| 2,3,5 | 0.0003 | 0.0032 | 0.8310 | 0.0264 | 0.0608 |
| 2,4,5 | 0.0012 | 0.0140 | 0.6767 | 0.0142 | 0.0608 |
| 3,4,5 | 0.0009 | 0.0103 | 0.8295 | 0.0906 | 0.0906 |
| 1,2,3,4 | 0.0051 | 0.0608 | 0.2666 | 0.0411 | 0.0411 |
| 1,2,3,5 | 0.0013 | 0.0150 | 0.6467 | 0.0459 | 0.1613 |
| 1,2,4,5 | 0.0018 | 0.0207 | 0.4618 | 0.0344 | 0.0608 |
| 1,3,4,5 | 0.0015 | 0.0174 | 0.6926 | 0.0325 | 0.1613 |
| 2,3,4,5 | 0.0030 | 0.0359 | 0.4732 | 0.0037 | 0.0906 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0043 | 0.0506 | 0.0000 | 1.0000 | 1.0000 |

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice ornese e Índices de interacción

mus

```
##          capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.035890
## {2}         0.017372
## {3}         0.020740
## {4}         0.015026
## {5}         0.060754
## {1,2}       0.035890
## {1,3}       0.035890
## {1,4}       0.035890
## {1,5}       0.060754
## {2,3}       0.020740
## {2,4}       0.017372
## {2,5}       0.060754
## {3,4}       0.020740
## {3,5}       0.060754
## {4,5}       0.060754
## {1,2,3}     0.035890
## {1,2,4}     0.035890
## {1,2,5}     0.060754
## {1,3,4}     0.035890
## {1,3,5}     0.161256
## {1,4,5}     0.060754
## {2,3,4}     0.020740
## {2,3,5}     0.060754
## {2,4,5}     0.060754
## {3,4,5}     0.090597
## {1,2,3,4}   0.041075
## {1,2,3,5}   0.161256
## {1,2,4,5}   0.060754
## {1,3,4,5}   0.161256
## {2,3,4,5}   0.090597
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))

```

## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.035890
## {2}     0.017372
## {3}     0.020740
## {4}     0.015026
## {5}     0.060754
## {1,2}   -0.017372
## {1,3}   -0.020740
## {1,4}   -0.015026
## {1,5}   -0.035890
## {2,3}   -0.017372
## {2,4}   -0.015026
## {2,5}   -0.017372
## {3,4}   -0.015026
## {3,5}   -0.020740
## {4,5}   -0.015026
## {1,2,3} 0.017372
## {1,2,4} 0.015026
## {1,2,5} 0.017372
## {1,3,4} 0.015026
## {1,3,5} 0.121242
## {1,4,5} 0.015026
## {2,3,4} 0.015026
## {2,3,5} 0.017372
## {2,4,5} 0.015026
## {3,4,5} 0.044868
## {1,2,3,4} -0.009841
## {1,2,3,5} -0.017372
## {1,2,4,5} -0.015026
## {1,3,4,5} -0.044868
## {2,3,4,5} -0.015026
## {1,2,3,4,5} 0.848585
##
## $Indice_Shapley
##      1      2      3      4      5
## 0.2063375 0.1715997 0.2087100 0.1735001 0.2398528
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.05905635
##
## $Indice_Interaccion
##      1      2      3      4      5
## 1      NA 0.2055797 0.2441988 0.1964141 0.2273205
## 2 0.2055797      NA 0.2055797 0.2063617 0.2038515
## 3 0.2441988 0.2055797      NA 0.2113355 0.2573919
## 4 0.1964141 0.2063617 0.2113355      NA 0.2096073
## 5 0.2273205 0.2038515 0.2573919 0.2096073      NA

```

Obtención del indicador sintético de Shapley

Ahora sobre todas las unidades

```

N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro2=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro2) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

```

```
I_Nuestro2[i] = sum(resDEA09$datos.outputs[i,]*IndTransf$Indice_Shapley)}
I_Nuestro2
```

```
##      AD001      AD002      AD003      AD004      AD005      AD006      AD007
## 0.7340299 0.6912232 0.6368101 0.6989063 0.7161236 0.7749306 0.6719490
##      AD008      AD009      AD010      AD011      AD012      AD013      AD014
## 0.6505943 0.6904175 0.7327330 0.7445074 0.7184931 0.7522547 0.7660082
##      AD015      AD016      AD017      AD018      AD019      AD020      AD021
## 0.8083793 0.7609319 0.7449706 0.6766962 0.8606557 0.7663400 0.7080928
##      AD025      AD026      AD027      AD028      AD029      AD030      AD031
## 0.8954516 0.7403943 0.7321603 0.7043862 0.6426531 0.6181589 0.7316403
##      AD032      AD033      AD034      AD036      AD037      AD038      AD039
## 0.7033099 0.6858582 0.5842815 0.6722451 0.5923801 0.7347920 0.6315950
##      AD040      AD041      AD042      AD043      AD046      AD047      AD048
## 0.7348654 0.6038165 0.6138479 0.7461222 0.5988477 0.6518912 0.6997644
##      AD049      AD050      AD051      AD052      AD053      AD054      AD055
## 0.6538715 0.5937652 0.7214420 0.5420151 0.7413305 0.7441294 0.7057150
##      AD056      AD057      AD058      AD059      AD060      AD061      AD064
## 0.7256208 0.7024724 0.8200891 0.6500707 0.6913465 0.7757208 0.6390044
##      AD065      AD066      AD067      AD068      AD069      AD070      AD071
## 0.7453449 0.6829092 0.7386950 0.6259263 0.7215183 0.7686359 0.7345110
##      AD072      AD073      AD074      AD075      AD076      AD077      AD078
## 0.7422479 0.7052890 0.6829350 0.7047845 0.7770743 0.8128735 0.8071662
##      AD079      AD080      AD081      AD082      AD083      AD084      AD085
## 0.7652309 0.7349454 0.8259509 0.8189239 0.8591517 0.6733907 0.8028313
##      AD086      AD087      AD088      AD090      AD091      AD093      AD094
## 0.7036852 0.7474994 0.7505915 0.7055109 0.7327897 0.7066117 0.6440620
##      AD095      AD096      AD097      AD098      AD100      AD101      AD103
## 0.5810865 0.7017751 0.6293927 0.6462428 0.6424752 0.5877541 0.7070718
##      AD104      AD105      AD106      AD107      AD108      AD109      AD110
## 0.6412911 0.6913177 0.6201742 0.6408724 0.6608390 0.6720092 0.6928725
##      AD115      AD116      AD117      AD118      AD120      AD121      AD122
## 0.6229865 0.6270887 0.6741406 0.6451058 0.6448809 0.7451392 0.6938501
##      AD123      AD124      AD127      AD128      AD129      AD130      AD131
## 0.7218799 0.6040769 0.6940546 0.6677624 0.6264946 0.6651777 0.7225683
##      AD133      AD134      AD135      AD137      AD138      AD139      AD140
## 0.7404922 0.7175390 0.7471450 0.6224162 0.6994184 0.7550659 0.6904811
##      AD141      AD142      AD143
## 0.7000706 0.6800217 0.6272736
```

Procedimiento de Muestreo

Cálculo de Influencia (rangos medios diferencia en valor absoluto)

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09d_DatosSalida.RData")
```

```
resx_m
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.009618527 0.031493126 0.001030806 0.010052864 0.023462190
## [6] 0.043074940 0.010688569 0.023289862 0.033226657 0.035971993
## [11] 0.054811617 0.059478689 0.018314783 0.025478854 0.035693755
## [16] 0.048587972 0.074187474 0.071542425 0.032855805 0.035669146
## [21] 0.049707276 0.074514533 0.066056251 0.087950144 0.046430336
## [26] 0.093842671 0.085508932 0.108717906 0.061878941 0.105538891
## [31] 0.141483809
##
## $ecs_vxixj
```

```

## [1] 0.13186528 0.10999068 0.14045300 0.13143095 0.11802162 0.09840887
## [7] 0.13079524 0.11819395 0.10825715 0.10551182 0.08667219 0.08200512
## [13] 0.12316903 0.11600495 0.10579005 0.09289584 0.06729633 0.06994138
## [19] 0.10862800 0.10581466 0.09177653 0.06696928 0.07542756 0.05353366
## [25] 0.09505347 0.04281067 0.06286048 0.03175199 0.07177118 0.02686019
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
## [,1]
## [1,] 1
## [2,] 2
## [3,] 3
## [4,] 4
## [5,] 5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
## [,1] [,2]
## [1,] 1 2
## [2,] 1 3
## [3,] 1 4
## [4,] 1 5
## [5,] 2 3
## [6,] 2 4
## [7,] 2 5
## [8,] 3 4
## [9,] 3 5
## [10,] 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
## [,1] [,2] [,3]
## [1,] 1 2 3
## [2,] 1 2 4
## [3,] 1 2 5
## [4,] 1 3 4
## [5,] 1 3 5
## [6,] 1 4 5
## [7,] 2 3 4
## [8,] 2 3 5
## [9,] 2 4 5
## [10,] 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
## [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,] 1 2 3 4
## [2,] 1 2 3 5
## [3,] 1 2 4 5
## [4,] 1 3 4 5
## [5,] 2 3 4 5

```

```

##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 9.618527e-03 3.149313e-02 1.030806e-03 1.005286e-02 2.346219e-02
## [6] 1.963287e-03 3.923589e-05 3.618471e-03 1.459402e-04 3.448062e-03
## [11] 1.326563e-02 4.523374e-03 7.231113e-03 9.858588e-04 2.178702e-03
## [16] 9.949291e-04 4.175572e-03 3.359821e-04 1.264788e-03 3.865890e-04
## [21] 6.305821e-04 7.992935e-03 1.112835e-03 2.974262e-03 1.488803e-03
## [26] -2.346673e-03 5.968191e-03 2.794004e-04 -2.555288e-04 -5.701667e-03
## [31] 9.125625e-03
##
## $V_de_Y
## [1] 0.1414838
##
## $Sijk
## [1] 0.0679832359 0.2225917303 0.0072856808 0.0710531030 0.1658295026
## [6] 0.0138764061 0.0002773172 0.0255751604 0.0010314974 0.0243707165
## [11] 0.0937607475 0.0319709637 0.0511091233 0.0069679972 0.0153989492
## [16] 0.0070321054 0.0295127218 0.0023747039 0.0089394534 0.0027323900
## [21] 0.0044569207 0.0564936383 0.0078654597 0.0210219217 0.0105227798
## [26] -0.0165861593 0.0421828576 0.0019747868 -0.0018060636 -0.0402990749
## [31] 0.0644994277
##
## $STijk
## [1] 0.9320168 0.7774083 0.9927143 0.9289469 0.8341705 0.6955486 0.9244538
## [8] 0.8353885 0.7651558 0.7457519 0.6125944 0.5796078 0.8705521 0.8199168
## [15] 0.7477184 0.6565828 0.4756469 0.4943420 0.7677769 0.7478924 0.6486716
## [22] 0.4733353 0.5331179 0.3783731 0.6718329 0.3025835 0.4442945 0.2244214
## [29] 0.5072748 0.1898464 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.0000000000 -0.0402990749 -0.0018060636 0.0019747868 0.0421828576
## [6] -0.0165861593 0.0105227798 0.0210219217 0.0078654597 0.0564936383
## [11] 0.0044569207 0.0027323900 0.0089394534 0.0023747039 0.0295127218
## [16] 0.0070321054 0.0153989492 0.0069679972 0.0511091233 0.0319709637
## [21] 0.0937607475 0.0243707165 0.0010314974 0.0255751604 0.0002773172
## [26] 0.0138764061 0.1658295026 0.0710531030 0.0072856808 0.2225917303
## [31] 0.0679832359 1.0000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.0000000000 -0.040299075 -0.001806064 0.001974787 0.042182858
## [6] -0.016586159 0.010522780 0.021021922 0.042182858 0.056493638
## [11] 0.004456921 0.042182858 0.008939453 0.042182858 0.029512722
## [16] 0.042182858 0.021021922 0.042182858 0.056493638 0.042182858
## [21] 0.093760747 0.056493638 0.042182858 0.029512722 0.042182858
## [26] 0.042182858 0.165829503 0.093760747 0.056493638 0.222591730
## [31] 0.067983236 1.000000000

```

```
## Comprobación
resx_m$vcs_vxixj + resx_m$ecs_vxixj

## [1] 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838
## [8] 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838
## [15] 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838
## [22] 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1414838 0.1366533 0.1483694 0.1404699
## [29] 0.1336501 0.1323991 0.1414838
```

Comparación entre el procedimiento Completo y el de Muestreo

Con media de diferencias de rangos en valor absoluto

```
#####
##### COMPARACIÓN ENTRE PROCEDIMIENTOS COMPLETOS Y DE MUESTREO
## media de diferencias de rangos en valor absoluto

diferencias_modelos = resx$vcs_vxixj - resx_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)

##      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
## -0.063130 -0.046190 -0.031710 -0.032440 -0.019490  0.001883

df_dif = data.frame(resx$vcs_vxixj, resx_m$vcs_vxixj, diferencias_modelos)
df_dif

##   resx.vcs_vxixj resx_m.vcs_vxixj diferencias_modelos
## 1  0.0003108129      0.009618527      -0.009307714
## 2  0.0027556469      0.031493126      -0.028737479
## 3  0.0029138348      0.001030806       0.001883029
## 4  0.0038889394      0.010052864      -0.006163924
## 5  0.0034798006      0.023462190      -0.019982389
## 6  0.0107417076      0.043074940      -0.032333232
## 7  0.0044295926      0.010688569      -0.006258976
## 8  0.0064323594      0.023289862      -0.016857502
## 9  0.0043752870      0.033226657      -0.028851370
## 10 0.0083650284      0.035971993      -0.027606965
## 11 0.0203059858      0.054811617      -0.034505631
## 12 0.0083480752      0.059478689      -0.051130614
## 13 0.0096982981      0.018314783      -0.008616485
## 14 0.0064813398      0.025478854      -0.018997515
## 15 0.0076745744      0.035693755      -0.028019181
## 16 0.0209142115      0.048587972      -0.027673761
## 17 0.0346530822      0.074187474      -0.039534392
## 18 0.0177801078      0.071542425      -0.053762318
## 19 0.0182455452      0.032855805      -0.014610260
## 20 0.0089263479      0.035669146      -0.026742799
## 21 0.0114555275      0.049707276      -0.038251748
## 22 0.0332738676      0.074514533      -0.041240666
## 23 0.0143186078      0.066056251      -0.051737643
## 24 0.0273894085      0.087950144      -0.060560735
## 25 0.0144408729      0.046430336      -0.031989463
## 26 0.0621299770      0.093842671      -0.031712694
## 27 0.0299312875      0.085508932      -0.055577645
## 28 0.0455924107      0.108717906      -0.063125495
## 29 0.0260419321      0.061878941      -0.035837009
## 30 0.0446282490      0.105538891      -0.060910642
## 31 0.0847188287      0.141483809      -0.056764980
```

```

diferencias_modelos = resx$Vijk - resx_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)

##           Min.      1st Qu.        Median          Mean      3rd Qu.        Max.
## -0.0287400 -0.0029700 -0.0006196 -0.0018310  0.0013220  0.0087420

df_dif = data.frame(resx$Vijk,resx_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif

##      resx.Vijk  resx_m.Vijk diferencias_modelos
## 1  3.108129e-04  9.618527e-03      -9.307714e-03
## 2  2.755647e-03  3.149313e-02      -2.873748e-02
## 3  2.913835e-03  1.030806e-03       1.883029e-03
## 4  3.888939e-03  1.005286e-02      -6.163924e-03
## 5  3.479801e-03  2.346219e-02     -1.998239e-02
## 6  7.675248e-03  1.963287e-03       5.711961e-03
## 7  1.204945e-03  3.923589e-05       1.165709e-03
## 8  2.232607e-03  3.618471e-03     -1.385864e-03
## 9  5.846735e-04  1.459402e-04       4.387333e-04
## 10 2.695547e-03  3.448062e-03     -7.525150e-04
## 11 1.366140e-02  1.326563e-02       3.957719e-04
## 12 2.112628e-03  4.523374e-03     -2.410746e-03
## 13 2.895524e-03  7.231113e-03     -4.335589e-03
## 14 8.770442e-05  9.858588e-04     -8.981544e-04
## 15 3.058345e-04  2.178702e-03     -1.872868e-03
## 16 3.358177e-03  9.949291e-04       2.363248e-03
## 17 4.128429e-03  4.175572e-03     -4.714374e-05
## 18 8.612983e-04  3.359821e-04       5.253162e-04
## 19 4.798882e-03  1.264788e-03       3.534094e-03
## 20 3.445767e-04  3.865890e-04     -4.201224e-05
## 21 6.528595e-04  6.305821e-04       2.227737e-05
## 22 4.462976e-03  7.992935e-03     -3.529959e-03
## 23 2.734467e-04  1.112835e-03     -8.393885e-04
## 24 1.185160e-03  2.974262e-03     -1.789102e-03
## 25 8.692353e-04  1.488803e-03     -6.195676e-04
## 26 5.147008e-03 -2.346673e-03       7.493681e-03
## 27 1.272948e-03  5.968191e-03     -4.695243e-03
## 28 1.757074e-03  2.794004e-04       1.477674e-03
## 29 1.471702e-03 -2.555288e-04       1.727231e-03
## 30 3.040572e-03 -5.701667e-03     8.742239e-03
## 31 4.289338e-03  9.125625e-03     -4.836287e-03

```

Ponderación por distancias con los eficientes, adaptado al análisis DEA

```

#####
##### Cálculo de Medidas de agregación por distancias

resDistnuevo = func_Distancias_con_pesos_Ind(pesos.outputs)
round(resDistnuevo$m_ic,5)

## [1] 0.04762 0.55690 0.20716 0.13440 0.12761

ind_distancias_nuevo = (as.matrix(datos.outputs) %*% resDistnuevo$m_ic)

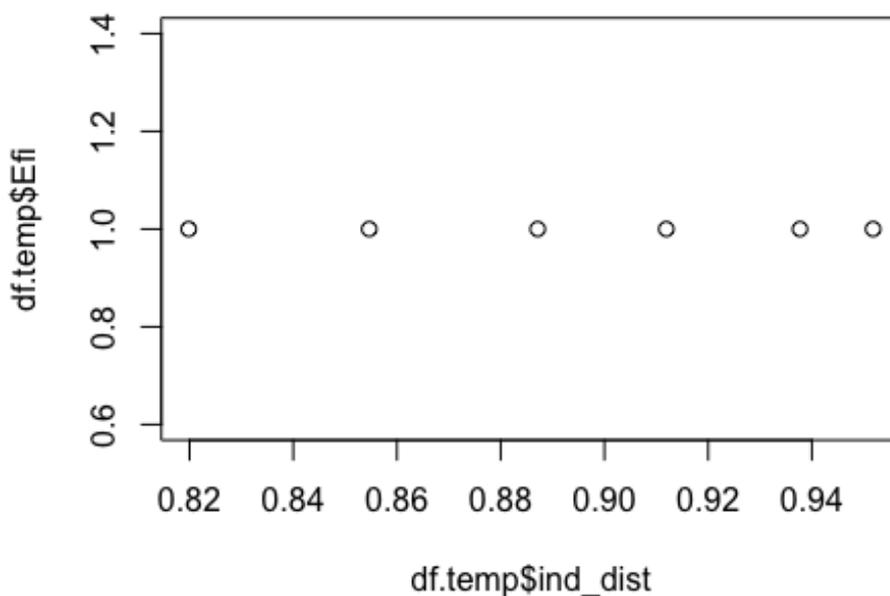
df.temp = data.frame(id = idsUds,

