

Diseño e Implementación de un Programa Basado en Redes Neuronales para el Control de Máquinas Trifásicas de Inducción

Luis Eduardo Reyes Lara, Ing.
Luis Tapia Calvopiña, Ing. MSc
Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

Resumen - El presente trabajo muestra la simulación del control de máquinas trifásicas de inducción mediante redes neuronales artificiales, empleando el tipo "Feed Forward Back propagation", en el software MATLAB v.7.0. Se simula el control de arranque por Autotransformador, Y- Δ y por variación de la frecuencia y Voltaje, además del Frenado y Cambio de giro de las máquinas trifásicas de inducción del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Escuela Politécnica Nacional. Los resultados corresponden a las corrientes trifásicas en el estator, a la velocidad de la máquina, al torque electromecánico, y al voltaje, entre otros. Para contrastar los resultados de las corrientes obtenidas en la simulación se presentan los gráficos conseguidos en el laboratorio mediante el uso del osciloscopio, para el caso del arranque Y- Δ y por voltaje reducido, con lo cual se demuestra la validez de los resultados obtenidos en la simulación.

Palabras claves: Redes neuronales, máquinas de inducción, arranque, frenado, cambio de giro.

I. INTRODUCCION

El sistema de redes neuronales biológicas cuenta con varias características deseables para sistemas de procesamiento digital, tales como:

1. Es robusto y tolerante a fallas, diariamente mueren neuronas sin afectar su desempeño.
2. Es flexible, se ajusta a nuevos ambientes por aprendizaje, no hay que programarlo.

3. Puede manejar información difusa, con ruido o inconsistente.
4. Es altamente paralelo
5. Es pequeño, compacto y consume poca energía.

La teoría de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) ha brindado una alternativa a la computación clásica, para aquellos problemas, en los cuales los métodos tradicionales no han entregado resultados muy convincentes, o poco convenientes. Las aplicaciones más exitosas de las RNA son:

1. Procesamiento de imágenes y de voz
2. Reconocimiento de patrones
3. Planeamiento
4. Interfaces adaptativas para sistemas Hombre/máquina
5. Predicción
6. Control y optimización
7. Filtrado de señales

En el presente trabajo se simulan, mediante RNA, los diferentes tipos de control clásico para poder realizar el estudio de fenómenos transitorios en los procesos de Arranque, Frenado y Cambio de giro de la máquina trifásica de inducción.

II. REDES NEURONALES

A. Neuronas reales.

El cerebro consta de un gran número de elementos altamente interconectados llamados neuronas. Las neuronas tienen tres componentes principales: dendritas, el cuerpo de la célula o soma y el axón.

Dendritas, son el árbol receptor de la red, son como fibras nerviosas que cargan de señales eléctricas el cuerpo de la célula.

Cuerpo de la célula, realiza la suma de esas señales de entrada.

Axón, es una fibra larga que lleva la señal desde el cuerpo de la célula hacia otras neuronas.

El punto de contacto entre un axón de una célula y una dendrita de otra célula se denomina “**sinapsis**”. La longitud de la sinapsis es determinada por la complejidad del proceso químico que estabiliza la función de la red neuronal.

El cerebro humano está constituido por un conjunto de neuronas, donde una neurona no puede hacer nada a menos que la influencia colectiva de todas sus entradas alcance un potencial crítico llamado “**Umbral**”.

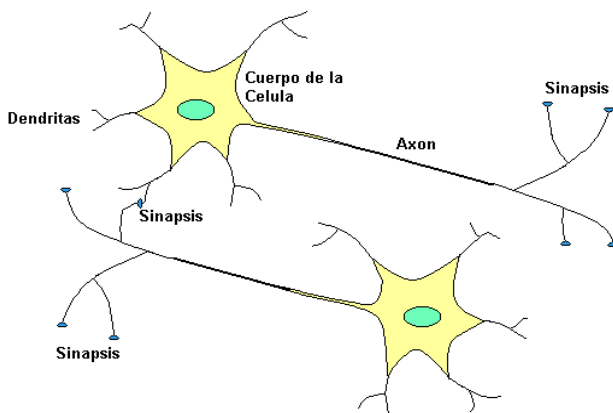


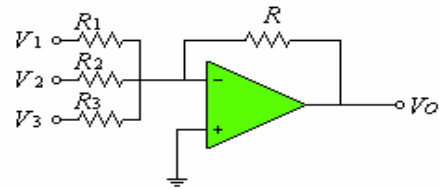
Figura 2.1. Neurona Real

* La zona externa (amarilla) es el cuerpo de la célula.

* La zona interna (verde) es el núcleo del cuerpo de la célula.

B. Neuronas artificiales.

El modelo de una neurona artificial es una imitación del proceso de una neurona biológica, puede también asemejarse a un sumador hecho con un amplificador operacional tal como se ve en la figura.



$$V_O = - \sum_{i=1}^n \frac{R}{R_i} V_i \quad (1)$$

Figura 2.2. Red neuronal Artificial.

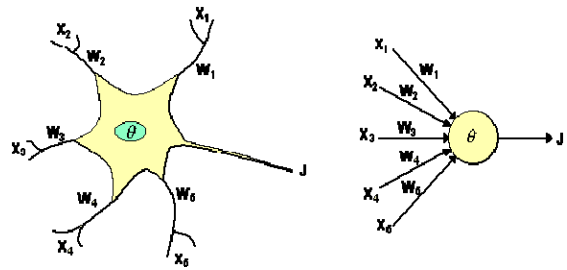


Figura 2.3. Comparación entre una red neuronal biológica y una Red Neuronal Artificial.

De la observación detallada del proceso biológico se han hallado las siguientes analogías con el sistema artificial:

- Las entradas X_i representan las señales que provienen de otras neuronas y que son capturadas por las dendritas.
- Los pesos W_i son la intensidad de la sinapsis que conecta dos neuronas; tanto X_i como W_i son valores reales.
- θ es la función umbral que la neurona debe sobrepasar para activarse; este proceso ocurre biológicamente en el cuerpo de la célula.

Las señales de entrada a una neurona artificial X_1, X_2, \dots, X_i son variables continuas en lugar de pulsos discretos, como se presentan en una neurona biológica.

