

Vol. 1, N°2, diciembre de 2020

DOI: 1047460

ISSN 2737-6419

Athena

Revista en Ciencias de la Ingeniería



Editado por: **AutanaBooks**
Engineering & Services

REVISTA ATHENEA

Revista Electrónica Editada por AutanaBooks.

Periodicidad Trimestral.

Nuestra Portada:



Un cúbit o bit cuántico es un sistema cuántico con dos estados propios y que puede ser manipulado arbitrariamente. En esta acepción, el cúbit es la unidad mínima y por lo tanto constitutiva de la teoría de la información cuántica [1].

[1] Cúbit. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%BAbit>. Consultado el 07 de diciembre de 2020

EQUIPO TECNICO

-Webmaster y Metadatos: Ing. Ángel Lezama (Quito, Ecuador).

a2lezama@gmail.com

-Diseño Gráfico y maquetación: Lcda. Eliannys Copeland (AutanaBooks, Ecuador).

mddssnn250195@gmail.com

-Asistente Administrativa: Lcda. Cruzcelis López (AutanaBooks, Ecuador).

crusceliserkanessi@gmail.com

-Traductora: Lcda. Joralci López Herrera (AutanaBooks, Ecuador).

joralci@gmail.com

Los artículos, opiniones y colaboraciones que se publican en esta revista no representan necesariamente la filosofía informativa ni institucional de AutanaBooks y podrán ser reproducidos previa autorización de la Editora. En caso de reproducción se agradece citar la fuente y enviar ejemplares del medio utilizado AutanaBooks, a la siguiente dirección: Ecuador, Quito, sector mitad del mundo, Av. Manuel Córdova Galarza y Av. Shyris, Conjunto Jardines de San Antonio, Casa B1. Teléfono: +593 984600573, correo: editorial@autanabooks.com

Visualización de la Revista:

www.autanabooks.com

DIRECTORIO DE LA REVISTA ATHENEA, EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CONSEJO EDITORIAL

Editora: Dra. Franyelit Suárez, (AutanaBooks, Quito, Ecuador), (Universidad de las Américas, Quito, Ecuador) editorial@autanabooks.com

COMITÉ ACADÉMICO

Dr. Luis Rosales (Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre", Vice Rectorado Puerto Ordaz, Puerto Ordaz, Venezuela).

luis.rosals2@gmail.com

Dr. Janio Jadán (Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador). janiojadan@uti.edu.ec

Dra. Hilda Márquez (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador).

amarquez@umet.edu.ec

Dr. Diego Bonilla (Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador). produccion@bhconsultores.com

Dr. David Parra (Universidad Israel, Quito, Ecuador). david.parra@uisrael.edu.ec

Mgt. Alberto Haro (Empresa Enyde.ec, Quito, Ecuador). alberto.haro@it-solutions-ec.com

Mgt. Gustavo Chango (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

gustavo.chango@pucese.edu.ec

Dra. Gloria Peña (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

gloria.peña@pucese.edu.ec

Dra. Beatriz Maldonado (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

beatriz.maldonado@pucese.edu.ec

Mgt. Karina Mendoza (Universidad UTE, Quito, Ecuador).

karina.mendoza@ute.edu.ec

Mgt. Juan Segura (Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador).

juansegura@uti.edu.ec

Dra. Neris Ortega (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador).

nortega@umet.edu.ec

Dra. Elsa Albornoz (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador).

ealbornoz@umet.edu.ec

Mgt. Evelyne Josefina Campos Reyes (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

evelynehosefina@gmail.com

Mgt. María Fernanda Romero Grimán (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

mferromero@gmail.com

Mgt. Francis del Valle Rosas de Serge (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

francisrosas1@hotmail.com

Lcda. Noreiddy Moreno (Corporación Misión de María, Santiago de Chile, Chile).

norimoreno@gmail.com

Mgt. Eva del Carmen Ochoa Smith (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

evaechoasmith@gmail.com

Mgt. Martha Lopresti (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

CONTENIDO

- 5** *Dam Oscar, Efecto de la descomposición de gas de amoniaco (NH₃) sobre el hinchamiento de óxidos de hierro durante reducción.*
- 12** *Josué Quiroga y Juan Joel Segura D' Rouvel, Análisis de las técnicas neuronales utilizadas en aislantes de transformadores.*
- 21** *Bermúdez Carlos, Ceballos Bejarano Edison Wernher, Ceballos Bejarano Ferdinand Eddington, Modernización de autómatas programables, un análisis en la selección primaria.*
- 27** *César Naranjo, Flor Romero, Análisis de controladores PID para una planta de segundo orden usando redes neuronales*
- 32** *Salazar Roldán Marcelo Nicolás, La responsabilidad en Latinoamérica: Una perspectiva desde la Ingeniería Industrial*
- 37** *Jaramillo Camila, Patiño Ariana, La ingeniería industrial y el mercado verde internacional*

EDITORIAL

La Revista Athenea en Ciencias de la Ingeniería, en su segundo número recoge un conjunto de trabajos de ingenierías que han trascendido la historia, pero que estaban silenciados por las vicisitudes de la vida. Hoy alzan sus voces al mundo para expresar que las ciencias de la ingeniería ha sido un tema en distintos escenarios académicos, industriales y científicos.

La automatización de procesos, la consolidación de análisis en los sistemas de gestión y las distintas aplicaciones industriales, son el eje central de este número de la Revista Athenea de Ciencias de la Ingeniería.

Cada vez son más los desarrollos que nacen en los sectores industriales, y ello constituye un importante efecto de la academia en las industriales, que permite valorar los desarrollos nacionales, que hacen vida en el reconocimiento de las habilidades de los nuevos profesionales y que dan fuerza a la Universidad desde la Industria.

La Revista Athenea, busca destacar en sus publicaciones todo el desarrollo de ingeniería que se da en la industria Latinoamericana, resaltando el valor de nuestra gente.

Franyelit Suárez

Editora

Efecto de la descomposición de gas de amoniac (NH₃) sobre el hinchamiento de óxidos de hierro durante reducción

Dam Oscar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0594-6757>
oscar.curmetals@gmail.com

UNEXPO Puerto Ordaz, Fellow- International Iron
Metallics Association (IIMA)
Estado Bolívar-Venezuela

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: Con el objeto de estudiar la relación y efecto del gas nitrógeno en los gases reductores utilizados en los ensayos de reducibilidad de óxidos de hierro, en condiciones isotérmicas, se ejecutó un esquema de ensayos utilizando gas amoniac, tal que la descomposición del gas en el reactor produjera un gas de H₂ y N₂. Además, se planificó la adición de 6% de NH₃ en una corriente de gas 28% H₂ y 68% N₂ para obtener una composición de gas de 70% N₂ y 30% H₂. Esto permitiría la reinterpretación de los datos de laboratorio para comparar las curvas de reducibilidad entre ambas condiciones, asumiendo que la posible diferencia entre ambas condiciones a comparar los cambios de volumen de las muestras reducidas. La diferencia a estudiar se basará en la estimación y comparación de la velocidad de formación de hierro metálico en las etapas de reducción de hematita/magnetita/wustita (FeO), así como los efectos del nitrógeno absorbido por el hierro metálico fresco producido, partir de la mezcla de gas reductor, sobre el cambio de volumen de las muestras. Así mismo se comparan empíricamente los cambios catastróficos de volumen causados por el nitrógeno comparando fuentes de este gas en reductores carbonosos sólidos.

Palabras Clave: Reducción gaseosa, Hierro de reducción directa (HRD), catálisis, catalizador de hierro, amoniac, hinchamiento, absorción, nitruración. ensayos isotérmicos, nitrógeno en carbón.

Effect of the decomposition of ammonia gas (NH₃) on the swelling of iron oxides during reduction

Abstract: The purpose of this work is to study the relation and the effect of nitrogen in the reducing gas mixture used in the isothermal reducibility testing of the iron oxide by planning and carried out using ammonia gas so that its decomposition produces 15% H₂ and N₂ gases. Ammonia gas also 6% by volume was added to a gas flow containing 28% H₂ y 68% N₂ by weight so that obtain a final gas composition of 30% H₂ and 70% N₂. This reinterpretation of the test data allowing the comparison of reducibility test reducibility in such a way to compare the nitrogen effect on swelling of iron oxides undergoing reduction. The comparison was made based on the theoretical estimation of nitrogen absorption, the fresh metallic iron formation during the hematite-magnetite-Wustite so produced and the abnormal volume increase of the considered samples. It was also possible to empirically relate and compare the studied effects of nitrogen content from different sources but gas such as solid carbon containing reducers such as coal

Keywords: Gaseous reduction, Direct reduced iron (DRI), catalysis, iron catalyst, swelling, absorption, nitriding, isothermal reduction, nitrogen in coal



I. INTRODUCCIÓN

Con el objeto de estudiar la relación y efecto del gas nitrógeno en los gases reductores utilizados en los ensayos de reducibilidad de óxidos de hierro, en condiciones isotérmicas, se ejecutó un esquema de ensayos utilizando gas amoníaco, tal que la descomposición del gas en el reactor produjera un gas de 15% H₂ y 25% N₂. Además, se planificó la adición de 6% de NH₃ en una corriente de gas 8% H₂ y 8% N₂ para obtener una composición de gas de 70% N₂ y 30% H₂ en un flujo de gas de 2 litros/minuto. El estudio comparativo se basará en la estimación y comparación de la velocidad de formación de hierro metálico en las etapas de reducción de hematita/magnetita/wustita (FeO), así como los efectos del nitrógeno absorbido por el hierro metálico, al producido en forma paralela durante el proceso de reducción, sobre el cambio de volumen de las muestras. Así mismo se comparan los cambios de volumen causados por el nitrógeno comparando fuentes de este gas en reductores carbonosos sólidos.

A. Ensayos de reducibilidad

Los ensayos de reducibilidad se llevaron a cabo en un reactor de acero inoxidable [1], utilizando muestras de un mineral de hierro hematíticas con una porosidad de 3% y un contenido de hierro de XXX5 con medidas de un cubo de dimensiones 3x3x3 mm por lado. Por su parte, los gases utilizados se mezclaron para obtener composiciones de 30% H₂ y 70% N₂, y 28% H₂ y 68% N₂/6% NH₃, con esta última mezcla al descomponerse se obtendría la primera composición, pero se obviarían las reacciones de adsorción y activación del gas hidrogeno para reaccionar con el oxígeno en el frente de reacción para reducción y generar H₂O y del nitrógeno para ser absorbido por el hierro metálico, ya que todas las especies gaseosas se asumen como "nacientes", esto es en forma de iones H⁺ y N⁺ y Fe metálico formado a partir de iones Fe³⁺ con 4 vacancias tetraédricas pasando a Fe²⁺ y Fe metálico liberando 4 vacancias y la energía asociada de entre 1,98 y 2,52 eV/Vacancia [2] entre 100 y 140 °C, por su parte Dam [1], estimo este valor en 1,28 eV/Vacancia calculado a 25 °C. Para la estimación de la composición química del óxido reducido, se estima utilizando el método deducido por Dam y Jeffes [3]

II. RESULTADOS

Las curvas de reducibilidad de las muestras cubicas utilizadas bajo condiciones de 100% NH₃ y con las mezclas de 6% NH₃ en mezclas de gas 30% H₂ y 70% N₂ se muestran en las Figuras I. En esta figura se puede apreciar que la reducibilidad del mismo mineral es mayor con gas amoníaco que con la mezcla 30% Hidrogeno y 70% Nitrógeno, lo cual se asocia con la reducción del paso de la activación de la molécula de hidrogeno en la superficie del óxido para adsorberse antes de reaccionar químicamente con el oxígeno y luego desorberse, ya que la adsorción de la molécula de NH₃ en la superficie del óxido, esta se descompone en iones de H⁺ listos para reaccionar con los iones O²⁻ acelerando la reacción de reducción. Ambas curvas ajustadas mediante mínimos cuadrados presentan coeficientes de correlación R cuadrado de 0,99 y 0,98 respectivamente

$$\% R = 0,1629t^2 + 6,8198t - 0,2283(NH_3, 850 \sim C) \quad (1)$$

$$\% R = -0,1494t^2 + 6,105t - 2,9935(30\%H_2/70\%N_2, 900 \sim C) \quad (2)$$

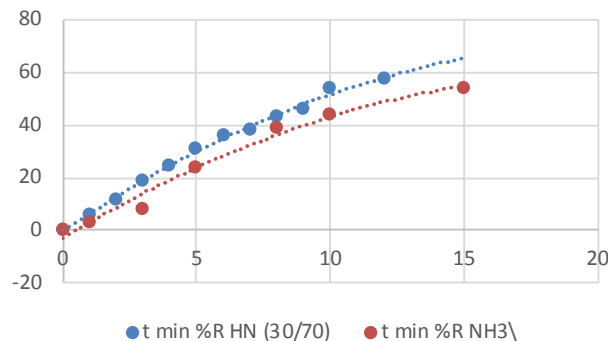


Fig. I. Curva de reducción %Reducción (eje y) versus tiempo (eje x, minutos) [1].

La determinación de la formación de la composición química del producto reducido, en cuanto a la evolución de la formación de hierro, se utilizó el modelo deducido por Dam y Jeffes [3], obteniéndose los resultados mostrados en la Figura II. En esta figura se puede apreciar que la formación de hierro metálico es más temprana que en atmosfera de 30% H₂ y 70% Nitrógeno, lo cual se corresponde con una mayor reducibilidad como se mostró en la Figura I, en ambas curvas se obtuvo un coeficiente de correlación R cuadrado de 0,99 para ambas expresiones matemáticas, como se muestra a continuación.

$$\% \text{ Fe met} = 0,3678t^2 - 0,8423t \quad (\text{NH}_3, 850 \sim \text{C}) \quad (3)$$

$$\% \text{ Fe met} = 0,3101t^2 - 1,0057x - 0,2189 \quad (30\% \text{H}_2/70\% \text{N}_2, 900 \sim \text{C}) \quad (4)$$

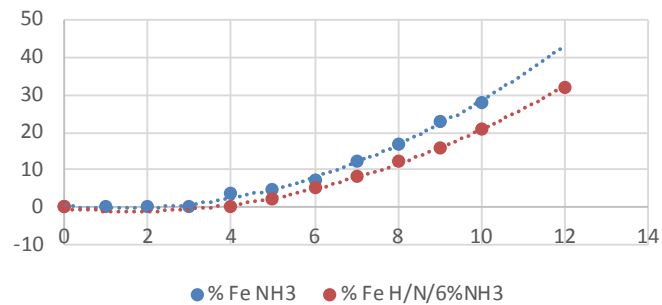


Fig. 2. Formación de hierro metálico (Eje y) versus tiempo de reducción (eje x, min) [1].

