

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

2014

# REPORTE DE RESIDENCIA



Residente:

Gabriela Carolina Villafuerte Gómez

Asesor:

M. Álvaro Hernández Sol

Revisores:

Ing. Vicente León Orozco

Ing. Odilio Orozco Magdaleno

## Contenido

Capítulo 1. Generalidades.....	2
1.1 Introducción .....	2
1.2 Información general de la institución o empresa donde se desarrolló el proyecto.....	3
1.3 Área específica relacionada directamente con el proyecto.....	4
1.4 Antecedentes.....	6
1.5 Planteamiento del problema .....	7
1.6 Nombre del proyecto.....	8
1.7 Objetivos generales y específicos .....	8
1.8 Justificaciones del proyecto .....	8
1.9 Alcances y limitaciones del proyecto .....	9
1.10 Metodología para el desarrollo del proyecto .....	9
Capítulo 2. Fundamento teórico .....	10
2.1 Oscilaciones electromecánicas.....	10
2.2 Transformada Wavelet.....	11
3.3 Redes neuronales artificiales.....	12
3.3.1 Back Propagation .....	13
Capítulo 3. Desarrollo e implementación del proyecto .....	15
3.1 Recopilación de información.....	15
3.2 Adquisición de datos.....	16
3.3 Programación de la implementación de la transformada Wavelet en análisis para procesamiento de los datos.....	17
3.4 Programación de la red neuronal artificial Back Propagation para reconocimiento de oscilaciones parasitarias.....	18
Observaciones y sugerencias .....	21
Conclusión.....	22
Referencias virtuales.....	23

# Capítulo 1. Generalidades

## 1.1 Introducción

El siguiente trabajo tiene como objetivo implementar una solución a las variaciones del sistema de transmisión de energía, cuando está sometido a grandes perturbaciones de voltaje.

Estas variaciones están caracterizadas por oscilaciones decrecientes con el tiempo, pero hay casos en los que persisten e incrementan de magnitud, ocasionando el disparo de líneas, aislando partes del sistema de protección principal fallando al despejar una falta, provocando que la protección de respaldo lo haga y proteja aquellas partes del sistema de potencia que la protección principal no protege, debido a la ubicación de sus transformadores de medida. Así limita el daño causado a los equipos de potencia, y saca de servicio el equipo en falla lo más rápido posible para mantener la integridad y estabilidad del sistema de potencia.

El programa será diseñado para analizar los diferentes tipos de señales recibidas, empleando transformada wavelet y redes neuronales artificiales que analizan cada señal eléctrica previniendo si el próximo dato puede representar una oscilación.



## **Visión:**

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región

El instituto se ha distinguido por generar profesionistas de gran calidad que han contribuido al desarrollo social y tecnológico del estado de Chiapas.

## **1.3 Área específica relacionada directamente con el proyecto**

### **Departamento de ingeniería Eléctrica y Electrónica**

Área del instituto Tecnológico encargado de formar ingenieros Eléctrica y Electrónica

#### **Ingeniería electrónica**

#### **Objetivo**

Formar profesionistas con competencias profesionales para diseñar, modelar, implementar, operar, integrar, mantener, instalar, administrar, innovar y transferir tecnología electrónica existente y emergente en proyectos interdisciplinarios, a nivel nacional e internacional, para resolver problemas y atender las necesidades de su entorno con ética, actitud emprendedora, creativa, analítica y comprometidos con el desarrollo sustentable.

#### **Perfil**

- Diseñar, analizar y construir equipos y/o sistemas electrónicos para la solución de problemas en el entorno profesional, aplicando normas técnicas y estándares nacionales e internacionales.
- Crear, innovar y transferir tecnología aplicando métodos y procedimientos en proyectos de ingeniería electrónica, tomando en cuenta el desarrollo sustentable del entorno.
- Promover y participar en programas de mejora continua aplicando normas de calidad en toda empresa.
- Planear, organizar, dirigir y controlar actividades de instalación, actualización, operación y mantenimiento de equipos y/o sistemas electrónicos.
- Aplicar las nuevas Tecnologías de la información y de la comunicación, para la adquisición y procesamiento de datos.

