POLITÉCNICA

TESIS DOCTORAL

“REDES BAYESIANAS PARA LA SOSTENIBILIDAD
MARÍTIMO PORTUARIA”

DOCTORANDO: BEATRIZ MOLINA SERRANO

DIRECTOR DE TESIS: NICOLETA GONZÁLEZ CANCELAS

DIRECTOR DE TESIS: ALBERTO CAMARERO ORIVE

Índice

RESUMEN	1
1. Introducción	4
1.1 Inteligencia artificial	4
1.2 Minería de datos	6
1.2.1 Análisis clúster	12
1.2.2 Árboles de Clasificación y de Decisión	12
1.2.3 Análisis de Escenarios Futuros y Simulación	14
1.2.4 Método DELPHI	15
1.2.5 Redes neuronales artificiales	19
1.3 Redes bayesianas	21
1.4 Sostenibilidad portuaria	24
1.5 Short Sea Shipping y sostenibilidad	31
2. Objetivos de la Tesis Doctoral	41
2.1 Objetivos y alcance de la Tesis Doctoral	41
2.2 Contribución de la Tesis Doctoral	43
3. Material y métodos	45
3.1 Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español	52
3.2 Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping	56
4. Resultados y discusión	60
4.1 Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español	60

4.1.1	Relaciones entre variables	60
4.1.2	Diagramas de influencia.....	68
4.1.3	Inferencia bayesiana	70
4.2	Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping.....	80
4.2.1	Análisis general	80
4.2.2	Análisis de la categoría Transporte y comercio internacional	83
4.2.3	Análisis de la categoría Economía y finanzas.....	89
4.2.4	Análisis de la categoría población y condición social.....	93
5.	Conclusiones generales y futuras líneas de investigación	98
5.1	Conclusiones	98
5.1.1	Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español	98
5.1.2	Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping.....	104
5.2	Futuras líneas de investigación.....	107
6.	Producción científica.....	108
7.	Referencias bibliográficas y documentales.....	133
	Referencias documentales.....	133
	Referencias web.....	149
ANEJO 1.	FACTOR DE IMPACTO DE LAS REVISTAS INDEXADAS EN WEB OF SCIENCE (THOMSON-ISI)	150
ANEJO 2.	E-MAILS DE ACEPTACIÓN Y/O PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS.....	153

RESUMEN

La Tesis persigue abordar la sostenibilidad marítimo portuaria a través de la perspectiva de inteligencia artificial usando redes bayesianas. La consecución del objetivo se alcanza mediante los objetivos parciales que se enumeran a continuación:

- Definir las variables para el caso de la sostenibilidad del sistema portuario
- Establecer patrones y relaciones entre las variables de sostenibilidad portuaria del Sistema Portuario Español
- Predecir fenómenos y establecer criterios de decisión para la planificación y gestión portuaria
- Determinar las variables principales que puedan emplear los gestores portuarios para llevar a cabo la planificación y gestión

Dentro de la Tesis se ha desarrollado una metodología con redes bayesianas de manera que permite construir un modelo completo de las variables y sus relaciones, que se puede utilizar para responder a las consultas de probabilidad acerca de ellos. Por ejemplo, la red se puede utilizar para averiguar el conocimiento actualizado del estado de un subconjunto de variables cuando otras variables relativas a la gestión marítimo-portuarias se observan (variables evidencia). Este proceso de cálculo de la distribución posterior de las variables dada la evidencia que se llama inferencia probabilística. La metodología empleada en la Tesis se divide en tres fases:

- 1- Determinación del escenario de trabajo y se definen las variables a emplear, siendo su resultado la obtención de una base de datos.
- 2- Desarrollo del modelo de inteligencia artificial y construcción de la red bayesiana.
- 3- Análisis de los resultados obtenidos, observando las distintas relaciones obtenidas en la red bayesiana construida

Dicha metodología se ha aplicado a dos escenarios distintos relacionados con la sostenibilidad marítimo portuaria: el primero de ellos, relativo al “lado tierra”, al llevar a cabo un análisis de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad en el caso del Sistema Portuario Español, y el segundo, relativo al “lado mar”, al analizar el uso del gas natural licuado como combustible alternativo en el caso del Short Sea Shipping en Europa.

Por tanto, la principal contribución de la Tesis es el uso de redes bayesianas para descubrir patrones en los grandes volúmenes de conjuntos de datos que se dan en el ámbito marítimo portuario y en concreto datos relacionados con la sostenibilidad, los cuales puedan ser usados por los gestores portuarios en la planificación y gestión.

ABSTRACT

The Thesis aims to address maritime-port sustainability through the perspective of artificial intelligence using Bayesian networks. The achievement of the objective is achieved through the partial objectives listed below:

- Define the variables for sustainability of the port system
- Establish patterns and relationships between the port sustainability variables of the Spanish Port System
- Predicting phenomena and establishing decision criteria for port planning and management
- Determine the main variables that can be used by port managers to carry out planning and management

Thesis develops a methodology using Bayesian networks, because they allows to build a complete model of the variables and their relationships. This model can be used to answer the probability queries about them. For example, the network can be used to find out the updated knowledge of the state of a subset of variables when other variables related to maritime-port management are observed (evidence variables). This process of calculating the posterior distribution of the variables given the evidence is called probabilistic inference. The methodology used in the Thesis is divided into three phases:

- 1- Determination of the work scenario and used variables are defined, the result is a database.
- 2- Development of an artificial intelligence model and construction of a Bayesian network.
- 3- Analysis of the results obtained, observing the different relationships showed in the constructed Bayesian network

This methodology has been applied to two different scenarios related to maritime port sustainability: the first of them, relative to the "land side", when carrying out an analysis of the four dimensions of sustainability in the case of the Spanish Port System, and the second, relative to the "sea side", when analyzing the use of liquefied natural gas as an alternative fuel in the case of Short Sea Shipping in Europe.

Therefore, the main contribution of the Thesis is the use of Bayesian networks to discover patterns in the large volumes of data sets that occur in the maritime port area and in particular data related to sustainability, which can be used by the port managers in planning and management.

1

INTRODUCCIÓN

1.1 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial, también llamada inteligencia computacional, es una de las disciplinas más nuevas junto con la genética moderna. Sin embargo, las ideas más básicas se remontan a los griegos, pues Aristóteles fue el primero en describir un conjunto de reglas que describen una parte del funcionamiento de la mente para obtener conclusiones racionales, y Ctesibio de Alejandría construyó la primera máquina autocontrolada, un regulador del flujo de agua.

El término inteligencia artificial fue acuñado formalmente en 1956 durante la conferencia de Dartmouth, de forma que John McCarthy (McCarthy, 1998) definió inteligencia artificial como "la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes".

Nils John Nilsson (Nilsson, 1980) señala que los cuatro pilares básicos en los que se apoya la inteligencia artificial son los siguientes:

- Búsqueda del estado requerido en el conjunto de los estados producidos por las acciones posibles.
- Algoritmos genéticos (análogo al proceso de evolución de las cadenas de ADN).
- Redes neuronales artificiales (análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos).
- Razonamiento mediante una lógica formal análogo al pensamiento abstracto humano.

Sin embargo, existen distintos tipos de percepciones y acciones. De hecho, muchos investigadores sobre inteligencia artificial sostienen que es un programa capaz de ser ejecutado independientemente de la máquina que lo ejecute, ya sea un ordenador o un cerebro. No obstante, el concepto de inteligencia artificial es aún demasiado difuso.

En la actualidad se enciende que la inteligencia artificial es la inteligencia exhibida por máquinas. Contextualizando, y teniendo en cuenta un punto de vista científico, se podría definir esta ciencia como la encargada de imitar el cerebro, que no el cuerpo, de una persona en todas sus funciones. Estas pueden ser las ya existentes en el humano o bien otras novedosas e incorporadas en el desarrollo de una máquina inteligente.

Por tanto, coloquialmente, el término se aplica cuando una máquina imita las funciones cognitivas que los humanos asocian con otras mentes humanas, como por ejemplo: "aprender" y "resolver problemas" (Gómez Flechoso, 1998). Así, los sistemas de inteligencia artificial se han convertido en parte de la rutina en campos como economía, medicina, ingeniería y la milicia, aunque también se usan en gran variedad de aplicaciones de software, juegos de estrategia, videojuegos, etc.

Las técnicas desarrolladas en el campo de la inteligencia artificial son numerosas, destacando entre ellas sus aplicaciones:

- Lingüística computacional
- Minería de datos (datamining)
- Industria.
- Medicina
- Mundos virtuales
- Procesamiento de lenguaje natural (Natural Language Processing)
- Robótica
- Mecatrónica
- Sistemas de apoyo a la decisión
- Videojuegos
- Prototipos informáticos
- Análisis de sistemas dinámicos
- Smart Process Management
- Simulación de multitudes

Dentro de ellas cabe señalar que los métodos de la inteligencia artificial, junto con el aprendizaje automático, la estadística y sistemas de bases de datos son usados por la minería de datos con objeto de extraer información de un conjunto de datos y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior. Así, la minería de

datos se convierte en una prolongación de la práctica estadística referente a los análisis de datos junto con una aportación propia de las técnicas específicas de la inteligencia artificial.

1.2 Minería de datos

La minería de datos o datamining es una disciplina ligada a la inteligencia artificial y diferenciada respecto a la estadística, como se ha visto.

A raíz de la evolución de los sistemas computacionales las técnicas de modelización y análisis en áreas de la estadística y la inteligencia artificial desarrolladas han permitido el descubrimiento de conocimiento en grandes bases de datos (acuñado en inglés bajo el nombre de “Knowledge Discovery in Databases”) a través de la selección, preparación y limpieza de los datos como paso previo a la aplicación de tecnologías de reconocimiento de patrones en la data procesada, y la consecuente interpretación y evaluación de los resultados que conllevan finalmente al conocimiento extraído de la bases de datos.

El descubrimiento de patrones detrás de grandes volúmenes de datos previamente procesados se conoce como minería de datos, técnica que en las últimas décadas ha tomado mayor relevancia y ha sido utilizada en muchos campos de investigación.

Se define Minería de datos como el proceso de descubrir patrones significativos y estructurados, perfiles y tendencias escudriñando a través de la data mediante tecnologías de reconocimiento de patrones (Kocabas, Dragicevic, 2013). Se trata de un área moderna interdisciplinar que engloba a aquellas técnicas que operan de forma automática (requieren de la mínima intervención humana) y, además, son eficientes para trabajar con las grandes cantidades de información disponibles en las bases de datos de numerosos problemas prácticos. Estas técnicas permiten extraer conocimiento útil (asociaciones entre variables, reglas, patrones, etc.) a partir de la información cruda almacenada, permitiendo así un mejor análisis y comprensión del problema. No obstante, en algunos casos, este conocimiento puede ser también post-procesado de forma automática permitiendo obtener conclusiones, e incluso tomar decisiones de forma casi automática, en situaciones prácticas concretas (sistemas inteligentes).

Para una correcta Minería de Datos que proporcione patrones de alta calidad se requiere una buena calidad de datos, siendo necesario realizar un proceso de preparación de datos, puesto que los datos del mundo real son impuros, pudiendo estar incompletos y carecer de atributos de interés, presentar ruido que oculten patrones susceptibles de análisis, o presentar una codificación errónea que induzca patrones erróneos.

Es por ello que en muchos casos se deben aplicar algoritmos adicionales de manera previa a la Minería de Datos que realicen una depuración previa que permita recuperar datos incompletos, detectar y filtrar anomalías o registros duplicados, eliminar valores inusuales, o resolver conflictos en la data mediante la aplicación de criterio experto.

En consecuencia, el proceso de preparación de datos consiste en (González y Camarero, 2012c):

- Limpieza de la data

La limpieza de la data consiste en la depuración de la data eliminando el ruido, los valores conflictivos, recuperando los datos incompletos y eliminando registros duplicados.

- Integración de la data

La integración de la data se enfoca en unificar la data depurada, detectando aquellos atributos iguales que puedan tener nombres distintos dentro de la data y que pueda por tanto provocar redundancias.

La limpieza de datos e integración de datos se realiza como un paso previo para el almacenaje de la data y pueden hacerse de forma alterna, ya que en muchos casos es necesario detectar y eliminar redundancias resultantes de la propia integración de la data.

- Transformación de la data

La transformación de la data puede ser requerida para la aplicación de algunas técnicas de Minería de Datos tales como las redes bayesianas que requieren una discretización de las variables, u otras técnicas como redes neuronales o Clúster que presentan un mejor desempeño si los datos son previamente normalizados.

Algunas técnicas de minería de datos son: análisis factoriales descriptivos para el análisis de realidades multivariantes complejas; análisis Clúster para identificar los individuos más parecidos entre sí; series temporales para modelar tendencias, ciclos, variación estacional de series históricas de datos; redes neuronales inspirada en el modelo biológico, que permite el aprendizaje en contextos difíciles; modelos lineales generalizados para tratar diferentes tipos de variables de respuesta; previsión local para predecir el comportamiento de individuos en un espacio euclídeo a partir del comportamiento observado en sus vecinos; algoritmos genéticos que simulan el modelo biológico de la evolución de las especies; árboles de decisión que de manera visual describen reglas de decisión bajo las cuales operan distintas variables; redes bayesianas permite representar los posibles sucesos mediante un grafo de probabilidades condicionales entre variables padres e hijos, estableciendo relaciones causales y realizar predicciones (Aluja Banet, 2001).

Los árboles de decisión, como elemento de la minería de datos permiten representar y categorizar de forma esquemática una serie de variables de predicción que ayudan al análisis de una variable objetivo. En este sentido, la división del territorio en diferentes unidades administrativas hace de esta técnica una herramienta potencial para definir los

escenarios actuales a través de la agrupación ó “Clúster” de dichas unidades territoriales tomando en consideración para ello toda la data existente.

Otro caso de minería de datos lo representan las redes bayesianas, que permiten construir modelos de probabilidad conjunta que presentan de manera gráfica las dependencias relevantes en un conjunto de datos. Las redes bayesianas representan en un grafo acíclico dirigido, un modelo probabilístico de variables distribuidas en padres e hijos, y la inferencia estadística que permite determinar la probabilidad de certeza de una hipótesis planteada. Al igual que con los árboles de decisión, la división del territorio en diferentes unidades administrativas hace de esta técnica una herramienta potencial para definir, por ejemplo, las características físicas de alguna tipología específica de infraestructura logística tomando en consideración las características territoriales, poblacionales, económicas del área donde se plantea su desarrollo y las posibles sinergias que se puedan presentar sobre otros nodos e infraestructuras logísticas.

El uso efectivo de la Minería de Datos en áreas como la administración empresarial, medicina y otros, ha motivado a los investigadores a aplicar diferentes técnicas de Minería de Datos en sus propios campos de investigación. Así, algunos ejemplos de aplicación de técnicas de Minería de datos son la especificación de modelos econométricos (Ravi, Nekuri, Rao, 2012); la medicina (Rowe y Wright, 2001; Kocabas, Dragicevic, 2013); la educación (Trujillano, Sarria-Santamera, Esquerda, Badia, Palma, March, 2008; Asif, Mercerón, Pathan, 2012); la banca y finanzas (Quijada-Alarcón, 2015; Pearl, 1988; Kadie, Hovel, Horvitz, 2001), así como los estudios territoriales, puesto que parte de datos sobre el territorio y los componentes que lo conforman, los cuales son recabados recaban por diferentes entidades u organismos de la Administración Pública.

En la Tabla 1 se resumen los trabajos más relevantes realizados con estas técnicas en sistemas de transportes.

AUTORES	AÑO	TÍTULO	MODELO
Stamenkovich M.	1991	An application of artificial neural networks for autonomous ship navigation through a channel	Redes neuronales artificiales
Lo Z. P. and Bavarian B.	1991	A neural piecewise linear classifier for pattem classification	Redes neuronales artificiales
Dougherty, M.	1995	A review of neural networks applied to transport	Redes neuronales artificiales
Shmueli, D., Salomon, I. & Shefer, D.	1996	Neural network analysis of travel behavior: Evaluating tools for prediction	Redes neuronales artificiales
Van Der Voort, M., Dougherty, M. & Watson, S.	1996	Combining Kohonen maps with ARIMA time series models to forecast traffic flow	Redes neuronales artificiales
Friedman, N., & Goldszmidt, M.	1996	Building classifiers using Bayesian networks	Redes bayesianas
Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E.,	1997	Marginal costs and scale economies in spanish	Redes

AUTORES	AÑO	TÍTULO	MODELO
Cortes, C., & Vargas, A.		ports	bayesianas
Park, D. & Rilen, L.R.	1998	Forecasting multiple-period freeway link travel times using modular neural networks	Redes neuronales artificiales
Amin, S.M., Rodin, EY, Liu, A., Rink, K. & García-Ortiz, A.	1998	Traffic Prediction and Management via REDES BAYESIANASF Neural Nets and Semantic Control	Redes neuronales artificiales
Tebaldi, C., & West, M.	1998	Bayesian inference on network traffic using link count data	Redes bayesianas
Abdelwahab, W. & Sayed, T.	1999	Freight mode choice models using artificial neural networks	Redes neuronales artificiales
Yasdi, R.	1999	Prediction of road traffic using a neural network approach	Redes neuronales artificiales
Faghri, A., Aneja, S. & Vaziri, M.	1999	Estimation of percentage of pass - by trips generated by a shopping center using artificial neural networks	Redes neuronales artificiales
Hensher, D.A. & Ton, T.T.	2000	A comparison of the predictive potential of artificial neural networks and nested logit models for commuter mode choice	Redes neuronales artificiales
Sayed, T. & Razavi, A.	2000	Comparison of neural and conventional approaches to mode choice analysis	Redes neuronales artificiales
Qiao, F., Yang, H. & Lam, W.	2001	Intelligent simulation and prediction of traffic flow dispersion	Redes neuronales artificiales
Al-Deek, HM.	2001	Which method is better for developing freight planning models at seaports - Neural networks or multiple regression?	Redes neuronales artificiales
Zhang, G.P.	2001	An investigation of neural networks for linear time-series forecasting	Redes neuronales artificiales
Cain, J.	2001	Planning improvements in natural resource management. guidelines for using Bayesian networks to support the planning and management of development programmes in the water sector and beyond	Redes bayesianas
Al-Deek, HM.	2002	Use of vessel freight data to forecast heavy truck movements at seaports	Redes neuronales artificiales
Huisken, G. & Van Berkum, E.	2002	Short-term travel time prediction using data from induction loops	Redes neuronales artificiales
Conati, C., Gertner, A. y VanLehn, K.	2002	Using Bayesian networks to manage uncertainty in student modeling. User Modeling and User-Adapted Interaction	Redes bayesianas
Dharia, A. & Adeli, H.	2003	Neural network model for rapid forecasting of freeway link travel time	Redes neuronales artificiales

AUTORES	AÑO	TÍTULO	MODELO
Vlahogianni, E.I., Golias, J.C. & Karlaftis, M.G.	2004	Short-term traffic forecasting: Overview of objectives and methods	Redes neuronales artificiales
Zhao, C., Liu, K & Lí, D.	2004	Freight Volume Forecast Based on GRNN	Redes neuronales artificiales
Mostafa, M.M.	2004	Forecasting the Suez Canal traffic: a neural network analysis	Redes neuronales artificiales
Vlahogianni, E.I., Karlaftis, M.G. & Golias, J.C.	2005	Optimized and meta-optimized neural networks for short-term traffic flow prediction: A generic approach	Redes neuronales artificiales
Jeong, R.H. & Rilett, L.R.	2005	Prediction model of bus arrival time for real time applications	Redes neuronales artificiales
Bromley, J., Jackson, N. A., Clymer, O. J., Giacomello, A. M., & Jensen, F. V.	2005	The use of hugin® to develop Bayesian networks as an aid to integrated water resource planning	Redes bayesianas
Sun, S., Zhang, C., & Yu, G.	2006	A Bayesian network approach to traffic flow forecasting	Redes bayesianas
Zheng, W., Lee, D. H., & Shi, Q.	2006	Short-term freeway traffic flow prediction: Bayesian combined neural network approach	Redes neuronales artificiales / redes bayesianas
Janssens, D., Wets, G., Brijs, T., Vanhoof, K., Arentze, T., & Timmermans, H.	2006	Integrating Bayesian networks and decision trees in a sequential rule-based transportation model	Redes bayesianas
Celikoglu, H.B. & Cigizoglu, H.K.	2007	Modeling public transport trips by radial basic function neural networks	Redes neuronales artificiales
Pao, H.T.	2008	A comparison of neural network and multiple regression analysis in modeling capital structure	Redes neuronales artificiales
Castillo, E., Menéndez, J. M., and Sánchez-Cambronero, S.	2008	Traffic estimation and optimal counting location without path enumeration using Bayesian networks	Redes bayesianas
Castillo, E., Menéndez, J. M., & Sánchez-Cambronero, S.	2008	Predicting traffic flow using Bayesian networks	Redes bayesianas
Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F., & Grande, O.	2008	A Bayesian Belief Network modelling of organisational factors in risk analysis: A case study in maritime transportation	Redes bayesianas
Vlahogianni, E.I.	2009	Enhancing Predictions in Signalized Arterials with Information on Short-Term Traffic Flow Dynamics	Redes neuronales artificiales

AUTORES	AÑO	TÍTULO	MODELO
Tonum, A., Yayla, N. & Gokdag. M.	2009	The modeling of mode choices of intercity freight transportation with the artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system	Redes neuronales artificiales
Mitrete, C., Lee, C. & Wu, Z.	2009	A comparison between neural networks and traditional forecasting methods: A case study	Redes neuronales artificiales
Klemola, E., Kuronen, J., Kalli, J., Arola, T., Hanninen, M., Lehtikainen, A., ... & Tapaninen, U.	2009	A cross-disciplinary approach to minimising the risks of maritime transport in the Gulf of Finland.	Redes bayesianas
Kaluza, P., Kölsch, A., Gastner, M. T., & Blasius, B.	2010	The complex network of global cargo ship movements.	Redes bayesianas
Yu, B., Lam, W.H.K & Tam, M.L.	2011	Bus arrival time prediction at bus stop with multiple routes	Redes neuronales artificiales
Gosasang, V., Chandraprakasul, W. & Kiattisin, S.	2011	A Comparison of Traditional and Neural Networks Forecasting Techniques for Container Throughput at Bangkok Port	Redes neuronales artificiales
Moscoso, J.A., Ruiz, J.J., CeRedes bayesianasán, MM.	2011	Técnicas de predicción en el tráfico Ro-Ro en el nodo logístico del Estrecho de Gibraltar	Redes neuronales artificiales
Hofleitner, A., Herring, R., Abbeel, P., & Bayen, A.	2012	Learning the dynamics of arterial traffic from probe data using a dynamic Bayesian network	Redes bayesianas
Cancelas, N. G., Flores, F. S., & Orive, A. C.	2013	Modelo de eficiencia de las terminales de contenedores del sistema portuario español	Redes bayesianas
Camarero, A., González-Cancelas, N., Soler, F., & López, I.	2013	Utilización de redes bayesianas como método de caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español	Redes bayesianas
Rodríguez G., T; González C., N; Soler F., F.	2013	Setting the port planning parameters in container terminals through artificial neural networks	Redes neuronales artificiales
Rodríguez G., T; González C., N; Soler F., F.	2013	Forecasts of container terminal capacity in a crisis scenario using Neural Networks	Redes neuronales artificiales
Flores, F. S., Cancelas, N. G., Orive, A. C., Gárate, J. L. A., & Monzón	2014	Diseño de un modelo de planificación de zonas de actividades logísticas mediante el empleo de redes bayesianas	Redes bayesianas
Li, K. X., Yin, J., Bang, H. S., Yang, Z., & Wang, J.	2014	Bayesian network with quantitative input for maritime risk analysis	Redes bayesianas
Rodríguez, T., González Cancelas, N., & Soler-Flores, F	2015	Setting the Port Planning Parameters In Container Terminals through Bayesian Networks	Redes bayesianas
Awad-Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler-Flores, F., & Camarero-Orive, A	2015	How should the sustainability of the location of dry ports be measured? A proposed methodology using Bayesian networks and multi-criteria decision analysis	Redes Bayesianas

AUTORES	AÑO	TÍTULO	MODELO
Rodríguez García, T.	2016	Aplicaciones tecnológicas en la logística de transportes portuarios.	Redes bayesianas
Núñez, S. A., Orive, A. C., Sánchez-Brunete, M. R., Orive, A. C., & Cancelas, N. G.	2016	Treatment of uncertainties in the existence of free berths with risk analysis techniques. Establishment of policies in port of Cadiz (Spain).	Redes Bayesianas

A continuación se describen las técnicas más importantes de Minería de Datos que han sido aplicadas hasta el momento.

1.2.1 Análisis clúster

El Análisis Clúster es un método multivariante que mide la similitud entre variables. Una vez medida la similitud se agrupan en grupos homogéneos internamente y diferentes entre sí. Los Análisis Clúster han sido aplicados, entre otras investigaciones, para la clasificación de estaciones ferroviarias, permitiendo una mejor comprensión de las interrelaciones entre las estaciones de ferrocarril y su contexto, obteniendo así una herramienta para la planificación estratégica de los usos del suelo (Weston, R. y Davies, 2007). Para ello, se establecen como variables la frecuencia de pasajeros, el rendimiento de cada estación, las necesidades y condiciones de la localización, la densidad de uso del suelo y de servicios de transporte y el uso de la estación (distinguiendo entre: laboral, tiempo libre y turismo). Una vez aplicado el modelo, se aprecian patrones geográficos comunes y dinámicas específicas que ayudan a discernir las clases, de forma que pueden valorarse las exigencias de cada clase y planificar en consecuencia.

Bohnelein (Bourgoin y Castella, 2011) resuelve el enrutamiento de vehículos con objeto de sincronizar la producción con la distribución y minimizar así los costes a la vez que se maximiza la satisfacción del cliente. Para ello, se resuelve un problema dinámico que asume los cambios imprevistos asignando el vehículo adecuado de acuerdo a la producción y a la demanda dentro de los disponibles en la flota de la empresa. Se obtiene así un método multiagente adecuado para comparar la situación actual con la prevista y anticiparse en la decisión del vehículo a utilizar.

Otra aplicación es el diseño de terminales portuarias. En la investigación de González Cancelas, M^a Nicoleta (González, 2007), se desarrolla una metodología que permite determinar los parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores clasificadas a partir de datos de tráfico marítimo. Se obtienen así grupos de terminales, estudiando los parámetros de diseño de la operativa y los datos de tráfico. Estas agrupaciones se corrigen por capacidad y grado de saturación, obteniendo las funciones que representan estos parámetros, así como los ratios de gestión y explotación.

1.2.2 Árboles de Clasificación y de Decisión

Los Árboles de Clasificación y de Decisión son bastante populares en Minería de Datos, pudiéndose usar para clasificación y regresión.

Un árbol de decisión es un modelo lógico que se representa como un árbol binario (separación de dos vías) que muestra cómo se puede predecir el valor de una variable de destino utilizando los valores de un conjunto de variables predictivas. Son útiles para la exploración inicial de datos y apropiados cuando hay un número elevado de datos, y existe incertidumbre sobre la manera en que las variables explicativas deberían introducirse en el modelo. Sin embargo, no constituyen una herramienta demasiado precisa de análisis.

Los árboles de decisión han presentado una gran variedad de estudios que validan su aplicación a áreas tales como la banca y finanzas, y la medicina.

Un ejemplo de su aplicabilidad a la banca y finanzas ha sido la medición del riesgo crediticio, entendido este como la probabilidad de que una entidad financiera incurra en pérdidas a consecuencia del incumplimiento por parte de sus deudores (Hernández, 2004). Conociendo datos históricos del comportamiento de los clientes de una entidad bancaria, se determinaron seis categorías o perfiles de riesgo que sirven para tomar decisión sobre el otorgamiento o no de un crédito.

Por otro lado, en cuanto a su aplicación a la medicina, se ha desarrollado desarrollaron un modelo que permite calcular la probabilidad de muerte en infarto agudo de miocardio (Tobar Vega, 2005). Asimismo, usando arboles de decisión se ha determinado un patrón que les permite identificar nuevos compuestos con actividad antimicrobiana para combatir infecciones detectando compuestos nuevos que eludan la resistencia que presentan algunos microbios a los antibióticos comerciales (Ledoux, 1997). Para ello, se construyó, una serie histórica de datos un árbol de decisión que permitió predecir la progresión de la fiebre hemorrágica del dengue.

En la planificación del territorio, se han usado los árboles de decisión en aspectos específicos tales como la clasificación de usos de la tierra y land cover (Prasad, Madhavi, 2012; Friedl, Brodley, 1997; Malczewski, 2004; Quijada-Alarcón, González, Camarero y Soler, 2012) o la planificación de la pesca considerando el consumo de combustible, los costes de funcionamiento y los patrones de pesca, de manera tal de optimizar los recursos (Bastardie, Nielsen, Andersen, Eigaard, 2013).

Sin embargo, son pocos los modelos de planificación del transporte que utilizan un conjunto de Árboles de Decisión para apoyar la toma de decisiones. Peng (Peng y Luan, 2011) describe la aplicación de un algoritmo de aprendizaje de Árboles de Decisión en la elección modal a la hora de realizar un viaje, de forma que las externalidades del transporte y del crecimiento de población se equilibren con la conservación del medio ambiente. Los resultados de esta investigación muestran que las reglas obtenidas por el método del Árbol de Decisión tienen valor práctico como ayuda a la elección del tráfico modal con la ventaja fundamental de que se interpretan los resultados con una gran facilidad.

Quijada-Alarcón (Quijada-Alarcón, 2015) propone un modelo basado en Árboles de Decisión para la ordenación del territorio. Este modelo atiende al impacto de los nodos logísticos sobre la economía y el desarrollo regionales y analiza las sinergias existentes

entre ellos, como método de ayuda a la planificación de la infraestructura que forma parte de la cadena logística.

1.2.3 Análisis de Escenarios Futuros y Simulación

Las técnicas de Escenarios Futuros y Simulación se basan en la recreación de un retrato significativo y detallado de un plausible mundo futuro cuando se realiza una actividad, en el que los planificadores pueden ver claramente y aprender los problemas, desafíos y oportunidades que tales circunstancias pueden presentar y la comparativa con lo que pasaría en el caso de no realizar esta actuación (Aguilera, Plata, Bosque y Gómez, 2009). La información para la creación de estos escenarios puede ser a partir de encuestas (Rafii, Alavipanah, Malekmohammadi, Mehrian, Nasiri, 2012) o mediante el establecimiento de unos indicadores de los cuales se simula la evolución hasta el escenario futuro (Linstone y Turoff, 1975). La generación y simulación de escenarios exploratorios externos es un instrumento útil en los procesos de planificación y toma de decisiones, de especial relevancia en el ámbito territorial, cuyo calado en el proceso de planificación en España es escaso hasta la fecha (SIANI, 2011).

En el caso de entornos metropolitanos, el diseño de un modelo sencillo permite la estimación de demandas de nuevo suelo urbano en el contexto de diferentes escenarios futuros a partir de información fácilmente accesible, con el apoyo de mapas (Aguilera, Plata, Bosque y Gómez, 2009). A partir de variables agrupadas en bloques (evolución de la población, evolución del número de hogares, evolución del nivel de renta, evolución de la superficie residencial y evolución de la superficie de suelo productivo), se presentan tres escenarios futuros con las posibles tendencias de las demandas de ocupación del suelo para los casos particulares de las áreas metropolitanas de Madrid y Granada. El análisis de estos escenarios permite evaluar las posibles consecuencias espaciales y territoriales de los procesos de crecimiento metropolitano.

Otra aplicación de la simulación es la determinación del posible crecimiento de los tráficos intermodales de contenedores en una red formada por un conjunto de puertos. Existe una investigación que analiza la potencialidad del sistema dando especial atención al transporte terrestre y al reequilibrio en el reparto modal del mismo (Moreno, 1999). En ella se evalúan tres escenarios en el periodo comprendido entre 2002 y 2012 que permiten conocer el volumen de tráfico. De este modo, se puede planificar la composición de las flotas de camiones y trenes. El resultado de la investigación arroja la necesidad de aumentar el transporte ferroviario debido a la congestión de las carreteras y esto exige dotar al ferrocarril de nuevas infraestructuras.

En el campo de la logística, existe una metodología propuesta (González y Camarero, 2012a) que utiliza la modelización de las líneas de espera en diversas terminales españolas utilizando los inputs básicos de la teoría de colas, es decir, las distribuciones de llegadas y servicios a buques y el número de servidores o puestos de atraque. Una vez construido el

modelo, las simulaciones proporcionan información relevante sobre los grados de ocupación y eficiencia en los muelles y sobre las esperas relativas de los buques, permitiendo optimizar la gestión estratégica de las terminales.

1.2.4 Método DELPHI

El método DELPHI es un procedimiento prospectivo subjetivo con estricta metodología y una vasta experiencia en los más diversos ámbitos de aplicación (Rodríguez, González, Félix, 2009). Su fundamento es el análisis de las ideas (respecto del futuro) llevado a cabo por un grupo de expertos en un área del conocimiento, con objeto de encontrar un consenso de opiniones (Latorre, 2012).

Los Sistemas Expertos son sistemas informáticos que simulan a los expertos humanos en un área específica. Con los Sistemas Expertos se busca una mejor calidad y rapidez en las respuestas dando así lugar a una mejora de la productividad del experto (Gómez, 1998).

Esta técnica ha sido utilizada en la predicción del crecimiento del turismo en el noroeste de Inglaterra (Trueba, Gutiérrez, Martín, 2008). Los resultados del estudio alcanzan un amplio consenso en relación a que el turismo crecerá en la región, concluyendo, además, que este crecimiento no necesita un aumento de capacidad en la infraestructura de transporte.

Esta visión planificadora que se puede conseguir mediante el método DELPHI ha sido utilizada también para conocer las tendencias en el transporte de mercancías. El estudio realizado al respecto (McCloskey, Lilieholm, Boone, Reid, Sader, Nkedianye, Said, Worden, 2011) arroja una continuidad en la tendencia del volumen de transporte pero con unas características diferentes, con mercancías más personalizadas que son enviadas directamente al consumidor sin pasar por los comercios tradicionales, y pone de manifiesto la necesidad de un reequilibrio modal así como la internalización de las externalidades del transporte.

El campo de la localización industrial presenta un amplio conjunto de factores que pueden influir en las decisiones de localización para actividades internacionales a partir de la consulta a un panel de expertos, tal y como lo analizan algunos estudios (Litman, 2007). Los cinco principales factores identificados que pueden influir poderosamente en las decisiones internacionales de localización en general fueron: costes, infraestructura existente, características del trabajo, factores políticos y factores económicos. Identifica además algunos subfactores de importancia creciente como la protección de las patentes, la disponibilidad de recursos de gestión y los costes de integración en el nuevo entorno. Los factores identificados tienen implicaciones en la gestión de la empresa que pretende localizarse en un lugar determinado y en la formulación de políticas de los gobiernos locales.

Dentro de los Sistemas Expertos, se distingue entre las Redes Bayesianas (RB) y las Redes Neuronales Artificiales (RNA). Ambas redes deben ser entrenadas mediante aprendizaje en base a casos dados (Aluja Banet, 2001).

Las redes de neuronas artificiales (denominadas habitualmente como RNA) son un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático inspirado en la forma en que funciona el sistema nervioso de los animales. Las actividades de investigación desarrolladas en torno al estudio de las Redes Neuronales Artificiales están motivadas en modelar la forma de procesamiento de la información en sistemas nerviosos biológicos (Izaurieta, Saavedra, 2000), así se trata de un sistema de interconexión de neuronas que colaboran entre sí para producir un estímulo de salida.

Estas redes se basan fundamentalmente en el funcionamiento del cerebro humano que es completamente distinta al funcionamiento de un computador digital convencional, pues el cerebro se corresponde con un sistema altamente complejo, no lineal y paralelo que puede realizar muchas operaciones simultáneamente, a diferencia de las computadoras comunes que son secuenciales y sólo pueden realizar una operación a la vez. Por ello, en inteligencia artificial es frecuente referirse a las Redes Neuronales Artificiales como redes de neuronas o redes neuronales (Basogain, 2008).

Las Redes Neuronales Artificiales tienen muchas ventajas al estar basadas en la estructura del sistema nervioso del cerebro. Las principales son las que se enumeran a continuación:

- Aprendizaje

Las Redes Neuronales Artificiales tienen la habilidad de aprender mediante una etapa que se llama etapa de aprendizaje. Esta consiste en proporcionar a la Red Neuronal Artificial datos como entrada a su vez que se le indica cuál es la salida (respuesta) esperada.

- Auto organización

Una Red Neuronal Artificial crea su propia representación de la información en su interior, quitándole esta tarea al usuario.

- Tolerancia a fallos

Debido a que una Red Neuronal Artificial almacena la información de forma redundante, ésta puede seguir respondiendo de manera aceptable aun si se daña parcialmente.

- Flexibilidad

Una Red Neuronal Artificial puede manejar cambios no importantes en la información de entrada, como señales con ruido u otros cambios en la entrada (por ejemplo si la información de entrada es la imagen de un objeto, la respuesta correspondiente no sufre cambios si la imagen cambia un poco su brillo o el objeto cambia ligeramente).

- Tiempo real

La estructura de una Red Neuronal Artificial es paralela, por lo cual si esto es implementado con computadoras o en dispositivos electrónicos especiales, se pueden obtener respuestas en tiempo real.

Debido a estas ventajas, las neuroredes se han convertido en una gran ayuda en el procesamiento de datos experimentales de comportamiento complejo. Además, su comportamiento iterativo no lineal las uno de modo natural al caos y teoría de complejidad, siendo sus posibilidades tan amplias que se empieza a hablar de un campo nuevo, aparte de la Biología, la Matemática y la Física: las Neurociencias (Izaurieta, Saavedra, 2000).

En la literatura se plantea en cierto modo la competencia entre las técnicas de Estadística Multivariante y el uso de las Redes Neuronales Artificiales. Sin embargo es necesario entender que estas metodologías para el análisis de datos no están compitiendo y existe una considerable superposición entre los dos campos (Moscoso, Ruiz, Cerbán, Turias y Duarte, 2011).

Los métodos de análisis multivariante se usan principalmente para buscar las variables menos representativas dentro de un conjunto amplio de variables para poder eliminarlas, simplificando así modelos estadísticos en los que el número de variables sea un problema y para comprender la relación entre varios grupos de variables. Kadie (Kadie, Hovel, Horvitz, 2001) presenta una revisión de las diferencias y similitudes entre estos métodos y las Redes Neuronales Artificiales y establece cuándo debe usarse cada técnica. La conclusión es que resulta recomendable el uso de las Redes Neuronales Artificiales cuando:

- es necesaria una buena obtención del resultado de una predicción sin importar mucho la forma en que se obtienen estos pronósticos,
- el proceso de generación de datos reales es desconocido o difícil de identificar,
- las suposiciones idealizadas de otros modelos, como los estadísticos (por ejemplo, normalidad, linealidad, estacionalidad, etc.) no son válidos
- los métodos tradicionales producen resultados a los que se llega a través de un trabajo tedioso y casi imposible de interpretar.

En el caso de los puertos, partiendo de la premisa de que los ratios empleados para planificación y explotación de terminales de contenedores españolas no se ajustan a la realidad del sistema portuario español como consecuencia de la falta de caracterización de los parámetros físicos de las terminales, estudios realizados en la Universidad Politécnica de Madrid (González, Camarero, Soler y Camarero, 2012b; González y Camarero, 2012c) muestran la aplicación de una nueva metodología, en este caso, inteligencia artificial, mediante el empleo de modelos gráficos probabilísticos, para determinar los parámetros óptimos de explotación y planificación portuaria, a través de la clasificación de las terminales añadiendo la inferencia de escenarios virtuales. Las redes bayesianas representan una distribución de probabilidad multivariante de las variables físicas de la terminal y, asociada a cada nodo de la red hay una distribución de probabilidad condicionada a los padres de cada nodo, de manera que la distribución conjunta factoriza como el producto de las distribuciones condicionadas asociadas a los nodos de la red. Dada

la red obtenida se confirma que la superficie total de la terminal (área en que opera la terminal) se puede elegir como elemento de planificación.

Las Redes Neuronales Artificiales han sido utilizadas ampliamente en la planificación de transportes. Dougherty (Dougherty, 1995) realiza una revisión de las aplicaciones que habían tenido hasta la fecha las Redes Neuronales Artificiales en el campo del transporte donde queda patente este hecho.

Así, se han usado para modelizar el tráfico privado y aplicar el pronóstico a sistemas de gestión inteligente del tráfico que controlan el tráfico urbano en tiempo real mediante la vinculación del flujo de tráfico con las comunicaciones de la señalización en base a la longitud de las colas y los flujos de salida (Lanzanini, et al., 2015). Sin embargo, esta investigación no se ha realizado con datos experimentales y se incide en la necesidad de ello para extraer unas conclusiones válidas.