```

```

        ind_dist = ind_distancias_nuevo,
        Efi = resDEA09$eficiencias[filas_efi],
        NumD = colSums(t(as.matrix(datos.outputs) *
pesos.outputs) ),
        NumcPeer =
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])
plot(df.temp$ind_dist,df.temp$Efi)

```



Indicador Compuesto

```
print(knitr::kable(df.temp,digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 1 | AD001 | 0.8871 | 1 | 1 | 39 |
| 20 | AD020 | 0.9119 | 1 | 1 | 18 |
| 22 | AD025 | 0.9518 | 1 | 1 | 69 |
| 29 | AD032 | 0.8547 | 1 | 1 | 15 |
| 47 | AD052 | 0.8198 | 1 | 1 | 58 |
| 122 | AD133 | 0.9377 | 1 | 1 | 93 |

Presentamos con ordenación respecto al **Ind_dist**:

```
print(knitr::kable(df.temp[order(df.temp[,2],decreasing = T),],digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 22 | AD025 | 0.9518 | 1 | 1 | 69 |
| 122 | AD133 | 0.9377 | 1 | 1 | 93 |
| 20 | AD020 | 0.9119 | 1 | 1 | 18 |
| 1 | AD001 | 0.8871 | 1 | 1 | 39 |
| 29 | AD032 | 0.8547 | 1 | 1 | 15 |
| 47 | AD052 | 0.8198 | 1 | 1 | 58 |

Cálculos para todas las unidades

```
ind_distancias_nuevo_todos = t(as.matrix(resDEA09$datos.outputs) %>%
resDistnuevo$m_ic)
ind_distancias_nuevo_todos = as.numeric(ind_distancias_nuevo_todos)
names(ind_distancias_nuevo_todos) = resDEA09$idsUds
ind_distancias_nuevo_todos
```

```
##      AD001      AD002      AD003      AD004      AD005      AD006      AD007
## 0.8871302 0.8523215 0.8538279 0.8984890 0.8514007 0.8986346 0.8563266
##      AD008      AD009      AD010      AD011      AD012      AD013      AD014
## 0.8550470 0.8819223 0.8597000 0.8498352 0.8421568 0.8774124 0.8790701
##      AD015      AD016      AD017      AD018      AD019      AD020      AD021
## 0.9121117 0.8839548 0.9208839 0.8752546 0.9286897 0.9119366 0.8602928
##      AD025      AD026      AD027      AD028      AD029      AD030      AD031
## 0.9518027 0.8645332 0.8807668 0.8809503 0.8232823 0.8293924 0.9200072
##      AD032      AD033      AD034      AD036      AD037      AD038      AD039
## 0.8546580 0.8360957 0.7671694 0.8398046 0.8114008 0.9029699 0.8477063
##      AD040      AD041      AD042      AD043      AD046      AD047      AD048
## 0.8589956 0.7990332 0.8170772 0.8833374 0.8277765 0.8574027 0.8945511
##      AD049      AD050      AD051      AD052      AD053      AD054      AD055
## 0.8783000 0.7948741 0.8951545 0.8198498 0.9183594 0.9146514 0.8862298
##      AD056      AD057      AD058      AD059      AD060      AD061      AD064
## 0.8578768 0.8829360 0.9268748 0.8401535 0.8254170 0.8771181 0.8214523
##      AD065      AD066      AD067      AD068      AD069      AD070      AD071
## 0.8934933 0.8327101 0.8642509 0.8076939 0.8839588 0.8944208 0.8481848
##      AD072      AD073      AD074      AD075      AD076      AD077      AD078
## 0.8575923 0.8677357 0.8416241 0.8282052 0.8957307 0.9117883 0.8884839
##      AD079      AD080      AD081      AD082      AD083      AD084      AD085
## 0.8740954 0.8762334 0.9041600 0.8803188 0.9335529 0.8692110 0.8882901
##      AD086      AD087      AD088      AD090      AD091      AD093      AD094
## 0.8359678 0.8580256 0.8848131 0.8609912 0.9008964 0.9015438 0.8389254
##      AD095      AD096      AD097      AD098      AD100      AD101      AD103
## 0.7915859 0.8956146 0.7860653 0.8543184 0.8286526 0.8103651 0.8261737
##      AD104      AD105      AD106      AD107      AD108      AD109      AD110
## 0.8185362 0.8872159 0.8352855 0.8292064 0.8270823 0.8498373 0.8866946
##      AD115      AD116      AD117      AD118      AD120      AD121      AD122
## 0.8090446 0.8367856 0.8755811 0.8544254 0.8432295 0.8597936 0.8628214
##      AD123      AD124      AD127      AD128      AD129      AD130      AD131
## 0.8913074 0.8290919 0.8602225 0.8576951 0.8447608 0.8870523 0.8668509
##      AD133      AD134      AD135      AD137      AD138      AD139      AD140
## 0.9377056 0.8807563 0.9181833 0.8478432 0.8815005 0.9021297 0.8843058
##      AD141      AD142      AD143
## 0.8816554 0.8330136 0.8578374
```

Anexo 13. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (BIOLÓGICA)

Escenario Específico con datos normalizados (escenario09)

```
load('Carlos_Datos.RData')
BASE = CARLOS_BASE
filas = which(CARLOS_BASE$Area_.Academica=="BIOLÓGICA")
ind.outputs = c(13,16,18,17,15)
filas2 = filas[BASE[filas,13]>6]
filas = filas2

var.inputs = matrix(rep(1,length(filas)),ncol=1)
var.outputs = BASE[filas,ind.outputs]
MinVar = apply(var.outputs, 2, min)
MaxVar = apply(var.outputs, 2, max)
var.outputs[,1] = var.outputs[,1]/MaxVar[1]
var.outputs[,2] = MinVar[2]/var.outputs[,2]
var.outputs[,3] = var.outputs[,3]/MaxVar[3]
var.outputs[,4] = var.outputs[,4]/MaxVar[4]
var.outputs[,5] = var.outputs[,5]/MaxVar[5]
orientacion = 2
modelo = 1
idsUds = BASE[filas,3]

print(knitr::kable(head(var.outputs),digits=4))
```

| | ALUMAT | NOTA_MEDIA_SUPUESTA | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|-----|--------|---------------------|---------------|---------|----------|
| 132 | 0.3134 | 1.0000 | 0.8586 | 0.5842 | 0.8800 |
| 133 | 0.2164 | 0.9602 | 0.8247 | 0.9231 | 0.9371 |
| 134 | 0.1642 | 0.9602 | 0.9004 | 0.6084 | 0.8829 |
| 135 | 1.0000 | 0.9438 | 0.6948 | 0.4661 | 0.9029 |
| 136 | 0.2164 | 0.9867 | 0.8637 | 0.8077 | 0.8800 |
| 137 | 0.8134 | 0.9438 | 0.5994 | 0.1433 | 0.8886 |

Resolución DEA

```
source("informeexcelDEA.R")

ficheroexcel = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09BIO.xlsx"
ficheroRData = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09BIO.RData"

load(file=ficheroRData)
```

Cálculo de influencia (rangos medios dif. valor absoluto)**Paso 1**

```

source("influenciaTODO_solofunciones.R")

filas_efi = which(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers>3)
(idsUds = resDEA09$idsUds[filas_efi])

## [1] "BI001" "BI017" "BI018" "BI022" "BI028" "BI032" "BI034" "BI038"

pesos.inputs = resDEA09$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA09$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA09$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA09$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2,"output","input")

(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

## L1 L17 L18 L21 L25 L26 L27 L31
## 7 8 4 5 12 4 6 4

v_Rangos_Ref = rank(-
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

#### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:

## solamente variables outputs como función lineal (no como cociente)
m_pesos = pesos.outputs
m_valores = as.matrix(datos.outputs)

load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09BIO_DatosSalida.RData")

```

Paso 2

```

#####
### Cálculo de los Rangos Medios respecto a los Rangos de Referencia
#####

m_RangosSinteticos = res2$RangosSinteticos

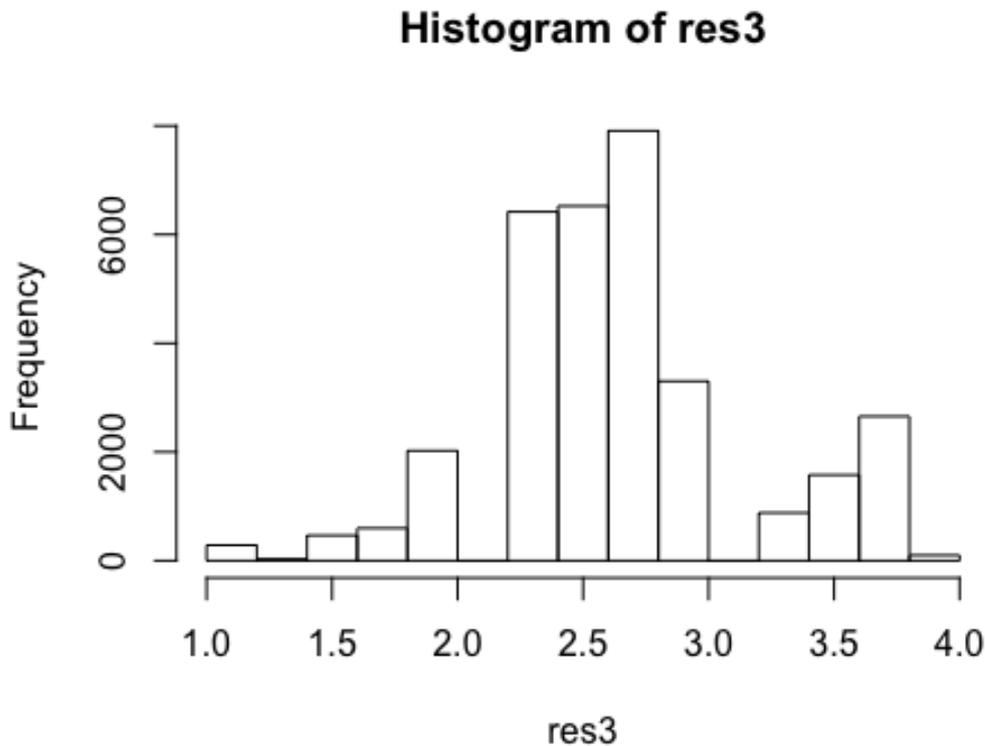
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09bBIO_DatosSalida.RData")

summary(res3)

## Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
## 1.000 2.250 2.750 2.663 3.000 4.000

hist(res3)

```



Paso 3

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09cBIO_DatosSalida.RData")
```

```
resx
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.114396330 0.012952399 0.003582568 0.029455132 0.006002885
## [6] 0.131272748 0.121163636 0.164569192 0.129042335 0.016768076
## [11] 0.045948707 0.021516249 0.033625893 0.012252674 0.042283572
## [16] 0.138552710 0.189115748 0.170639440 0.173816726 0.139921650
## [21] 0.192013070 0.050937220 0.028606340 0.063163564 0.050306365
## [26] 0.200122580 0.186233267 0.258977637 0.207742438 0.072979674
## [31] 0.283535704
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.16913937 0.27058330 0.27995314 0.25408057 0.27753282 0.15226296
## [7] 0.16237207 0.11896651 0.15449337 0.26676763 0.23758700 0.26201946
## [13] 0.24990981 0.27128303 0.24125213 0.14498299 0.09441996 0.11289626
## [19] 0.10971898 0.14361405 0.09152263 0.23259848 0.25492936 0.22037214
## [25] 0.23322934 0.08341312 0.09730244 0.02455807 0.07579327 0.21055603
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
```

```

## [16] "1,2,3"      "1,2,4"      "1,2,5"      "1,3,4"      "1,3,5"
## [21] "1,4,5"      "2,3,4"      "2,3,5"      "2,4,5"      "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4"    "1,2,3,5"    "1,2,4,5"    "1,3,4,5"    "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1  2
## [2,]    1  3
## [3,]    1  4
## [4,]    1  5
## [5,]    2  3
## [6,]    2  4
## [7,]    2  5
## [8,]    3  4
## [9,]    3  5
## [10,]   4  5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1  2  3
## [2,]    1  2  4
## [3,]    1  2  5
## [4,]    1  3  4
## [5,]    1  3  5
## [6,]    1  4  5
## [7,]    2  3  4
## [8,]    2  3  5
## [9,]    2  4  5
## [10,]   3  4  5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1  2  3  4
## [2,]    1  2  3  5
## [3,]    1  2  4  5
## [4,]    1  3  4  5
## [5,]    2  3  4  5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1  2  3  4  5
##

```

```

## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 0.1143963300 0.0129523994 0.0035825679 0.0294551319 0.0060028853
## [6] 0.0039240187 0.0031847386 0.0207177298 0.0086431196 0.0002331082
## [11] 0.0035411753 0.0025609639 0.0005881935 0.0026672203 0.0068255551
## [16] 0.0002795476 0.0041289628 0.0221597236 0.0018920340 0.0014447886
## [21] 0.0059723184 0.0005846443 0.0006071953 0.0018254528 0.0011848109
## [26] 0.0006619981 0.0035946602 0.0158718703 0.0011850139 0.0003683697
## [31] 0.0024991762
##
## $V_de_Y
## [1] 0.2835357
##
## $Sijk
## [1] 0.4034635792 0.0456817228 0.0126353325 0.1038850890 0.0211715322
## [6] 0.0138395929 0.0112322312 0.0730692097 0.0304833553 0.0008221475
## [11] 0.0124893452 0.0090322447 0.0020744955 0.0094069998 0.0240730004
## [16] 0.0009859345 0.0145624085 0.0781549669 0.0066730007 0.0050956145
## [21] 0.0210637259 0.0020619776 0.0021415127 0.0064381761 0.0041787008
## [26] 0.0023347961 0.0126779808 0.0559783833 0.0041794169 0.0012992006
## [31] 0.0088143262
##
## $STijk
## [1] 0.59653642 0.95431828 0.98736467 0.89611491 0.97882847 0.53701511
## [7] 0.57266886 0.41958212 0.54488153 0.94086080 0.83794384 0.92411450
## [13] 0.88140508 0.95678614 0.85087038 0.51133946 0.33300905 0.39817301
## [19] 0.38696706 0.50651136 0.32279051 0.82034989 0.89910851 0.77722889
## [25] 0.82257485 0.29418914 0.34317525 0.08661367 0.26731472 0.74260852
## [31] 0.00000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.0000000000 0.0012992006 0.0041794169 0.0559783833 0.0126779808
## [6] 0.0023347961 0.0041787008 0.0064381761 0.0021415127 0.0020619776
## [11] 0.0210637259 0.0050956145 0.0066730007 0.0781549669 0.0145624085
## [16] 0.0009859345 0.0240730004 0.0094069998 0.0020744955 0.0090322447
## [21] 0.0124893452 0.0008221475 0.0304833553 0.0730692097 0.0112322312
## [26] 0.0138395929 0.0211715322 0.1038850890 0.0126353325 0.0456817228
## [31] 0.4034635792 1.0000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.0000000000 0.001299201 0.004179417 0.055978383 0.012677981
## [6] 0.002334796 0.004179417 0.055978383 0.012677981 0.002334796
## [11] 0.055978383 0.012677981 0.006673001 0.078154967 0.055978383
## [16] 0.012677981 0.055978383 0.012677981 0.006673001 0.078154967
## [21] 0.055978383 0.012677981 0.078154967 0.073069210 0.012677981
## [26] 0.078154967 0.078154967 0.103885089 0.012677981 0.078154967
## [31] 0.403463579 1.000000000

```

```

resnuevo = func_construye_mus_alg01(resx)
resx$mu_ijk = resnuevo$mu_ijk
resx$mu_ijk_corregidos = resnuevo$mu_ijk_corregidos

## Comprobación
resx$vcs_vxixj + resx$ecs_vxixj

## [1] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [8] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [15] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [22] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [29] 0.2835357 0.2835357 0.2835357

```

Cálculos de Capacidad y IndSintetico_IntChoquet

```

(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))

##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.403464
## {2}         0.045682
## {3}         0.012635
## {4}         0.103885
## {5}         0.021172
## {1,2}       0.462985
## {1,3}       0.427331
## {1,4}       0.580418
## {1,5}       0.455118
## {2,3}       0.059139
## {2,4}       0.162056
## {2,5}       0.075885
## {3,4}       0.118595
## {3,5}       0.043214
## {4,5}       0.149130
## {1,2,3}     0.488661
## {1,2,4}     0.666991
## {1,2,5}     0.601827
## {1,3,4}     0.613033
## {1,3,5}     0.493489
## {1,4,5}     0.677209
## {2,3,4}     0.179650
## {2,3,5}     0.100891
## {2,4,5}     0.222771
## {3,4,5}     0.177425
## {1,2,3,4}   0.705811
## {1,2,3,5}   0.656825
## {1,2,4,5}   0.913386
## {1,3,4,5}   0.732685
## {2,3,4,5}   0.257391
## {1,2,3,4,5} 1.000000

```

Obtención del nuevo indicador sintético

```

N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

## [1] 0.4179237 0.3970183 0.3099749 0.7831689 0.3803672 0.5798987
0.7538739
## [8] 0.7443308

```

Ahora sobre todas las unidades

```

N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(resDEA09$datos.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

##      BI001      BI002      BI003      BI004      BI005      BI006      BI007
## 0.4179237 0.3970183 0.3099749 0.7831689 0.3803672 0.5798987 0.7538739
##      BI008      BI009      BI010      BI011      BI012      BI013      BI014
## 0.7443308 0.6823446 0.3364863 0.8429802 0.2434762 0.3986251 0.8314118
##      BI015      BI016      BI017      BI018      BI020      BI021      BI022
## 0.7385003 0.4084070 0.7508419 0.4971594 0.4077723 0.8363593 0.9055677
##      BI025      BI026      BI027      BI028      BI032      BI034      BI035
## 0.5061765 0.8138964 0.6698817 0.4060814 0.6557422 0.4667902 0.3662365
##      BI036      BI037      BI038
## 0.7792871 0.5192795 0.8737242

```

Presentación

