



Title: Application of logistic regression in industrial maintenance management

Authors: HERRERA-SÁNCHEZ, Gustavo, SILVA-JUÁREZ, Alejandro, MORÁN-BRAVO, Luz del Carmen and DESAMPEDRO-POBLANO, Héctor Manuel

Editorial label RINOE: 607-8695

VCICA Control Number: 2023-01

VCICA Classification (2023): 010923-0001

Pages: 13

RNA: 03-2010-032610115700-14

RINOE - Mexico

Park Pedregal Business. 3580-
Adolfo Ruiz Cortines Boulevard –
CP.01900. San Jerónimo Aculco-
Álvaro Obregón, Mexico City
Skype: RINOE-México S.C.
Phone: +52 1 55 1260 0355
E-mail: contact@rinoe.org
Facebook: RINOE-México S. C.
Twitter: [@Rinoe_México](https://twitter.com/Rinoe_México)

www.rinoe.org

Holdings

Mexico	Peru
Bolivia	Taiwan
Cameroon	Western
Spain	Sahara



Introducción

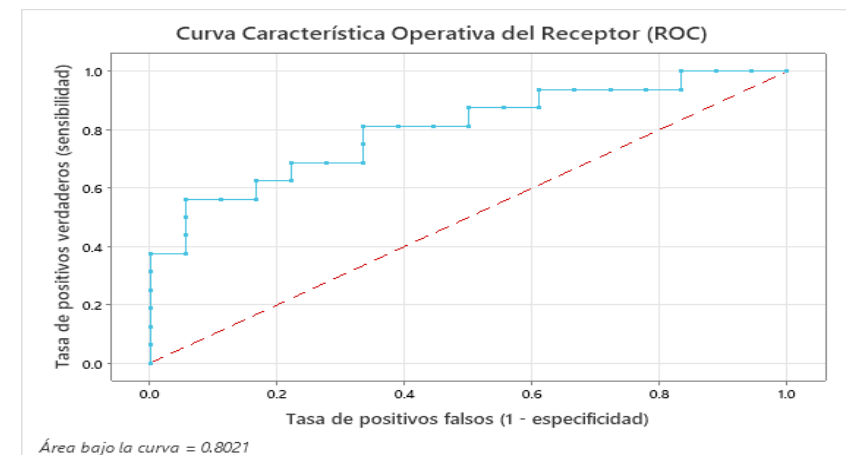
Metodología

Resultados

Anexos

Conclusiones

Referencias

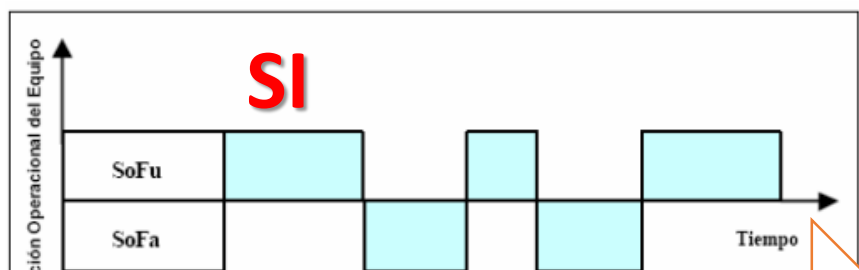




ECORFAN®

Introducción

Gestión del mantenimiento



- Regresión lineal simple
- Regresión lineal múltiple
- Regresión polinómica
- Regresión logarítmica
- Regresión exponencial
- Regresión Potencial

Regresión Logística



ECORFAN®



Metodología

Regresión logística

- variable independiente $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n,$
- variable dependiente discreta y dicótoma Y , generalmente toma los valores de 0 y 1.
- función logística o sigmoide

$$f(x) = \frac{e^x}{1 + e^x} = \frac{1}{1 + e^{-x'}}$$



ECORFAN®



Metodología

Gestión del mantenimiento:

Variable dependiente Y:

Estado de funcionamiento \rightarrow SoFu \rightarrow No

Estado de falla \rightarrow SoFa \rightarrow Si

Variables independientes X's:

Edad de la máquina \rightarrow v. continua

MTBF \rightarrow v. continua

MTTR \rightarrow v. continua

Mantenimiento correctivo MC \rightarrow v. discreta \rightarrow dicótoma \rightarrow Si