Otro ejemplo es su uso para el establecimiento de una medida para comparar la eficiencia de los servicios de transporte público en función de una serie de indicadores de gestión (Costa y Markellos, 1997), proponiéndose un enfoque basado en las Redes Neuronales Artificiales por la gran flexibilidad que ofrecen, muy superior a las técnicas tradicionales y porque, gracias a ellas, no es necesario conocer a priori la relación entre las variables que intervienen. El autor destaca que, por ello, las Redes Neuronales Artificiales tienen un gran potencial para el desarrollo de aplicaciones que ayuden a la toma de decisiones.

En el ámbito portuario han sido ampliamente utilizadas en predicción, empleándose para realizar predicciones del tráfico Ro-Ro en el Estrecho de Gibraltar (Mena, 1999), las cuales permiten el establecimiento de herramientas que ayuden en futuras tomas de decisiones en los distintos organismos aduaneros a partir de las previsiones, permitiendo así adelantar la preparación de las infraestructuras portuarias. También se han utilizado para predecir la demanda de transporte público (Celikoglu y Cigizoglu, 2007a; Celikoglu y Cigizoglu, 2007b) o para modelizar la demanda en el transporte de energía (Moreno, 1999).

Fuera del ámbito del transporte, las Redes Neuronales Artificiales han sido aplicadas en un número inmenso de problemas. Algunas aplicaciones son: conversión de texto a voz (y viceversa), comprensión de imágenes, reconocimiento de patrones y caracteres, procesamiento de señales, filtro de ruido, servocontrol, modelización económica y financiera, análisis de datos faltantes, etc. (Basogain, 2008). Por ejemplo, en España, en el Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Samir, 2011), se vienen desarrollando en los últimos años trabajos en una gran variedad de campos aplicables a la planificación: optimización del mantenimiento de instalaciones, toma de decisiones ante múltiples objetivos en conflicto (rutas, planificación de la distribución en base a la producción, optimización logística global), ubicación óptima de industrias y servicios, minimización de impactos, simulación de problemas no lineales de alta complejidad, etc.

Una vez revisados un número importante de estudios, se establece que existe una serie de modelos que aparecen en la mayoría de estudios académicos y la bibliografía especializada y hay un amplio consenso en el uso de cada arquitectura para una aplicación concreta

(Dougherty, 1995; Moreno, 1999; Celikoglu y Cigizoglu, 2007a; Moscoso, Ruiz, Cerbán, Turias y Duarte, 2011; Kadie, Hovel, Horvitz, 2001).

Cada modelo de red ha sido diseñado para fines más o menos específicos. No obstante, existen varios que han ganado gran popularidad y se aplican de forma habitual para determinadas aplicaciones. Por ejemplo, para realizar prognosis las estructuras más utilizadas son: perceptrón multicapa con aprendizaje supervisado, Adaline y redes de base radial (como alternativa y contraste a las redes multicapa). Para clasificación se encuentra una gran variedad, destacando la estructura backpropagation con aprendizaje no supervisado competitivo/comparativo para el agrupamiento en categoría y supervisado para la propia clasificación. Para optimización, el tipo de red más utilizada es la de Hopfield, mediante la minimización de una función de energía (Basogain, 2008).

Con esta variedad de estructuras y posibilidades no es raro que las Redes Neuronales Artificiales hayan sido utilizadas para aplicaciones muy diferentes. El principal rasgo de esta tecnología es que puede ser (y ha sido) aplicada a un inmenso conjunto de problemas, pertenecientes a diversas áreas del conocimiento, muchos de los cuales parecían ser demasiado complicados de resolver en modelos teóricos. Las Redes Neuronales Artificiales han sido utilizadas con éxito por ejemplo en: problemas de enrutamiento, optimización de stocks industriales, simulación de problemas no lineales de alta complejidad, reconocimiento de patrones, recuperación de datos, procesamiento de señales (radar, sónar, infrarrojos), visión artificial, reconocimiento de voz, sistemas expertos, análisis de imágenes médicas, control remoto, control de robots, inspección industrial, marketing (identificación de clientes potenciales), predicción de riesgos financieros, etc. (Basogain, 2008). En general puede decirse que las aplicaciones más desarrolladas en los últimos años han sido todas las relacionadas con el análisis de grandes masas de datos, con vistas a la predicción, clasificación, optimización, aproximación de funciones y la agrupación o el reconocimiento de patrones (MacCarthy y Atthirawong, 2003).

Las tareas más recientes en la investigación de Redes Neuronales Artificiales han dado lugar a modelos aplicables a la resolución de problemas de predicción y de clasificación. En ambos casos se ha realizado un estudio minucioso de la representación de la información disponible, llegando a identificar las características y métricas más adecuadas para cada situación (Lanzanini, et al., 2015). Los resultados obtenidos han sido medidos en la solución de problemas pertenecientes a distintas áreas, tales como la automatización del aparcamiento de vehículos, visitas médicas, procesamiento de e-mails, etc.

1.2.5 Redes neuronales artificiales

En relación a la literatura de aplicación de redes neuronales artificiales (RNA) a la planificación de transportes, esta es breve, principalmente, debido a la reciente aparición de la inteligencia artificial en la sociedad. Los orígenes de los primeros trabajos datan de 1943 (Wardman, 2006), con unos comienzos un poco arduos y con poca aceptación desde la comunidad investigadora. No es hasta el año 1982 cuando John Hopfield (Hofleitner,

Herring, Abbeel & Bayen, 2012) inventa el algoritmo Backpropagation, cuando se vuelve a generar interés por este tipo de inteligencia artificial.

Actualmente, existen numerosas universidades (Boston, Helsinki, Stamford, Carnegie-Mellon, California, Massachusetts, Politécnica de Madrid) que se encuentran desarrollando investigaciones referentes a las redes neuronales artificiales, así como algunas empresas con carácter privado en países como Japón, Estados Unidos y europeos.

Los primeros trabajos realizados con redes neuronales artificiales en el ámbito marítimo datan de los años 1991, en trabajos de Lo y Bavarian (Lo and Bavarian, 1991) en el que crean un sistema de procesamiento de imágenes que reconoce y clasifica las imágenes de perfil de los buques y el trabajo de Stamenkovich (Stamenkovich, 1991) que utiliza las redes neuronales artificiales en la navegación de buques autónomos en espacios confinados, pero nada en el ámbito de la planificación.

Gosasang (Veerachal, Watcharavee, Supaporn, 2010) en 2010, realiza una predicción del tráfico de Contenedores en el Puerto de Bangkok aplicando Redes Neuronales, con el objetivo de explorar el uso de las redes neuronales para predecir el movimiento de contenedores en el futuro con objeto de planificar las inversiones futuras en la ampliación de dicho puerto.

En otros estudios se realizan comparaciones entre otras técnicas estadísticas y las técnicas de pronósticos de las redes neuronales en el movimiento de contenedores en el mismo puerto (Veerachal, Watcharavee, Supaporn, 2011).

A nivel nacional existen trabajos como el desarrollado por Moscoso (Moscoso, Ruiz, Cerbán, 2011) en el año 2011, donde se aplican diferentes técnicas de predicción cuantitativa, como los de persistencia, modelo ARIMA, regresión lineal múltiple (MLR) y redes neuronales artificiales (RNA), para el caso de predicción de tráfico ro-ro en el nodo de estrecho de Gibraltár. Otro trabajo que se puede englobar dentro de esta categoría es el realizado por Xuefei Li en el año 2012 (Xuefei, 2012) en el que presentan una herramienta novedosa para trabajar con redes neuronales artificiales apoyada en el software Matlab de un modo sencillo y que posteriormente otros autores la desarrollan en sus trabajos y de directa aplicación al sistema de transportes portuarios y en concreto a los puertos con terminales de contenedores (Rodríguez García, González-Cancelas, Soler-Flores, 2013), (Rodríguez, Cancelas & Soler-Flores, 2013) y (Soler Flores, Rodríguez García, Gonzalez Cancelas, Xuefei Li, 2013).

Otros autores como Huisken (Huisken & van Berkum, 2002) publican estudios en el año 2002, donde se analizan las ventajas y/o diferencias que tienen los métodos estadísticos puros frente a las redes neuronales en cuanto a la investigación del transporte se refiere. En este estudio hacen referencia a la particularidad que tienen las redes neuronales para ajustarse a fenómenos no lineales y la capacidad de aprendizaje de estas.

Otros trabajos relacionados con las redes neuronales y su aplicación a planificaciones a corto plazo en el ámbito internacional, son los trabajos de pronósticos a corto plazo mediante redes neuronales (Vityaev & Kovalerchuk, 2004) de los parámetros de tráfico,

como el flujo y la ocupación, los relacionados con flujos de tráfico, la velocidad y la ocupación (Díez, 1998), estudios sobre problemas de transporte (Díez, 1998), (Clark, Dougherty and Kirby, 1993) y otros relacionados con los pronósticos a corto plazo de la demanda de pasajeros de tren (Trucco, Cagno, Ruggeri & Grande, 2008), obteniendo en todos ellos respuestas prometedoras de cara a su uso en un futuro próximo y su aceptación por los resultados obtenidos.

Por último indicar, que existen otros trabajos realizados con redes neuronales artificiales donde se efectúan predicciones en sistemas de transportes como son: Abdelwahab en el año 1999, que utiliza las redes neuronales artificiales para desarrollar modelos de elección del modo de transporte de mercancías en Estados Unidos (Abdelwahab & Sayed, 1999); Dharia en 2003, quien estima el tiempo de viaje en autopistas con el uso de los sistemas de información inteligentes (ITS) (Dharia & Adeli, 2003); Dougherty en sus trabajos de 1994 (Dougherty and Cobbett, 1994) y (Dougherty, Kirby and Boyle, 1994) relacionados con los sistemas de transportes por carretera, o en su trabajo de 1995 (Dougherty, 1995) donde realiza una revisión de los trabajos relacionados con los sistemas de transportes utilizando redes neuronales artificiales encontrando en ese momento 52 trabajos relacionados, dos de ellos dentro del transporte marítimo (Lo and Bavarian, 1991), (Stamenkovich, 1991); Park and Rilett en 1998 plasman en otro trabajo la utilidad de las redes neuronales en la estimación de tiempos de recorrido en el transporte por carretera en Houston (Pao, 2008) Qiao y otros en 2001 donde establecen un modelo auto adaptativo para la simulación de dispersión de flujo de tráfico (Qiao, Yang & Lam, 2001) y Sayed en el año 2000 que realiza un modelo para el mercado de transportes de mercancías de Estados Unidos (Shmueli, Salomon & Shefer, 1996) entre otros. En todos ellos se demuestra que las redes neuronales artificiales son más que una alternativa muy prometedora para la predicción en sistemas de transportes.

Existen otros trabajos recogidos en la Tabla 1, si bien no se citan en este apartado, ya que no aportan información adicional en cuanto a tipología de trabajos y de uso para esta investigación al estar también relacionados con transportes bien carreteros o ferroviarios.

1.3 Redes bayesianas

Las Redes Bayesianas “constituyen una metodología elegante y potente basada en la probabilidad y la estadística que permite construir modelos de probabilidad conjunta manejables que representan las dependencias relevantes entre un conjunto de variables” (Grupo de Meteorología de Santander, 2014), sin que la cantidad de variables represente una limitante, salvo las que existan por la propia capacidad de cálculo de los equipos computacionales donde se construyen dichos modelos.

Estas redes permiten crear una estructura de modelo de decisión, sin importar su tamaño o complejidad, centrando las decisiones en los parámetros y los valores que asumen los criterios de decisión bajo condiciones de certeza (Grupo de Meteorología de Santander, 2014). Un único modelo sirve para diferentes propósitos, además del de explicar el comportamiento colectivo del sistema (Soria, Valenzuela y Aguilera, 2009) utilizando

posteriormente mecanismos de inferencia probabilística para obtener conclusiones en base a la evidencia disponible (Paliwal y Kumar, 2009), (Rodríguez & Dolado, 2007).

Por ello, en la práctica, las Redes Bayesianas se utilizan para conocer la probabilidad a posteriori de cierta variable de interés dado un conjunto de hallazgos (Gómez, 1998), encontrándose a medio camino entre las técnicas estadísticas y las de inteligencia artificial.

Las principales características que definen a una Red Bayesiana son las siguientes (Lira, Perez, Baranauskas, Nozawa, 2013):

- Es un modelo probabilístico que relaciona un conjunto de variables mediante un grafo dirigido. El grafo es dirigido porque los enlaces o arcos están orientados en una dirección específica (Pons, 2008).
- Es una red gráfica sin ciclos. Durante el proceso de construcción de una Red Bayesiana no se crean ciclos o bucles en el grafo; por lo que si se recorre un camino dirigido desde un nodo no será posible regresar al punto de partida (Pons, 2008).
- Su representación ilustra dependencias que permiten un razonamiento probabilístico, siendo sus nodos variables aleatorias y los arcos las relaciones de dependencia directa entre las variables.
- Es una herramienta informática que permite la construcción de diferentes modelos de acuerdo al caso de estudio y a los requisitos de la investigación y de las condiciones del comportamiento de las variables.
- Permite obtener las relaciones de dependencia existentes entre los atributos de los datos de estudio, especificando los cálculos de independencia condicional junto con las probabilidades condicionales.

Una Red Bayesiana es representada como un grafo dirigido acíclico, con nodos que representan variables y arcos que las unen y que representan dependencias condicionales codificadas en el modelo (Lira, Perez, Baranauskas, Nozawa, 2013). La ausencia de arcos entre dos variables cualesquiera indica una independencia condicional, por lo que no hay situaciones en las que la probabilidad de una de las variables dependa directamente del estado de la otra (Janssens, Wets, Brijs, Vanhoof, Arentze y Timmermans, 2006). El grafo describe las dependencias existentes en el modelo y define una factorización de la distribución de probabilidad conjunta dando así un modelo que es compatible con las dependencias codificadas. La Red Bayesiana codifica la incertidumbre asociada a cada variable por medio de probabilidades, y de acuerdo al teorema de Bayes esta incertidumbre es susceptible de ser modificada en base a observaciones o evidencias sobre el modelo (Pons, 2008).

Estas redes bayesianas se construyen en base a un sistema experto, mediante el desarrollo de técnicas que sirven para el aprendizaje a partir de un conjunto de datos asociados al modelo y que permiten además compartir el conocimiento obtenido a partir de los datos

del caso de estudio (Lira, Perez, Baranauskas, Nozawa, 2013). Un sistema experto como aquel que “puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada” (Rodríguez & Dolado, 2007).

Los Redes Bayesianas poseen diferentes aplicaciones para diagnóstico, clasificación y decisión al suministrar información de las relaciones de las variables, pudiendo ser interpretadas como relaciones causa-efecto (Lira, Perez, Baranauskas, Nozawa, 2013).

En el ámbito de la planificación de usos de suelos, para establecer escenarios futuros de usos tomando en consideración los conflictos de intereses que se pueden presentar producto de las decisiones de los planificadores con relación a los usuarios de dichos suelos (Marín, 2011) inclusive entre la disyuntiva de desarrollar un área o conservar el entorno natural (Matinfar y Roodposhti, 2013). Kwak, Shi y Kou desarrollaron un modelo espacial que simula el cambio de uso de la tierra bajo la influencia del comportamiento humano y los usos de la misma, mediante la integración de los controladores físicos y sociales claves del cambio de uso de la tierra (Kwak, Shi, Kou, 2012).

Para la gestión de ríos, se han desarrollado dos modelos con redes bayesianas que permite determinar los caudales ambientales necesarios para mantener la salud ecológica del Río Daly (Australia) (Chan, Hart, Kennard, Pusey, BShenton, Douglas, Valentine, Patel, 2012). Otro ejemplo en la gestión de ríos, aplicando el uso de redes bayesianas, es el modelo desarrollado por Borsuk, Schweizer y Reichert que les permite predecir las consecuencias morfológicas, hidráulicas, económicas y ecológicas de las actividades de rehabilitación de los ríos (Borsuk, Schweizer, Reichert, 2012).

Para la planificación y gestión de terminales portuarias, Camarero, Soler, González y Ansorena utilizaron las redes bayesianas como método de caracterización de parámetros tanto físicos como funcionales de terminales de contenedores (Camarero, Soler, González y Ansorena, 2014). Otro ejemplo es la planificación de Zonas de Actividades Logísticas (Shouman, Turner, Stocker, 2012).

Comparando las Redes Bayesianas con los Árboles de Decisión, una investigación realizada para la representación de los mecanismos de comportamiento y los principios que los individuos y los hogares utilizan para organizar sus actividades (Izaurieta, Saavedra, 2000) muestra que las Redes Bayesianas superan las posibilidades de los Árboles de Decisión y que son más adecuadas para captar la complejidad subyacente de la toma de decisiones. Sin embargo, otra investigación posterior (Janssens, Wets, Brijs, Vanhoof, Arentze y Timmermans, 2004) pone de manifiesto las desventajas del uso de las Redes Bayesianas por resultar un tanto limitadas en términos de interpretación y de eficiencia cuando las reglas se derivan de la red.

Por contra, las reglas derivadas de los Árboles de Decisión, en general, tienen una sencilla interpretación. Así, se aborda la idea de combinar ambas herramientas con el fin de mantener las ventajas potenciales de cada una. Los resultados de este estudio sugieren que este sistema integrado se puede utilizar para el modelado diferentes facetas de elección

con un mejor poder predictivo que los Árboles de Decisión y una interpretación de los resultados mejor que con Redes Bayesianas.

Así, por tanto, a partir de las redes bayesianas se puede obtener de una forma gráfica las relaciones entre las variables consideradas de cada una de las cuatro dimensiones, con objeto de poder determinar a posteriori los valores que cuantifiquen su contribución a la sostenibilidad.

1.4 Sostenibilidad portuaria

El desarrollo sostenible es un concepto amplio, abstracto o ambiguo (Doménech, 2004) que partió de la búsqueda de compatibilidad entre el desarrollo económico y la protección y uso adecuado de los recursos naturales. Fue incorporado y analizado a finales del S.XX en la Conferencia de Estocolmo (1972). No obstante, dicho concepto no fue asumido por la sociedad hasta más de una década después, en el año 1987, con el Informe Brundtland, donde el concepto de desarrollo sostenible pasó a definirse como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987).

Este hecho supuso un cambio social, ambiental y económico importante al incluir cuestiones medioambientales que nunca antes habían sido debatidas, las cuales se consolidaron en la Conferencia de Río 92, La Cumbre de la Tierra, donde el desarrollo sostenible era el tema central del debate (Crespo, 1994).

Posteriormente, la visión de la Conferencia de Río se amplió a otras dimensiones, de forma que la definición ha evolucionado y cambiado con el paso del tiempo, pues cada vez que se estudia el tema se involucran más áreas del conocimiento (Madero y Zárate, 2017).

En la actualidad, el concepto de desarrollo sostenible posee un carácter integral, multidimensional e interactivo, que involucra más áreas del conocimiento (Madero y Zárate, 2017). En el caso del sector transportes se está aplicando de forma emergente, impulsado por iniciativas que incorporan la variable ambiental y la responsabilidad social empresarial en la gestión estratégica de las empresas (Doerr, 2011).

El objetivo a largo plazo es el mantenimiento equilibrado de su función, teniendo en cuenta el efecto recíproco de su actividad con el entorno económico, social y ambiental con el que se relaciona y el efecto de su actividad con su propia estructura, buscando un desarrollo equilibrado de estas cuatro dimensiones (Serrano, 2015).

En este contexto, merece una atención particular el transporte marítimo, al transportar alrededor del 80% del volumen del comercio internacional (en toneladas-kilómetros) a nivel mundial (Sánchez, Jaumurzono, Willmsmeier, Pérez Salas, Doerr y Pinto, 2015).

En este sector, la sostenibilidad portuaria tiene sus raíces en las propuestas del Global Reporting Initiative (GRI) (Global Reporting Initiative, 2000) de las cuáles conserva, entre otras cuestiones, los cuatro ejes o dimensiones que conforman un enfoque de desarrollo sostenible, es decir, el institucional, el económico, el ambiental y el social (Figura 1).

Figura 1 – Dimensiones del desarrollo sostenible

Fuente: Elaboración propia a partir de Doerr, 2011

Es por ello que se debe entender la gestión sostenible como “aquella que permite que crezca el volumen de tráfico de contenedores, graneles sólidos y líquidos, mercancía general y número de pasajeros, disminuyendo a su vez el consumo de energía y recursos naturales, el volumen de residuos generados y los impactos negativos a los sistemas sociales y ecosistemas en las áreas de influencia del puertos” (Crespo, Giner, Morales, Ponte, Ripoll, 2007).

Esta demanda de la sociedad de caminar hacia un desarrollo sostenible, traducido en una exigencia a las organizaciones de una mayor transparencia en la información que suministra ha llevado a los puertos a implementar de forma voluntaria normativas relacionadas con la sostenibilidad, y programas de Responsabilidad Social Empresaria. En algunos casos, la información se facilita a través de Memorias/Informes de Sostenibilidad/Balances Sociales, que más allá de los Estados Financieros convencionales, responden a una triple realidad de la organización: económica, social y medioambiental (Sarro, 2016).

De esta forma se considera que la gestión sostenible de una empresa u organismo tiene como meta el mantenimiento equilibrado en el largo plazo de su función y actividad, de modo que se tengan en cuenta el efecto recíproco de su actividad con el entorno económico, social y ambiental con el que se relaciona y el efecto de su actividad con su propia estructura al tiempo que se el efecto de sus funciones y actividades en sus aspectos o dimensiones económica, social, medioambiental e institucional, buscando un desarrollo equilibrado de estas cuatro dimensiones (Serrano, 2015).

En este contexto, merece una atención particular el transporte marítimo, al transportar alrededor del 80% del volumen del comercio internacional (en toneladas-kilómetros) a nivel mundial (Sánchez, Jauimurzono, Willmsmeier, Pérez Salas, Doerr y Pinto, 2015). Así, en el

sector portuario, se debe entender la gestión sostenible como “aquella que permite que crezca el volumen de tráfico de contenedores, graneles sólidos y líquidos, mercancía general y número de pasajeros, disminuyendo a su vez el consumo de energía y recursos naturales, el volumen de residuos generados y los impactos negativos a los sistemas sociales y ecosistemas en las áreas de influencia del puertos” (Crespo, Giner, Morales, Ponte, Ripoll, 2007)

Sin embargo, uno de los principales desafíos que plantea la introducción de criterios de sostenibilidad en el modelo de gestión y desarrollo portuario es romper la inercia existente en relación a la consideración “única” del factor económico como variable de desarrollo, y lograr que las variables ambiental y social tomen la importancia que deben a fin de que el modelo de gestión y desarrollo portuario realmente tienda hacia la sostenibilidad (Grupo de trabajo 23, 2004).

El Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (BOE núm. 253, de 20/10/2011), incorpora la sostenibilidad como uno de los principios que deben regir el modelo de planificación y de gestión de los puertos. Para ello, en el artículo 55.4 prevé que el proyecto de Plan de Empresa de cada Autoridad Portuaria debe acompañarse de una Memoria de Sostenibilidad, la cual constituye una herramienta de análisis y diagnóstico. Dicha memoria se lleva a cabo a través de una metodología a la cual se incorpora la constitución de indicadores específicos, si bien no determina el comportamiento de la Autoridad Portuaria, sino que describe, por medio de indicadores de desempeño, los resultados derivados de la adopción y aplicación de códigos, políticas y sistemas de gestión (Crespo, Ripoll, Crespo, Giner, 2005).

Estos indicadores de sostenibilidad permiten evaluar el desempeño de la gestión de desarrollo sostenible, más allá de los reportes de sostenibilidad, los indicadores permiten controlar de manera objetiva la marcha de la gestión de la Autoridad Portuaria en esta materia. La aplicación de los indicadores es útil para que las Autoridades Portuarias controlen su gestión sostenible, evalúen el impacto de los programas aplicados y los modifiquen cuando sea necesario. Los indicadores permiten realizar Benchmarking de gestión sostenible entre puertos para determinar las mejores prácticas y comparar el desempeño de una Autoridad Portuaria frente a la industria similar, y en el marketing puede ser un elemento diferenciador y de competitividad en el mercado. La aplicación generalizada a un sistema portuario permitiría realizar un benchmarking preciso en materia de sostenibilidad entre puertos de una misma región o país (González, Guerra, Martín, Nóvoa, Otero y Penela, 2010).

De la aplicación de dichas herramientas surgen los objetivos (económicos, medio ambientales, sociales e institucionales) que una autoridad o empresa portuaria debe alcanzar para asegurar el desarrollo sostenible y crecimiento de su puerto (Autoridad Portuaria De A Coruña, Autoridad Portuaria De Valencia, Organismo Público Puertos Del Estado, 2008). Los objetivos económicos pueden ser: el incremento del volumen de negocio, aumentar los ingresos por concesiones, reducir el endeudamiento con el fin de asegurar la sostenibilidad financiera del puerto y optimizar y rentabilizar las inversiones de

los activos portuarios. En el caso de la dimensión medio ambiental, los objetivos pueden ser tales como accionar con respeto al medio ambiente, minimizar los impactos ambientales derivados de la actividad portuaria, minimizar los accidentes ambientales y mejorar la gestión ambiental en el recinto portuario. Los objetivos sociales que pueden ser internos y externos, deben estar enmarcados en ámbitos tales como desarrollar y modernizar sistemas de gestión de los recursos humanos, desarrollar un equipo humano motivado y comprometido y lograr un respaldo sostenido y activo de la comunidad del entorno. Para los objetivos institucionales se puede estar buscando impulsar ciertos cambios legales y normativos para modernizar la forma de desarrollo y operación del puerto, reorganizar el mercado portuario incorporando competencia, gestión e inversión privada para mejorar su eficiencia y capacidad de expansión, modernizar el régimen laboral para mejorar su competitividad, desarrollar la comunidad portuaria para incrementar la eficiencia operacional y calidad de los procesos, institucionalizar y optimizar la relación ciudad puerto, expandir la gestión operativa del puerto a la cadena logística para agregar valor e integrar a la comunidad logística local al desarrollo del puerto (Figura 2).

Figura 2 – Objetivos estratégicos de la sostenibilidad portuaria

Fuente: Elaboración propia a partir de Doerr, 2011

Por tanto, el objetivo que se persigue es que través de estos cuatro ejes de la sostenibilidad, los puertos se conformen como un sistema y no sean vistos como entes aislados y sujetos a una coyuntura comercial concreta, sino como elementos que se interrelacionan con un entorno físico, social y ambiental, en el que han de integrarse de forma efectiva, esto es, siendo capaces de adaptarse a una coyuntura cambiante y a la vez, apuntando a una renovación que contribuya a alcanzar el mejor de los escenarios futuros posibles (Puertos Del Estado, 2011).

Sin embargo, una fuerte limitación metodológica no ha permitido una más extensa aplicación del concepto. Aún es una cuestión crítica y no resuelta para la gestión del desarrollo sostenible, la disponibilidad de metodologías que permitan evaluar el impacto del accionar de las instituciones y empresas en cada una de las dimensiones de la sostenibilidad, determinando el valor y las variables que cuantifiquen la verdadera contribución o aporte de esa gestión al desarrollo sostenible.

La evolución de los sistemas computacionales ha permitido superar las barreras de cálculo que otrora restringieron las investigaciones en diferentes ramas científicas, de forma que ante la necesidad de manejar una gran información de datos surgen nuevas técnicas basadas en la minería de datos con objeto de descubrir patrones (Rodríguez, 2016). Las técnicas de minería de datos más importantes, de entre las que han sido aplicadas, son las que se enumeran a continuación (Rodríguez, 2015):

- Análisis Clúster
- Árboles de Clasificación y de Decisión
- Análisis de Escenarios Futuros (Simulación)
- DELPHI, Sistemas Expertos (Redes Bayesianas y Redes Neuronales Artificiales)
- Sistemas de Información Geográfica

Así, las Redes Bayesianas conforman una de las posibles metodologías, puesto que la lógica bayesiana, creada por el matemático inglés Thomas Bayes en 1763, se basa en las estadísticas y las probabilidades condicionales para predecir el futuro (Mendez, Porras y Laverde, 2007). Así, el uso de estas redes permite obtener de una forma gráfica las relaciones entre las variables de cada una de las cuatro dimensiones, con objeto de poder determinar a posteriori los valores que cuantifiquen su contribución a la sostenibilidad.

En la actualidad se han llevado a cabo diversos estudios en el sector transportes utilizando modelos probabilísticos. Los primeros estudios datan de finales de los años 90 del siglo pasado, tratando la teoría y construcción de clasificadores (Friedman & Goldszmidt, 1996), la estimación de los costes marginales y las economías de escala en los puertos españoles (Jara-Díaz, Martínez-Budría, Cortes & Vargas, 1997) y utilizando redes bayesianas en la determinación del tráfico (Tebaldi & West, 1998).

En relación con los puertos, a partir de estos estudios se desarrollaron otros relativos al transporte marítimo y el análisis de sus riesgos (Trucco, Cagno, Ruggeri & Grande, 2008), (Klemola, et. al, 2009) y (Kaluza, Kölzsch, Gastner & Blasius, 2010), la planificación y gestión del agua (Cain, 2001) y (Bromley, Jackson, Clymer, Giacomello & Jensen, 2005) y el análisis del tráfico y su estimación a futuro en función de los datos existentes (Hofleitner, Herring, Abbeel & Bayen, 2012), (Castillo, Menéndez & Sánchez-Cambronero, 2008), (Sun, Zhang & Yu, 2006) y (Zheng, Lee & Shi, 2006). Otros estudios de esta época se encaminaron a la creación de modelos de transporte (Janssens, Wets, Brijs, Vanhoof, Arentze y Timmermans, 2006) y (Conati, Gertner y Vanlehn, 2002) para gestionar la incertidumbre, usando para ello árboles de decisión.

Los estudios más recientes en el campo de los puertos y su gestión, versan tanto sobre configuración de parámetros de planificación de terminales de contenedores (Rodríguez García, González-Cancelas, Soler-Flores, 2015), (Cancelas, Flores & Orive, 2013) y (Camarero, González-Cancelas, Soler & López, 2014), como de sostenibilidad de puertos secos (Awad Núñez, González-Cancelas, Soler Flores, Camarero Orive, 2015) y zonas logísticas (Flores, Cancelas, Orive, Gárate & Monzón, 2013) y (Quijada-Alarcón, González-Cancelas, Camarero Orive, Soler Flores, 2016). Asimismo, en la línea del transporte marítimo, destaca el estudio del año 2014 “Bayesian network with quantitative input for maritime risk analysis” (Li, Yin, Bang, Yang & Wang, 2014).

Dentro de las redes bayesianas se pretende emplear los diagramas de influencia. Un diagrama de influencia es una representación de red para modelos de análisis probabilístico y de decisión, donde:

- Los nodos corresponden a variables que pueden ser constantes, cantidades inciertas, decisiones u objetivos.
- Los arcos revelan la dependencia probabilística de las cantidades inciertas y la información disponible en el momento de las decisiones.

Los datos detallados sobre las variables se almacenan dentro de los nodos, por lo que el gráfico del diagrama es compacto y centra la atención en las relaciones entre las variables.

Este tipo de diagramas son herramientas de comunicación eficaces y los desarrollos recientes también les permiten ser utilizados para el análisis (Rodríguez & Dolado, 2007), para el desarrollo de algoritmos y para abordar cuestiones de inferencia dentro de un modelo probabilístico representado como un diagrama de influencia, puesto que utilizan la independencia condicional implícita en la estructura del diagrama para determinar la información necesaria para resolver un problema dado.

Asimismo, son un marco intuitivo en el que se formulan los problemas percibidos por los tomadores de decisiones y se incorporan los conocimientos de los expertos. Al mismo tiempo, es una descripción precisa de la información que puede ser almacenada y manipulada por un ordenador, de forma que es posible desarrollar un algoritmo que pueda evaluar cualquier diagrama de influencia bien formado y determinar la política óptima para sus decisiones. Dado que el diagrama puede ser analizado directamente, no es necesario construir otras representaciones tales como un árbol de decisión. Como resultado, el análisis se puede realizar utilizando la perspectiva sobre el problema de la persona que toma la última decisión (Shachter, 1988).

Sin embargo, hasta el momento, las investigaciones basadas en las anteriores técnicas no es extensa, careciéndose de una herramienta adecuada de planificación basada en predicciones de variables portuarias basadas en el conocimiento de otras. Y es aquí, precisamente, donde radica la importancia de esta investigación. En esta Tesis se pretende resolver parte del problema, aportando un modelo, apoyado en la aplicación de Redes Bayesianas, como herramientas para desarrollar una gestión sostenible en el ámbito portuario.

1.5 Short Sea Shipping y sostenibilidad

El crecimiento del comercio internacional de los años 90 del siglo pasado y la entrada de nuevos países a la Unión Europea conllevó un aumento en la congestión de los principales corredores europeos, por lo que se planteó a nivel continental una estrategia que consistía en transportar las mercancías por vía marítima la mayor distancia posible, para minimizar tanto los daños ambientales como el resto de externalidades (Cánovas, 2015). Este impulso del transporte marítimo de corta distancia pretendía garantizar la conexión entre el mr, las vías navegables y el ferrocarril (Gonzalez-Cancelas, Soler-Flores, Camarero Orive y Lopez Ansorena, 2012), a través de la intermodalidad, además de desarrollar las autopistas del mar (Comisión Europea, 2001).

El transporte marítimo de corta distancia (Short Sea Shipping) complementa el transporte de carga y pasajeros por carretera, es más eficiente energéticamente, contamina menos y responde a la congestión de las infraestructuras viales europeas. Es posible definirlo como el transporte de mercancías y pasajeros entre los puertos del continente o entre la Unión Europea y puertos de otros países situados en su área de influencia en el Mar Báltico, Mediterráneo o Negro (González y Camarero, 2009).

Fue entonces, cuando a partir de la congestión en las carreteras europeas en áreas y rutas críticas, se empezaron a desarrollar estudios en los que se observó que los costos externos que generaba el tráfico terrestre representaban alrededor de medio punto del PIB europeo por año, valor que se incrementaría en un 142% en la década siguiente, es decir que pasarían a 80 mil millones de euros por año o el 1% del PIB (Dones et al., 2005). Esta preocupante situación que generaba la pérdida en la competitividad de las empresas del continente, podría agravarse al suplir la creciente demanda internacional creada por el comercio de la década de los noventa. Así, buscando la solución a los problemas económicos, ambientales y de seguridad que surgían con el transporte por carretera se implementó, en parte del proceso de movimiento de mercancías, el transporte marítimo.

En los proyectos RECORDIT (2003) y REALISE (2002 y 2005) se demuestra que el transporte intermodal reduce los costos internos y externos totales, lo que hace que este se convierta en una mejor alternativa económica cuando se compara con el transporte unimodal. No obstante, el intermodal puede generar bajos rendimientos en términos de la duración del viaje, lo cual varía de acuerdo al contexto, los corredores marítimos, la legislación, las limitaciones técnicas, la reglamentación (Lloyd, 2003; Vassallo, 2004). A resultados similares llegan las investigaciones de Baird (2007), Ng (2009) y, Trujillo, Medda y Gonzáles (2010) cuando comparan las carreteras y el SSS en distintos corredores.

Teniendo en cuenta los análisis y resultados producto de investigaciones como las anteriores, la Comisión Europea promueve el Short Sea Shipping como una alternativa al transporte unimodal. Para obtener una idea del avance del Short Sea Shipping en Europa, RECORDIT (2003) y REALISE (2002 y 2005) comparan el uso del transporte marítimo con el de carretera en un periodo de 12 años (del 1995 a 2007). Concluyen que este último se ha incrementado un 49,6% en el periodo de tiempo en consideración, porcentaje que supera

el crecimiento del Short Sea Shipping que fue del 37%. Adicionalmente afirman que, para el 2007, el transporte por mar era del 37,3%, mientras que el de carretera tenía un peso superior al ubicarse en el 45,6%. De acuerdo a Eurostat (2015), los porcentajes de participación de cada uno de los tipos de transporte se continuaron modificando a través del tiempo, llegando en 2015 a ser de 49,4% para el transporte por carretera y del 31,3% para el mar.

En el 2006 y 2007 el crecimiento del transporte por mar no sólo fue superado por el de carretera sino también por el del ferrocarril, lo que hizo que la Comisión de la UE propusiera implementar el transporte multimodal a través del mejoramiento de las conexiones en las redes interiores y estableciendo las llamadas autopistas del mar (Medda y Trujillo, 2010). Cosa que en la actualidad se encuentra en proceso de implementación.

No obstante, la implementación del Short Sea Shipping trajo consigo contaminación en zonas costeras. Según las cifras, los buques portacontenedores generan las mayores emisores de CO₂ en el mar, puesto que al buscar altas velocidades el consumo de combustible aumenta, y por consiguiente las emisiones de gases; como los portacontenedores generalmente tienen velocidades superiores a los petroleros y graneleros (de hasta 25-26 nudos en lugar de 14-15), su cuota de emisiones es proporcionalmente mayor (Psaraftis y Kontovas, 2009).

Por esta razón, las regulaciones medioambientales que trae el libro blanco de la unión europea del año 2001 en materia de emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de sulfuro a la atmósfera, hicieron replantear el tipo de combustibles y la tecnología que propulsan los buques que transportan mercancías en los mares del continente. En línea con lo anterior, en el Anexo VI de la convención de MARPOL de la International Maritime Organization (IMO) se establecen las normas de prevención de la contaminación del aire, específicamente la regulación 13 hace referencia a las emisiones de NO_x, mientras que la 14 se ocupa del SO_x. Esta última entró en vigor el 19 de mayo de 2005 y fue revisada el 1 de julio de 2010.

Las medidas obligatorias que buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entraron en funcionamiento el 1 de enero de 2013 y son aplicadas a todos los buques de más de 400 toneladas brutas.

En el anexo se establece, además, que los barcos deben tener un Plan de Gestión de Eficiencia Energética (SEEMP, por su siglas en inglés) y portar un certificado internacional de contaminación del aire. Los firmantes del anexo representaban el 85% del tonelaje de las flotas mercantes a nivel mundial.

Las Áreas de Control de Emisiones de Sulfuro (SECA), en donde existe una estricta regulación para emisiones de gases efecto invernadero, se crearon en el mar Báltico y el mar del Norte, en el 2005, y a mediano plazo se planea implementar en todo el mar mediterráneo (Directiva europea 2005/33/EC). Las Zonas de Control de Emisiones (ECA) se instauraron en el Báltico en 2006 y en el Mar del Norte en el 2007.

Inicialmente, el límite del azufre en el combustible era para las ECA del 1,5%, en 2010 se redujo a 1% y, en el 2015 se ubicó en el 0,1%. Este límite, a nivel mundial, se fijó inicialmente en 4,5%, en el 2012 se redujo a 3,5% y en el 2020 se espera que sea de 0,5%, sin embargo este último porcentaje se encuentra sujeto a la revisión de disponibilidad de combustible que se realizará en 2018. Así mismo, existe una prohibición con respecto a las ventas de combustible destilado con contenido de azufre mayor al reglamentado (0,1%) (Bloor, Baker, Sampson y Dahlgren, 2011).

Las restricciones sobre combustible quemado también han sido establecidos para las vías navegables interiores (Directiva europea 1999/32/CE). En Suecia, desde 1998, las cuotas de calle (fairway dues) son diferenciales, y varían en función de la certificación del buque sobre la quema de combustible bajo en azufre o la presencia de motores eficientes en NOx. Así, en los grandes puertos suecos los derechos portuarios se establecen de acuerdo al cumplimiento o no de los criterios anteriormente mencionados y cambian de un puerto a otro. Las cuotas son: la carga máxima para un buque petrolero es de £ 7.200, más un cargo de 70 ore por tonelada bruta cuando se usa combustible con un contenido de azufre superior al 0,5% (la mitad permitida para el 2010 bajo las regulaciones de la ECA); particularmente en Gotemburgo, el puerto más grande de Suecia, no existe cargo adicional para los barcos que utilicen menos del 0,2% de azufre, para aquellos que usen entre 0,2 - 0.5% el cargo es de 10 ore y para los que tengan más de 0,5% el cargo es de 20 ore (Bloor, Baker, Sampson y Dahlgren, 2011).

La Directiva de la Unión Europea de 1999 fue aprobada por el Parlamento en septiembre de 2012 y adoptada por el Consejo a finales del mismo año. En esta se reduce el límite de azufre en aguas de la Unión Europea fuera de las ECAs a 0,5% para el año 2020, independientemente del resultado de la revisión de la IMO sobre la disponibilidad de combustible. En esta Directiva se faculta a la Comisión de las Comunidades Europeas para exigir a los estados miembros el muestreo frecuente y preciso del combustible marítimo colocado en el mercado o usado a bordo del buque, esto con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las reglamentaciones.