```

df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
                     Sijk = resx$Sijk,
                     STijk = resx$STijk,
                     muijk = resx$mu_ijk)
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))

```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.1144 | 0.4035 | 0.5965 | 0.4035 |
| 2 | 0.0130 | 0.0457 | 0.9543 | 0.0457 |
| 3 | 0.0036 | 0.0126 | 0.9874 | 0.0126 |
| 4 | 0.0295 | 0.1039 | 0.8961 | 0.1039 |

| | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 5 | 0.0060 | 0.0212 | 0.9788 | 0.0212 |
| 1,2 | 0.0039 | 0.0138 | 0.5370 | 0.4630 |
| 1,3 | 0.0032 | 0.0112 | 0.5727 | 0.4273 |
| 1,4 | 0.0207 | 0.0731 | 0.4196 | 0.5804 |
| 1,5 | 0.0086 | 0.0305 | 0.5449 | 0.4551 |
| 2,3 | 0.0002 | 0.0008 | 0.9409 | 0.0591 |
| 2,4 | 0.0035 | 0.0125 | 0.8379 | 0.1621 |
| 2,5 | 0.0026 | 0.0090 | 0.9241 | 0.0759 |
| 3,4 | 0.0006 | 0.0021 | 0.8814 | 0.1186 |
| 3,5 | 0.0027 | 0.0094 | 0.9568 | 0.0432 |
| 4,5 | 0.0068 | 0.0241 | 0.8509 | 0.1491 |
| 1,2,3 | 0.0003 | 0.0010 | 0.5113 | 0.4887 |
| 1,2,4 | 0.0041 | 0.0146 | 0.3330 | 0.6670 |
| 1,2,5 | 0.0222 | 0.0782 | 0.3982 | 0.6018 |
| 1,3,4 | 0.0019 | 0.0067 | 0.3870 | 0.6130 |
| 1,3,5 | 0.0014 | 0.0051 | 0.5065 | 0.4935 |
| 1,4,5 | 0.0060 | 0.0211 | 0.3228 | 0.6772 |
| 2,3,4 | 0.0006 | 0.0021 | 0.8203 | 0.1797 |
| 2,3,5 | 0.0006 | 0.0021 | 0.8991 | 0.1009 |
| 2,4,5 | 0.0018 | 0.0064 | 0.7772 | 0.2228 |
| 3,4,5 | 0.0012 | 0.0042 | 0.8226 | 0.1774 |
| 1,2,3,4 | 0.0007 | 0.0023 | 0.2942 | 0.7058 |
| 1,2,3,5 | 0.0036 | 0.0127 | 0.3432 | 0.6568 |
| 1,2,4,5 | 0.0159 | 0.0560 | 0.0866 | 0.9134 |
| 1,3,4,5 | 0.0012 | 0.0042 | 0.2673 | 0.7327 |
| 2,3,4,5 | 0.0004 | 0.0013 | 0.7426 | 0.2574 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0025 | 0.0088 | 0.0000 | 1.0000 |

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice de orness e Índices de interacción

mus

```
##          capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.403464
## {2}         0.045682
## {3}         0.012635
## {4}         0.103885
## {5}         0.021172
```

```

## {1,2}      0.462985
## {1,3}      0.427331
## {1,4}      0.580418
## {1,5}      0.455118
## {2,3}      0.059139
## {2,4}      0.162056
## {2,5}      0.075885
## {3,4}      0.118595
## {3,5}      0.043214
## {4,5}      0.149130
## {1,2,3}    0.488661
## {1,2,4}    0.666991
## {1,2,5}    0.601827
## {1,3,4}    0.613033
## {1,3,5}    0.493489
## {1,4,5}    0.677209
## {2,3,4}    0.179650
## {2,3,5}    0.100891
## {2,4,5}    0.222771
## {3,4,5}    0.177425
## {1,2,3,4}  0.705811
## {1,2,3,5}  0.656825
## {1,2,4,5}  0.913386
## {1,3,4,5}  0.732685
## {2,3,4,5}  0.257391
## {1,2,3,4,5} 1.000000

```

(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))

```

## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.403464
## {2}     0.045682
## {3}     0.012635
## {4}     0.103885
## {5}     0.021172
## {1,2}   0.013840
## {1,3}   0.011232
## {1,4}   0.073069
## {1,5}   0.030483
## {2,3}   0.000822
## {2,4}   0.012489
## {2,5}   0.009032
## {3,4}   0.002074
## {3,5}   0.009407
## {4,5}   0.024073
## {1,2,3} 0.000986
## {1,2,4} 0.014562
## {1,2,5} 0.078155
## {1,3,4} 0.006673
## {1,3,5} 0.005096
## {1,4,5} 0.021064

```

```

## {2,3,4}      0.002062
## {2,3,5}      0.002142
## {2,4,5}      0.006438
## {3,4,5}      0.004179
## {1,2,3,4}    0.002335
## {1,2,3,5}    0.012678
## {1,2,4,5}    0.055978
## {1,3,4,5}    0.004179
## {2,3,4,5}    0.001299
## {1,2,3,4,5} 0.008814
##
## $Indice_Shapley
##      1      2      3      4      5
## 0.53050983 0.11839050 0.03833456 0.19577493 0.11699018
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.3615423
##
## $Indice_Interaccion
##      1      2      3      4      5
## 1      NA 0.08655855 0.02621049 0.11725322 0.10912268
## 2 0.08655855      NA 0.01105777 0.04609500 0.07792168
## 3 0.02621049 0.01105777      NA 0.01333939 0.02337069
## 4 0.11725322 0.04609500 0.01333939      NA 0.06260255
## 5 0.10912268 0.07792168 0.02337069 0.06260255      NA
    
```

Para Shapley

Obtención del nuevo indicador sintético

Ahora sobre todas las unidades

```

N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro2=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro2) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {
  I_Nuestro2[i] =
  sum(resDEA09$datos.outputs[i,]*IndTransf$Indice_Shapley)
}
I_Nuestro2
##      BI001      BI002      BI003      BI004      BI005      BI006      BI007
## 0.5349159 0.5504516 0.4576841 0.8657585 0.5258112 0.6982450 0.8026759
##      BI008      BI009      BI010      BI011      BI012      BI013      BI014
## 0.8024234 0.7536332 0.5012268 0.8664770 0.4005183 0.4978714 0.8605231
##      BI015      BI016      BI017      BI018      BI020      BI021      BI022
## 0.7901581 0.5039519 0.7943862 0.5962327 0.5395021 0.8547780 0.9151666
##      BI025      BI026      BI027      BI028      BI032      BI034      BI035
## 0.6007118 0.8445381 0.7550822 0.5660039 0.7496922 0.5709043 0.4838703
##      BI036      BI037      BI038
## 0.8133908 0.6318073 0.8951084
    
```

Procedimiento de Muestreo**Cálculo de Influencia (rangos medios media.dif.valoresabsoluto)**

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09dBIO_DatosSalida.RData")
```

```
resx_m
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.114396330 0.012952399 0.003582568 0.029455132 0.006002885
## [6] 0.131272748 0.121163636 0.164569192 0.129042335 0.016768076
## [11] 0.045948707 0.021516249 0.033625893 0.012252674 0.042283572
## [16] 0.138552710 0.189115748 0.170639440 0.173816726 0.139921650
## [21] 0.192013070 0.050937220 0.028606340 0.063163564 0.050306365
## [26] 0.208519843 0.186547432 0.248000991 0.201376985 0.073092706
## [31] 0.283535704
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.16913937 0.27058330 0.27995314 0.25408057 0.27753282 0.15226296
## [7] 0.16237207 0.11896651 0.15449337 0.26676763 0.23758700 0.26201946
## [13] 0.24990981 0.27128303 0.24125213 0.14498299 0.09441996 0.11289626
## [19] 0.10971898 0.14361405 0.09152263 0.23259848 0.25492936 0.22037214
## [25] 0.23322934 0.08460084 0.10021391 0.02328368 0.07779709 0.21355836
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
## [,1]
## [1,] 1
## [2,] 2
## [3,] 3
## [4,] 4
## [5,] 5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
## [,1] [,2]
## [1,] 1 2
## [2,] 1 3
## [3,] 1 4
## [4,] 1 5
## [5,] 2 3
## [6,] 2 4
```

```

## [7,] 2 5
## [8,] 3 4
## [9,] 3 5
## [10,] 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
## [,1] [,2] [,3]
## [1,] 1 2 3
## [2,] 1 2 4
## [3,] 1 2 5
## [4,] 1 3 4
## [5,] 1 3 5
## [6,] 1 4 5
## [7,] 2 3 4
## [8,] 2 3 5
## [9,] 2 4 5
## [10,] 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
## [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,] 1 2 3 4
## [2,] 1 2 3 5
## [3,] 1 2 4 5
## [4,] 1 3 4 5
## [5,] 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
## [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,] 1 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 0.1143963300 0.0129523994 0.0035825679 0.0294551319 0.0060028853
## [6] 0.0039240187 0.0031847386 0.0207177298 0.0086431196 0.0002331082
## [11] 0.0035411753 0.0025609639 0.0005881935 0.0026672203 0.0068255551
## [16] 0.0002795476 0.0041289628 0.0221597236 0.0018920340 0.0014447886
## [21] 0.0059723184 0.0005846443 0.0006071953 0.0018254528 0.0011848109
## [26] 0.0090592613 0.0039088252 0.0048952244 -0.0051804384 0.0004814016
## [31] 0.0110168142
##
## $V_de_Y
## [1] 0.2835357
##
## $Sijk
## [1] 0.4034635792 0.0456817228 0.0126353325 0.1038850890 0.0211715322
## [6] 0.0138395929 0.0112322312 0.0730692097 0.0304833553 0.0008221475
## [11] 0.0124893452 0.0090322447 0.0020744955 0.0094069998 0.0240730004

```

```
## [16] 0.0009859345 0.0145624085 0.0781549669 0.0066730007 0.0050956145
## [21] 0.0210637259 0.0020619776 0.0021415127 0.0064381761 0.0041787008
## [26] 0.0319510423 0.0137860071 0.0172649312 -0.0182708502 0.0016978519
## [31] 0.0388551215
##
## $STijk
## [1] 0.59653642 0.95431828 0.98736467 0.89611491 0.97882847 0.53701511
## [7] 0.57266886 0.41958212 0.54488153 0.94086080 0.83794384 0.92411450
## [13] 0.88140508 0.95678614 0.85087038 0.51133946 0.33300905 0.39817301
## [19] 0.38696706 0.50651136 0.32279051 0.82034989 0.89910851 0.77722889
## [25] 0.82257485 0.29837807 0.35344372 0.08211905 0.27438200 0.75319742
## [31] 0.00000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.0000000000 0.0016978519 -0.0182708502 0.0172649312 0.0137860071
## [6] 0.0319510423 0.0041787008 0.0064381761 0.0021415127 0.0020619776
## [11] 0.0210637259 0.0050956145 0.0066730007 0.0781549669 0.0145624085
## [16] 0.0009859345 0.0240730004 0.0094069998 0.0020744955 0.0090322447
## [21] 0.0124893452 0.0008221475 0.0304833553 0.0730692097 0.0112322312
## [26] 0.0138395929 0.0211715322 0.1038850890 0.0126353325 0.0456817228
## [31] 0.4034635792 1.0000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.0000000000 0.001697852 -0.018270850 0.017264931 0.013786007
## [6] 0.031951042 0.004178701 0.017264931 0.013786007 0.031951042
## [11] 0.021063726 0.013786007 0.031951042 0.078154967 0.031951042
## [16] 0.031951042 0.024073000 0.013786007 0.031951042 0.078154967
## [21] 0.031951042 0.031951042 0.078154967 0.073069210 0.031951042
## [26] 0.078154967 0.078154967 0.103885089 0.031951042 0.078154967
## [31] 0.403463579 1.000000000
##
## Comprobación
resx_m$vcs_vxixj + resx_m$ecs_vxixj

## [1] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [8] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [15] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357
## [22] 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2835357 0.2931207 0.2867613 0.2712847
## [29] 0.2791741 0.2866511 0.2835357
```

Comparación entre el procedimiento Completo y el de Muestreo

Con media de diferencias de rangos en valor absoluto

```
#####
##### COMPARACIÓN ENTRE PROCEDIMIENTOS COMPLETOS Y DE MUESTREO
## media de diferencias de rangos en valor absoluto

diferencias_modelos = resx$vcs_vxixj - resx_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)

##      Min.      1st Qu.      Median      Mean      3rd Qu.      Max.
## -0.0083970  0.0000000  0.0000000  0.0002748  0.0000000  0.0109800

df_dif = data.frame(resx$vcs_vxixj, resx_m$vcs_vxixj,
diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.vcs_vxixj resx_m.vcs_vxixj diferencias_modelos
## 1      0.114396330      0.114396330      0.000000000
## 2      0.012952399      0.012952399      0.000000000
## 3      0.003582568      0.003582568      0.000000000
## 4      0.029455132      0.029455132      0.000000000
## 5      0.006002885      0.006002885      0.000000000
## 6      0.131272748      0.131272748      0.000000000
## 7      0.121163636      0.121163636      0.000000000
## 8      0.164569192      0.164569192      0.000000000
## 9      0.129042335      0.129042335      0.000000000
## 10     0.016768076      0.016768076      0.000000000
## 11     0.045948707      0.045948707      0.000000000
## 12     0.021516249      0.021516249      0.000000000
## 13     0.033625893      0.033625893      0.000000000
## 14     0.012252674      0.012252674      0.000000000
## 15     0.042283572      0.042283572      0.000000000
## 16     0.138552710      0.138552710      0.000000000
## 17     0.189115748      0.189115748      0.000000000
## 18     0.170639440      0.170639440      0.000000000
## 19     0.173816726      0.173816726      0.000000000
## 20     0.139921650      0.139921650      0.000000000
## 21     0.192013070      0.192013070      0.000000000
## 22     0.050937220      0.050937220      0.000000000
## 23     0.028606340      0.028606340      0.000000000
## 24     0.063163564      0.063163564      0.000000000
## 25     0.050306365      0.050306365      0.000000000
## 26     0.200122580      0.208519843      -0.0083972632
## 27     0.186233267      0.186547432      -0.0003141650
## 28     0.258977637      0.248000991      0.0109766459
## 29     0.207742438      0.201376985      0.0063654523
## 30     0.072979674      0.073092706      -0.0001130319
## 31     0.283535704      0.283535704      0.000000000
```

```
diferencias_modelos = resx$Vijk - resx_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
## -0.008518  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010980
```

```
df_dif = data.frame(resx$Vijk, resx_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.Vijk  resx_m.Vijk  diferencias_modelos
## 1  0.1143963300  0.1143963300      0.000000000
## 2  0.0129523994  0.0129523994      0.000000000
## 3  0.0035825679  0.0035825679      0.000000000
## 4  0.0294551319  0.0294551319      0.000000000
## 5  0.0060028853  0.0060028853      0.000000000
## 6  0.0039240187  0.0039240187      0.000000000
## 7  0.0031847386  0.0031847386      0.000000000
## 8  0.0207177298  0.0207177298      0.000000000
## 9  0.0086431196  0.0086431196      0.000000000
## 10 0.0002331082  0.0002331082      0.000000000
## 11 0.0035411753  0.0035411753      0.000000000
```

```
## 12 0.0025609639 0.0025609639 0.0000000000
## 13 0.0005881935 0.0005881935 0.0000000000
## 14 0.0026672203 0.0026672203 0.0000000000
## 15 0.0068255551 0.0068255551 0.0000000000
## 16 0.0002795476 0.0002795476 0.0000000000
## 17 0.0041289628 0.0041289628 0.0000000000
## 18 0.0221597236 0.0221597236 0.0000000000
## 19 0.0018920340 0.0018920340 0.0000000000
## 20 0.0014447886 0.0014447886 0.0000000000
## 21 0.0059723184 0.0059723184 0.0000000000
## 22 0.0005846443 0.0005846443 0.0000000000
## 23 0.0006071953 0.0006071953 0.0000000000
## 24 0.0018254528 0.0018254528 0.0000000000
## 25 0.0011848109 0.0011848109 0.0000000000
## 26 0.0006619981 0.0090592613 -0.0083972632
## 27 0.0035946602 0.0039088252 -0.0003141650
## 28 0.0158718703 0.0048952244 0.0109766459
## 29 0.0011850139 -0.0051804384 0.0063654523
## 30 0.0003683697 0.0004814016 -0.0001130319
## 31 0.0024991762 0.0110168142 -0.0085176380
```

Ponderación por distancias con los eficientes adaptado al análisis DEA

```
#####
##### Cálculo de Medidas de agregación por distancias

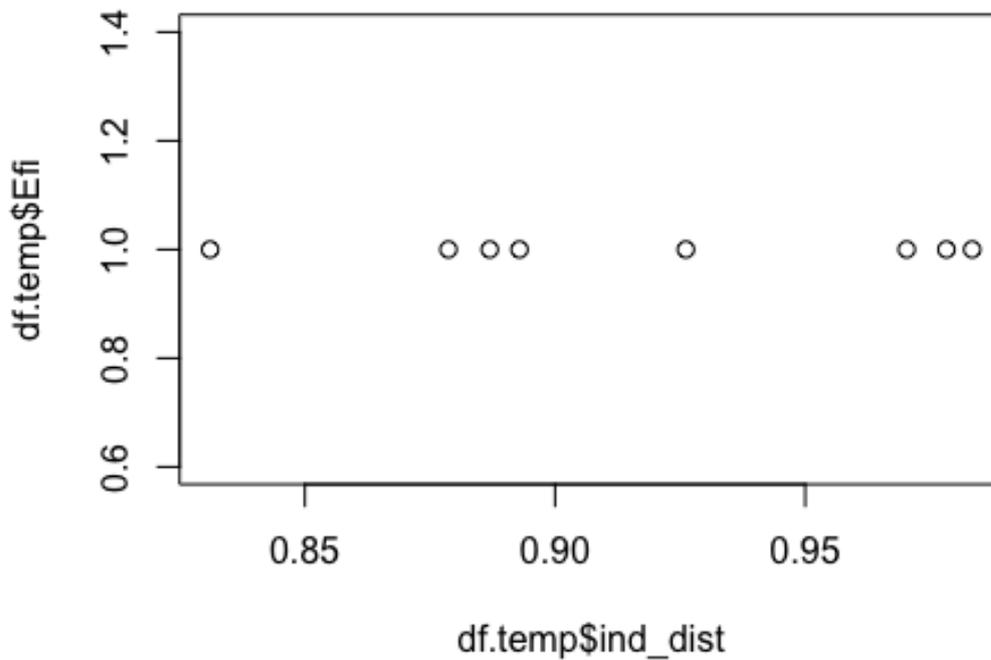
resDistnuevo = func_Distancias_con_pesos_Ind(pesos.outputs)
round(resDistnuevo$m_ic,5)

## [1] 0.04743 0.41432 0.09361 0.23013 0.26668

ind_distancias_nuevo = (as.matrix(datos.outputs) %*% resDistnuevo$m_ic)

df.temp = data.frame(id = idsUds,
                     ind_dist = ind_distancias_nuevo,
                     Efi = resDEA09$eficiencias[filas_efi],
                     NumD = colSums(t(as.matrix(datos.outputs) *
pesos.outputs) ),
                     NumcPeer =
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

plot(df.temp$ind_dist,df.temp$Efi)
```