Mantenimiento preventivo MP \rightarrow v. discreta \rightarrow dicótoma \rightarrow Si



ECORFAN®



Metodología

Modelo de regresión logística

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5)}}$$

Y = máquina falla

x_1 = edad de la máquina (EM)

x_2 = tiempo medio entre fallas (MTBF)

x_3 = tiempo medio para repara (MTTR)

x_4 = mantenimiento preventivo (MP)

x_5 = mantenimiento correctivo (MC)



ECORFAN®



Resultados

Ecuación de regresión logística

$$Y' = 0.15 - 0.125EM + 0.00008MTBF + 0.1015MTTF - 1.928MP_{si} + 0.597MC_{si}$$

MP.	MC.	Ecuación
No	No	$Y' = 0.147 - 0.1246EM + 0.00008MTBF + 0.1015 MTTR$
No	Si	$Y' = 0.743 - 0.1246EM + 0.00008MTBF + 0.1015MTTR$
Si	No	$Y' = -1.781 - 0.1246EM + 0.00008MTBF + 0.1015MTTR$
Si	Si	$Y' = -1.184 - 0.1246EM + 0.00008MTBF + 0.1015MTTR$

Ecuaciones del modelo



ECORFAN®



Resultados

Análisis del modelo

Fuente	GL	Chi cuadrada	Valor - p
Regresión	5	7.43	0.190
Edad máquina	1	1.65	0.199
MTBF	1	0.42	0.516
MTTR	1	1.06	0.302
M. Preventivo	1	5.22	0.022
M. Correctivo	1	0.46	0.499



Análisis de Varianza



ECORFAN®



Resultados

Validación del modelo

Pruebas de bondad de ajuste:

- Desviación con valor – $p = 0.112$
- Prueba de Pearson $p = 0.232$
- Prueba de Hosmer – Lemeshow $p = 0.873$

Multicolinealidad

Coeficiente			
Término	Coef	EE coef	FIV
Constante	0.15	1.20	
Edad máquina.	-0.1246	0.0971	1.33
MTBF	0.00008	0.000124	1.05
MTTR	0.1015	0.0984	1.14
M. Prev_Si	-1.928	0.844	1.03
M. Corr_Si	0.597	0.884	1.22



ECORFAN®



Resultados

Relación de probabilidades ODDs

	Odds ratio	IC de 95%
Edad máquina	0.8828	(0.7299, 1.0679)
MTBF	1.0001	(0.9998, 1.0003)
MTTR	1.1069	(0.9127, 1.3423)

Relaciones de probabilidad para predictores continuos

Relaciones de probabilidad para predictores categóricos

Nivel A	Nivel B	Odds	IC de 95%
Mantenimiento preventivo			
Si	No	0.1454	(0.0278, 0.7599)
Mantenimiento correctivo			
Si	No	1.8171	(0.3215, 10.2691)