Bloor, Baker, Sampson y Dahlgren (2011) y Bloor, et al. (2013) realizan un estudio sobre el cumplimiento y efectividad de las reglamentaciones internacionales sobre las emisiones de azufre en el transporte marítimo, mostrando una interesante revelación: estas son cumplidas en la mayoría de los casos. Esta situación es denominada por los autores como una “cultura del cumplimiento” y es corroborada por los datos: el porcentaje de buques detenidos por incumplimiento a las regulaciones era del 9% en el 2001, valor que se reduce hasta llegar al 3% en el 2010. Dichos resultados se basan en 16 inspecciones de barcos en el Reino Unido y Suecia, extraídas de 7 oficinas de control de puertos del Estado, y en 50 entrevistas a inspectores, reguladores y demás interesados.

El primer informe con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero fueron publicadas por Psaraftis y Kontovas (2008 y 2009) del laboratorio de transporte marítimo de la Universidad Técnica Nacional de Atenas. Sus objetivos y aportes, aunque son

principalmente estadísticos, se basaron en el desarrollo de una herramienta web que permitiera el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero y en la producción de estadísticas con base en los datos de la flota mundial, útiles para las recomendaciones de política.

Los datos se obtuvieron de 28 empresas, lo que equivale a 350 barcos de distintos tipos y tamaños. La información recolectada incluye los tiempos de carga y descarga en los puertos y el tipo de combustible usado en el mar y en los puertos. Para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero se relacionan parámetros como el consumo de combustible del barco, el tipo de motor y su potencia. Aquí, se obtienen los siguientes resultados: las emisiones de CO₂ no dependen del tipo de combustible ni motor usado, así para calcularlas es necesario multiplicar el consumo del buque (en toneladas por día) por un factor de 3,17 (las ponderaciones usadas fueron extraídas de la revisión de literatura). Por el contrario, las emisiones de SO₂ si dependen del tipo de combustible, por ello se multiplica el consumo del buque (en toneladas por día) por el porcentaje de azufre presente en el combustible (4%, 1,5%, 0,5%, u otro) y, posteriormente, por un factor de 0,02. Finalmente, las de NO_x dependen del tipo de motor, de esta manera la proporción de emisiones de NO_x consumido se encuentra entre 0.087 para los motores de baja velocidad y 0.057 para aquellos con velocidad media.

Los mismo autores, en el 2010, examinan las consecuencias de la regulación, haciendo énfasis en el costo de oportunidad detrás de la situación. Estos aseguran que existen diversas maneras de reducir los gases de efecto invernadero tales como tener motores de bajo consumo, encontrar una propulsión óptima, usar combustibles alternativos o depuradores en el escape, entre otros. No obstante, afirman que, si bien estas medidas cumple con los objetivos medioambientales, pueden traer consigo consecuencias económicas, por tanto estas deben ser tenidas en cuenta a la hora de analizar la situación; por ejemplo, para reducir la velocidad del barco, el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes, es necesario reconfigurar el motor (para que pase de 26 a 14 nudos), lo cual implica un costo adicional en el proceso (Psaraftis y Kontovas, 2010).

Otras contribuciones interesantes se han realizado en torno al impacto medioambiental del SSS y las recomendaciones de políticas sobre el cambio climático. Dentro de ese grupo se encuentran los desarrollos de Corbett, Fischbeck y Pandis (1999), Endresen (2008), Corbett y Koehler (2003), Corbett, Wang y Winebrake (2009), Devanney (2010), Devanney y Beach (2010) y Miola et al. (2010).

Este último estudio, realizado por el Join Research Centre se concentra en la regulación de las emisiones atmosféricas de los buques. Su mayor aporte es analizar y concluir que los impactos generados por el transporte marítimo sobre el medio ambiente no solo son producto de la navegación, sino también de las actividades desarrolladas en los puertos. Lo preocupante de la situación es que la cantidad de emisiones provenientes del sector marítimo podrían incrementarse, por ejemplo estiman que las emisiones de sulfato

aumentarían entre 10% y 20% para el año 2012, lo que constituye un 5,2% de la carga total de sulfato de troposférico.

Dentro de las actividades relacionadas con el transporte marítimo que contribuyen a la contaminación del medio ambiente destacan la construcción y mantenimiento del puerto, que conlleva un consumo del suelo y una generación de residuos, así como la construcción, mantenimiento, limpieza y desmantelamiento del buque. Adicionalmente afirman que, en cuanto a los datos, en la actualidad no existe una fuente de información óptima en términos de precisión, cobertura y amplitud. Todas estas contribuciones fueron hechas con el objetivo de ser una herramienta para el diseño de políticas sobre cambio climático.

Aunque existen numerosos trabajos que estudian los impactos medioambientales que surgen de la contaminación del aire y gases de efecto invernadero, tales como los descritos en esta sección, existe una ausencia de desarrollos sobre el impacto financiero de la regulación en el sector del transporte marítimo (Almazán, Palomino, González, Soler, Iribarren, 2013).

Sin embargo, esta estrategia de promoción del SSS aumentó la contaminación adyacente a las costas del continente, provocada por el combustible usado en las embarcaciones de clase feeder, el cual produce no solamente emisiones de gases de efecto invernadero tipo CO₂, sino también altos niveles de emisión de partículas de óxido de azufre (Comisión Europea, 2001). Así, se puso de manifiesto la importancia de conciliar el desarrollo de la actividad portuaria con el uso eficaz y eficiente de los recursos en los puertos (López Ansorena y Almazán Gárate, 2015).

Estos efectos del cambio climático, junto con la presión urbanística en la costa y el aumento de la erosión ha llevado a los gobiernos a invertir más en la protección de la costa (Antón Camacho, A., Lechuga Álvaro, A., de la Peña Olivas, J.M. y Almazán Gárate, 2015).

Por ello, aunque el transporte marítimo genera los menores impactos ambientales entre los distintos modos de transporte, las estrictas restricciones sobre las emisiones de SO_x, NO_x y partículas en suspensión establecidas en el Anexo VI del Convenio MARPOL, así como las proyecciones de su crecimiento en los próximos años, preocupa a la UE y por ello se están desarrollando tecnologías alternativas de combustibles más sostenibles y eficientes.

En consecuencia, fue necesario establecer una política energética que propusiera soluciones sobre el abastecimiento, los efectos del crecimiento y el medio ambiente europeo (Comisión Europea, 2006), así como la creación de una industria marítima respetuosa con el medio ambiente, competitiva, innovadora y complementaria, surgiendo también la necesidad de buscar combustibles alternativos al comúnmente usado en el transporte marítimo de corta distancia en Europa, con el objetivo de reducir los niveles de contaminación en zonas costeras densamente pobladas y con presencia de alto tráfico de embarcaciones (Camarero Orive, Pardillo Mayora, Torres Flores y González Cancelas, 2006).

Psaraftis y Kontovas (2010) afirman que existen diversas maneras de reducir los gases de efecto invernadero tales como tener motores de bajo consumo, encontrar una propulsión óptima, usar combustibles alternativos o depuradores en el escape, etc. Otras contribuciones interesantes se han realizado en torno al impacto medioambiental del SSS y las recomendaciones de políticas sobre el cambio climático (Corbett, Fischbeck y Pandis, 1999); (Endresen, 2008); (Corbett y Korhler, 2003); (Corbett, Wang y Winebrake, 2009); (Devanney, 2010); (Devanney y Beach, 2010).

Los estudios e investigaciones realizados con respecto al tipo de combustible usado en el Short Sea Shipping en Europa que podrían cumplir las exigencias medioambientales de contenido de sulfuros de hasta un 0.1% adoptadas por la International Maritime Organization (2008), se concentran básicamente en tres: el Heavy Fuel Oil (HFO), el Marine Gas Oil (MGO) y el Liquefied Natural Gas (GNL). El primero, es el más usado en la actualidad a pesar de tener un contenido de azufre de al menos el 1% de la masa, es decir, más del permitido en las Áreas de Control de Emisiones de Sulfuro. Aunque los dos siguientes cumplen con las regulaciones, el último resulta ser la mejor alternativa no solo por cumplir con las estrictas reglamentaciones para emisiones de dióxido de sulfuro SO_x, sino también por satisfacer aquellas relacionadas con las de Óxidos de Nitrógeno NO_x y niveles de CO_x (Brynnolf, Andersson y Fridell, 2011).

Bengtsson, Fridell y Andersson (2014) y Verbeek et al. (2011) comparan los combustibles del transporte marítimo de corta distancia anteriormente mencionados. En el primer estudio buscan las ventajas y limitaciones de cada uno, evaluando su ciclo de vida a través del desempeño en cuatro criterios fundamentales: el impacto ambiental local y regional, el impacto ambiental general, la infraestructura y, el costo del combustible y competencia con otros medios de transporte.

En el primer criterio se analizan cuatro indicadores: la acidificación, la eutrofización, los daños a la salud humana y la potencial formación de ozono fotoquímico. En el segundo, además de los cuatro indicadores tomados en el criterio anterior se agrega el consumo de energía primaria y el índice Global Warming Potential (GWP); aquí se comparan los resultados arrojados por cada uno de los combustibles con los obtenidos en el combustible tradicional. Por su parte, en el tercero se tiene en cuenta la infraestructura existente, las redes de distribución y la disponibilidad del combustible en los límites geográficos de operación del SSS. En el cuarto se utiliza el costo de los diferentes combustibles sin tener en cuenta los impuestos o subsidios puestos sobre estos.

Finalmente, por la disponibilidad de infraestructura dentro de los límites geográficos, el precio actual que se ajusta al mercado y principalmente por generar los impactos medioambientales más bajos, se concluye que el GNL es la mejor alternativa para el Short Sea Shipping, entre los combustibles en consideración.

En el segundo estudio se investigan los factores ambientales y económicos del uso del GNL en los Países Bajos. El análisis se concentra en tres diferentes tipos de embarcaciones: un buque de transporte fluvial, un remolcador de puerto y un buque feeder de 800 TEUs de

capacidad, tres cadenas de suministro de GNL y tres de combustible diesel (HFO, MDO/MGO y EN590).

Para los factores ambientales, los autores prestan atención a las emisiones de partículas contaminantes y los gases de efecto invernadero, mientras que para el factor económico el análisis se enfoca en comparar los ahorros potenciales en el costo del GNL con los costos adicionales de las embarcaciones propulsadas con GNL.

Con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, el GNL produce una cantidad ligeramente inferior a la generada por los combustibles tipo diesel y es solamente un 1% menos eficiente. En cuanto a la cantidad de partículas contaminantes, el GNL presenta una reducción en la emisión de NOx del 60% al 85% y para las emisiones de SOx una disminución del 99%. No obstante, su implementación requiere una inversión significativa en barcos cargueros de GNL de mediana y pequeña escala para llevar el gas a las terminales intermedias o a los tanques de almacenamiento y su estricta regulación ambiental desafía las formas de gobernanza marítima tradicionales (Verbeek, Kadijk, Mensch, Wulffers, Beemt y Fraga, 2011); (Gullberg y Gahnström, 2011); (Gritsenko y Yliskylä-Peuralahti, 2013); (Acedo y Almazán, 2015).

Verbeek et al., 2011 concluyen, al igual que el anterior estudio, que el mejor sistema de combustible para la navegación en el transporte de corta distancia es la de GNL. Sus argumentos son que presenta una reducción del 10% en la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a los sistemas de combustible diesel. Por lo tanto el reemplazo del diesel al GNL ofrece ventajas en términos ambientales, además de ser económicamente viable siempre y cuando se mantengan bajos los precios del gas.

A resultados similares llega el trabajo de Gullberg y Gahnström (2011): el GNL es una buena estrategia para cumplir con las regulaciones de la SECA. El proyecto, titulado “A feasibility study for an LNG infrastructure and test of recommendations”, es una iniciativa de la autoridad marítima de Dinamarca y el TEN-T (Trans-European Transport Network). Fue realizada tomando como base las restricciones impuestas por el sector marítimo y las SECAS a los dueños de las embarcaciones, en donde se les pide que empleen combustibles que emitan bajas cantidades de sulfuro.

Este, estudia la viabilidad de crear la infraestructura del GNL y establece las posibles recomendaciones a los principales agentes involucrados o interesados en el proceso de creación. Para hacerlo, recurren a la observación de dos aspectos interrelacionados: la demanda marítima y la infraestructura de la cadena de suministros marítimos. En el primero, se analiza a los dueños de las embarcaciones, los pronósticos del precio del gas, los precios del GNL en el mercado y la evolución de la demanda del GNL marítimo en las SECAS. En el segundo, se le hace seguimiento a cada uno de los eslabones de la cadena, aspectos técnicos, financiero y de seguridad, las soluciones de repostaje para las embarcaciones, la infraestructura de las terminales y las facilidades o limitaciones que tienen los puertos para el repostaje de GNL.

De esta manera concluyen que, aunque el GNL es una opción viable para cumplir las reglamentaciones medioambientales, su implementación requiere una inversión significativa: es necesario involucrar barcos cargueros de GNL de mediana y pequeña escala para llevar el gas a las terminales intermedias o a los tanques de almacenamiento, ya en las terminales resulta rentable usar camiones cisternas para la distribución del combustible. Una solución poco óptima es usar un tanque intermediario de GNL a los barcos por tubería, puesto que requiere instalaciones fijas y distancias cortas.

Para terminar aclaran que no existe ninguna contraindicación en usar más de un método para repostar las embarcaciones, puesto que distintas soluciones pueden llegar a ser complementarias entre sí en caso de que existan diferentes tipos de tanques almacenadores o incluso si hay una hora punta de demanda de GNL en una terminal.

Examinar la viabilidad logística, técnica y económica del uso del Gas Natural Licuado (GNL) y Gas Natural Comprimido (GNC) como combustible de los buques, así como el suministro del GNL o GNC para los puertos en Dinamarca desde las embarcaciones, líneas de gas natural o camiones es la meta del estudio “Natural gas as propulsion for the shipping sector in Denmark” (Danish Ministry of the Environment, 2010). Estudio que fue ejecutado por Dong Energy y Partnerskab for Renere Skibsfart, este último es una asociación entre la agencia de protección medioambiental del ministerio del medio ambiente de Dinamarca y la asociación naviera danesa.

Sus objetivos principales se encuentran enfocados en establecer el alcance del cambio de combustible del actualmente usado al GNL en el ferry danés y en el transporte marítimo de corta distancia, describir las opciones para el uso de GNL o GNC, identificar las ventajas y limitaciones de la utilización del gas natural en el transporte marítimo, evaluar, seleccionar y superar las barreras regulatorias, operativas y económicas.

Para identificar los puertos de Dinamarca que poseen potencial para instalar el sistemas de recarga de GNL o GNC, los autores, comparan el consumo de combustible en el ferry y en el SSS en cuatro escenarios distintos. Para ello, se analiza el área de estudio, es decir la industria marítima de Dinamarca, en términos del número de puertos de SSS, las rutas y puertos principales de transbordadores, el número de embarcaciones y los grandes consumidores de combustible. Todo esto unido establece las tres necesidades básicas en materia de infraestructura: la red de procesamiento, almacenaje y distribución de gas, las instalaciones requeridas en los puertos u otra de toma de combustible y las instalaciones necesarias en los buques nuevos o existentes.

En el primer escenario todos los transbordadores y la mayor parte del transporte marítimo de corta distancia usarían como combustible, a largo plazo, el gas natural. Los siguientes escenarios son más realistas con un menor número de buques e instalaciones portuarias.

En el primer escenario se incluyen 65 transbordadores (ferry) en 41 puertos y 78 embarcaciones de Short Sea Shipping en 14 puertos; en este se encontró un potencial de reducción de emisiones de gases contaminantes de 70% a 80%. En el escenario que solo

incluye los transbordadores y los puertos marítimos claves se encontró que con menos del 25% de los puertos y con el 35% de los buques, es posible convertir el 80% de las embarcaciones a GNL; adicionalmente, los transbordadores poseen buen potencial de conversión a gas natural, es decir, se adaptarán con facilidad al cambio, ya sea GNL o GNC. En el siguiente escenario, la flota a cambiar a GNL es de 27 transbordadores y 20 embarcaciones de SSS en 4 puertos; se encuentra que las reducciones anuales de emisiones de gases de efecto invernaderos estarían entre el 15% y 20%.

Con los resultados de estos escenarios, concluyen que es estratégico elegir a los puertos de alto perfil de consumo para la instalación de estaciones de almacenamiento y llenado de GNL o GNC, esto con el fin de obtener un gran potencial de reducción de emisiones.

Por otra parte, por medio de la RTE-T (red transeuropea de transporte) se han venido impulsado varios programas que buscan reducir las emisiones de gases y el ruido generado por los buques, así como disminuir el precio del combustible; uno de los proyectos más importantes es el COSTA – CO₂ & Ship Transport Emissions Abatement by LNG, el cual tiene por objetivo analizar la viabilidad de usar el GNL como una herramienta que impulse el crecimiento y desarrollo sostenible del transporte marítimo en el Mar del Norte, Atlántico y Mediterráneo, en donde se encuentra involucrada Grecia, España, Italia y Portugal (Acedo y Almazán, 2015).

El propósito de este proyecto es reducir las emisiones de CO₂ en un 25% en la industria marítima en 2020 y hasta un 50% en 2050, respecto al año base (los noventa); asimismo se esperaba eliminar las emisiones de SO_x y las de NO_x se disminuirían en un 90%.

Acedo y Almazán (2015) recalcan que el GNL no genera emisiones de contaminantes considerables, posee la gran ventaja de diversificar la matriz energética de la industria y reduce la dependencia de Europa al petróleo. De igual manera, señalan que en los países de la ribera del Báltico y Noruega se ha desarrollado una flota de 42 buques navegando en sus aguas y otros 37 en construcción, alimentada con GNL y una red de distribución para este combustible. Finalmente, aseguran que para reducir el volumen del gas natural licuado en 600 partes (1 litro de gas licuado equivale a 600 de gas en estado gaseoso), es necesario almacenarlo a -163°C.

La Directiva 2014/94/UE establece que para el 2015 y 2030 todos los puertos marítimos y fluviales de la RTE-T deberían poseer puntos de suministro de GNL, todo esto logrado en coordinación con la red básica de RTE-T. La Directiva asegura que es necesario un total de 139 estaciones de GNL en toda Europa, específicamente España cuenta con once puertos que deben tener instalaciones de carga de GNL en 2020, estos son: Cartagena, Las Palmas, Sevilla, Valencia, Algeciras, Bilbao, Palma de Mallorca, La Coruña, Tarragona, Barcelona y Gijón. La inversión estimada para cada estación es de 15 millones, por lo que España podría recibir 165 millones de los fondos comunitarios hasta 2020, para desarrollar las actividades relacionadas con los once puertos de la red principal.

Finalmente se encuentra el trabajo de Gritsenko y Yliskylä-Peuralahti (2013). En este se realiza un análisis al debate desarrollado en la región del Mar Báltico con respecto a la reducción del contenido de azufre en los combustibles de las embarcaciones, con el objetivo de demostrar cómo la estricta regulación ambiental desafía las formas de gobernanza marítima tradicionales. Usando un enfoque de gobernanza interactiva, este estudio reconstruye el proceso de reducción de las emisiones de azufre como una interacción compleja de múltiples partes interesadas en distintos contextos.

La investigación empírica se basa en material documental de toda la región del Báltico, incluyendo Rusia, y aplica el método de análisis de contenido cualitativo. El análisis se centra en dos temáticas relacionadas entre sí: (1) ¿Cómo las políticas de reducción de emisiones de azufre están siendo anticipadas por la industria marítima, en particular, por los puertos del Báltico? y (2) ¿Cómo las estrategias de adaptación de los puertos están vinculadas a los contextos locales y de la energía del Báltico? Para abordar estas cuestiones se pone de relieve el papel del policentrismo en la gobernabilidad marina y se explica cómo las mismas regulaciones internacionales pueden producir diferentes patrones de gobierno. El documento concluye que la formulación de política deberá tener en cuenta el hecho de que la industria del transporte marítimo globalizado está integrada a nivel local y sectorial.

Para concluir esta sección es posible decir que el uso del GNL como combustible propulsor de los buques respeta los lineamientos y reglamentos de la política de transportes en Europa y permitirá, en el futuro, una diversificación de las fuentes de abastecimiento energético, ahorrará costos, generará un impacto positivo en el medio ambiente y fortalecerá las Autopistas del Mar, reforzando las rutas ya existentes e impulsando la creación de nuevas (Acedo y Almazán, 2015).

2

OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL

2.1 Objetivos y alcance de la Tesis Doctoral

El objetivo de la tesis doctoral es aplicar técnicas de redes bayesianas para el análisis automático o semi-automático de grandes cantidades de datos para extraer patrones interesantes hasta ahora desconocidos y dependencias en el ámbito de la sostenibilidad marítimo portuaria.

Un proceso típico de minería de datos con redes bayesianas consta de los siguientes pasos generales:

- 1 Selección del conjunto de datos, tanto en lo que se refiere a las variables objetivo (aquellas que se quiere predecir, calcular o inferir), como a las variables independientes (las que sirven para hacer el cálculo o proceso), como posiblemente al muestreo de los registros disponibles.
- 2 Análisis de las propiedades de los datos, en especial los histogramas, diagramas de dispersión, presencia de valores atípicos y ausencia de datos (valores nulos).
- 3 Transformación del conjunto de datos de entrada, se realizará de diversas formas en función del análisis previo, con el objetivo de prepararlo para aplicar la técnica de minería de datos que mejor se adapte a los datos y al problema, a este paso también se le conoce como preprocesamiento de los datos.
- 4 Seleccionar y aplicar la técnica de minería de datos: redes bayesianas, se construye el modelo predictivo, de clasificación o segmentación.
- 5 Extracción de conocimiento, mediante una técnica de minería de datos, se obtiene un modelo de conocimiento, que representa patrones de comportamiento observados en los valores de las variables del problema o relaciones de asociación entre dichas variables. También pueden usarse varias técnicas a la vez para generar distintos modelos, aunque generalmente cada técnica obliga a un preprocesado diferente de los datos.
- 6 Interpretación y evaluación de datos, una vez obtenido el modelo, se debe proceder a su validación comprobando que las conclusiones que arroja son válidas y suficientemente satisfactorias.

En esta Tesis Doctoral se pretende estudiar el uso de redes bayesianas en dos escenarios marítimo portuarios:

- ***Escenario 1: Análisis de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad en el caso del Sistema Portuario Español***

El objetivo principal en este escenario es definir una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, pudiendo acometer acciones que permiten alcanzar la sostenibilidad en este sector del transporte.

La consecución del objetivo general se alcanza mediante los siguientes objetivos parciales:

- Identificar los problemas de la planificación portuaria sostenible susceptibles de ser resueltos mediante modelos de inteligencia artificial
- Establecer las variables que influyen en la planificación y gestión portuaria, su importancia y el modo en el que se relacionan unas con otras
- Determinar las características identificadas a través de redes bayesianas que resulten transparentes para la planificación portuaria sostenible y que, a su vez, pueda ser utilizado por los distintos gestores portuarios con una simple adaptación de las variables influyentes.

- ***Escenario 2: Análisis del uso del gas natural licuado como combustible alternativo en el caso del Short Sea Shipping en Europa***

En este escenario, el objetivo es elaborar una metodología para determinar la relación entre las variables que definen el uso del gas natural licuado en el Short Sea Shipping en Europa, mediante técnicas de minería de datos, de manera que se estudien las relaciones entre las variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado en el Short Sea Shipping. Par ello se utiliza las denominadas redes de creencia o redes bayesianas, donde cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real. Las redes bayesianas modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas, pueden tener diversas aplicaciones, para clasificación, predicción, diagnóstico, etc. que es lo que se pretende en esta investigación estudiando la especial incidencia que tiene cada tipo de variable, de manera que pueden dar información interesante en cuanto a cómo se relacionan las variables del dominio, identificando las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa–efecto.

En este caso, la consecución del objetivo general se alcanza mediante los siguientes objetivos parciales:

- Identificar el escenario y los problemas de la implantación del gas natural licuado en el Short Sea Shipping en Europa
- Estudio de las relaciones entre las variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado en el Short Sea Shipping mediante un análisis con redes de creencia o redes bayesianas
- Estudio de las relaciones entre las variables que presentan una especial incidencia en la implantación del gas natural licuado en el Short Sea Shipping, identificando las relaciones de causa–efecto

2.2 Contribución de la Tesis Doctoral

La principal contribución de la Tesis Doctoral es el uso de red bayesianas para descubrir patrones en los grandes volúmenes de conjuntos de datos que se dan en el ámbito marítimo portuario y en concreto datos relacionados con la sostenibilidad.

La tesis doctoral ha contribuido a desarrollar una metodología con redes bayesianas de manera que permite construir un modelo completo de las variables y sus relaciones, que se puede utilizar para responder a las consultas de probabilidad acerca de ellos. Por ejemplo, la red se puede utilizar para averiguar el conocimiento actualizado del estado de un subconjunto de variables cuando otras variables (las variables de evidencia) se observan. Este proceso de cálculo de la distribución posterior de las variables dada la evidencia que se llama inferencia probabilística. La posterior da un suficiente estadístico universal para aplicaciones de detección, cuando se quiere elegir los valores para la variable de un subconjunto que minimizan alguna función de pérdida esperada, por ejemplo, la probabilidad de error de decisión. Una red bayesiana de esta manera, puede considerarse como un mecanismo para aplicar automáticamente el teorema de Bayes a problemas complejos.

Una de las ventajas más importantes de las redes bayesianas es que pueden representar tanto el aspecto cualitativo de un problema como su aspecto cuantitativo. Lo que ha permitido aplicarlo a los dos escenarios de estudio:

- ***Escenario 1: Análisis de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad en el caso del Sistema Portuario Español***

Un aspecto clave es que las Autoridades Portuarias vayan incorporando a los instrumentos de que disponen para la regulación de los servicios portuarios y la gestión del dominio público, los elementos exigibles en materia de sostenibilidad que la ley de Puertos contempla.

En la investigación realizada se han identificado los problemas de la planificación portuaria sostenible y, mediante el uso de redes bayesianas se han definido las

variables más influyentes, así como sus relaciones con el resto de variables consideradas. Ello ha permitido determinar las características necesarias para abordar una planificación portuaria sostenible.

Así, de todo ello, la principal conclusión extraída es que las variables económicas son la causa del resto de tipologías de variables y ejercen el papel de padres de la red en la mayoría de los casos. Por otro lado, también se concluye que, conocidas variables de tipo ambiental, la red permite estimar la probabilidad posterior de las variables sociales.

Por lo tanto, se ha visto que las redes bayesianas permiten modelar la incertidumbre de forma probabilística incluso cuando el número de variables es elevado.

- ***Escenario 2: Análisis del uso del gas natural licuado como combustible alternativo en el caso del Short Sea Shipping en Europa***

Para eliminar los problemas de congestión de transporte en la Unión Europea, la Comisión Europea promueve el Short Sea Shipping como una alternativa, porque contamina menos y resta congestión a las infraestructuras viales. Al analizar la viabilidad del empleo gas natural licuado en el Short Sea Shipping a través de técnicas de inteligencia artificial, como son las redes bayesianas.

La investigación ha permitido identificar el escenario y los problemas de la implantación del gas natural licuado en el Short Sea Shipping en Europa, analizando, mediante redes bayesianas, las relaciones entre las variables incidentes en la elección del uso del gas natural. Dicho análisis ha permitido definir las relaciones de causa–efecto entre las distintas variables.

De ello, la principal conclusión que se extrae es que la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en construcción y la distribución modal de transporte de carga por aguas continentales son las variables más importantes para implementar la relación Short Sea Shipping - gas natural licuado.

3

MATERIAL Y MÉTODOS

Las redes bayesianas están diseñadas para hallar las relaciones de dependencia e independencia entre todas las variables que conforman el dominio de estudio. Basado en ello, se utilizan métodos de razonamiento probabilístico que permiten realizar predicciones sobre el valor de cualquier variable desconocida basados en los valores de las conocidas.

Las redes bayesianas proveen una forma compacta de representar el conocimiento y métodos flexibles de razonamiento -basados en las teorías probabilísticas- capaces de predecir el valor de variables no observadas y explicar las observadas. Entre las características que poseen las redes bayesianas se puede destacar que permiten aprender sobre relaciones de dependencia y causalidad, permiten combinar conocimiento con datos y pueden manejar bases de datos incompletas

Las redes bayesianas pueden realizar la tarea de clasificación -caso particular de predicción- que se caracteriza por tener una sola de las variables de la base de datos (clasificador) que se desea predecir, mientras que todas las otras son los datos propios del caso que se desea clasificar. Pueden existir una gran cantidad de variables en la base de datos, algunas de las cuales estén directamente relacionadas con la variable clasificadora pero también otras variables que tienen una influencia directa sobre dicha clase.

Para la obtención del objetivo en la Tesis Doctoral se han empleado redes bayesianas, de forma que la metodología se desarrolla en las 3 etapas reflejada en la Figura 3.

Figura 3. Esquema metodológico

Etapas 1. Definición del escenario de trabajo

Para la determinación del escenario de trabajo, el primer paso es realizar un diagnóstico y análisis del estado del arte, lo cual consiste en la revisión del estado del arte para identificar el conjunto de variables de medida de la sostenibilidad, mediante el empleo de buscadores especializados y gestores de aplicaciones.

Una vez realizado, se determinan las variables susceptibles de investigación, seleccionando las fuentes de donde tomar los valores de dichas variables.

Con ellas se construye una base de datos, a partir de la cual se construye la red bayesiana.

Etapas 2: Construcción de la red bayesiana: obtención de la relación entre las variables

En las últimas décadas se han desarrollado numerosas técnicas de análisis y modelización de datos en distintas áreas de la estadística y la inteligencia artificial (Todd, Stamper y Macpherson, 1994); (Bishop, 2006). La Minería de Datos (MD) es un área moderna interdisciplinar, que engloba a aquellas técnicas que operan de forma automática (requieren de la mínima intervención humana) y, además, son eficientes para trabajar con las grandes cantidades de información disponibles en las bases de datos de numerosos problemas prácticos (Lizaso Torres, Delfor Meyer y Torres Cárdenas, 2011). Estas técnicas permiten extraer conocimiento útil (asociaciones entre variables, reglas, patrones, etc.) a partir de la información cruda almacenada, permitiendo así un mejor análisis y comprensión del problema. En algunos casos este conocimiento puede ser también post-procesado de forma automática, permitiendo obtener conclusiones e, incluso; tomar decisiones de forma casi automática, en situaciones prácticas concretas (sistemas inteligentes). La aplicación práctica de estas disciplinas se extiende a numerosos ámbitos comerciales y de investigación en problemas de predicción, clasificación o diagnosis (Cios, Pedrycz y Swiniarski, 2007), (Witten y Frank, 2005). La aplicación de la minería de datos ha sido profusa en varias disciplinas, como la biología (Wong, Li+, Fu y Wang, 2006), economía (Vityaev y Kovalerchuk, 2004), medicina (Cios y Kacprzyk, 2001).

Entre las diferentes técnicas disponibles en minería de datos, las redes probabilísticas o redes bayesianas permiten modelizar de forma conjunta toda la información relevante para un problema dado, utilizando posteriormente mecanismos de inferencia probabilística para obtener conclusiones en base a la evidencia disponible (Pearl 1988), (Castillo, Gutiérrez and Hadi, 1997). Estos modelos se adaptan de forma natural a la concepción probabilística y local actual de la modelización en planificación.

Se puede decir que una Red Bayesiana es un conjunto de nodos y arcos. Cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real, y los arcos que unen los nodos indican relaciones de influencia causal entre las variables. Una Red Bayesiana es un grafo acíclico dirigido, en el que cada nodo representa una variable y cada arco una dependencia probabilística, en la cual se especifica la probabilidad condicional de cada variable dados sus padres (Castillo, Gutiérrez y Hadi, 1997). La variable a la que apunta el arco es dependiente (causa-efecto) de la que está en el origen de éste. La topología o estructura de la red ofrece información sobre las dependencias probabilísticas entre las

variables y sus dependencias condicionales dada otra(s) variable(s). Dichas dependencias simplifican la representación del conocimiento (menos parámetros) y el razonamiento (propagación de las probabilidades). Una Red Bayesiana proporciona una forma compacta y modular de representar la distribución conjunta de varias variables aleatorias. Una Red Bayesiana consta de una parte cualitativa, que describe las relaciones entre las distintas variables, y una parte cuantitativa, que describe la fuerza de dichas relaciones mediante probabilidades condicionadas.

Las Redes Bayesianas son una representación compacta de una distribución de probabilidad multivariante. Formalmente, una Red Bayesiana es un grafo dirigido acíclico, donde cada nodo representa una variable aleatoria y las dependencias entre las variables quedan codificadas en la propia estructura del grafo según el criterio de d-separación. Asociada a cada nodo de la red hay una distribución de probabilidad condicionada a los padres de ese nodo, de manera que la distribución conjunta factoriza como el producto de las distribuciones condicionadas asociadas a los nodos de la red. Es decir, para una red con n variables $x_1, x_2, \dots, x_n$, como se aprecia en la ecuación (1):

$$p(x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i | x_{pa(i)}) \quad (1)$$

Así, siendo X un conjunto de n variables aleatorias ($x_1, \dots, x_n$), la probabilidad conjunta de una red Bayesiana se representa como un producto de probabilidades condicionadas tal y como se representa en la ecuación (1), teniendo asociada cada variable aleatoria una probabilidad condicionada a las de sus variables padre. Dicha consideración reduce el número de parámetros necesarios para determinar la distribución conjunta.

Rodríguez y Dolado (Rodríguez & Dolado, 2007) aseguran que una red bayesiana se construye partiendo de la definición de la estructura y de los parámetros de la red, siendo necesarios los seis pasos de la Figura 4.

Figura 4. Pasos para la definición de la estructura y parámetros de la red

Cuando el sistema contiene pocas variables y estados, la construcción de la red se puede realizar manualmente. Sin embargo, en la actualidad resulta necesario automatizar dicho proceso pues la mayoría de las bases de datos contienen un elevado número de variables (Mendez, Porras, Laverde, 2007). Dicha automatización puede realizarse a través de la técnica de minería de datos, puesto que es el proceso de extraer información, potencialmente útil a partir de grandes conjuntos de datos disponibles en las ciencias experimentales, proporcionando información en un formato legible que hace que pueda ser usada para resolver problemas de diagnóstico, clasificación o predicción.

Las redes bayesianas representan una de las múltiples técnicas de minería de datos, empleándose en distintos ámbitos para resolver problemas de asociación, clasificación, segmentación y predicción. Así, el uso de redes bayesianas para la representación gráfica de las relaciones entre variables conlleva muchas ventajas, al facilitar la comprensión de las relaciones causales a través del grafo (Orive, Martín, Ansorena, Guijarro, 2012). Algunas de ellas son: permite representar de forma simultánea las dimensiones cuantitativa (tablas de probabilidad) y cualitativa (grafo) del problema, pueden trabajarse con datos incompletos (Almazán-Gárate, Palomino-Monzón, González-Cancelas, 2014) y (Rodríguez & Dolado, 2007) es posible realizar una inferencia bidireccional (Almazán-Gárate, Palomino-Monzón, González-Cancelas, 2014), (Rodríguez & Dolado, 2007) y (Moral, 2014) y/o un análisis de sensibilidad (Mendez, Porras, Laverde, 2007) y (Moral, 2014) y pueden predecir con información incompleta.

Aunque se está avanzando en la construcción a partir de variables continuas, los modelos existentes se limitan a variables gaussianas y relaciones lineales, estando los modelos con variables discretas o nominales más evolucionados (Molina Serrano, González-Cancelas, y

Soler-Flores, 2017) y (Serrano, González-Cancelas, Soler-Flores & Camarero-Orive, 2017). En ellos, a partir de las variables seleccionadas para generar la base de datos se construye la red, siendo necesaria una discretización de las variables continuas para la selección de estratos. Los métodos de discretización se dividen en dos tipos: métodos no supervisados y supervisados, cuya elección depende del software utilizado.

Con el fin de obtener variables continuas, la discretización consiste en dividir en un número finito de intervalos exhaustivos y exclusivos el rango de dichas variables. Ello se realiza considerando la frecuencia, es decir, el número de instancias en cada intervalo. Otra forma es utilizando el mismo rango, es decir, la misma distancia en función de un criterio experto de percentiles: p25, p50, p75, quedando 4 estratos para cada una de las variables. Obviamente, en la discretización siempre se pierde “información”. En el presente estudio, ha sido necesario proceder a la discretización de las variables, habiéndola realizado con el criterio de percentiles descrito.

Una vez procesados los datos y obtenida la base de datos, comienza el proceso de aprendizaje de la red, considerándose este el proceso de minería de datos propiamente dicho. Este aprendizaje en las redes bayesianas consiste en aprender la estructura de la red y generar las tablas de probabilidades para cada nodo.

En el mercado existen varios programas informáticos que permiten crear y utilizar redes bayesianas. Algunos de ellos han sido desarrollados específicamente para generar este tipo de modelos (como Netica [Norsys Software Corp.], Elvira, Ergo [Noetic Systems Inc.] o Hugin [Hugin Expert A/S]) mientras que en otros casos han sido generados al amparo de programas estadísticos generales como son el caso de TETRAD, Neural Connection (SPSS Inc.), Bayes Net Toolbox-BNT (Matlab) o el paquete “deal” para R. Para más información sobre programas destinados a la estimación de redes bayesianas se pueden consultar los trabajos de Cowell, Dawid, Lauritzen, Spiegelhalter (1999) y Korb y Nicholson (2004). En este artículo se va a utilizar la versión 4.16 de Netica para Windows (2000/XP/Vista/7) que se puede descargar desde la página web de Norsys Software Corp. (<http://www.norsys.com/download.html>).

Para la construcción de la red se empleó el software Elvira, específico para redes bayesianas (Heckerman, 2008), el cual está destinado a la edición y evaluación de modelos gráficos probabilistas, concretamente redes bayesianas y diagramas de influencia. Elvira cuenta con un formato propio para la codificación de los modelos, un lector-intérprete para los modelos codificados, una interfaz gráfica para la construcción de redes, con opciones específicas para modelos canónicos (puertas OR, AND, MAX, etc.), algoritmos exactos y aproximados (estocásticos) de razonamiento tanto para variables discretas como continuas, métodos de explicación del razonamiento, algoritmos de toma de decisiones, aprendizaje de modelos a partir de bases de datos, fusión de redes, etc. Estando escrito y compilado en JAVA, su principal ventaja es que permite que funcione en diferentes plataformas y sistemas operativos.

Una vez construida la red, se analiza la forma en la que las distintas variables se encuentran relacionadas, identificando aquellas que no guardan ninguna relación con las demás.

Las redes bayesianas contemplan tres tipos de relaciones (Figura 5).

Figura 5. Tipos de conexiones en las redes Bayesianas. Fuente: (Molina, González-Cancelas, Soler-Flores, Camarero, 2017)

Generalmente las redes bayesianas obtenidas tras un estudio suelen tener un aspecto bastantes enmarañado, de manera que a simple vista no se perciben las relaciones entre las variables por lo que se hace necesario desenmarañar la red, de manera que un experto en la temática de estudio de la red vaya desplazando y agrupando los nodos de manera que estudie las relaciones del tipo, convergente, divergente y serial que se producen entre grupos de 3 variables.

Por otro lado, este tipo de redes permite definir modelos y utilizarlos tanto para hacer razonamiento de diagnóstico (pues obtienen las causas más probables dado un conjunto de síntomas), como para hacer razonamiento predictivo (obteniendo la probabilidad de presentar un cierto síntoma suponiendo que existe una causa conocida). Una de las características de las Redes Bayesianas es que un mismo nodo puede ser fuente de información u objeto de predicción dependiendo de cuál sea la evidencia disponible. A continuación se muestran cuáles son las características de estos dos tipos de inferencia utilizando una Red Bayesiana.

Si se supone que es cierto un hecho del mundo real que está representado en la red como un nodo padre, la red puede deducir cuáles serán sus efectos; para ello se debe introducir esta hipótesis en el nodo correspondiente y propagar esta información hacia el resto de los nodos. Este modo de razonamiento es de tipo predictivo y está regido por una inferencia “deductiva” donde el conocimiento se puede expresar de la forma “si A entonces B” y se cumple que el hecho conocido es “A” y el hecho deducido es “B”. Por ejemplo las conexiones en serie (Figura 5) representan a un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables (Puga, 2012).

Si B depende de A y C de B, en términos causales diríamos que A es causa de B y que B es causa de C. En este caso, dada la dependencia entre las variables, cuando se conoce información sobre A, podemos modificar nuestra certeza sobre el estado de C; y a la inversa, cuando sabemos algo sobre el estado de C la creencia sobre el estado de A se altera (Figura 6).