Indicador Compuesto

```
print(knitr::kable(df.temp,digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 132 | BI001 | 0.8787 | 1 | 1 | 7 |
| 148 | BI017 | 0.9261 | 1 | 1 | 8 |
| 149 | BI018 | 0.8929 | 1 | 1 | 4 |
| 153 | BI022 | 0.9782 | 1 | 1 | 5 |
| 159 | BI028 | 0.9703 | 1 | 1 | 12 |
| 160 | BI032 | 0.8311 | 1 | 1 | 4 |
| 162 | BI034 | 0.8869 | 1 | 1 | 6 |
| 166 | BI038 | 0.9834 | 1 | 1 | 4 |

Presentamos con ordenación respecto al **Ind_dist**:

```
print(knitr::kable(df.temp[order(df.temp[,2],decreasing = T),],digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 166 | BI038 | 0.9834 | 1 | 1 | 4 |
| 153 | BI022 | 0.9782 | 1 | 1 | 5 |
| 159 | BI028 | 0.9703 | 1 | 1 | 12 |
| 148 | BI017 | 0.9261 | 1 | 1 | 8 |
| 149 | BI018 | 0.8929 | 1 | 1 | 4 |
| 162 | BI034 | 0.8869 | 1 | 1 | 6 |
| 132 | BI001 | 0.8787 | 1 | 1 | 7 |
| 160 | BI032 | 0.8311 | 1 | 1 | 4 |

Cálculos para todas las unidades

```

ind_distancias_nuevo_todos = t(as.matrix(resDEA09$datos.outputs) %*%
resDistnuevo$m_ic)
ind_distancias_nuevo_todos = as.numeric(ind_distancias_nuevo_todos)
names(ind_distancias_nuevo_todos) = resDEA09$idsUds
ind_distancias_nuevo_todos

##      BI001      BI002      BI003      BI004      BI005      BI006      BI007
## 0.8786889 0.9476224 0.8653405 0.8515281 0.9204666 0.7556384 0.8832513
##      BI008      BI009      BI010      BI011      BI012      BI013      BI014
## 0.9731739 0.8631266 0.9316934 0.9664209 0.8255426 0.7837315 0.9459596
##      BI015      BI016      BI017      BI018      BI020      BI021      BI022
## 0.8634458 0.8001791 0.9261472 0.8928928 0.9044334 0.9402710 0.9782290
##      BI025      BI026      BI027      BI028      BI032      BI034      BI035
## 0.8856854 0.9644389 0.8347594 0.9702828 0.8310564 0.8869452 0.8271530
##      BI036      BI037      BI038
## 0.9386764 0.9405661 0.9833770
    
```

Anexo 14. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (SOCIOHUMANISTICA)

Escenario Específico con datos normalizados (escenario09)

```
load('Carlos_Datos.RData')
BASE = CARLOS_BASE
filas = which(CARLOS_BASE$Area_.Academica=="SOCIOHUMANISTICA")
ind.outputs = c(13,16,18,17,15)
filas2 = filas[BASE[filas,13]>6]
filas = filas2

var.inputs = matrix(rep(1,length(filas)),ncol=1)
var.outputs = BASE[filas,ind.outputs]
MinVar = apply(var.outputs, 2, min)
MaxVar = apply(var.outputs, 2, max)
var.outputs[,1] = var.outputs[,1]/MaxVar[1]
var.outputs[,2] = MinVar[2]/var.outputs[,2]
var.outputs[,3] = var.outputs[,3]/MaxVar[3]
var.outputs[,4] = var.outputs[,4]/MaxVar[4]
var.outputs[,5] = var.outputs[,5]/MaxVar[5]
orientacion = 2
modelo = 1
idsUds = BASE[filas,3]

print(knitr::kable(head(var.outputs),digits=4))
```

| | ALUMAT | NOTA_MEDIA_SUPUESTA | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|-----|--------|---------------------|---------------|---------|----------|
| 167 | 0.0864 | 0.9512 | 0.9128 | 0.8571 | 0.8499 |
| 168 | 0.0679 | 0.9613 | 0.7012 | 0.0909 | 0.7775 |
| 169 | 0.0802 | 0.9613 | 0.7390 | 0.3846 | 0.8365 |
| 170 | 0.5926 | 0.9613 | 0.7653 | 0.7083 | 0.8794 |
| 172 | 0.0679 | 0.9512 | 0.9334 | 0.4545 | 0.8686 |
| 174 | 0.0802 | 0.9803 | 0.8232 | 0.9231 | 0.8257 |

Resolución DEA

```
source("informeexcelDEA.R")

ficheroexcel = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09SOC.xlsx"
ficheroRData = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09SOC.RData"

load(file=ficheroRData)
```

Cálculo de influencia (rangos medios dif. valor absoluto)**Paso 1**

```

source("influenciaTODO_solofunciones.R")

filas_efi = which(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers>10)
(idsUds = resDEA09$idsUds[filas_efi])

## [1] "SH004" "SH008" "SH019" "SH025" "SH031" "SH044" "SH046" "SH071"
## [9] "SH094" "SH113" "SH138" "SH162" "SH163" "SH207" "SH209" "SH236"

pesos.inputs = resDEA09$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA09$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA09$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA09$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2,"output","input")

(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

## L4 L6 L16 L22 L28 L38 L39 L64 L84 L99 L121 L145 L146 L181 L183
## 118 24 16 56 21 25 24 13 14 15 64 15 95 15 78
## L209
## 24

v_Rangos_Ref = rank(-
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:

## solamente variables outputs como función lineal (no como cociente)
m_pesos = pesos.outputs
m_valores = as.matrix(datos.outputs)

```

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09SOC_DatosSalida.RData")
```

Paso 2

```

#####
### Cálculo de los Rangos Medios respecto a los Rangos de Referencia
#####

m_RangosSinteticos = res2$RangosSinteticos

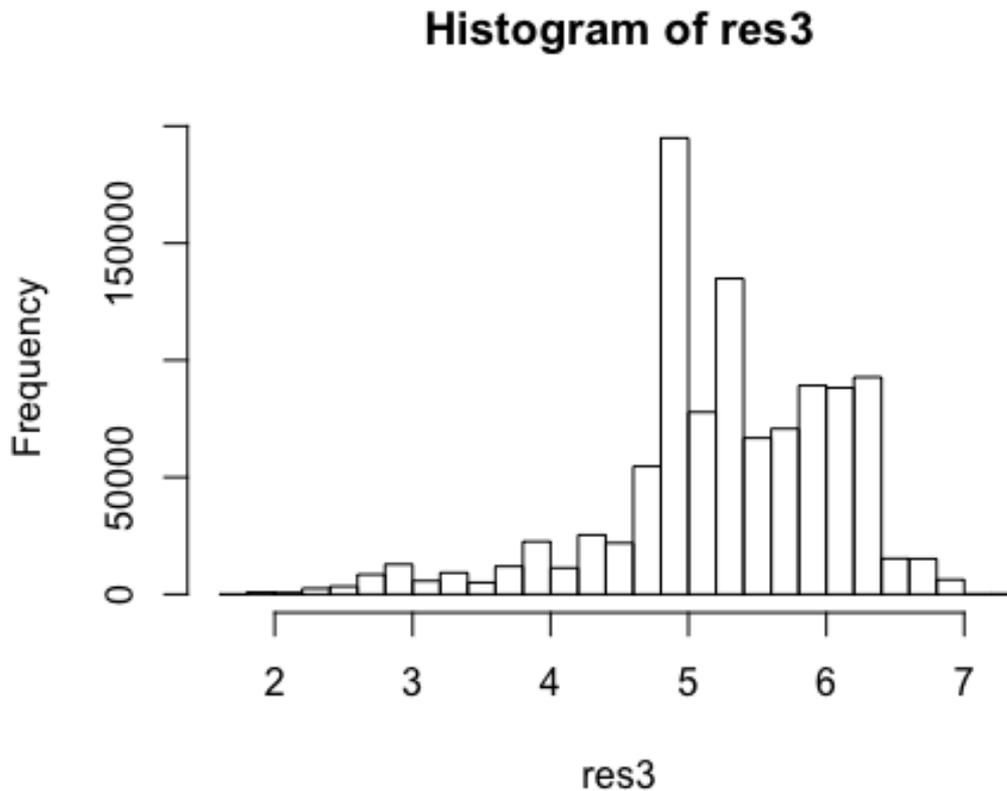
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09bSOC_DatosSalida.RData")

```

```
summary(res3)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  1.625  5.000   5.250   5.286  6.000   7.250
```

```
hist(res3)
```



Paso 3

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09cSOC_DatosSalida.RData")
```

```
resx
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.04190315 0.11312444 0.18497650 0.05101366 0.06173339 0.16476606
## [7] 0.24139417 0.09758845 0.12142836 0.31504132 0.16819671 0.18407290
## [13] 0.24187619 0.27423215 0.13131872 0.38646203 0.22751056 0.26224082
## [19] 0.30469971 0.35689428 0.20456457 0.37739457 0.42491165 0.27112889
## [25] 0.35342660 0.46292273 0.53919643 0.37562886 0.45423015 0.52883177
## [31] 0.68649182
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.6445887 0.5733674 0.5015153 0.6354782 0.6247584 0.5217258 0.4450976
## [8] 0.5889034 0.5650635 0.3714505 0.5182951 0.5024189 0.4446156 0.4122597
## [15] 0.5551731 0.3000298 0.4589813 0.4242510 0.3817921 0.3295975 0.4819273
```

```

## [22] 0.3090973 0.2615802 0.4153629 0.3330652 0.2235691 0.1472954 0.3108630
## [29] 0.2322617 0.1576601 0.0000000
##
## $combinaciones
## [1] "1"      "2"      "3"      "4"      "5"
## [6] "1,2"   "1,3"   "1,4"   "1,5"   "2,3"
## [11] "2,4"   "2,5"   "3,4"   "3,5"   "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5

```

```

## [5,] 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
## [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,] 1 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 0.041903150 0.113124440 0.184976504 0.051013656 0.061733387
## [6] 0.009738473 0.014514519 0.004671639 0.017791822 0.016940374
## [11] 0.004058611 0.009215074 0.005886030 0.027522255 0.018571674
## [16] 0.005264573 0.003000591 0.008734478 0.001734208 0.008452643
## [21] 0.008879238 0.001394952 0.011399619 0.013412044 0.003723092
## [26] 0.004701011 0.007885123 0.009780580 0.002856333 0.005860056
## [31] 0.007751672
##
## $V_de_Y
## [1] 0.6864918
##
## $Sijk
## [1] 0.061039548 0.164786289 0.269451869 0.074310655 0.089925889
## [6] 0.014185854 0.021143033 0.006805090 0.025917019 0.024676731
## [11] 0.005912103 0.013423429 0.008574071 0.040091163 0.027053015
## [16] 0.007668807 0.004370906 0.012723354 0.002526188 0.012312810
## [21] 0.012934222 0.002032001 0.016605615 0.019537078 0.005423360
## [26] 0.006847876 0.011486113 0.014247191 0.004160767 0.008536235
## [31] 0.011291718
##
## $STijk
## [1] 0.9389605 0.8352137 0.7305481 0.9256893 0.9100741 0.7599883 0.6483656
## [8] 0.8578447 0.8231175 0.5410851 0.7549910 0.7318644 0.6476634 0.6005311
## [15] 0.8087104 0.4370479 0.6685896 0.6179986 0.5561495 0.4801187 0.7020146
## [22] 0.4502563 0.3810390 0.6050515 0.4851700 0.3256690 0.2145625 0.4528284
## [29] 0.3383313 0.2296605 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000000 0.008536235 0.004160767 0.014247191 0.011486113
## [6] 0.006847876 0.005423360 0.019537078 0.016605615 0.002032001
## [11] 0.012934222 0.012312810 0.002526188 0.012723354 0.004370906
## [16] 0.007668807 0.027053015 0.040091163 0.008574071 0.013423429
## [21] 0.005912103 0.024676731 0.025917019 0.006805090 0.021143033
## [26] 0.014185854 0.089925889 0.074310655 0.269451869 0.164786289
## [31] 0.061039548 1.000000000
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000000 0.008536235 0.004160767 0.014247191 0.011486113
## [6] 0.006847876 0.008536235 0.019537078 0.016605615 0.008536235

```

```
## [11] 0.014247191 0.012312810 0.006847876 0.014247191 0.014247191
## [16] 0.011486113 0.027053015 0.040091163 0.008574071 0.019537078
## [21] 0.019537078 0.024676731 0.025917019 0.014247191 0.021143033
## [26] 0.014247191 0.089925889 0.074310655 0.269451869 0.164786289
## [31] 0.061039548 1.000000000
```

```
resnuevo = func_construye_mus_alg01(resx)
resx$mu_ijk = resnuevo$mu_ijk
resx$mu_ijk_corregidos = resnuevo$mu_ijk_corregidos
```

```
## Comprobación
resx$vcs_vxixj + resx$ecs_vxixj
```

```
## [1] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [8] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [15] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [22] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [29] 0.6864918 0.6864918 0.6864918
```

Cálculos de Capacidad y IndSintetico_IntChoquet

```
(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))
```

```
##      capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.061040
## {2}     0.164786
## {3}     0.269452
## {4}     0.074311
## {5}     0.089926
## {1,2}   0.240012
## {1,3}   0.351634
## {1,4}   0.142155
## {1,5}   0.176882
## {2,3}   0.458915
## {2,4}   0.245009
## {2,5}   0.268136
## {3,4}   0.352337
## {3,5}   0.399469
## {4,5}   0.191290
## {1,2,3} 0.562952
## {1,2,4} 0.331410
## {1,2,5} 0.382001
## {1,3,4} 0.443850
## {1,3,5} 0.519881
## {1,4,5} 0.297985
## {2,3,4} 0.549744
## {2,3,5} 0.618961
## {2,4,5} 0.394948
## {3,4,5} 0.514830
## {1,2,3,4} 0.674331
## {1,2,3,5} 0.785438
## {1,2,4,5} 0.547172
## {1,3,4,5} 0.661669
```

```
## {2,3,4,5}          0.770340
## {1,2,3,4,5}       1.000000
```

Obtención del nuevo indicador sintético

```
N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

## [1] 0.7103903 0.5141108 0.5807636 0.7610888 0.6547156 0.6868561
0.5689337
## [8] 0.6353018 0.7218235 0.6941972 0.8419356 0.6926449 0.6333231
0.6568305
## [15] 0.6448341 0.6976081
```

Ahora sobre todas las unidades

```
N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(resDEA09$datos.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

##      SH001      SH002      SH003      SH004      SH006      SH008      SH009
## 0.7103903 0.5141108 0.5807636 0.7610888 0.6547156 0.6868561 0.5689337
##      SH010      SH011      SH012      SH013      SH014      SH015      SH017
## 0.6353018 0.7218235 0.6941972 0.8419356 0.6926449 0.6333231 0.6568305
##      SH018      SH019      SH020      SH021      SH022      SH023      SH024
## 0.6448341 0.6976081 0.7141683 0.5836893 0.5227130 0.6586368 0.6379210
##      SH025      SH026      SH027      SH028      SH029      SH030      SH031
## 0.6175474 0.6690248 0.7100176 0.6961324 0.6842158 0.6022716 0.7504447
##      SH032      SH033      SH034      SH035      SH036      SH037      SH038
## 0.7510964 0.7030486 0.6700550 0.7023199 0.6701600 0.7054289 0.6519003
##      SH040      SH041      SH044      SH046      SH047      SH048      SH049
## 0.6548234 0.7004105 0.7153071 0.7208224 0.6402916 0.6822011 0.6267212
##      SH050      SH051      SH052      SH053      SH054      SH055      SH056
## 0.6432438 0.7047319 0.8219414 0.7947497 0.7357230 0.7112406 0.8344728
##      SH057      SH058      SH059      SH060      SH061      SH062      SH063
## 0.7586583 0.7564885 0.8030162 0.7722900 0.7384547 0.7699193 0.7327969
##      SH064      SH065      SH066      SH067      SH068      SH069      SH070
## 0.7002802 0.8140492 0.8166584 0.7919512 0.8177749 0.8194215 0.7742410
##      SH071      SH072      SH073      SH074      SH075      SH076      SH077
## 0.9044998 0.8242913 0.7753113 0.7614105 0.7754464 0.7494592 0.8018342
##      SH078      SH079      SH080      SH081      SH082      SH083      SH084
## 0.7925651 0.8205699 0.7205482 0.8022126 0.6902799 0.8183979 0.8344391
##      SH085      SH086      SH087      SH091      SH092      SH093      SH094
## 0.8202253 0.7504372 0.7901435 0.7248353 0.7939241 0.7432500 0.7069428
```

```

##      SH095      SH096      SH097      SH098      SH099      SH100      SH101
## 0.7468786 0.5423468 0.7577657 0.7310097 0.7532721 0.7886953 0.7538449
##      SH104      SH107      SH108      SH109      SH110      SH111      SH112
## 0.7589251 0.7692472 0.7148479 0.7467851 0.7758543 0.6492811 0.7289720
##      SH113      SH114      SH115      SH116      SH117      SH118      SH119
## 0.7704432 0.7390671 0.7358349 0.6284439 0.7422951 0.7548304 0.7067648
##      SH122      SH123      SH125      SH126      SH127      SH128      SH129
## 0.6934713 0.7122528 0.6602697 0.6458921 0.6326458 0.7183068 0.6531218
##      SH130      SH131      SH132      SH133      SH134      SH135      SH136
## 0.6633826 0.6810572 0.7122583 0.6248316 0.7297280 0.6899818 0.6937283
##      SH137      SH138      SH139      SH140      SH141      SH142      SH143
## 0.7069823 0.6779206 0.6947125 0.6539866 0.8090759 0.6807478 0.6621676
##      SH144      SH145      SH146      SH147      SH148      SH149      SH150
## 0.7798296 0.7518563 0.7043293 0.7798452 0.6192894 0.7475188 0.7234365
##      SH151      SH152      SH153      SH154      SH155      SH156      SH157
## 0.7732472 0.6428793 0.6494486 0.7338687 0.7710137 0.6834097 0.7675219
##      SH158      SH159      SH160      SH161      SH162      SH163      SH164
## 0.6720575 0.7533662 0.8086192 0.8012193 0.8831483 0.7927925 0.7078480
##      SH165      SH166      SH172      SH173      SH174      SH175      SH176
## 0.6357167 0.6630122 0.6441419 0.8046162 0.6999312 0.7482392 0.8584370
##      SH177      SH178      SH179      SH180      SH181      SH182      SH183
## 0.6866968 0.7353044 0.6001283 0.6664134 0.6465106 0.6478890 0.6917844
##      SH184      SH185      SH186      SH187      SH188      SH189      SH191
## 0.6394253 0.6799324 0.6879292 0.6600017 0.6663806 0.6898496 0.7078514
##      SH192      SH193      SH194      SH195      SH196      SH197      SH198
## 0.6840390 0.7999838 0.7462948 0.7153869 0.6759901 0.6724522 0.6938873
##      SH199      SH200      SH202      SH203      SH206      SH207      SH208
## 0.7789357 0.7644546 0.7253512 0.7405100 0.6851783 0.8026958 0.6450975
##      SH209      SH210      SH211      SH212      SH213      SH214      SH215
## 0.8445669 0.7695205 0.7082465 0.7251668 0.7913585 0.7332523 0.7453357
##      SH216      SH217      SH218      SH219      SH220      SH221      SH222
## 0.7528194 0.7286007 0.7052309 0.6629149 0.7787658 0.8652165 0.6681163
##      SH223      SH224      SH225      SH226      SH227      SH228      SH229
## 0.7102710 0.6909481 0.6188518 0.6638523 0.5632204 0.5694460 0.6873241
##      SH230      SH231      SH232      SH234      SH235      SH236
## 0.6277196 0.6427353 0.6184793 0.6926371 0.6489692 0.6227878
    
```