- Desarrollar y administrar proyectos de investigación y/o desarrollo tecnológico.
- Ejercer la profesión de manera responsable, ética y dentro del marco legal.
- Asumir las implicaciones de su desempeño profesional en el entorno político, social, económico y cultural.
- Comunicarse con efectividad en forma oral y escrita en el ámbito profesional tanto en su idioma como en un idioma extranjero.
- Ejercer actitudes emprendedoras, de liderazgo y desarrollar habilidades para la toma de decisiones en su ámbito profesional.
- Comprometer su formación integral permanente y de actualización profesional continua, de manera autónoma.
- Dirigir y participar en equipos de trabajo interdisciplinario y multidisciplinario en contextos nacionales e internacionales.
- Capacitar y actualizar en las diversas áreas de aplicación de ingeniería electrónica.
- Simular modelos que permitan predecir el comportamiento de sistemas electrónicos empleando plataformas computacionales.
- Seleccionar y operar equipo de medición y prueba.
- Utilizar lenguaje de descripción de hardware y programación de microcontroladores en el diseño de sistemas digitales para su aplicación en la resolución de problemas.
- Resolver problemas en el sector productivo mediante la automatización, instrumentación y control.
- Desarrollar aplicaciones en un lenguaje de programación de alto nivel para la solución de problemas relacionados con las diferentes disciplinas en el área.
- Diseñar e implementar interfaces gráficas de usuario para facilitar la interacción entre el ser humano, los equipos y sistemas electrónicos.

## **Ingeniería eléctrica**

### **Objetivo**

Formar profesionales competentes en Ingeniería Eléctrica con capacidad creativa, emprendedora, de análisis, liderazgo y capacidad de trabajo en equipo, que realicen actividades de diseño, innovación, adaptación y transferencia de tecnologías para resolver problemas del área de su competencia en forma competitiva atendiendo las necesidades del entorno globalizado, con una conciencia ética y social, asumiendo un compromiso con el desarrollo tecnológico y sustentable.

## **Perfil**

- Planear, diseñar, instalar y operar sistemas eléctricos de potencia, conforme a la normatividad nacional e internacional vigente.
- Planear, diseñar, instalar y operar sistemas de utilización de la energía eléctrica, con base en las normas de eficiencia energética.
- Planear, diseñar, instalar y operar sistemas de control y automatización, utilizando tecnología de punta.
- Analizar, diagnosticar y presentar soluciones a problemas relacionados con la calidad de la energía eléctrica.
- Participar en la administración y toma de decisiones de los recursos humanos, económicos y materiales en la ejecución de obras eléctricas.
- Promover y aplicar las acciones necesarias relacionadas con el desarrollo sustentable de manera responsable, legal y ética.
- Promover y realizar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.
- Adaptar nuevas tecnologías en la mejora de los procesos industriales, equipos y obras eléctricas.
- Probar, interpretar, diagnosticar y realizar mantenimiento de equipos e instalaciones eléctricas.
- Utilizar las nuevas tecnologías de la información y comunicación.
- Poseer una visión emprendedora realizando actividades de consultoría estableciendo su propia empresa para coadyuvar en el desarrollo de su entorno.
- Participar en equipos interdisciplinarios y multidisciplinarios.
- Fortalecer los valores individuales y colectivos a través de la comunicación.
- Fomentar el desarrollo de habilidades para una correcta y eficaz comunicación oral y escrita.
- Desarrollar habilidades gerenciales para impulsar el éxito de la empresa.
- Comprender su entorno político, económico, social y cultural.
- Crecer personalmente en todas sus dimensiones, adquiriendo conciencia de su propia identidad, sus aspiraciones y su propia identidad, sus aspiraciones y sus potencialidades.

### **1.4 Antecedentes**

El sistema de transmisión está compuesto por grandes torres metálicas, que soportan los cables que transportan la energía eléctrica desde los centros de generación hasta zonas de distribución más cercanas a los consumidores. Para un transporte eficiente se eleva el voltaje, por medio de un transformador elevador en la subestación de generación y se reduce el nivel a través de un transformador reductor en la subestación de distribución.