Figura 6. Flujo de información en una relación en serie

Si el estado de B es conocido; conocer alguna información sobre A o C no modificará nuestra creencia sobre el estado de estas variables. Podríamos decir que la propagación de la información se bloquea y se dice que A y C se tornan condicionalmente independientes dado B (Figura 7).

Figura 7. Evidencia en una conexión en serie

Etapas 3: Inferencia bayesiana

Las redes bayesianas permiten modelar la incertidumbre de forma probabilística incluso cuando el número de variables es elevado. Construida la red, el paso siguiente es la inferencia, es decir, conocer la distribución de unas variables cuando se observan otras. Una red bayesiana proporciona un sistema de inferencia, donde una vez encontradas nuevas evidencias sobre el estado de ciertos nodos, se modifican sus tablas de probabilidad y, al tiempo, las nuevas probabilidades son propagadas al resto de los nodos (Tabla 3). La propagación de probabilidades o inferencia probabilística es la probabilidad de algunas variables de ser calculadas dadas evidencias en otras variables, es decir, fijando una variable A, es posible conocer las probabilidades de los diferentes estratos de otra variable B. Las probabilidades a priori corresponden a las probabilidades antes de introducir evidencias se conoce, es decir, las definidas en la etapa anterior. Las probabilidades a posteriori, son las nuevas probabilidades obtenidas una vez introducidas las evidencias.

Una hipótesis que no concuerda con un conjunto de ejemplos significativos no es desechada por completo sino que se disminuirá la probabilidad estimada para la hipótesis, esto es debido a que los métodos de razonamiento aproximado, entre los que se encuentran los métodos bayesianos, aportan modelos teóricos que simulan la capacidad de razonamiento en condiciones de incertidumbre, cuando no se conoce con absoluta certeza la verdad o falsedad de un enunciado o hipótesis, e imprecisión, enunciados en los que se admite un rango de variación.

En una red bayesiana, la inferencia probabilística consiste en: “dadas ciertas variables conocidas (evidencia), calcular la probabilidad posterior de las demás variables (desconocidas)” (Elvira Consortium, 2002).

3.1 Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español

En este escenario, para la confección de la base de datos, en base a la revisión de datos descrita en la introducción, se seleccionaron una serie de variables, cuya selección y datos considerados proceden de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles. Dichas variables se agruparon en las 4 dimensiones de la sostenibilidad y son las que se incluyen en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables seleccionadas para conformar la base de datos del Escenario 1

Dimensión	ID	Marca temporal	Descripción	Unidades
Dimensión medioambiental: Calidad y gestión ambiental	MSD	Gestión ambiental	Grados de implantación de los sistemas de gestión ambiental (EMAS, ISO 14001 y PERLS) y recursos económicos invertidos gastos, así como inversiones en su caso, asociados a la implantación, certificación y mantenimiento de un sistema de gestión ambiental	Número
	AQED	Calidad del aire	Principales focos de emisión del puerto que suponen emisiones significativas, evolución del número de quejas o denuncias registradas por la Autoridad Portuarias procedentes de grupos de interés relativas a emisiones de polvo o a la calidad del aire en general, medidas implantadas por la Autoridad Portuaria para controlar las emisiones ligadas a la actividad del conjunto del puerto	Número
	WQED	Calidad del agua	Principales focos de vertido situados en el puerto que tienen un impacto significativo en la calidad del agua y sedimentos de las dársenas del puerto, medidas implantadas por la Autoridad Portuaria para controlar las emisiones ligadas a la actividad del conjunto del puerto, superficie de la zona de servicio que cuenta con recogida y tratamiento de aguas residuales	Millones de toneladas
	SQED	Calidad acústica	Principales focos de emisión (puntuales y difusos) del puerto que suponen emisiones acústicas significativas, evolución del número de quejas o denuncias registradas por la Autoridad Portuaria procedentes de grupos de interés, elaboración de mapa de ruido y plan de acción acústica	% cifra de negocio
	RMED	Gestión de residuos	Residuos generados por la Autoridad Portuaria que son segregados y valorizados, actividades o fuentes de generación de residuos dentro del puerto, iniciativas promovidas por la Autoridad Portuaria para la mejora de la gestión de residuos de la comunidad portuaria	% mercancía

Dimensión	ID	Marca temporal	Descripción	Unidades
	WEED	Ecoeficiencia	Eficiencia en el uso del suelo, consumo de agua y energía eléctrica por la Autoridad Portuaria	Número
	EIED	Comunidad portuaria	Condiciones o exigencias sobre aspectos ambientales en los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los servicios portuarios, en términos de otorgamiento y en títulos de concesión o autorización	Número
Dimensión social: capital humano y empleo	ETSD	Capital humano de la actividad portuaria	Empleo, comunicación interna y participación, formación, estructura de plantilla y equidad, seguridad y salud en el trabajo, etc.	Número
	PCSD	Empleo y seguridad laboral en la comunidad portuaria	Empleo en la comunidad portuaria, seguridad laboral y formación en servicios y concesiones portuarios, etc.	% ferrocarril
Dimensión institucional: Conjunto de objetivos e indicadores de sostenibilidad que reflejan prioridades estratégicas en el ámbito de la sostenibilidad para el conjunto del sistema portuario de interés general.	MSID	Herramientas de apoyo a la gestión	Herramientas de apoyo a la gestión	%
	RIID	Generación de infraestructura portuaria	Papel de la Autoridad Portuaria como proveedor de la infraestructura	Inversión/ Cash flow
	STID	Mercados servidos	Estructura y evolución de los principales tráfico de mercancías	Tm/m ²
	EDID	Papel del sector portuario como dinamizador de la actividad productiva	Principales sectores o actividades relevantes en el desarrollo económico local que se apoyan en el puerto para su desarrollo	Importe neto de la cifra de negocio/persona)
	TRID	Servicios y concesiones/autorizaciones	Tipos, marco de prestación y regulación	% empleados dentro de convenio
	PIID	Presencia de la iniciativa privada	Número de empresas que operan en el puerto, superficie terrestre ocupada, caracterizada como uso comercial concesionado, etc.	Número
	PSID	Transparencia y libre concurrencia	Iniciativas dirigidas a garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto y los mecanismos administrativos que regulan dicho proceso	Millones euros

Dimensión	ID	Marca temporal	Descripción	Unidades
	IEID	Calidad en la prestación de los servicios	Iniciativas promovidas por la Autoridad Portuaria dirigidas a mejorar la eficiencia, la calidad del servicio y el rendimiento de los servicios prestados a la mercancía	Número total
	TSID	Integración de los puertos en el sistema de transporte	Eficiencias con la que son coordinados los diferentes modos de transporte que confluyen en el puerto	Número
Dimensión económica: situación económica financiera del sistema portuario español	FSID	Situación económica financiera	Entre otros indicadores: rentabilidad sobre activos, EBIDTA/tonelada, servicio de la deuda, relación gastos de explotación e ingresos de explotación, etc.	Número
	SIID	Nivel y estructura de las inversiones	Entre otros indicadores: inversión pública en relación con el cash-flow, inversión ajena frente a la inversión pública, renovación de activos	Número
	BSED	Negocio y servicios	Entre otros indicadores: ingresos por tasas de ocupación y actividad, uso comercial de la superficie, uso de los muelles, etc.	Kwh/m ²
	VPED	Valor generado y productividad	Entre otros indicadores: productividad del trabajo según ingresos, productividad del trabajo según EBIDTA, etc.	Número

La red obtenida es la de la Figura 7. Se observa que es una red multiconectada, es decir, es un grafo no conectado en forma sencilla, en el que hay múltiples trayectorias entre nodos.

Figura 7. Red multiconectada obtenida del Escenario 1

Además de analizar las relaciones entre las variables, a partir de la construcción de la red de la etapa 2, se realiza inferencia en la etapa 3. Dicha inferencia probabilística permite que, dadas ciertas variables conocidas a las que se denomina evidencia como puede ser el tráfico que mueve un puerto y las iniciativas de mejora de la calidad del servicio, se puede calcular la probabilidad posterior de las demás variables denominadas desconocidas, como por ejemplo los gastos de caracterización ambiental y al relación entre la inversión y el cash flow. Las combinaciones son múltiples, partiendo de las variables evidencia o predictoras, que son conocidas, y calculando las desconocidas a partir de las anteriores. Así, la red obtenida se usa para predecir el valor de cualquier variable a clasificar, Para ello, se asignan valores a las variables predictoras y se calcula la probabilidad a posteriori del nodo asociado a la variable, conocidos los valores del resto.

En la Tabla 3 aparece la “probabilidad a priori” de las variables.

Tabla 3. “Probabilidad a priori”

Dimensión	ID	Probabilidad "a priori"	Estrato principal	Porcentaje estratos			
				s1	s2	s3	s4
Institucional	herramgestion_dimins	-	-	0,32	0,23	0,32	0,13
Institucional	geoinfraortuaria_dimins	0,31	s1	0,31	0,26	0,2	0,23
Institucional	mercervidos_dimins	0,26	s2	0,24	0,26	0,25	0,25
Institucional	dinamact_dimins	0,35	s3	0,23	0,23	0,35	0,19
Institucional	serviciosconcauto_dimins	0,27	s2	0,24	0,27	0,24	0,24
Institucional	inicprivada_dimins	0,26	s3	0,25	0,26	0,26	0,23
Institucional	transconcu_dimins	0,53	s1	0,53	0	0,33	0,13
Institucional	calidserv_dimins	0,27	s3	0,27	0,25	0,27	0,21
Institucional	intetrans_dimins	0,47	s1	0,47	0	0,25	0,28
Económica	sitecofin_dimecon	0,29	s3	0,27	0,26	0,29	0,18
Económica	inv_dimecon	0,26	s4	0,25	0,24	0,25	0,26
Económica	negserv_dimecon	0,26	s3	0,23	0,26	0,26	0,25
Económica	vgenprod_dimecon	0,26	s4	0,23	0,26	0,25	0,26
Social	caphum_dimsoci	0,25	s2	0,25	0,25	0,25	0,25
Social	empl_dimsoci	0,31	s3	0,24	0,22	0,31	0,23
Ambiental	gestamb_dimma	0,25	s4	0,25	0,25	0,25	0,25

Dimensión	ID	Probabilidad "a priori"	Estrato principal	Porcentaje estratos			
				s1	s2	s3	s4
Ambiental	calaire_dimma	0,28	s1	0,28	0,24	0,25	0,24
Ambiental	calagua_dimma	0,25	s1	0,25	0,25	0,24	0,25
Ambiental	calacust_dimma	0,44	s1	0,44	0,1	0,27	0,2
Ambiental	residuos_dimma	0,28	s2	0,26	0,28	0,23	0,23
Ambiental	ecoef_dimma	0,25	s3	0,25	0,25	0,25	0,25
Ambiental	comport_dimma	0,35	s1	0,35	0,23	0,16	0,26

3.2 Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping

La delimitación geográfica en el estudio es Europa, contando con los datos de 30 países: los 28 de la Unión Europea más Noruega e Islandia que se incluyeron por ser países marítimos que resultaban relevantes en la investigación.

Todo proceso de minería de datos parte de la generación de la base de datos, a partir de un panel de expertos se determinaron las variables de estudio, se consultaron diferentes bases de datos, para poder generar la base de datos final del estudio. El criterio de selección de las variables se realiza de acuerdo a la relación con el Short Sea Shipping y gas natural licuado. Finalmente se han empleado para la investigación 35, todas ellas consensuadas en el panel de expertos asociado a la investigación, para obtener los valores de las variables, los cuales se extrajeron de Eurostat (28 variables), del documento The European LNG terminal infrastructure 2015: Status and Outlook de la Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE) (3 variables) y los 4 restantes fueron de elaboración propia a partir de otras bases de datos para completar la base de datos (Tabla 4) Respecto a la tarea de agrupación de las variables, dichas variables se clasificaron en 5 tipos o grupos de acuerdo a su naturaleza, siendo estas categorías las siguientes:

- Transporte y comercio internacional
- Economía y finanzas
- Medioambiente y energía
- Institucional y política
- Población y condición social

Tabla 4. Variables seleccionadas para conformar la base de datos del Escenario 2

Categoría	Variable	Descripción	Unidades	Fuente
Transporte y comercio internacional	MTG	Transporte Marítimo	Miles de toneladas	Eurostat
	MSFT RAIL	Distribución modal de transporte de carga por ferrocarril	Porcentaje	Eurostat
	MSFT ROAD	Distribución modal de transporte de carga por carretera	Porcentaje	Eurostat
	MSFT INW	Distribución modal de transporte de carga por aguas continentales	Porcentaje	Eurostat
	SSS VTEU	TEUs (término en inglés Twenty-foot Equivalent Unit, que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies) en Short Sea Shipping	1000 TEU's	Eurostat
Economía y finanzas	GDP	Producto interno bruto	Millones de Euros	Eurostat
	EGS	Exportaciones de estados miembros a terceros países	Millones de Euros	Eurostat
	IGS	Importaciones de estados miembros a terceros países	Millones de Euros	Eurostat
	GOVDEF	Deuda, Excedente público	% GDP	Eurostat
	PROIND	Producción en la industria	Index, 2010=100%	Eurostat
	PROCON	Producción en la construcción	Index, 2010=100%	Eurostat
	SHAIMPT	Participación en las importaciones por miembro de la UE	% (EU=100%)	Eurostat
	SHAEXPO	Participación en las Exportaciones por miembro de la UE	% (EU=100%)	Eurostat
Medioambiente y energía	AETSO	Emisiones de óxidos de azufre (SOx) procedentes del transporte y comunicación	Toneladas	Eurostat
	GHGTR	Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte	Miles de toneladas	Eurostat
	ETXTRANS	Impuestos ambientales sobre transporte	Millones de Euros	Eurostat
	GENWAS	Generación total de residuos	Toneladas	Eurostat

Categoría	Variable	Descripción	Unidades	Fuente
	GPICONS	Precios del gas natural de uso industrial	Euro / Kilowatt- hora	Eurostat
	WELEC	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares	Kilogramos per cápita	Eurostat
	REPRO	Productividad de los recursos	Euro / Kilogramo	Eurostat
	GHGAGR	Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura	Millones de toneladas	Eurostat
Institucional y política	SECA	Áreas de control de emisión de azufre	Número	Elaboración propia
	SFRONT	Ubicación geográficas de las costas	Número	Elaboración propia
	RCO	Capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en operación	billones m ³ por año	Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE)
	RCU	Capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en construcción	billones m ³ por año	Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE)
	RCP	Capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en planes	billones m ³ por año	Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE)
	FDG	Forma de gobierno	Número	Elaboración propia
	EPG	Modelos de gestión portuaria en Europa	Número	Elaboración propia
Población y condición social	RDEXPN	Gastos totales en investigación y desarrollo	Euro / habitante	Eurostat
	POBL	Población	Habitantes	Eurostat
	LIFEEXP	Esperanza de vida	Edad	Eurostat
	RISKPOV	Población en riesgo de pobreza o exclusión social	Porcentaje población	Eurostat
	UNER	Tasa de desempleo	Porcentaje población	Eurostat

Categoría	Variable	Descripción	Unidades	Fuente
			activa	
	STENTER	Estudiantes matriculados en educación terciaria	Población	Eurostat
	EXPSPBE	Gastos en protección social	Euro / habitante	Eurostat

De acuerdo con la metodología anteriormente propuesta, la red bayesiana obtenida en este escenario es la de la Figura 8.

Figura 8. Red multiconectada obtenida del Escenario 2

Una vez obtenida la red, se analizan las relaciones entre las distintas variables, y se lleva a cabo la etapa 3 y última de inferencia.

4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología anteriormente expuesta al Escenario 1.

4.1.1 Relaciones entre variables

Es necesario especificar dos aspectos para describir una Red Bayesiana: topología de grafo (estructura) y los parámetros de cada Distribución Condicional de Probabilidad (CPD). Esto hace posible generar ambos a partir de los datos. Sin embargo, definir la estructura es más difícil que definir los parámetros. Además, cuando algunos de los nodos están ocultos o faltan datos, definirlo es más difícil que definirlo cuando se observa todo.

La Red Bayesiana es desconocida en muchos de los sucesos prácticos y, por tanto, se necesita definir a partir de los datos. Este problema se conoce como problema de definición de una Red Bayesiana. Describiéndolo de una forma informal, sería: obtención de los datos base y priorización de la información (por ejemplo, conocimiento del experto, relación causal); estimación de la topología del grafo (estructura de la red) y distribución de los parámetros JPD (parámetros de probabilidad conjunta) en la Red Bayesiana.

El desarrollo de la estructura de una Red Bayesiana se considera un problema más complejo que la definición de los parámetros de dicha red. Asimismo, existe otro handicap en el caso de situaciones de observación parcial cuando los nodos están ocultos o cuando directamente faltan.

El caso simple es una Red Bayesiana definida y detallada por un experto. Por lo que se usa para desarrollar inferencias. En otras aplicaciones, la tarea de definir la red es demasiado compleja, siendo necesario que la estructura de la red y la distribución local de los parámetros sea desarrollada a partir de datos.

Automáticamente, el desarrollo de la estructura gráfica de una Red Bayesiana es un reto que se persigue dentro del aprendizaje de la máquina.

La red construida es la que se muestra en la Figura 7. Como se aprecia ninguna variable ha quedado descolgada.

Los pasos que son necesarios seguir son los siguientes:

- Identificación de los factores relevantes
- Determinación de cómo esos factores están relacionados causalmente entre ellos
- El arco causa-efecto significa que la causa es un factor involucrado en provocar ese efecto

4.1.1.1. *Análisis general*

Realizando un análisis general, a modo de ejemplo, las relaciones más significativas se muestran en el caso siguiente. En él, en el caso de las variables padres, `inv_dimecon` y `geoinfraortuaria_dimins`, es el nodo de `herramgestion_dimins`. Cuando se da `herramgestion_dimins`, entonces `inv_dimecon` y `geoinfraortuaria_dimins`, son condicionalmente independientes (Figura 9).

Figura 9. Relación 1

La variable `herramgestion_dimins` es una variable decisora, aparece en la red como una variable “nodo” de la que salen arcos, por lo que se genera una conexión divergente, se tiene un nodo padre que proyecta todos sus arcos hacia varios hijos. O lo que es lo mismo las flechas salen de él y divergen hacia sus hijos. (Figura 9).

Recordemos que Herramientas de apoyo a la gestión (ID: `herramgestion_dimins`) son los sistemas de gestión de apoyo a la toma de decisiones, es decir, sistemas de gestión de la calidad, cuadros de mando integral, campañas de caracterización de mercados, etc.

Cuando se conoce el estado de la variable padre existe una dependencia entre las variables, sin embargo, cuando el estado de la variable padre no se conoce, las variables hijo se tornan independientes y la información no se propaga por la red si se añaden evidencias sobre los nodos hijos. (Figura 10).

Figura 10. Relación 3

Un efecto que tiene dos o más arcos de entrada desde otros vértices se considera como un efecto común de esas causas. Una causa que tiene dos o más arcos de salida a otros vértices se considera como una causa común (factor) de esos efectos. Los efectos de una causa común son, normalmente, observables.

Siguiendo la suposición de independencia de la Red Bayesiana, en este caso, se observan varias declaraciones de independencia respecto de cada uno de los factores.

Cuando `mercservidos_dimins` se introduce, `sitecofin_dimecon`, `serviciosconcauto_dimins`, `inicprivada_dimins`, `ecof_dimma`, `vgenprod_dimecon`, `empl_dimsoci`, `Inv_dimecon`, `negserv_dimecon`, `gestamb_dimma`, and `caphum_dimensoci` son independientes condicionalmente o su antecesor `geoinfraortuaria_dimins`. (Figura 10)

Grafo casual: la variable `mercservidos_dimins` tiene diez efectos comunes: `sitecofin_dimecon`, `serviciosconcauto_dimins`, `inicprivada_dimins`, `ecof_dimma`, `vgenprod_dimecon`, `empl_dimsoci`, `Inv_dimecon`, `negserv_dimecon`, `gestamb_dimma`, and `caphum_dimensoci` (Figura 10).

Por tanto, Los sistemas de gestión de apoyo a la toma de decisiones: sistemas de gestión de la calidad, cuadros de mando integral, campañas de caracterización de mercados, etc, representados por `herramgestion_dimins`. Se representa como una variable padre de la red (solo salen flechas de ese nodo). Lo mismo ocurre con `transconcu_dimins` que representa a las iniciativas dirigidas a garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto y los mecanismos administrativos que regulan dicho proceso, que es un padre de la red. La variable `transcocu_dimins` es una variable decisora, aparece en la red

como una variable “nodo” de la que salen arcos, por lo que se genera una conexión divergente, se tiene un nodo padre que proyecta todos sus arcos hacia varios hijos. O lo que es lo mismo las flechas salen de él y divergen hacia sus hijos.

Otra variable fundamental en la estructura de la red es *mercservidos_dimins*, de ella salen 10 flechas a 10 nodos diferentes, son los efectos de la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías, estos efectos son tanto sociales, económicos, institucionales y medioambientales; es decir los mercados servidos tienen efectos sobre el tipo, marco de prestación y regulación de los servicios del puerto, sobre el número de empresas que operan en el puerto, dentro de la categoría institucional; en la categoría económica sobre el EBIDTA, EBIDTA/tonelada, inversión pública en relación con el cash-flow y : ingresos por tasas de ocupación y actividad entre otros; sobre la categoría social ejerce un efecto sobre sus dos variables que representan el empleo en la comunidad portuaria, seguridad laboral y formación en servicios y concesiones portuarios, empleo, comunicación interna y participación, formación, estructura de plantilla y equidad, seguridad y salud en el trabajo, entre otros. Para la categoría medioambiental los mercados servidos son la causa de los grados de implantación de los sistemas de gestión ambiental (EMAS, ISO 14001 y PERLS) y recursos económicos invertidos gastos, así como inversiones en su caso, asociados a la implantación, certificación y mantenimiento de un sistema de gestión ambiental y de la eficiencia en el uso del suelo, consumo de agua y energía eléctrica por la Autoridad Portuaria. Por lo tanto los mercados servidos suponen una variable muy importante dentro de la planificación desde una perspectiva sostenible.

4.1.1.2. Análisis particular: dimensión económica

Tal y como se aprecia en la red obtenida (Figura 7), las variables se encuentran muy relacionadas (los nodos están muy relacionados entre sí y la red está muy enmarañada). Destacan dos nodos de los que solos salen flechas: *herramgestion_dimins*, y *transcocu_dimins* que corresponderían a variables padre de la red y serían variables muy importantes dentro de la sostenibilidad portuaria.

Si se pretende sintetizar las relaciones directas padres/hijos de las variables de dimensión económica obtenidas con el desarrollo de la red bayesiana de estudio, éstas se recogen en la Tabla 5. Lo primero que se aprecia es que todas las variables económicas tienen como uno de sus padres, al menos a *mercservidos_dimins*, la variable *mercservidos_dimins* corresponde a la suma de los tráficos que mueve cada Autoridad Portuaria de Sistema Portuario Español, por lo que lo primero que resulta es que en términos de causa-efecto de la red resultante todas las variables económicas del estudio están “causadas”, influenciadas por el tráfico del puerto asociado que es un parámetro conocido para cualquier puerto, público y sobre el que más previsiones a futuro se realizan, por lo que sería razonable pensar que conocido, o más bien; estimado el tráfico futuro el planificador sabrá “algo” sobre las variables de dimensión económica, van a verse afectadas por el tráfico marítimo asociado a la Autoridad Portuaria.

Tabla 5. Padres e hijos de las variables de dimensión económica

ID	padres				hijos
sitecofin_dim econ	mercservidos _dimins				-
inv_dimecon	mercservidos _dimins	transcocu_di mins	geninfraortua ria_dimins	herramgestio n_dimins	Calagua_dim ma
negserv_dim econ	mercservidos _dimins				vgenprod_di mencon
vgenprod_di mecon	mercservidos _dimins	negserv_dim econ			gestamb_dim ma

Se aprecia en la figura 11 que las variables de dimensión económica inv_dimecon, negserv_dimecon, sitecofin_dimecon y vgenpro_dimecon son variables hijo de mercservidos_dimins, entre otras. La variable mercservidos_dimins corresponde a la suma de los tráficos que mueve cada Autoridad Portuaria de Sistema Portuario Español y forma una conexión divergente con sus hijos: En las conexiones divergentes se tiene un nodo padre que proyecta sus arcos hacia varios hijos; o lo que es lo mismo, las flechas que salen de él y divergen hacia sus hijos. Este tipo de conexión es el más apropiado para representar problemas de diagnóstico. Cuando no conocemos el estado de la variable padre existe una dependencia entre las variables. Sin embargo, cuando el estado de la variable padre se conoce, las variables hijo se tornan independientes y la información no se propaga si añadimos evidencias sobre los nodos hijo. En una conexión divergente la información fluye a través de la red, excepto si la evidencia se encuentra en el nodo padre, ya que queda bloqueada la comunicación entre los nodos hijos.

Figura 11. Relaciones entre variables con incidencia en la dimensión económica

Si se introduce evidencia acerca del estado de la variable mercservidos_dimins, las variables de dimensión económica, así como del resto de sus hijos, pasan a ser condicionalmente independientes. Por ejemplo, si se estima que el tráfico que se va a mover en un puerto, se conoce información de las variables de dimensión económica y además éstas ya no tienen relación ninguna entre sí (conexión divergente).

En las conexiones divergentes tenemos un nodo padre que proyecta sus arcos hacia varios hijos; o lo que es lo mismo, las flechas que salen de él divergen hacia sus hijos y en términos causales se interpretaría que una causa (por ejemplo el tráfico portuario) genera varios síntomas (por ejemplo sobre la rentabilidad de los activos o la distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el Sistema Portuario). En el ejemplo, la rentabilidad sobre los activos y la distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el Sistema portuario son independientes conocido el tráfico portuario.

En la figura 12 se aprecia con respecto a la variable de dimensión económica sitecofin_dimecon, que representa la rentabilidad sobre activos en porcentaje, que es una variable hija de mercservidos_dimins y de geninfraortuaria_dimins, dos variables de dimensión institucional, produciéndose una conexión convergente, en las conexiones convergentes varias variables apuntan con sus arcos hacia una variable objetivo, esto es, convergen en un mismo nodo hijo. En este tipo de conexiones las variables madre son independientes entre sí, pero la variable de convergencia puede influir sobre sus nodos padre. La propiedad importante de este tipo de conexión a la hora de propagar la información es que cuando se tiene evidencia sobre la variable de convergencia, los nodos padre se vuelven dependientes y la evidencia sobre el estado de uno de ellos se propaga por los demás. Se diría, en nuestro ejemplo, que mercservidos_dimins y de geninfraortuaria_dimins, son dependientes dado sitecofin_dimecon. Conocida la rentabilidad sobre activos, las toneladas movidas por la autoridad portuaria y la capacidad básica medida en número de terminales son dependientes.

Figura 12. Hijos de la variable geninfraortuaria_dimins

La figura 13, algo más compleja, genera varios tipos de relaciones. Las conexiones en serie representan a un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables (por ejemplo mercservidos_dimins → negserv_dimecon → vgprod_dimecon). En este caso, negserv_dimecon depende de mercservidos_dimins y vgprod_dimecon de negserv_dimecon. En términos causales diríamos que

mercservidos_dimins es causa de negserv_dimecon y que negserv_dimecon es causa de vgprod_dimecon. En este caso, dada la dependencia entre las variables, cuando conocemos información sobre mercservidos_dimins podemos modificar nuestra certeza sobre el estado de vgprod_dimecon; y a la inversa, cuando sabemos algo sobre el estado de vgprod_dimecon la creencia sobre el estado de mercservidos_dimins se altera. Sin embargo, si el estado de negserv_dimecon es conocido; conocer alguna información sobre mercservidos_dimins o vgprod_dimecon no modificará nuestra creencia sobre el estado de estas variables. Podríamos decir que la propagación de la información se bloquea y se dice que mercservidos_dimins y vgprod_dimecon se tornan condicionalmente independientes dado negserv_dimecon. Por lo que podría decirse que, en términos causales, el tráfico movido por el puerto es causa de distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el Sistema portuario y que la distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el Sistema portuario es causa de la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario.

Figura 13. Hijos de la variable mercservidos_dimins

De igual forma podría decirse que, en términos causales, el tráfico movido por el puerto es causa de la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario y que la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario es causa de los gastos en caracterización medioambiental.

Tanto la variable negserv_dimecon como vgenprod_dimecon son hijas (entre otras) del tráfico de la Autoridad Portuaria, representado por mercservidos_dimins, pero a su vez, vgenprod_dimecon (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) es hija también de negserv_dimecon (distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el sistema portuario), por lo que en términos de causa y efecto el tráfico que se mueve por unidad de superficie disponible es una de las causas (ejerce alguna influencia directa) sobre la relación importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual. Nótese además que

negserv_dimecon no tiene otro hijo, porque su efecto se propagará únicamente por los hijos de vgenprod_dimecon. Es decir que la distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el sistema portuario ejerce una influencia (es causa) indirecta de los gastos en caracterización medioambiental a través del ratio importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual.

Respecto al análisis de la variable de dimensión económica inv_dimecon, en la Figura 14 se observa que se produce una relación convergente respecto a mercservidos_dimins, herramgestion_dimins, geoinfraortuaria_dimins y transconcu_dimins, todas ellas de dimensión institucional, estas variables apuntan con sus arcos hacia una variable objetivo, inv_dimecon, representado por la relación entre la inversión y el cash flow, como ya se ha dicho, la propiedad importante de este tipo de conexión a la hora de propagar la información es que cuando se tiene evidencia sobre la variable de convergencia, los nodos padre se vuelven dependientes y la evidencia sobre el estado de uno de ellos se propaga por los demás.

Figura 14. Relaciones de la variable inv_dimecon

Respecto a la relación serial que se produce entre, cualquiera de los padres de padres_inv_dimecon → inv_dimecon → calagua_dimma (Figura 14), podría decirse que, en términos causales, cualquier padre de inv_dimecon es causa de la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario y que la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario es causa de la calidad del agua, en concreto de las medidas adoptadas para paliar dichas emisiones.

Hay que destacar que los 4 padres directos de *inv_dimecon* representado por la relación entre la inversión y el cash flow son variables de dimensión institucional, el término de causa efecto, parece que la red resultante permite afirmar que la componente institucional va a tener mucho efecto sobre la relación entre la inversión y el cash flow. Asimismo se aprecia que la variable de calidad del agua va a verse influenciada entre otras por este ratio inversión/cash flow. Un estudio sobre inferencia de la red resultante podría explicar de qué modo se ve afectado y en qué probabilidad, pero no es objeto de esta investigación, aunque sería interesante plantearlo a futuro.

4.1.2 Diagramas de influencia

Los diagramas de influencia, extienden las redes Bayesianas con dos nuevos tipos de nodos llamados utilidad (o valor) y decisión para modelar explícitamente la toma de decisiones. Además el nodo de forma circular u oval de las redes Bayesianas generales se denomina nodo de azar (Figura 1). Los valores de los nodos de decisión contienen las acciones que puede tomar la persona encargada de la toma de decisiones. El nodo valor representa la utilidad y cuantifica las preferencias (generalmente económicas) de las decisiones.

La red ofrece una idea aproximada de la información numérica contenida. Esto hace que cada enlace se muestre con un color y una anchura propios. A grosso modo, tal y como se indica en la Tabla 6:

Tabla 6. Código de colores de los enlaces de la red que muestran el tipo de influencia de un nodo sobre otro

Color	Definición
<ul style="list-style-type: none"> Indican que hay una influencia positiva: al aumentar el valor del nodo padre aumenta el valor del nodo hijo Mayor anchura del enlace se traduce en una mayor influencia
<ul style="list-style-type: none"> Indican que hay una influencia negativa: al aumentar el valor del nodo padre disminuye el valor del nodo hijo Mayor anchura del enlace se traduce en una mayor influencia
<ul style="list-style-type: none"> El enlace no transmite información
<ul style="list-style-type: none"> Indican una influencia ambigua: para ciertos valores del padre hay influencia positiva y para otros la influencia es negativa

Por otro lado, cuanto mayor es la influencia de un nodo sobre otro, mayor es la anchura del enlace.

Es por ello que a la hora de interpretar los enlaces de la red y los colores de cada uno, hay que tener en cuenta como están ordenados los estados de cada una de las variables.

En la Figura 15 se aprecian tanto enlaces rojos como azules. Los enlaces en azul indican influencia negativa, es decir, al aumentar el valor del nodo padre disminuye el valor del nodo hijo. Un ejemplo de ello, tal y como se muestra en la Figura 2, por ellos si los sistemas de gestión de apoyo a la toma de decisiones: sistemas de gestión de la calidad, cuadros de mando integral, campañas de caracterización de mercados, etc., el Papel de la Autoridad Portuaria como proveedor de la infraestructura es menos importante y pasa a manos de privados. Por otro lado si el Papel de la Autoridad Portuaria como proveedor de la infraestructura es más importante el papel del sector portuario como dinamizador de la actividad productiva y con ello los principales sectores o actividades relevantes en el desarrollo económico local que se apoyan en el puerto para su desarrollo, así como la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías. Es por ello que el papel de la autoridad portuaria como generador de infraestructura portuaria es muy importante. Además, dada la mayor anchura del enlace, la influencia es mucho mayor con la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías

Figura 15. Enlaces de influencia positiva de la red (color rojo) y negativa (color azul)

Siguiendo con el análisis de la Figura 15 si aumentan la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías aumentan los ingresos por tasas de ocupación y actividad, uso comercial de la superficie, uso de los muelles, etc., lo que beneficia la actividad económica del puerto.

Los enlaces en azul indican influencia negativa, es decir, al aumentar el valor del nodo padre disminuye el valor del nodo hijo. Un ejemplo de ello, tal y como se muestra en la Figura 16a, si aumenta la Transparencia y libre concurrencia mediante iniciativas dirigidas a garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto y los mecanismos administrativos que regulan dicho proceso disminuirán los principales focos de emisión (puntuales y difusos) del puerto que suponen emisiones acústicas significativas.

Figura 16a. Enlaces influencia negativa Figura 16b. Enlaces influencia positiva y ambigua

A través de los enlaces de influencia positiva (Figura 16b) se puede decir de la calidad del agua que cuando aumentan los principales focos de vertido situados en el puerto que tienen un impacto significativo en la calidad del agua y sedimentos de las dársenas del puerto. De igual manera si aumentan los principales focos de vertido situados en el puerto que tienen un impacto significativo en la calidad del agua y sedimentos de las dársenas del puerto aumentan las Condiciones o exigencias sobre aspectos ambientales en los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los servicios portuarios, en términos de otorgamiento y en títulos de concesión o autorización.

Dentro de las relaciones ambiguas, para ciertos valores del padre hay influencia positiva y para otros la influencia es negativa. Por ello, si aumenta el nivel y estructura de las inversiones en un puerto, la calidad del agua no tiene por qué mejorar.

4.1.3 Inferencia bayesiana

4.1.3.1. Análisis de la dimensión institucional

Como se ha visto, las redes bayesianas permiten modelar la incertidumbre de forma probabilística incluso cuando el número de variables es elevado. Construida la red, el paso siguiente es la inferencia, es decir, conocer la distribución de unas variables cuando se observan otras. Una red bayesiana proporciona un sistema de inferencia, donde una vez encontradas nuevas evidencias sobre el estado de ciertos nodos, se modifican sus tablas de

probabilidad y, al tiempo, las nuevas probabilidades son propagadas al resto de los nodos (Tabla 3). La propagación de probabilidades o inferencia probabilística es la probabilidad de algunas variables de ser calculadas dadas evidencias en otras variables, es decir, fijando una variable A, es posible conocer las probabilidades de los diferentes estratos de otra variable B. Las probabilidades a priori corresponden a las probabilidades antes de introducir evidencias se conoce, es decir, las definidas en la etapa anterior. Las probabilidades a posteriori, son las nuevas probabilidades obtenidas una vez introducidas las evidencias.

Una hipótesis que no concuerda con un conjunto de ejemplos significativos no es desechada por completo sino que se disminuirá la probabilidad estimada para la hipótesis, esto es debido a que los métodos de razonamiento aproximado, entre los que se encuentran los métodos bayesianos, aportan modelos teóricos que simulan la capacidad de razonamiento en condiciones de incertidumbre, cuando no se conoce con absoluta certeza la verdad o falsedad de un enunciado o hipótesis, e imprecisión, enunciados en los que se admite un rango de variación.

En una red bayesiana, la inferencia probabilística consiste en: “dadas ciertas variables conocidas (evidencia), calcular la probabilidad posterior de las demás variables (desconocidas)”

En el caso de estudio a partir de la construcción de la red de la etapa 2, se realiza inferencia (Figura 17) en la etapa 3, dicha inferencia probabilística permite que, dadas ciertas variables conocidas a las que se denomina evidencia como puede ser el tráfico que mueve un puerto y las iniciativas de mejora de la calidad del servicio, se puede calcular la probabilidad posterior de las demás variables denominadas desconocidas, como por ejemplo los gastos de caracterización ambiental y al relación entre la inversión y el cash flow. Las combinaciones son múltiples, partiendo de las variables evidencia o predictoras, que son conocidas, y calculando las desconocidas a partir de las anteriores. Así, la red obtenida (Figura 7) se usa para predecir el valor de cualquier variable a clasificar, Para ello, se asignan valores a las variables predictoras y se calcula la probabilidad a posteriori del nodo asociado a la variable, conocidos los valores del resto.

Con las variables de estudio y analizando ejemplos concretos, para la variable *mercservidos_dimins* que representa el total del tráfico movido en el puerto, si tomamos su estrato más bajo, es decir para los puertos que menos mueven la relación con el resto de variables es la que aparece en la Figura 17:

Figura 17. Probabilidad a posteriori cuando mercservidos_dimins adopta valores del estrato s1 (<p25)

Se aprecia que cuando la variable del tráfico en los puertos adopta sus valores más bajos, es decir, los puertos que mueven menos tráfico la probabilidad posterior de por ejemplo la rentabilidad sobre activos (sitecofin_dimencon) es de un 42% para su estrato más bajo, es decir los puertos con menos tráfico en el 42% de los casos la rentabilidad sobre activos adopta valores menores y la distribución del ratio (importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual) en el Sistema Portuario (INCN/persona) (vgenprod_dimecon), en un 37% de los casos, toma valores del percentil 25, los menores. Desde el punto de vista medioambiental en este caso se puede destacar que, con un 44% de probabilidad, el número de actuaciones acometidas sobre focos de ruido identificados a raíz de quejas y no conformidades registradas por la Autoridad Portuaria, será menor en los puertos que mueven menos tráfico.

Figura 18. Probabilidad a posteriori cuando mercservidos_dimins adopta valores del estrato s4 (>p75)

Cuando la variable geninfraortuaria_dimins (número de terminales) fija su estrato en los valores inferiores (Figura 19) se observa que:

- La variable dinamact_dimins (cifra de negocio facturada a los 5 primeros clientes) tomará sus valores más bajos con un 38% de probabilidad
- La variable serviciosconcauto_dimins (las toneladas movidas en superficie concesionada sobre el total de tráfico de mercancías) tomará valores bajos con un 29% de probabilidad, valores medios con un 52% de probabilidad y valores altos con un 20% de probabilidad.
- La variable empl_dimsoci (número de simulacro de protección y seguridad) tomará valores medios con un 57% de probabilidad y valores altos con un 29%
- La variable sitecofin_dimecon (rentabilidad sobre activos), con un 38% de probabilidad tomará valores bajos y con un 14%, valores altos.
- La variable inv_dimecon (inversión/cash flow), con un 57% de probabilidad tomará valores medios

Con un 56% de probabilidad, herramgestion_dimins (sistemas de apoyo a la gestión) adoptará valores bajos.

Figura 19. Probabilidad a posteriori cuando geninfraortuaria adopta valores del estrato S1 (p25)

Para ilustrar los resultados con un ejemplo, en el caso de que un puerto que mueva un tráfico en el estrato s3 y su previsión de tráfico le indique que va a pasar al estrato s4, el planificador dispondrá de esta herramienta de manera que la red permite plantear escenarios futuros sin tener que introducir información en todas las variables, es decir el planificador sabrá que con 55% de probabilidad su ratio de toneladas movidas por unidad de superficie subirá, lo que le hará más productivo, así como sabrá con un 50% de probabilidad que el ratio del importe neto de la cifra de negocio/plantilla anual se elevará a los valores superiores y que la rentabilidad sobre activos crecerá a valores de los puertos más productivos. Con esta discretización y en esta circunstancia, el planificador no dispone de información clara sobre los gastos en caracterización medioambiental dado que la probabilidad de los 4 estratos es similar, al igual que ocurriría con el consumo energético por superficie, del que el planificador no dispondría de información relevante.