Presentación

```

df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
                     Sijk = resx$Sijk,
                     STijk = resx$STijk,
                     muijk = resx$mu_ijk)
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))
    
```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.0419 | 0.0610 | 0.9390 | 0.0610 |
| 2 | 0.1131 | 0.1648 | 0.8352 | 0.1648 |
| 3 | 0.1850 | 0.2695 | 0.7305 | 0.2695 |
| 4 | 0.0510 | 0.0743 | 0.9257 | 0.0743 |
| 5 | 0.0617 | 0.0899 | 0.9101 | 0.0899 |
| 1,2 | 0.0097 | 0.0142 | 0.7600 | 0.2400 |
| 1,3 | 0.0145 | 0.0211 | 0.6484 | 0.3516 |

| | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1,4 | 0.0047 | 0.0068 | 0.8578 | 0.1422 |
| 1,5 | 0.0178 | 0.0259 | 0.8231 | 0.1769 |
| 2,3 | 0.0169 | 0.0247 | 0.5411 | 0.4589 |
| 2,4 | 0.0041 | 0.0059 | 0.7550 | 0.2450 |
| 2,5 | 0.0092 | 0.0134 | 0.7319 | 0.2681 |
| 3,4 | 0.0059 | 0.0086 | 0.6477 | 0.3523 |
| 3,5 | 0.0275 | 0.0401 | 0.6005 | 0.3995 |
| 4,5 | 0.0186 | 0.0271 | 0.8087 | 0.1913 |
| 1,2,3 | 0.0053 | 0.0077 | 0.4370 | 0.5630 |
| 1,2,4 | 0.0030 | 0.0044 | 0.6686 | 0.3314 |
| 1,2,5 | 0.0087 | 0.0127 | 0.6180 | 0.3820 |
| 1,3,4 | 0.0017 | 0.0025 | 0.5561 | 0.4439 |
| 1,3,5 | 0.0085 | 0.0123 | 0.4801 | 0.5199 |
| 1,4,5 | 0.0089 | 0.0129 | 0.7020 | 0.2980 |
| 2,3,4 | 0.0014 | 0.0020 | 0.4503 | 0.5497 |
| 2,3,5 | 0.0114 | 0.0166 | 0.3810 | 0.6190 |
| 2,4,5 | 0.0134 | 0.0195 | 0.6051 | 0.3949 |
| 3,4,5 | 0.0037 | 0.0054 | 0.4852 | 0.5148 |
| 1,2,3,4 | 0.0047 | 0.0068 | 0.3257 | 0.6743 |
| 1,2,3,5 | 0.0079 | 0.0115 | 0.2146 | 0.7854 |
| 1,2,4,5 | 0.0098 | 0.0142 | 0.4528 | 0.5472 |
| 1,3,4,5 | 0.0029 | 0.0042 | 0.3383 | 0.6617 |
| 2,3,4,5 | 0.0059 | 0.0085 | 0.2297 | 0.7703 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0078 | 0.0113 | 0.0000 | 1.0000 |

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice orness e Índices de interacción

mus

```
##          capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.061040
## {2}         0.164786
## {3}         0.269452
## {4}         0.074311
## {5}         0.089926
## {1,2}       0.240012
## {1,3}       0.351634
## {1,4}       0.142155
## {1,5}       0.176882
## {2,3}       0.458915
## {2,4}       0.245009
## {2,5}       0.268136
## {3,4}       0.352337
## {3,5}       0.399469
```

```
## {4,5}          0.191290
## {1,2,3}       0.562952
## {1,2,4}       0.331410
## {1,2,5}       0.382001
## {1,3,4}       0.443850
## {1,3,5}       0.519881
## {1,4,5}       0.297985
## {2,3,4}       0.549744
## {2,3,5}       0.618961
## {2,4,5}       0.394948
## {3,4,5}       0.514830
## {1,2,3,4}     0.674331
## {1,2,3,5}     0.785438
## {1,2,4,5}     0.547172
## {1,3,4,5}     0.661669
## {2,3,4,5}     0.770340
## {1,2,3,4,5}  1.000000
```

(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))

```
## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.061040
## {2}         0.164786
## {3}         0.269452
## {4}         0.074311
## {5}         0.089926
## {1,2}       0.014186
## {1,3}       0.021143
## {1,4}       0.006805
## {1,5}       0.025917
## {2,3}       0.024677
## {2,4}       0.005912
## {2,5}       0.013423
## {3,4}       0.008574
## {3,5}       0.040091
## {4,5}       0.027053
## {1,2,3}     0.007669
## {1,2,4}     0.004371
## {1,2,5}     0.012723
## {1,3,4}     0.002526
## {1,3,5}     0.012313
## {1,4,5}     0.012934
## {2,3,4}     0.002032
## {2,3,5}     0.016606
## {2,4,5}     0.019537
## {3,4,5}     0.005423
## {1,2,3,4}   0.006848
## {1,2,3,5}   0.011486
## {1,2,4,5}   0.014247
## {1,3,4,5}   0.004161
## {2,3,4,5}   0.008536
```

```
## {1,2,3,4,5}      0.011292
##
## $Indice_Shapley
##      1      2      3      4      5
## 0.1240210 0.2274023 0.3422334 0.1247971 0.1815463
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.3909832
##
## $Indice_Interaccion
##      1      2      3      4      5
## 1      NA 0.04025071 0.04271812 0.02796229 0.05768983
## 2 0.04025071      NA 0.04960961 0.03158213 0.05210256
## 3 0.04271812 0.04960961      NA 0.02290274 0.06814602
## 4 0.02796229 0.03158213 0.02290274      NA 0.05780467
## 5 0.05768983 0.05210256 0.06814602 0.05780467      NA
```

Para Shapley

Obtención del nuevo indicador sintético

Ahora sobre todas las unidades

```
N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro2=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro2) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {
  I_Nuestro2[i] =
  sum(resDEA09$datos.outputs[i,]*IndTransf$Indice_Shapley)
}
I_Nuestro2
```

| | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ## | SH001 | SH002 | SH003 | SH004 | SH006 | SH008 | SH009 |
| ## | 0.8006569 | 0.6194854 | 0.6813142 | 0.8020390 | 0.7585971 | 0.7797073 | 0.6660553 |
| ## | SH010 | SH011 | SH012 | SH013 | SH014 | SH015 | SH017 |
| ## | 0.7296981 | 0.8142322 | 0.7660318 | 0.8651680 | 0.7816591 | 0.6910542 | 0.7461344 |
| ## | SH018 | SH019 | SH020 | SH021 | SH022 | SH023 | SH024 |
| ## | 0.7411733 | 0.7949791 | 0.8070099 | 0.6775918 | 0.6300377 | 0.7485770 | 0.7246705 |
| ## | SH025 | SH026 | SH027 | SH028 | SH029 | SH030 | SH031 |
| ## | 0.7224733 | 0.7411077 | 0.7882395 | 0.7583443 | 0.7454108 | 0.6778716 | 0.7973093 |
| ## | SH032 | SH033 | SH034 | SH035 | SH036 | SH037 | SH038 |
| ## | 0.7961167 | 0.7668260 | 0.7588979 | 0.7742745 | 0.7334034 | 0.7712843 | 0.7200305 |
| ## | SH040 | SH041 | SH044 | SH046 | SH047 | SH048 | SH049 |
| ## | 0.7241868 | 0.7659278 | 0.7884184 | 0.7787206 | 0.7145154 | 0.7567409 | 0.7016309 |
| ## | SH050 | SH051 | SH052 | SH053 | SH054 | SH055 | SH056 |
| ## | 0.7131723 | 0.7780680 | 0.8399452 | 0.8253164 | 0.7874074 | 0.7650433 | 0.8542182 |
| ## | SH057 | SH058 | SH059 | SH060 | SH061 | SH062 | SH063 |
| ## | 0.7989446 | 0.8155140 | 0.8408049 | 0.8099210 | 0.7785337 | 0.8099745 | 0.7776205 |
| ## | SH064 | SH065 | SH066 | SH067 | SH068 | SH069 | SH070 |
| ## | 0.7514228 | 0.8421407 | 0.8416865 | 0.8371179 | 0.8442483 | 0.8441200 | 0.8140523 |
| ## | SH071 | SH072 | SH073 | SH074 | SH075 | SH076 | SH077 |
| ## | 0.9280316 | 0.8536764 | 0.8106057 | 0.8126947 | 0.8137513 | 0.7961053 | 0.8293972 |
| ## | SH078 | SH079 | SH080 | SH081 | SH082 | SH083 | SH084 |
| ## | 0.8190396 | 0.8456651 | 0.7741416 | 0.8492311 | 0.7374892 | 0.8568963 | 0.8676730 |
| ## | SH085 | SH086 | SH087 | SH091 | SH092 | SH093 | SH094 |

```
## 0.8684906 0.7993362 0.8298608 0.7787675 0.8300591 0.7875947 0.7820903
## SH095 SH096 SH097 SH098 SH099 SH100 SH101
## 0.8027721 0.6349448 0.8194526 0.7792348 0.7993080 0.8228592 0.8159215
## SH104 SH107 SH108 SH109 SH110 SH111 SH112
## 0.8084202 0.8171670 0.7791271 0.8049461 0.8117108 0.7339855 0.8145658
## SH113 SH114 SH115 SH116 SH117 SH118 SH119
## 0.8432207 0.8036113 0.7998631 0.7146462 0.8007887 0.7931110 0.7884253
## SH122 SH123 SH125 SH126 SH127 SH128 SH129
## 0.7620424 0.7760628 0.7314844 0.7383412 0.7317236 0.7986655 0.7380077
## SH130 SH131 SH132 SH133 SH134 SH135 SH136
## 0.7508500 0.7608375 0.7978595 0.7088953 0.7801364 0.7616860 0.7852130
## SH137 SH138 SH139 SH140 SH141 SH142 SH143
## 0.7903685 0.7643157 0.7794509 0.7447082 0.8373090 0.7540603 0.7530783
## SH144 SH145 SH146 SH147 SH148 SH149 SH150
## 0.8151211 0.7926564 0.7914851 0.8296734 0.7192978 0.8045696 0.7752002
## SH151 SH152 SH153 SH154 SH155 SH156 SH157
## 0.8096822 0.7086223 0.7110928 0.7979164 0.8115122 0.7498555 0.8204844
## SH158 SH159 SH160 SH161 SH162 SH163 SH164
## 0.7467860 0.7997783 0.8489537 0.8644884 0.9083450 0.8527793 0.7618142
## SH165 SH166 SH172 SH173 SH174 SH175 SH176
## 0.7044776 0.7401323 0.7031430 0.8477385 0.7529770 0.8076515 0.8663234
## SH177 SH178 SH179 SH180 SH181 SH182 SH183
## 0.7360789 0.7811017 0.6945312 0.7608988 0.7362699 0.7248587 0.7893167
## SH184 SH185 SH186 SH187 SH188 SH189 SH191
## 0.7337567 0.7670156 0.7877434 0.7498162 0.7602565 0.7805407 0.7681904
## SH192 SH193 SH194 SH195 SH196 SH197 SH198
## 0.7467553 0.8262468 0.7878652 0.7690471 0.7492782 0.7442224 0.7481897
## SH199 SH200 SH202 SH203 SH206 SH207 SH208
## 0.8247737 0.8007897 0.8003832 0.8184939 0.7483603 0.8422637 0.7256767
## SH209 SH210 SH211 SH212 SH213 SH214 SH215
## 0.8789259 0.8094698 0.7819762 0.7859340 0.8193499 0.7736793 0.7991033
## SH216 SH217 SH218 SH219 SH220 SH221 SH222
## 0.8089472 0.8049640 0.7785312 0.7243074 0.8152664 0.8838894 0.7512144
## SH223 SH224 SH225 SH226 SH227 SH228 SH229
## 0.7761503 0.7622750 0.6994814 0.7512451 0.6633385 0.6710046 0.7913846
## SH230 SH231 SH232 SH234 SH235 SH236
## 0.7216641 0.7413144 0.7092224 0.7839079 0.7397897 0.7126111
```

Procedimiento de Muestreo

Cálculo de Influencia (rangos medios media.dif.valoresabsoluto)

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09dSOC_DatosSalida.RData")
```

```
resx_m
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.04190315 0.11312444 0.18497650 0.05101366 0.06173339 0.16476606
## [7] 0.24139417 0.09758845 0.12142836 0.31504132 0.16819671 0.18407290
## [13] 0.24187619 0.27423215 0.13131872 0.38115266 0.22066526 0.25686103
## [19] 0.31672550 0.39032805 0.18982636 0.36569872 0.43372262 0.29238601
## [25] 0.33363429 0.46707238 0.53272609 0.37356403 0.45402223 0.52260581
## [31] 0.68649182
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.6445887 0.5733674 0.5015153 0.6354782 0.6247584 0.5217258 0.4450976
## [8] 0.5889034 0.5650635 0.3714505 0.5182951 0.5024189 0.4446156 0.4122597
```

```

## [15] 0.5551731 0.3060443 0.4419311 0.4003261 0.3774817 0.3377806 0.4539047
## [22] 0.3026227 0.2772410 0.4134187 0.3257335 0.2220043 0.1495531 0.3086718
## [29] 0.2290114 0.1536641 0.0000000
##
## $combinaciones
## [1] "1"          "2"          "3"          "4"          "5"
## [6] "1,2"       "1,3"       "1,4"       "1,5"       "2,3"
## [11] "2,4"       "2,5"       "3,4"       "3,5"       "4,5"
## [16] "1,2,3"     "1,2,4"     "1,2,5"     "1,3,4"     "1,3,5"
## [21] "1,4,5"     "2,3,4"     "2,3,5"     "2,4,5"     "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4"   "1,2,3,5"   "1,2,4,5"   "1,3,4,5"   "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5

```

```

## [4,] 1 3 4 5
## [5,] 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
## [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,] 1 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 4.190315e-02 1.131244e-01 1.849765e-01 5.101366e-02 6.173339e-02
## [6] 9.738473e-03 1.451452e-02 4.671639e-03 1.779182e-02 1.694037e-02
## [11] 4.058611e-03 9.215074e-03 5.886030e-03 2.752226e-02 1.857167e-02
## [16] -4.480226e-05 -3.844712e-03 3.354686e-03 1.376000e-02 4.188642e-02
## [21] -5.858965e-03 -1.030089e-02 2.021059e-02 3.466917e-02 -1.606921e-02
## [26] 2.067540e-02 -3.014079e-02 1.342193e-02 -8.280641e-03 1.054153e-03
## [31] 3.033790e-02
##
## $V_de_Y
## [1] 0.6864918
##
## $Sijk
## [1] 6.103955e-02 1.647863e-01 2.694519e-01 7.431065e-02 8.992589e-02
## [6] 1.418585e-02 2.114303e-02 6.805090e-03 2.591702e-02 2.467673e-02
## [11] 5.912103e-03 1.342343e-02 8.574071e-03 4.009116e-02 2.705302e-02
## [16] -6.526263e-05 -5.600522e-03 4.886709e-03 2.004394e-02 6.101517e-02
## [21] -8.534647e-03 -1.500512e-02 2.944039e-02 5.050195e-02 -2.340773e-02
## [26] 3.011747e-02 -4.390554e-02 1.955147e-02 -1.206226e-02 1.535565e-03
## [31] 4.419265e-02
##
## $STijk
## [1] 0.9389605 0.8352137 0.7305481 0.9256893 0.9100741 0.7599883 0.6483656
## [8] 0.8578447 0.8231175 0.5410851 0.7549910 0.7318644 0.6476634 0.6005311
## [15] 0.8087104 0.4458091 0.6437529 0.5831476 0.5498706 0.4920387 0.6611947
## [22] 0.4408250 0.4038519 0.6022194 0.4744900 0.3233896 0.2178512 0.4496365
## [29] 0.3335967 0.2238396 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000e+00 1.535565e-03 -1.206226e-02 1.955147e-02 -4.390554e-02
## [6] 3.011747e-02 -2.340773e-02 5.050195e-02 2.944039e-02 -1.500512e-02
## [11] -8.534647e-03 6.101517e-02 2.004394e-02 4.886709e-03 -5.600522e-03
## [16] -6.526263e-05 2.705302e-02 4.009116e-02 8.574071e-03 1.342343e-02
## [21] 5.912103e-03 2.467673e-02 2.591702e-02 6.805090e-03 2.114303e-02
## [26] 1.418585e-02 8.992589e-02 7.431065e-02 2.694519e-01 1.647863e-01
## [31] 6.103955e-02 1.000000e+00
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000000 0.001535565 -0.012062257 0.019551472 -0.043905540
## [6] 0.030117468 0.001535565 0.050501947 0.029440394 0.030117468
## [11] 0.019551472 0.061015171 0.030117468 0.019551472 0.030117468

```

```
## [16] 0.030117468 0.050501947 0.061015171 0.030117468 0.050501947
## [21] 0.050501947 0.030117468 0.061015171 0.030117468 0.061015171
## [26] 0.030117468 0.089925889 0.074310655 0.269451869 0.164786289
## [31] 0.061039548 1.000000000

## Comprobación
resx_m$vcs_vxixj + resx_m$ecs_vxixj

## [1] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [8] 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918 0.6864918
## [15] 0.6864918 0.6871970 0.6625964 0.6571871 0.6942072 0.7281086 0.6437311
## [22] 0.6683215 0.7109636 0.7058047 0.6593678 0.6890767 0.6822792 0.6822358
## [29] 0.6830336 0.6762699 0.6864918
```

Comparación entre el procedimiento Completo y el de Muestreo

Con media de diferencias de rangos en valor absoluto