Cuando se expresan los valores de formación de hierro metálico, en forma de velocidad $d\text{Fe}(\text{met})/dt$, se obtiene la Figura IV, en la cual se puede observar que en efecto la velocidad de formación de este hierro metálico en las etapas tempranas del proceso de reducción a partir de la transformación de las fases magnetita/wustita (FeO) para formar Fe metálico.

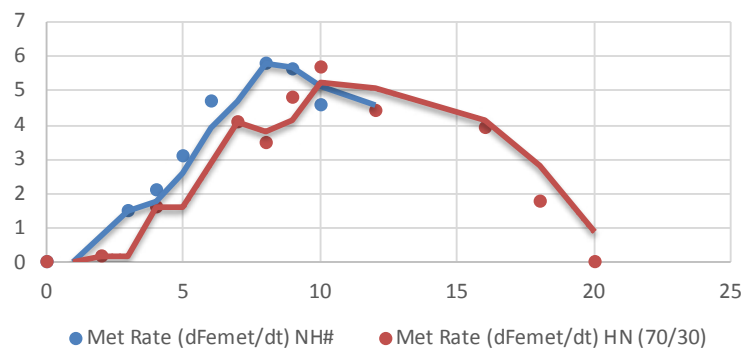


Fig. 3. Velocidad de formación de Fe metálico (eje y) y el tiempo de reducción (eje x., min). (Fuente. Propia Autor).

Esta expresión de velocidad, con un valor obviamente intermedio entre estas mezclas gaseosas y otras con mayor poder reductor y temperaturas, se genera mediante un mecanismo de liberación de energía para disociar las moléculas de NH₃ y aportar la energía necesaria para formar las moléculas activadas de hidrógeno y nitrógeno sobre la superficie del sólido. Esta energía se libera a partir de la liberación de un clúster de vacancias asociadas a los iones Fe⁺³ pasando a Fe⁺² y posteriormente a Fe metálico. Para la representación esquemática de la reacción de reducción en la cual se involucra la energía por vacancia de entre 1,28 eV [1] y de entre 1,98 y 2,25 eV [2] y los efectos cristalinos de las especies involucradas, esta se puede observar en la Fig.5 [2,4].

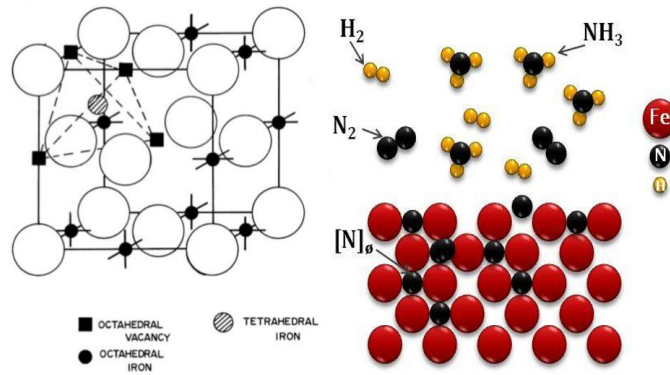


Fig. 4. Esquema de la interacción de las moléculas de NH₃ en la superficie de reacción del óxido a reducir y las vacancias y defectos de los óxidos de hierro [2,4]

A.Efecto de los gases reductores sobre el cambio de volumen.

El efecto de los gases y en especial el gas nitrógeno sobre los cambios de volumen de los óxidos de hierro durante reducción, ha sido reportado por Dam [1] referido por El Geassy [5], en este documento se presenta el análisis de los datos reportados por Dam como los valores máximos promedio de los valores de cambio de volumen de las muestras sometidas a reducción con mezclas de 30% H₂ y 70% N₂. Estos valores se comparan con los valores de nitrógeno disuelto en hierro, representados en el diagrama inestable de fases Fe-N, cuyos valores se presentan en la Tabla 1. En la Tabla I, se representan los dos valores para la temperatura 900 grados Centígrados, ya que es en esta temperatura se presenta el cambio alotrópico del hierro alfa a gamma.

Tabla 1. Variaciones del % N disuelto en hierro y de volumen de las muestras reducidas/10000 en favor de graficar a escalas visibles (Fuente propia autor)

| T °C | 700 | 800 | 850 | 900 Fe α | 900 Fe γ | 950 | 1000 |
|--------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|
| % [N] | 0,0025 | 0,0033 | 0,0040 | 0,0053 | 0,0063 | 0,0256 | 0,0025 |
| ΔVol % | 0,0025 | 0,0028 | 0,0032 | 0,0034 | 0,0075 | 0,0060 | 0,0044 |

Al representar gráficamente estos valores se obtiene una correlación de tendencias bastante notoria y muy clara, es de hacer notar que los valores del cambio porcentual de volumen se dividen por 1000 para efectos de la representación gráfica.

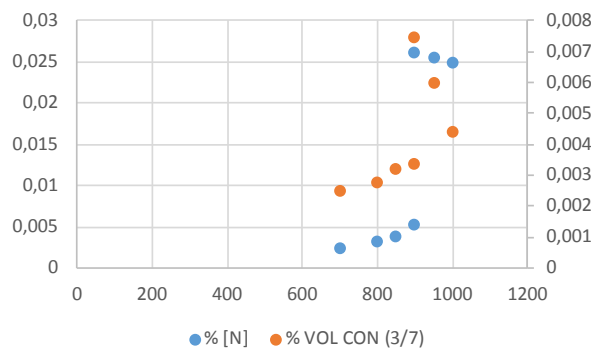


Fig. 5. Relación entre la temperatura de reducción (eje x) y el contenido de nitrógeno (% y, izquierda) y el incremento de volumen %/1000 (eje y, derecho) (Fuente propia autor)

Debido a que la absorción de nitrógeno en hierro causa distorsiones en la estructura cristalina de ambas formas alotrópicas del hierro consideradas en el rango de temperatura estudiado, y dado que el diagrama de estabilidad FeN indica que al enfriar las muestras se producirá la desorción del nitrógeno en forma molecular, el sistema deberá suministrar una energía de activación necesaria y equivalente de entre 51 a 58 Kcal/mol. Esta energía es equivalente a la energía del enlace del nitruro FeN [10] y cuyo efecto no ha sido considerado como un esfuerzo mecánico involucrado en los cambios de volumen considerados.

B. Origen del elemento nitrógeno de reductores sólidos.

Debido a que, en este estudio comparativo, se ha mencionado el nitrógeno en forma de componente dentro de una mezcla gaseosa, es pertinente revisar el origen de este elemento en otros materiales, como son los reductores sólidos carbonosos como carbón, coque y coque de petróleo, bajo la condición de no competir con otras fuentes de oxígeno, esto es que el proceso de reducción no se ejecute en atmósferas de aire. El contenido de nitrógeno en los carbones se encuentra en forma de compuestos del tipo H=N=C desprendiéndose, conjuntamente con otros gases como CH₄, C₂H₄ y C₃H₆, H₂, CO y CO₂) en forma de NH₃ inestable a las temperaturas de reducción, de manera tal que el contenido de nitrógeno calculado está en el orden del 5%, aunque es bajo para ejercer un efecto apreciable sobre el fenómeno estudiado de hinchamiento anormal del volumen de los óxidos presentes aún deberá romper los enlaces respectivos para posteriormente participar en las reacciones de reducción que incluyen estados de activación y adsorción para posteriormente ser absorbido dentro del hierro producido. Por lo tanto, es de esperar que este efecto no se presente también aunado al hecho que, debido a la menor cinética de la reducción con agentes sólidos (dR/dt) 40% de 2,1 [7] comparado con la reducción gaseosa (dR/dt) 40% de 5,75 [1], lo que conlleva a una ralentización (recocido o annealing) del mecanismo de liberación de vacancias y por ende de la energía asociada a este mecanismo de reducción y por ende de absorción de nitrógeno. Como referencia y para evidenciar esta opinión, se hace una comparación de trabajos de reducción realizados en la India con carbones locales [6,7], los valores reportados de los cambios de volumen de los óxidos de hierro utilizados, se comparan con los de las experiencias con reducción de gas NH₃ y mezclas 30% H₂=70% N₂, como se mencionó anteriormente. La comparación realizada se presenta en forma gráfica en la Figura VI, en donde se puede apreciar que los valores comparados de experimentos de reducción con carbones hindúes, se asemejan mucho a los valores reportados para hinchamiento normal, o sea hasta el rango de 30%.

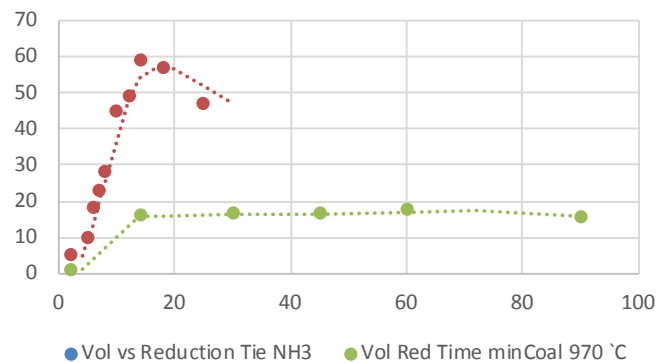


Fig. 6. Comparación de valores de hinchamiento de óxidos de hierro reducidos con NH₃ [1] y carbón [6,7] a diferentes temperaturas en el rango de 800 a 970 °C. (Fuente Autor)

Las curvas de la Figura VI se representan matemáticamente como

$$\%Vol = -0,0098 t^2 + 1,2676 t + 0,8953 \quad (R^2 = 0,973) \quad (5)$$

$$\%Vol = -0,0017 t^2 + 0,3489 t + 0,0873 \quad (R^2 = 0,9698) \quad (6)$$

Las diferencias básicamente se aprecian en los coeficientes de la expresión cuadrática, en relación de 5 a 1 o mayor [7].

C.Absorción de Nitrógeno durante el proceso de reducción.

La absorción de nitrógeno ha sido ampliamente estudiada en los procesos de nitruración de aceros, a 600 grados centígrados de temperatura se han reportado contenidos de 0,1% en peso [11] y reportando un incremento de volumen de entre 10 y 20 % [12]. Otros autores han reportado contenidos de 0,0015% a 900 °C, y 1 atmósfera de persona [12]. En el campo de la catálisis, se han reportado contenidos de nitrógeno en los catalizadores de entre 0,1 % a 0,5% por gramo de catalizador [13]. En el campo de la reducción directa de óxidos de hierro se han reportado contenidos de nitrógeno de 0,005 a 0,01 % en peso en minerales reducidos en mezclas gaseosas con 55 y 66 % en volumen de nitrógeno [13]. Por su parte, Dam [1] reporta los resultados de los análisis para el contenido de nitrógeno remanente en las muestras reducidas de 50 ppm (0,005% en peso) en muestras con hinchamiento anormal mayor al 40% según la Fig.8, utilizando técnicas de Micro-Kjendal y técnica de fusión en vacío para las determinaciones de nitrógeno. Estos resultados son consistentes con la curva de la Figura VII, y cuya expresión matemática se presenta en la ecuación 7 como

$$[\%N] = -5E-05 (\% \text{ Vol})^2 + 0,0048 (\% \text{ Vol}) - 0,09 \quad (R^2 = 0,9454) \quad (7)$$

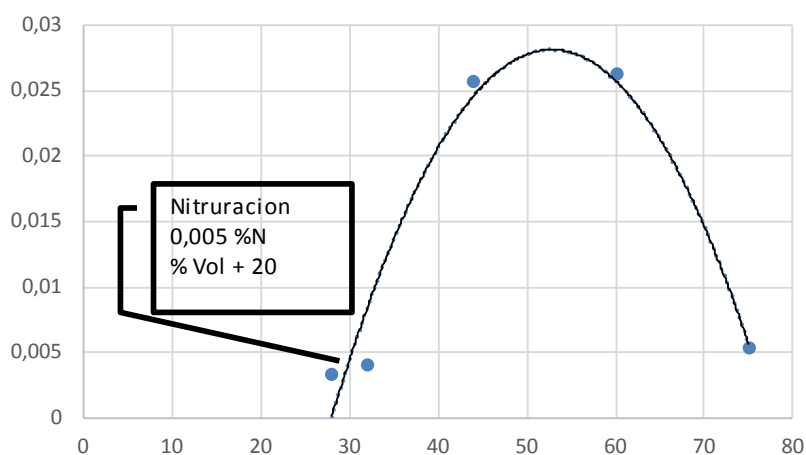


Fig. 7. Efecto del contenido de nitrógeno disuelto (%) en el hierro (eje y,) sobre el incremento de volumen (%) (eje x) durante la reducción de óxidos de hierro.(Fuente Autor)

Al aplicar los valores el contenido de nitrógeno en el hierro por procesos de nitruración y de contenido de nitrógeno en las muestras reducidas a temperatura ambiente, estos valores coinciden con los estimados en la curva en la Figura VII. Nótese la tendencia similar de las curvas mostradas en las Fig. 6 y 7. Cabe señalar que a partir de los 910 °C se produce una disminución de la red cristalina del hierro, se inicia un proceso de sinterización y que durante el enfriamiento de las muestras la solubilidad del nitrógeno en hierro disminuye y hasta el presente estos conceptos no han sido considerados ni medidos.

III.Discusión de resultados.

La comparación de resultados realizados en este documento, permite emitir las siguientes conclusiones

1. Se estableció la relación entre el mecanismo del fenómeno de hinchamiento de los óxidos de hierro con el mecanismo de absorción de nitrógeno en el hierro naciente fresco aun durante la etapa temprana de la reducción e el paso de magnetita a wustita.

2. Se demuestra que tanto durante la absorción de nitrógeno en el rango de los 900 °C y por el cambio alotrópico de ferrita (hierro alfa) a austenita (hierro gamma) en porcentaje en peso absorbido causa expansión volumétrica durante la nitruración.

3. Por características del ensayo isotérmico, y durante el enfriamiento de las muestras ocurre la desorción de nitrógeno gaseoso molecular dentro de las muestras reducidas por efecto del equilibrio termodinámico según el diagrama de equilibrio Fe-N.