4.1.3.2. Análisis de la dimensión ambiental

Con los valores que adoptan estas variables de sostenibilidad portuaria, una vez discretizadas, se construye la red bayesiana con el empleo del software Elvira, con el

algoritmo K2 resultando la red de la Figura 7. Se puede, a partir de la red construida, calcular la probabilidad a priori para cada una de las variables, como se aprecia en la Figura 20.

Figura 20 Probabilidad a priori de la red construida

Las redes bayesianas pueden utilizarse para tomar decisiones óptimas introduciendo posibles acciones y la utilidad de sus resultados. Mediante inferencia se pretende hallar la distribución de probabilidad de determinadas variables de interés dados los valores de otras variables que se observan, en concreto de variables medioambientales.

Es posible aprender las probabilidades condicionales que describen las relaciones entre las variables a partir de los datos. Incluso es posible aprender la estructura completa de la red a partir de datos completos o con algunos de sus valores desconocidos.

Si estudiamos el caso de la variable calacust_dimma calidad acústica expresada por el número de actuaciones sobre focos de ruido y situamos su valor sobre el estrato s1, es decir, el estrato en el que la variable calacust_dimma adopta los valores más bajos (Figura 21) produce que la probabilidad de que la variable transconcu_dimins que corresponde a los mecanismos de información dispuestos por la Autoridad Portuaria que permiten garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto toma con un 82% de probabilidad sus valores más bajos. Es decir cuando se realizan pocas actuaciones a favor de la calidad acústica, la probabilidad de que los mecanismos de las concesiones sean menos transparentes es muy elevado.

Figura 21. Probabilidad a posteriori cuando la variable calacust_dimma adopta valores en el estrato s1

Para la misma relación de variables si lo que se conoce es alguna certeza sobre transconcu_dimins, es decir que sus valores están en el estrato s1, el más bajo (Figura 22), la probabilidad de que calacust_dimma adopte valores bajos correspondientes al estrato s1es del 68%.

Figura 22. Probabilidad a posteriori cuando la variable transconcu_dimins adopta valores en el estrato s1

Si seguimos estudiando la relación de estas variables respecto a la inferencia (Figura 23) cuando la calacust_dimma adopta valores en el estrato s4, es decir, está en uno de sus valores superiores no se puede concluir nada muy destacado de la variable

transconcu_dimins, dado que sus porcentajes de probabilidad para los diferentes estratos no son muy concluyentes.

Figura 23 Probabilidad a posteriori cuando la variable calacust_dimma adopta valores en el estrato s4

En el caso de que la variable de la que se conozca el valor sea transconcu_dimins (Figura 24) y su valor se sitúa en el estrato s4, la variable calacust_dimma adopta valores con mayor probabilidad en los estratos s3 y s4, si sumamos la probabilidad de ambos estratos representa un 72%, es decir, cuanto más transparente en un puerto respecto a sus modelo de concurrencia mayor es el número de focos de emisión de ruido que solventa, mayor propensión a mejorar la calidad acústica manifiesta, con un 72% de probabilidad.

Figura 24. Probabilidad a posteriori cuando la variable transconcu_dimins adopta valores en el estrato s4

Analizando otras variables ambientales (Figura 25) de forma similar la variable calagua_dimma, es decir, calcular la probabilidad a posteriori de residuos_dimma y comport_dimma (conjunto de variables de consulta), dado que se han observado algunos

valores para la variable de evidencia calagua_dimma. Si conocemos el valor de la calidad del agua las actuaciones sobre la calidad del agua, programas de recogida de residuos, programas de valorización será bajo, situándose en el estrato s1, y con un 54% de probabilidad las condiciones, o exigencias establecidas, sobre aspectos ambientales en los pliegos de prescripciones particulares de los servicios portuarios han adoptarán valores bajos (estrato s1).

Figura 25. Probabilidad a posteriori cuando la variable calagua_dimma adopta valores en el estrato s1

Si conocido el valor de calagua_dimma (Figura 26), es decir, se han observado algunos valores para la variable de evidencia la probabilidad a posteriori de residuos_dimma y comport_dimma (conjunto de variables de consulta) se conoce. Si conocemos el valor de la calidad del agua y las actuaciones sobre la calidad del agua han sido numerosas, con un 64% de probabilidad el número de iniciativas para existencia de puntos limpios, programas de recogida de residuos, programas de valorización será alto, situándose en el estrato s4, y con un 41% de probabilidad las condiciones, o exigencias establecidas, sobre aspectos ambientales en los pliegos de prescripciones particulares de los servicios portuarios han adoptarán valores bajos (estrato s4).

Figura 26. Probabilidad a posteriori cuando la variable calagua_dimma adopta valores en el estrato s4

De manera similar cuando se tienen evidencias de la variable ecoef_dimma medido en kwh consumidos por m2 de concesión (variable de evidencia) no se puede saber nada dado que la probabilidad a posteriori apenas varía para los estratos de las variables (variables consulta), permaneciendo la probabilidad entono al 25% para cada uno de los 4 estratos. Igual ocurre con las variables medioambientales calaire_dimma y gestamb_dimma, por lo que aunque el planificador conozca valores de estas variables evidencia no obtendrá probabilidades a posteriori concluyentes para variables consulta.

De otra manera, se puede obtener aplicando inferencia la máxima probabilidad de un estrato, es decir, para que la variable consulta ecoef_dimma tenga una probabilidad a posteriori del 50 % de tomar un valor del estrato s4 (mayor consumo de kwh por m2) las variables de evidencia calidservc_dimins, mercservidos_dimins y calagua_dimma (variables padre de ecoef_dimma) deben tener valores dentro de su estrato s4. Lo que significa que cuando las iniciativas de mejora de la calidad del servicio de un puerto son numerosas, los tráficos que mueve son elevados y el número de vertidos que tienen un impacto sobre la calidad del agua son altos, existe un 50% de probabilidad de que el consumo energético en kwh por m2 de puerto sea elevado.

En el caso de la variable calaire_dimma se puede obtener aplicando inferencia la máxima probabilidad de un estrato, es decir, para que la variable consulta tenga una probabilidad a posteriori del 57 % de tomar un valor del estrato s1 (menor número de medidas

implantadas por la Autoridad Portuaria para controlar las emisiones ligadas a la actividad del conjunto del puerto) las variables de evidencia *inicprivada_dimins* y *mercservidos_dimins* (variables padre de *calaire_dimma*) deben tener valores dentro de su estrato *s1*. Lo que significa que cuando la iniciativa privada es poca en un puerto y los tráficos que mueve no son elevados, existe un 60% de probabilidad de que el número de medidas para control de emisiones sea bajo, en el resto de los estratos *s2*, *s3* y *s4* se distribuye proporcionalmente el 40% restante.

4.2 Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping

4.2.1 Análisis general

De acuerdo a la metodología anteriormente propuesta, la red bayesiana obtenida es la de la Figura 8. Se observa que la variable *FDG* (forma de gobierno) no posee relación alguna con las variables que conforman la red y por lo tanto no es ni causa ni efecto de ninguna. Por otro lado, *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) y *MSFT INW* (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son los dos nodos raíz de la red, al ser las únicas que son padres y no hijos de otras variables. La primera se incluye dentro tipo comercio internacional y transporte y la segunda en tipo institucional y político.

Tanto la variable *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) como la *MSFT INW* (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son variables decisoras, pues cada una de ellas aparece en la red como una variable “nodo” de la que salen arcos, generándose en cada una de ellas conexiones divergentes. *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) es un nodo padre que proyecta todos sus arcos hacia 2 hijos: *RCO* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en operación) y *SSSVTEU* (TEU's en short sea shipping), siendo consecuencia de *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) (Figura 27a).

Figura 27a. Conexión divergente RCU

Figura 27b. Conexión divergente MSFT INW

Lo mismo sucede con *MSFT INW*, distribución modal de transporte de carga por aguas continentales, en la cual, las flechas divergen hacia sus 4 hijos, por lo que *IGS* (importaciones de estados miembros a terceros países), *GPICONS* (precios del gas natural de uso industrial), *MSFT RAIL* (distribución modal de transporte de carga por ferrocarril) y *SHAIMPT* (participación en las importaciones por miembro de la UE) son consecuencia de ella (Figura 27b).

Por otro lado, se observan relaciones convergentes en torno a la variable *SHAIMPT* (participación en las importaciones por miembro de la UE). Esta variable tiene dos padres: *STENTER* (estudiantes matriculados en educación terciaria) y *MSFT INW* (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales). En este tipo de conexiones las variables padre son independientes entre sí, sin embargo si se tiene la evidencia sobre la variable hijo, las variables padre se tornarán dependientes (Figura 28a).

Con respecto a las relaciones divergentes, la variable *SHAIMPT* es una variable decisoria dependientes (Figura 28a), pues aparece como variable “nodo” de la que salen 3 arcos que divergen hacia sus hijos: *SHAEXPO* (participación en las Exportaciones por miembro de la UE), *REPRO* (productividad de los recursos) y *GPICONS* (precios del gas natural de uso industrial), es decir estas 3 variables son un efecto indirecto de *STENTER* y *MSFT INW*.

Figura 28a. Variable SHAIMPT

Figura 28b. Variable SSSVTEU

En la Figura 28b, que *SSSVTEU* (TEU's en SSS) es decisora, tiene tres padres que convergen en ella, de la categoría institucional y política: *RCP* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en planes), *RCO* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en operación) y *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción). Adicionalmente *MTG* (transporte marítimo) es consecuencia de *SSSVTEU*. Por medio de la variable *MTG*, *RCU* se relaciona con el resto de variables como se observa en la Figura 3.

Otra variable decisoria es *SECA* (Áreas de control de emisión de azufre) la cual tiene un único padre, la variable *MTG* (transporte marítimo) (Figura 29); esta a su vez es hijo de *SSSVTEU* (TEU's en short sea shipping), es decir *SECA* depende *MTG* y esta a su vez depende de *SSSVTEU* (Figura 28b). Por otra parte, diverge en 3 variables: *MSFT ROAD* (distribución modal de transporte de carga por carretera), *SFRONT* (ubicación geográficas de las costas) y *EPG* (modelos de gestión portuaria en Europa), que depende de manera indirecta de *RCU* como se aprecia en la Figura 8.

Figura 29: Variable SECA

En la red se observa una serie de relaciones denominadas conexiones seriales. La variable *EXPSPBE* (gastos en protección social) depende de *MSFT ROAD* (distribución modal de transporte de carga por carretera) y de *PROCON* (producción en la construcción) y esta última depende de *ETXTRANS* (impuestos ambientales sobre transporte) y así sucesivamente. En término de causa-efecto, *ETXTRANS* es causa de *PROCON* y que *PROCON* es causa de *EXPSPBE*. Así, dada la dependencia entre ellas, cuando conocemos información sobre *ETXTRANS* podemos modificar nuestra certeza sobre el estado de *EXPSPBE*; y a la inversa (Figura 30).

Figura 30. Conexión serial EXPSPBE

Análogamente, *RISKPOV* (población en riesgo de pobreza o exclusión social) depende de *EXPSPBE* (gastos en protección social) y *POBL* (población) depende de *RISKPOV* y así sucesivamente hasta llegar al final de la serie. En la Figura 31, se observa otra conexión serial más corta, en donde *REPRO* (productividad de los recursos) depende de 2 padres: *SHAIMPT* (participación en las importaciones por miembro de la UE) y *EGS* (exportaciones de estados miembros a terceros países), y a *PROIND* (producción en la industria) como hijo, dependiendo de *REPRO* y finalmente *GHGTR* (emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte) de *PROIND*.

Figura 31. Condición serial REPRO

Definiendo el grado de importancia de cada una de las variables en función del número de arcos que conecta a cada indicador con los nodos más importantes (*RCU* y *MSFT INW*), se observa que las categorías de transporte y comercio internacional y economía y finanzas son los más importantes, puesto que sus indicadores son los más cercanos a los nodos raíz de la red, siendo los menos dependientes. Por ello, ambas categorías resultan significativas en la decisión de implementar el GNL como combustible. Sin embargo, medio ambiente y energía y población y condición social son las categorías más dependientes.

Por tanto, se observa que *RCU* (capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) y *MSFT INW* (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son importantes porque no dependen de ninguna otra variable.

Así, del análisis se extrajo que las variables de transporte y comercio internacional y economía y finanzas son las más relevantes en la toma de decisiones, mientras que las variables de las categorías de medioambiente y energía y población y condición social son las más dependientes y, por tanto, se ven afectadas en mayor proporción que el resto.

4.2.2 Análisis de la categoría Transporte y comercio internacional

De acuerdo a la metodología anteriormente propuesta, la red bayesiana obtenida es la de la Figura 32, destacando las variables de transporte y comercio internacional, en cuyo estudio se pretende incidir. Se observa que la variable FDG (forma de gobierno) no posee relación alguna con las variables que conforman la red y por lo tanto no es ni causa ni efecto de ninguna.

Figura 32. Red bayesiana construida para las variables de estudio con algoritmo, se destacan las variables de transporte y comercio internacional K2

Por otro lado, RCU (capacidad de las terminales de regasificación de GLN en construcción) y MSFT INW (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son los dos nodos raíz de la red, al ser las únicas que son padres y no hijos de otras variables, perteneciendo RCU al grupo de variables de comercio internacional y transporte y MSFT INW al grupo institucional y político, tal y como se muestra en la Tabla 4.

En redes bayesianas se dice que X es un padre de Y si y sólo si existe un arco $X \rightarrow Y$. Se dice también que Y es hijo de X. Al conjunto de los padres de X se representa como $pa(X)$, y al de los hijos de X por $S(X)$ (Figura 33), de manera que cada nodo es independiente de sus no-descendientes, dados sus padres.

Figura 33. Relaciones de padres-hijos, ascendentes, descendientes y de otro tipo

Si se realiza un estudio de padres e hijos, en la Tabla 7 se puede observar para las variables de transporte y comercio internacional los padres e hijos de cada una de ellas. Así, se aprecia las variables de transporte y comercio internacional se relacionan con variables de los cinco grupos, pero especialmente entre ellas y con variables de tipo institucional o político relacionadas con la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación, en construcción o en planes, que aparecen como padres de estas variables (causa de ellas).

Tabla 7. Variables de transporte y comercio internacional: estudio de padres e hijos

Variables	Variables padres			Variables hijos			
MTG	RCO	SSS VTEU		STENTER	ETXTRANS	SECA	
MSFT RAIL	MSFT INW	GPICONS		MSFT ROAD			
MSFT ROAD	MSFT RAIL	SECA		EXPSPBE			
MSFT INW				MSFT RAIL	SHAIMPT	GPICONS	IGS
SSS VTEU	RCP	RCO	RCU	MTG			

	Comercio internacional y Transporte		Institucional y Político
	Economía y Finanzas		Condición Social y Poblacional
	Medio Ambiente y Energía		

Si se analizan las relaciones de la variable SSSVTEU (TEUs en SSS), (Figura 34) y se realiza un análisis convergente, en las conexiones convergentes varias variables apuntan con sus arcos hacia una variable de convergencia esto es, convergen en un mismo nodo hijo, se podría describir como $X \rightarrow Y \leftarrow Z$, X y Z convergen en Y. La propiedad importante de este tipo de conexión a la hora de propagar la información es que cuando se tiene evidencia sobre la variable de convergencia, los nodos padre se vuelven dependientes y la evidencia del estado de uno de ellos se propaga por los demás, Conocer el valor del hijo común (Y) abre la comunicación entre los padres (X y Z), ya que conocer el valor de un padre cambia las probabilidades del otro. Se diría, en nuestro ejemplo, de la relación de convergencia que converge en SSSVTEU que RCO, RCU y RCP son dependientes dado SSSVTEU (TEUs en SSS), por lo que conocidos los TEUs en SSS las variables que establecen la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación, en construcción o en planes son dependientes entre sí, Este efecto se conoce con el nombre de explaining-away, que podríamos traducir como descartar/potenciar causas. De igual modo SSSVTEU y RCO son dependientes dado MTG, por lo que conocido el transporte marítimo, se aprecia que el número de TEU en SSS y la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación son variables dependientes. Estas relaciones son muy importantes para un planificador dado que si conoce las previsiones de crecimiento de transporte marítimo, está información le aportará conocimiento sobre otras variables.

Figura 34. Relaciones entorno a la variable SSSVTEU

Si se analizan las relaciones seriales $A \rightarrow B \rightarrow C$, las conexiones en serie representan a un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables, en este caso, B depende de A y C de B. En términos causales diríamos que A es causa de B y que B es causa de C, así, en la red construida $RCO \rightarrow RCP \rightarrow SSSVTEU$, de manera que RCO es causa de RCP y RCP es causa de SSSVTEU. En este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cola-concabeza en B. Al conocer el valor de B, se cierra la comunicación entre el padre de B y el hijo de B. Así se puede decir que la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación es causa de la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en planificación y los TEUs en SSS. Por tanto, conocer a priori la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación cambia la opinión que se tiene acerca de la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en planificación, lo cual, a la vez, afecta a los TEUs en SSS. Sin embargo una vez conocida la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en planificación, conocer la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación ya no afecta para saber del número de TEUs en SSS. Los sistemas que presentan este comportamiento se dice que tienen la propiedad de Markov, que dice que, dado el presente, el futuro es independiente del pasado.

El mismo tipo de relación en serie se produce entre $MTG \rightarrow SSVTEU \rightarrow RCO$, así MTG depende de SSVTEU y de RCO, así como STENTER, ETXTRANS y SECA depende de MTG así RCO. Por lo que el número de estudiantes matriculados en educación terciaria dependen del número de TEUs en SSS y de la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación a través del volumen de Transporte Marítimo, es decir, que los países más evolucionados en términos de tráfico marítimo con capacidad de transporte de SSS elevada y con terminales de regasificación de GLN poseen mayor número de alumnos matriculados

en ciclos superiores, así como mayores Áreas de control de emisión de azufre y mayores impuestos ambientales sobre transporte.

En la Figura 35 puede apreciarse la relación divergente, que puede notarse como $M \leftarrow N \rightarrow O$. Para este tipo de estructura se dice que los enlaces convergen cola-con-cola en el nodo N. De este modo, conocer el valor del padre común (N) cierra la comunicación entre los hijos (M y O), es decir, una vez que se conoce el valor de N, conocer el valor que toma un hijo ya no aporta información sobre el valor que puede tomar el otro. En las conexiones divergentes tenemos un nodo padre que proyecta sus arcos hacia varios hijos; o lo que es lo mismo, las flechas que salen de él y divergen hacia sus hijos. Este tipo de conexión es el más apropiado para representar problemas de diagnóstico. Sin embargo, cuando el estado de la variable madre se conoce las variables hijo se tornan independientes y la información no se propaga si añadimos evidencias sobre los nodos hijo. Así en las relaciones $SFRONT \leftarrow SECA \rightarrow EPG$ o $SFRONT \leftarrow SECA \rightarrow MSFTROAD$, conocida la variable SECA (Áreas de control de emisión de azufre) que es el padre común la comunicación entre su hijos se cierra, entre ubicación geográfica de las costas, modelos de gestión portuaria en Europa y distribución modal de transporte de carga por carretera. Si no se conoce el valor de las áreas de control de emisiones, las variables “ubicación geográfica de las costas”, “modelos de gestión portuaria en Europa” y “distribución modal de transporte de carga por carretera” son dependientes. Sin embargo, si se conocen las áreas de control de emisión de azufre, las tres variables anteriores son independientes.

Figura 35. Relaciones entorno a la variable MTG

Se aprecia una relación entre las variables de transporte y comercio internacional de distribución modal de transporte de carga tanto por carretera, como por ferrocarril como por aguas intercontinentales (Figura 36), entre ellas se produce una relación en serie

$A \rightarrow B \rightarrow C$, de manera que $MSFT\ INW \rightarrow MSFT\ RAIL \rightarrow MSFT\ ROAD$, representan a un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables, en este caso, $MSFT\ RAIL$ depende de $MSFT\ INW$ y $MSFT\ ROAD$ de $MSFT\ RAIL$. En términos causales diríamos que $MSFT\ INW$ es causa de $MSFT\ RAIL$ y que $MSFT\ RAIL$ es causa de $MSFT\ ROAD$. A su vez sucedería lo mismo con la relación $SECA \rightarrow MSFT\ ROAD \rightarrow EXPSPBE$, por lo que los gatos en protección social, entre otras variables, dependen de forma directa de la distribución modal de transporte de carga tanto por carretera y de las áreas de control de emisión de azufre a través de la distribución modal de transporte de carga tanto por carretera.

Figura 36. Relaciones entorno a $MSFT\ ROAD$, $MSFT\ RAIL$ y $MSFT\ INW$

De la relación convergente en $MSFT\ ROAD$ se puede decir que $SECA$ y $MSFT\ RAIL$ son independientes a priori pero dependientes dado $MSFT\ ROAD$.

De la relación divergente en $MSFT\ INW$ se puede decir que $MSFT\ RAIL$ y $GPICONS$ son dependientes a priori, es decir que la distribución modal de transporte de carga por ferrocarril y los precios del gas natural de uso industrial son variables dependientes, pero independientes dado distribución modal de transporte de carga por aguas intercontinentales. De igual modo, la relación divergente en $MSFT\ INW$ respecto a $SHAIMPT$ y $GPICONS$, hace que estas dos variables sean dependientes a priori, pero independientes dado distribución modal de transporte de carga por aguas intercontinentales.

De la relación en serie $SHAIMPT \rightarrow GPICONS \rightarrow MSFT\ RAIL$, se aprecia un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables de manera que la distribución modal de transporte de carga por ferrocarril depende de la participación en

las importaciones por miembro de la UE y que la participación en las importaciones por miembro de la UE depende de los precios del gas natural de uso industrial.

4.2.3 Análisis de la categoría Economía y finanzas

A partir de los datos representados en la Figura 8 es posible inferir que la variable FDG (Forma de gobierno) no posee relación alguna con las variables que conforman la red y por lo tanto no es ni causa ni efecto de ninguna de ellas. Así mismo es posible identificar que RCU (Capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) y MSFT INW (Distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son los dos nodos raíz de la red, al ser las únicas que son padres y no hijos de otras variables; la primera es del tipo comercio internacional y transporte y la segunda del tipo institucional y político.

Tanto la variable RCU como la MSFT INW son variables decisoras, cada una de ellas aparecen en la red como una variable “nodo” de la que salen arcos, por lo que se genera en cada una de ellas conexiones divergentes. En el caso de la primera se tiene un nodo padre que proyecta todos sus arcos hacia 2 hijos. Esto quiere decir que RCO (Capacidad de las terminales de regasificación de GNL en operación) y SSSVTEU (TEU’s en Short Sea Shipping) son consecuencia de RCU (Capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción) como se aprecia en la Figura 8.

Lo mismo sucede con la variable MSFT INW en la cual, las flechas o arcos salen de él y divergen hacia sus 4 hijos, por lo que IGS (Importaciones de estados miembros a terceros países), GPICONS (Precios del gas natural de uso industrial), MSFT RAIL (Distribución modal de transporte de carga por ferrocarril) y SHAIMPT (Participación en las importaciones por miembro de la UE) son consecuencia de MSFT INV.

Se van a estudiar las relaciones que se producen entre las variables económicas como se destacan en la Figura 37.

Figura 37. Representación gráfica de la red obtenida. Indicación de las variables económicas utilizadas en el estudio

Al analizar la siguiente relación entre variables se observa no solamente relaciones divergentes sino también convergentes en torno a la variable SHAIMPT (Participación en las importaciones por miembro de la UE). Esta variable tiene dos padres, es decir, las variables STENDER (Estudiantes matriculados en educación terciaria) y MSFT INW (Distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) convergen en SHAIMPT, en otras palabras son dos causas alternativas de SHAIMPT. En este tipo de conexiones las variables padre son independientes entre sí, sin embargo si se tiene la evidencia sobre la variable hijo, las variables padre se tornaran dependientes (Figura 38).

Figura 38. Relaciones establecidas con la variable SHAIMPT (Participación en las importaciones por miembro de la UE)

Con respecto a las relaciones divergentes, la variable SHAIMPT es una variable decisoria, pues aparece en la red como una variable “nodo” de la que salen 3 arcos que divergen hacia sus hijos: SHAEXPO (Participación en las Exportaciones por miembro de la UE), REPRO (Productividad de los recursos) y GPICONS (Precios del gas natural de uso industrial), es decir estas 3 variables son un efecto indirecto de STENDER y MSFT INW.

Así la variable económica SHAIMPT (Participación en las importaciones por miembro de la UE) depende de MSFT INW (Distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) y del nivel educativo del país a través de la variable de STENDER (Estudiantes matriculados en educación terciaria). Si se estudia desde un punto de vista de redes causales se diría que SHAIMPT es consecuencia de MSFT INW y de STENDER. Por otro lado SHAEXPO (Participación en las Exportaciones por miembro de la UE), REPRO (Productividad de los recursos) y GPICONS (Precios del gas natural de uso industrial) son consecuencia de SHAIMPT así como de MSFT INW y de STENDER a través de SHAIMPT.

De la misma forma RISKPOV (Población en riesgo de pobreza o exclusión social) depende de EXPSPBE (Gastos en protección social) y POBL (Población) depende de RISKPOV y así sucesivamente hasta llegar al final de la serie. Por otro lado, en la Figura 39, se observa otra conexión serial más corta, en donde la variable REPRO (Productividad de los recursos) tiene 2 padres de los cuales depende: SHAIMPT (Participación en las importaciones por miembro de la UE) y EGS (Exportaciones de estados miembros a terceros países), y tiene un hijo

PROIND (Producción en la industria) quien depende de REPRO y finalmente GHGTR (Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte) quien depende de PROIND.

Figura 39. Relaciones establecidas con la variable EGS (Exportaciones de estados miembros a terceros países)

Por otra parte, en la red se observa una serie de relaciones entre variables que se denominan conexiones seriales. En la Figura 40, se aprecia que la variable EXPSPBE (Gastos en protección social) depende de MSFT ROAD (Distribución modal de transporte de carga por carretera) y de PROCON (Producción en la construcción) y esta última depende de ETXTRANS (Impuestos ambientales sobre transporte) y así sucesivamente. En término de causa efecto se diría que ETXTRANS es causa de PROCON y que PROCON es causa de EXPSPBE. En este caso, dada la dependencia entre las variables, cuando conocemos información sobre ETXTRANS podemos modificar nuestra certeza sobre el estado de EXPSPBE; y a la inversa, cuando sabemos algo sobre el estado de EXPSPBE la creencia sobre el estado de ETXTRANS se altera.

Figura 40. Relaciones establecidas con la variable EXPSPBE (Gastos en protección social)

Por tanto, se aprecia que el nivel educativo de la población es un factor determinante, tanto en la participación de las exportaciones como en las importaciones por miembro de la UE, como en la distribución modal del transporte. Respecto a las importaciones y exportaciones de estados miembros a terceros países, se observa que dependen de los precios del gas natural de uso industrial. Se aprecia igualmente que en cualquiera de sus variables, son las importaciones las que tienen efecto sobre las exportaciones a través de otras variables.

Al analizar la variable económica producción en la industria se obtiene que depende de las importaciones y exportaciones de estados miembros a terceros países a través de la productividad de los recursos, medidos en euros por kilogramo.

Según parece, la producción en la construcción tiene dependencia de los impuestos ambientales sobre transporte, así como la deuda. Asimismo, el excedente público depende de los impuestos ambientales sobre transporte a través de la producción en la construcción. Por tanto, parece que la construcción afecta a la deuda del país y que los impuestos sobre el transporte inciden igualmente sobre ella.

Finalmente, señalar que la variable producto interno bruto está muy al final en la jerarquía de la red, lo que indica que depende de muchas de las variables de las cinco categorías estudiadas. Por ello, en última instancia incide de forma directa sobre tasa de desempleo, la esperanza de vida y los residuos tecnológicos.

4.2.4 Análisis de la categoría población y condición social

De acuerdo a la metodología anteriormente propuesta, la red bayesiana obtenida es la de la Figura 8. Se observa que la variable FDG (forma de gobierno) no posee relación alguna con las variables que conforman la red y por lo tanto no es ni causa ni efecto de ninguna. Por otro lado, RCU (capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en construcción) y MSFT INW (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son los dos nodos raíz de la red, al ser las únicas que son padres y no hijos de otras variables. La primera se incluye dentro tipo comercio internacional y transporte y la segunda en tipo institucional y político.

Se pretende incidir en el estudio en las variables de condición social y poblacional y para ello de destacan en la Figura 41.

Figura 41. Red construida con algoritmo K2: variables de condición social y poblacional destacadas

En redes bayesianas se dice que X es un padre de Y si y sólo si existe un arco $X \rightarrow Y$. Se dice también que Y es hijo de X. Al conjunto de los padres de X se representa como $pa(X)$, y al de los hijos de X por $S(X)$. Si se realiza un estudio de padres e hijos, en la Tabla 8 se puede observar para las variables de condición social y poblacional los padres e hijos de cada una de ellas. Así, se aprecia que las variables de condición social y poblacional se relacionan mucho entre sí, además son hijas de variables de transporte y comercio internacional como son el transporte marítimo y la distribución modal de transporte de carga por carretera y de

variables de economía y finanzas como participación en las importaciones por miembro de la UE, producto interno bruto y producción en la construcción.

Tabla 8. Variables de condición social y poblacional: estudio de padres e hijos

Variables sociales y poblacionales	Descripción	Variables Padres		Variables Hijos
RDEXPN	Gastos totales en investigación y desarrollo	POBL		GHGAGR
POBL	Población	RISKPOV		RDEXPN
LIFEEXP	Esperanza de vida	GDP		
RISKPOV	Población en riesgo de pobreza o exclusión social	EXPSPBE		POBL
UNER	Tasa de desempleo	GDP		
STENTER	Estudiantes matriculados en educación terciaria	MTG		SHAIMPT
EXPSPBE	Gastos en protección social	MSFT ROAD	PROCON	RISKPOV

Leyenda color

de las	Población y condición social
categorías:	Economía y finanzas
	Medioambiente y energía
	Transporte y comercio internacional

Si se analizan las relaciones de la variable STENTER (Estudiantes matriculados en educación terciaria), variable que permanece en un grupo aislado, respecto al resto de variables de condición social y poblacional (Figura 42) se aprecia que su padre es la variable transporte marítimo y su hijos es participación en las importaciones por miembro de la UE. Si se analizan las relaciones seriales $A \rightarrow B \rightarrow C$, las conexiones en serie representan a un conjunto de variables asociadas linealmente que denota dependencia entre las variables, en este caso, B depende de A y C de B. En términos causales diríamos que A es causa de B y que B es causa de C, así, en la red construida MTG depende de SSVTEU y de RCO, así como STENTER, ETXTRANS y SECA depende de MTG así RCO. Por lo que el número de estudiantes matriculados en educación terciaria dependen del número de TEUs en Short Sea Shipping y de la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en operación a través del volumen de Transporte Marítimo, es decir, que los países más evolucionados en términos de tráfico marítimo con capacidad de transporte de Short Sea Shipping elevada y con terminales de regasificación de gas natural licuado poseen mayor número de alumnos matriculados en ciclos superiores, así como mayores Áreas de control de emisión de azufre y mayores Impuestos ambientales sobre transporte.

Figura 42. Relaciones entorno a la variable STENTER

De igual manera que en la descripción anterior, de la relación en serie $MTG \rightarrow STENTER \rightarrow SHAIMPT$ se puede decir que STENTER es causa de SHAIMPT, así como MTG es causa de SHAIMPT a través de STENTER, es decir que el volumen de transporte marítimo de cada país es causa de la participación en las importaciones por miembro de la UE a través del número de estudiantes matriculados en educación terciaria.

Las relaciones en serie $STENTER \rightarrow SHAIMPT \rightarrow SHAEXPO$, $STENTER \rightarrow SHAIMPT \rightarrow REPRO$ y $STENTER \rightarrow SHAIMPT \rightarrow GPICONS$ indican que número de estudiantes matriculados en educación terciaria es causa de la participación en las importaciones por miembro de la UE y que la participación en las importaciones por miembro de la UE es causa de la Participación en las Exportaciones por miembro de la UE, de la productividad de los recursos y de los precios del gas natural de uso industrial. Llama la atención que una variable como el número de estudiantes matriculados en educación terciaria afecte a variables de medioambiente y energía y de economía y finanzas.

Si se realiza un análisis convergente, las conexiones convergentes varias variables apuntan con sus arcos hacia una variable de convergencia esto es, convergen en un mismo nodo hijo, se podría describir como $X \rightarrow Y \leftarrow Z$, X y Z convergen en Y. La propiedad importante de este tipo de conexión a la hora de propagar la información es que cuando se tiene evidencia sobre la variable de convergencia, los nodos padre se vuelven dependientes y la evidencia del estado de uno de ellos se propaga por los demás. Se diría, en nuestro ejemplo, SSSVTEU y RCO son dependientes dado MTG.

Quedaría un último análisis para estas relaciones resultantes, las conexiones divergentes, que puede notarse como $M \leftarrow N \rightarrow O$. En las conexiones divergentes tenemos un nodo padre que proyecta sus arcos hacia varios hijos; o lo que es lo mismo, las flechas que salen de él y divergen hacia sus hijos. Este tipo de conexión es el más apropiado para representar

problemas de diagnóstico. Sin embargo, cuando el estado de la variable madre se conoce las variables hijo se tornan independientes y la información no se propaga si añadimos evidencias sobre los nodos hijo. En la red resultante SHAEXPO, RERO Y GPICONS son independientes dado SHAIMPT

El resto de variables de condición social y poblacional tienen una relación más directa entre ellas como se aprecia en la Figura 43. La mayoría de las conexiones que se producen son en serie, como se ha visto antes se producen seriales $A \rightarrow B \rightarrow C$, de tal manera que desde la variable ETXTRANS a las variables UNER, LIFEEXP y WELEC se van sucediendo relaciones seriales de tal manera que, B depende de A y C de B; en términos causales diríamos que A es causa de B y que B es causa de C, por lo que las relaciones entre las variables de condición social y poblacional: EXPSPBE, RISKPOV, POBL, RDEXPN, UNER, LIFEEXP se producen relaciones de causa efecto, de tal manera que los gastos en protección social son causa de Población en riesgo de pobreza o exclusión social en primera instancia, y de forma derivada de los gastos totales en investigación y desarrollo, la población y en mucha menor medida de la tasa de desempleo y la esperanza de vida. Otras relaciones seriales a destacar son $SECA \rightarrow MSFT ROAD \rightarrow EXPSPBE$ o $MSFT RAIL \rightarrow MSFT ROAD \rightarrow EXPSPBE$. De tal forma que los gastos en protección social son consecuencia directa de la distribución modal de transporte de carga por carretera y de forma indirecta a través de la distribución modal de transporte de carga por carretera, de las variables de distribución modal de transporte de carga por ferrocarril y de las áreas de control de emisión de azufre, por lo que los gastos en protección social son mayores en países con mayor reparto modal en la carretera y en aquello donde las políticas medioambientales son más restrictivas a través del control de emisiones.

Figura 43. Relación entre el resto de variables de condición social y poblacional

Otra relación serial establece que $EXTRANS \rightarrow PROCON \rightarrow EXPSBE$ de manera que los gastos en protección social son causa, entre otras variables de la producción en la construcción y de manera indirecta a través de Producción en la construcción de la variable impuestos ambientales sobre transporte.

Otras relaciones en serie a destacar son las que están entorno a $GHGAGR$, $GENWAS$ y GDP que no son variables de condición social y poblacional pero que se encuentra directamente relacionadas con este tipo de variables. Así las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura son consecuencia directa de los gastos totales en investigación y desarrollo y a través de gastos totales en investigación y desarrollo son consecuencia de la población del país. De igual manera la generación total de residuos son consecuencia de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura y de forma indirecta a través de emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura de la variable de los gastos totales en investigación y desarrollo. Por lo tanto variables de medioambiente y energía relacionadas con los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero son muy sensibles a variables sociales y de población relacionadas con gastos en investigación y desarrollo.

Estudio aparte vamos a realizar sobre la variable GPD , si se estudia la relación divergente que genera. Tenemos un nodo padre GPD que proyecta sus arcos hacia varios hijos $UNER$, $LIFEEX$, $WELEC$; o lo que es lo mismo, las flechas que salen de él y divergen hacia sus hijos. Este tipo de conexión es el más apropiado para representar problemas de diagnóstico. Sin embargo, cuando el estado de la variable madre se conoce las variables hijo se tornan independientes y la información no se propaga si añadimos evidencias sobre los nodos hijo. En la red resultante $UNER$, $LIFEEX$, $WELEC$ son independientes dado GPD , es decir conocido el producto interno bruto de un país, las variables tasa de desempleo, esperanza de vida y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares son independientes entre sí, pero no hay que olvidar que dichas variables (tasa de desempleo, esperanza de vida y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares) efecto directo del el producto interno bruto, a mayor el producto interno bruto, menor tasa de desempleo, mayor esperanza de vida y mayor número de y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares.

Así, también hay que destacar que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares son consecuencia indirecta de la generación total de residuos a través del producto interno bruto de un país.

5

CONCLUSIONES GENERALES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Conclusiones

Como conclusión general, con la realización de la tesis doctoral se ha conseguido aplicar técnicas de redes bayesianas para el análisis automático o semi-automático de grandes cantidades de datos para extraer patrones interesantes hasta ahora desconocidos y dependencias en el ámbito de la sostenibilidad marítimo portuaria. Esto ha posibilitado desarrollar una herramienta de ayuda al planificador de manera que a través de las redes obtenidas para cada uno de los escenarios el planificador conoce las relaciones entre las variables mediante un proceso de actualización de las medidas de credibilidad al conocerse nuevas evidencia, es útil para la solución de problemas en la toma de decisiones.

La utilidad de estos métodos consiste básicamente en el uso de situaciones en las que existe información limitada acerca de un gran número de variables o cuando la información proviene de diferentes fuentes.

De forma particular, para cada uno de los escenarios analizados, las conclusiones obtenidas son las que se exponen a continuación.

5.1.1 Escenario 1: sostenibilidad en el Sistema Portuario español

A partir de la investigación realizada, de la red obtenida mediante al empleo del algoritmo K2, la principal conclusión extraída es que la categoría más decisiva es la categoría institucional, pilar sobre el que se alzan conjuntamente las categorías económica y social a la par, que a su vez sustentan la categoría ambiental (Figura 44).

Figura 44. Estructura piramidal de las categorías obtenidas en la Red Bayesiana

Considerando la relación entre las variables obtenida, se observa que los sistemas de gestión de apoyo a la toma de decisiones: sistemas de gestión de la calidad, cuadros de mando integral, campañas de caracterización de mercados, etc., representados por `herramgestion_dimins` se representa como una variable padre de la red (solo salen flechas de ese nodo). Lo mismo ocurre con `transconcu_dimins` que representa a las iniciativas dirigidas a garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto y los mecanismos administrativos que regulan dicho proceso, que es un padre de la red. La variable `transcocu_dimins` es una variable decisora, aparece en la red como una variable “nodo” de la que salen arcos, por lo que se genera una conexión divergente, se tiene un nodo padre que proyecta todos sus arcos hacia varios hijos. O lo que es lo mismo las flechas salen de él y divergen hacia sus hijos.

Otra variable fundamental en la estructura de la red es `mercservidos_dimins`, de ella salen 10 flechas a 10 nodos diferentes, son los efectos de la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías, estos efectos son tanto sociales, económicos, institucionales y medioambientales; es decir los mercados servidos tienen efectos sobre el tipo, marco de prestación y regulación de los servicios del puerto, sobre el número de empresas que operan en el puerto, dentro de la categoría institucional; en la categoría económica sobre el EBIDTA, EBIDTA/tonelada, inversión pública en relación con el cash-flow y : ingresos por tasas de ocupación y actividad entre otros; sobre la categoría social ejerce un efecto sobre sus dos variables que representan el empleo en la comunidad portuaria, seguridad laboral y formación en servicios y concesiones portuarios, empleo,

comunicación interna y participación, formación, estructura de plantilla y equidad, seguridad y salud en el trabajo, entre otros. Para la categoría medioambiental los mercados servidos son la causa de los grados de implantación de los sistemas de gestión ambiental (EMAS, ISO 14001 y PERLS) y recursos económicos invertidos gastos, así como inversiones en su caso, asociados a la implantación, certificación y mantenimiento de un sistema de gestión ambiental y de la eficiencia en el uso del suelo, consumo de agua y energía eléctrica por la Autoridad Portuaria. Por lo tanto los mercados servidos suponen una variable muy importante dentro de la planificación desde una perspectiva sostenible.