```
#####
##### COMPARACIÓN ENTRE PROCEDIMIENTOS COMPLETOS Y DE MUESTREO
## media de diferencias de rangos en valor absoluto

diferencias_modelos = resx$vcs_vxixj - resx_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)

##      Min.      1st Qu.      Median      Mean      3rd Qu.      Max.
## -3.343e-02  0.000e+00  0.000e+00 -3.056e-05  3.687e-03  1.979e-02

df_dif = data.frame(resx$vcs_vxixj, resx_m$vcs_vxixj,
diferencias_modelos)
df_dif

##      resx.vcs_vxixj  resx_m.vcs_vxixj  diferencias_modelos
## 1      0.04190315      0.04190315      0.000000000
## 2      0.11312444      0.11312444      0.000000000
## 3      0.18497650      0.18497650      0.000000000
## 4      0.05101366      0.05101366      0.000000000
## 5      0.06173339      0.06173339      0.000000000
## 6      0.16476606      0.16476606      0.000000000
## 7      0.24139417      0.24139417      0.000000000
## 8      0.09758845      0.09758845      0.000000000
## 9      0.12142836      0.12142836      0.000000000
## 10     0.31504132      0.31504132      0.000000000
## 11     0.16819671      0.16819671      0.000000000
## 12     0.18407290      0.18407290      0.000000000
## 13     0.24187619      0.24187619      0.000000000
## 14     0.27423215      0.27423215      0.000000000
## 15     0.13131872      0.13131872      0.000000000
## 16     0.38646203      0.38115266      0.005309376
## 17     0.22751056      0.22066526      0.006845303
## 18     0.26224082      0.25686103      0.005379793
## 19     0.30469971      0.31672550     -0.012025791
## 20     0.35689428      0.39032805     -0.033433773
## 21     0.20456457      0.18982636      0.014738203
## 22     0.37739457      0.36569872      0.011695845
```

```
## 23    0.42491165    0.43372262    -0.008810971
## 24    0.27112889    0.29238601    -0.021257129
## 25    0.35342660    0.33363429     0.019792305
## 26    0.46292273    0.46707238    -0.004149651
## 27    0.53919643    0.53272609     0.006470341
## 28    0.37562886    0.37356403     0.002064824
## 29    0.45423015    0.45402223     0.000207917
## 30    0.52883177    0.52260581     0.006225953
## 31    0.68649182    0.68649182     0.000000000
```

```
diferencias_modelos = resx$Vijk - resx_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
## -0.033430  0.000000  0.000000  0.000000  0.005058  0.038030
```

```
df_dif = data.frame(resx$Vijk, resx_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.Vijk  resx_m.Vijk diferencias_modelos
## 1  0.041903150  4.190315e-02    0.000000000
## 2  0.113124440  1.131244e-01    0.000000000
## 3  0.184976504  1.849765e-01    0.000000000
## 4  0.051013656  5.101366e-02    0.000000000
## 5  0.061733387  6.173339e-02    0.000000000
## 6  0.009738473  9.738473e-03    0.000000000
## 7  0.014514519  1.451452e-02    0.000000000
## 8  0.004671639  4.671639e-03    0.000000000
## 9  0.017791822  1.779182e-02    0.000000000
## 10 0.016940374  1.694037e-02    0.000000000
## 11 0.004058611  4.058611e-03    0.000000000
## 12 0.009215074  9.215074e-03    0.000000000
## 13 0.005886030  5.886030e-03    0.000000000
## 14 0.027522255  2.752226e-02    0.000000000
## 15 0.018571674  1.857167e-02    0.000000000
## 16 0.005264573 -4.480226e-05    0.005309376
## 17 0.003000591 -3.844712e-03    0.006845303
## 18 0.008734478  3.354686e-03    0.005379793
## 19 0.001734208  1.376000e-02    -0.012025791
## 20 0.008452643  4.188642e-02    -0.033433773
## 21 0.008879238 -5.858965e-03    0.014738203
## 22 0.001394952 -1.030089e-02    0.011695845
## 23 0.011399619  2.021059e-02    -0.008810971
## 24 0.013412044  3.466917e-02    -0.021257129
## 25 0.003723092 -1.606921e-02    0.019792305
## 26 0.004701011  2.067540e-02    -0.015974384
## 27 0.007885123 -3.014079e-02    0.038025917
## 28 0.009780580  1.342193e-02    -0.003641346
## 29 0.002856333 -8.280641e-03    0.011136973
## 30 0.005860056  1.054153e-03    0.004805903
## 31 0.007751672  3.033790e-02    -0.022586224
```

Ponderación por distancias con los eficientes adaptado al análisis DEA

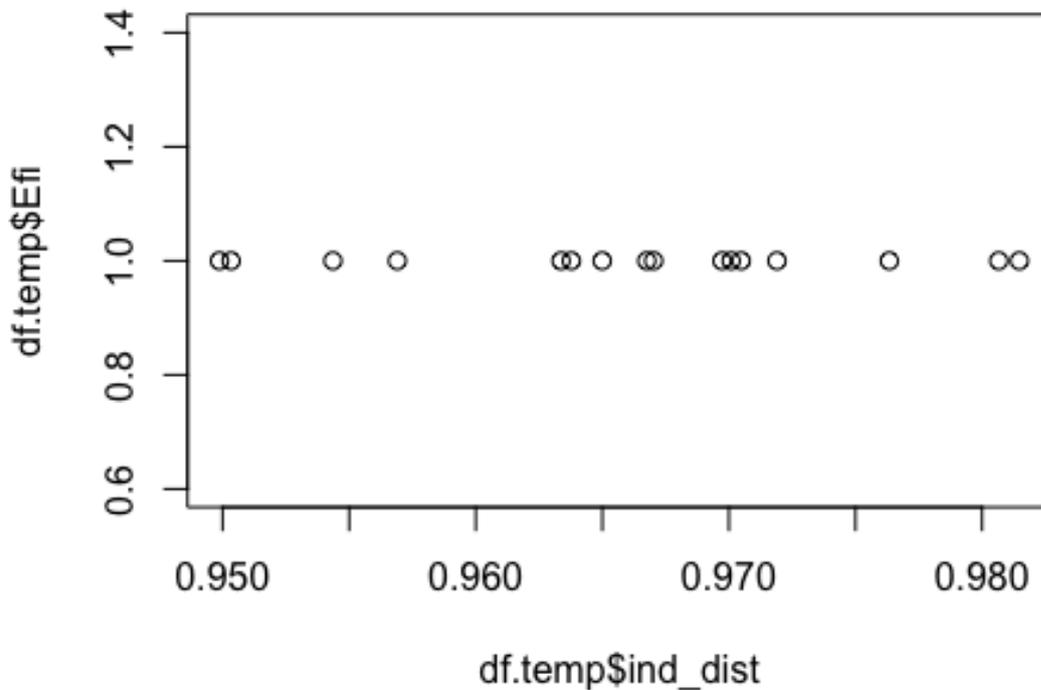
```
#####
##### Cálculo de Medidas de agregación por distancias
resDistnuevo = func_Distancias_con_pesos_Ind(pesos.outputs)
round(resDistnuevo$m_ic,5)

## [1] 0.02394 0.71291 0.11173 0.01848 0.18796

ind_distancias_nuevo = (as.matrix(datos.outputs) %*% resDistnuevo$m_ic)

df.temp = data.frame(id = idsUds,
                     ind_dist = ind_distancias_nuevo,
                     Efi = resDEA09$eficiencias[filas_efi],
                     NumD = colSums(t(as.matrix(datos.outputs) *
pesos.outputs) ),
                     NumcPeer =
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

plot(df.temp$ind_dist,df.temp$Efi)
```



Indicador Compuesto

```
print(knitr::kable(df.temp,digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 170 | SH004 | 0.9634 | 1 | 1 | 118 |
| 174 | SH008 | 0.9650 | 1 | 1 | 24 |
| 185 | SH019 | 0.9719 | 1 | 1 | 16 |
| 191 | SH025 | 0.9503 | 1 | 1 | 56 |
| 197 | SH031 | 0.9697 | 1 | 1 | 21 |
| 207 | SH044 | 0.9668 | 1 | 1 | 25 |
| 209 | SH046 | 0.9705 | 1 | 1 | 24 |
| 234 | SH071 | 0.9807 | 1 | 1 | 13 |
| 254 | SH094 | 0.9701 | 1 | 1 | 14 |
| 269 | SH113 | 0.9670 | 1 | 1 | 15 |
| 291 | SH138 | 0.9763 | 1 | 1 | 64 |
| 315 | SH162 | 0.9544 | 1 | 1 | 15 |
| 316 | SH163 | 0.9569 | 1 | 1 | 95 |
| 351 | SH207 | 0.9499 | 1 | 1 | 15 |
| 353 | SH209 | 0.9815 | 1 | 1 | 78 |
| 380 | SH236 | 0.9638 | 1 | 1 | 24 |

Presentamos con ordenación respecto al **Ind_dist**:

```
print(knitr::kable(df.temp[order(df.temp[,2],decreasing = T),],digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 353 | SH209 | 0.9815 | 1 | 1 | 78 |
| 234 | SH071 | 0.9807 | 1 | 1 | 13 |
| 291 | SH138 | 0.9763 | 1 | 1 | 64 |
| 185 | SH019 | 0.9719 | 1 | 1 | 16 |
| 209 | SH046 | 0.9705 | 1 | 1 | 24 |
| 254 | SH094 | 0.9701 | 1 | 1 | 14 |
| 197 | SH031 | 0.9697 | 1 | 1 | 21 |
| 269 | SH113 | 0.9670 | 1 | 1 | 15 |
| 207 | SH044 | 0.9668 | 1 | 1 | 25 |
| 174 | SH008 | 0.9650 | 1 | 1 | 24 |
| 380 | SH236 | 0.9638 | 1 | 1 | 24 |

| | | | | | |
|-----|-------|--------|---|---|-----|
| 170 | SH004 | 0.9634 | 1 | 1 | 118 |
| 316 | SH163 | 0.9569 | 1 | 1 | 95 |
| 315 | SH162 | 0.9544 | 1 | 1 | 15 |
| 191 | SH025 | 0.9503 | 1 | 1 | 56 |
| 351 | SH207 | 0.9499 | 1 | 1 | 15 |

Cálculos para todas las unidades

```
ind_distancias_nuevo_todos = t(as.matrix(resDEA09$datos.outputs) %*%
resDistnuevo$m_ic)
ind_distancias_nuevo_todos = as.numeric(ind_distancias_nuevo_todos)
names(ind_distancias_nuevo_todos) = resDEA09$idsUds
ind_distancias_nuevo_todos
```

| | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ## | SH001 | SH002 | SH003 | SH004 | SH006 | SH008 | SH009 |
| ## | 0.9577210 | 0.9130914 | 0.9341233 | 0.9633710 | 0.9556749 | 0.9649945 | 0.9382878 |
| ## | SH010 | SH011 | SH012 | SH013 | SH014 | SH015 | SH017 |
| ## | 0.9183383 | 0.9570258 | 0.9168890 | 0.9778813 | 0.9495838 | 0.9286813 | 0.8928399 |
| ## | SH018 | SH019 | SH020 | SH021 | SH022 | SH023 | SH024 |
| ## | 0.9365824 | 0.9718991 | 0.9213393 | 0.9162563 | 0.9320398 | 0.8975032 | 0.9257778 |
| ## | SH025 | SH026 | SH027 | SH028 | SH029 | SH030 | SH031 |
| ## | 0.9503380 | 0.9517176 | 0.9436747 | 0.9449104 | 0.9401446 | 0.9083517 | 0.9697286 |
| ## | SH032 | SH033 | SH034 | SH035 | SH036 | SH037 | SH038 |
| ## | 0.9454650 | 0.9599392 | 0.9456196 | 0.9639056 | 0.9374236 | 0.9416738 | 0.9225137 |
| ## | SH040 | SH041 | SH044 | SH046 | SH047 | SH048 | SH049 |
| ## | 0.9228751 | 0.9561224 | 0.9667551 | 0.9704826 | 0.9376810 | 0.9602943 | 0.9412206 |
| ## | SH050 | SH051 | SH052 | SH053 | SH054 | SH055 | SH056 |
| ## | 0.9417272 | 0.9378952 | 0.9342151 | 0.9666765 | 0.9472777 | 0.9532131 | 0.9375917 |
| ## | SH057 | SH058 | SH059 | SH060 | SH061 | SH062 | SH063 |
| ## | 0.9592518 | 0.9197178 | 0.9299093 | 0.9338699 | 0.9366789 | 0.9491561 | 0.9498529 |
| ## | SH064 | SH065 | SH066 | SH067 | SH068 | SH069 | SH070 |
| ## | 0.9434006 | 0.9592373 | 0.9398105 | 0.9443967 | 0.9423489 | 0.9465165 | 0.9540994 |
| ## | SH071 | SH072 | SH073 | SH074 | SH075 | SH076 | SH077 |
| ## | 0.9806572 | 0.9572921 | 0.9490272 | 0.9573724 | 0.9660435 | 0.9508945 | 0.9346317 |
| ## | SH078 | SH079 | SH080 | SH081 | SH082 | SH083 | SH084 |
| ## | 0.9305858 | 0.9270343 | 0.9549570 | 0.9269678 | 0.8886181 | 0.9377611 | 0.9395529 |
| ## | SH085 | SH086 | SH087 | SH091 | SH092 | SH093 | SH094 |
| ## | 0.9345166 | 0.9141220 | 0.9093581 | 0.9299948 | 0.9498494 | 0.9644555 | 0.9700903 |
| ## | SH095 | SH096 | SH097 | SH098 | SH099 | SH100 | SH101 |
| ## | 0.9495986 | 0.9018886 | 0.9431759 | 0.9590541 | 0.9513523 | 0.9523282 | 0.9489774 |
| ## | SH104 | SH107 | SH108 | SH109 | SH110 | SH111 | SH112 |
| ## | 0.9544844 | 0.9608936 | 0.9602541 | 0.9573303 | 0.9463826 | 0.9570425 | 0.9651462 |
| ## | SH113 | SH114 | SH115 | SH116 | SH117 | SH118 | SH119 |
| ## | 0.9670295 | 0.9556432 | 0.9540745 | 0.9360859 | 0.9581907 | 0.9490684 | 0.9224523 |
| ## | SH122 | SH123 | SH125 | SH126 | SH127 | SH128 | SH129 |
| ## | 0.9507470 | 0.9466234 | 0.9300338 | 0.9290246 | 0.8936740 | 0.9389563 | 0.9426481 |
| ## | SH130 | SH131 | SH132 | SH133 | SH134 | SH135 | SH136 |
| ## | 0.8962841 | 0.9278814 | 0.9391340 | 0.9096877 | 0.9601239 | 0.9338904 | 0.8714960 |
| ## | SH137 | SH138 | SH139 | SH140 | SH141 | SH142 | SH143 |
| ## | 0.9256661 | 0.9763372 | 0.9574344 | 0.9537338 | 0.9573331 | 0.9170631 | 0.9355116 |
| ## | SH144 | SH145 | SH146 | SH147 | SH148 | SH149 | SH150 |
| ## | 0.9526344 | 0.9376131 | 0.9117853 | 0.9419990 | 0.8743652 | 0.9150700 | 0.9128721 |
| ## | SH151 | SH152 | SH153 | SH154 | SH155 | SH156 | SH157 |

| | | | | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ## | 0.9190978 | 0.9161563 | 0.9207887 | 0.9416437 | 0.9210199 | 0.9165354 | 0.9446983 |
| ## | SH158 | SH159 | SH160 | SH161 | SH162 | SH163 | SH164 |
| ## | 0.9345130 | 0.9333419 | 0.9340383 | 0.9502974 | 0.9543595 | 0.9569032 | 0.9183624 |
| ## | SH165 | SH166 | SH172 | SH173 | SH174 | SH175 | SH176 |
| ## | 0.9046903 | 0.9334414 | 0.9049314 | 0.9100895 | 0.8968741 | 0.9235161 | 0.9274739 |
| ## | SH177 | SH178 | SH179 | SH180 | SH181 | SH182 | SH183 |
| ## | 0.9140313 | 0.9084265 | 0.9265147 | 0.9558490 | 0.9283020 | 0.9202513 | 0.9473835 |
| ## | SH184 | SH185 | SH186 | SH187 | SH188 | SH189 | SH191 |
| ## | 0.9252656 | 0.9421991 | 0.9482113 | 0.9436843 | 0.9357984 | 0.9564405 | 0.9485292 |
| ## | SH192 | SH193 | SH194 | SH195 | SH196 | SH197 | SH198 |
| ## | 0.9154695 | 0.9328525 | 0.9507771 | 0.9167230 | 0.9269445 | 0.9212252 | 0.9080166 |
| ## | SH199 | SH200 | SH202 | SH203 | SH206 | SH207 | SH208 |
| ## | 0.9427786 | 0.9533083 | 0.9529314 | 0.9562602 | 0.9248345 | 0.9498801 | 0.9293747 |
| ## | SH209 | SH210 | SH211 | SH212 | SH213 | SH214 | SH215 |
| ## | 0.9814730 | 0.9236383 | 0.9475694 | 0.9570186 | 0.9258347 | 0.9472708 | 0.9446594 |
| ## | SH216 | SH217 | SH218 | SH219 | SH220 | SH221 | SH222 |
| ## | 0.9312819 | 0.9588699 | 0.9460942 | 0.9092542 | 0.9284956 | 0.9478589 | 0.9466562 |
| ## | SH223 | SH224 | SH225 | SH226 | SH227 | SH228 | SH229 |
| ## | 0.9408721 | 0.9457773 | 0.9145199 | 0.9616313 | 0.9038539 | 0.9129241 | 0.9522825 |
| ## | SH230 | SH231 | SH232 | SH234 | SH235 | SH236 | |
| ## | 0.9226892 | 0.9424935 | 0.9123866 | 0.9532032 | 0.9364969 | 0.9637759 | |

Anexo 15. Estudio dirigido a la obtención de la Integral de Choquet (TÉCNICA)

Escenario Específico con datos normalizados (escenario09)

```
load('Carlos_Datos.RData')
BASE = CARLOS_BASE
filas = which(CARLOS_BASE$Area_.Academica=="TÉCNICA")
ind.outputs = c(13,16,18,17,15)
filas2 = filas[BASE[filas,13]>6]
filas = filas2

var.inputs = matrix(rep(1,length(filas)),ncol=1)
var.outputs = BASE[filas,ind.outputs]
MinVar = apply(var.outputs, 2, min)
MaxVar = apply(var.outputs, 2, max)
var.outputs[,1] = var.outputs[,1]/MaxVar[1]
var.outputs[,2] = MinVar[2]/var.outputs[,2]
var.outputs[,3] = var.outputs[,3]/MaxVar[3]
var.outputs[,4] = var.outputs[,4]/MaxVar[4]
var.outputs[,5] = var.outputs[,5]/MaxVar[5]
orientacion = 2
modelo = 1
idsUds = BASE[filas,3]

print(knitr::kable(head(var.outputs),digits=4))
```

| | ALUMAT | NOTA_MEDIA_SUPUESTA | SATEST_GLOBAL | TASAPRO | PROMAPRO |
|-----|--------|---------------------|---------------|---------|----------|
| 382 | 0.1462 | 0.9479 | 0.7539 | 0.8421 | 0.9601 |
| 383 | 0.2462 | 0.9875 | 0.6989 | 0.6875 | 0.8974 |
| 384 | 0.4692 | 0.9456 | 0.8076 | 0.5738 | 0.9630 |
| 385 | 0.1615 | 1.0000 | 0.6173 | 0.4762 | 0.9088 |
| 386 | 0.0615 | 0.9479 | 0.7240 | 0.6250 | 0.9174 |
| 387 | 0.6692 | 0.9456 | 0.7733 | 0.5977 | 0.9259 |

Resolución DEA