La entrada neta a cada unidad puede escribirse de la siguiente manera:

$$neta_i = \sum_{i=1}^n W_i X_i = \vec{X} \vec{W} \quad (2)$$

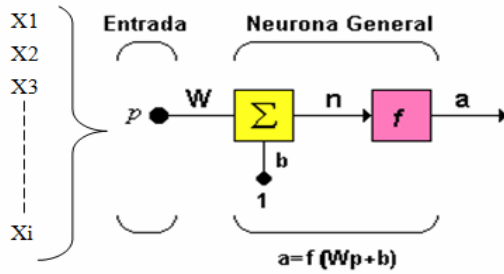


Figura 2.4. Notación de la R.N.A

- Xi**; Señales de entrada que provienen de otras neuronas.
- P**; Es el vector de señales de entrada Xi.
- Wi**; Son los pesos.
- n**; Es la salida neta de la red, es decir es la salida del sumador.
- b**; Es una ganancia que refuerza la salida del sumador n.
- fi**; Es la función escogida para transformar la entrada n en el valor de salida a.
- a**; Es el valor de salida total que está determinada por la función de transferencia (Tabla I).

Nombre	Relación Entrada /Salida	Icono de la función de transferencia	Función de transferencia
Limitador Fuerte	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		hardlim
Limitador Fuerte Simétrico	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		hardlims
Lineal Positiva	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n$		poslin
Lineal	$a = n$		purelin
Lineal Saturado	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Lineal Saturado Simétrico	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = +1 \quad n > 1$		satlins

Sigmoidal Logarítmico	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$		logsig
Tangente Sigmoidal Hiperbólica	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		tansig
Competitiva	$a = 1$ $a = 0$ Neurona con n max El resto de neuronas		compet

Tabla I. Funciones de transferencia.

III. MÁQUINA TRIFÁSICA DE INDUCCIÓN.

C. Principios de Funcionamiento.

La máquina trifásica puede funcionar como motor o como generador.

- * Cuando la velocidad del rotor es mayor a la velocidad sincrónica y el deslizamiento es menor a cero, funciona como generador.
- * Si la velocidad del rotor es menor a la sincrónica y el deslizamiento es mayor a cero y menor a 1, entonces actúa como motor.

D. Ecuaciones de la maquina trifásica de inducción.

Las ecuaciones convenientes para propósitos de simulación de máquinas de inducción simétricas, en el marco de referencia arbitrario qd0, se establecen resolviendo las ecuaciones de las concatenaciones de flujo por segundo (Ψ) para las corrientes (i), según se resume en los siguientes conjuntos de ecuaciones.

$$\Psi_{qs} = we * \int_0^t \left[V_{qs} - \frac{w}{we} * \Psi_{ds} + \frac{rs}{xls} * (\Psi_{mq} - \Psi_{qs}) \right] dt \quad (3)$$

$$\Psi_{ds} = we * \int_0^t \left[V_{ds} + \frac{w}{we} * \Psi_{qs} + \frac{rs}{xls} * (\Psi_{md} - \Psi_{ds}) \right] dt \quad (4)$$

$$\Psi_{qr'} = we * \int_0^t \left[-\left(\frac{w-wr}{we} \right) * \Psi_{dr'} + \frac{rr'}{xlr'} * (\Psi_{mq} - \Psi_{qr'}) \right] dt \quad (5)$$

$$\Psi_{dr'} = we * \int_0^t \left[\left(\frac{w-wr}{we} \right) * \Psi_{qr'} + \frac{rr'}{xlr'} * (\Psi_{md} - \Psi_{dr'}) \right] dt \quad (6)$$

$$i_{qs} = \frac{(\Psi_{qs} - \Psi_{mq})}{xls} \quad (7)$$

$$i_{ds} = \frac{(\Psi_{ds} - \Psi_{md})}{xls} \quad (8)$$

$$i_{qr'} = \frac{(\Psi_{qr'} - \Psi_{mq})}{xlr'} \quad (9)$$

$$i_{dr'} = \frac{(\Psi_{dr'} - \Psi_{md})}{xlr'} \quad (10)$$

$$\Psi_{mq} = Xmq * \left(\frac{\Psi_{qs}}{xls} + \frac{\Psi_{qr'}}{xlr'} \right) \quad (11)$$

$$\Psi_{md} = Xmd * \left(\frac{\Psi_{ds}}{xls} + \frac{\Psi_{dr'}}{xlr'} \right) \quad (12)$$

$$Xmq = Xmd = \frac{1}{\frac{1}{Xm} + \frac{1}{xls} + \frac{1}{xlr'}} \quad (13)$$

$$\quad (14)$$

La expresión del torque es:

$$Te = \left(\frac{3 * P}{4 * we} \right) * (\Psi_{qr'} * i_{dr'} - \Psi_{dr'} * i_{qr'}) \quad (15)$$

La velocidad :

$$wr = \int_0^t we * \left(\frac{Te - Tmech}{(2/P) * J * we} \right) dt \quad (16)$$

Donde:

Te: Torque electromagnético
T mech: es el torque de carga
J: es el momento de inercia.
wr: velocidad del rotor en (rad/s)
we: velocidad base en (rad/s)

IV. PARAMETROS DE LA MAQUINA TRIFASICA DE INDUCCION.

Los valores característicos de la máquina trifásica de inducción de la mesa #11, del laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Escuela Politécnica Nacional, se indican en la tabla II.

Hn m	Hn+1 m	Hn+1 m	t(s)	t'(s)	Fr m*kg/s^2	γ rad/s^2	σ rad	J m^2*kg	# vueltas	J̄ m^2*kg
0.410	0.20 0.21	0.205	1.5 1.6	1.55	13.06	11.17	4*π	0.056	2	0.0565
0.20	0.11 0.1	0.105	1.1 1	1.05	12.2	11.39	2*π	0.057	1	

Tabla II. Parámetros de la maquina trifásica de inducción de la mesa#11.

Para determinar el momento de inercia de la máquina se aplicaron las ecuaciones que se indican a continuación.

$$w = \frac{2 * \sigma}{t^2} [\text{rad} / \text{seg}^2] \quad (17)$$

$$\sigma = (2 * \Pi * n) \text{rad} \quad (18)$$

$$Fr = P * \left(\frac{Hn - Hn + 1}{Hn + Hn + 1} \right) [m * \text{kg} / \text{seg}^2] \quad (19)$$

$$J = \left(\frac{(P - Fr) * R}{\gamma} - m * R^2 \right) [m^2 * \text{Kg}] \quad (20)$$

Donde:

γ: es la aceleración angular.
σ: es un ángulo en radianes'
n: es el número de vueltas del hilo nylon.
t: es el tiempo de caída libre.
Fr: es la fuerza de rozamiento del eje.
P: es el peso en [m*kg/s^2]
J: es el momento de inercia.
m: es la masa en Kg (4 Kg)
R: es el radio del eje del rotor del motor.