4. El efecto de los esfuerzos causados por la desorción de nitrógeno en forma de gas molecular es un efecto

no estudiado en el panorama de los esfuerzos mecánicos asociados al mecanismo de hinchamiento de los óxidos de hierro

5. Existe una clara similitud en las tendencias de las curvas de absorción de nitrógeno y de cambio de volumen.

REFERENCIAS

- [1] O.G. Dam . The Influence of Nitrogen on the Swelling Mechanism of Iron Oxides During Reduction. Univ. of London. PhD Thesis 1983.
- [2] J.D Bogde.- Thermoelectric Power Measurements in Wustite. Univ. of Michigan. 1976.
- [3] O.G. Dam . y J. Jeffes. Model for the Assessment of Chemical Composition of reduced iron ores from single measurements. Ironmaking and Steelmaking. 1987. Vol. 14, N° 5.
- [4] M. Yang. Nitriding-Fundamentals, modelling and process optimization. Tesis PhD. Worcester Polytech Institute. 2012
- [5] T. EL Kasabgy. and W-K. LU. (1980). The Influence of Calcia and Magnesia in Wustite on the Kinetics of Metallization and Iron Whisker Formation. Metallurgical 1980 American Society for Metals and the Metallurgical Society of AIME Volume 11b, September 1980, pp. 410-414.
- [6] Srikar Potnuru Studies nn the Physical Properties and Reduction Swelling Behavior of Fired Haematite Iron ore Pellets. MSc Thesis. Department of Metallurgical and Materials Engineering National Institute Of Technology, Rourkela May 2012
- [7] R.S Agarwal., S.S. Hembram. To Study the Reduction and Swelling Behavior Iron Ore Pellets. BSc. Department of Metallurgical and Materials Engineering National Institute Of Technology, Rourkela May 2013
- [8] C.E. Seaton, J.S. Foster. and Velasco. Structural Changes Occurring during Reduction of Hematite and Magnetite Pellets Containing Coal Char. Transactions ISIJ, Vol. 23, 1983, pp.
- [10] C. Bozco. et.al. Interaction of Nitrogen with Iron Surfaces. Journal of Catalysis 49. 1977.
- [11] L.S. Darken, y R.W. Gurry, Physical Chemistry of Metals. Mc Graw hill . 1953.
- [12] H. A. Weirtdt, and Z .Zwell. Trans. AIME. 229. 142. 1969
- [13] J.J.S.Schulten. et al. Trans. Soc. Faraday. 53, 1363, 1957.
- [14] E.G.Barret., y C.F. Wood. Bureau of Mines R-I 3229. 1934

Análisis de las técnicas neuronales utilizadas en aislantes de transformadores

Josué Quiroga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6819-56743>
 josueesteban_12@hotmail.com
 Universidad Politécnica Salesiana,
 Facultad de Ingeniería Electrónica
 Quito-Ecuador

Juan Joel Segura D' Rouvel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8763-5513>
 juan.segura@uti.edu.ec
 Universidad Tecnológica Indoamérica
 Quito-Ecuador

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: Este artículo presenta el Análisis de Descargas Parciales empleando Técnicas Neuronales. Las máquinas rotativas empleadas en la industria suelen presentar fallas en los aislamientos causadas por falta de mantenimiento y desconocimiento del estado de los mismos. Es importante la realización de pruebas periódicas y evaluaciones continuas del estado del aislamiento para garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas. Uno de los métodos empleados para la detección de estas fallas es el de Descargas Parciales. Las cuales consisten en pequeñas descargas producidas en una porción de gas que queda disuelto en el aceite o dieléctrico que constituye el aislamiento de las máquinas eléctricas. En este trabajo de investigación se realiza un análisis de dos trabajos desarrollados en torno a las descargas parciales, donde se han implementado técnicas de inteligencia artificial. Los resultados mostraron una alta efectividad de las redes neuronales para lograr la clasificación de las descargas parciales y aportar en el mantenimiento de equipos eléctricos de alta potencia.

Palabras Clave: equipos eléctricos de alta tensión, descargas parciales, redes neuronales, fallas.

Neural techniques for transformer insulator analysis

Abstract: This article presents the Analysis of Partial Discharges using Neural Techniques. Rotating machines used in industry tend to have insulation failures caused by lack of maintenance and ignorance of their status. It is important to carry out periodic tests and continuous evaluations of the state of the insulation to guarantee the correct operation of the machines. One of the methods used to detect these faults is Partial Discharge. Which consist of small discharges produced in a portion of gas that is dissolved in the oil or dielectric that constitutes the insulation of electrical machines. In this research work, an analysis of two works developed around partial discharges is carried out, where artificial intelligence techniques have been implemented. The results showed a high effectiveness of neural networks to achieve the classification of partial discharges and contribute to the maintenance of high-power electrical equipment.

Keywords: high voltage electrical equipment, partial discharge, neural networks, failures.



I. INTRODUCCIÓN

En ingeniería eléctrica una descarga parcial es una ruptura de la rigidez dieléctrica muy localizada del aislamiento líquido o sólido. A diferencia del efecto corona, que se manifiesta en los conductores de una forma más o menos estable, las descargas parciales tienen una naturaleza mucho más esporádica. Las descargas parciales en un material aislante suelen iniciarse en huecos rellenos de gas dentro del dieléctrico. Una vez dieron comienzo las descargas parciales se produce un deterioro progresivo de los materiales aislantes, pudiendo causar a la postre el fallo del aislamiento.

Las descargas parciales en máquinas de gran potencia pueden presentarse de cuatro tipos fundamentalmente; descargas de ranura, descargas superficiales, descargas barra a barra y descargas internas. Cada una de las cuales presenta características propias que la distinguen de las otras. También es posible encontrar en una máquina dos fallas simultáneamente, presentando de esta manera un patrón mixto.

Algunos autores [6] afirman que la mayoría de las empresas utiliza operadores humanos para la clasificación de los patrones de descargas parciales. Este tipo de operadores podría arrojar notorios errores en la clasificación, sobre todo si se trata de personal sin experiencia. Esto conduce a la necesidad de buscar operadores automatizados que ofrezcan mejores prestaciones a la hora de clasificar las fallas de los transformadores y poder realizar las labores de mantenimiento respectivo.

En este artículo se presenta el análisis de las publicaciones presentadas por Suárez [6], [7] donde se desarrolla el diseño de un sistema basado en redes neuronales que permita el análisis de las fallas de los transformadores, a partir de las descargas parciales que éstos arrojan. Este sistema utiliza la herramienta MATLAB para el procesamiento de datos.

El toolbox de redes neuronales artificiales de Matlab ofrece una amplia versatilidad para la implementación de este tipo de sistemas. Además es una herramienta que permite realizar varios tipos de redes neuronales para determinar el menor error del sistema, ofreciendo una convergencia con los valores establecidos.

Los autores [6], [7] presentan dos técnicas para clasificar y analizar fallas en transformadores de potencia; una de las técnicas ofrece un análisis a partir de las matrices de pesos de los patrones de descargas parciales mientras que la otra técnica realiza el proceso a través del análisis de la imagen en particular. Finalmente, se muestran ambos resultados como posibles clasificadores y se evalúa el porcentaje de error para cada caso.

II. DESARROLLO

Durante el proceso de fabricación de un aislante, pudiera producirse que quedaren pequeñas cantidades de gas aprisionadas en el seno del material, formando cavidades de formas y dimensiones muy diferentes.

Por otra parte, al montar un aislante alrededor de piezas conductoras en equipos eléctricos; por descuido, imperfecciones, dificultades constructivas, pudieran quedar cavidades entre el dieléctrico sólido y los conductores o entre diferentes capas de aislamiento sólido.

El envejecimiento del material aislante ya sea porque frente a solicitaciones externas de los conductores éstos ejercen fuerzas mecánicas o incluso bajo la acción de contracciones térmicas tales, que dan origen a cavidades de tamaño y formas diversas. Los fenómenos de origen eléctrico que se producen en estas cavidades (burbujas o espacios con gas) son fundamentalmente, los mismos.

Cuando el material aislante es sometido a una diferencia de potencial y debido a la presencia de un campo eléctrico el cual tiende a concentrarse en la cavidad, se produce la ionización del gas presente en éstas, dando origen a una descarga eléctrica, conocida como descarga parcial.

Muchas de las salidas de servicio de máquinas rotativas son causadas por falta de mantenimiento y desconocimiento del estado del aislamiento. De ahí la importancia de la realización de ensayos periódicos y las reparaciones necesarias.

El estudio de las redes neuronales artificiales se engloba dentro de la rama subsimbólica de la inteligencia artificial, dicha rama se dedica al estudio y desarrollo de simulaciones de los elementos inteligentes de la naturaleza (cerebros) con el fin de que de forma espontánea estas simulaciones se comporten de forma inteligente.

Así pues partiendo del estudio biológico del cerebro humano o animal las redes neuronales artificiales intentan simular su estructura y funcionamiento. Si en un cerebro el elemento básico es la neurona, en una red neuronal artificial el elemento básico es la neurona artificial, se debe conocer el funcionamiento de la neurona natural para simularlo en la neurona artificial.

A. Antecedentes

Desde hace más de 30 años se han estado usando los sistemas de monitoreo de descargas parciales. Este método implica la detección de pequeñas descargas que se producen en huecos presentes dentro del dieléctrico. Los diferentes defectos dentro del aislamiento al ir progresando ocasionan un aumento en el nivel de descargas. Al seguir la tendencia de crecimiento de las descargas es posible planificar las paradas por mantenimiento y las reparaciones necesarias.

En los últimos años se han desarrollado equipos más avanzados que presentan especificaciones comerciales más específicas, según la necesidad de los usuarios. Estos equipos presentan tecnología digital y una amplia gama de opciones y usos por computadora, que facilitan la detección de fallas por descargas parciales para cualquier operador.

En sus estudios algunos autores [1], [3], realizaron el análisis de las descargas parciales en grandes máquinas rotantes, sin embargo, su análisis estuvo basado en la aplicación adecuada de la medición de diagnóstico y el monitoreo continuo on-line de descargas parciales, utilizando un acceso TCP/IP en una gran red.

Estos análisis sirvieron para la determinación de las descargas parciales y la supervisión de las mismas en las máquinas eléctricas puestas en funcionamiento. En tal sentido, la investigación realizada no ofrece clasificación de dichas fallas.

Estudios previos de las descargas parciales han permitido la detección de las mismas en las máquinas eléctricas, tal es el caso de otros autores [3] quienes desarrollaron una aplicación con redes neuronales probabilísticas en la detección de fallas incipientes en transformadores. Este estudio da solución al diagnóstico de gases contenidos en los aislantes de los equipos eléctricos. Este estudio permite adquirir las fallas presentes en transformadores sin involucrar el análisis particular de las mismas.

Otros métodos han permitido el estudio de las descargas parciales [1]-[4], [6] realizaron el diagnóstico en línea de motores de gran capacidad mediante la detección de descargas parciales, allí se plantea el análisis de las descargas parciales por la técnica de banda ultra ancha, logrando determinar algunos parámetros de las mismas.

Otro método empleado en el estudio de las descargas parciales, fue el de la transformada wavelet y la descomposición wavelet packet sobre señales de voltaje presentes en aisladores [7], [10], este método requirió de un gran número de cálculos previos y el estudio físico de las variables que intervienen. Tal investigación no involucró los patrones gráficos de descargas parciales.

Otros profesionales del área [6]-[10] realizaron el análisis y muestreo de materiales aislantes para recubrimiento. Lograron mostrar que el escaneo microscópico de electrones arroja información de las cintas de corte del material aislante y la emisión infrarroja de la transformada de Fourier espectroscópica habilita la derivación de indicadores de material de oxidación que se desarrolla en la superficie. A diferencia de la investigación aquí planteada, donde se desarrolla el análisis espectral de los patrones tridimensionales de las descargas parciales y se realiza un procesamiento de las imágenes para lograr una reducción dimensional y finalmente coincidir en una red neuronal artificial.

Los patrones de descargas parciales presentan un gran número de datos estadísticos que permiten su caracterización [8]. [11] haciendo uso de la herramienta de MATLAB para su análisis, logró determinar las variables involucradas con el patrón de descargas parciales.

B. Tipos de descargas parciales

Atendiendo a la definición de descargas parciales como un proceso de ruptura dieléctrica, en el cual el arco que se forma entre dos electrodos es de carácter parcial y transitorio, con un tiempo de duración muy corto y de un bajo contenido energético. Las descargas parciales se pueden caracterizar en tres tipos dependiendo de las propiedades del medio existente entre los electrodos:

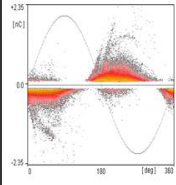
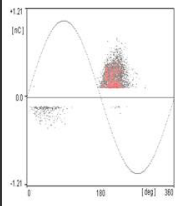
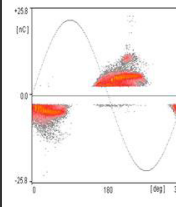
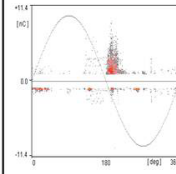
| PATRONES DE DESCARGAS PARCIALES (PATRONES PRPD RECONOCIDOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO) | | |
|--|---|---|
| Descargas internas |  | El patrón está caracterizado por tener una forma redonda de perfecta simetría en ambos medios ciclos, donde la amplitud (Q_m) y el número de pulsos (N) de las descargas son casi iguales. Estas descargas ocurren en el seno o muro del aislamiento del devanado dentro de huecos o cavidades existentes. Debe cambiarse el aislante. |
| Descargas de corona |  | El patrón está caracterizado por tener una forma redonda y asimétrica en ambos ciclos, siendo las descargas positivas las de mayor dominio. Estas descargas ocurren en los extremos o cabezales del devanado, específicamente en la junta de la pintura semiconductora y la pintura gradiente (o anticorona). Difícil de eliminar. Se elimina la fuente de descarga. |
| Descargas barra a barra |  | El patrón está caracterizado por tener una forma elíptica achatada en los polos, su amplitud es casi constante y puede ser registrada en ambos ciclos. Estas descargas ocurren en los extremos del devanado entre dos barras de diferente fase y alto voltaje cuando la distancia es demasiado pequeña o entre una barra de alto voltaje y una cercana al neutro. |
| Descargas de ranura |  | El patrón está caracterizado por una muy aguda inclinación durante el medio ciclo negativo dando una forma de triángulo. Estas descargas son asimétricas y su origen es causado por grandes pulsos de descargas positivas. Estas descargas toman sitio entre el laminado del núcleo magnético del estator y la superficie de las barras de bobinas dentro de la ranura. |

Fig. 1. Tipos de descargas parciales

C. Distribuciones Estadísticas

Como se ha descrito, el fenómeno de descargas parciales es un fenómeno estocástico y por tanto, para poder estudiarlo y analizarlo se debe obtener las distribuciones estadísticas de sus principales características en función del ángulo de fase del voltaje en que ocurren.