```
source("informeexcelDEA.R")

ficheroexcel = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09TEC.xlsx"
ficheroRData = "Carlos_03_NG_calculosDEA_en_escenario09TEC.RData"

load(file=ficheroRData)
```

Cálculo de influencia (rangos medios dif. valor absoluto)**Paso 1**

```

source("influenciaTODO_solofunciones.R")

filas_efi = which(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers>5)
(idsUds = resDEA09$idsUds[filas_efi])

## [1] "TE008" "TE011" "TE020" "TE035" "TE036" "TE038"

pesos.inputs = resDEA09$pesos.inputs[filas_efi,]
pesos.outputs = resDEA09$pesos.outputs[filas_efi,]

datos.inputs = resDEA09$datos.inputs[filas_efi,]
datos.outputs = resDEA09$datos.outputs[filas_efi,]

nvar_input = dim(datos.inputs)[2]

orientacion = ifelse(orientacion==2,"output","input")

(resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

## L7 L10 L19 L30 L31 L33
## 13 13 15 7 7 12

v_Rangos_Ref = rank(-
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi])

#### OBJETOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL PROCESO:

## solamente variables outputs como función lineal (no como cociente)
m_pesos = pesos.outputs
m_valores = as.matrix(datos.outputs)

load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09TEC_DatosSalida.RData")

```

Paso 2

```

#####
### Cálculo de los Rangos Medios respecto a los Rangos de Referencia
#####

##(orden con las eficientes, ordenadas por número de peers)
## puede probarse con otros órdenes: el uds.rangos que no desempata en
las eficientes

m_RangosSinteticos = res2$RangosSinteticos

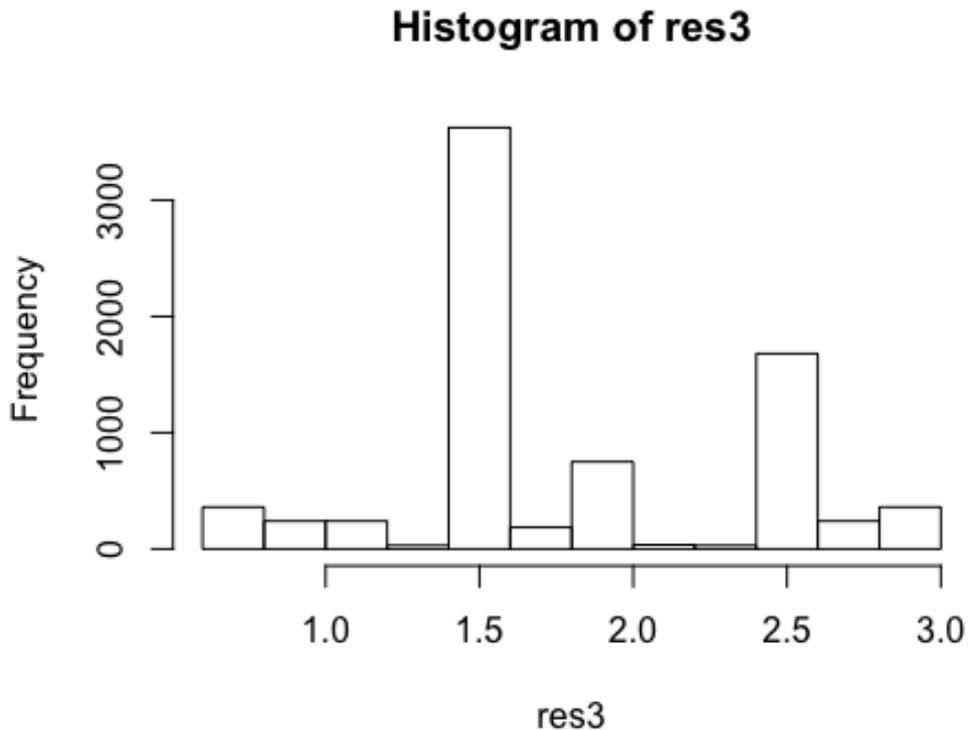
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09bTEC_DatosSalida.RData")

summary(res3)

```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
## 0.6667 1.5000 1.5000 1.7940 2.5000 3.0000
```

```
hist(res3)
```



Paso 3

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09cTEC_DatosSalida.RData")
```

```
resx
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.110694035 0.001078901 0.112702827 0.000000000 0.055195238
## [6] 0.116224763 0.257603507 0.110694035 0.168092571 0.118338342
## [11] 0.001078901 0.058146012 0.112702827 0.178704521 0.055195238
## [16] 0.269256766 0.116224763 0.175556777 0.257603507 0.326276942
## [21] 0.168092571 0.118338342 0.187488076 0.058146012 0.178704521
## [26] 0.269256766 0.341398255 0.175556777 0.326276942 0.187488076
## [31] 0.341398255
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.23070422 0.34031935 0.22869543 0.34139826 0.28620302 0.22517349
## [7] 0.08379475 0.23070422 0.17330568 0.22305991 0.34031935 0.28325224
## [13] 0.22869543 0.16269373 0.28620302 0.07214149 0.22517349 0.16584148
## [19] 0.08379475 0.01512131 0.17330568 0.22305991 0.15391018 0.28325224
## [25] 0.16269373 0.07214149 0.00000000 0.16584148 0.01512131 0.15391018
## [31] 0.00000000
##
```

```

## $combinaciones
## [1] "1"      "2"      "3"      "4"      "5"
## [6] "1,2"    "1,3"    "1,4"    "1,5"    "2,3"
## [11] "2,4"    "2,5"    "3,4"    "3,5"    "4,5"
## [16] "1,2,3"  "1,2,4"  "1,2,5"  "1,3,4"  "1,3,5"
## [21] "1,4,5"  "2,3,4"  "2,3,5"  "2,4,5"  "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
##      [,1]
## [1,]    1
## [2,]    2
## [3,]    3
## [4,]    4
## [5,]    5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
##      [,1] [,2]
## [1,]    1    2
## [2,]    1    3
## [3,]    1    4
## [4,]    1    5
## [5,]    2    3
## [6,]    2    4
## [7,]    2    5
## [8,]    3    4
## [9,]    3    5
## [10,]   4    5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
##      [,1] [,2] [,3]
## [1,]    1    2    3
## [2,]    1    2    4
## [3,]    1    2    5
## [4,]    1    3    4
## [5,]    1    3    5
## [6,]    1    4    5
## [7,]    2    3    4
## [8,]    2    3    5
## [9,]    2    4    5
## [10,]   3    4    5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,]    1    2    3    4
## [2,]    1    2    3    5
## [3,]    1    2    4    5
## [4,]    1    3    4    5
## [5,]    2    3    4    5
##

```

```

## $l_todascombinaciones[[5]]
##      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,]    1    2    3    4    5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1]  5 10 10  5  1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1]  5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1]  1.106940e-01  1.078901e-03  1.127028e-01  0.000000e+00  5.519524e-02
## [6]  4.451828e-03  3.420664e-02  0.000000e+00  2.203298e-03  4.556614e-03
## [11]  0.000000e+00  1.871873e-03  0.000000e+00  1.080645e-02  0.000000e+00
## [16]  1.565917e-03  0.000000e+00  6.160469e-05 -5.551115e-17  4.684437e-04
## [21]  0.000000e+00 -1.387779e-17  1.276168e-03  0.000000e+00  0.000000e+00
## [26]  5.551115e-17  2.584089e-04  2.775558e-17  1.110223e-16  2.775558e-17
## [31] -1.665335e-16
##
## $V_de_Y
## [1] 0.3413983
##
## $Sijk
## [1]  3.242373e-01  3.160241e-03  3.301213e-01  0.000000e+00  1.616740e-01
## [6]  1.303998e-02  1.001957e-01  0.000000e+00  6.453747e-03  1.334692e-02
## [11]  0.000000e+00  5.482960e-03  0.000000e+00  3.165352e-02  0.000000e+00
## [16]  4.586774e-03  0.000000e+00  1.804482e-04 -1.625994e-16  1.372133e-03
## [21]  0.000000e+00 -4.064985e-17  3.738063e-03  0.000000e+00  0.000000e+00
## [26]  1.625994e-16  7.569135e-04  8.129970e-17  3.251988e-16  8.129970e-17
## [31] -4.877982e-16
##
## $STijk
## [1] 0.6757627 0.9968398 0.6698787 1.0000000 0.8383260 0.6595625 0.2454457
## [8] 0.6757627 0.5076349 0.6533716 0.9968398 0.8296827 0.6698787 0.4765512
## [15] 0.8383260 0.2113118 0.6595625 0.4857713 0.2454457 0.0442923 0.5076349
## [22] 0.6533716 0.4508230 0.8296827 0.4765512 0.2113118 0.0000000 0.4857713
## [29] 0.0442923 0.4508230 0.0000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000e+00  8.129970e-17  3.251988e-16  8.129970e-17  7.569135e-04
## [6]  1.625994e-16  0.000000e+00  0.000000e+00  3.738063e-03 -4.064985e-17
## [11]  0.000000e+00  1.372133e-03 -1.625994e-16  1.804482e-04  0.000000e+00
## [16]  4.586774e-03  0.000000e+00  3.165352e-02  0.000000e+00  5.482960e-03
## [21]  0.000000e+00  1.334692e-02  6.453747e-03  0.000000e+00  1.001957e-01
## [26]  1.303998e-02  1.616740e-01  0.000000e+00  3.301213e-01  3.160241e-03
## [31]  3.242373e-01  1.000000e+00
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000e+00  8.129970e-17  3.251988e-16  8.129970e-17  7.569135e-04
## [6]  1.625994e-16  3.251988e-16  8.129970e-17  3.738063e-03  1.625994e-16
## [11]  3.251988e-16  1.372133e-03  3.251988e-16  7.569135e-04  1.625994e-16
## [16]  4.586774e-03  3.251988e-16  3.165352e-02  3.251988e-16  5.482960e-03
## [21]  1.625994e-16  1.334692e-02  6.453747e-03  3.251988e-16  1.001957e-01

```

```
## [26] 1.303998e-02 1.616740e-01 3.251988e-16 3.301213e-01 1.334692e-02
## [31] 3.242373e-01 1.000000e+00
```

```
resnuevo = func_construye_mus_alg01(resx)
resx$mu_ijk = resnuevo$mu_ijk
resx$mu_ijk_corregidos = resnuevo$mu_ijk_corregidos
```

```
## Comprobación
resx$vcs_vxixj + resx$ecs_vxixj
```

```
## [1] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [8] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [15] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [22] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [29] 0.3413983 0.3413983 0.3413983
```

Cálculos de Capacidad y IndSintetico_IntChoquet

```
(mus = func_calculo_capacidad(resx$mu_ijk_corregidos))
```

```
##      capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.324237
## {2}         0.003160
## {3}         0.330121
## {4}         0.000000
## {5}         0.161674
## {1,2}       0.340437
## {1,3}       0.754554
## {1,4}       0.324237
## {1,5}       0.492365
## {2,3}       0.346628
## {2,4}       0.003160
## {2,5}       0.170317
## {3,4}       0.330121
## {3,5}       0.523449
## {4,5}       0.161674
## {1,2,3}    0.788688
## {1,2,4}    0.340437
## {1,2,5}    0.514229
## {1,3,4}    0.754554
## {1,3,5}    0.955708
## {1,4,5}    0.492365
## {2,3,4}    0.346628
## {2,3,5}    0.549177
## {2,4,5}    0.170317
## {3,4,5}    0.523449
## {1,2,3,4}  0.788688
## {1,2,3,5}  1.000000
## {1,2,4,5}  0.514229
## {1,3,4,5}  0.955708
## {2,3,4,5}  0.549177
## {1,2,3,4,5} 1.000000
```

Obtención del nuevo indicador sintético

```

N_filas = length(filas_efi)
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(var.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

## [1] 0.5149165 0.5289084 0.6813738 0.4617906 0.4583932 0.7524264

```

Ahora sobre todas las unidades

```

N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {

I_Nuestro[i]=func_Calculo_IndSintetico_IntChoquet(as.numeric(resDEA09$d
atos.outputs[i,]),mus)
}
I_Nuestro

##      TE002      TE003      TE004      TE005      TE006      TE007      TE008
## 0.5149165 0.5289084 0.6813738 0.4617906 0.4583932 0.7524264 0.7809270
##      TE009      TE010      TE011      TE012      TE013      TE014      TE015
## 0.5770660 0.8240096 0.5671099 0.6502397 0.7705744 0.7707824 0.5891008
##      TE016      TE017      TE018      TE019      TE020      TE021      TE022
## 0.5982844 0.7443984 0.4960924 0.6749982 0.4832961 0.5841623 0.6989542
##      TE023      TE024      TE025      TE026      TE027      TE028      TE029
## 0.4725779 0.4907016 0.5727777 0.6797460 0.5296874 0.6825790 0.4813831
##      TE030      TE035      TE036      TE037      TE038      TE039      TE040
## 0.9037481 0.5513180 0.8533074 0.5331281 0.7080770 0.5385915 0.6948442
##      TE041
## 0.6026900

```

Presentación

```

df_temp = data.frame(Indices = resx$combinaciones,
                     Vijk = resx$Vijk,
                     Sijk = resx$Sijk,
                     STijk = resx$STijk,
                     muijk = resx$mu_ijk)
print(knitr::kable(df_temp,digits=4))

```

| Indices | Vijk | Sijk | STijk | muijk |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.1107 | 0.3242 | 0.6758 | 0.3242 |
| 2 | 0.0011 | 0.0032 | 0.9968 | 0.0032 |
| 3 | 0.1127 | 0.3301 | 0.6699 | 0.3301 |
| 4 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 |
| 5 | 0.0552 | 0.1617 | 0.8383 | 0.1617 |

| | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 1,2 | 0.0045 | 0.0130 | 0.6596 | 0.3404 |
| 1,3 | 0.0342 | 0.1002 | 0.2454 | 0.7546 |
| 1,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6758 | 0.3242 |
| 1,5 | 0.0022 | 0.0065 | 0.5076 | 0.4924 |
| 2,3 | 0.0046 | 0.0133 | 0.6534 | 0.3466 |
| 2,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9968 | 0.0032 |
| 2,5 | 0.0019 | 0.0055 | 0.8297 | 0.1703 |
| 3,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6699 | 0.3301 |
| 3,5 | 0.0108 | 0.0317 | 0.4766 | 0.5234 |
| 4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8383 | 0.1617 |
| 1,2,3 | 0.0016 | 0.0046 | 0.2113 | 0.7887 |
| 1,2,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6596 | 0.3404 |
| 1,2,5 | 0.0001 | 0.0002 | 0.4858 | 0.5142 |
| 1,3,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2454 | 0.7546 |
| 1,3,5 | 0.0005 | 0.0014 | 0.0443 | 0.9557 |
| 1,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5076 | 0.4924 |
| 2,3,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6534 | 0.3466 |
| 2,3,5 | 0.0013 | 0.0037 | 0.4508 | 0.5492 |
| 2,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.8297 | 0.1703 |
| 3,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4766 | 0.5234 |
| 1,2,3,4 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2113 | 0.7887 |
| 1,2,3,5 | 0.0003 | 0.0008 | 0.0000 | 1.0000 |
| 1,2,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4858 | 0.5142 |
| 1,3,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0443 | 0.9557 |
| 2,3,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4508 | 0.5492 |
| 1,2,3,4,5 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |

Obtención de los valores de la transformación de Alfa de Mobius, Índice de Shapley, Índice orness e Índices de interacción

mus

```
##          capacity
## {}          0.000000
## {1}         0.324237
## {2}         0.003160
## {3}         0.330121
## {4}         0.000000
## {5}         0.161674
## {1,2}       0.340437
## {1,3}       0.754554
## {1,4}       0.324237
## {1,5}       0.492365
```

```

## {2,3}      0.346628
## {2,4}      0.003160
## {2,5}      0.170317
## {3,4}      0.330121
## {3,5}      0.523449
## {4,5}      0.161674
## {1,2,3}    0.788688
## {1,2,4}    0.340437
## {1,2,5}    0.514229
## {1,3,4}    0.754554
## {1,3,5}    0.955708
## {1,4,5}    0.492365
## {2,3,4}    0.346628
## {2,3,5}    0.549177
## {2,4,5}    0.170317
## {3,4,5}    0.523449
## {1,2,3,4}  0.788688
## {1,2,3,5}  1.000000
## {1,2,4,5}  0.514229
## {1,3,4,5}  0.955708
## {2,3,4,5}  0.549177
## {1,2,3,4,5} 1.000000

```

(IndTransf = func_Valores_Transformacion(mus))

```

## $Alfa_Mobius
##      Mobius.capacity
## {}      0.000000
## {1}     0.324237
## {2}     0.003160
## {3}     0.330121
## {4}     0.000000
## {5}     0.161674
## {1,2}   0.013040
## {1,3}   0.100196
## {1,4}   0.000000
## {1,5}   0.006454
## {2,3}   0.013347
## {2,4}   0.000000
## {2,5}   0.005483
## {3,4}   0.000000
## {3,5}   0.031654
## {4,5}   0.000000
## {1,2,3} 0.004587
## {1,2,4} 0.000000
## {1,2,5} 0.000180
## {1,3,4} -0.000000
## {1,3,5} 0.001372
## {1,4,5} 0.000000
## {2,3,4} -0.000000
## {2,3,5} 0.003738
## {2,4,5} 0.000000
## {3,4,5} 0.000000

```

```
## {1,2,3,4}      0.000000
## {1,2,3,5}      0.000757
## {1,2,4,5}      0.000000
## {1,3,4,5}      0.000000
## {2,3,4,5}      0.000000
## {1,2,3,4,5}   -0.000000
##
## $Indice_Shapley
##           1           2           3           4           5
## 3.863177e-01 2.211949e-02 4.061409e-01 1.665335e-17 1.854219e-01
##
## $Indice_Orness
## [1] 0.4534121
##
## $Indice_Interaccion
##           1           2           3           4
5
## 1          NA  1.567590e-02  1.034275e-01 -4.625929e-18 7.482342e-
03
## 2  1.567590e-02          NA  1.776164e-02 -3.238150e-17 7.694520e-
03
## 3  1.034275e-01  1.776164e-02          NA -1.387779e-17 3.446092e-
02
## 4 -4.625929e-18 -3.238150e-17 -1.387779e-17          NA 5.153574e-
17
## 5  7.482342e-03  7.694520e-03  3.446092e-02  5.153574e-17
NA
```

Para Shapley

Obtención del nuevo indicador sintético

Ahora sobre todas las unidades