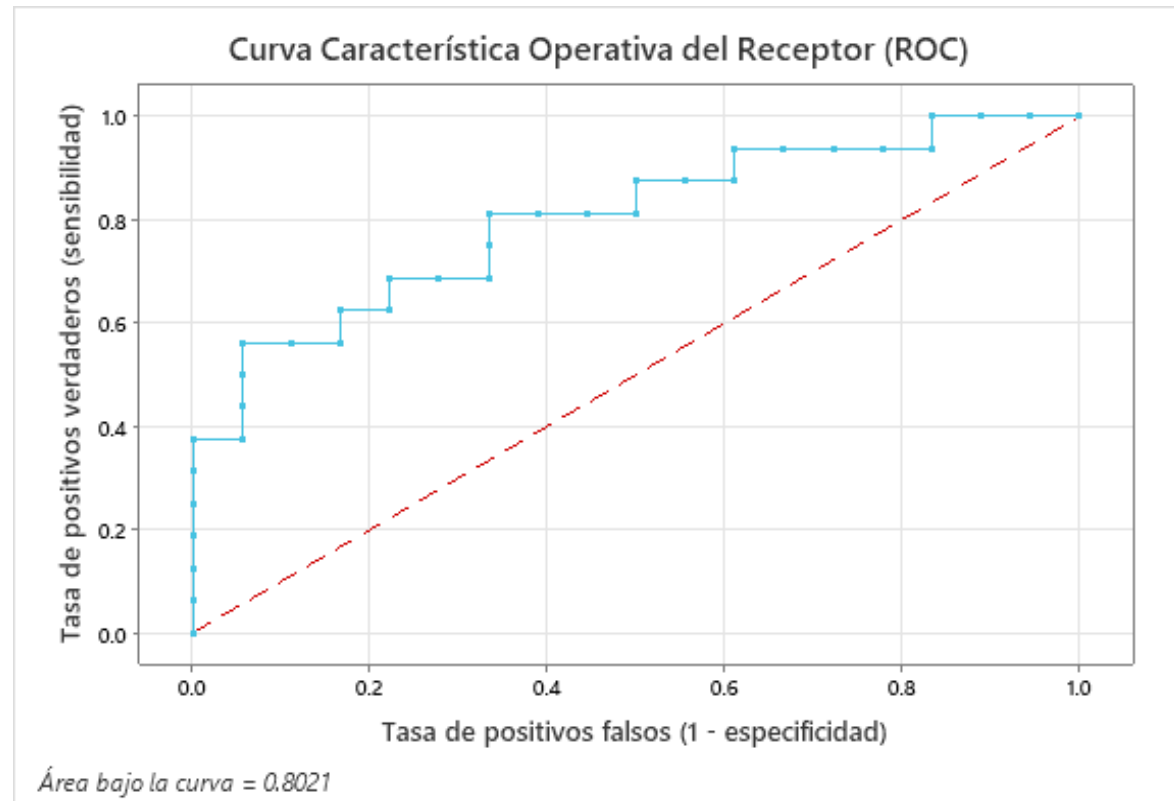


ECORFAN®



Resultados

Curva Característica Operativa del Receptor ROC





ECORFAN®



Conclusiones

- La gestión de mantenimiento se beneficia con la regresión logística para variables discretas dicótomas
- La validación estadística mediante diferentes pruebas permite tener un nivel de confianza adecuado para la predicción
- Con la regresión logística la gestión del mantenimiento puede incorporar más variables discretas para medir su desempeño
- Mediante las tecnologías disruptivas de la Industria 4.0, la gestión del mantenimiento tiene la oportunidad de mejora sus procesos de gestión como regresión logística con Machine Learning



Referencias

- Battifarano, M., DeSmet, D., Madabhushi, A. & Nabar, P. (2018). Predicting Future Machine Failure from Machine State Using Logistic Regression. *arXiv preprint* arXiv:1804.06022, 1-6.
- Bicharra, A., Ferraz, I., Viterbo, J., & de Pavia, D. (2014). Applying Multiple Regression Analysis to adjust Operational Limits in Condition-Based Maintenance. *Bazzan, A. Pichara, K. (eds) Advances in Artificial Intelligence – IBERAMIA 2014. IBERAMIA 2014. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 8864. Springer, Cham, 754-764 https://doi.org/10.1007/978-3-319-12027-0_61.
- Borucka, A., & Grzelack, M. (2019, 9(22), 4770). Application of Logistic Regression for Production Machinery Efficiency Evaluation. *Applied Science*, <https://doi.org/10.3390/app9224770>.
- del Valle, A.R. (s.f.) Curvas ROC (Receiver-Operating-Characteristic) y sus aplicaciones. Sevilla <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/63201/Valle%20Benavides%20Ana%20Roc%20C3%ADo%20del%20TFG.pdf>: Universidad de Sevilla.
- Del Valle, J., & Guerra, C. (2012). La multicolinealidad en modelos de Regresión Lineal Múltiple. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias Vol 21 No. 4* https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000400013.
- Eagle Technology, Inc. (20 de abril de 2023): *MAINTENANCE KEY PERFORMANCE INDICATORS E-book 2020*. Obtenido de <https://www.caba.org/wp-content/uploads/2021/07/IS-2021-186.pdf>
- Hilbe, J.M. (2015) *Practical Guide to Logistic Regression*. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group. [https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/REGRESI%20LOGISTIK/Practical%20Guide%20to%20Logistic%20Regression%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/REGRESI%20LOGISTIK/Practical%20Guide%20to%20Logistic%20Regression%20(%20PDFDrive%20).pdf)
- Le, T., Luo, M., Zhou, J., & Chan, H. (2014). Predictive maintenance decisión using stactical linear regression and kernel methods. *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, 1-6, doi: [10.1109/ETFA.2014.7005357](https://doi.org/10.1109/ETFA.2014.7005357)
- MaintainX. (15 de abril de 2023). *Understanding Maintenance Metrics and KPIs 2021*. Obtenido de <https://f.hubspotusercontent10.net/hubfs/9125465/downloadables/Understanting%20Maintenance%20Metrics%20and%20KPIs%20PDF%20Guide%20CLE.pdf>
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega. <https://elvisjgblog.files.wordpress.com/2019/11/mantenimiento-planeacic3b3n-ejecucic3b3n-y-control-alberto-mora-gutic3a9rrez.pdf>
- Mosallam, A., Byttner, S., Svensson, M., & Rögnvaldsson, T. (2011). *Nonlinear Relation Mining for Maintenance Prediction. 2011 Aerospace Conference (págs. 1-9)* doi: [10.1109/AERO.2011.5747581](https://doi.org/10.1109/AERO.2011.5747581). Big Sky, MT, USA: IEEE.
- Oyekale, A. (2022) Factors Influencing Willingness to Be Vaccinated against COVID-19 in Nigeria. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 6816; <https://doi.org/10.3390/ijerph19116816>.