La operación normal de los sistemas eléctricos involucra pequeñas variaciones en la señal, ocasionadas por cambios normales de carga. Estas variaciones están caracterizadas en parte por oscilaciones. Generalmente, estas oscilaciones decrecen con el tiempo, pero hay casos en los que persisten e incrementan de magnitud, ocasionando el disparo de líneas aislando partes del sistema.

Las oscilaciones de potencia han alcanzado mayor importancia en la medida que se han extendido las interconexiones por su impacto sobre la operación de los sistemas. Adicionalmente, una oscilación del sistema puede afectar la calidad de la potencia. Evidentemente, este fenómeno modula la tensión y la corriente en sus amplitudes y produce variaciones en la frecuencia.

En los últimos años, diferentes sistemas eléctricos han experimentado la presencia de oscilaciones electromecánicas ante condiciones normales de operación. Estas perturbaciones se presentan como oscilaciones de pequeña magnitud y en casos extremos. Dichas oscilaciones crecen con el tiempo, causando la salida de elementos del sistema.

El análisis de las oscilaciones electromecánicas es complejo, por lo que la simulación digital del fenómeno debe ser detallada involucrando los factores y elementos que intervienen; siendo complicada su detección, parte de estos sistemas son de baja confiabilidad y de alto costo. La baja fiabilidad se debe a que parte de los resultados, son resultados teóricos y no han sido analizados en pruebas de campo.

## **1.5 Planteamiento del problema**

Las líneas de transmisión de energía presentan oscilaciones sorprendidas para el sistema de monitoreo, estas oscilaciones son ocasionadas por alteraciones en el sistema de generación, estas oscilaciones presentan variables con características similares las cuales son analizadas en el transcurso de este proyecto



## **1.6 Nombre del proyecto**

Sistema de detección de Oscilaciones Parasitarias en la línea de Transmisión de 400kv de enlace Tapachula con Guatemala mediante transformada Wavelet y Redes Neuronales Artificiales.

## **1.7 Objetivos generales y específicos**

Diseñar e implementar un Sistema de detección de Oscilaciones Parasitarias en la línea de Transmisión de 400kv de enlace Tapachula con Guatemala mediante transformada Wavelet y Redes Neuronales Artificiales.

## **1.8 Justificaciones del proyecto**

Las oscilaciones mal amortiguadas de frecuencia en sistemas eléctricos de potencia representan un problema latente para las compañías encargadas del suministro de energía, tal como Comisión Federal de Electricidad (CFE), estas oscilaciones son provocadas actualmente debido a las operaciones de los SEP más cercanas a los límites físicos, el uso de sistemas de excitación con respuesta más rápida, se pueden mencionar entre las causas más importantes.

Es indispensable en nuestros días tener en cuenta estudios que se encarguen del monitoreo de las oscilaciones de baja frecuencia y así determinar si el SEP de interés tiende a tener problemas de estabilidad ante pequeños disturbios, una vez detectado los valores que caracterizan a la oscilación detectada será de mayor facilidad encontrar la solución posible al problema.

En la actualidad se cuenta con sistemas de monitoreo de diferentes variables en el SEP, en el presente trabajo se utilizan variables medidas en los nodos de un SEP para la detección de oscilaciones lo que permite una detección de oscilaciones de baja frecuencia a partir de mediciones realizadas al SEP en tiempo real. El utilizar mediciones en tiempo real que potencializa la capacidad de respuesta del sistema ante posibles disturbios.

Adicionalmente a las justificaciones ya presentadas, se brinda a los trabajos futuros una herramienta de medición, almacenamiento de variables y comunicación utilizando un nuevo método para la supervisión y control de oscilaciones de baja frecuencia en tiempo real. La metodología se basa en índices de control y observación que permiten determinar la ubicación más adecuada para

tomar señales de medición y donde aplicar las señales de control. El método para estimar la frecuencia y amortiguamiento de las oscilaciones realiza una combinación de la transformada wavelet discreta y un sistema de redes neuronales.