```
N_filas = dim(resDEA09$pesos.outputs)[1]
I_Nuestro2=rep(0,N_filas)
names(I_Nuestro2) = resDEA09$idsUds
for (i in 1:N_filas) {
  I_Nuestro2[i] =
sum(resDEA09$datos.outputs[i,]*IndTransf$Indice_Shapley)
}
I_Nuestro2

##      TE002      TE003      TE004      TE005      TE006      TE007      TE008
## 0.5616294 0.5672124 0.7087501 0.5037715 0.5089028 0.7651926 0.7908552
##      TE009      TE010      TE011      TE012      TE013      TE014      TE015
## 0.6238476 0.8350843 0.6284752 0.6741804 0.7913958 0.7829304 0.6214150
##      TE016      TE017      TE018      TE019      TE020      TE021      TE022
## 0.6455208 0.7616592 0.5397440 0.7012032 0.5330767 0.6158193 0.7264096
##      TE023      TE024      TE025      TE026      TE027      TE028      TE029
## 0.5233453 0.5406428 0.6235061 0.7056912 0.5799086 0.7052160 0.5296943
##      TE030      TE035      TE036      TE037      TE038      TE039      TE040
## 0.9151753 0.5944887 0.8596362 0.5650049 0.7220791 0.5752695 0.7189262
```

```
## TE041
## 0.6451167
```

Procedimiento de Muestreo

Cálculo de Influencia (rangos medios media.dif.valoresabsoluto)

```
load("Carlos_03_NG_estudioinfluencia_esc09dTEC_DatosSalida.RData")
```

```
resx_m
```

```
## $vcs_vxixj
## [1] 0.110694035 0.001078901 0.112702827 0.000000000 0.055195238
## [6] 0.116224763 0.257603507 0.110694035 0.168092571 0.118338342
## [11] 0.001078901 0.058146012 0.112702827 0.178704521 0.055195238
## [16] 0.269256766 0.116224763 0.175556777 0.257603507 0.326276942
## [21] 0.168092571 0.118338342 0.187488076 0.058146012 0.178704521
## [26] 0.264396912 0.299951634 0.131148477 0.331459746 0.178495857
## [31] 0.341398255
##
## $secs_vxixj
## [1] 0.23070422 0.34031935 0.22869543 0.34139826 0.28620302 0.22517349
## [7] 0.08379475 0.23070422 0.17330568 0.22305991 0.34031935 0.28325224
## [13] 0.22869543 0.16269373 0.28620302 0.07214149 0.22517349 0.16584148
## [19] 0.08379475 0.01512131 0.17330568 0.22305991 0.15391018 0.28325224
## [25] 0.16269373 0.07321309 0.00000000 0.16586527 0.01528612 0.16561204
## [31] 0.00000000
##
## $combinaciones
## [1] "1" "2" "3" "4" "5"
## [6] "1,2" "1,3" "1,4" "1,5" "2,3"
## [11] "2,4" "2,5" "3,4" "3,5" "4,5"
## [16] "1,2,3" "1,2,4" "1,2,5" "1,3,4" "1,3,5"
## [21] "1,4,5" "2,3,4" "2,3,5" "2,4,5" "3,4,5"
## [26] "1,2,3,4" "1,2,3,5" "1,2,4,5" "1,3,4,5" "2,3,4,5"
## [31] "1,2,3,4,5"
##
## $l_todascombinaciones
## $l_todascombinaciones[[1]]
## [,1]
## [1,] 1
## [2,] 2
## [3,] 3
## [4,] 4
## [5,] 5
##
## $l_todascombinaciones[[2]]
## [,1] [,2]
## [1,] 1 2
## [2,] 1 3
## [3,] 1 4
## [4,] 1 5
## [5,] 2 3
## [6,] 2 4
```

```

## [7,] 2 5
## [8,] 3 4
## [9,] 3 5
## [10,] 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[3]]
## [,1] [,2] [,3]
## [1,] 1 2 3
## [2,] 1 2 4
## [3,] 1 2 5
## [4,] 1 3 4
## [5,] 1 3 5
## [6,] 1 4 5
## [7,] 2 3 4
## [8,] 2 3 5
## [9,] 2 4 5
## [10,] 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[4]]
## [,1] [,2] [,3] [,4]
## [1,] 1 2 3 4
## [2,] 1 2 3 5
## [3,] 1 2 4 5
## [4,] 1 3 4 5
## [5,] 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones[[5]]
## [,1] [,2] [,3] [,4] [,5]
## [1,] 1 2 3 4 5
##
## $l_todascombinaciones$cuantos
## [1] 5 10 10 5 1
##
## $l_todascombinaciones$indices
## [1] 5 15 25 30 31
##
##
## $Vijk
## [1] 1.106940e-01 1.078901e-03 1.127028e-01 0.000000e+00 5.519524e-02
## [6] 4.451828e-03 3.420664e-02 0.000000e+00 2.203298e-03 4.556614e-03
## [11] 0.000000e+00 1.871873e-03 0.000000e+00 1.080645e-02 0.000000e+00
## [16] 1.565917e-03 0.000000e+00 6.160469e-05 -5.551115e-17 4.684437e-04
## [21] 0.000000e+00 -1.387779e-17 1.276168e-03 0.000000e+00 0.000000e+00
## [26] -4.859854e-03 -4.118821e-02 -4.440830e-02 5.182804e-03 -8.992219e-03
## [31] 9.452419e-02
##
## $V_de_Y
## [1] 0.3413983
##
## $Sijk
## [1] 3.242373e-01 3.160241e-03 3.301213e-01 0.000000e+00 1.616740e-01
## [6] 1.303998e-02 1.001957e-01 0.000000e+00 6.453747e-03 1.334692e-02
## [11] 0.000000e+00 5.482960e-03 0.000000e+00 3.165352e-02 0.000000e+00

```

```
## [16] 4.586774e-03 0.000000e+00 1.804482e-04 -1.625994e-16 1.372133e-03
## [21] 0.000000e+00 -4.064985e-17 3.738063e-03 0.000000e+00 0.000000e+00
## [26] -1.423515e-02 -1.206456e-01 -1.300777e-01 1.518111e-02 -2.633938e-02
## [31] 2.768737e-01
##
## $STijk
## [1] 0.67576274 0.99683976 0.66987872 1.00000000 0.83832595 0.65956252
## [7] 0.24544574 0.67576274 0.50763494 0.65337157 0.99683976 0.82968275
## [13] 0.66987872 0.47655116 0.83832595 0.21131183 0.65956252 0.48577131
## [19] 0.24544574 0.04429230 0.50763494 0.65337157 0.45082298 0.82968275
## [25] 0.47655116 0.21445070 0.00000000 0.48584100 0.04477504 0.48509926
## [31] 0.00000000
##
## $mu_ijk
## [1] 0.000000e+00 -2.633938e-02 1.518111e-02 -1.300777e-01 -1.206456e-01
## [6] -1.423515e-02 0.000000e+00 0.000000e+00 3.738063e-03 -4.064985e-17
## [11] 0.000000e+00 1.372133e-03 -1.625994e-16 1.804482e-04 0.000000e+00
## [16] 4.586774e-03 0.000000e+00 3.165352e-02 0.000000e+00 5.482960e-03
## [21] 0.000000e+00 1.334692e-02 6.453747e-03 0.000000e+00 1.001957e-01
## [26] 1.303998e-02 1.616740e-01 0.000000e+00 3.301213e-01 3.160241e-03
## [31] 3.242373e-01 1.000000e+00
##
## $mu_ijk_corregidos
## [1] 0.000000e+00 -2.633938e-02 1.518111e-02 -1.300777e-01 -1.206456e-01
## [6] -1.423515e-02 1.518111e-02 0.000000e+00 3.738063e-03 -4.064985e-17
## [11] 1.518111e-02 1.518111e-02 1.518111e-02 1.804482e-04 0.000000e+00
## [16] 4.586774e-03 1.518111e-02 3.165352e-02 1.518111e-02 5.482960e-03
## [21] 0.000000e+00 1.334692e-02 1.518111e-02 1.518111e-02 1.001957e-01
## [26] 1.303998e-02 1.616740e-01 1.518111e-02 3.301213e-01 1.334692e-02
## [31] 3.242373e-01 1.000000e+00

## Comprobación
resx_m$vcs_vxixj + resx_m$ecs_vxixj

## [1] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [8] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [15] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983
## [22] 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3413983 0.3376100 0.2999516 0.2970137
## [29] 0.3467459 0.3441079 0.3413983
```

Comparación entre el procedimiento Completo y el de Muestreo

Con media de diferencias de rangos en valor absoluto

```
#####
##### COMPARACIÓN ENTRE PROCEDIMIENTOS COMPLETOS Y DE MUESTREO
## media de diferencias de rangos en valor absoluto

diferencias_modelos = resx$vcs_vxixj - resx_m$vcs_vxixj
summary(diferencias_modelos)

##      Min.   1st Qu.   Median     Mean   3rd Qu.     Max.
## -0.005183 0.000000 0.000000 0.003049 0.000000 0.044410

df_dif = data.frame(resx$vcs_vxixj, resx_m$vcs_vxixj,
diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.vcs_vxixj resx_m.vcs_vxixj diferencias_modelos
## 1      0.110694035      0.110694035      0.000000000
## 2      0.001078901      0.001078901      0.000000000
## 3      0.112702827      0.112702827      0.000000000
## 4      0.000000000      0.000000000      0.000000000
## 5      0.055195238      0.055195238      0.000000000
## 6      0.116224763      0.116224763      0.000000000
## 7      0.257603507      0.257603507      0.000000000
## 8      0.110694035      0.110694035      0.000000000
## 9      0.168092571      0.168092571      0.000000000
## 10     0.118338342      0.118338342      0.000000000
## 11     0.001078901      0.001078901      0.000000000
## 12     0.058146012      0.058146012      0.000000000
## 13     0.112702827      0.112702827      0.000000000
## 14     0.178704521      0.178704521      0.000000000
## 15     0.055195238      0.055195238      0.000000000
## 16     0.269256766      0.269256766      0.000000000
## 17     0.116224763      0.116224763      0.000000000
## 18     0.175556777      0.175556777      0.000000000
## 19     0.257603507      0.257603507      0.000000000
## 20     0.326276942      0.326276942      0.000000000
## 21     0.168092571      0.168092571      0.000000000
## 22     0.118338342      0.118338342      0.000000000
## 23     0.187488076      0.187488076      0.000000000
## 24     0.058146012      0.058146012      0.000000000
## 25     0.178704521      0.178704521      0.000000000
## 26     0.269256766      0.264396912      0.004859854
## 27     0.341398255      0.299951634      0.041446622
## 28     0.175556777      0.131148477      0.044408300
## 29     0.326276942      0.331459746      -0.005182804
## 30     0.187488076      0.178495857      0.008992219
## 31     0.341398255      0.341398255      0.000000000
```

```
diferencias_modelos = resx$Vijk - resx_m$Vijk
summary(diferencias_modelos)
```

```
##      Min.  1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
## -0.09452  0.00000  0.00000  0.00000  0.00000  0.04441
```

```
df_dif = data.frame(resx$Vijk, resx_m$Vijk, diferencias_modelos)
df_dif
```

```
##      resx.Vijk  resx_m.Vijk diferencias_modelos
## 1  1.106940e-01  1.106940e-01      0.000000000
## 2  1.078901e-03  1.078901e-03      0.000000000
## 3  1.127028e-01  1.127028e-01      0.000000000
## 4  0.000000e+00  0.000000e+00      0.000000000
## 5  5.519524e-02  5.519524e-02      0.000000000
## 6  4.451828e-03  4.451828e-03      0.000000000
## 7  3.420664e-02  3.420664e-02      0.000000000
## 8  0.000000e+00  0.000000e+00      0.000000000
## 9  2.203298e-03  2.203298e-03      0.000000000
## 10 4.556614e-03  4.556614e-03      0.000000000
## 11 0.000000e+00  0.000000e+00      0.000000000
```

```
## 12 1.871873e-03 1.871873e-03 0.00000000
## 13 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 14 1.080645e-02 1.080645e-02 0.00000000
## 15 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 16 1.565917e-03 1.565917e-03 0.00000000
## 17 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 18 6.160469e-05 6.160469e-05 0.00000000
## 19 -5.551115e-17 -5.551115e-17 0.00000000
## 20 4.684437e-04 4.684437e-04 0.00000000
## 21 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 22 -1.387779e-17 -1.387779e-17 0.00000000
## 23 1.276168e-03 1.276168e-03 0.00000000
## 24 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 25 0.000000e+00 0.000000e+00 0.00000000
## 26 5.551115e-17 -4.859854e-03 0.004859854
## 27 2.584089e-04 -4.118821e-02 0.041446622
## 28 2.775558e-17 -4.440830e-02 0.044408300
## 29 1.110223e-16 5.182804e-03 -0.005182804
## 30 2.775558e-17 -8.992219e-03 0.008992219
## 31 -1.665335e-16 9.452419e-02 -0.094524191
```

Ponderación por distancias con los eficientes adaptado al análisis DEA

```
#####
##### Cálculo de Medidas de agregación por distancias

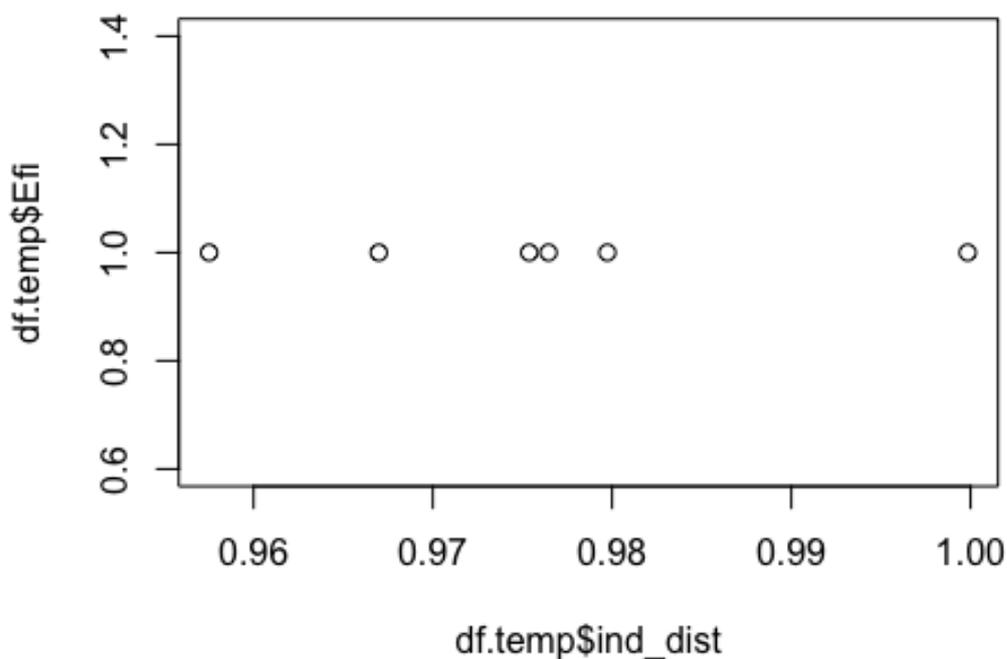
resDistnuevo = func_Distancias_con_pesos_Ind(pesos.outputs)
round(resDistnuevo$m_ic,5)

## [1] 0.01094 0.85427 0.09180 0.00000 0.05580

ind_distancias_nuevo = (as.matrix(datos.outputs) %*% resDistnuevo$m_ic)

df.temp = data.frame(id = idsUds,
                     ind_dist = ind_distancias_nuevo,
                     Efi = resDEA09$eficiencias[filas_efi],
                     NumD = colSums(t(as.matrix(datos.outputs) *
pesos.outputs) ),
                     NumcPeer =
resDEA09$cuantos.mereferencian.como.peers[filas_efi]
)

plot(df.temp$ind_dist,df.temp$Efi)
```



Indicador Compuesto

```
print(knitr::kable(df.temp,digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 388 | TE008 | 0.9575 | 1 | 1 | 13 |
| 391 | TE011 | 0.9998 | 1 | 1 | 13 |
| 400 | TE020 | 0.9754 | 1 | 1 | 15 |
| 412 | TE035 | 0.9797 | 1 | 1 | 7 |
| 413 | TE036 | 0.9670 | 1 | 1 | 7 |
| 415 | TE038 | 0.9765 | 1 | 1 | 12 |

Presentamos con ordenación respecto al **Ind_dist**:

```
print(knitr::kable(df.temp[order(df.temp[,2],decreasing = T),],digits=4))
```

| | id | ind_dist | Efi | NumD | NumcPeer |
|-----|-------|----------|-----|------|----------|
| 391 | TE011 | 0.9998 | 1 | 1 | 13 |
| 412 | TE035 | 0.9797 | 1 | 1 | 7 |
| 415 | TE038 | 0.9765 | 1 | 1 | 12 |

| | | | | | |
|-----|-------|--------|---|---|----|
| 400 | TE020 | 0.9754 | 1 | 1 | 15 |
| 413 | TE036 | 0.9670 | 1 | 1 | 7 |
| 388 | TE008 | 0.9575 | 1 | 1 | 13 |

Cálculos para todas las unidades

```
ind_distancias_nuevo_todos = t(as.matrix(resDEA09$datos.outputs) %*%
resDistnuevo$m_ic)
ind_distancias_nuevo_todos = as.numeric(ind_distancias_nuevo_todos)
names(ind_distancias_nuevo_todos) = resDEA09$idsUds
ind_distancias_nuevo_todos

##      TE002      TE003      TE004      TE005      TE006      TE007      TE008
## 0.9341050 0.9605358 0.9407959 0.9634238 0.9280567 0.9377632 0.9575202
##      TE009      TE010      TE011      TE012      TE013      TE014      TE015
## 0.9447217 0.9594042 0.9998410 0.9496149 0.9494148 0.9558054 0.9569384
##      TE016      TE017      TE018      TE019      TE020      TE021      TE022
## 0.9778524 0.9622113 0.9708482 0.9591954 0.9753808 0.9550008 0.9458542
##      TE023      TE024      TE025      TE026      TE027      TE028      TE029
## 0.9738753 0.9762598 0.9792724 0.9546856 0.9402365 0.9359180 0.9295414
##      TE030      TE035      TE036      TE037      TE038      TE039      TE040
## 0.9062761 0.9797361 0.9669870 0.9547096 0.9764524 0.9704880 0.9606593
##      TE041
## 0.9776417
```