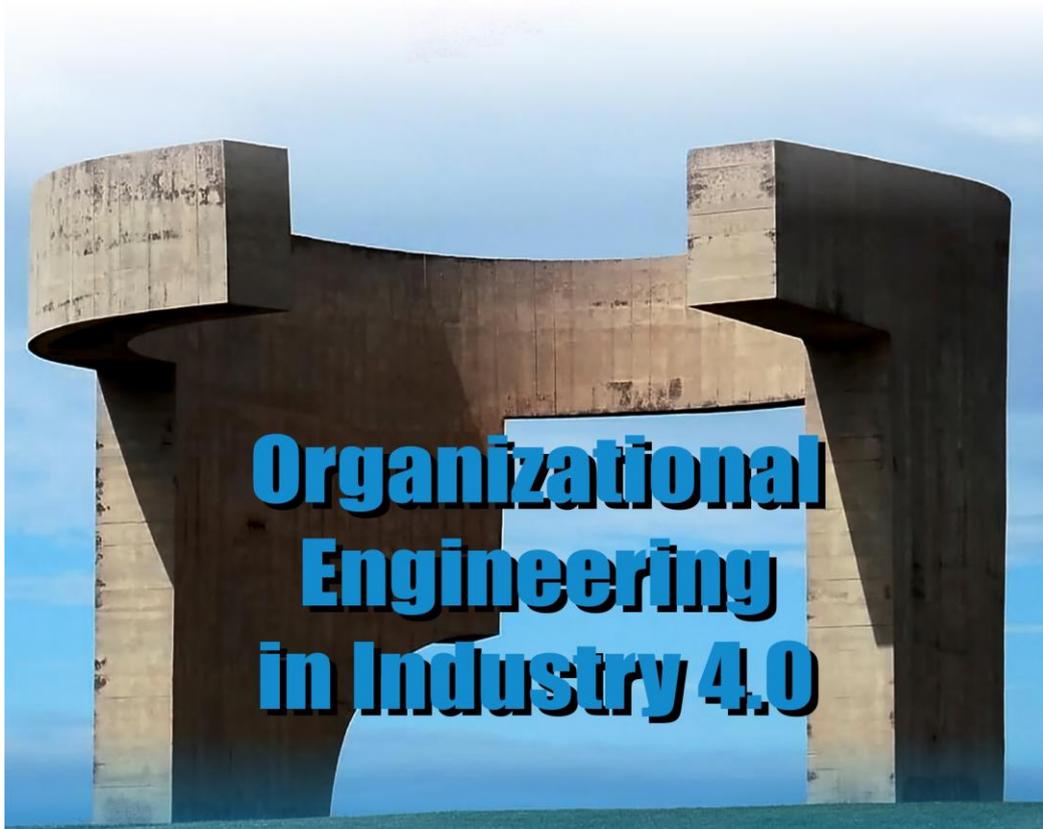




13<sup>th</sup> International Conference on Industrial  
Engineering and Industrial Management

XXIII Congreso de Ingeniería de Organización



**Organizational  
Engineering  
in Industry 4.0**

**BOOK OF ABSTRACTS**

**Gijón, 11th-12th July 2019**

## **Book of Abstracts**

**“13<sup>th</sup> International Conference on  
Industrial Engineering and  
Industrial Management” and  
“XXIII Congreso de Ingeniería de  
Organización (CIO2019)”**

**Book of Abstracts**

**“13<sup>th</sup> International Conference on  
Industrial Engineering and Industrial  
Management” and “XXIII Congreso de  
Ingeniería de Organización  
(CIO2019)”**

**COORDINADORES**

**DAVID DE LA FUENTE GARCÍA**

**RAÚL PINO DIEZ**

**PAOLO PRIORE**

**FCO. JAVIER PUENTE GARCÍA**

**ALBERTO GÓMEZ GÓMEZ**

**JOSÉ PARREÑO FERNANDEZ**

**ISABEL FERNÁNDEZ QUESADA**

**NAZARIO GARCÍA FERNÁNDEZ**

**RAFAEL ROSILLO CAMBLOR**

**BORJA PONTE BLANCO**

© 2019 Universidad de Oviedo  
© Los autores

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo  
Campus de Humanidades. Edificio de Servicios. 33011 Oviedo (Asturias)  
Tel. 985 10 95 03 Fax 985 10 95 07  
[http: www.uniovi.es/publicaciones](http://www.uniovi.es/publicaciones)  
[servipub@uniovi.es](mailto:servipub@uniovi.es)

I.S.B.N.: 978-84-17445-38-6  
DL AS 1875-2019

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo

Todos los derechos reservados. De conformidad con lo dispuesto en la legislación vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reproduzcan o plagien, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, fijada en cualquier tipo y soporte, sin la preceptiva autorización.