## **1.9 Alcances y limitaciones del proyecto**

### **Alcances:**

- Este programa maneja distintas entradas variables que se introducen a la red neuronal, una vez instalado y adaptando las entradas de la red puede ser utilizado para cualquier sistema de monitoreo para prevenir una o varias señales de salida.
- Es un programa que maneja un sistema de autoaprendizaje en el cual las variables son analizadas para su prevención en situaciones posteriores y evitar daños

### **Limitaciones**

- El Software en el que está basado este programa tiene librerías que no son de fácil acceso por sus altos costos, que restringe la utilización del mismo en su programación.
- Las señales son limitadas puesto que son dependientes de condiciones físicas reales en tiempo real.

## **1.10 Metodología para el desarrollo del proyecto**

Para el desarrollo del proyecto se empleó el método científico por que se adecuaba más a las necesidades y a los objetivos del proyecto.

## Capítulo 2. Fundamento teórico

### 2.1 Oscilaciones electromecánicas

La operación normal de los sistemas eléctricos de potencia involucra pequeñas variaciones de velocidad ocasionadas por cambios normales de carga. Estas variaciones están caracterizadas en parte por oscilaciones. Generalmente, estas oscilaciones decrecen con el tiempo, pero en algunos casos persisten e incrementan de magnitud, ocasionando el disparo de líneas aislando partes del sistema. Con algunas excepciones, estas oscilaciones son espontáneas.

Las oscilaciones inestables son causadas por interacciones entre varios generadores en una planta, y tienen primariamente efectos locales, así como también inician por interacciones entre grupos de generadores y tienen efectos en una área mucho más extensa del sistema. Estas últimas son generalmente difíciles de analizar y corregir. Ocasionalmente, oscilaciones pobremente amortiguadas han sido eliminadas colocando el regulador de voltaje del generador fuera de servicio, o en otras ocasiones al reducir el flujo de potencia en líneas o generadores críticos.

En sistemas multimáquinas, las frecuencias de oscilación de los rotores de generadores dependen principalmente de las inercias, las reactancias del sistema de transmisión y las condiciones de operación. Un sistema de  $N$  generadores tiene  $N-1$  frecuencias de oscilación del rotor, cada una caracterizada con su propio modo de oscilación. Las frecuencias de oscilación y sus correspondientes modos son obtenidos mediante el cálculo de los valores y vectores característicos.

Al ocurrir un disturbio en un sistema eléctrico de potencia, sea de una gran magnitud o solo un cambio mínimo en la carga, cada unidad generadora tiende a oscilar alrededor de su punto de operación, hasta alcanzar nuevamente un estado estable. La naturaleza dinámica de estos sistemas mecánicos está gobernada por la segunda ley de Newton, la cual relaciona fuerza y aceleración.

Existen dos tipos de oscilaciones electromecánicas que causan problemas a los sistemas eléctricos de potencia. El primer tipo ocurre cuando una unidad generadora oscila con respecto al resto del sistema. Tales oscilaciones son llamadas oscilaciones en modo local. Son llamadas así porque el comportamiento está principalmente localizado en una planta, con el resto del sistema experimentando los efectos en una proporción mínima.

Las oscilaciones locales tienden a ocurrir cuando existen un enlace de transmisión muy débil entre una máquina y centro de carga. Este es el caso de una central generadora enviando potencia a través de una línea de transmisión de gran longitud. Tales sistemas usualmente son modelados por una máquina, una línea de transmisión y una barra infinita.

La frecuencia del modo local característico esta generalmente en el rango de 1-2 Hz, dependiendo principalmente de la impedancia que presente el sistema de transmisión. Los sistemas de transmisión robustos, generalmente tienen frecuencia natural alta en modo local y una menor tendencia a la existencia de oscilaciones que no están amortiguadas.

Un segundo tipo de oscilaciones, conocidas como modos de oscilación entre áreas, son más complejas porque generalmente involucran combinaciones de muchas máquinas sobre una parte de un sistema oscilando contra máquinas en otra parte del sistema. Involucrando dos sistemas de potencia separados o grupos de generadores conectados por líneas de interconexión de hasta por muchos kilómetros de distancia entre un grupo respecto al otro.

La frecuencia característica de los modos entre áreas esta generalmente en el rango de 0.1-0.6 Hz. Este rango es menor que el de frecuencias en modo local, como resultado de la inercia equivalente de la combinación de grupos de maquina en el sistema y de la reactancia activa más alta de las líneas entre sistemas.