Para determinar el valor del momento de inercia en forma práctica se realizó el experimento detallado en el siguiente párrafo.

Se suspende una masa de 4 kg atada con hilo nylon al rotor de cada máquina trifásica de inducción. Esta masa se la suelta de diferentes alturas hasta que llegue al punto de retorno (punto de cambio de giro), en el cual la masa cae otra vez pero en sentido contrario. Mediante varias mediciones de tiempos se puede conocer el momento de inercia.

El experimento se grafica en la figura 4.1.

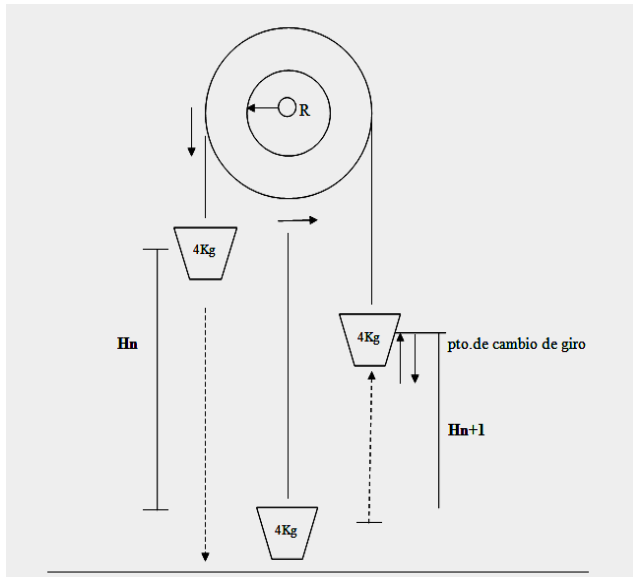


Figura 4.1. Diagrama experimental del momento de inercia de las máquinas trifásicas de inducción del laboratorio.

E. Oscilogramas de los transitorios en el arranque, frenado y cambio de giro de las máquinas trifásicas de inducción.

Para poder visualizar las corrientes en el osciloscopio se instalaron, en la salida de cada fase del autotransformador, resistencias en serie de 1 ohm, que soporten hasta una corriente de 9 A, como se muestra en el siguiente diagrama eléctrico:

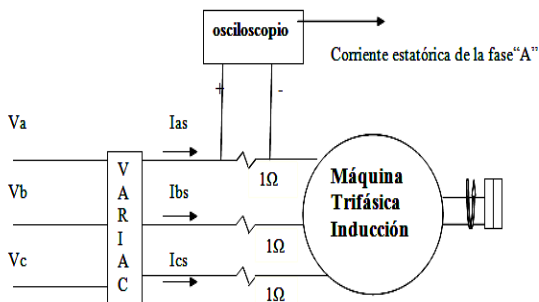


Figura 4.2. Conexión de la máquina trifásica de inducción a la fuente y al osciloscopio.

F. Oscilogramas de transitorios de la máquina#11 sin ningún tipo de control.

En las siguientes figuras se pueden apreciar los oscilogramas para cada uno de los transitorios.

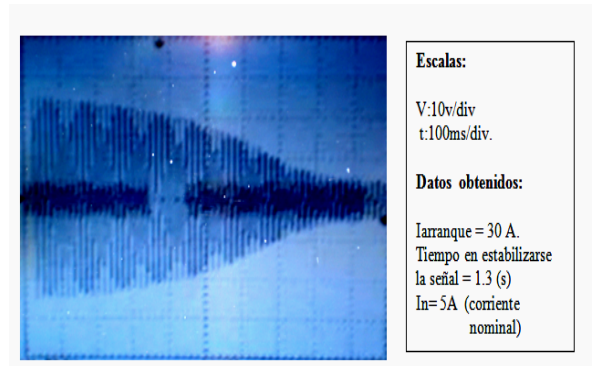


Figura 4.3. Corriente Estática en Arranque Directo de la Fase "A"

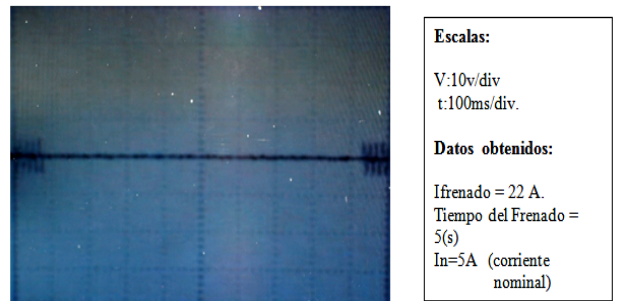


Figura 4.4. Corriente Estática en Frenado Directo de la Fase "A"

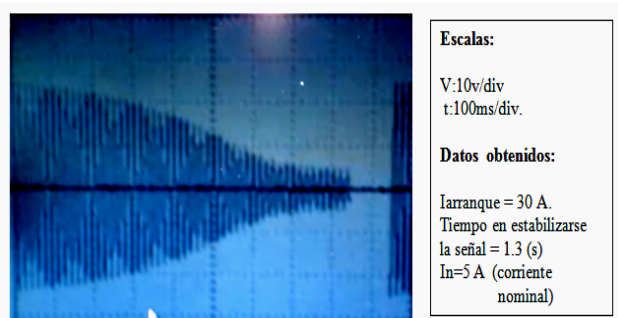


Figura 4.4. Corriente Estática en Cambio de Giro Directo de la Fase "A"

G. Oscilogramas de transitorios de la máquina#11 con autotransformador.

Las siguientes gráficas corresponden a los oscilogramas obtenidos de los transitorios cuando la máquina se arranca con autotransformador.

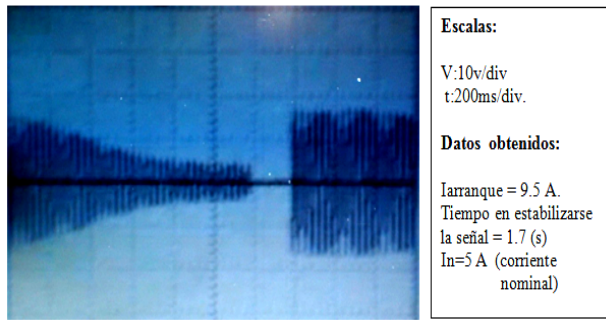


Figura 4.5. Corriente Estática en Arranque por Autotransformador Fase “A”