# Predicción de rotura de tuberías en redes de abastecimiento de agua a través de un modelo de regresión logística

Robles-Velasco A<sup>12</sup>, Cortés P<sup>13</sup>, Muñuzuri J<sup>14</sup>, Barbadilla-Martín E<sup>4</sup>

**Keywords:** Red de abastecimiento de agua; Regresión logística; Predicción de roturas de tuberías; *Machine learning*

## 1 Introducción

El deterioro de una red de abastecimiento de agua tiene como síntomas la aparición de roturas frecuentes (Pelletier, Mailhot and Villeneuve, 2003). Una rotura inesperada, además de causar daños físicos, supone la interrupción del suministro, lo que deriva en la disminución de la calidad del servicio. Por consiguiente, un sistema robusto de predicción de roturas generará la mejora del servicio y un ahorro de costes significativo.

## 2 Objetivo

El objetivo del estudio es la generación de un mecanismo robusto de predicción de roturas de tuberías. En primer lugar, se analizan los tipos de análisis predictivos existentes: estadísticos, probabilísticos e inteligencia artificial, y su aplicación al caso de estudio. Además, se estudian las características del problema, siendo éste, en la mayoría de los casos, un problema de clases desequilibradas. En las redes de abastecimiento reales existen muchas más tuberías que no sufren ninguna rotura, siendo el principal objetivo predecir las roturas que sí ocurrirán.

---

<sup>12</sup>Alicia Robles Velasco (✉e-mail: arobles2@us.es)<sup>+</sup>\*

<sup>13</sup>Pablo Cortés Achedad (e-mail: pca@us.es)<sup>+</sup>\*

<sup>14</sup>Jesús Muñuzuri Sanz (e-mail: munuzuri@us.es)<sup>\*</sup>

<sup>14</sup>Elena Barbadilla Martín (e-mail: ebarbadilla@us.es)<sup>\*</sup>

<sup>+</sup>Cátedra del agua (*EMASESA-US*)

<sup>\*</sup>Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla. C/ Camino de los Descubrimientos S/N, 41092 Sevilla (Spain).

### 3 Método

La regresión logística (Cox and Snell, 1989) es un método estadístico que permite modelar fenómenos cuya variable respuesta es cualitativa, estableciendo la probabilidad de pertenecer a una clase como una función de distribución logística (1).

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-wx_i}} \quad (1)$$

Esta método permite contemplar tanto las tuberías que sufren alguna rotura, como las que no. Resolver el modelo implica estimar los pesos,  $w$ , asociados a las variables explicativas,  $x_i$ . La salida del modelo es una variable binaria,  $y_i$ , que representa si el suceso de interés, la rotura, ocurre o no.

### 4 Resultados

Con objeto de validar la aplicabilidad de esta metodología al problema de estudio, se hace uso de los datos correspondientes a la red de abastecimiento de Sevilla. El histórico disponible consta de siete años y un total de 4,393 roturas. Las variables de entrada del modelo son: material, diámetro, edad, longitud, número de acometidas, tipo de red, número de roturas previas y fluctuación de la presión. Además del procesamiento de los datos, se incorporan mecanismos de *machine learning*, como la validación cruzada, el equilibrado de clases, o el relleno de huecos, haciendo que el rendimiento del modelo mejore considerablemente.

Una vez estimado el modelo con datos de entrenamiento, se consigue una precisión (*accuracy*) del 76.6% y la predicción del 85.9% de las roturas (*recall*) de los datos de evaluación.

### 5 Conclusiones

En este estudio se demuestra la aplicabilidad de la regresión logística como técnica de predicción de rotura de tuberías en una red real de gran tamaño. El porcentaje de predicciones correctas es muy alto, lo que supone la posibilidad de evitar un gran número de roturas. Las variables que se han identificado como las más influyentes en la rotura son el material y la longitud de la tubería, seguido por el número de roturas previas y la edad.

### Referencias

- Cox, D. R. and Snell, E. J. (1989) Analysis of Binary Data. 2nd edn. London: Chapman and Hall Ltd.
- Pelletier, G. V., Mailhot, A. and Villeneuve, J.-P. (2003) 'Modeling Water Pipe Breaks-Three Case Studies', Journal of Water Resources Planning and Management, 129, pp. 115–123.