En muchos sistemas de potencia, todas esas frecuencias son amortiguadas positivamente y las oscilaciones sostenidas generalmente no se representan. En otros sistemas, la mayoría de ellas son positivamente amortiguadas, pero las oscilaciones en algunas frecuencias ocurren espontáneamente o persistir después de un disturbio. La frecuencia de estas oscilaciones se encuentra típicamente en el rango de 0.1-0.5 Hz.

## **2.2 Transformada Wavelet**

El análisis Wavelet comenzó en los años 80 impulsado por la necesidad de los científicos que analizaban los registros de onda o señales sísmicas de un análisis a diferentes resoluciones de estas señales. Con la aparición de computadoras capaces de realizar gran número de cálculos en poco intervalo de tiempo, al análisis multirresolución ha alcanzado un auge en el procesamiento de señales.

El análisis multirresolución ha llegado a ser un estándar en el procesado de señales y la teoría de Wavelets ha sido aplicada a la mayoría de los campos científicos, incluyendo campos tan dispares como la mecánica cuántica, econometría o ciencias sociales. A pesar de estos amplios rangos de aplicación en la teoría de Wavelets, el principal dominio de aplicaciones se centra en el procesamiento de señales y particularmente en el de imágenes.

La transformada Wavelets consiste en comparar la señal con ciertas funciones Wavelets, las cuales se obtienen a partir de las Wavelets madre. La comparación permite obtener unos coeficientes que son susceptibles de interpretación y posterior manipulación. En cualquier caso, un requisito básico es la posibilidad de invertir la transformada, recuperando la señal a partir de esos coeficientes Wavelets calculados.

Una Wavelet es una forma de onda de duración limitada y valor medio cero. Mientras que en el análisis de Fourier se lleva a cabo una descomposición de la

señal en ondas sinusoidales de distintas frecuencias, en el análisis Wavelets se descompone la señal en versiones escaladas y desplazadas de la Wavelet madre. Mediante el uso de la Wavelet se detectan; puntos de ruptura, discontinuidades en derivadas de la señal, filtrado de ruidos sin degradación apreciable.

Las Wavelets, funciones bases de la transformada Wavelet, son generadas a partir de una función Wavelet básica, mediante traslaciones y dilataciones. Estas funciones permiten reconstruir la señal original a través de la transformada Wavelet inversa. La transformada Wavelet comprende dos variantes; la transformada Wavelet continua y la transformada Wavelet discreta. Ambas permiten el análisis de señales.

Para realizar este análisis se lleva a cabo una multiplicación de cada punto de la señal por la Wavelet que se haya elegido, cuya característica de escala y traslación serán permanentes para todo el proceso, después cada una de las muestras que se obtienen se van a sumar y de este modo tendremos la señal trasladada del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y el tiempo.

De manera muy general, la transformada Wavelets de una función  $f(t)$  es la descomposición de  $f(t)$  en un conjunto de funciones  $\psi_{s, \tau}(t)$ , que forman una base y son llamadas las "Wavelets". Las Wavelets son generadas a partir de la traslación y cambio de escala de una misma función Wavelet  $\psi(t)$ , llamada la Wavelet madre. La transformada permite realizar un análisis obteniendo información en el dominio del tiempo y la frecuencia.

Wavelet madre: 
$$\psi_{s,t}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right)$$

Ecc. 1

### 3.3 Redes neuronales artificiales

El uso de las redes neuronales ofrece muchas propiedades y capacidades, como el aprendizaje adaptivo, autos organizativos, funcionamiento en paralelo en tiempo real y tolerancia de fallos por la codificación redundante de la información. Son capaces de aprender de la experiencia, de abstraer características esenciales a partir de entradas que presentan información irrelevante, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos.

Desde el punto de vista de solucionar problemas, las redes neuronales son diferentes de los ordenadores convencionales que se usan algoritmos secuenciales, mientras que las redes neuronales actúan como el cerebro humano, procesando la información en paralelo, y también puede aprender y generalizar a casos nuevos a partir de los casos a los que se sometieron en el entrenamiento.