Las variables de la categoría **dimensión institucional** se encuentran muy relacionadas entre sí. Una variable fundamental en la estructura de la red es mercservidos_dimins, de ella salen 10 fechas a 10 nodos diferentes, son los efectos de la estructura y evolución de los principales tráficos de mercancías, estos efectos son tanto sociales, económicos, institucionales y medioambientales; es decir los mercados servidos tienen efectos sobre el tipos, marco de prestación y regulación de los servicios del puerto, sobre el número de empresas que operan en el puerto, dentro de la categoría institucional; en la categoría económica sobre el EBIDTA, EBIDTA/tonelada, inversión pública en relación con el cash-flow e ingresos por tasas de ocupación y actividad entre otros; sobre la categoría social ejerce un efecto sobre sus dos variables que representan el empleo en la comunidad portuaria, seguridad laboral y formación en servicios y concesiones portuarios, empleo, comunicación interna y participación, formación, estructura de plantilla y equidad, seguridad y salud en el trabajo, entre otros. Para la categoría medioambiental los mercados servidos son la causa de los grados de implantación de los sistemas de gestión ambiental (EMAS, ISO 14001 y PERLS) y recursos económicos invertidos gastos, así como inversiones en su caso, asociados a la implantación, certificación y mantenimiento de un sistema de gestión ambiental y de la eficiencia en el uso del suelo, consumo de agua y energía eléctrica por la Autoridad Portuaria. Por lo tanto los mercados servidos suponen una variable muy importante dentro de la planificación desde una perspectiva sostenible.

En la **dimensión económica** se proporciona información que permite evaluar la rentabilidad y viabilidad económica, pero de estas variables deben conocerse sus relaciones con el resto. Las variables económicas fundamentales en términos de causa-efecto, son efecto de las variables de los mercados servidos que es de dimensión institucional. El valor generado y la productividad dependiente de negocio y servicios (ingresos por tasas de ocupación y actividad, uso comercial de la superficie, uso de los muelles, etc.).

Las variables de la dimensión institucional fundamentales en términos de causa-efecto, son efecto de las variables de los mercados servidos que es de dimensión institucional. El valor generado y la productividad dependiente de negocio y servicios (ingresos por tasas de ocupación y actividad, uso comercial de la superficie, uso de los muelles, etc.).

Las variables de **dimensión social** son efecto de variables de dimensión institucional pero no tienen una relación directa entre variables de la misma dimensión, la social.

A nivel de inversiones, se consolida el descenso de inversión pública durante los últimos años como resultado de la aplicación de políticas de racionalización. Este comportamiento

refleja la transición de un modelo expansivo en generación de infraestructuras a un modelo basado en la optimización del rendimiento mediante inversiones dirigidas a lograr una mejora en la funcionalidad e intermodalidad de las infraestructuras ya existentes. Al conocer la relación de la variable *inv_dimcon*, conocidas sus relaciones dentro de la red, se podrá conocer su efecto sobre otras variables, como puede ser la calidad del agua.

La productividad por empleado ha sufrido un ligero descenso debido principalmente a la disminución del INCN y del EBITDA generado en la mayoría de las Autoridades Portuarias, en los últimos años, por lo que la variable *vgenprod_dimeco* afectará al gasto en gestión ambiental, a su vez este efecto sobre *vgenprod_dimeco* se encuentra afectado por el volumen de tráfico del puerto y por la distribución de las toneladas movidas por unidad de superficie comercial en el Sistema portuario.

Las variables de **categoría ambiental** se encuentran muy relacionadas entre ellas en la red bayesiana y son efectos de variables de categoría institucional principalmente. Por ello, aunque las Autoridades Portuarias no tienen competencias ambientales, desempeñan un papel clave en la adecuada gestión ambiental del puerto (ya que actúan como gestores de infraestructura, reguladores, coordinadores de los servicios prestados y, en especial como líderes de la comunidad). La actividad del puerto genera impactos tanto en el medio acuático como en el terrestre y aéreo, y este capítulo evalúa los impactos y las medidas implantadas para reducirlos, dándose información también sobre los sistemas de recepción y gestión de quejas ambientales disponibles en los puertos.

Las variables de las dimensiones económica, social y ambiental son efecto de variables de dimensión institucional. En consecuencia, un aspecto clave es que las Autoridades Portuarias vayan incorporando a los instrumentos de que disponen para la regulación de los servicios portuarios y la gestión del dominio público, los elementos exigibles en materia de sostenibilidad que la ley de Puertos contempla.

Por lo tanto, se ha visto que las redes bayesianas permiten modelar la incertidumbre de forma probabilística incluso cuando el número de variables es elevado. A partir de la red construida, el paso siguiente para continuar con la investigación la inferencia, es decir conocer la distribución de unas variables cuando se observan otras, teniendo en cuenta que los métodos de razonamiento aproximado, entre los que se encuentran los métodos bayesianos, aportan modelos teóricos que simulan la capacidad de razonamiento en condiciones de incertidumbre, cuando no se conoce con absoluta certeza la verdad o falsedad de un enunciado o hipótesis, e imprecisión, enunciados en los que se admite un rango de variación.

Por otro lado, a partir de los diagramas de influencia, de la red se observa que las variables institucionales están interconectadas entre sí. En el caso de las variables económicas, se desprende que estas variables son importantes como causa-efecto pues son efectos de la variable “mercados servidos” que pertenece a la dimensión institucional. Así, se observa que el valor generado y la productividad dependen del tipo de negocio y de servicio (ocupación y actividad de los ingresos por comisiones, uso comercial de la superficie, uso de muelles, etc.).

Por otro lado, las variables sociales son efectos de variables institucionales pero, sin embargo, no tienen una relación directa con su misma dimensión. En cuanto las variables ambientales, se ha obtenido que están estrechamente interconectadas en la red Bayesiana obtenida, siendo también, principalmente, efectos de categoría institucional.

Por lo tanto, se puede concluir que las variables económicas, sociales y ambientales son efectos de las institucionales.

En vista de lo anterior, como conclusión, se puede afirmar que la cuestión clave para una gestión portuaria sostenible es que las Autoridades Portuarias empiecen a incorporar elementos sostenibles –tal y como se incluye en la Ley Portuaria- en sus herramientas de gestión, utilizadas tanto para regular los servicios portuarios como para la determinación de la gestión de la posesión pública.

La combinación de un adecuado sistema de inferencia con el conocimiento adquirido durante la elaboración de un modelo bayesiano por parte de los expertos, constituye una gran fortaleza para cualquier análisis, puesto que existen factores externos al sistema que proporcionan información adicional para la evaluación del requerimiento.

La importancia y uso creciente de los nuevos modelos, como la inteligencia artificial, en este caso a través de redes bayesianas y su capacidad de inferencia, representa la inmersión en un nuevo mundo en el cual la incertidumbre no constituye un impedimento para un eficaz tratamiento en la toma de decisiones y evaluación de procesos, en concreto para las componentes ambientales permite a partir de variables de consulta como puede ser conocido el tráfico movido por el puerto determinar la probabilidad a posteriori de variables ambientales como variables de evidencia; es decir, estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas. Estos modelos pueden tener diversas aplicaciones, para clasificación, predicción, diagnóstico, etc. Además, pueden dar información interesante en cuanto a cómo se relacionan las variables del dominio, las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa–efecto. Una vez obtenida la red Bayesiana, se puede utilizar las herramientas de inferencia para razonar sobre el dominio. Debe recordarse que las herramientas no dan un único valor, sino una probabilidad por cada uno de los estados. De esta forma es posible conocer la probabilidad del valor a adoptar por la calidad acústica si el planificador tiene información sobre los procesos de concurrencia a las actividades del puerto. Así como si el planificador o gestor tienen información sobre la calidad del agua, conocen la probabilidad el valor de los residuos y los aspectos ambientales incluidos en los pliegos.

Las redes Bayesianas pueden hacer inferencia en ambos sentidos, es decir, las variables de entrada pueden ser usadas para predecir las variables de salida y viceversa. Fijando las variables de salida con los valores deseados, es posible predecir qué valores de las variables de entrada permiten dicha salida, tal y como se ha mostrado en los resultados, si se conoce algo sobre la calidad acústica se sabrá algo sobre los procesos de concurrencia y a la inversa igual. El teorema de Bayes resulta simple si solo hay que tomar la variable principal de la que se quiere conocer la probabilidad teniendo en cuenta los parámetros de la fórmula.

Las aplicaciones de dicho teorema son innumerables, ya que con su uso se pueden hacer demasiadas inferencias probabilísticas haciendo así sencillo el proceso.

No se puede afirmar que exista un modelo general de red bayesiana que pueda ser utilizada por el sector portuario, respecto a la sostenibilidad y en particular el medio ambiente, todo depende de la selección del instrumento informático adecuado según el objetivo, así se consigue modelo eficiente y una técnica cuyo uso será cada vez más perfeccionada. No es necesario que los gestores entiendan los algoritmos de propagación para utilizar redes Bayesianas, sin embargo es importante entender los principios básicos para seleccionar los algoritmos más adecuados y las herramientas que los implementan.

En un sistema con un gran número de variables, puede ser difícil asegurar su consistencia. La inferencia Bayesiana es útil sólo si se puede confiar en los parámetros. Una mala estimación de los parámetros distorsionaría toda la red e invalida los resultados, en este caso el número de variables no es elevado por lo que no presenta ningún problema de probabilidades inconsistentes.

En el caso de la presente investigación, al realizar inferencia de la categoría institucional se observa que las variables de tipo institucional se relacionan mucho entre ellas y conociendo una o varias de estas variables es posible determinar la probabilidad a posteriori de las otras, esta relación también se produce entre las variables de tipo institucional y económico, siendo las de tipo económico las que varían en función de las institucionales.

Respecto a la categoría medioambiental las variables se encuentran relacionadas entre ellas y con variables institucionales a nivel superior, es de destacar la relación entre el número de actuaciones, y características de dichas actuaciones, acometidas durante el año en curso sobre focos de ruido identificados a raíz de quejas y no conformidades registradas por la Autoridad Portuaria (*calacust_dimma*) que presenta estratos menores con altas probabilidades cuando el número de mecanismos de información dispuestos por la Autoridad Portuaria que permiten garantizar que todo operador que desee prestar servicios en el puerto u optar a una concesión pueda conocer de modo transparente las condiciones para operar en el puerto y los mecanismos administrativos que regulan dicho proceso como, por ejemplo, disponibilidad a través de Internet de pliegos reguladores de servicios, jornadas informativas sectoriales, etc. (*número*) (*transconcu_dimins*) el mayor. Así mismo cuando el valor de la calidad del agua es mayor la probabilidad de que el número de Iniciativas promovidas por la Autoridad Portuaria para mejorar la gestión de residuos de la comunidad portuaria, la existencia de puntos limpios, programas de recogida de residuos, programas de valorización, etc. aumenta así como aumenta la probabilidad de que el tipo de condiciones, o exigencias establecidas, sobre aspectos ambientales en los pliegos de prescripciones particulares de los servicios portuarios, en condiciones de otorgamiento y en títulos de concesión o autorización sea mayor.

Los resultados de la red están muy condicionados por la discretización elegida, en este caso p25, p50 y p70. Lo que se aprecia de la probabilidad a posteriori de las variables es que los porcentajes de probabilidades varían muy poco cuando se selecciona un estrato por lo que podría plantearse realizar el estudio con una discretización mediante criterio experto de

manera que observadas unas variables se puede conocer con mayor detalle, mediante porcentajes más altos, las probabilidades de otras variables.

5.1.2 Escenario 2: gas natural licuado y Short Sea Shipping

Del estudio de las relaciones entre variables asociadas al transporte marítimo de corta distancia en Europa y el uso de gas natural licuado como combustible se desprende que la construcción de un modelo a través de redes de decisión permite establecer las relaciones entre dichas variables en los cinco grupos de trabajo: Comercio internacional y Transporte, Economía y Finanzas, Medio Ambiente y Energía, Institucional y Político, Condición Social y Poblacional.

El gas natural licuado se muestra como una alternativa en la necesidad de buscar combustibles más amigables con el medioambiente en el Short Sea Shipping es por ello que la herramienta desarrollada permite a los gestores tomar decisiones para minimizar la congestión del transporte en la UE, a través de la cual fue posible establecer que las variables RCU (capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en construcción) y MSFT INW (distribución modal de transporte de carga por aguas continentales) son las variables más importantes en la decisión de implementar el gas natural licuado como combustible en el tramo marítimo de las autopistas del mar.

Asimismo, del estudio se extrajo que las variables de transporte y comercio internacional y economía y finanzas son las más relevantes en la toma de decisiones, mientras que las variables de las categorías de medioambiente y energía y población y condición social son las más dependientes y, por tanto, se ven afectadas en mayor proporción que el resto.

Estableciendo una jerarquía entre las variables, es posible definir el grado de importancia de cada una de ellas considerando el número de arcos que conecta a cada indicador con los nodos o indicadores más importantes (RCU y MSFT INW). De aquí, es posible encontrar que la categoría de transporte y comercio internacional y la categoría economía y finanzas son los más importantes, puesto que sus indicadores son los más cercanos a los nodos raíz de la red y, por tanto, son los menos dependientes. Por tanto, se desprende que ambas categorías resultan significativas a la hora de decidir la implementación del GNL como combustible en el tramo marítimo de las autopistas del mar. Por el contrario, las categorías de medio ambiente y energía y de población y condición social son las más dependientes, estando más alejadas de los nodos raíz de la red.

Considerando la **categoría económica**, se parecía que el nivel educativo de la población es un factor determinante, tanto en la participación de las exportaciones como en las importaciones por miembro de la UE, como en la distribución modal del transporte. Respecto a las importaciones y exportaciones de estados miembros a terceros países, se observa que dependen de los precios del gas natural de uso industrial. Se aprecia igualmente que en cualquiera de sus variables, son las importaciones las que tienen efecto sobre las exportaciones a través de otras variables.

Al analizar la variable económica producción en la industria se obtiene que depende de las importaciones y exportaciones de estados miembros a terceros países a través de la productividad de los recursos, medidos en euros por kilogramo.

Según parece, la producción en la construcción tiene dependencia de los impuestos ambientales sobre transporte, así como la deuda. Asimismo, el excedente público depende de los impuestos ambientales sobre transporte a través de la producción en la construcción. Por tanto, parece que la construcción afecta a la deuda del país y que los impuestos sobre el transporte inciden igualmente sobre ella.

Por otro lado, señalar que la variable producto interno bruto está muy al final en la jerarquía de la red, lo que indica que depende de muchas de las variables de las cinco categorías estudiadas. Por ello, en última instancia incide de forma directa sobre tasa de desempleo, la esperanza de vida y los residuos tecnológicos.

Respecto al estudio de las **variables de condición social y poblacional** se aprecia que dichas variables se relacionan mucho entre sí, además son hijas de variables de transporte y comercio internacional como son el transporte marítimo y la distribución modal de transporte de carga por carretera y de variables de economía y finanzas como participación en las importaciones por miembro de la UE, producto interno bruto y producción en la construcción. Destacar que el número de estudiantes matriculados en educación terciaria afecte a variables de medioambiente y energía y de economía y finanzas. Para el resto de variables de condición social y poblacional tienen una relación más directa entre ellas, la mayoría de las conexiones que se producen son en serie, es decir, de causa efecto.

Variables de medioambiente y energía relacionadas con los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero son muy sensibles a variables sociales y de población relacionadas con gastos en investigación y desarrollo de los países de la UE.

Así, según la red construida, cuanto mayor es el producto interno bruto, menor es la tasa de desempleo, pero mayor es la esperanza de vida y el número de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos producidos por hogares.

Por último cabría destacar que las variables de población y condición social no afectan a las variables directamente implicadas en el gas natural licuado como combustible susceptible para el Short Sea Shipping como pueden ser el transporte marítimo, el número de TEUs (término en inglés Twenty-foot Equivalent Unit, que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies) en Short Sea Shipping, las terminales de regasificación de gas natural licuado, Áreas de control de emisión de azufre, Ubicación geográficas de las costas, a excepción de la variable que corresponde al número de estudiantes matriculados en educación terciaria que si se relaciona con algunas de ellas.

Un avance al tema propuesto lo representa la inferencia bayesiana. La inferencia bayesiana es un tipo de inferencia estadística en la que las evidencias u observaciones se emplean para actualizar o inferir la probabilidad de que una hipótesis pueda ser cierta. El teorema de Bayes indica cómo actualizar las creencias sobre una variable a la luz de la evidencia (datos), Es un método general de inducción o de “aprendizaje de la experiencia”: a priori→

datos → a posteriori. De manera, conocida la información proporcionada por una o más variables que se observan (evidencia), esta se propaga por la red y actualiza la creencia sobre las variables no observadas. Así, es posible aprender las probabilidades condicionales que describen las relaciones entre las variables a partir de los datos. Asimismo, es posible aprender la estructura completa de la red, no sólo a partir de datos completos, sino también en el caso en el que algunos de sus valores sean desconocidos. Por tanto, las redes bayesianas pueden utilizarse para tomar decisiones óptimas al introducir posibles acciones y la utilidad de sus resultados.

Respecto al estudio de las **variables de transporte y comercio internacional**, entre otras cuestiones, se relacionan con variables de los cinco grupos, pero especialmente entre ellas y con variables de tipo institucional o político relacionadas con la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en operación, en construcción o en planes, que aparecen como padres de estas variables

Respecto al tráfico, conocidos los TEUS en Short Sea Shipping las variables que establecen la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en operación, en construcción o en planes son dependientes entre sí, es decir el número de TEUs movidos en este tipo de transporte va a afectar a la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado presentes y futuras, por lo que debe ser un elemento a tener muy en cuenta por los planificadores. Así como que conocido el transporte marítimo, se aprecia que el número de TEU en Short Sea Shipping y la capacidad de las terminales de regasificación de GLN en operación son variables dependientes.

Una relación a destacar se produce al apreciarse que los gastos en protección social, entre otras variables, dependen de forma directa de la distribución modal de transporte de carga tanto por carretera.

Se aprecia una relación entre las variables de transporte y comercio internacional de distribución modal de transporte de carga tanto por carretera, como por ferrocarril como por aguas intercontinentales, entre ellas se produce una relación serial

Con la red construida se aprecia que las variables de transporte y comercio internacional tienen poca relación con variables de tipología de medioambiente y energía.

La red construida permite relacionar diferentes variables de manera que es posible conocer si el gas natural licuado se muestra como una alternativa en la necesidad de buscar combustibles más amigables con el medioambiente en el Short Sea Shipping, de dichas relaciones entre las variables, y para este fin se concluye que la importancia de las variables por grupos es la siguiente: Comercio internacional y Transporte; Institucional y Político; Economía y Finanzas; Medio Ambiente y Energía y, por último, Condición Social y Poblacional. Por tanto, los planificadores deben atender con especial importancia las variables de los primeros grupos, sin por ello descuidar las restantes.

5.2 Futuras líneas de investigación

Las futuras líneas de investigación derivadas de la Tesis Doctoral versan en la aplicación de la metodología a otros escenarios del transporte y la planificación, tales como plataformas logísticas, estudios de transporte urbano y Smart logistics, etc.

De igual forma, otra posible línea de investigación sería añadir a los escenarios analizados más variables, conformando así una red de mayores dimensiones.

6

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Los resultados obtenidos de la investigación realizada se enviaron a diversas revistas, tanto nacionales como internacionales, en forma de artículos para consideración y evaluación de su publicación. Hasta el momento, los artículos aceptados para publicación, según se recoge en el Anejo 2 del presente documento, son los que se relacionan en la tabla siguiente. Indicar que algunos de ellos ya se encuentran publicados en el momento de redacción del presente documento.

Título del artículo	Revista/Congreso	Indexada	Publicado
Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks	TRANSPORT & POLICY	JCR	SI
Hacia la sostenibilidad portuaria mediante modelos probabilísticos: redes bayesianas	INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN	JCR	SI
Modelo de inteligencia artificial para el análisis de la gestión de la sostenibilidad en puertos marítimos	DYNA	JCR	SI
Gestión de la sostenibilidad portuaria basada en un modelo de redes bayesianas	INGENIARE. Revista chilena de ingeniería	SCI	NO
Hacia una UE sostenible: análisis del uso del gas natural licuado en el short sea shipping mediante inteligencia artificial	REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS	Scopus	NO
Análisis de la influencia de la administración portuaria en la sostenibilidad de los puertos mediante técnicas de inteligencia artificial	RECT@	Scopus	SI
Evaluación gráfica de la sostenibilidad portuaria redes de decisión	PENSAMIENTO MATEMÁTICO	Latindex	SI
Estudio de las relaciones entre variables de transporte y comercio internacional y variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado para Short Sea Shipping mediante un análisis con redes de creencia	Revista ingeniería civil	Latindex	NO

Título del artículo	Revista/Congreso	Indexada	Publicado
Análisis de las dimensiones institucional, económica, social y ambiental portuarias a través de inteligencia artificial	Transporte y Territorio	Latindex	NO
Aplicación de inteligencia artificial para analizar el uso del gas natural licuado en el Short Sea Shipping en Europa: análisis específico de las componentes social y poblacional	Transporte y Territorio	Latindex	NO
Use of Bayesian networks to analyze port variables in order to make sustainable planning and management decision	Logistics	Genamics JournalSeek	SI
Looking for an efficient port planning: analysis of Spanish Port System through artificial intelligence	WORLD SCIENTIF NEWS	Google Scholar	SI
Influence diagrams to measure port sustainability	SCIECONF 2017	Google Scholar	SI
Bayesian networks: definition of relationship between port variables to planning and management in a sustainability way	HASSACC 2017	Google Scholar	SI
Methodology to define the use of liquid natural gas in the short sea shipping in Europe using data mining techniques	RCTID 2017	Google Scholar	SI
Decision-making on sustainable port management using inference of Bayesian networks	QUAESTI 2017	Google Scholar	SI
Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks	CIT2016	-	SI

A continuación se describe brevemente el contenido de los mismos, así como el nexo con los objetivos de la investigación y la metodología empleada.

Transport Policy

Transport Policy es una revista internacional cuyo objetivo es mejorar la calidad de la política de transporte y el análisis de estrategias, diseñando y compartiendo prácticas innovadoras de política y gestión, trabajando tanto con la teoría como con la práctica en el transporte. Sus áreas temáticas reflejan las preocupaciones de los legisladores en el gobierno, estrategias de gestión en la industria y el público en general, proporcionando un análisis independiente, original y riguroso para comprender cómo se han tomado las decisiones políticas y estratégicas, monitorear sus efectos y sugerir cómo pueden ser mejorado, abarcando todo el sector del transporte y sus modos (aéreo, marítimo, urbano, interurbano, economía del transporte nacional e internacional, cuestiones de política y estrategia, etc.)

Dicha revista está indexada en:

- International Civil Engineering Abstracts
- Journal of Planning Literature
- Engineering Index
- RePEc
- Sage Urban Studies Abstracts
- Social Sciences Citation Index
- TRID, the TRIS and ITRD Database
- Scopus

Se trata de una revista indexada en Web of Science (Thomson-ISI), de forma que en el Anejo 1 se recogen los datos específicos de la publicación, entre los cuales se encuentra el último factor de impacto disponible, correspondiente al año 2016.

Datos de la revista	Nombre	Transport Policy
	ISSN	0967-070X
	Página web	https://www.journals.elsevier.com/transport-policy/
	Factor de impacto 2016 (2 años)	2.269 (Q1)
Datos del artículo	Título	<i>Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (31/07/2017)
	DOI	https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.013

RESUMEN

Many variables are included in planning and management of port terminals. They can be economic, social, environmental and institutional. Agent needs to know relationship between these variables to modify planning conditions. Use of Bayesian Networks allows for classifying, predicting and diagnosing these variables. Bayesian Networks allow for estimating subsequent probability of unknown variables, basing on know variables.

In planning level, it means that it is not necessary to know all variables because their relationships are known. Agent can know interesting information about how port variables are connected. It can be interpreted as cause-effect relationship. Bayesian Networks can be used to make optimal decisions by introduction of possible actions and utility of their results.

In proposed methodology, a data base has been generated with more than 40 port variables. They have been classified in economic, social, environmental and institutional variables, in the same way that smart port studies in Spanish Port System make. From this data base, a network has been generated using a non-cyclic conducted grafo which allows for knowing port variable relationships - parents-children relationships-. Obtained network exhibits that economic variables are – in cause-effect terms- cause of rest of variable typologies. Economic variables represent parent role in the most of cases. Moreover, when environmental variables are known, obtained network allows for estimating subsequent probability of social variables.

It has been concluded that Bayesian Networks allow for modeling uncertainty in a probabilistic way, even when number of variables is high as occurs in planning and management of port terminals.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Informes de la construcción

La Revista Informes de la Construcción, fundada el año 1948 en el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, es una publicación científica con periodicidad trimestral. Trata temas de arquitectura, ingeniería, obras públicas, medio ambiente, instalaciones, rehabilitación, sistemas constructivos, técnicas de ensayos, resultados de investigaciones de componentes y sistemas de la edificación, etc. La revista va dirigida a arquitectos, ingenieros, empresas constructoras, investigadores y profesionales relacionados con la construcción de edificios y obras civiles.

Los contenidos de Informes de la construcción están indizados en Web of Science (Thomson-ISI) desde 2007 y en Scopus. Así, al tratarse de una revista JCR, en el Anejo 1 se recogen los datos específicos de la publicación, entre los cuales se encuentra el último factor de impacto disponible, correspondiente al año 2016.

Datos de la revista	Nombre	Informes de la construcción
	ISSN	ISSN-E: 1988-3234 ISSN-L: 0020-0883
	Página web	http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/index
	Factor de impacto 2016 (2 años)	0.362 (Q4)
Datos del artículo	Título	<i>Hacia la sostenibilidad portuaria mediante modelos probabilísticos: redes bayesianas</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Español
	Estado	Publicado (enero 2018)
	DOI	https://doi.org/10.3989/id.54678

RESUMEN

En la explotación y gestión es necesario que el gestor de la infraestructura conozca las relaciones entre las variables en juego. Con el empleo de redes bayesianas, las variables se pueden clasificar, predecir y diagnosticar, pudiendo estimar la probabilidad posterior de las no conocidas en base a las conocidas.

En la metodología propuesta se ha generado una base de datos con variables portuarias, clasificadas en económicas, sociales, ambientales e institucionales, tal como se abordan los estudios de smart ports, en el Sistema Portuario Español, desarrollando una red usando un grafo dirigido acíclico para conocer las relaciones en términos de padres e hijos. En términos probabilísticos, a partir de la red construida se puede concluir que las variables más decisoras para la sostenibilidad portuaria son las que forman parte de la dimensión institucional.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Revista DYNA

Fundada en 1926, DYNA es una de las revistas de ingeniería general más influyentes y prestigiosas del mundo, como lo reconoce Clarivate Analytics, siendo una revista científica convenida con AEIM (Asociación Española de Ingeniería Mecánica).

De carácter científico-técnico, es el medio más indicado para la comunicación entre Ingenieros Multidisciplinares y de cuantos vean en ella el medio de expresión de sus ideas y experiencia.

Incluida en Science Citation Index Expanded. Su factor de impacto se publica cada año en el informe JCR. En el Anejo 1 se recogen los datos específicos de la publicación, entre los cuales se encuentra el último factor de impacto disponible, correspondiente al año 2016.

Datos de la revista	Nombre	Revista DYNA
	ISSN	ISSN: 0012-7361 ISSN digital: 1989-1490 ISSN-L: 0012-7361
	Página web	https://www.revistadyna.com/inicio-dyna
	Factor de impacto 2016 (2 años)	0.541 (Q4)
Datos del artículo	Título	<i>Modelo de inteligencia artificial para el análisis de la gestión de la sostenibilidad en puertos marítimos</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Español
	Estado	Publicado (enero 2018)
	DOI	http://dx.doi.org/10.6036/8508

RESUMEN

El presente estudio presenta una metodología inspirada en modelos de inteligencia artificial, consistiendo en la realización de inferencia con un modelo bayesiano para el análisis de la gestión de la sostenibilidad del sistema portuario español, con la que se ha obtenido una herramienta de ayuda a la toma de decisiones.

Dicho estudio trabaja de forma integral las cuatro dimensiones de la sostenibilidad, de forma similar a Puertos del Estado. Así, partiendo de las variables de sostenibilidad portuaria procedentes de las memorias de sostenibilidad anuales de Puertos del Estado, se ha construido un modelo probabilístico que representa dichas variables y sus dependencias condicionales a través de una red bayesiana.

Los resultados obtenidos mostraron que, a partir de la estructura de la red obtenida, dicha red se puede emplear para la predicción del valor de la clase de cualquier variable a clasificar.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la última fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2, el análisis de las relaciones entre las variables y los diagramas de inferencia, contempla el proceso de inferencia. En concreto, se centra en la categoría institucional.

Los resultados obtenidos mostraron que, a partir de la estructura de la red obtenida, dicha red se puede emplear para la predicción del valor de la clase de cualquier variable a clasificar. Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

INGENIARE. Revista chilena de ingeniería

Ingeniare. Revista chilena de ingeniería publica artículos originales en idioma inglés y español relacionados con Ingeniería miscelánea, ya sea eléctrica, electrónica, mecánica, informática, metalúrgica, industrial, ciencias afines incluyendo enseñanza en la ingeniería.

Ingeniare nace el año 2006 desde su predecesora la Revista de la Facultad de Ingeniería - Universidad de Tarapacá. Hasta el año 2013 publicaba 3 números al año.

La revista está indexada en:

- SciELO

- Scopus
- Latindex
- Redalyc
- ProQuest
- Risk Abstract
- DIALNET
- Directory of Open Access Journals (DOAJ)
- Google Scholar
- Socolar

Datos de la revista	Nombre	INGENIARE. Revista chilena de ingeniería
	ISSN	0718-3305
	Página web	http://www.scielo.cl/scielo.php/script_sci_serial/pid_0718-3305/Ing_es/nrm_iso
	Indexada	Scielo
Datos del artículo	Título	<i>Gestión de la sostenibilidad portuaria basada en un modelo de redes bayesianas</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Español
	Estado	Pendiente publicación (prevista octubre-diciembre 2018)
	DOI	-

RESUMEN

En la explotación y gestión portuaria entran en juego numerosas variables, necesitando el gestor de la infraestructura conocer las relaciones entre ellas para poder modificar condiciones de la explotación. Con el empleo de redes bayesianas se pueden clasificar, predecir y diagnosticar dichas variables, al permitir estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas en base a las variables conocidas. Esto quiere decir, a nivel de planificación, que no se tienen que conocer todas las variables, al conocer sus relaciones. Por ello, estas redes pueden utilizarse para tomar decisiones óptimas introduciendo posibles acciones y la utilidad de sus resultados.

En la metodología que se propone se ha generado una base de datos con más de 100 variables portuarias, clasificadas en económicas, sociales, ambientales e institucionales, tal

como se abordan los estudios de smart ports, para el Sistema Portuario Español. A partir de ella se ha generado una red usando un grafo dirigido acíclico, que permite conocer las relaciones entre las variables portuarias en términos de padres e hijos, modelando la incertidumbre de forma probabilística incluso cuando el número de variables es elevado, como ocurre en la explotación y planificación portuaria.

La principal conclusión extraída es que las variables económicas son la causa del resto de tipologías de variables y ejercen el papel de padres de la red en la mayoría de los casos. Por otro lado, también se concluye que, conocidas variables de tipo ambiental, la red permite estimar la probabilidad posterior de las variables sociales.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Revista Rect@

Datos de la revista	Nombre	Revista Rect@
	ISSN	1575-605X
	Página web	http://www.revistarecta.com/
	Indexada	Scopus
Datos del artículo	Título	<i>Análisis de la influencia de la Administración portuaria en la sostenibilidad de los puertos mediante técnicas de inteligencia artificial</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Español
	Estado	Publicado (diciembre 2017)
	DOI	https://doi.org/10.24309/recta.2017.18.2.03

RESUMEN

En la explotación y gestión portuaria se barajan numerosas variables, necesitando conocer las relaciones entre ellas para modificar las condiciones de explotación. El uso de redes

bayesianas permite clasificar, predecir y diagnosticar dichas variables, estimando también la probabilidad posterior de las no conocidas en base a las conocidas. Así, a nivel de planificación, no es necesario conocer todas las variables conociendo sus relaciones, puesto que las redes bayesianas permiten introducir posibles acciones y la utilidad de sus resultados, lo que hace que puedan usarse en la toma de decisiones.

En el estudio se ha generado una base de datos con más de 100 variables portuarias, clasificadas en económicas, sociales, ambientales e institucionales, tal y como se hace en los estudios de smart ports realizados para el Sistema Portuario Español. A partir de ella se ha creado una red, empleando un grafo dirigido acíclico para conocer las relaciones entre variables en términos de padres e hijos. De dicha red se observa que las variables económicas son la causa del resto de tipologías, ejerciendo de padres en la mayoría de los casos. Asimismo, también se deduce que conocidas las variables ambientales, la red permite estimar la probabilidad posterior de las sociales. Así, se puede concluir que las redes bayesianas permiten modelar la incertidumbre de forma probabilística incluso con un número elevado de variables.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Revista Obras Públicas

Datos de la revista	Nombre	Revista Obras Públicas
	ISSN	ISSN: 0034-8618 E-ISSN: 1695-4408
	Página web	http://ropdigital.ciccp.es/
	Indexada	Scopus
Datos del artículo	Título	<i>Hacia una UE sostenible: análisis del uso del gas natural licuado en el short sea shipping mediante inteligencia artificial</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Español
	Estado	Pendiente publicación (no indicada previsión)
	DOI	-

RESUMEN

Para eliminar los problemas de congestión de transporte en el UE la Comisión Europea promueve el Short Sea Shipping (SSS) como una alternativa, porque contamina menos y resta congestión a las infraestructuras viales. El objetivo es analizar la viabilidad del empleo Gas Natural Licuado (GNL) en el SSS a través de técnicas de inteligencia artificial, como son las redes bayesianas que permiten determinar las relaciones entre las variables. La principal conclusión es que la capacidad de las terminales de regasificación de GNL en construcción y la distribución modal de transporte de carga por aguas continentales son las variables más importantes para implementar la relación SSS-GNL.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de los 35 indicadores seleccionados tras analizar la relación entre el Short Sea Shipping y el gas natural licuado. Dichos indicadores se extrajeron de Eurostat (28 indicadores), del documento The European LNG terminal infrastructure 2015: Status and Outlook de la Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE) (3 indicadores) y los 4 restantes fueron de elaboración propia

En el artículo se exponen los resultados al analizar las relaciones entre las variables obtenidas tras la construcción de la red con el algoritmo K2.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes considerar el gas natural licuado como un combustible alternativo en el Short Sea Shipping con objeto

de paliar el nivel de contaminación en las zonas costeras, por lo que está englobado dentro del objetivo principal de la investigación realizada.

Pensamiento matemático

Datos de la revista	Nombre	Pensamiento matemático
	ISSN	2174-0410
	Página web	http://www2.caminos.upm.es/Departamentos/matematicas/revistapm/
	Indexada	Latindex
Datos del artículo	Título	<i>Evaluación gráfica de la sostenibilidad portuaria redes de decisión</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
		Alfonso Camarero Orive
	Idioma	Español
	Estado	Publicado (01/10/2017)
	DOI	-

RESUMEN

Las cuatro patas en las que se sustenta la sostenibilidad portuaria hacen muy ardua la tarea de encontrar una metodología que haga que su aplicación práctica resulte fácil. Es por ello que, conociendo las variables asociadas a la sostenibilidad portuaria, se han obtenido las relaciones entre las mismas a través de la construcción de una red bayesiana. La teoría de la utilidad vinculada a las redes bayesianas proporciona un marco para la toma de decisiones utilizando diagramas de influencia o redes de decisión, los cuales se han empleado en el presente trabajo para conocer las influencias positivas y negativas que se producen entre dichas variables.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la segunda fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 y el análisis de las variables, analiza la relación entre ellas.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando

el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Revista Ingeniería Civil

Datos de la revista	Nombre	Revista Ingeniería Civil
	ISSN	0213-8468
	Página web	http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/DOCU/PUBLICACIONES/RINGCIVIL/
	Indexada	Latindex
Datos del artículo	Título	<i>Estudio de las relaciones entre variables de transporte y comercio internacional y variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado para Short Sea Shipping mediante un análisis con redes de creencia</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Español
	Estado	Pendiente publicación (prevista diciembre 2017)
	DOI	-

RESUMEN

Con objeto de paliar la importante congestión existente en los principales corredores europeos, la Unión Europea impulsó el uso del transporte intermodal a través del Short Sea Shipping, cuyo uso ha llevado a la necesidad de buscar combustibles alternativos al tradicional para reducir las emisiones a la atmósfera, tales como el gas natural licuado. En este artículo se pretende realizar un estudio de las relaciones entre variables de transporte y comercio internacional y variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado para Short Sea Shipping mediante un análisis con redes de creencia también llamadas redes bayesianas.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de los 35 indicadores seleccionados tras analizar la relación entre el Short Sea Shipping y el gas natural licuado. Dichos indicadores se extrajeron de Eurostat (28 indicadores), del documento The European LNG terminal infrastructure 2015: Status and Outlook de la Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE) (3 indicadores) y los 4 restantes fueron de elaboración propia

En el artículo se exponen los resultados al analizar las relaciones entre las variables obtenidas tras la construcción de la red con el algoritmo K2.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes considerar el gas natural licuado como un combustible alternativo en el Short Sea Shipping con objeto de paliar el nivel de contaminación en las zonas costeras, por lo que está englobado dentro del objetivo principal de la investigación realizada.

Transporte y Territorio_1

Datos de la revista	Nombre	Transporte y Territorio
	ISSN	1852-7175
	Página web	http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/about
	Indexada	Latindex
Datos del artículo	Título	<i>Análisis de las dimensiones institucional, económica, social y ambiental portuarias a través de inteligencia artificial</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Español
	Estado	Pendiente publicación (prevista publicación en primer número de 2018)
	DOI	-

RESUMEN

Los puertos son impulsores, pero a la vez están inmersos en los procesos de globalización de las sociedades. Es por ello que no son ajenos a la potencialidad de las metodologías de minería de datos, las cuales intentan descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos como los que se manejan en el ámbito portuario: La minería de datos es una disciplina ligada a la inteligencia artificial que, aplicado en un entorno portuario, posibilita encontrar nuevas herramientas para aumentar la sostenibilidad portuaria. Este artículo pretende analizar la sostenibilidad portuaria a través de las relaciones que se establecen entre variables de sostenibilidad, empleando para ello técnicas de inteligencia artificial como son las redes bayesianas. La principal conclusión que se extrae del análisis es que el pilar fundamental de la sostenibilidad portuaria es la dimensión institucional.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Transporte y Territorio_2

Datos de la revista	Nombre	Transporte y Territorio
	ISSN	1852-7175
	Página web	http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/about
	Indexada	Latindex
Datos del artículo	Título	<i>Aplicación de inteligencia artificial para analizar el uso del gas natural licuado en el Short Sea Shipping en Europa: análisis específico de las componentes social y poblacional</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Español
	Estado	Pendiente publicación (prevista publicación en segundo número de 2018)
	DOI	-

RESUMEN

Los problemas de congestión en los principales corredores europeos como consecuencia de la globalización de la economía provocaron la necesidad de acometer medidas y desarrollar políticas para evitar las externalidades generadas por tal situación. Así, la Unión Europea promovió el Short Sea Shipping como una alternativa, si bien se observó que esta medida ocasionó problemas ambientales en las zonas costeras. Así, el gas natural licuado se muestra como una alternativa en la necesidad de buscar combustibles más amigables con el medioambiente en el Short Sea Shipping.

Es por ello que se ha llevado a cabo una investigación desarrollando una herramienta de inteligencia artificial que permite a los gestores tomar decisiones para minimizar la congestión del transporte en Europa. El principal resultado obtenido establece que la capacidad de las terminales de regasificación de gas natural licuado en construcción y la distribución modal de transporte de carga por aguas continentales son las dos variables más importantes en la decisión de implementar el gas natural licuado como combustible. Sin embargo, las variables de las categorías de medioambiente y energía y población y condición social son las más dependientes, si bien estas últimas se relacionan mucho entre sí y no incidiendo directamente sobre variables relacionadas con el gas natural licuado y el Short Sea Shipping, pero sí sobre el producto interior bruto de cada país.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de los 35 indicadores seleccionados tras analizar la relación entre el Short Sea Shipping y el gas natural licuado. Dichos indicadores se extrajeron de Eurostat (28 indicadores), del documento The European LNG terminal infrastructure 2015: Status and Outlook de la Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE) (3 indicadores) y los 4 restantes fueron de elaboración propia

En el artículo se exponen los resultados al analizar las relaciones entre las variables obtenidas tras la construcción de la red con el algoritmo K2.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes considerar el gas natural licuado como un combustible alternativo en el Short Sea Shipping con objeto de paliar el nivel de contaminación en las zonas costeras, por lo que está englobado dentro del objetivo principal de la investigación realizada.