Por esta razón se trabaja con tres distribuciones estadísticas:

- 1) La distribución $H_{qmax}(\varphi)$ que muestra el valor máximo del pulso (pC) producido en cada ángulo de fase.
- 2) La distribución $H_{qn}(\varphi)$ que muestra el valor medio de la magnitud de los pulsos (pC) producidos en cada ángulo de fase.
- 3) La distribución $H_n(\varphi)$ que muestra el número de descargas producidas en cada ángulo de fase.

Las distribuciones son diferentes en el semiciclo positivo y en el semiciclo negativo del ciclo de la tensión. Por tanto, las tres distribuciones anteriormente definidas se dividirán en seis: $H_{qmax}(\varphi)$, $H_{qn}(\varphi)$, $H_n(\varphi)$ y $H_{qmax}(\varphi)$, $H_{qn}(\varphi)$, $H_n(\varphi)$.

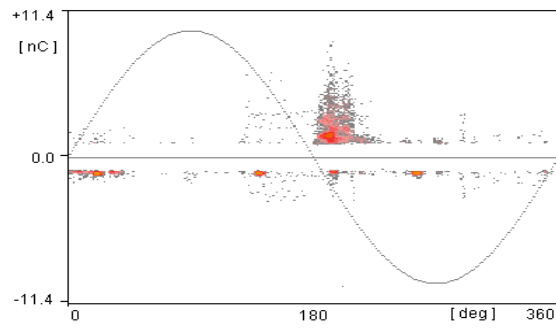


Fig. 2. Descarga tipo ranura

Tabla 1. Operadores estadísticos de la descarga tipo ranura

| Estadístico | RANURA | | |
|-------------|---------|--------|---------|
| | Hqm | Hqn | Hn |
| Sk(U+) | -0,06 | -21,32 | -2,33 |
| Sk(U-) | 0,43 | -22,45 | 1,61 |
| Ku(U+) | -1,58 | -23,32 | 4,02 |
| Ku(U-) | -1,32 | -24,45 | 1,49 |
| Pe(U+) | 37 | -25,32 | 31 |
| Pe(U-) | 30 | -26,45 | 32 |
| Q(U+) | 15,13 | -25,32 | 35,33 |
| Q(U-) | 16,25 | -26,45 | -36,46 |
| cc(U+) | 17,13 | -27,32 | 37,33 |
| cc(U-) | 18,25 | -28,45 | -38,46 |
| mcc(U+) | 19,13 | -29,32 | 39,33 |
| mcc(U-) | 10,25 | -20,45 | -30,46 |
| Desv-Est | 12,4837 | 2,7666 | 29,3490 |

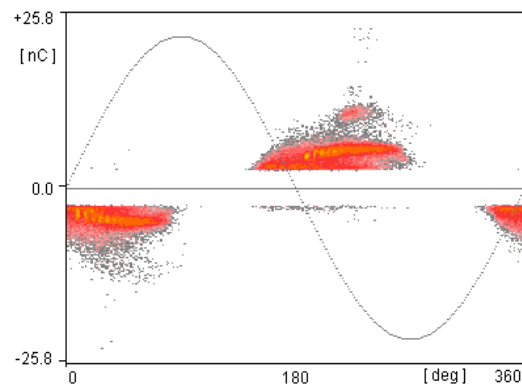


Fig. 3. Descarga parcial tipo barra-barra

Tabla 2. Operadores estadísticos de la descarga tipo barra-barra

| Estadístico | Barra-Barra | | |
|-------------|-------------|-----------|-----------|
| | Hqm | Hqn | Hn |
| Sk(U+) | 0,06 | -21,32 | 1,4 |
| Sk(U-) | 0,1 | -22,45 | 0,58 |
| Ku(U+) | -1,15 | -23,32 | 2,16 |
| Ku(U-) | -1,11 | -24,45 | 0,19 |
| Pe(U+) | 37 | -25,32 | 32 |
| Pe(U-) | 36 | -26,45 | 30 |
| Q(U+) | 15,13 | -25,32 | 35,33 |
| Q(U-) | 16,25 | -26,45 | -36,46 |
| cc(U+) | 17,13 | -27,32 | 37,33 |
| cc(U-) | 18,25 | -28,45 | -38,46 |
| mcc(U+) | 19,13 | -29,32 | 39,33 |
| mcc(U-) | 10,25 | -20,45 | -30,46 |
| Desv-Est | 13,255769 | 2,7666417 | 29,252111 |

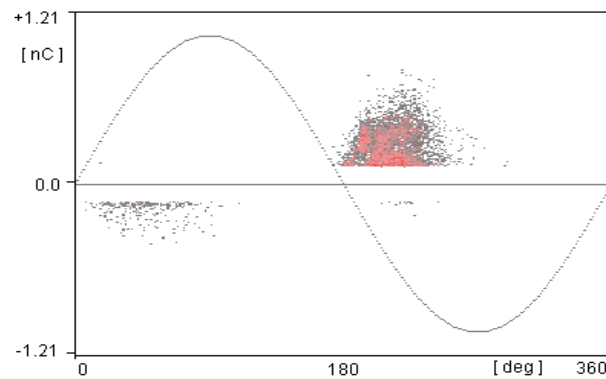


Fig. 4. Descarga tipo corona

Tabla 3. Operadores estadísticos de la descarga tipo corona

| Estadístico | Interna | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | Hqm | Hqn | Hn |
| Sk(U+) | 0,4 | -21,32 | 2,55 |
| Sk(U-) | 0,45 | -22,45 | 1,78 |
| Ku(U+) | -1,15 | -23,32 | 5,92 |
| Ku(U-) | -0,84 | -24,45 | 5,88 |
| Pe(U+) | 42 | -25,32 | 13 |
| Pe(U-) | 33 | -26,45 | 17 |
| Q(U+) | 15,13 | -25,32 | 35,33 |
| Q(U-) | 16,25 | -26,45 | -36,46 |
| cc(U+) | 17,13 | -27,32 | 37,33 |
| cc(U-) | 18,25 | -28,45 | -38,46 |
| mcc(U+) | 19,13 | -29,32 | 39,33 |
| mcc(U-) | 10,25 | -20,45 | -30,46 |
| Desv-Est | 13,610008 | 2,7666417 | 27,353579 |

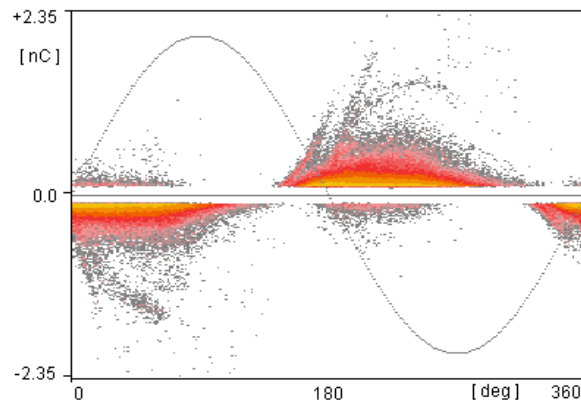


Fig. 5. Descarga tipo interna

Tabla 4. Operadores estadísticos de la descarga tipo interna

| Estadístico | Interna | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | Hqm | Hqn | Hn |
| Sk(U+) | 0,4 | -21,32 | 2,55 |
| Sk(U-) | 0,45 | -22,45 | 1,78 |
| Ku(U+) | -1,15 | -23,32 | 5,92 |
| Ku(U-) | -0,84 | -24,45 | 5,88 |
| Pe(U+) | 42 | -25,32 | 13 |
| Pe(U-) | 33 | -26,45 | 17 |
| Q(U+) | 15,13 | -25,32 | 35,33 |
| Q(U-) | 16,25 | -26,45 | -36,46 |
| cc(U+) | 17,13 | -27,32 | 37,33 |
| cc(U-) | 18,25 | -28,45 | -38,46 |
| mcc(U+) | 19,13 | -29,32 | 39,33 |
| mcc(U-) | 10,25 | -20,45 | -30,46 |
| Desv-Est | 13,610008 | 2,7666417 | 27,353579 |

La extracción de los operadores estadísticos permitió evaluar la similitud intrínseca de estos patrones. Se observó que aun siendo distintos estos patrones; sus diferencias no son relevantes para garantizar un análisis de clasificación de los mismos usando técnicas neuronales. Lo cual indica que estos operadores no pueden ser empleados para diferenciarlas una de la otra y por ende, no pueden ser empleados para la clasificación.

En virtud de que los datos estadísticos no eran suficientes para garantizar una clasificación, se optó por hacer un clúster a partir de las imágenes propiamente. De esta manera resultaría evidente la discriminación entre ellas.

Para el análisis de las imágenes fue necesario realizar un filtrado previo de las mismas. Con la intención de simplificar los datos, removiendo toda aquella información que no es de interés. La simplificación controla la cantidad y naturaleza de la información que es preservada. Además los datos simplificados deben contener áreas fáciles de segmentar. En este caso particular, las imágenes se han simplificado eliminando el excedente de los bordes de las imágenes que no contiene información de interés para el procesado, adicional a ello se han extraído los planos RGB para así poder convertirla a binaria para poder emplearlas en MATLAB.

Para el análisis de las imágenes de descargas parciales se realizaron tres procedimientos distintos, los cuales

consistieron en tres métodos de procesamiento de los datos.

Método 1: una vez procesada la imagen, los datos se cargan en un arreglo bidimensional, en el cual se pueden observar los cuatro tipos de descargas parciales en un mismo plano, agrupadas como un conjunto de puntos y rayas, según el tipo de descarga. Este nuevo patrón es cargado al mapa auto organizativo

En vista que las descargas parciales proporcionan gran número de datos, se utilizó un Mapa Auto Organizativo (SOM) para realizar una reducción dimensional de la misma y a la vez una clasificación de las características.

Una vez realizada la arquitectura del SOM, se procedió a evaluar los resultados del mismo. El mapa auto organizativo permitió caracterizar las descargas y separarlas según el tipo de datos suministrados.

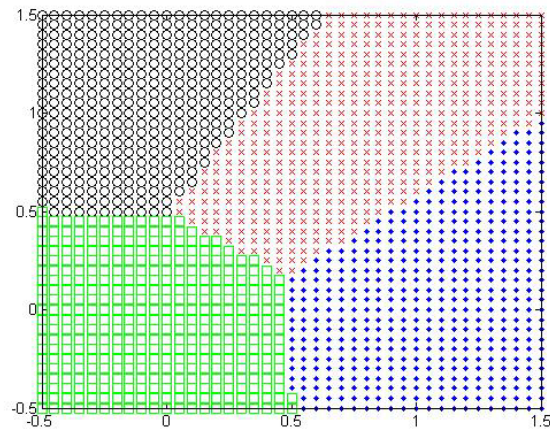


Fig. 6. Mapa del SOM

Método 2: En este método se filtró la imagen, de la misma manera que en el método 1, pero a diferencia del primero, se cargaron esos datos en el SOM para luego extraer la matriz de pesos del SOM. A diferencia del método 1, éste método toma los pesos del SOM para luego procesarlos. Mientras que el método 1, toma el arreglo con las cuatro imágenes. Sin embargo este método arrojó resultados aceptables pero con un margen de error mayor que el primero.

Método 3: Este método filtra la imagen de la misma forma que los métodos anteriores, pero extrae los datos para ser procesados en una red de tipo backpropagation. Este método resultó ser el más confiable con el menor porcentaje de error.

IV. CONCLUSIONES

El análisis de las descargas parciales a partir de técnicas neuronales permitió establecer una similitud entre los operadores estadísticos de las distintas descargas. Lo cual resultó de interés para su posterior análisis.

El estudio de clasificación con técnicas neuronales fue posible por tres métodos diferentes. Logrando diferenciar una de la otra a partir de sus matrices de pesos y de sus características gráficas.

La clasificación de los patrones de descargas parciales se logró a partir de la imagen de cada descarga, logrando establecer un algoritmo neuronal apropiado para el procesamiento de imágenes bidimensionales.

REFERENCIAS

- [1] Grimón, Y. (2012) Algoritmo de clasificación de imágenes usando redes neuronales.
- [2] Cadena, J. Cadena J. (2008) Aplicación de redes neuronales probabilísticas en la detección de fallas incipientes en transformadores. Universidad Tecnológica de Pereira
- [3] Carvajal, A. García, V. Asiaín, T. (2008) Diagnóstico en línea de motores de gran capacidad mediante la detección de descargas parciales utilizando técnicas de banda ultra ancha. Revista información tecnológica vol. 19 N° 1 enero 2008. Centro e información tecnológica, La Serena, Chile.

- [4] Krivda, A., Blackmore, P. y Birtwhistle, D. "Materials in overhead distribution networks. IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation". Vol. 6. N°5 1999
- [5] Magrashi, A. (1997) Pattern recognition of partial discharges using matlab tools. Sultan Qaboos University, Oman.
- [6] Suárez, F. "Proceso Neuronal para Análisis de Descargas Parciales en la empresa CORPOELEC, de Ciudad Guayana, Venezuela". Rev. Hallazgos 21. Vol. 3, Num. 02. Pp 169-180. Junio 2018
- [7] Suárez, F., Sucre, P., Almeida, G., "Inteligencia artificial en el proceso de obtención de alumina", Rev. Universidad, Ciencia y Tecnología. Vol. 22, Num. 88. Pp. 48-56. Julio 2019.
- [8] Gómez, M. (2007) "Ejemplo de aplicación de una red de retropropagación" [En línea] Disponible en www.cisc.es
- [9] Nooraii, A. (2003) "Applying Multivariable Control Technology At Alcoa World Alumina" (Paper presented at the Honeywell User's Group Annual Meeting, Brisbane, Australia.
- [10] Rumelhard, D., Hinton, G & Williams, R. (1986) "Learning representations by backpropagation errors". Nature.
- [11] Bryson, A. HO, Y. (1969) "Applied optimal control" Blaisied. New York.
- [12] Mason, D. (1998) "Process Control Technology Saving Energy" Australian Energy News, 10.

Modernización de autómatas programables, un análisis en la selección primaria

Bermúdez Carlos¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8763-5513>

Carlos.bermudez@gmail.com
UNEXPO, Vice Rectorado Puerto Ordaz
Estado Bolívar, Venezuela.