Se clasifican en dos tipos de aplicaciones, según su arquitectura de una red donde consiste en la disposición y conexionado de las neuronas; y según el aprendizaje que se basa en el entrenamiento de la red con patrones. En cuanto a su arquitectura se distinguen en una red, el número de capas, el tipo de las capas,

que pueden ser ocultas o visibles, de entrada o de salida y la direccionalidad de las conexiones de las neuronas.

**Redes Monocapa.-** cuentan con una capa de neuronas, que intercambia señales con el exterior y que constituyen a un tiempo la entrada y la salida del sistema. Una de las redes más representativas de este modelo es la red de Hopfield, que ha tenido influencia en el desarrollo posterior de redes neuronales.

**Redes Multicapa.-** Están formadas por dos o más capas de neuronas conectadas entre ellas.

**Redes con conexiones hacia delante.-** Este tipo de redes contienen solo conexiones entre capas hacia delante. Esto implica que una capa no puede tener conexiones a una que reciba la señal antes que ella en la dinámica de la computación. **Redes con conexiones hacia atrás.-** En este tipo de redes pueden existir conexiones de capas hacia atrás y por tanto la información puede regresar a capas anteriores en la dinámica de la red.

En el proceso de aprendizaje se basa en que la red ejecute los patrones de forma iterativa hasta que se muestren respuestas satisfactorias. Es decir, los pesos sinápticos se ajustan para dar respuestas óptimas para el conjunto de patrones de entrenamiento. Se distinguen 3 tipos de aprendizaje; **Aprendizaje Supervisado.-** La red dispone de los patrones de entrada y de salida que queremos obtener para esa entrada, y en función de ellos se modifican los pesos de las sinapsis para ajustar la entrada a la salida.

**Aprendizaje No Supervisado.-** consiste en no proporcionar a la red los patrones de salida, sino sólo los de entrada y dejar que la red los clasifique en función de características comunes que encuentre entre ellos. **Aprendizaje Híbrido.-** No se proporcionan los patrones objetivo, sino que sólo se dice si la respuesta acierta o falla ante un patrón de entrada, es una combinación del aprendizaje supervisado y el no supervisado.

La distribución de neuronas dentro de la red se realiza formando niveles o capas de un número determinado de neuronas cada una. En la capa de entrada, es la que recibe directamente la información de las fuentes externas a la red. Capa oculta, son internas a la red y no tienen contacto directo con el exterior. Las neuronas de las capas ocultas están interconectadas dependiendo de la topología de la red neuronal. Capa de salida, transfieren información de la red hacia el exterior.

### 3.3.1 Back Propagation

La forma de conexión entre los nodos de una red neuronal está relacionada con la forma en que la salida de las neuronas está canalizada para convertirse en entradas de otras neuronas, se caracterizan dos formas de conexión entre neuronas, atrás y adelante. La señal de salida en un nodo puede ser entrada de

otro elemento de proceso que se encuentre enseguida, o incluso ser una entrada de sí mismo o de un elemento de proceso que se encuentre atrás del nodo.

Cuando ninguna salida de las neuronas es entrada de neuronas del mismo nivel o niveles posteriores, la red se describe como de propagación hacia adelante, feedforward. Cuando las salidas son conectadas como entradas de neuronas de niveles previos o del mismo nivel, incluyéndose ellas mismas, se denomina red de propagación hacia atrás, feedback; en otras palabras existe un camino de realimentación entre capas.

Red backpropagation: El algoritmo de propagación hacia atrás o backpropagation, es una regla de aprendizaje que se puede aplicar en modelos de redes con más de dos capas de neuronas. Una característica importante de este algoritmo es la representación interna del conocimiento que es capaz de organizar en la capa intermedia de las neuronas, para conseguir cualquier correspondencia entre la entrada y salida de la red.

La importancia de la red consiste en su capacidad de auto adaptar los pesos de las neuronas de las capas intermedias para aprender la relación que existe entre un conjunto de patrones dados como y sus salidas correspondientes, para poder aplicar esa misma relación, después del entrenamiento, a nuevos vectores de entrada con ruido o incompletas, dando una salida activa si la nueva entrada es parecida a las presentadas durante el aprendizaje.