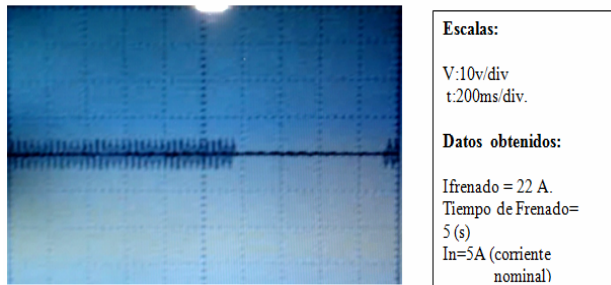


Figura 4.6. Corriente Estática en Frenado por Autotransformador Fase “A”

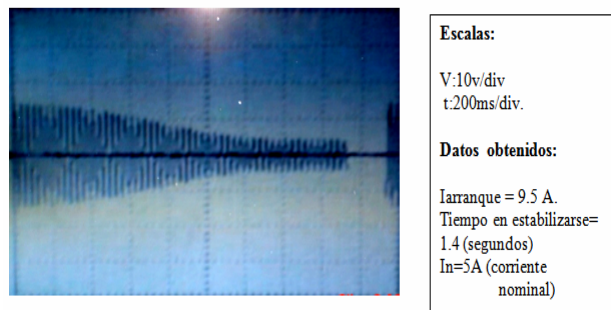


Figura 4.7. Corriente Estática en Cambio de Giro por Autotransformador para Fase “A”

H. Oscilogramas de transitorios de la maquina#11 con arranque (Y-Δ).

En el arranque Y – Δ se tienen las siguientes gráficas.

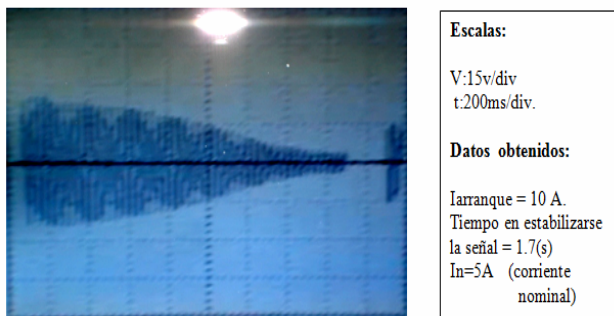


Figura 4.8. Corriente Estática en Arranque (Y-Δ) de la Fase “A”

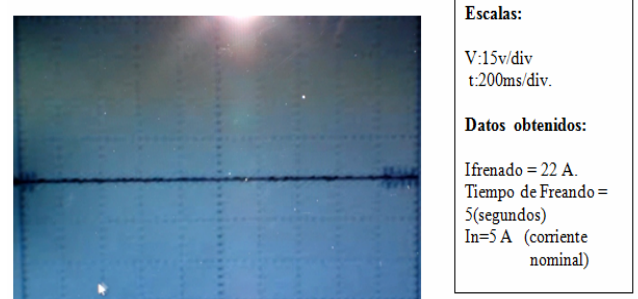


Figura 4.9. Corriente Estática en Frenado (Y-Δ) Fase “A”

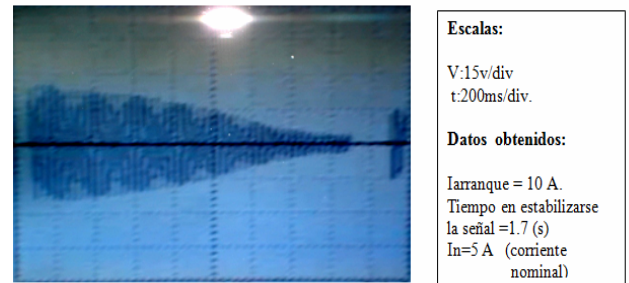


Figura 4.10. Corriente Estática en Cambio de Giro (Y-Δ) Fase “A”

V. SIMULACIÓN DEL CONTROL DE TRANSITORIOS PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TRIFÁSICA DE INDUCCIÓN USANDO MATLAB - SIMULINK MEDIANTE REDES NEURONALES

En la presente sección se describe el modelo matemático empleado, luego se realiza el diseño de la red neuronal requerido para la simulación en régimen dinámico y por último se efectúa la simulación de la máquina trifásica de inducción en los procesos de Arranque, Frenado por inversión de Fases y Cambio de Giro.

V.1 MODELACIÓN

Las relaciones matemáticas a ser usadas para realizar la simulación corresponden a las ecuaciones 3 a 16, detalladas en la sección D.

El programa a ser empleado es el MATLAB-SIMULINK. De esta herramienta se han tomado los bloques correspondientes a Máquina Trifásica de Inducción y se ha armado el diagrama que se presenta en la siguiente página (Fig. 5.1).