Ceballos Bejarano Edison Wernher²
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6830-0355>

eceballos@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de
Arequipa, Perú

Ceballos Bejarano Ferdinand Eddington³
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2867-2397>

fceballos@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de
Arequipa, Perú

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: Se presenta el análisis de un trabajo de investigación desarrollado en la empresa C.V.G CARBONORCA de Venezuela, la cual cuenta con dos plantas depuradoras de gases para el área de cocción, destinadas a purificar el gas que proviene de los hornos de cocción. Cada planta está conformada por electroválvulas, válvulas neumáticas, transmisores, panel mímico del proceso y un sistema supervisorio. Todos estos elementos son gobernados por un PLC SIEMENS S5-115U el cual se encuentra en estado de obsolescencia, razón por la cual se diseñó la sustitución de estos autómatas por autómatas ContolLogix de ALLEN BRADLEY, con el fin de garantizar la continuidad en las operaciones en la planta. La investigación se hizo con un diseño descriptivo del tipo experimental de campo. Se obtuvo un código para cada planta depuradora de gas en RSLOGIX 5000 v17.00.00 y la actualización de la base de datos del sistema supervisorio. También se comprobó el funcionamiento del programa a través de una simulación de la planta en un sistema supervisorio, cuyo despliegue se diseñó para ese fin

Palabras Clave: autómata, modernización, ControlLogix, sistema supervisorio, panel mímico.

Modernization of programmable automatons, an analysis in the primary selection

Abstract: The analysis of a research work developed in the company C.V.G CARBONORCA of Venezuela is presented, which has two gas purification plants for the cooking area, designed to purify the gas that comes from the cooking ovens. Each plant is made up of solenoid valves, pneumatic valves, transmitters, process mimic panel and a supervisory system. All these elements are governed by a SIEMENS S5-115U PLC which is in a state of obsolescence, which is why the replacement of these automata by ALLEN BRADLEY ContolLogix automata was designed, in order to guarantee continuity in operations in plant. The research was done with a descriptive design of the field experimental type. A code for each gas treatment plant was obtained in RSLOGIX 5000 v17.00.00 and the update of the database of the supervisory system. The operation of the program was also verified through a simulation of the plant in a supervisory system, the deployment of which was designed for this purpose.

Keywords: automation, modernization, ControlLogix, supervisory system, mimic panel.



I. INTRODUCCIÓN

La empresa C.V.G. Carbones del Orinoco c.a. (CARBONORCA) es una empresa creada con el objetivo principal de producir ánodos de carbón, requeridos principalmente en los procesos de producción de aluminio en las empresas C.V.G. ALCASA y C.V.G. VENALUM. El proceso industrial de CARBONORCA está dividido en dos módulos, el módulo de molienda y compactación y el módulo de hornos de cocción. En el módulo de hornos de cocción, se encuentra las plantas depuradoras de gases, las cuales permiten purificar los gases tóxicos que se generan en el proceso de cocción.

El sistema de control de las plantas depuradora de gases es gobernado por un PLC Siemens S5-115U. Dicho PLC se encuentra desgastado, en vías de deterioro y ha sido discontinuado por el fabricante, por lo que requiere ser reemplazado. Asimismo, el departamento de Control de Procesos de C.V.G. CARBONORCA se ha propuesto como objetivo modernizar y estandarizar todos los autómatas programables de la empresa, que se encuentren en estado de obsolescencia.

En este trabajo se analiza el diseño de un trabajo de investigación que consiste en la modernización del autómata programable de las plantas depuradoras de gases, de la empresa C.V.G. CARBONORCA.

Estas plantas de depuración de gas están conformadas por equipos eléctricos, mecánicos, neumáticos y dispositivos electrónicos conformando un sistema de control gobernado por PLC's modelo S5 115U marca SIEMENS. Cada planta depuradora de gas es independiente de la otra, lo que implica que los sistemas de control son independientes entre sí.

El sistema de control incluye un panel mímico para cada planta, ubicado en la cabina de control y un sistema supervisorio basado en iFix Dynamics, el cual se comunica con el PLC a través de una interfaz RS232. En dicho sistema supervisorio es posible visualizar el despliegue del proceso, y enviar comandos a los PLC. Tanto en el panel mímico como en el sistema supervisorio, es posible visualizar los estados de las válvulas, los estados de las bombas, el nivel de los tanques asociados al proceso entre otras variables.

El trabajo está compuesto por cuatro secciones, en la segunda se plantean los factores teóricos de la investigación analizada, luego en la sección tres se evalúa la metodología y en la cuarta sección se exponen los resultados, finalmente se describen las conclusiones.

II. DESARROLLO

El sistema supervisor de la planta de aire comprimido de la empresa CVG Carabonorca fue optimizado en el año 2005 [1] se revisaron y depuraron las bases de datos del sistema supervisor iFIX (SISCO_S1 y SISCO_S2). Esto sirvió de guía para la actualización de la base de datos de las plantas depuradoras de gases LURGI 1.1 y LURGI 1.2. De manera similar la problemática planteada se tomó en cuenta con el fin de evitar la futura depuración de la base de datos a raíz de la modernización.

La base fundamental de la investigación analizada consistió en realizar la comunicación entre un autómata de la familia ControlLogix y el sistema supervisor con plataforma IFIX Dynamics. Para ello se trabaja con la base de datos denominada HDC_S3, la cual contiene todas las variables pertenecientes a la planta de hornos, dentro de las cuales se encuentran las plantas depuradoras de gases.

Otros autores [2] desarrollaron el sistema de control y supervisión para el sistema de manejo de ánodos cocidos (Cadena U) de CVG CARBONORCA. La cadena U es una línea de producción de la empresa la cual consiste en la extracción de los ánodos cocidos de los hornos y el apilamiento de dichos ánodos en un galpón destinado para este fin. Los ánodos son manipulados a través de una grúa puente. La cadena U es modernizada de un autómata de la marca MODICOM a un autómata de la marca Allen Bradley.

Más adelante, Pérez [3] realizó la modernización del sistema de control y supervisión local del manejo de ánodos verdes en la nave de cocción 1.2 de C.V.G. CARBONORCA. El objetivo del área de ánodos verdes es manipular y organizar los ánodos antes de entrar en el proceso de cocción. El autómata instalado en dicha área se encontraba obsoleto. El trabajo se basó en los PLC ControlLogix de AllenBradley e implementando el Panel View como interfaz hombre-máquina para la supervisión y el control local del sistema. Antiguamente esa área era gobernada por un autómata de la marca MODICOM. A diferencia del proyecto realizado por Ángel Pérez, el presente proyecto tiene como fin la modernización de la planta depuradora de gases de C.V.G. CARBONORCA y la migración de una plataforma SIEMENS a una plataforma ControlLogix. No se contempla el empleo de un panel View, y la arquitectura del hardware estará basada en expansión de Rack mediante redes ControlNet.

Mora [4] implementó el driver de comunicación entre el PLC S5-115U SIEMENS y el Sistema de supervi-

sión iFIX Dynamics para supervisar el sistema de depuración de gases LURGI 1.2 de la empresa C.V.G CARBONORCA, planta que anteriormente no contaba con un sistema supervisor moderno. La metodología desarrollada permitió el rápido conocimiento y familiarización con las plantas depuradoras de gases y el sistema supervisorio de las mismas. Permitted también comprender la comunicación entre el autómata SIEMENS y el sistema supervisorio, información que fue vital para la comprensión del código grabado en el PLC. En lugar de diseñar una comunicación entre SIEMENS y iFix Dynamics, el presente proyecto diseña una comunicación entre Allen Bradley y iFix Dynamics.

Otras investigaciones [5] consistieron en el diseño del sistema de control para la bomba de alquitrán líquido del sistema de dosificación de la planta de molienda y compactación de C.V.G. Carbonorca. La problemática del proyecto se deriva de las constantes paradas que realiza la planta a raíz del mantenimiento que demanda la bomba que suministra alquitrán líquido y que es controlada por un módulo de control inteligente. Se diseña un despliegue para el sistema supervisorio basado en iFix, el mismo sistema que emplea el presente proyecto. Las experiencias de Rodríguez servirán de apoyo para la actualización de la base de datos las plantas depuradoras de gases así como para la elaboración de un despliegue para la simulación de la planta.

En este trabajo se analiza la modernización del autómata de la planta depuradora de gases, el cual es de la marca SIEMENS y se sustituyó por un autómata más actual de la marca Allen Bradley. Se implementa a través de la plataforma ControlLogix.

III.METODOLOGÍA

Para este trabajo se consideró la siguiente población y muestra:

A.Población

La población constituye un conjunto de individuos o elementos que se presentan como partes del objeto de estudio. En este caso la población está representada por los autómatas existentes en las plantas depuradoras de gases LURGI 1.1 y LURGI 1.2.

B.Muestra

La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población [6], en la metodología científica no es posible realizar investigaciones sobre la totalidad del fenómeno que interesa. En ese sentido, para efectos de este estudio, se define que la muestra poblacional son los autómatas Siemens S5 115U.

C.Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En éste punto se describirá los instrumentos de recolección de información utilizados para llevar a cabo la elaboración de este proyecto.

- PLC ALLEN BRADLEY con procesador Logix5555, módulos de I/O y modulo de comunicación Control-Net.

- Cable serial RS232.

- Cable ControlNet.

- Cable para la comunicación con el PLC siemens S5

D.Programas de computadoras (Software)

- RSNetwork, software para la configuración de la red controlnet.

- RSLink, software que permite configurar y supervisar la(s) red(es) de comunicación(es) en la(s) que se encuentra conectado el autómata ControlLogix.

- RSLogix5000 v11.11, software que permite configurar, programar y supervisar el funcionamiento del autómata ControlLogix que tengan procesadores de la serie 55xx

- RSLogix5000 v17, software que permite configurar, programar y supervisar el funcionamiento del autómata ControlLogix que tengan procesadores de la serie 56xx

- iFix Dynamics v2.5 y v3.0, software empleado para el sistema supervisorio

- Herramienta de configuración del driver de comunicación OPC, software para configurar el controlador de código abierto, empleado para comunicar el PLC con el sistema iFix Dynamics

- Simatic Step5 version 7.2 – 21/11/01 para Windows XP, software para la programación, configuración y comunicación con el autómata Siemens de la serie S5
- Integrated Architecture Builder 4.02.03

IV.RESULTADOS

A.Selección del PLC más apropiado para la modernización

A continuación se listan las marcas y modelos de autómatas utilizados, equivalentes a un SIMATIC S5 y con presencia comercial.

Tabla 1. Marcas y modelos de autómatas

| Marca | Serie |
|--------------|--------------|
| SIEMENS | SimaticS7 |
| ALLENBRADLEY | ControlLogix |
| Modicon | Quantum |

Con cualquiera de estos PLC se puede implementar cualquier automatismo. Sin embargo cada marca ofrece facilidades para ciertas aplicaciones. Los costos de estos equipos varían levemente. Algunas marcas tienen mayor penetración comercial que otras y son capaces de ofrecer un mejor soporte técnico y mayor cantidad de repuestos. La selección del PLC apropiado se basó en el siguiente criterio:

- Innovaciones técnicas que ofrece cada autómata
- Estándares de diseño de la superintendencia de Control y procesos de C.V.G. Carbonorca
- Experiencias comerciales de C.V.G. Carbonorca con cada una de éstas empresas o distribuidores asociados a ellas
- Experiencias por parte del personal de C.V.G. Carbonorca con estos autómatas.

La superintendencia de control de procesos tiene el siguiente criterio de diseño para los nuevos automatismos a implementar dentro de la empresa:

B. Estandarizar autómatas y protocolos de comunicación

Este criterio consiste en trabajar con una sola marca de PLC en todas las plantas de la empresa. Inicialmente cada planta de la empresa fue diseñada con diferentes marcas de PLC, lo que obligó a la empresa a:

- Manejar una amplia gama de protocolos de comunicación que no siempre ofrecen compatibilidad entre sí
- Poseer un stock de repuestos muy amplio
- Adquirir una gran diversidad de licencias para paquetes de software para las diferentes marcas de autómatas presentes en la empresa
- Implementar numerosos protocolos de comunicación, lo que ha llevado a la adquisición de equipos especiales o adaptadores para crear la compatibilidad entre protocolos

Al estandarizar los autómatas con los que se trabajara en la empresa le da respuesta a los problemas técnicos derivados de la diversidad de protocolos de comunicación así como también se reducen costos ya que no será necesario poseer repuestos de diferentes proveedores y tampoco será necesario la adquisición de licencias de software para cada marca de PLC.

El estándar que ha adoptado la empresa desde hace 7 años es el siguiente:

- El protocolo de comunicación para redes de campo es ControlNet. Este protocolo se utiliza para la comunicación de chasis remotos y expansiones de rack.
- El protocolo de comunicación para PLC y Sistema supervisorio es Ethernet/IP

-El driver de comunicación para comunicar PLC y Sistema supervisorio es OPC

Con estos criterios de comunicación, el personal de la Superintendencia de control de procesos ha obtenido mejores resultados, que siguiendo los protocolos PROFIBUS o DataHighWay.

La marca de PLC que mejor se adapta a estos criterios es Allen Bradley y las gamas de ControlLogix y Flex I/O ya que las otras marcas no ofrecen los protocolos de comunicación establecidos. La gama de Flex I/O es la gama de bajo costo de Allen Bradley. Es un autómata modular y ofrece todas las funciones de la gama de ControlLogix, con la limitación de que solo admite configuraciones de chasis de hasta 8 módulos. Como máximo, en esta gama solo se pueden manipular 256 señales digitales con un solo procesador y la aplicación para este proyecto demanda más de 500 señales digitales, por tanto la gama indicada para la aplicación es la gama ControlLogix.

V. CONCLUSIONES

- La revisión de los manuales técnicos del autómata S5-115U de Siemens, permitió la comprensión de esta plataforma de Siemens, a nivel de hardware, software, configuración y programación. Toda esta información fue necesaria para comprender el sistema de control que se desea sustituir y generar las bases y los criterios de diseño en el nuevo sistema de control, así como también permitió elaborar un levantamiento de la información del sistema instalado.

- Se logró seleccionar y configurar módulos E/S, procesadores y tarjetas de comunicación adecuados para el nuevo autómata a partir del levantamiento de la información del sistema instalado y de los criterios de diseño planteados.

- Se obtuvo una arquitectura de hardware nueva con garantías de abastecimiento de repuestos y reemplazos por parte del fabricante por diez años o más.