World Scientific News

Datos de la revista	Nombre	World Scientific News
	ISSN	2392-2192
	Página web	www.worldscientificnews.com
	Indexada	Google Scholar
Datos del artículo	Título	<i>Looking for an efficient port planning: analysis of Spanish Port System through artificial intelligence</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (14/08/2017)
	DOI	http://www.worldscientificnews.com/wp-content/uploads/2017/07/WSN-83-2017-75-91.pdf

ABSTRACT

Nowadays, society claim for efficiency and efficiency of managed resources, so, making-decision people look for transparency and good planning practices.

In particular case of ports, many variables are involved on it, so Bayesian networks are a useful tool to make an efficient planning because this kind of networks allow to know relationships between variables, even when they are a great number of them.

In order to facilitate this work, the following study is carried out in which, through the construction of a Bayesian network, the. Agent can know interesting information about how port variables are connected and can insert possible actions based on utility of their results, even when number of variables is high as occurs in planning and management of port terminals.

There are a low number of studies related to this, so, our research includes more than 40 port variables, belonging to the four dimension of port sustainability.

Main obtained conclusion shows that economic variables are the network parents in most of cases, so, their consideration is very important in planning decision-making. Their knowledge even allows to estimate probability of the rest of variables including in the network.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

Logistics

Datos de la revista	Nombre	Logistics
	ISSN	2305-6290
	Página web	http://www.mdpi.com/journal/logistics
	Indexada	Genamics JournalSeek
Datos del artículo	Título	<i>Use of Bayesian networks to analyze port variables in order to make sustainable planning and management decision</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Samir Awad Núñez
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (11/01/2018)
	DOI	10.3390/logistics2010005

ABSTRACT

In the current economic, social and political environment, society demands a greater variety of outcomes from the public logistics sector, such as efficiency, efficiency of managed resources, greater transparency and business performance. All of them are an indispensable counterpart for its recognition and support. In case of port planning and management, many variables are included. Use of Bayesian Networks allows to classify, predict and diagnose these variables and even to estimate the subsequent probability of unknown variables, basing on the known ones. Research includes a data base with more than 40 variables, which have been classified as smart port studies in Spain. Then a network was generated using a non-cyclic conducted grafo, which shows port variable relationships. As conclusion, economic variables are cause of the rest of categories and they represent a parent role in the most of cases. Furthermore, if environmental variables are known, subsequent probability of social variables can be estimated.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

CIT 2016

Datos del Congreso	Nombre	CIT 2016. XII Congreso de Ingeniería del Transporte
	Organizador	Universitat Politècnica de Valencia
	Fecha	7-9 de junio de 2016
	Lugar	Valencia (España)
	Página web	http://www.cit2016.es/
Datos del artículo	Título	<i>Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
		Alberto Camarero Orive
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (junio 2016)
	Enlace	http://dx.doi.org/10.4995/CIT2016.2016.3226

ABSTRACT

Many variables are included in planning and management of port terminals. They can be economic, social, environmental and institutional. Agent needs to know relationship between these variables to modify planning conditions. Use of Bayesian Networks allows for classifying, predicting and diagnosing these variables. Bayesian Networks allow for estimating subsequent probability of unknown variables, basing on know variables. In planning level, it means that it is not necessary to know all variables because their relationships are known. Agent can know interesting information about how port variables are connected. It can be interpreted as cause-effect relationship. Bayesian Networks can be used to make optimal decisions by introduction of possible actions and utility of their results.

In proposed methodology, a data base has been generated with more than 40 port variables. They have been classified in economic, social, environmental and institutional variables, in the same way that smart port studies in Spanish Port System make. From this data base, a network has been generated using a non-cyclic conducted grafo which allows for knowing port variable relationships - parents-children relationships-. Obtained network exhibits that economic variables are – in cause-effect terms- cause of rest of variable typologies. Economic variables represent parent role in the most of cases. Moreover, when environmental variables are known, obtained network allows for estimating subsequent probability of social variables.

It has been concluded that Bayesian Networks allow for modeling uncertainty in a probabilistic way, even when number of variables is high as occurs in planning and management of port terminals.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

The 5th International Virtual Conference on Advanced Scientific Results (SCIECONF 2017)

Datos del Congreso	Nombre	The 5 th International Virtual Conference on Advanced Scientific Results (SCIECONF 2017)
	Organizador	Publishing Society, Zilina, Slovakia
	Fecha	26-30 de junio de 2017
	Lugar	Congreso Virtual
	Página web	http://www.scieconf.com/
Datos del artículo	Título	<i>Influence diagrams to measure port sustainability</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (05/08/2017)
	DOI	10.18638/scieconf.2017.5.1.397

ABSTRACT

Port Authorities have the role of administrators of port infrastructure, regulators, coordinators of the service provided and, especially community leaders. They cannot remain aloof society they serve and what happens in them. Moreover, they must understand environment in which they develop an answer to it in an appropriate manner, contributing in this way to a medium and long-term sustainable development of port system.

Using influence diagrams, it can be known relationship between variables which measure port sustainability, as well as their intensity degree.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la segunda fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 y el análisis de las relaciones entre las variables, se centra en la influencia que ejercen unas variables sobre otras.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

The 5th Human and Social Sciences at the Common Conference (HASSACC 2017)

Datos del Congreso	Nombre	The 5 th Human and Social Sciences at the Common Conference (HASSACC 2017)
	Organizador	Publishing Society, Zilina, Slovakia
	Fecha	25-29 de septiembre de 2017
	Lugar	Congreso Virtual
	Página web	http://www.hassacc.com/
Datos del artículo	Título	<i>Bayesian networks: definition of relationship between port variables to planning and management in a sustainability way</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (noviembre 2017)
	DOI	10.18638/hassacc.2017.5.1.232

ABSTRACT

In economic, social and political scenario in which we find ourselves, society is becoming more demanding in relation to its public managers, claiming not only efficiency and efficiency of managed resources. Society even demands transparency and good management practices, as an indispensable counterpart for its recognition and support. In order to facilitate this work, the following study is carried out in which, through the construction of a Bayesian network, the relationships between different variables. Agent can know interesting information about how port variables are connected and can insert possible actions based on utility of their results, even when number of variables is high as occurs in planning and management of port terminals.

In proposed methodology, a data base has been generated with more than 40 port variables, classified in economic, social, environmental and institutional variables. From that, a network has been generated using a non-cyclic conducted grafo which allows for knowing port variable relationships. Obtained network exhibits that environmental variables are known, obtained network allows estimating subsequent probability of social variables.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la primera fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 analiza las relaciones entre las variables.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

The 5th International Virtual Research Conference In Technical Disciplines (RCITD 2017)

Datos del Congreso	Nombre	The 5 th International Virtual Research Conference In Technical Disciplines (RCITD 2017)
	Organizador	Publishing Society, Zilina, Slovakia
	Fecha	13-17 de noviembre de 2017
	Lugar	Congreso Virtual
	Página web	http://www.rcitd.com/
Datos del artículo	Título	<i>Methodology to define the use of liquid natural gas in the short sea shipping in Europe using data mining techniques</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Inglés
	Estado	Publicado (enero 2018)
	DOI	10.18638/rcitd.2017.5.1.100

ABSTRACT

Present research presents a methodology which has been developed to determine the relationship between the variables that define the use of Liquefied Natural Gas in Short Sea Shipping in Europe, through the use of data mining techniques. The research takes place in the European space, which includes data from 30 countries (28 members of the European Union plus Norway and Iceland). Bayesian network is constructed with 35 indicators selected, which are classified into 5 different categories: international trade and transport, economy and finance, population and social condition, environment and energy, and institutional and political. Results show that variables RCU (capacity of LNG regasification terminals under construction) and MSFT INW (modal distribution of cargo transport by inland waters) are the two root nodes of the network. In addition, the variables of transport and international trade category and economy and finance category become the most important in the decision to implement LNG as fuel in the maritime stretch of motorways of the sea. However, environment and energy variables and population and condition ones are the most dependent on the network.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de los 35 indicadores seleccionados tras analizar la relación entre el Short Sea Shipping y el gas natural licuado. Dichos indicadores se extrajeron de Eurostat (28 indicadores), del documento The

European LNG terminal infrastructure 2015: Status and Outlook de la Asociación de infraestructura del gas en Europa (GIE) (3 indicadores) y los 4 restantes fueron de elaboración propia

En el artículo se exponen los resultados al analizar las relaciones entre las variables obtenidas tras la construcción de la red con el algoritmo K2.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes considerar el gas natural licuado como un combustible alternativo en el Short Sea Shipping con objeto de paliar el nivel de contaminación en las zonas costeras, por lo que está englobado dentro del objetivo principal de la investigación realizada.

The 5th QUAESTI Scientific Conference - Multidisciplinary Studies and Approaches

Datos del Congreso	Nombre	The 5 th QUAESTI Scientific Conference - Multidisciplinary Studies and Approaches
	Organizador	Publishing Society, Zilina, Slovakia
	Fecha	9-16 de diciembre de 2017
	Lugar	Congreso Virtual
	Página web	http://www.quaesti.com/
Datos del artículo	Título	<i>Decision-making on sustainable port management using inference of Bayesian Networks</i>
	Autores	Beatriz Molina Serrano
		Nicoleta González Cancelas
		Francisco Soler Flores
	Idioma	Inglés
	Estado	Pendiente publicación (prevista diciembre 2017-enero 2018)
	DOI	-

ABSTRACT

In line with the principles of the European Commission's European 2020 Strategy (COM: 2010), it is essential to establish intelligent, sustainable and inclusive transport networks that enhance the social development and territorial cohesion of the Union. In this context, ports are called upon to Contribute to a more sustainable mobility of goods. The number of variables to be considered in order to carry out the decision making and to make the management of the ports sustainable is very large. However, this handicap can be saved through the use of Bayesian networks because they allow modeling uncertainty probabilistically even when the number of variables is high. The fundamental task in Bayesian Networks is inference, observations are used to update or infer the probability

that a hypothesis may be true. In making the analysis, the main conclusion drawn is that variables of institutional type are closely related to each other and knowing one or several of them, it is possible to determine 'a posteriori' probability of the others.

NEXO CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN Y LA METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología empleada para obtener los resultados incluidos en el artículo es la construcción de una red bayesiana con el software Elvira partiendo de variables y datos de las Memorias de sostenibilidad de los Puertos españoles.

En él se exponen los resultados obtenidos de la segunda fase de la investigación pues tras la obtención de la red con el algoritmo K2 realiza un análisis de inferencia.

Por tanto, en el artículo se presenta una herramienta que permita a los agentes con capacidad de decisión modificar las condiciones de la planificación y gestión, incluso cuando el número de variables que lo condicionan es elevado, siendo este el objetivo principal de la investigación realizada.

7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DOCUMENTALES

Referencias documentales

Abdelwahab, W. & Sayed, T. (1999), Freight mode choice models using artificial neural networks, Civil Engineering Systems, vol. 16, no. 4, pp. 267-286.

Acedo, A. y Almazán, J. (2015). Pasado, presente y futuro de las Autopistas del Mar en Europa. Revista de Obras Públicas, No.3565, pp. 31- 38.

Aguilera, F., Plata, W., Bosque, J. y Gómez, M. (2009). Diseño y simulación de escenarios de demanda de suelo urbano en ámbitos metropolitanos. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo. Año 2009, nº 4.

Al-Deek, H. M. (2001). Which method is better for developing freight planning models at seaports—neural networks or multiple regression? Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1763(1), 90-97.

Al-Deek, H. M. (2002). Use of vessel freight data to forecast heavy truck movements at seaports. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1804(1), 217-224.

Almazán, J. L.; Palomino, M. C.; González, N.; Soler, F. y Iribarren, E. (2013). Estimation of Spanish bunkering at EU level of secas. Research Conference In Technical Disciplines, Section Transport and Logistic, pp. 136-141.

Almazán-Gárate, J.L.; Palomino-Monzón, M.C.; González-Cancelas, N. (2014). Relationship between air pollution and natural gas with respect to maritime transport. Methodology based on Bayesian Networks. Global Virtual Conference. 7-11 April 2014. Transport and Logistics Section.

Aluja Banet, T. (2001). La minería de datos, entre la estadística y la inteligencia artificial. Questió: Quaderns d'Estadística, Sistemes, Informàtica i Investigació Operativa 25 (3): 479–498.

Antón Camacho, A., Lechuga Álvaro, A., de la Peña Olivas, J.M. y Almazán Gárate, J.L. (2015). Zonas de la costa apropiadas para el uso de los diques compuestos por tubos de geotextil rellenos de arena. Ingeniería Civil, Nº 178, ISSN: 0213-8468, PP. 11-22.

Asif, R.; Merceron, A.; Pathan, M. (2012). Mining student's admission data and predicting student's performance using decision trees, ICERI2012 Proceedings: 5121–5129.

Autoridad Portuaria De A Coruña, Autoridad Portuaria De Valencia, Organismo Público Puertos Del Estado (2008). Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad en el sistema portuario español. FEPORTS

Awad Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler Flores, F., Camarero Orive, A. (2015). How should the sustainability of the location of dry ports be measured? A proposed methodology using Bayesian networks and multi-criteria decision analysis. Transport, vol. 30, no 3, p. 312-319.

Núñez, S. A., Orive, A. C., Sánchez-Brunete, M. R., Orive, A. C., & Cancelas, N. G. Treatment of uncertainties in the existence of free berths with risk analysis techniques. Establishment of policies in port of Cadiz (Spain).

Baird, A. (2007). The economics of motorways of the sea. Maritime Policy and Management, Vol. 34, No. 4, pp. 287–310.

Basogain, X. (2008). Redes Neuronales Artificiales y sus Aplicaciones. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU. Departamento de ingeniería de sistemas y automática.

Bastardie, F.; Nielsen, J.R.; Andersen, B.S.; Eigaard, O.R. (2013). Integrating individual trip planning in energy efficiency^a“Building decision tree models for Danish fisheries. Fisheries Research 143: 119–130.

Bengtsson, S. K.; Fridell, E. y Andersson, K. (2014). Fuels for short sea shipping: A comparative assessment with focus on environmental impact. Journal of Engineering for the Maritime Environment, Vol. 228, No., pp. 44–54.

Bishop, C. (2006) Pattern recognition and machine learning. Springer New York: SpringerLink (Online service).

Bloor, M.; Baker, S.; Sampson, H. y Dahlgren, K. (2011). Effectiveness of international regulation of pollution controls: the case of the governance of ship emissions. Seafarers International Research Centre. Cardiff University.

Bloor, M., et al. (2013). Room for Manoeuvre? Regulatory Compliance in the Global Shipping Industry. Social y Legal Studies.

Borsuk, M. E.; Schweizer, S.; Reichert, P. (2012). A Bayesian network model for integrative river rehabilitation planning and management, *Integrated environmental assessment and management* 8 (3): 462–472.

Bourgoin, J. y Castella, J.C. (2011). “PLUP FICTION”: Landscape Simulation for Participatory Land Use Planning in Northern Lao PDR. *Mountain Research and Development*, 31(2):78-88.

Brynolf, S., Andersson, K.E. y Fridell, E. (2011). A comparative life cycle assessment of marine fuels. *Journal of engineering for maritime environment*. Institution of mechanical engineers.

Bromley, J., Jackson, N.A., Clymer, O.J., Giacomello A.M. & Jensen, F.V. (2005). The use of hugin® to develop bayesian networks as an aid to integrated water resource planning* 1. *Environmental Modelling & Software*, 20(2), 231-242.

Cain, J. (2001). Planning improvements in natural resource management. guidelines for using bayesian networks to support the planning and management of development programmes in the water sector and beyond. Wallingford, Oxon: CEH Wallingford.

Camarero, A., González-Cancelas, N., Soler, F. & López, I. (2014). Utilización de redes bayesianas como método de caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español. *Revista de Ingeniería*, no 39, p. 31-38.

Camarero Orive, A., Pardillo Mayora, J. M., Torres Flores, A., & González Cancelas, M. N. (2006). Pesos de los contenedores manipulados en los puertos españoles y análisis de la mercancía transportada por grupos tarifarios. *Ingeniería Civil*, Nº141, ISSN: 0213-8468, pp. 83-89.

Camarero, A.; Soler, F.; González, N. y Ansorena, I.L. (2014). Utilización de redes bayesianas como método de caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes* (39).

Cancelas, N.G., Flores F.S. & Orive, A.C. (2013). Modelo de eficiencia de las terminales de contenedores del sistema portuario español. *Rect@*, vol. 14, no 1, p. 49.

Cánovas, B. (2015). Short Sea Shipping, una estrategia Europea. Documento de Opinión, No. 70, Instituto Español de Estudios Estratégicos.

Castillo, E., Gutiérrez, J.M. y Hadi, A.S. (1997) *Expert Systems and Probabilistic Network Models*. Springer Verlag.

Castillo, E., Menéndez, J.M. & Sánchez-Cambronero, S. (2008). Traffic estimation and optimal counting location without path enumeration using Bayesian networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 23, no 3, p. 189-207.

- Castillo, E., Menéndez, J. M., & Sánchez-Cambronero, S. (2008). Predicting traffic flow using Bayesian networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(5), 482-509.
- Celikoglu, H.B. y Cigizoglu, H.K. (2007a). Modelling public transport trips by radial basis function neural networks. *Mathematical and Computer Modelling*: 480-489.
- Celikoglu, H.B. y Cigizoglu, H.K. (2007b). Public transportation trip flow modeling with generalized regression neural networks. *Advances in Engineering Software*, 38(2): 71-79.
- Chan, T. U.; Hart, B. T.; Kennard, M. J.; Pusey, B. J.; Shenton, W.; Douglas, M. M.; Valentine, E.; Patel, S. (2012). Bayesian network models for environmental flow decision making in the Daly River, Northern Territory, Australia, *River Research and Applications* 28 (3): 283–301.
- Cios, K. and kacprzyk, J. (2001) *Medical Data Mining and Knowledge Discovery*. PhysicaVerlag.
- Cios, K., Pedrycz, W. and swiniarski, R. (2007) *Data Mining: A Knowledge Discovery Approach*. Springer Verlag.
- Clark S. D. Dougherty M. S. and Kirby H. R. (1993). The use of neural network and time series modes for short term forecasting: a comparative study. *Proc. PTRC Summer Meeting*, Manchester.
- Comisión Europea (2001). Libro Blanco, la política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad (pp. 11- 53). COM (2001) 370 final. Bruselas: Commission of the European Communities.
- Comisión Europea. (2006). Libro Verde, estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura (pp. 3- 19). COM (2006) 105 final. Bruselas: Commission of the European Communities.
- Conati, C., Gertner A.y Vanlehn, K. (2002). Using bayesian networks to manage uncertainty in student modelling. *User modeling and user-adapted interaction*, vol. 12, no 4, p. 371-417.
- Corbett, J.J., Fischbeck, P.S. y Pandis, S.N. (1999). Global Nitrogen and Sulfur Inventories for Oceangoing Ships. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104, No. D3, pp. 3457-3470.
- Corbett, J.J. y Korhler, H.W. (2003). Updated Emissions from Ocean Shipping. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. D20, 2003, pp. 4650.
- Corbett, J.J., Wang, H. y Winebrake, J.J. (2009). The Effectiveness and Costs of Speed Reductions on Emissions from International Shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, No. 8, pp. 593-598.

- Costa, A. y Markellos, R. N. (1997). Evaluating public transport efficiency with neural network models. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5(5): 301-312.
- Crespo, C. (1994). Marco Conceptual Introductorio. *Agenda Ecuatoriana de Educación y Comunicación Ambiental para el Desarrollo Sustentable - Lineamientos de Políticas y Estrategias*. Quito
- Crespo Soler, C.; Ripoll Feliu; V.M., Crespo Trujillo, A.M.; Giner Fillol, A. (2005). La sostenibilidad ambiental en el sistema portuario de titularidad estatal. XIII Congreso AECA. Armonización y Gobierno de la Diversidad. 22-24 Septiembre 2005
- Crespo Soler, C.; Giner Fillol, A.; Morales Baraza, J.A.; Ponte Tubal, N; Ripoll Feliu; V.M. (2007). La información de sostenibilidad en el marco de las cuentas anuales: análisis aplicado al caso de la Autoridad Portuaria de Valencia. *Revista do Contabilizado de Maestrado em Ciências Contábeis da UERJ, Rio Janeiro*, v-12, n.3, p-11 set./dez, 2007
- Danish Ministry of the Environment. (2010). Natural gas as propulsion for the shipping sector in Denmark. Possibilities for using LNG and CNG on ferry and cargo routes. Environmental Project No. 1338 2010.
- Devanney, J. (2010). CO2 Emissions from Shipping: The Case for Taking our Time. Disponible en: http://www.c4tx.org/ctx/pub/take_time.Pdf
- Devanney, J. y Beach, S. (2010). Detailed Studies of the Impact of Eedi on Vlcc Design and CO2 Emissions. Center for Tankship Excellence. Disponible en: http://www.c4tx.org/ctx/pub/eedi_vlcc.pdf
- Dharia, A. & Adeli, H. (2003), Neural network model for rapid forecasting of freeway link travel time, *Engineering Application of Artificial Intelligente*, vol. 16, no. 7, pp. 607-613.
- Díez, J. F. (1998). Aplicaciones de los modelos gráficos probabilistas en medicina. *Sistemas expertos probabilísticos*, 239-263.
- Doerr, O. (2011). Políticas portuarias sostenibles. *Boletín FAL. CEPAL*. Edición nº 299, número 7 de 2011
- Doménech, J. L. (2004). Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. *Puertos*, vol. 114, 26-31.
- Dones, R., Heck, T., Bauer, C., Hirschberg, S., Bickel, P., Preiss, P., Panis, L. y De Vlioger, V. (2005). ExternE-Pol Externalities of Energy: Extension of Accounting Framework and Policy Applications. Paul Scherer Institute.
- Dougherty M. S. and Cobbett M. (1994). Short term inter-urban traffic forecasts using neural networks. *Proc. 2nd DRIVE-II Workshop on Short-Term Forecasting*, Delft. The Netherlands.

Dougherty M. S., Kirby H. R. and Boyle R. D. (1994). Using neural networks to recognise predict and model traffic. *Artificial Intelligence Applications to Traffic Engineering* (Bielli, Ambrosino and Boero, Eds). VSP, Utrecht.

Dougherty, M. (1995). A review of neural networks applied to transport, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 3, no. 4, pp. 247-260.

Elvira Consortium, Elvira (2002). An environment for creating and using probabilistic graphical models. In Gámez, J.A., and Salomón, A. (editors). *Proceedings of the First European Workshop on Probabilistic Graphical Models (PGM'02)*, Marzo 2002, 222-230.

Endresen, Ø. (2008). The Environmental Impacts of Increased International Maritime shipping, Past Trends and Future Perspectives. *Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World*, Guadalajara, Mexico.

EUROSTAT. (2015). *European Union Transport in Figures. Statistical Pocket Book*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Faghri, A., Aneja, S. & Vaziri, M. (1999), "Estimation of percentage of pass - by trips generated by a shopping center using artificial neural networks", *Transportation Planning and Technology*, vol. 22, no. 4, pp. 271-286

Flores, F.S., Cancelas, N.G., Orive, A.C., Gárate, J.L.A. & Monzón, M.D.C.P. (2013). Diseño de un modelo de planificación de zonas de actividades logísticas mediante el empleo de redes bayesianas. *Revista Ingeniería Industrial*, vol. 12, no 1.

Friedl, M. A.; Brodley, C. E. (1997). Decision tree classification of land cover from remotely sensed data, *Remote Sensing of Environment* 61 (3): 399–409.

Friedman, N. & Goldszmidt, M. (1996). Building classifiers using bayesian networks. *Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence*, p. 1277-1284.

Global Reporting Initiative (2000). *Guía para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad. Versión 3.1. GRI*.

Gosasang, V., Chandraprakash, W., & Kiattisin, S. (2011). A comparison of traditional and neural networks forecasting techniques for container throughput at Bangkok port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(3), 463-482.

Gómez A.J. (1998). *Inteligencia Artificial, Aprendizaje y Minería de Datos*. Grupo de Sistemas Inteligentes, Universidad Politécnica de Madrid.

Gómez Flechoso. A.J. (1998). *Inteligencia artificial, aprendizaje y minería de datos*. Disponible en http://dit.upm.es/~anto/SLIDES/980610/ia_apr_kdd.pdf

González, N. (2007). Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico marítimo. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España.

González, F.; Guerra, A.; Martín, F.; Nóvoa, J.J.; Otero, C. y Penela, J. (2010). Medición de la sostenibilidad en el sistema portuario Español: propuesta metodológica a través de indicadores sintéticos de desarrollo sostenible. XII Reunión de economía mundial, mayo de 2010. Santiago de Compostela.

González, M.N. y Camarero, A. (2009). Caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español. Ingeniería y Ciencia, 10, 49, p.p. 54-59.

Gonzalez-Cancelas, N., Soler-Flores, F., Camarero Orive, A. y Lopez Ansorena, I. (2012). Tratamiento de outliers para el estudio de transmisión de vibraciones del ferrocarril. Ingeniería y Ciencia, 8, 16, 2012, pp.191-219.

González, N. y Camarero, A. (2012a). Optimización de procesos en terminales portuarias por técnicas de simulación. SEIO 2012. XXXIII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa y de las VII Jornadas de Estadística Pública, Madrid (España).

González, N., Camarero, A., Soler, F. y Camarero, A. (2012b). Use of Bayesian Networks as method for the characterization of physical parameters of the terminals of containers of the Spanish port system, PANAM 2012 XVII versión del Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística, Universidad de los Andes en Santiago de Chile (Chile).

González, N. y Camarero, A. (2012c). Estimación de parámetros de instalaciones portuarias mediante Redes Bayesianas. SEIO 2012. XXXIII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa y de las VII Jornadas de Estadística Pública, Madrid (España).

Gritsenko, D. y Yliskylä-Peuralahti, J. (2013). Governing shipping externalities: Baltic ports in the process of SOx emission reduction". Maritime Studies, Vol. 12, No. 10.

Grupo De Trabajo 23 (2004). La sostenibilidad en los puertos. CONAMA VII Cumbre del desarrollo sostenible, 24 de noviembre de 2004.

Gullberg, M. y Gahnström, J. (2011). North European LNG Infrastructure Project: A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations. Draft Feasibility Report. Trans-European Transport Network.

Heckerman, D. (2008). A tutorial on learning with Bayesian networks. Innovations in Bayesian networks (pp. 33-82). Springer Berlin Heidelberg (DOI: 10.1007/978-3-540-85066-3_3)

Hensher, D. A., & Ton, T. T. (2000). A comparison of the predictive potential of artificial neural networks and nested logit models for commuter mode choice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 36(3), 155-172.

Hernández, P. A. C. (2004). Aplicación de Árboles de Decisión en modelos de riesgo crediticio. *Revista colombiana de estadística* 27 (2): 139–151.

Hofleitner, A., Herring, R., Abbeel, P. & Bayen, A. (2012). Learning the dynamics of arterial traffic from probe data using a dynamic Bayesian network. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, no 4, p. 1679-1693.

Huisken, G. & van Berkum, E. (2002). Short-term travel time prediction using data from induction loops, 9th World Congress on Intelligent Transpon Systems.

Izaurieta, F.; Saavedra, C. (2000). *Redes Neuronales Artificiales*. Departamento de Física, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Janssens, D., Wets, G., Brijs, T., Vanhoof, K., Arentze, T. y Timmermans, H. (2004). Improving performance of multiagent rule-based model for activity pattern decisions with Bayesian networks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1894(1): 75-83.

Janssens, D., Wets, G., Brijs, T., Vanhoof, K., Arentze, T. y Timmermans, H. (2006). Integrating Bayesian networks and decision trees in a sequential rule-based transportation model. *European Journal of operational research*, 175(1): 16-34.

Jara-Díaz, S., Martínez-Budría, E., Cortes C. & Vargas, A. (1997). Marginal costs and scale economies in Spanish ports. 25th European Transport Forum, Proceedings Seminar L, PTRC, London, pp. 137-147.

Jeong, R., & Rilett, L. R. (2005). Prediction model of bus arrival time for real-time applications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1927(1), 195-204.

Kadie, C. M.; Hovel, D.; Horvitz, E. (2001). MSBNx: A component-centric toolkit for modeling and inference with Bayesian networks, Microsoft Research, Richmond, WA, Technical Report MSR-TR-2001-67 28.

Kaluza, P., Kölzsch, A., Gastner M.T. & Blasius, B. (2010). The complex network of global cargo ship movements. *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 7, no 48, p. 1093-1103.

Klemola, E., Kuronen, J., Kalli, J., Arola, T., Hanninen, M., Lehtikainen, A. & Tapaninen, U. (2009). A cross-disciplinary approach to minimising the risks of maritime transport in the Gulf of Finland. *World Review of Intermodal Transportation Research*, Vol. 2, No. 4, 343-363.

Kocabas, V.; Dragicevic, S. (2013). Bayesian networks and agent-based modeling approach for urban land-use and population density change: a BNAS model, *Journal of Geographical Systems* 15 (4): 403–426.

Kwak, W.; Shi, Y.; Kou, G. (2012). Bankruptcy prediction for Korean firms after the 1997 financial crisis: using a multiple criteria linear programming data mining approach, *Review of Quantitative Finance and Accounting*: 1–13.

Lanzanini, L.C.; Haspervé, W.; Estrebou, C.; Ronchetti, F.; Villa Monte, A.; Aquino, G.; Quiroga, F.; Rojas, L.; Jimbo Santana, P. (2015). *Redes Neuronales Artificiales. Aplicaciones en minería de datos y procesamiento de señales temporales*. XVII Workshop de Investigaciones en Ciencias de la Computación (Salta, 2015).

Latorre, M. (2012). Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica, Trabajo de Fin de Máster, Máster en Tecnologías de la Información Geográfica, Universidad Complutense de Madrid (España).

Ledoux, C. (1997). An urban traffic flow model integrating neural networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 5(5): 287-300.

Li, K.X., Yin, J., Bang, H.S., Yang, Z. & Wang, J. (2014). Bayesian network with quantitative input for maritime risk analysis. *Transportmetrica A: Transport Science*, vol. 10, no 2, p. 89-118.

Linstone, H. A. y Turoff, M. (1975). *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison-Wesley Publishing Company, Advanced Book Program.

Lira, F.; Perez, P. S.; Baranauskas, J. A.; Nozawa, S. R. (2013). Prediction of antimicrobial activity of synthetic peptides by a decision tree model, *Applied and Environmental Microbiology* 79 (10) 3156–3159, jID: 7605801; 0 (Antimicrobial Cationic Peptides); OID: NLM: PMC3685263; 2013/03/01 [aheadofprint]; ppublish.

Litman, T. (2007). Developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2017(-1): 10-15.

Lizaso Torres, D.; Delfor Meyer, R. and Torres Cárdenas, V. (2011) *Minería De Datos En La Encuesta Permanente De Hogares 2009*, Universidad Nacional Del Litoral, Argentina. *Revista Ingeniería Industrial*, no. 1, pp. 19-28.

Lloyd, M. (2003). Regional action for logistical integration of shipping across Europe (realise). Work package 4. Task 4.1 multi-modal pricing and costing analyses inception report. Disponible en: <http://www.realise-sss.org/>

Lo Z. P. and Bavarian B. (1991) A neural piecewise linear classifier for pattern classification. Int. Joint Conf. on Neural Networks.

López Ansorena, C. y Almazán Gárate, J.L. (2015). Los recursos humanos y la huella ecológica portuaria. Ingeniería Civil, Nº 180, ISSN: 0213-8468 , pp. 47-53.

MacCarthy, B. L. y Atthirawong, W. (2003). Factors affecting location decisions in international operations—a Delphi study. International Journal of Operations & Production Management, 23(7): 794-818.

Madero Gómez, S. M.; Zarate Solís, I. A. (2017). La sostenibilidad desde una perspectiva de las áreas de negocios. Cuadernos de Administración, 2017, vol. 32, no 56, p. 7-19.

Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in planning, 62(1): 3-65.

Marín (2011). Introducción a las Redes Neuronales Aplicadas. Curso de Expertos UCM-UC3M. Departamento de Estadística. Universidad Carlos III de Madrid.

Matinfar, H. R.; Roodposhti, M. S. (2013). Decision Tree Land Use/Land Cover Change Detection of Khoram Abad City Using Landsat Imagery and Ancillary SRTM Data. Middle-East Journal of Scientific Research 13 (8): 1057–1064.

McCarthy, J. (1998). Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Sense. In Richmond Thomason, editor, Philosophical Logic and Artificial Intelligence. Klüver Academic.

McCloskey, J.; Lilieholm, R.; Boone, R.; Reid, R.; Sader, S.; Nkedianye, D.; Said, M.; Worden, J. (2011a). A participatory approach for modeling alternative future land use scenarios around Nairobi National Park using Bayesian Belief Networks, Ecosystems and Sustainable Development VIII 144: 43-45

Medda, F. y Trujillo, L. (2010) Short-sea shipping: an analysis of its determinants. Maritime Policy and Management, Vol. 37, No. 3, pp. 285-303.

Mena, J. (1999). Data mining your website, Digital Pr.

Mendez, N. D. D.; Porras, J.C. C.; Laverde, R. M. (2007). Seguridad inteligente. Scientia et technica, 2007, vol. 3, no 35, p. 389-394.

Miola, A., et al. (2010). Regulating Air Emissions from Ships. The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options. Joint Research Centre Reference Report, Luxembourg, EUR24602EN, ISBN, pp. 978-992.

Mitre, C., Lee, C. & Wu, Z. (2009). "A comparison between neural networks and traditional forecasting methods: A case study", *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 1, no. 2, pp. 19-24

Molina Serrano, B., González-Cancelas, N. y Soler-Flores, F. (2017). Influence diagrams to measure port sustainability. *The 5th International Virtual Conference on Advanced Scientific Results*. Volume: 5, Issue: 1, pp. 239-243. DOI: 10.18638/scieconf.2017.5.1.397

Molina Serrano, B., González-Cancelas, N., Soler-Flores, F. y Camarero Orive, A. (2017). Los recursos humanos y la huella ecológica portuaria. *Ingeniería Civil*, Nº 188, ISSN: 0213-8468

Moral, S. (2014). *Una Introducción a las Redes Bayesianas*.

Moreno, A. (1999). En busca de la localización óptima para instalaciones perjudiciales: propuesta de modelos y resolución con sistemas de información geográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, ISSN 0212-9426, Nº. 27, 1999: 81-98.

Moscoso, J.A., Ruiz, J.J., Cerbán, M.M., (2011) Técnicas de predicción en el tráfico Ro-Ro en el nodo logístico del Estrecho de Gibraltar, IAME 2011 conference

Mostafa, M.M. (2004). "Forecasting the Suez Canal traffic: a neural network analysis", *Maritime Policy & Management*, vol. 31, no. 2, pp. 139-156.

Ng, A. K. Y. (2009). Competitiveness of short sea shipping and the role of port: the case of North Europe. *Maritime Policy and Management*, Vol. 36, No. 4, pp. 337-352.

Nilsson, N. (1980). *Principles of Artificial Intelligence*., Palo Alto: Tioga Publishing Company, Palo Alto: Tioga Compañía Editorial

Orive, A. C., Martín, P. D. L. F., Ansorena, Í. L., Guijarro, E. D. (2012). Regeneración de las playas y rehabilitación de los canales de desagüe de Beira (Mozambique). *Revista de Obras Públicas*, 159(3532), 7-22. (<http://oa.upm.es/14947/>).

Paliwal, M. y Kumar, U.A. (2009). Neural networks and statistical techniques: A review of applications, *Expert Systems with Applications*, 36(1): 2-17.

Pao, H.T. (2008). A comparison of neural network and multiple regression analysis in modeling capital structure, *Expert Systems with Applications*, vol. 35, no. 3, pp. 720-727.

Park, D. & Rilett, L.R. (1998). "Forecasting multiple-period freeway link travel times using modular neural networks", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1617, no. -1, pp. 163-170.

Pearl, J. (1988) *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. Morgan Kaufmann.

- Peng, Z. H. y Luan, X. (2011). Application Research on Traffic Modal Choice Based on Decision Tree Algorithm. *Applied Mechanics and Materials*, 97: 843-848
- Pons, A. (2008). Localizaciones óptimas para puertos secos. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio.
- Prasad, U. D.; Madhavi, S. (2012). Prediction of Churn Behavior of Bank Customers Using Data Mining Tools. *Business Intelligence Journal* 5 (1).
- Psaraftis, H. N. y Kontovas, C. A. (2008) Ship Emissions Study. Hellenic Chamber of Shipping. National Technical University of Athens. Disponible en: www.Martrans.org/emis/emis.htm
- Psaraftis, H. N. y Kontovas, C. A. (2009). CO 2 Emission Statistics for the World Commercial Fleet. *WMU Journal of Maritime Affairs*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-25.
- Psaraftis, H. N. y Kontovas, C. A. (2009). Ship Emissions: Logistics and Other Tradeoffs. Laboratory for Maritime Transport, National Technical University of Athens.
- Psaraftis, H.N. y Kontovas, C.A. (2010). "Balancing the Economic and Environmental Performance of Maritime Transportation". *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 15, No. 8, pp. 458-462.
- Puertos Del Estado (2011). Memoria de sostenibilidad del sistema portuario de interés general.
- Puga, J.L. (2012) Cómo construir y validar Redes bayesianas con netica. *REMA Revista electrónica de metodología aplicada*, 17(1), 1-17.
- Qiao, F., Yang, H., & Lam, W. H. (2001). Intelligent simulation and prediction of traffic flow dispersion. *Transportation Research Part B: Methodological*, 35(9), 843-863.
- Quijada-Alarcón, J.L., González, N., Camarero, A. y Soler, F. (2012). Road network analysis using decision trees algorithm: A case of study of Panama. The 1st Virtual International Conference on Advanced Research in Scientific Areas (ARSA-2012), University of Zilina, Slovakia.
- Quijada-Alarcón, J.L. (2015). Metodología para la determinación de los parámetros de planificación de los nodos e infraestructuras logísticas en un territorio, considerando en su planificación el impacto sobre los diferentes componentes territoriales. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España
- Quijada-Alarcón, J., González-Cancelas, N., Camarero Orive, A., Soler Flores, F. (2016). Logistic groups in the Republic of Panama. *Journal of Maps*, vol. 12, no 5, p. 1248-1252

Rafii, Y.; Alavipanah, S.; Malekmohammadi, B.; Mehrian, M.R.; Nasiri, H. (2012). Producing land cover maps using remote sensing and decision tree algorithm (Case study: Bakhtegan national park and wildlife refuge). *Geography and Environmental Planning* 23 (3): 93–110.

Ravi, V.; Nekuri, N.; Rao, C. R. . (2012). Privacy preserving data mining using particle swarm optimisation trained auto-associative neural network: an application to bankruptcy prediction in banks, *International Journal of Data Mining, Modelling and Management* 4 (1): 39–56.

REALISE (2002). Regional Action for Logistical Integration of Shipping across Europe. The Alliance of Maritime Regional Interests in Europe (AMRIE), GTC2-2000-33032. Disponible en: <http://www.realise-sss.org>

REALISE (2005). The Alliance of Maritime Regional Interests in Europe, (AMRIE), Final Report No. GTC2-2000-33032. Disponible en: <http://www.realise-sss.org>

RECORDIT (2003). Actions to Promote Intermodal Transport: Final Report No. WP9. Disponible en: <http://www.recordit.org/>

Rodríguez, D., & Dolado, J. (2007). *Redes Bayesianas en la Ingeniería del Software*.

Rodríguez, F.F; González, E.A.; Félix, J. A. (2009). Especificación de modelos econométricos utilizando minería de datos. *Rect@: Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA* (10): 223–252.

Rodríguez García, T. (2015). Predicción de tráfico portuario de contenedores a corto plazo mediante técnicas de minería de datos: RNA y RB. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España

Rodríguez García, T. (2016). Aplicaciones tecnológicas en la logística de transportes portuarios. Las terminales de contenedores, *Revista Transporte y Territorio*, no 14.

Rodríguez García, T., González-Cancelas, N. Soler-Flores, F. (2013). Setting the port planning parameters in container terminals through artificial neural networks. *Global Virtual Conference 2013 (GV-conf)*

Rodríguez, T., Cancelas, N. G., & Soler-Flores, F. (Junio, 2013). Forecasts of container terminal capacity in a crisis scenario using neural networks. *Proceedings in Scientific Conference. University of Zilina. Slovakia*

Rodríguez García, T., González-Cancelas, N. Soler-Flores, F. (2015). Setting the Port Planning Parameters in Container Terminals through Bayesian Networks. *PROMET-Traffic&Transportation*, vol. 27, no 5, p. 395-403.

Rowe, G. y Wright, G. (2001). Expert opinions in forecasting: The role of the Delphi technique. *International Series in Operations Research and Management Science*: 125-144.