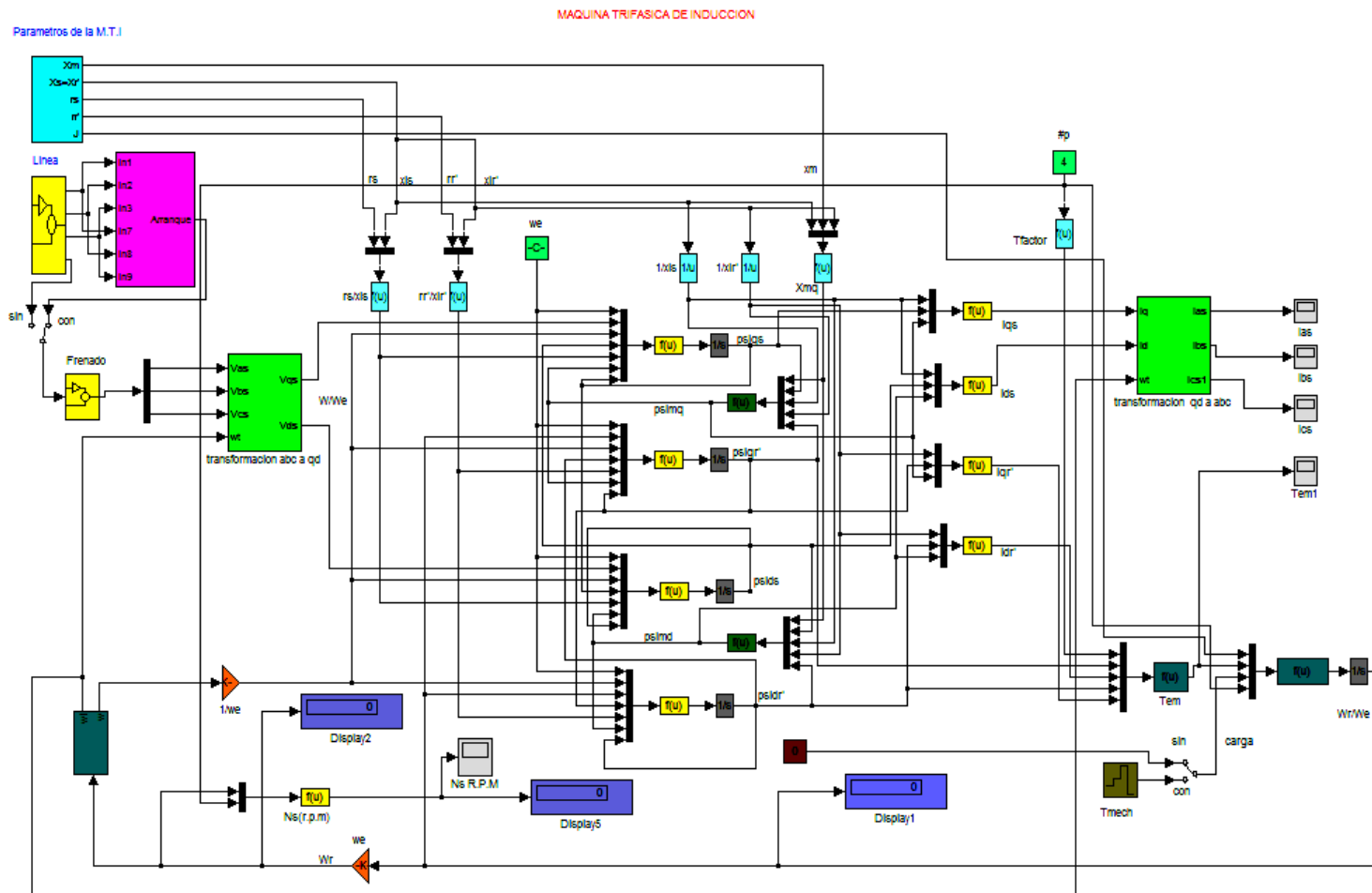


Figura 5.1. Diseño del programa que simula la Máquina trifásica de Inducción en Matlab – Simulink

V.2. DISEÑO DE LA RED NEURONAL.

En esta sección se indican las arquitecturas de las redes neuronales a ser usadas para simular los arranques: Y-Δ, por Autotransformador y por variación de la frecuencia y de Voltaje.

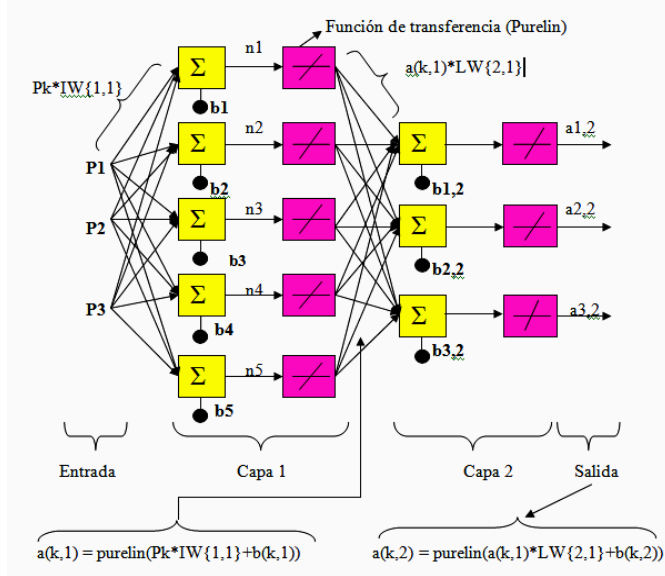


Figura 6.1. Arquitectura de la R.N.A para simular Arranque (Y-Δ)

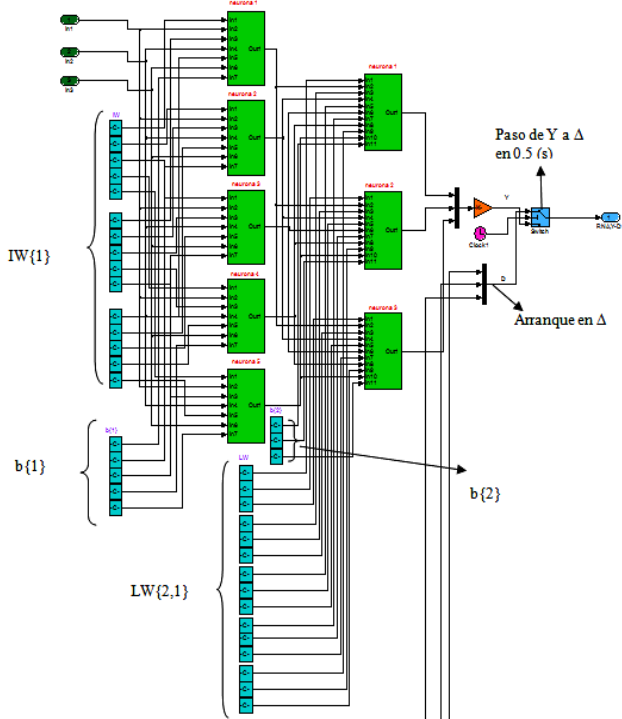


Figura 6.2. Arquitectura de la R.N.A para simular Arranque (Y-Δ).

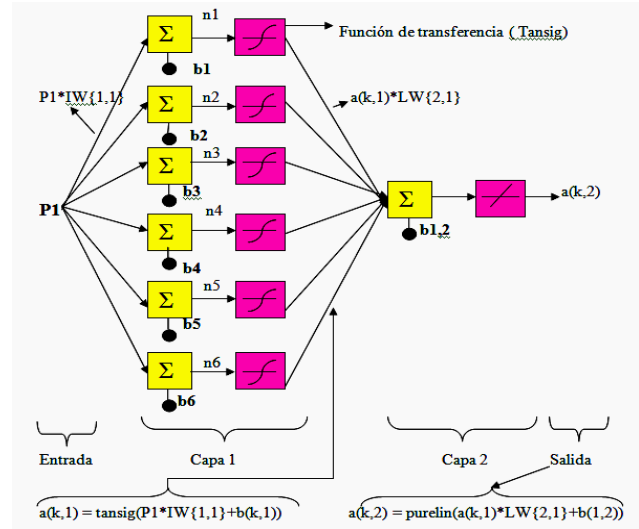


Figura 6.3. Arquitectura de las R.N.A que simula la variación de voltaje del Autotransformador mediante la señal tipo rampa.