REFERENCIAS

- [1] F. Bogadi. "Optimización del sistema supervisorio de la planta de aire comprimido de la empresa CVG CARBONORCA", Instituto universitario Santiago Mariño, Venezuela, 2005.
- [2] R. Coronado. "Diseño del sistema de control y supervisión para el sistema de manejo de ánodos cocidos (Cadena U) de CVG CARBONORCA", Instituto universitario Santiago Mariño, Venezuela, 2005
- [3] A. Pérez. "Modernización del sistema de control y supervisión local del manejo de ánodos verdes en la nave de cocción 1.2 de C.V.G. CARBONORCA", UNEXPO-Vice Rectorado Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, 2006.
- [4] I. Mora. "Implementación del driver de comunicación entre el PLC S5-115U SIEMENS y el Sistema de supervisión iFIX Dynamics para supervisar el sistema de depuración de gases LURGI 1.2 de la empresa C.V.G CARBONORCA", Instituto universitario Santiago Mariño, Venezuela, 2006.
- [5] J. Rodríguez. "Diseño el sistema de control para la bomba de alquitrán líquido del sistema de dosificación de la planta de molienda y compactación de C.V.G. Carbonorca", UNEXPO-Vice Rectorado Puerto Ordaz, Estado Bolívar, 2010.
- [6] F. Osorio. "actualización del sistema de control del recuperador indoor SR71-1 en el área de manejo de materiales en C.V.G Bauxilum", UNEXPO-Vice Rectorado Puerto Ordaz, Ciudad Guayana, 2010
- [7] C. Bermúdez y F. Suárez. "Modernización de los automatados programables de las plantas depuradoras de gas, LURGI 1.1 y LURGI 1.2 de C.V.G. CARBONORCA". UNEXPO Puerto Ordaz. Venezuela, 2011

RESUMEN CURRICULAR



Ceballos Bejarano Edison Wernher, Ingeniero Electrónico, Magíster en Ingeniería Electrónica con Mención en Automatización e Instrumentación. Docente asociado en el programa de estudios de Ingeniería Electrónica, Docente investigador de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.



Ceballos Bejarano, Ferdinand Eddington, Licenciado en Matemática, Magíster en Finanzas y Administración de Negocios, Doctor en Ciencias Empresariales. Docente auxiliar en el programa de estudios de Matemáticas, Administración y Finanzas; miembro del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

Análisis de controladores PID para una planta de segundo orden usando redes neuronales

César Naranjo¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6494-5260>
cnestronic@gmail.com
Universidad Internacional del Ecuador
Quito-Ecuador

Flor Romero²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8518-3923>
mariarosalesseli@gmail.com
Universidad de Oriente
Estado Sucre-Venezuela

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: Los sistemas de segundo orden son aquellos que responden a una ecuación diferencial de segundo orden. Se plantea el estudio de un sistema de segundo orden, dado por un circuito eléctrico RC. Se determinó la ecuación de transferencia y se analizó la respuesta transitoria empleando el método del Lugar Geométrico de las Raíces, así mismo se determinaron los coeficientes del controlador PID. A partir de la respuesta del controlador PID se creó y entrenó una red neural backpropagation para su posterior sustitución del controlador PID clásico. En este trabajo se realiza el análisis de un caso de estudio de controlador PID donde se ha implementado una red neuronal artificial para evaluar la respuesta del mismo. Se observa que los resultados son aceptables y con una buena respuesta transitoria

Palabras Clave: planta de segundo orden, MATLAB, lugar geométrico de las raíces, red neural, retropropagación.

PID controllers analysis For a second order floor using neuronal networks

Abstract: Second order systems are those that respond to a second order differential equation. The study of a second order system is proposed, given by an RC electric circuit. The transfer equation was determined and the transient response was analyzed using the method of the Geometric Place of the Roots, likewise the coefficients of the PID controller were determined. From the response of the PID controller, a backpropagation neural network was created and trained to later replace the classic PID controller. In this work, the analysis of a PID controller case study is carried out where an artificial neural network has been implemented to evaluate its response. It is observed that the results are acceptable and with a good transient response.

Keywords: second-order plant, MATLAB, geometric root place, neural network, backpropagation.



I. INTRODUCCIÓN

En ingeniería de control un sistema de segundo orden se caracteriza porque tiene dos polos. La función de transferencia genérica de un sistema de segundo orden en bucle cerrado tiene la forma de una ecuación cuadrática. Observando las raíces es posible encontrar un sistema subamortiguado, críticamente amortiguado o sobreamortiguado. En este artículo, se presenta un estudio experimental de un controlador PID basado en redes neuronales diseñado para un sistema de segundo orden. Se analiza el sistema dado por un circuito eléctrico de dos ramas. Se lleva a cabo la implementación de un controlador PID que permita la mejora del sistema. Empleando el método del Lugar Geométrico de las Raíces se determinaron los diferentes parámetros del controlador según los datos empleados para la planta del sistema. Se hace un estudio de la respuesta temporal del sistema y estos datos servirán para la implementación de la red neuronal. Posteriormente, se crea una red backpropagation y se entrena de modo que aprenda el comportamiento del controlador PID. Luego de entrenar la red, se introduce en el sistema de control y se hace un análisis de la respuesta transitoria con la red neuronal controlando el sistema.

En este trabajo se presenta un análisis del comportamiento de un caso de estudio donde se implementó un controlador PID a un circuito eléctrico RC. Para ello se analizó la ecuación característica y se validó el comportamiento utilizando la simulación en un software matemático.

Este trabajo consta de tres secciones, en la primera se han descrito de forma general los aspectos que contextualizan el trabajo, en la segunda sección se encontrarán los fundamentos teóricos de la investigación, luego se encontrará la metodología desarrollada y finalmente los resultados y conclusiones.

II. DESARROLLO

Un controlador PID es un mecanismo utilizado en los sistemas electrónicos de control, que está compuesto por tres partes fundamentales: Proporcional-Integral-Derivativo. Este permite calcular el error presente entre el valor medido y el valor deseado. Las principales aplicaciones se encuentran en sistemas industriales [1].

Los parámetros que caracterizan el controlador PID son el proporcional, que depende del error presente de forma actual, el integral que depende de los errores pasados, y el derivativo que es una predicción de los errores futuros. La combinación de estos tres elementos es utilizada para realizar los ajustes necesarios a través de algún elemento de control, que puede ser una válvula, una variable o un dispositivo electrónico de control.

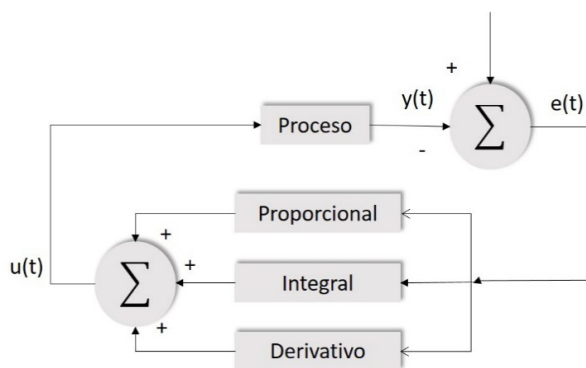


Figura 1. Elementos del controlador PID

El funcionamiento de un controlador PID estará sujeto a la combinación de otros elementos básicos que son el sensor, el controlador y el actuador.

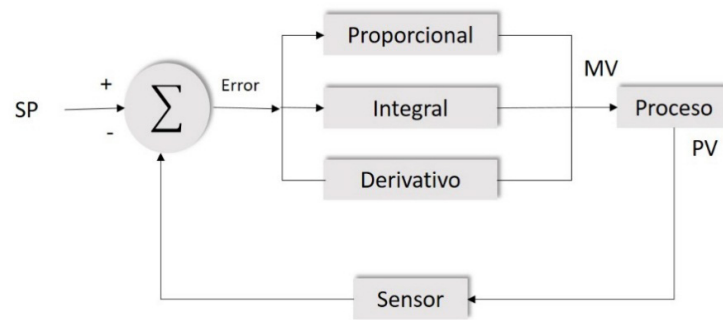


Figura 2. Elementos para el funcionamiento del controlador PID

El sensor es elemento que determina el estado del sistema, que permite capturar las variables de entrada que pueden ser calor, nivel, presión, entre otras. Por esto el sensor puede ser un termómetro, un caudalímetro, un termistor, un manómetro, una galga extensiométrica, entre muchos otros que puedan detectar variables de un proceso [2]. Este puede ser analógico o digital.

El actuador que pueda realizar las modificaciones necesarias para ejercer el control. Se encarga de restar la señal del nivel actual al valor de referencia, para dar el valor de error, que permite valorar la diferencia entre el valor deseado y el valor actual del sistema [3]. Esta señal es utilizada por el controlador para PID para gobernar y ejercer las acciones necesarias para mantener la estabilidad del sistema. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador utilizado [4], [5].

Finalmente el controlador se encarga de recibir la señal deseada, conocida como señal o punto de referencia. Esta señal es de la misma naturaleza y de iguales características que la señal que recoge el sensor, y será la necesaria para estimar el error [6].

III.RESULTADOS

A.Un caso de análisis

El circuito R-C mostrado en la figura 1, emula una planta de segundo orden. Se utilizará la función de transferencia de este circuito como planta para implementar un sistema de control a lazo cerrado digital, utilizando como controlador la tarjeta dsPIC de microchip.

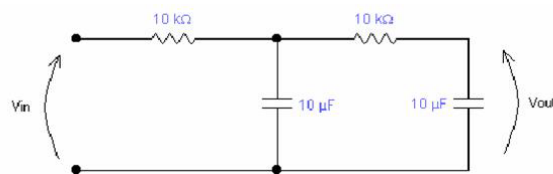


Figura 3. Circuito RC

Utilizando el software de programación matemática de este, se determinarán las características de la respuesta transitoria para un escalón unitario. Luego se diseñará un controlador PID continuo para este sistema de segundo orden, para satisfacer los siguientes requerimientos a lazo cerrado: $\zeta^2 = 0.707$ (Coeficiente de Amortiguamiento), $f_0 = 0.5$ Hz (Frecuencia Natural) Seguidamente se diseñará una red neuronal que cumpla las funciones del controlador. Por último se simulará el sistema continuo con controlador PID y red neuronal y se analizarán las respuestas temporales a fin de ver que efectos introduce en el sistema de control una red neuronal como elemento de control.

B. Análisis de la solución

Para encontrar la solución idónea al problema propuesto, en primer lugar se llevó a cabo el análisis matemático del circuito propuesto.

1.- Del circuito de la figura 1, se obtienen las respectivas ecuaciones que determinan la ecuación de transferencia del sistema.

$$G(S) = \frac{1}{0,01S^2 + 0,3S + 1} \quad (1)$$

Utilizando el software un programación matemático, se determinaron las características transitorias del sistema y una vez simulado éste se obtuvieron los siguientes parámetros de la respuesta temporal: $\%M_p = 0\%$
 $t_s = 0.46 \text{ seg}$ $t_r = 0.259 \text{ seg}$ $t_d = 0.123 \text{ seg}$

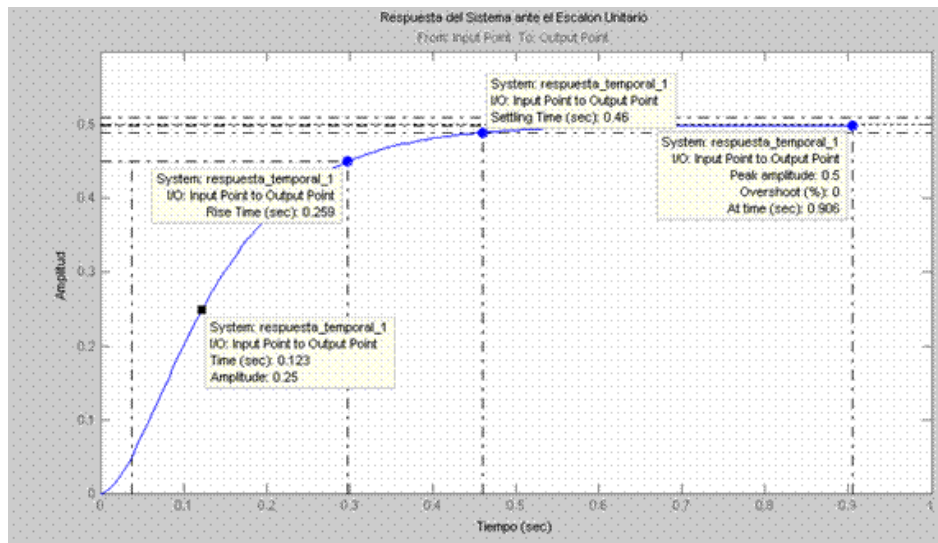


Figura 4. Respuesta del sistema con el controlador del método analítico

La figura 2 muestra la respuesta transitoria del sistema de segundo orden, en ella se puede observar que existe un tiempo de subida bastante lento y que dicha respuesta no alcanza el valor de estado estable en 1, donde se fijó el escalón unitario.

C. Diseño del Controlador usando la Red Neuronal.

Para este estudio se utilizó una red feedforward. Una de las características más importantes y poderosas de las redes neuronales feedforward es su capacidad como aproximadores universales, esto es, teniendo en cuenta cualquier función derivable y acotada, existe una red neuronal con un número suficiente de neuronas escondidas que puede aproximar dicha función con el nivel de precisión deseada. Es por ello que para este estudio se usa este tipo de red. El primer paso, es identificar los valores de entradas y salidas para la red. En este caso, los vectores de entrada y salida se toman de la señal de error del sistema de control (entrada del controlador) y la salida de control (salida del controlador). Se tomaron los datos obtenidos en el diseño matemático para comparar los resultados obtenidos utilizando solamente los datos que arroja el sistema de segundo orden. Una vez realizadas las pruebas se logró observar que ambos casos de estudios arrojaron resultados similares, siendo más exacto y preciso el controlador implementado con la red neuronal. La figura 3 muestra la respuesta del sistema con la red neuronal. En ella se observa que la respuesta es más rápida y que el tiempo de establecimiento es mucho menor.

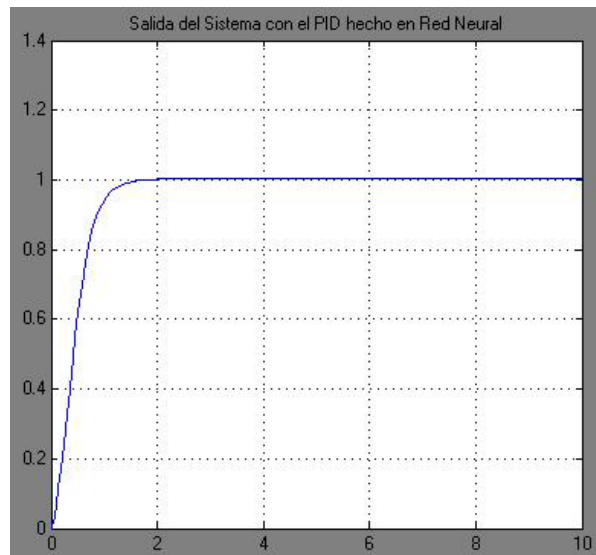


Figura 5. Respuesta del sistema con la red neuronal como algoritmo de control

IV. CONCLUSIONES

El diseño de controladores mediante el método analítico permite observar con detalles los ajustes en las ecuaciones relacionadas con el diseño. Sin embargo el diseño de controladores utilizando redes neuronales permite un mejor ajuste en el análisis del sistema sin necesidad de conocer las ecuaciones que lo rigen y por tanto ofrece una mayor precisión del comportamiento de las variables del proceso. El diseño de controladores auto ajustables con redes neuronales permite una respuesta rápida y efectiva del proceso.