Samir (2011). Aplicación de un modelo basado en el uso de Redes Neuronales Artificiales y Sistemas de Información Geográfica para la planificación de la ubicación de Puertos Secos. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, España

Sánchez, R. J., Jauimurzono, A., Willmsmeier, G., Pérez Salas, G., Doerr, O. y Pinto, F. (2015). Transporte marítimo y Puertos. Desafío y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible de América Latina y El Caribe. CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura.

Sarro, L. A. (2016). Hacia una memoria de sostenibilidad del puerto de Bahía Blanca: diagnóstico para su posible implementación.

Sayed, T. & Razavi, A. (2000). "Comparison of neural and conventional approaches to mode choice analysis", Journal of Computing in Civil Engineering, vol. 14, pp. 23.

Serrano, B. M., González-Cancelas, N., Soler-Flores, F., & Camarero-Orive, A. (2017). Looking for an efficient port planning: analysis of Spanish Port System through artificial intelligence. World Scientific News, 83, 75-91.

Serrano, O (2005). Operativa portuaria y sostenibilidad. CONAMA LOCAL 2015, 7 octubre de 2015. Málaga.

Shachter, R.D. (1988). Probabilistic Inference and Influence Diagrams. Probabilistic inference and influence diagrams. Operations Research, vol. 36, no 4, p. 589-604.

Shmueli, D., Salomon, I., & Shefer, D. (1996). Neural network analysis of travel behavior: Evaluating tools for prediction. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 4(3), 151-166. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X\(96\)00007-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X(96)00007-1).

Shouman, M; Turner, T; Stocker R. (2012). Using data mining techniques in heart disease diagnosis and treatment, in: Electronics, Communications and Computers (JEC-ECC). Japan-Egypt Conference on, IEEE: 173–177, 2012.

SIANI (2011). Memoria resumen de los trabajos realizados, Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Soler Flores, F.; Rodríguez García, T; Gonzalez Cancelas, N.; Xuefei Li (2013). NNtex application to civil engineering. Scientific Conference 2013 (Scie-conf). 10-14 June 2013.

Soria, J.A., Valenzuela L.M. y Aguilera, F. (2009). The incidence of planning in the growth and change of the Metropolitan Area of Granada. City Futures '09. City Futures in a Globalising World. An international conference on globalism and urban change. EURA: European Urban Research Association and UAA: Urban Affairs Association. Paper. Madrid (Spain).

- Stamenkovich M. (1991). An application of artificial neural networks for autonomous ship navigation through a channel. Proc. Vehicle Navigation and Information Systems Conf.
- Sun, S., Zhang C. & Yu, G. (2006). A bayesian network approach to traffic flow forecasting. IEEE Transactions on intelligent transportation systems, vol. 7, no 1, p. 124-132
- Tebaldi C. & West, M. (1998). Bayesian inference on network traffic using link count data. Journal of the American Statistical Association, vol. 93, no 442, p. 557-573.
- Tobar Vega, H. (2005). Planificación portuaria con la aplicación de líneas de espera.
- Todd, B. S., Stamper, R., and Macpherson, P. (1994) The Design and Construction of a Medical Simulation Model. Computer Methods and Programs in Biomedicine, vol. 42, no. 2, pp. 77-91.
- Tortum, A., Yayla, N., & Gökdağ, M. (2009). The modeling of mode choices of intercity freight transportation with the artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system. Expert Systems with Applications, 36(3), 6199-6217.
- Trucco, P., Cagno, E., Ruggeri, F. & Grande, O. (2008). A Bayesian Belief Network modelling of organisational factors in risk analysis: A case study in maritime transportation. Reliability Engineering & System Safety, vol. 93, no 6, p. 845-856.
- Trueba, R. A.; Gutiérrez, J. M.; Martín, D. S. (2008).
- Trujillano, J.; Sarria-Santamera, A.; Esquerda, A.; Badia, M.; Palma, M.; March, J. (2008). Aproximación a la metodología basada en Árboles de decisión (CART). Mortalidad hospitalaria del infarto agudo de miocardio. Gaceta Sanitaria 22 (1): 65-72
- Trujillo, L., Medda, F. y González, M. M. (2010). An Analysis of Short Sea Shipping as an Alternative for Freight Transport. En: The International Handbook of Maritime, Editado por: K. Cullinane.
- Van Der Voort, M., Dougherty, M., & Watson, S. (1996). Combining kohonen maps with arima time series models to forecast traffic flow. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 4(5), 307-318. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X\(97\)82903-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0968-090X(97)82903-8)
- Vassallo, W. (2004). Regional action for logistical integration of shipping across Europe (Realise). Disponible en: <http://www.realise-sss.org/>
- Veerachal, G., Watcharavee, C., Supaporn, K. (2010). An Application of Neural Networks for Forecasting Container Throughput at Bangkok Port. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol I WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K. ISBN: 978-988-17012-9-9.

- Veerachal, G., Watcharavee, C., Supaporn, K. (2011). A Comparison of Traditional and Neural Networks Forecasting Techniques for Container Throughput at Bangkok Port. The Asian Journal of Shipping and Logistics. Volume 27.3, 2011, pp. 463-482.
- Verbeek, R., Kadijk, G., Mensch, V.P., Wulffers, C., Beemt, B.V. y Fraga, F. (2011). Environmental and Economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in the Netherlands. TNO report.
- Vityaev, E. and Kovalchuk, B. (2004) Empirical Theories Discovery Based on the Measurement Theory. Mind and Machine, vol. 14, no. 4, pp. 551-573.
- Vlahogianni, E. I., Golias, J. C., & Karlaftis, M. G. (2004). Short-term traffic forecasting: Overview of objectives and methods. Transport reviews, 24(5), 533-557.
- Vlahogianni E, Karlaftis M, Golias J, (2005). "Optimized and meta-optimized neural networks for short-term traffic flow prediction: A genetic approach", Transportation Research Part C 13, 2005, pp. 211-234
- Vlahogianni, E. I. (2009). Enhancing predictions in signalized arterials with information on short-term traffic flow dynamics. Journal of Intelligent Transportation Systems, 13(2), 73-84.
- Wardman, M. (2006). Demand for rail travel and the effects of external factors. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 42(3), 129-148.
- Weston, R. y Davies, N. (2007). The future of transport and tourism: a Delphi approach. Tourism and Hospitality Planning & Development, vol. 4, no 2: 121-133.
- Witten, I.H.; and Frank, E. (2005) Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Morgan Kaufmann Pub.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987). Our Common Future (Brundtland Report), United Nations
- Xuefei Li et al, (2012). NNtex: A toolbox to use the Neuronal Networks in an easy way. Pensamiento Matemático. Vol III, nº1, pp 149-154. ISSN 2174-0410.
- Yasdi, R. (1999). Prediction of road traffic using a neural network approach. Neural computing & applications, 8(2), 135-142.
- Zhao, C., Liu, K., & Li, D. S. (2004). Freight volume forecast based on GRNN. Journal of The China Railway Society, 26(1), 4-7.
- Zhang, G.P., (2001). "An investigation of neural networks for linear time-series forecasting", Computers & Operations Research, vol. 28, nº.12, 2001, pp. 1183-1202.

Zheng, W., Lee D.H. & Shi, Q. (2006). Short-term freeway traffic flow prediction: Bayesian combined neural network approach. Journal of transportation engineering, vol. 132, no 2, p. 114-121.

Referencias web

Grupo de Meteorología de Santander. (2014). Minería de Datos. Redes Bayesianas y Neuronales, http://www.meteo.unican.es/es/research/mineria_datos, Última consulta: 1 Agosto, 2014.

ANEJO 1

FACTOR DE IMPACTO DE LAS REVISTAS INDEXADAS EN WEB OF SCIENCE (THOMSON-ISI)

TRANSPORT POLICY

	Title20	Year	Edition	ISO_ABBREV	Country	IssuesYear	Frequency	ISSN
1	TRANSPORT POLICY	2016	SSCI	Transp. Policy	USA	6	B	0967-070X
2	TRANSPORT POLICY	2016	SSCI	Transp. Policy	USA	6	B	0967-070X

	Title20	Language	1stYrPub	Categories	Pubcode	Publisher
1	TRANSPORT POLICY	ENGLISH	1993	SYQ, SGY	JM451	Transport Policy
2	TRANSPORT POLICY	ENGLISH	1993	SYQ, SGY	JM451	Transport Policy

	Title20	CATEGORY_DESCRIPTION	CATEGORY_CODE	TOT_CITES	IMPACT_FACTOR
1	TRANSPORT POLICY	ECONOMICS	SGY	3737	2,269
2	TRANSPORT POLICY	TRANSPORTATION	SYQ	3737	2,269

	Title20	Number of Journals in Category	ARTL_INFLUENCE	CATEGORY_RANKING	IMMEDIACY_INDEX
1	TRANSPORT POLICY	N/D	0,77	Q1	0,544
2	TRANSPORT POLICY	N/D	0,77	Q2	0,544

	Title20	CITED_HALF_LIFE	5YR_IMPACT_FACTOR	EIGENFACTOR	Rank by Impact Factor	QUARTILE_RANK
1	TRANSPORT POLICY	6	3,025	0,00658	N/D	53/347
2	TRANSPORT POLICY	6	3,025	0,00658	N/D	12/33

Copyright 2017 Thomson Reuters®. Source : Journal Citation Reports
Para cualquier uso derivado de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con infowok@fecyt.es

INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN

	Title20	Year	Edition	ISO_ABBREV	Country	IssuesYear	Frequency	ISSN
1	INF CONSTR	2016	SCI	Inf. Constr.	SPAIN	4	Q	0020-0883

	Title20	Language	1stYrPub	Categories	Pubcode	Publisher
1	INF CONSTR	SPANISH	1948	FA	MQ050	Informes de la Construcción

	Title20	CATEGORY_DESCRIPTION	CATEGORY_CODE	TOT_CITES	IMPACT_FACTOR
1	INF CONSTR	CONSTRUCTION & BUILDING TECHNOLOGY	FA	256	0,362

	Title20	Number of Journals in Category	ARTL_INFLUENCE	CATEGORY_RANKING	IMMEDIACY_INDEX
1	INF CONSTR	N/D	0,068	Q4	0,047

	Title20	CITED_HALF_LIFE	5YR_IMPACT_FACTOR	EIGENFACTOR	Rank by Impact Factor	QUARTILE_RANK	
1	INF CONSTR	5,2	0,459	0,00033	N/D	54/61	57

Copyright 2017 Thomson Reuters®. Source : Journal Citation Reports
Para cualquier uso derivado de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con infowok@fecyt.es

REVISTA DYNA

	Title20	Year	Edition	ISO_ABBREV	Country	IssuesYear	Frequency	ISSN
1	DYNA-BILBAO	2016	SCI	Dyna	SPAIN	9	M	0012-7361

	Title20	Language	1stYrPub	Categories	Pubcode	Publisher
1	DYNA-BILBAO	SPANISH	1926	IF	ABR75	Dyna

	Title20	CATEGORY_DESCRIPTION	CATEGORY_CODE	TOT_CITES	IMPACT_FACTOR
1	DYNA-BILBAO	ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY	IF	128	0,522

	Title20	Number of Journals in Category	ARTL_INFLUENCE	CATEGORY_RANKING	IMMEDIACY_INDEX
1	DYNA-BILBAO	N/D	0,054	Q4	0,086

	Title20	CITED_HALF_LIFE	5YR_IMPACT_FACTOR	EIGENFACTOR	Rank by Impact Factor	QUARTILE_RANK
1	DYNA-BILBAO	2,9	0,315	0,00022	N/D	70/85

Copyright 2017 Thomson Reuters®. Source : Journal Citation Reports
Para cualquier uso derivado de los indicadores u otras preguntas del JCR por favor contactar con infowok@fecyt.es

ANEJO 2

E-MAILS DE ACEPTACIÓN Y/O PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

TRANSPORT POLICY

De: Elsevier - Article Status [mailto:Article_Status@elsevier.com]

Enviado el: lunes, 24 de julio de 2017 16:06

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: Track your article [JTRP_1863] accepted in Transport Policy

Please note this is a system generated email from an unmanned mailbox.

If you have any queries we really want to hear from you via our 24/7 support at
<http://service.elsevier.com>

Article title: Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks Article
reference: JTRP1863 Journal title: Transport Policy Corresponding author: Ms Beatriz
Molina First author: Ms Beatriz Molina

Dear Ms Molina,

Your article Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks will be
published in Transport Policy.

To track the status of your article throughout the publication process, please use our article
tracking service:

http://authors.elsevier.com/TrackPaper.html?trk_article=JTRP1863&trk_surname=Molina

For help with article tracking:

http://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/13535/supporthub/publishing/p/10592/

Kind regards,

Elsevier Author Support

UNRIVALLED dissemination for your work

When your article is published, it is made accessible to more than 15 million monthly
unique users of ScienceDirect, ranging from scientists, researchers, healthcare professionals

and students. This ensures that your paper reaches the right audience, wherever they may be on the globe, and that your research makes the greatest impact possible.

> Find new research yourself at: www.sciencedirect.com

HAVE QUESTIONS OR NEED ASSISTANCE?

For further assistance, please visit our Customer Support site where you search for solutions on a range of topics and find answers for frequently asked questions. You can also talk to our customer support team by phone 24 hours a day from Monday-Friday and 24/7 by live chat and email.

Get started at > <http://service.elsevier.com>

© 2016 Elsevier Ltd | Privacy Policy <http://www.elsevier.com/privacypolicy>

Elsevier Limited, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, United Kingdom, Registration No. 1982084. This e-mail has been sent to you from Elsevier Ltd. To ensure delivery to your inbox (not bulk or junk folders), please add article_status@elsevier.com to your address book or safe senders list.

[T-10b-20150914]

INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN

De: Editor Informes Construcción [mailto:recyt@recyt.fecyt.es]

Enviado el: lunes, 10 de julio de 2017 10:15

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: [IC] Aceptación del Art. de Ref. 56478 para su publicación en Informes de la Construcción

Estimado/a Beatriz Molina Serrano:

Por la presente, me es grato comunicarle que el artículo de Ref. 56478
titulado:

"Hacia la sostenibilidad portuaria mediante modelos probabilísticos: redes bayesianas"

y recibido el día 2017-03-16, ha sido ACEPTADO por el Consejo de Redacción de la revista Informes de la Construcción con fecha 2017-06-26.

Está previsto que dicho artículo sea publicado en el próximo número 549 de la revista.

NOTA: La Dirección de Informes de la Construcción se reserva la posibilidad de cambiar el número final de publicación por motivos estrictamente editoriales, en cuyo caso será oportunamente informado.

La revista Informes de la Construcción, con ISSN 0020-08883, está dedicada a temas relacionados con la construcción y se publica trimestralmente en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc), centro perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Desde el año 1958 hasta la actualidad, pueden consultarse todos los números publicados en la página web:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Actualmente todas las revistas científicas del CSIC se distribuyen en formato on-line, por lo que podrá consultar su artículo en la mencionada página una vez se publique el número al que se ha asignado.

Le expreso mi más sincera enhorabuena por la publicación de su artículo agradeciéndole que haya elegido nuestra revista, y espero poder contar con su colaboración en futuros números.

Atentamente,

David Revuelta Crespo

Director

Revista Informes de la Construcción

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja Serrano Galvache, 4. 28033 Madrid

Tel.: +34 91 302 04 40

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/>

Informes de la construcción

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/>

[Mensaje enviado a través de RECYT, por favor no responda directamente, si necesita contactar con la persona que le envió este mensaje identifíquese en <http://recyt.fecyt.es/> y hágalo desde la plataforma. Para cualquier duda escriba a infofecyt@fecyt.es]

[This message was sent from RECYT, please do not respond to this email. If you would like to contact the person who sent this message, please log in to <http://recyt.fecyt.es> and email him from there. If you have any questions don't hesitate to email us at infofecyt@fecyt.es]

REVISTA DYNA

De: Jose Maria Hernandez [mailto:jmhernandez@revistadyna.com]

Enviado el: lunes, 02 de octubre de 2017 11:39

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>; nicoleta.gcancelas@upm.es; f.soler@upm.es

Asunto: <http://www.revistadyna.com> - Comunicacion de aprobacion de articulo 8508

ARTICULO:

MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN PUERTOS MARÍTIMOS

Estimad@ autor@,

Nos complace comunicarle que su artículo ha sido validado por nuestro proceso de revisión entre pares. Para agilizar al máximo la publicación de su trabajo le recomendamos que lea atentamente el párrafo siguiente:

¡IMPORTANTE!:

(*) OPEN ACCESS: Para aquellos autores que entreguen el artículo aprobado traducido al español e inglés, el servidor web permitirá el acceso libre de la versión inglesa. Este hecho mejorará notablemente la difusión de su investigación y sus posibilidades de citación.

(*) RESUMEN WEB (NO ES EL ABSTRACT DEL PAPER) que aparecerá en la ficha del artículo publicado en Internet. Se trata de justificar en un breve párrafo en español e inglés los siguientes 3 aspectos: la ORIGINALIDAD del artículo: ¿cuál es el aspecto diferencial que lo hace único y valioso? POR QUE: ¿Qué problema trata de resolver? Razones o motivaciones que han llevado a los autores a emprender el trabajo enviado y objetivos prácticos que se proponen con el mismo. QUE HA CONSEGUIDO: Resultados reales alcanzados con el desarrollo y/o la discusión expuestas, a ser posible comparándoles con los objetivos y cuantificándolos adecuadamente, así como la aplicación práctica efectiva que van a tener y su continuidad en un tiempo próximo futuro.

(*) DATOS DE FACTURACION Y DIRECCION DE ENVIO DEL EJEMPLAR: Para evitar retrasos en la publicación de su artículo, le rogamos que nos envíe los datos de facturación de la entidad o persona que pagará los costes de edición (contacto:

mceballos@revistadyna.com). Asimismo le solicitamos la dirección postal de envío del ejemplar DYNA para cada autor.

(*) Publicación ACELERADA (Opcional): Para aquellos autores que quieran publicar inmediatamente su artículo en la web de DYNA (sin esperar a la edición impresa), les recordamos que pueden hacerlo por un importe 363€ que cubren el doble procesamiento del artículo. A partir del momento de su publicación en la web, su artículo será visible a la comunidad internacional y podrá ser citado en referencias de otros autores. El plazo de publicación actual en la revista impresa puede demorarse más de 6 meses

(*) IMAGEN PARA PORTADA: Si desean proponer una imagen relacionada con su artículo como portada del ejemplar donde se publique, pueden enviarla a este mismo email indicando la cesión de sus derechos a DYNA.

=====

Gracias por su colaboración y reciba un cordial saludo,

Revista DYNA - 'Publicando Ingeniería desde 1926'

dyna@revistadyna.com

Tel. +34 944 237 566

INGENIARE

De: Sistema SciELO Chile de Publicación [mailto:suporte.aplicacao@scielo.org]

Enviado el: jueves, 05 de octubre de 2017 21:26

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

CC: María Nicoletta González Cancelas <nicoleta.gcancelas@upm.es>; Francisco Soler Flores <f.soler@upm.es>

Asunto: [ingeniare] Decisión del Editor - Ingeniare - 265

Beatriz Molina Serrano:

Hemos tomado una decisión sobre su presentación a Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, "Gestión de la sostenibilidad portuaria basada en un modelo de redes bayesianas".

Nuestra decisión es: Artículo aceptado para Publicación.

Informamos que con fecha 25 de septiembre de 2017, ha sido aprobado para publicación en el Volumen 26 N° 4, octubre - diciembre 2018, de Ingeniare.

Revista chilena de ingeniería, ISSN: 0718-3305 versión en línea.

Estaremos en contacto para enviar el último pdf recibido de imprenta, para vuestro V°B° final. Fecha estimada: septiembre 2018.

En caso de implementar ahead of print, nos comunicaremos antes de la fecha indicada, para una aparición anticipada en la Web.

Saluda atentamente a usted,

Dr. Kristopher Chandía Valenzuela

Editor

Ingeniare. Revista chilena de ingeniería <http://cl.submission.scielo.org/index.php/ingeniare>

Valencia, a 19 de noviembre de 2017

Vicente Liern Carrión, editor de la Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA, rect@, tiene el gusto de comunicarles que el artículo

"Análisis de la influencia de la administración portuaria en la sostenibilidad de los puertos mediante técnicas de inteligencia artificial"

cuyos autores son D^a. Beatriz Molina Serrano, D^a. Nicoleta González Cancelas ñate y D. Francisco Soler Flores, ha sido ACEPTADO para publicación en la revista en el volumen 18 (correspondiente al año 2017).

En cuanto esté publicado nos pondremos en contacto con ustedes a través del correo electrónico para comunicárselo.

Agradeciendo que hayan considerado de interés nuestra revista, reciban un cordial saludo,

Fdo: Vicente Liern Carrión

POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Doctorado en Sistemas de Ingeniería Civil

REVISTA OBRAS PÚBLICAS

De: ROP [mailto:rop@ciccp.es]

Enviado el: lunes, 04 de septiembre de 2017 9:04

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: RV: Envío de artículo para su posible publicación en su revista

Tenemos su artículo y lo publicaremos en cuanto dispongamos de espacio. Ya se lo hemos confirmado en anteriores ocasiones.

Un saludo,

Papell

Director de la ROP

PENSAMIENTO MATEMÁTICO

De: MARILÓ LÓPEZ GONZÁLEZ [mailto:marilo.lopez@upm.es]

Enviado el: lunes, 23 de octubre de 2017 20:19

Para: nicoleta.gcancelas@upm.es

CC: alcamor@gmail.com; Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>;
alberto.camarero@upm.es

Asunto: Artículo Pensamiento Matemático

Estimados autores:

Está disponible el nuevo número de la Revista Pensamiento Matemático en el que se incluye vuestro trabajo.

Podéis consultarlo en la web de la revista:

<http://www.caminos.upm.es/matematicas/revistapm/>

Un saludo.

--

MARILÓ LÓPEZ GONZÁLEZ

Departamento de Matemática e Informática Aplicadas a la Ingeniería Civil y Naval.

Universidad Politécnica de Madrid

REVISTA INGENIERÍA CIVIL

De: José Carlos Pacheco Diaz [mailto:jose.c.pacheco@cedex.es]

Enviado el: martes, 10 de octubre de 2017 16:06

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

CC: Leticia Martinez Etayo <Leticia.MartinezEtayo@cedex.es>

Asunto: RE: Revisión Formal "Estudio de las relaciones entre variables...", IC_188

Gracias por todo, Beatriz, y procedo a pasar el artículo a maquetación.

Saludos

De: Molina Serrano, Beatriz [mailto:bmolinas@prointec.es]

Enviado el: martes, 10 de octubre de 2017 15:41

Para: José Carlos Pacheco Diaz

CC: Leticia Martinez Etayo

Asunto: RE: Revisión Formal "Estudio de las relaciones entre variables...", IC_188

Importancia: Alta

Buenas tarde José Carlos,

Nos parecen una buena idea los ligeros cambios en el título e inglés, así que le adjunto de nuevo el manuscrito con ellos implementados.

Asimismo, le adjunto las figuras que indica. Tan sólo comentar que la Figura 1 es un SmartArt del Word, pero, no obstante, la adjunto como figura en jpg.

Quedo a su disposición para cualquier otra cosa que pudiera surgir.

Un saludo,

Beatriz Molina

De: José Carlos Pacheco Diaz [mailto:jose.c.pacheco@cedex.es]

Enviado el: martes, 10 de octubre de 2017 15:27

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

CC: Leticia Martinez Etayo <Leticia.MartinezEtayo@cedex.es>

Asunto: Revisión Formal "Estudio de las relaciones entre variables...", IC_188

Buenas tardes, Beatriz,

Al hacer la revisión formal de vuestro artículo "Estudio de las relaciones entre variables de transporte...", para su publicación en el próximo número, 188, de Ingeniería Civil, hemos detectado que no se nos han mandado los archivos electrónicos correspondientes a las figuras 1, 7 y 8.

Por otra parte, y en lo que concierne al título en inglés, estimamos que pueden introducirse una correcciones que sometemos a vuestra valoración. Si consideráis que son adecuadas, nosotros mismos nos encargaremos de incorporarlas a la versión proporcionada. En caso contrario, mantendremos la redacción del original tal y como se nos mandó.

Study of the relationships between transport variables and international trade variables, and variables those involved in the choice of liquefied natural gas use in Short Sea Shipping through a belief networks analysis

Quedando a vuestra disposición en caso necesitéis cualquier otra ayuda y/o información, hacemos uso de la ocasión para haceros llegar un cordial saludo.

José-Carlos Pacheco

Despacho: 305

Servicio de Publicaciones (REYAC)

CETA-CEDEX

C/Alfonso XII, 3 y 5

28014 MADRID

Tfno: (+34) 91-3357207

E-mail: Jose.C.Pacheco@cedex.es

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS
Y EXPERIMENTACIÓN
DE OBRAS PÚBLICAS

TRANSPORTE Y TERRITORIO

Asunto: RTT

Fecha: 2017-10-30 20:47

Remitente: "Alejandro Benedetti" <alejandrobenedetti@conicet.gov.ar>

Destinatario: <beatriz.molinas@alumnos.upm.es>

Beatriz,

Recibí el artículo y queda aprobado. Sin embargo, es necesario realizar algunos ajustes menores. Están indicados en el artículo.

Espero me lo envíes a la brevedad posible. Por favor, remitir a este mismo correo.

Será publicado en el primer número de 2018.

Atte.

DR. ALEJANDRO BENEDETTI

Editor Responsable

<http://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt> [1]

Asunto: RE: RTT/evaluaciones

Fecha: 2017-10-30 21:10

Remitente: "Alejandro Benedetti" <alejandrobenedetti@conicet.gov.ar>

Destinatario: "'BEATRIZ MOLINA SERRANO'"

<beatriz.molinas@alumnos.upm.es>

Beatriz,

Me doy cuenta que mezclé los dos artículos tuyos que tengo en cola. El primero es "Análisis de las dimensiones institucional, económica, social y ambiental portuarias a través de inteligencia artificial", enviado en abril. Ese iría en el primer número de 2018. Ya les envié las evaluaciones, no?

El segundo, que es este que me has remitido en su versión modificada, lo recibí en agosto. Ese iría para el segundo número de 2018. Adjunto la versión correcta, con cambio de número de artículo y fecha de recepción.

Quiero señalarte, asimismo, que hasta tanto no hayamos publicado estos dos artículos, no recibiremos nuevos de parte del mismo equipo de autores, por una cuestión de equilibrio con respecto a otros grupos que también están procurando publicar en nuestra revista.

Quedo atento a cualquier consulta.

Atte.

Alejandro Benedetti

WORLS SCIENTIFIC NEWS

De: Tomasz Borowski [mailto:world.scientific.news@wp.pl]

Enviado el: lunes, 14 de agosto de 2017 10:43

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto:

Article published

(enclosure)

I invite to more far co-operation.

all best

TB

SCIECONF 2017

De: info@scieconf.com [mailto:info@scieconf.com]

Enviado el: sábado, 27 de mayo de 2017 10:40

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: ScieConf 2017, Status of paper ID5397.

Dear Beatriz Molina Serrano,

paper name: Influence diagrams to measure port sustainability (Paper ID: #5397)

You need to revise your paper according reviewers' comments (your reviews are available later in this email or in conference web page).

Please note that the paper will be published ONLY after you send the REVISED version. Please, send us your revised version using email: info@scieconf.com before 26.06.2017 00:00:00.

As email's subject use: "Revision - ID 5397".

This email is longer, because it contains essential information about next processes, so please read it carefully.

Information you will find in this email:

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION
2. Information about PAYMENT
3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION Conference is available at: scieconf.com

Conference begins from : 26.06.2017 00:00:00

Conference is open until : 30.06.2017 23:59:00.

Use your account to access the conference.

The discussion will be held online and you will receive a notification email, when a post is submitted for your article.

NEW: if you are interested in more detailed presentation of your paper, please prepare presentation according instruction available at: scieconf.com/conference-presentation

2. Information about PAYMENT

Please try to pay the conference fee as soon as possible, otherwise you will not be able to access the conference, and you will not be included in proceeding and conference archive.

All information about payment is available: scieconf.com/payment

Payment deadline is: 26.06.2017 00:00:00.

If you need the invoice in advance, please contact us at: info@scieconf.com

3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

--- REVIEW 1 -----

*** Review: Review 12.05.2017 22:52:53 ***

*** Formal and technical quality of the Paper

*** Language quality: [Average]

*** Number of pages: [5]

*** Presentation: [Average]

*** Referencing - state of art: (Does the Author use sufficient amount of Sources, are they properly used in text, etc.?)

[Yes]

*** Are the Figures and Tables easy to understand, readable and properly described?

[Needs to be improved]

*** Content quality of the Paper

*** Originality: [Above average]

*** Does the Paper contribute to the scientific area?

[Yes, it does]

*** General Notes and Comments

*** Your opinion:

Authors' theme is very important for administrators of port infrastructure, regulators, coordinators of the service provided and, especially community leaders. Key issue is that Port Authorities start to incorporate sustainable elements- included in Port Law- in their tools, used to regulate port services and public possession management.

*** Positives:

The authors in their paper analyse Artificial neural networks (RNA) - new programming technologies based on computer systems for the analysis and study of learning and automatic processing sustained on the animal neural systems. One of the methodologies to be used are Bayesian Networks, Main Works in transport system have been developed using Bayesian Networks.

*** Negatives:

Figures 1 and 2 are difficult to read because the letters are too small.

*** Suggestions for improvements:

Authors should improve figures. All sources of literature should be translated into English language.

*** Summary

*** Your final decision: [Accept after revision]

We are looking forward your participation.

Best regards:

organizing committee ScieConf 2017

e-mail: info@scieconf.com

web: scieconf.com

HASSACC 2017

De: info@hassacc.com [mailto:info@hassacc.com]

Enviado el: sábado, 09 de septiembre de 2017 13:55

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: HASSACC 2017, Status of paper ID5232.

Dear Beatriz Molina Serrano,

it is our great pleasure to announce you; your paper Bayesian networks: definition of relationship between port variables to planning and management in a sustainability way (Paper ID: #5232) has been [ACCEPTED] fo the conference HASSACC 2017, without need for major revision.

This email is longer, because it contains essential information about next processes, so please read it carefully.

Information you will find in this email:

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION
2. Information about PAYMENT
3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION Conference is available at: hassacc.com

Conference begins from : 25.09.2017 00:00:00

Conference is open until : 29.09.2017 23:59:00.

Use your account to access the conference.

The discussion will be held online and you will receive a notification email, when a post is submitted for your article.

NEW: if you are interested in more detailed presentation of your paper, please prepare presentation according instruction available at: hassacc.com/conference-presentation

If you need update your paper, please send us updated version in email: info@hassacc.com.

2. Information about PAYMENT

Please try to pay the conference fee as soon as possible, otherwise you will not be able to access the conference, and you will not be included in proceeding and conference archive.

All information about payment is available: hassacc.com/payment

Payment deadline is: 25.09.2017 00:00:00.

If you need the invoice in advance, please contact us at: info@hassacc.com

3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

--- REVIEW 1 -----

*** Review: Review 17.08.2017 17:04:54 ***

*** Formal and technical quality of the Paper

*** Language quality: [Very good]

*** Number of pages: [7]

*** Presentation: [Very good]

*** Referencing - state of art: (Does the Author use sufficient amount of Sources, are they properly used in text, etc.?)

[Yes]

*** Are the Figures and Tables easy to understand, readable and properly described?

[Yes]

*** Content quality of the Paper

*** Originality: [High]

*** Does the Paper contribute to the scientific area?

[Yes, it does]

*** General Notes and Comments

*** Your opinion:

The paper presents a topical and interesting investigation.

*** Positives:

Clear and concise exhibition.

*** Negatives:

Figures are small and difficult to read.

*** Suggestions for improvements:

The second sentence in the abstract seems to be not finished and lacking a verb.

Some citations descriptions in brackets could be shorten - e.g.[13-16], [20-22].

*** Summary

*** Your final decision: [Accept]

We are looking forward your participation.

Best regards:

organizing committee HASSACC 2017

e-mail: info@hassacc.com

web: hassacc.com

RCITD 2017

De: info@rcitd.com [mailto:info@rcitd.com]

Enviado el: jueves, 26 de octubre de 2017 7:11

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: RCITD 2017, Status of paper ID5100.

Dear Beatriz Molina Serrano,

paper name: Methodology to define the use of liquid natural gas in the short sea shipping in Europe using data mining techniques (Paper ID: #5100)

You need to revise your paper according reviewers' comments (your reviews are available later in this email or in conference web page).

Please note that the paper will be published ONLY after you send the REVISED version. Please, send us your revised version using email: info@rcitd.com before 13.11.2017 00:00:00.

As email's subject use: "Revision - ID 5100".

This email is longer, because it contains essential information about next processes, so please read it carefully.

Information you will find in this email:

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION 2. Information about PAYMENT 3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION Conference is available at: rcitd.com

Conference begins from : 13.11.2017 00:00:00

Conference is open until : 17.11.2017 00:00:00.

Use your account to access the conference.

The discussion will be held online and you will receive a notification email, when a post is submitted for your article.

NEW: if you are interested in more detailed presentation of your paper, please prepare presentation according instruction available at: rcitd.com/conference-presentation

2. Information about PAYMENT

Please try to pay the conference fee as soon as possible, otherwise you will not be able to access the conference, and you will not be included in proceeding and conference archive.

All information about payment is available: rcitd.com/payment

Payment deadline is: 13.11.2017 00:00:00.

If you need the invoice in advance, please contact us at: info@rcitd.com

3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

--- REVIEW 1 -----

*** Review: Review 13.10.2017 08:59:59 ***

*** Formal and technical quality of the Paper

*** Language quality: [Average]

*** Number of pages: [6]

*** Presentation: [Good]

*** Referencing - state of art: (Does the Author use sufficient amount of Sources, are they properly used in text, etc.?)

[Needs to be improved]

*** Are the Figures and Tables easy to understand, readable and properly described?

[Yes]

*** Content quality of the Paper

*** Originality: [High]

*** Does the Paper contribute to the scientific area?

[Yes, it does]

*** General Notes and Comments

*** Your opinion:

Included my suggestions below. Try to improve the quality of language.

*** Positives:

-

*** Negatives:

-

*** Suggestions for improvements:

1. Include the source (reference), when equations from other published articles were added. Also, explain each symbol, and letters used.
2. Inference, classification and validation (3rd paragraph): Delete "Thanks to Bayesian inference" from the first sentence.
3. RESULTS (4th paragraph): Replace 'I' with 'In' (In other words)
4. Conclusions (1st paragraph): Replace 'document' with "study".
5. REFERENCES: Reference 4: Include the volume, issue and page numbers. Reference 9 & 14:

Include the names of all authors. Do not use 'et al.' in the reference list. Reference 22 & 29: Page numbers missing. Reference 27 & 33: The reference style is different. Volume, issue and page numbers are shown in a different style.

*** Summary

*** Your final decision: [Accept after revision]

We are looking forward your participation.

Best regards:

organizing committee RCITD 2017

e-mail: info@rcitd.com

web: rcitd.com

QUAESTI 2017

De: info@quaesti.com [mailto:info@quaesti.com]

Enviado el: sábado, 25 de noviembre de 2017 13:25

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

Asunto: QUAESTI, Status of paper ID5311.

Dear Beatriz Molina Serrano,

it is our great pleasure to announce you; your paper Decision-making on sustainable port management using inference of Bayesian networks (Paper ID: #5311) has been [ACCEPTED] for the conference QUAESTI, without need for major revision.

This email is longer, because it contains essential information about next processes, so please read it carefully.

Information you will find in this email:

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION
2. Information about PAYMENT
3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

1. Information about CONFERENCE DATES and PRESENTATION Conference is available at: quaesti.com

Conference begins from : 09.12.2017 00:00:00

Conference is open until : 16.12.2017 23:59:00.

Use your account to access the conference.

The discussion will be held online and you will receive a notification email, when a post is submitted for your article.

NEW: if you are interested in more detailed presentation of your paper, please prepare presentation according instruction available at: quaesti.com/conference-presentation

If you need update your paper, please send us updated version in email: info@quaesti.com.

2. Information about PAYMENT

Please try to pay the conference fee as soon as possible, otherwise you will not be able to access the conference, and you will not be included in proceeding and conference archive.

All information about payment is available: quaesti.com/payment

Payment deadline is: 09.12.2017 00:00:00.

If you need the invoice in advance, please contact us at: info@quaesti.com

3. Information about REVIEWS FOR YOUR ARTICLE

--- REVIEW 1 -----

*** Review: Review 16.11.2017 17:38:22 ***

*** Formal and technical quality of the Paper

*** Language quality: [Good]

*** Number of pages: [5]

*** Presentation: [Good]

*** Referencing - state of art: (Does the Author use sufficient amount of Sources, are they properly used in text, etc.?)

[Yes]

*** Are the Figures and Tables easy to understand, readable and properly described?

[Yes]

*** Content quality of the Paper

*** Originality: [High]

*** Does the Paper contribute to the scientific area?

[Yes, it does]

*** General Notes and Comments

*** Your opinion:

Author of the study presents the possibility of using Bayesian Networks to decision-making on sustainable port management. The proposed approach to decision-making on differentiated development is a new approach in this area.

The paper is written clearly and understandable. Text editing is correct and thorough. The paper is written in good communicative English, although in some parts the style could be improved.

*** Positives:

The paper demonstrates an adequate understanding of the relevant literature in the field and cites a sufficient range of literature sources.

Emphasize the originality of the study. The use of the Bayesian Network is a very interesting solution that can help decide on a diversified port management.

*** Negatives:

-

*** Suggestions for improvements:

-

*** Summary

*** Your final decision: [Accept]

--- REVIEW 2 -----

*** Review: Review 22.11.2017 22:41:37 ***

*** Formal and technical quality of the Paper

*** Language quality: [Good]

*** Number of pages: [5]

*** Presentation: [Good]

*** Referencing - state of art: (Does the Author use sufficient amount of Sources, are they properly used in text, etc.?)

[Yes]

*** Are the Figures and Tables easy to understand, readable and properly described?

[Yes]

*** Content quality of the Paper

*** Originality: [High]

*** Does the Paper contribute to the scientific area?

[Yes, it does]

*** General Notes and Comments

*** Your opinion:

This article presents an interesting tool that can be used in port management. Bayesian networks may be useful and, in this case, take into account the specificity of the problem.

*** Positives:

-

*** Negatives:

-

*** Suggestions for improvements:

-

*** Summary

*** Your final decision: [Accept]

We are looking forward your participation.

Best regards:

organizing committee QUAESTI

e-mail: info@quaesti.com

web: quaesti.com

LOGISTICS

De: lina.li@mdpi.com [mailto:lina.li@mdpi.com]

Enviado el: miércoles, 13 de diciembre de 2017 14:18

Para: Molina Serrano, Beatriz <bmolinas@prointec.es>

CC: Nicoleta González-Cancelas <nicoleta.gcancelas@upm.es>; Francisco Soler-Flores <f.soler@upm.es>; Alberto Camarero Orive <alberto.camarero@upm.es>; Samir Awad-Nuñez <samir.awad@universidadeuropea.es>; Logistics Editorial Office <logistics@mdpi.com>; Lina Li <lina.li@mdpi.com>

Asunto: [Logistics] Manuscript ID: logistics-241360 - Accepted for Publication

Dear Mrs. Molina Serrano,

We are pleased to inform you that the following paper has been officially accepted for publication:

Manuscript ID: logistics-241360

Type of manuscript: Article

Title: Use of Bayesian networks to analyze port variables in order to make sustainable planning and management decision

Authors: Beatriz Molina Serrano *, Nicoleta González-Cancelas, Francisco Soler-Flores, Alberto Camarero Orive, Samir Awad-Nuñez

Received: 26 October 2017

E-mails: bmolinas@prointec.es, nicoleta.gcancelas@upm.es, f.soler@upm.es, alberto.camarero@upm.es, samir.awad@universidadeuropea.es

http://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/e9ecef913ebc896984bfde1a94dbadd6

We will now make the final preparations for publication, then return it to you for your approval.

Kind regards,

Lina Li

Assistant Editor

E-Mail: lina.li@mdpi.com

Newly Released Impact Factor for /Molecules/ (2016): 2.861

--

MDPI Branch Office, Beijing

Logistics Editorial Office

Tel./Fax: +86 010 8055 6771

E-mail: logistics@mdpi.com

<http://www.mdpi.com/journal/logistics/>

MDPI AG

St. Alban-Anlage 66, 4052 Basel, Switzerland Tel. +41 61 683 77 34; Fax +41 61 302 89 18

Disclaimer: The information and files contained in this message are confidential and intended solely for the use of the individual or entity to whom they are addressed. If you have received this message in error, please notify me and delete this message from your system. You may not copy this message in its entirety or in part, or disclose its contents to anyone.