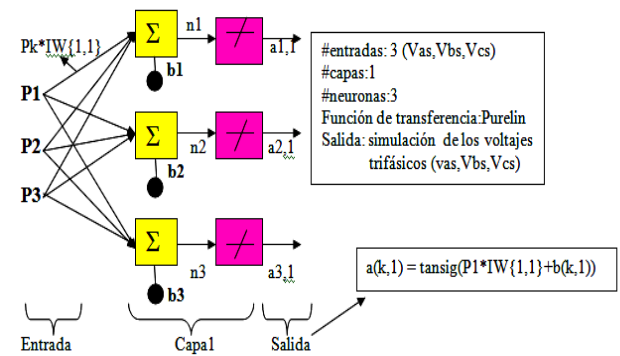


Figura 6.4. Arquitectura de las R.N.A que simulan los voltajes trifásicos. Va, Vb, Vc.

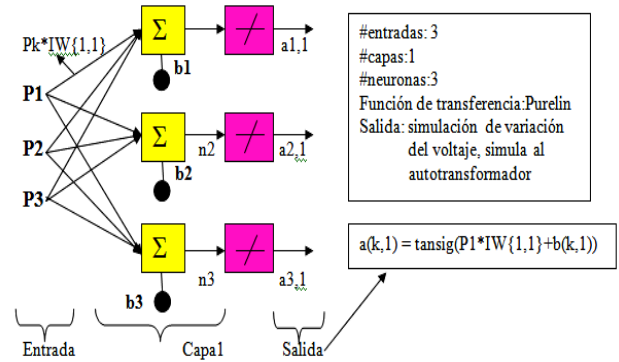


Figura 6.5. Arquitectura de las R.N.A que simula la multiplicación de la señal tipo rampa con los voltajes trifásicos simulando al Autotransformador.

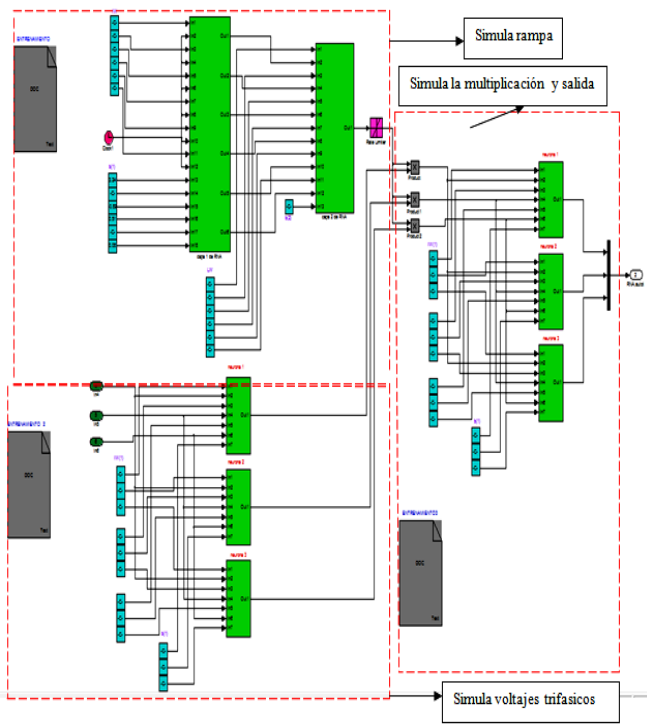


Figura 6.6. Arquitectura de las R.N.A para simular arranque con Autotransformador.

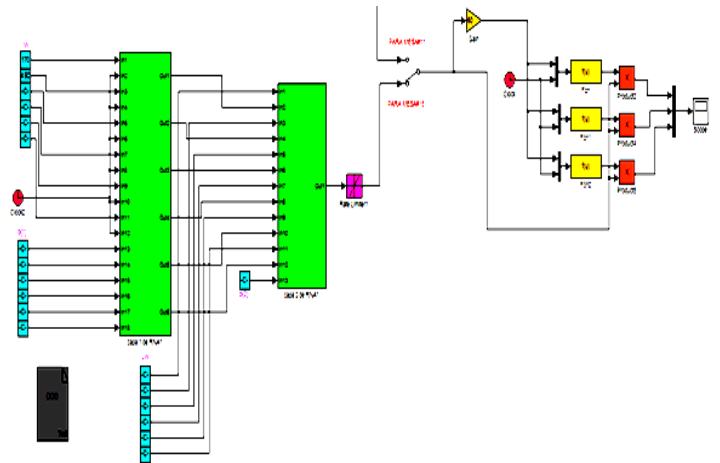


Figura 6.8. Arquitectura de las R.N.A para simular Arranque por variación de frecuencia y voltaje.

VII. COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO PUNTO A PUNTO Y LOS SIMULADOS CON LAS R.N.A EN MATLAB.

Para evaluar los resultados logrados se superponen las gráficas de la corriente de la fase “A” obtenidas con el osciloscopio con aquellas resultantes de la simulación por R.N.A.

En las siguientes gráficas se ilustran los resultados obtenidos en la máquina instalada en la mesa #11.

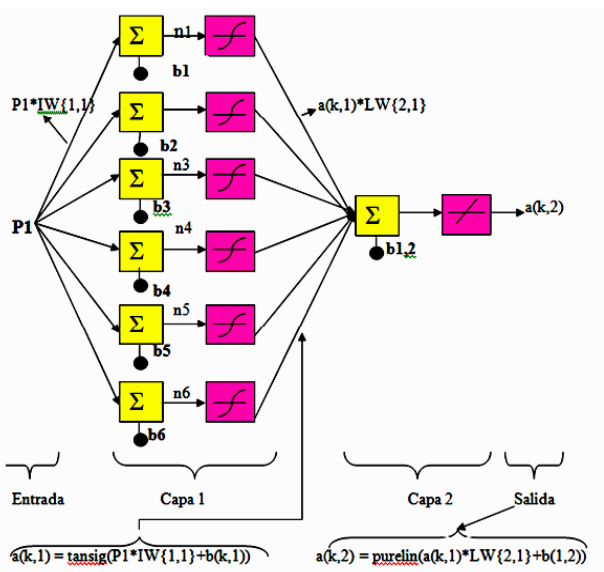


Figura 6.7. Arquitectura de las R.N.A que simulan las señales tipo rampa tanto para variación del voltaje y frecuencia desde el 50% hasta el 100% del controlador de variación de frecuencia y voltaje.