REFERENCIAS

- [1] Sistema de control en lazo cerrado. , «Sistema de control en lazo cerrado.» [En línea]. Available: <http://www.des.udc.es/~luis/ControlIndustrial/CI.pdf>. [Último acceso: 03 agosto 2008].
- [2] K. Astrom y T. Haggglum, «Revisando el método de respuesta escalonada de Ziegler-Nichols para el control PID,» Diario de control de procesos, vol. 14, n° 6, pp. 635-650, 2004.
- [3] A. Hirata, L. Biagi, B. Angélico, P. Scalassara, W. Endo y R. Rodrigues, «implementação de um pid digital em ambiente computacional aplicado a uma planta didática para ensino de controle para engenharia,» de XLI Congreso Brasileiro de Educación en Ingeniería, Brasil, 2013.
- [4] G. Kiam Heong Ang y Chong y Yun Li, «Análisis, diseño y tecnología del sistema de control PID,» IEEE Transactions on Control Systems Technology , vol. 13, no. 4, págs. 559-576, julio de 2005, doi:, vol. 13, n° 4, pp. 559-576, 2005.
- [5] K. Astrom y T. Haggglum, «El futuro del control PID,» vol. 9, n° 11, pp. 1163-1175, Control Engineering Practice.
- [6] Sistemas de segundo orden. Referencia electrónica en línea. , «Sistemas de segundo orden. Referencia electrónica en línea.» [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Sistemas_de_segundo_orden. [Último acceso: 12 agosto 2008].

La responsabilidad social en Latinoamérica: Una perspectiva desde la Ingeniería Industrial

Salazar Roldán Marcelo Nicolás
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-370X>
marcelo.salazar.roldan@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: En este trabajo de investigación se va abordar temas de carácter empresarial y relacionados con su responsabilidad social. Así mismo, se realizará una comparación entre continentes para conocer los diferentes aspectos según la localización de las compañías y sus participantes. De igual manera, se abordará un análisis mencionando diferentes definiciones con respecto a este tema y el rol de un ingeniero industrial en estos aspectos. Después de argumentar y sobrellevar todos los temas acerca de empresas socialmente responsables, se presentará un ejemplo que cumpla todos los puntos establecidos previamente. Antes de finalizar, desde el punto de vista social se ilustrará posibles escenarios en los que podría ser factible la implementación de la responsabilidad social empresarial y finalmente se llegaría a establecer los factores que influyen en las organizaciones o empresas para que incumplan la responsabilidad social.

Palabras Clave: responsabilidad social, ingeniero industrial, organizaciones.

Social responsibility in Latin America: A perspective from Industrial Engineering

Abstract: This research work will address business issues and related to social responsibility. Likewise, a comparison will be made between continents to know the different aspects according to the location of the companies and their participants. In the same way, an analysis will be approached mentioning different definitions regarding this topic and the role of an industrial engineer in these aspects. After arguing and overcoming all the issues about socially responsible companies, an example will be presented that meets all the previously established points. Before concluding, from the social point of view, possible scenarios in which the implementation of corporate social responsibility could be feasible will be illustrated and finally the factors that influence organizations or companies to fail to comply with social responsibility will be established

Keywords: social responsibility, industrial engineer, organizations.



I. INTRODUCCIÓN

Si se desea obtener un desarrollo óptimo dentro de un producto o servicio, la empresa está en la obligación de diseñar estrategias que promuevan la eficiencia y mejora continua en sus proyectos con el objetivo de generar expectativa en el cliente final. Es importante resaltar la importancia de los valores que debe poseer una organización, entre estos la transparencia se ha convertido y ha representado un papel fundamental para el buen vivir dentro de las empresas socialmente responsable. Los beneficios no solamente son unidireccionales sino también proveen de ellos a los “Stakeholders” de la misma.

Por lo general, la terminología “Bienestar Social” no se la relaciona con el ámbito empresarial, sin embargo, estos dos aspectos van llevados de la mano, ya que se debe buscar el bienestar social antes que el beneficio personal. Cuando una empresa entiende esta premisa y la aplica, se llega a consolidar una ventaja competitiva productivamente y un mejor ambiente laboral. El presente artículo pretende dar una contribución a la sociedad y a las empresas realizando una definición y un análisis que servirá para los cimientos de éxito para que una empresa pueda emprender preocupándose con la responsabilidad social empresarial. Debido a que hoy en día, este tipo de estrategia ayuda a las organizaciones a competir tanto a nivel nacional como internacional.

II. DESARROLLO

Con el objetivo de facilitar la comprensión del tema, se comenzará describiendo el concepto de Responsabilidad Social o mejor conocido por sus siglas “RSE”. La cual se establece como, la condición y el discernimiento que tiene como finalidad el equilibrio entre desarrollar de forma adecuada la sociedad, crear sustentabilidad en todo tipo de entorno y por ende tiene que ser viable económicamente. Una Empresa Socialmente responsable siempre integrará principalmente los aspectos sociales y medio ambientales. Así mismo, integra el aspecto monetario, cabe recalcar que a pesar de que el aspecto económico es de suma importancia en este artículo es considerado intrínseco debido al enfoque de prioridad asignado hacia cualquier sistema de administración empresarial.

Socialmente hablando, una organización debe considerar notablemente aspectos de mejora, desarrollo e importancia de factores que tengan relación directa con el recurso humano de la institución, tanto a nivel interno como externo de la empresa. La transparencia ha sido una de las cualidades que en los últimos tiempos ha estado entrando fuerte y representativamente relacionando a los clientes, socios, gobierno, consumidores, proveedores medio ambiente y comunidades. Al dar la importancia que se merece esta peculiaridad como es la transparencia en las empresas, se llega a consolidar una estrategia de negocios representativa que generará competitividad, sostenibilidad y rentabilidad.

La empresa se ve en la obligación de tener compromiso hacia la sociedad para la correcta contribución hacia el desarrollo y el bienestar común. De esta manera, la calidad de vida de la comunidad va a mejorar notablemente como así también los lazos generados entre empresa y participantes se va a entrelazar de mejor manera generar un compromiso y mayores oportunidades en el futuro. El RSE tiene como visión general desarrollar el máximo nivel de utilidad siempre y cuando se respeten las normativas regulatorias sociales y ambientales. Es importante señalar que no solamente se debe cumplir y respetar dichas normativas sino también se debe tomar en cuenta la ética y valores morales entre diferentes grupos de interés de la empresa sea de manufactura o servicio. [1]

La siguiente comparación se efectuó de una manera global por medio de una recolección de datos en los diferentes continentes. Lo cual dio como resultado que en Latinoamérica existen diferentes organizaciones las cuales están dedicadas a la regulación, establecimiento y creación de normativas destinadas a la RSE, entre las principales organizaciones se encuentran:

- ACNUOH: Vela por los derechos humanos
- OCDE: Promueve el bienestar económico y social
- OIT: Establece normas laborales

Es común en Latinoamérica, mediante reportes globales periódicos lograr conseguir certificaciones que ayudan al RSE [2].

Por otro lado, en Europa, el ente regulador está establecido por medio de la Unión Europea la cual señala que debe existir dentro de las organizaciones una política comercial y política de desarrollo sostenible para garantizar un desarrollo económico, establecido por los siguientes aspectos:

- Justicia Social

- Respeto a los derechos humanos
- Altos estándares laborales y ambientales

La Unión Europea beneficia a las empresas por medio acuerdos comerciales en el continente e incentivos especiales hacia las organizaciones que cumplan y promuevan esta buena práctica [3].

En los últimos años Asia y África han conseguido una responsabilidad social aceptable sobre todo en lo que respecta a los derechos humanos, pero también se redujo la mortalidad de menores de edad.

Por un lado, Asia, mediante sistemas de gestión y políticas con sus “Stakeholders” y por otro lado África maneja cuatro aspectos los cuales son:

- Obligar
- Facilitar
- Colaborar
- Promocionar

Parecería que los Estados Unidos, al ser un país del primer mundo sabe sobrellevar de manera óptima el tema de la responsabilidad social, sin embargo, ellos camuflan y confunden el término, responsabilidad empresarial con responsabilidad social. Pues tienen un enfoque netamente remunerado sea privado o estatal, afirmando que los puntos mencionados anteriormente junto con la certificación y capacitación son más que suficientes [4] [5] [6].

Para poder entrelazar la Responsabilidad Social Empresarial con la disciplina de la Ingeniería Industrial, se debe establecer el concepto de a que se refiere la misma. Dicho esto, se puede afirmar que al hablar de la Ingeniería Industrial se hace referencia al análisis, comprensión, diseño e interpretación para el control de sistemas de producción en una organización, para a continuación gestionar e implementar mejoras, estrategias y metodologías con el fin de conseguir un rendimiento superior en los procesos y procedimientos de la empresa, con el objetivo de alcanzar la anhelada eficacia o eficiencia organizacional. Por esta razón, un ingeniero industrial cumple un papel muy importante en cualquier tipo de organización sin importar el ámbito que se dedique la empresa, sea manufactura, servicios o comercialización. Debido a que, ayuda a cumplir el principal objetivo de cualquier institución, mediante la sostenibilidad y rentabilidad de esta.

Aclarado este tema, se procederá a efectuar la relación entre la ingeniería industrial y la responsabilidad social empresarial. Al ser una de las principales cualidades de este tipo de profesionales con respecto a la focalización de aspectos de planeación y mejora de toda la parte organizacional de la empresa, comenzando desde lo administrativo, operacional, metodológico e incluso hasta legislativo. Todo esto se lleva a cabo por medio del control y estandarización de los procesos y procedimientos, lo cual ayuda a tener un panorama más claro y una ilustración representativa del funcionamiento y estructura de la empresa. Es decir, un ingeniero industrial está encargado de controlar la calidad de un producto o servicio sin afectar el medio ambiente o a la sociedad, también de controlar el uso y manipulación adecuada de desechos y sustancias. Finalmente, es trabajo de este profesional encaminare de manera íntegra cada mejora, proceso y acción de negocio que vaya a tomar la empresa.

Como ejemplo de una Empresa Socialmente Responsable se seleccionó a una de las organizaciones más representativas a nivel mundial con respecto a la elaboración y comercialización de bebidas gasificadas. “Coca-Cola Company” se encuentra dentro de las cinco mejores empresas con respecto a las buenas prácticas de responsabilidad social, ya que posee altos niveles de contribución caritativa. La empresa se establece por tres formas del bienestar, las cuales son muy importantes:

- Individual
- Social
- Ambiental

Hoy en día, como respaldo de eventos y acciones que impulsen un desarrollo para el entorno que sea sustentable y optimista para el futuro. Un compromiso el cual efectuó la empresa es devolver a la naturaleza la mayor cantidad de agua que emplea sus procesos de producción, mediante un programa de reabastecimiento, reciclado y reducción [7].

Existen 8 principales factores, los cuales por medio de su influencia promueven al incumplimiento de la Res-

ponsabilidad Social en las organizaciones. Estos factores son los siguientes:

- Pensamiento limitado de aplicación en organizaciones de carácter grande y multinacional
- Creencia de limitación de responsabilidades en empresas que en sus prácticas están involucradas directamente al deterioro de aspectos ambientales o sociales
- Pensamiento relacionado y limitado al RSE con respecto a donaciones
- Pensamiento conformista legislativo
- Falta de compromiso de la alta gerencia con respecto a la implantación de un proyecto de RSE
- Creencia de que basta con una sola implantación de RSE
- Pensamiento corporativo referente al bienestar interno social relacionado al cumplimiento de salarios y ambiente laboral adecuado
- Por lo general, las Pymes carecen de conocimiento con respecto a la RSE

La empresa que va más acorde con respecto a tener una cultura socialmente responsable sería la empresa multinacional Telefónica S.A. Ya que su fundamentación está establecida por la “Visión del Grupo”. Al tener como principio la mejorar la vida de las personas como eje principal posteriormente se podrá tener beneficios tanto a nivel de desarrollo empresarial como también en contribución a la mejora de los “Stakeholders” en donde se encuentre la compañía [8].

La vinculación con la comunidad que se tiene por parte de Telefónica es impresionante ya que se premia a personajes de comunidades limitadas y de escasos recursos, como también a deportistas y personas con discapacidades. De igual manera la iniciativa con proyectos y pantallas por medio del incentivo de disminuir el uso de energía y cuidado del medio ambiente sembrando árboles son uno de los pocos aspectos que maneja Telefónica ética y moralmente.

III.CONCLUSIONES

Finalmente, se puede concluir al final de esta tesis, que de a poco se está logrando ingresar la ideología de Responsabilidad Social Empresarial en las organizaciones. Es un proceso difícil, ya que en la mayoría de los casos no se le aplica sea por conflictos de interés o por falta de conocimiento, sin embargo, organizaciones y los estados están generando campañas constantemente con el objetivo de promover y desarrollar esta práctica laboral en la mayoría de las empresas grandes. Sin embargo, existe un déficit en las pequeñas y medianas empresas al no tener la voluntad necesaria para promover las buenas prácticas laborales. Así mismo, existe una variabilidad en las empresas grandes con respecto a la empatía con este aspecto, ya que en algunos casos simplemente se las aplica por ser de carácter legal mas no voluntario. La Responsabilidad Social empresarial acarrea grandes beneficios, debido a que el eje fundamental del funcionamiento de una empresa es el recurso humano que se posee y el ambiente que los rodea. Si se logra generar un buen vínculo entre la empresa y esos dos aspectos, se generaría una productividad eficiente en las organizaciones y satisfacción emocional con los integrantes tanto internos como externos de la compañía.

REFERENCIAS

- [1]E. Castaño, «Papel del Ingeniero Industrial en la Responsabilidad Social Empresarial,» 25 Junio 2012. [En línea]. Available: https://prezi.com/3_ittsoghcyjw/articulo-papel-del-ingeniero-industrial-en-la-responsabilidad-social-empresarial/.
- [2]V. Antonio y P. V. Estrella, «Inter-American Development Bank,» 2011. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-responsabilidad-social-de-la-empresa-en-Am%C3%A9rica-Latina-Manual-de-Gesti%C3%B3n.pdf>.
- [3]E. B. Fraile, «Universidad Autónoma de Barcelona,» [En línea]. Available: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/384844/ebf1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [4]H. A. Franco, «Políticas públicas e iniciativa privada en la responsabilidad social empresarial,» [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/19712906.pdf>.
- [5]«Plataforma Digital de Derecho, Ciencias Sociales y Humanidades,» [En línea]. Available: <https://leyderecho.org/responsabilidad-social-corporativa-en-asia/>.
- [6]«Compromiso Empresarial,» 2 Septiembre 2005. [En línea]. Available: <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2005/09/caracteristicas-de-la-responsabilidad-social-en-las-empresas-de-estados-unidos/>.