ECORFAN®



Referencias

- Oyekale, A. (2022) Factors Influencing Willingness to Be Vaccinated against COVID-19 in Nigeria. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 6816; <https://doi.org/10.3390/ijerph19116816>.
- Ramesh, K., & Krishnan, V. (2017) Reliability Availability and Maintainability Analysis of Systems. *Journal of Mathematics and Informatics Vol 11*, 131-141 <https://doi.org/10.22457/jmi.v11a17>
- Salas, M. (18 de mayo de 2023). *Estadística Española* Vol. 38, Num. 14, 1996. Obtenido de https://metodos-avanzados.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/216/2014/03/Regres_log_SALAS-Velasco.pdf.
- Sellitto, M. A. (2020). Análisis de políticas de mantenimiento soportada por simulación en una célula de fabricación flexible. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 28 No. 2, 293-303 <https://www.scielo.cl/pdf/Ingeniare/v28n2/0718-3305-ingeniare-28-02-293.pdf>
- Srivastava, A., Kumar, G., & Gupta, P. (2020). Estimating maintenance Budget using Monte Carlo simulation. *Life Cycle Reliability and safety Engineering Vol 9*, 77-89 <https://doi.org/10.1007/s41872-020-00110-7>.
- Sweets, J. (1988). Measuring the Accuracy of Diagnostic System. *SCIENCE Vol 240*, Issue 4857, 1285-1293, [DOI: 10.1126/science.3287615](https://doi.org/10.1126/science.3287615)
- Teng, H., Hagood, M., Yathepan, Y., Fu, Y., & Li, H. (2016). The development of Regression Models to Estimate Routine Maintenance Costs for State Highway Infrastructure. *Journal of Transportation Technology > Vol. 6* No. 5, 339-359 DOI: [10.4236/jtts.2016.65030](https://doi.org/10.4236/jtts.2016.65030).
- Yongyi, R., Xin, Z., Pengfeng, L., Yoggang, W., & Ruilong, D. (2019). A Survey of Predictive Maintenance: Systems, Purpose and Approaches. *IEEE Communications Surveys & Tutorial*, 20, 1-36. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.07383>
- Yugapriya, M., Judeson, A., & Jayanthi, S. (2022). Predictive Maintenance of Hydraulic System using Machine Learning Algorithms. *International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS)*. (pags.1208-1214). Tuticorin, India: IEEE doi: [10.1109/ICEARS53579.2022.9751840](https://doi.org/10.1109/ICEARS53579.2022.9751840)
- Zabor, E., Reddy, C., Tendulkar, R., & Patil, S. (2022). Logistic Regression in Clinical Studies. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 271-277 <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2021.08.007>.



© RINOE-Mexico

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. VCICA is part of the media of RINOE-Mexico., E: 94-443.F: 008- (www.rinoe.org/booklets)