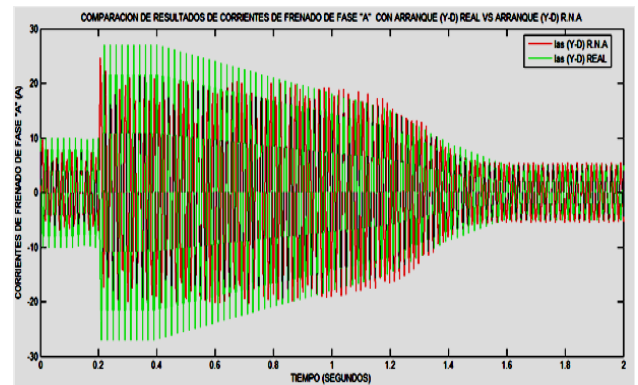


Figura 7.1. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el arranque Y-Δ de la corriente de fase “A”.

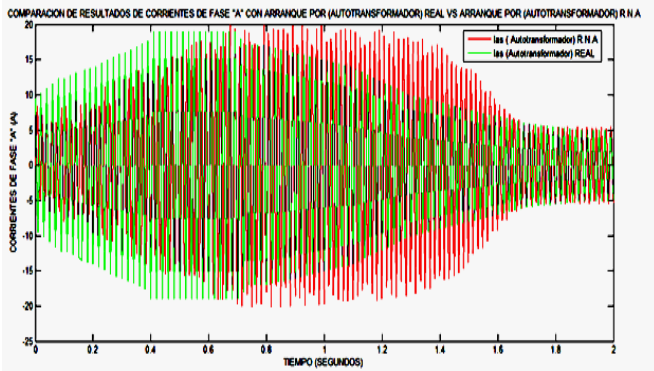


Figura 7.2. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el arranque por Autotransformador de la corriente de fase “A”.

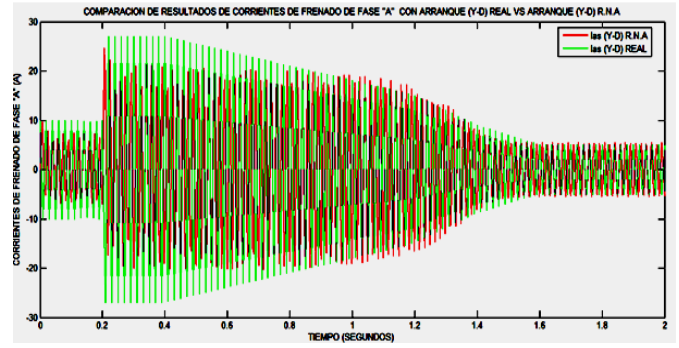


Figura 7.5. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el Cambio de giro para el arranque Y-Δ de la corriente de fase “A”

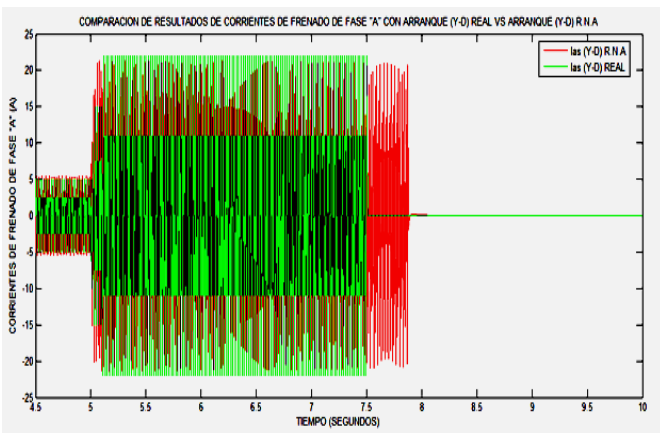


Figura 7.3. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el frenado con arranque Y-Δ de la corriente de fase “A”.

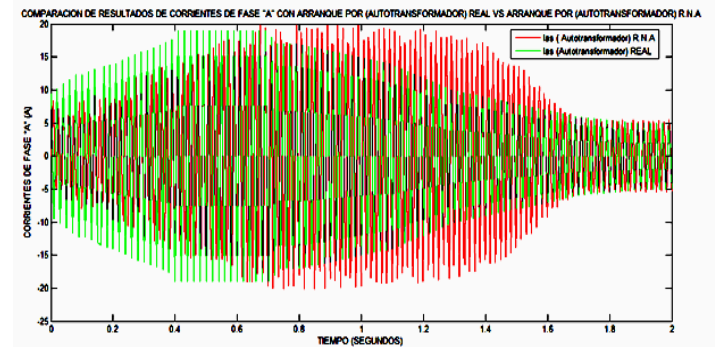


Figura 7.6. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el Cambio de giro para el arranque por Autotransformador de la corriente de fase “A”

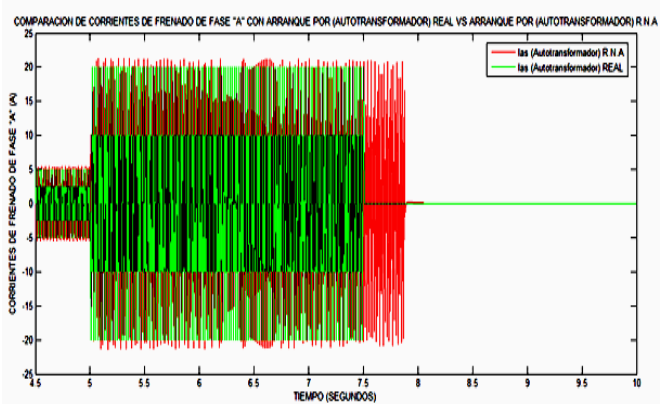


Figura 7.4. Resultados del laboratorio y usando R.N.A en el frenado por autotransformador de la corriente de fase “A”.

El porcentaje de error, empleando la fórmula (21), se presenta en las siguientes tablas.

$$\%error = \left| \frac{Valor\ real - Valor\ de\ la\ R.N.A}{Valor\ real} \right| * 100\% \quad (21)$$

PARA PROCESOS DE ARRANQUE Y CAMBIO DE GIRO		TIPOS DE ARRANQUE			
		Arranque (Y-Δ) para mesa#11	Arranque por Autotransformador para mesa#11	Arranque (Y-Δ) para mesa#15	Arranque por Autotransformador para mesa#15
Valor Real	Iarr (A)	10	9.5	23	20
	In (A)	5	5	8	8
	(Iarr/In)	2	1.9	2.875	2.5
Valor R.N.A	Iarr (A)	9.7	8.6	23.22	20
	In (A)	5	5	8.5	8.5
	(Iarr/In)	1.94	1.72	2.73	2.35
Error (%)	Iarr (A)	3	9.4	0.95	0
	In (A)	0	0	6.25	6.25
	(Iarr/In)	3	9.4	5	6

Tabla III. Cuadro de comparación entre los resultados del laboratorio y los resultados usando el programa de R.N.A, para arranque y cambio de giro.