[7] E. S.A., «EXPANSIÓN,» 23 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://expansion.mx/negocios/2014/12/16/las-10-empresas-mas-responsables-en-mexico>.

[8] M. P. López, «Escuela de Organización Industrial,» 03 Febrero 2012. [En línea]. Available: <https://www.eoi.es/blogs/migmamad/responsabilidad-social-corporativa-de-telefonica-s-a/#:~:text=El%20objetivo%20de%20la%20estrategia,las%20comunidades%20donde%20Telef%C3%B3nica%20opera..>

RESUMEN CURRICULAR



Marcelo Nicolás Salazar Roldán, ecuatoriano nacido el 03 de diciembre de 1999, en la ciudad de Quito – Ecuador. Desempeñó sus labores profesionales en el área de producción en la empresa Dimabru Cia. Ltda. Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas. Entre sus principios están el respeto, transparencia, empatía y puntualidad. Actualmente se encuentra realizando trabajos autónomos con respecto a la simulación y mejora continua de procesos

La ingeniería industrial y el mercado verde internacional

Jaramillo Camila¹
ORCID: 0000-0002-3522-5328
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Patiño Ariana²
ORCID: 0000-0001-5525-5308
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Recibido (09/11/20), Aceptado (18/11/20)

Resumen: Este ensayo tiene como objetivo enfatizar las alternativas que se están tomando a nivel global para disminuir el impacto medio ambiental que tiene la actividad humana. Se desarrollarán puntos y conceptos claves en cuanto al mercado verde internacional, las empresas socialmente responsables (ESR) y la importancia de estos en la sociedad y economía actual. Dichos conceptos han ido adquiriendo mayor fuerza en la última década debido a los nuevos consumidores, más preocupados y empáticos con el medio ambiente y la comunidad, y a las empresas que buscan satisfacer las necesidades de estos consumidores siendo socialmente responsables sin dejar de ser rentables.

Palabras Clave: sociedad, economía, medio ambiente.

International green market & socially responsible companies

Abstract: This essay aims to emphasize the alternatives that are being taken globally to reduce the environmental impact of human activity. Key points and concepts will be developed regarding the international green market, socially responsible companies (SRC) and the relevance of these in modern society and economy. These concepts have been gaining strength in the last decade due to new consumers, who are more concerned and empathic with the environment and the community, and to companies that pursue to satisfy the needs of these consumers while being socially responsible while remaining profitable.

Keywords: society, economy, environment.



I. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global pasó de ser un tema netamente altruista promovido por grupos ecologistas a escala mundial, a convertirse en un factor determinante en las políticas del mercado de todos los sectores económicos [1]. En este contexto surge el concepto de mercados verdes, que constituyen nuevos mercados de productos y servicios eco amigables, y de aquellos nuevos productos que surgen a partir del ecodiseño y del aprovechamiento sostenible del medio ambiente. Además, se recalca la trascendencia de los llamados consumidores verdes, los cuales comprenden la importancia y, los beneficios sociales y ambientales del consumo de productos biodegradables y eco amigables. Así el mercado verde constituye una alternativa sustentable al mercado tradicional, en el cual se fabrican cada vez más productos constituidos por componentes dañinos para el medio ambiente lo que los hace cada vez menos preferidos por los llamados “nuevos” consumidores [2].

Además, el mercado verde conlleva la creación de nuevas empresas enfocadas en la responsabilidad social hacia sus colaboradores, la sociedad y el medio ambiente. Estas establecen una nueva visión de empresa, en donde se busca lograr un éxito no solamente basado en los ingresos económicos y en el cumplimiento de las leyes, sino que también en la sustentabilidad de su marca y productos asegurando así su permanencia dentro del mercado y la fidelidad de sus clientes. Este tipo de empresas generan un “plus” en sus productos, al no constituir una amenaza para el medio ambiente y ser beneficiosos para la salud, que llama la atención de los consumidores y las diferencias dentro de sus mercados.

En este trabajo se expondrá el impacto de la creación de nuevos mercados verdes, el comportamiento del consumidor verde y los beneficios de la creación de nuevas empresas enfocadas en la responsabilidad social.

II. DESARROLLO

El mercado verde es una la red de comercialización de los productos obtenidos a partir de prácticas agrícolas y pecuarias más amigables con el medio ambiente, con una tácita eliminación o disminución en el uso de insumos químicos, de acuerdo con un uso mucho más racional de estos. Sin embargo, el mercado de lo verde va mucho más allá [1], ya que los productos fabricados a partir de materiales naturales, productos orgánicos, productos fabricados a partir del ecodiseño, y productos obtenidos a partir de energías y tecnologías sostenibles también entran dentro de este tipo de mercados.

El mercado verde europeo es mucho más amplio y diverso comparado con el latinoamericano, esto debido al comportamiento de sus consumidores y a la cultura verde que está ampliamente fomentada dentro de estos países. Según una encuesta realizada a los consumidores españoles y alemanes [3] respecto a los factores que los impulsan a realizar una compra ecológica, se concluyó que la principal motivación de encuestados españoles para comprar productos alimenticios verdes es el beneficio que genera el consumo de estos alimentos para la salud, además de la calidad de estos. Los consumidores alemanes también piensan lo mismo, pero además tienen en cuenta el beneficio de la protección medioambiental que caracteriza a este tipo de productos.

Cuando se habla de mercado verde es también es importante mencionar al consumidor, en muchos casos llamado consumidor verde, ya que como se ha evidenciado en muchos mercados europeos el aumento del consumo de artículos biodegradables y eco amigables ha resultado en el surgimiento de nuevas empresas que se dedican a fabricar este tipo de productos. Además, esto ha incrementado el número de estudios acerca de nuevos materiales que puedan sustituir el uso de plástico y otros materiales de alto consumo que debido a su origen y ciclo de vida afectan directamente al bienestar del medio ambiente.

Así se denota la importancia del consumidor dentro de la creación de nuevos mercados verdes, debido a que la mayoría de las empresas exitosas estudian constantemente al mercado y siempre tratan de innovar de acuerdo con la demanda cambiante de los consumidores; entonces se podría decir que si la mayoría de las personas empieza a consumir productos amigables con el ambiente se empezarán a crear nuevos mercados con productos que cada vez son más innovadores y no contaminantes. Pero hay que tomar en cuenta que muchas personas están acostumbradas a comprar productos desechables, de plástico y de papel, entre otros; debido a la facilidad de adquisición de estos. Además, otra razón por la cual en muchos países los productos ecológicos no son populares o de consumo masivo es que existe un desconocimiento general de la existencia de estos. También existe la creencia de que este tipo de productos tienen un precio alto comparado con otros que son de tipo contaminante, lo cual en algunas ocasiones no es cierto, ya que en la actualidad la mayoría de las empresas buscan ser competitivas dentro de sus mercados y siempre tratan de ofrecer precios que se ajusten a su demanda de consumidores. Por otro lado, se podrían considerar a los productos eco-amigables como una inversión, puesto que a largo plazo resultan más

económicos que el estar adquiriendo constantemente productos de un solo uso.

Las actividades humanas están afectando de forma profunda a la mayor parte de los procesos que determinan, globalmente, el funcionamiento de la biosfera y se estima que durante las próximas décadas la humanidad necesitará rediseñar sus patrones actuales de crecimiento y desarrollo si no quiere acabar enfrentándose a un colapso ecológico y social cuyas consecuencias podrían ser dramáticas [4]. Es por lo que se reitera la importancia de la creación de nuevos mercados verdes y de que las empresas lleven la responsabilidad social mucho más allá del cumplimiento de las leyes; se necesita un cambio de mentalidad en las personas para que se empiece a concientizar más sobre la importancia del medio ambiente y sobre los efectos negativos que el consumismo, la generación de basura y las industrias están teniendo sobre el planeta.

En este contexto se puede hablar de la importancia de la educación ambiental en la sociedad; las escuelas, colegios y universidades deberían fomentar este tipo de educación frecuentemente, pero es primordial que esta se ponga en práctica y no solamente se quede en conceptos y opiniones, ya que en muchas ocasiones las personas son conscientes de la contaminación que generan, pero no actúan de ninguna manera para evitarla o disminuirla. De esta manera se recalca la importancia de poner en práctica todos los conceptos y actividades aprendidas no solamente en las instituciones educativas, sino que también en casa, para así crear una cultura de responsabilidad social dentro de la sociedad.

En la actualidad, los consumidores han ido tomando consciencia de la grave situación ambiental y social en la que se encuentra el planeta y por ello se han inclinado hacia el consumo de productos o servicios de empresas socialmente responsables, pues reúnen condiciones de sustentabilidad ambiental al no contaminar, cuidar y aprovechar al máximo cada recurso e insumo evitando los desperdicios mediante la optimización de sus procesos logrados mediante investigación e innovación, desarrollando a su vez mejores productos. También, buscan el crecimiento de la economía local y beneficios para la comunidad más allá del generar dinero como ocurre con la mayoría de las empresas tradicionales, todo esto manteniéndose competitivas y rentables.

La responsabilidad social empresarial se relaciona con la sociedad en todos los horizontes, pues abarca a todos los stakeholders y debe tener una gestión estratégica adecuada, con objetivos y límites claramente establecidos para evitar la generación de altos costos, obtener beneficios y aceptación por parte del medio. Estas empresas son una inversión que genera resultados positivos a largo plazo y facilita la aceptabilidad en el mercado debido a las ventajas competitivas que generan mejora en la productividad, pertenencia a la empresa, mejor entorno laboral, reconocimiento del nombre de la empresa, entre otros aspectos positivos [5].

Las empresas socialmente responsables constituyen organizaciones que toman en cuenta tres aspectos fundamentales dentro de su modelo de negocio, la sociedad, la economía y el medio ambiente. En el ámbito económico buscan un beneficio monetario tomando en cuenta las consecuencias y/o los efectos negativos de sus actividades productivas o de servicio. En el ámbito social su objetivo es reforzar las relaciones con sus colaboradores y enfocarse en su beneficio ya que son conscientes de la importancia de estos para la organización, además se preocupan por el bienestar de la comunidad y ofrecen ayudas como donaciones y proyectos de beneficio social. Pero también son conscientes del impacto ambiental de sus procesos por lo que estos están enfocados hacia la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental.

El término responsabilidad social de las empresas hace referencia al hecho de que estas buscan lograr un éxito comercial integrando consideraciones sociales y medioambientales en las actividades de la empresa. En otras palabras, satisfacer la demanda de los clientes y gestionar, al mismo tiempo, las expectativas de otras partes interesadas: los trabajadores, proveedores y la comunidad de su entorno, además de contribuir de forma positiva a la sociedad gestionando el impacto medioambiental de la empresa [2]. Este tipo de empresas conllevan la responsabilidad social más allá del cumplimiento de las leyes, ya que uno de sus objetivos primordiales es el de crear nuevos mercados en donde se fomente el consumo responsable además de asegurarse del bienestar de la comunidad y de sus colaboradores.

Así el rol del Ingeniero Industrial dentro de las empresas socialmente responsables es esencial, debido a que el trabajo de los mismos dentro de las empresas manufactureras y de servicio es el de optimizar y gestionar los procesos y procedimientos de una empresa tomando en cuenta todos los componentes de los mismos, así el Ingeniero Industrial tiene el deber de asegurarse de que la reingeniería de los procesos de las empresas se ejecute de manera que ninguna actividad industrial repercuta en un efecto negativo sobre la empresa; teniendo en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales que constituyen a este tipo de empresas.

III. CONCLUSIONES

A. El daño ambiental generado por las actividades humanas ha puesto en contexto las prioridades productivas, consumistas y comerciales que se han desarrollado a lo largo de los años y por ello se están generando diferentes actividades de cambio para frenar los daños mencionados. La mentalidad de las personas está cambiando pues está tomando un enfoque menos egoísta en cuanto al impacto del consumismo. Sin embargo, hay un gran porcentaje de personas que eligen la comodidad sobre el cuidado ambiental y por ello hay que seguir ejerciendo cambios tanto consumidores como productores.

B. Varias empresas han observado las problemáticas aludidas anteriormente y el cambio en las necesidades de los consumidores, por ello han surgido los mercados verdes y las empresas socialmente responsables, pero cabe recalcar que no son una solución única y perfecta para solucionar todo el daño ambiental generado hasta ahora, sin embargo, es una buena manera de incentivar un pensamiento más eco amigable en aquellos que no realizan estas prácticas.

C. Lo más importante para desarrollar todas estas acciones de cambio es hacerlo de manera ética, desinteresada y adquiriendo todo el conocimiento posible para evitar caer en el abuso de estos términos para beneficio propio, puesto que lo más importante es contribuir a la sociedad, mejorar como comunidad y evitar la destrucción del planeta.

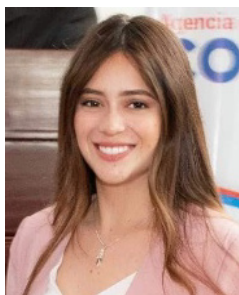
REFERENCIAS

- [1] W. Olaya González y L. A. Gómez Rodríguez, «¿Qué tan verde es tu mercado?», Signo y Pensamiento, vol. XXX, n° 58, pp. 314-324, 2011.
- [2] C. González Rodríguez, «Empresas socialmente responsables y mercado verde internacional», Economía Informa, n° 366, pp. 59-78, 2011.
- [3] R. Nikogosyan Sarkisova, «El auge del sector ecológico en Europa: un estudio empírico del comportamiento del consumidor verde en Alemania y España», Universidad de León, León, 2019.
- [4] M. Aguado Caso, «Vivir bien en un planeta finito. Una mirada socio-ecológica al concepto de bienestar humano», Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2016.
- [5] S. S. d. Valle, «La responsabilidad social empresarial: gestión estratégica para la supervivencia de las empresas», Dimensión Empresarial, vol. 9, n° 2, pp. 6-15, 2011.

RESUMEN CURRICULAR



Ariana Patiño, Estudiante de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas.



Camila Jaramillo, Estudiante de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas.

$$H(t) |\psi(t)\rangle = i\hbar \frac{d}{dt} |\psi(t)\rangle$$