PARA EL PROCESO DE FRENADO		TIPOS DE ARRANQUE			
		Arranque (Y-Δ) para mesa#11	Arranque por Autotransformador para mesa#11	Arranque (Y-Δ) para mesa#15	Arranque por Autotransformador para mesa#15
Valor Real	Iarr (A)	22	22	73	73
	In (A)	5	5	8	8
	(Iarr/In)	4.4	4.4	9.125	9.125
Valor R.N.A	Iarr (A)	22	21	73	72
	In (A)	5	5	8.5	8.5
	(Iarr/In)	4.4	4.4	8.58	8.47
Error (%)	Iarr (A)	0	4.54	0	4.54
	In (A)	0	0	6.25	6.25

Tabla IV. Cuadro de comparación y porcentaje de error entre los resultados del laboratorio y los resultados usando el programa de R.N.A, para frenado.

VII. CONCLUSIONES.

- Mediante el empleo de Redes Neuronales Artificiales, se simulan satisfactoriamente el control de fenómenos transitorios en cuanto al Arranque, Frenado y Cambio de giro de las máquinas trifásicas de inducción.
- Los resultados obtenidos usando Redes Neuronales Artificiales son similares respecto a los resultados obtenidos por los métodos clásicos de control de fenómenos transitorios, como por ejemplo, control de Arranque (Y-Δ), control de Arranque por (Autotransformador) y control de Arranque por Variación de Frecuencia y voltaje.
- La arquitectura de la R.N.A depende del diseñador, tanto en el número de neuronas como de capas a usar. En el proyecto se presentaron casos con un mínimo de 3 neuronas y una capa, o de hasta 6 neuronas y dos capas.
- Los fenómenos transitorios en el Arranque y cambio de giro son menos severos que el Frenado por inversión de fases.
- De todas las simulaciones, el Arranque por variación de frecuencia y voltaje es el más aconsejable ya que proporciona al motor un arranque suave, respecto, por ejemplo, al de auto transformador.

F. Con el tipo de control por R.N.A, se puede reemplazar equipos de alto costo, como el Autotransformador o el controlador de variación de frecuencia y voltaje. Con el programa se pueden realizar las diferentes simulaciones de estos tipos de controles sin tener que comprar equipos.

G. El sistema usado con Redes Neuronales Artificiales por la velocidad de respuesta permite su aplicación en tiempo real.

H. Las Redes Neuronales Artificiales se presentan como un método alternativo ante los modelos matemáticos tradicionales y los mecanismos clásicos de control.

I. REFERENCIAS

- [1] Fitzgerald, A.E.; Kingsley, Charles; Umans.” Máquinas Eléctricas,” McGraw-Hill, 5ta edición, México, 1992.
 - [2] P.C. Krause, O. Wasynczuk, S.D. Sudhoff, "Analysis of Electric Machinery", McGraw Hill, New York, 1986.
 - [3] Chee-Mun Ong, “Dynamic of Electric Machinery”, Bookworks, 1998.
 - [4] A.V. Ivanov-Smolenski (tres tomos), “Maquinas Eléctricas”, MIR- Moscú, 1980.
 - [5] Theodore Wildi, “Electrical Machines, Drives and Power Systems”, third edition, Prentice Hall, USA, 1981.
- Artículos de Memorias de Conferencias (Publicados):*
- [6] Anales de Jornadas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 1997 Pt1.
 - [7] Análisis transitorio de la máquina de inducción: <http://prof.usb.ve/jaller>
 - [8] Aplicación de las redes neuronales para el control de giro de un Motor de inducción Tipo jaula de ardilla. www.ohm.utp.edu.co/neuronales.

- [9] Msc.Luis Tapia, “Folleto de Máquinas Eléctricas”, Escuela Politécnica Nacional.
- [10] Revista Colombiana de tecnología avanzada,” ELECTRIC MOTOR TRANSIENT PROCESSES”, Volumen 1, numero 7, 2006.
- [11] Moctezuma Eugenio Juan Carlos, Torres Huitzil Cesar” ESTUDIO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES USANDO XILINX SYSTEM GENERATOR”, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
pumaju@ece.buap.mx.
- [12] Moctezuma Eugenio Juan Carlos, A. Sánchez Gálvez, A. Ata Pérez, " Implementación Hardware de funciones de transferencia para R.N.A”, Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, **moctezumajc@yahoo.com**
- [13] Ali Sowilam Gamal Mahmoud, ”Aplicación de las Redes Neuronales en sistemas de control vectorial de los motores de inducción, <http://revistas.mes.edu.cu:9900/eduniv/03-Revistas-cientificas/Ingenieria-Energetica/2004/1/10204101.pdf>.
- [14] XIX Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Rueda José Luis, Tapia Calvo piña Luis, “Control de Máquinas Asincrónicas empleando un convertidor de frecuencia”, Volumen 19, 2005.
- [15] The Mathworks Inc, MATLAB, software 2007.
- [16] Tesis de Grado, “Transitorios en la Reconexión de motores de inducción”, Angel Gabriel Román Bonilla,E.P.N, 1981,Quito-Ecuador.
- [17] Tesis de Grado, “Simulación de la velocidad usando Redes Neuronales Artificiales de la máquina trifásica de inducción”, Isaac Andrés Becerra Obando, E.P.N, 2001, Quito-Ecuador.

BIOGRAFIAS

LUIS EDUARDO REYES LARA



Nació en Quito-Ecuador el 6 de Diciembre de 1979. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Superior Andino. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero Eléctrico con especialidad Sistemas Eléctricos de Potencia en el 2009. Actualmente desempeña el cargo de Profesor en el Departamento de Electrónica y Electricidad Industrial en el Eduardo Reyes Lara, nació en Quito-Ecuador el 6 de Diciembre de 1979. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Superior Andino. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero Eléctrico con especialidad Sistemas Eléctricos de Potencia en el 2009. Actualmente desempeña el cargo de Profesor en el Departamento de Electrónica y Electricidad Industrial en el SECAP. Áreas de interés: Distribución eléctrica, protecciones eléctricas, investigación en redes neuronales artificiales, microcontroladores PIC, Plc's LOGO SIEMENS, programación en MATLAB.

LUIS TAPIA CALVOPIÑA



Ingeniero Eléctrico de la Escuela Politécnica Nacional 1976, Magíster en Tecnologías de la Información para Fabricación de la Universidad Politécnica de Madrid 2001, Director del Instituto de Tecnólogos, Coordinador de Electromecánica, Jefe del Departamento de Energía Eléctrica, profesor Principal de la EPN.