La red debe encontrar una representación interna que le permita generar las salidas deseadas cuando se le den las entradas de entrenamiento, y se aplique, además, a entradas no presentadas durante la etapa de aprendizaje para clasificarlas según las características que compartan con los ejemplos de entrenamiento, es decir arroje un resultado a partir de un dato desconocido.

Este funcionamiento servirá para que el aprendizaje del conjunto predefinido de entradas-salidas emplee un ciclo de propagación-adaptación de dos fases, aplicando el primer patrón de entrada como estímulo para la primera capa de las neuronas de la red, se va propagando a través de todas las capas superiores hasta generar una salida; se compara el resultado obteniéndolas en las neuronas de salidas y se calcula un valor error para cada una de ellas.

Estos errores se transmiten hacia atrás partiendo de la capa de salida hacia todas las neuronas de la capa intermedia que contribuyen directamente a la salida, recibiendo el porcentaje de error aproximado a la partición de la neurona intermedia a la salida original. Este proceso se repite capa por capa, hasta que todas las neuronas de la red hayan recibido un error que describa su aportación relativa al error total.

## Capítulo 3. Desarrollo e implementación del proyecto

### 3.1 Recopilación de información

Se analizaron las diferentes fuentes de energía y su sistema de generación para definir las variables en común de las señales eléctricas y el rango de cada una de ellas. Tabla1.

Tabla1. Datos que se tomaran para la programación

SEG	MSEG	Voltaje	FREQ	ANG	Pot. Activa	Pot. Pasiva
31	300	1.549786	59.992	-99.85	-159.467	8.415
32	350	1.373192385	59.992	-99.993	-159.491	8.514
33	400	1.275566	59.992	-100.135	-159.876	8.369
34	450	0.97899	59.992	-100.269	-159.922	8.446
35	500	0.864734	59.992	-100.403	-160.606	8.337
36	550	0.957652	59.992	-100.542	-160.931	8.485
37	600	0.995784	59.992	-100.677	-160.949	8.569
38	650	0.875396	59.992	-100.816	-161.037	8.366
39	700	0.735196	59.992	-100.967	-160.779	8.436
40	750	0.949748	59.992	-101.109	-160.816	8.54
41	800	1.083692	59.992	-101.247	-161.218	8.396
42	850	1.091734	59.992	-101.393	-161.33	8.215
43	900	1.137566	59.992	-101.547	-161.082	8.294
44	950	1.248302	59.991	-101.707	-161.173	8.151
45	0	1.197736	59.991	-101.861	-160.98	7.935
46	50	1.259086	59.991	-102.017	-160.36	8.246
47	100	1.36116	59.991	-102.182	-160.44	8.117
48	150	1.515372	59.991	-102.345	-160.185	8.216
49	200	1.54104	59.991	-102.495	-160.079	7.688
50	250	1.613006	59.992	-102.646	-159.846	7.748
51	300	2.296587568	59.992	-102.797	-159.67	7.515
52	350	1.944432	59.992	-102.949	-159.42	7.577
53	400	2.074066	59.991	-103.103	-159.478	7.715
54	450	2.090866	59.991	-103.261	-159.437	8.152
55	500	1.943952	59.991	-103.416	-159.219	7.926
56	550	1.854034483	59.991	-103.577	-159.626	7.856

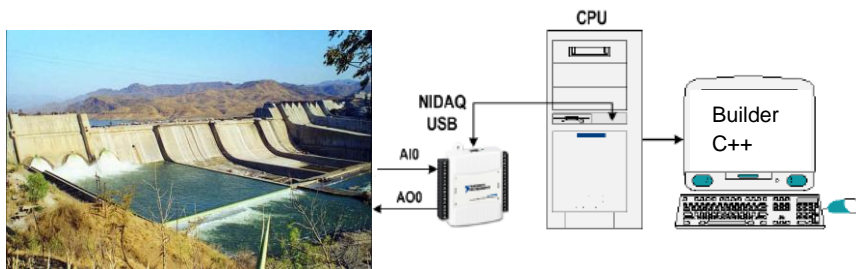
Se leyeron los manuales de C++ Builder relacionados a la transformada Wavelet, y redes neuronales artificiales para el sistema de detección de oscilaciones parasitarias.



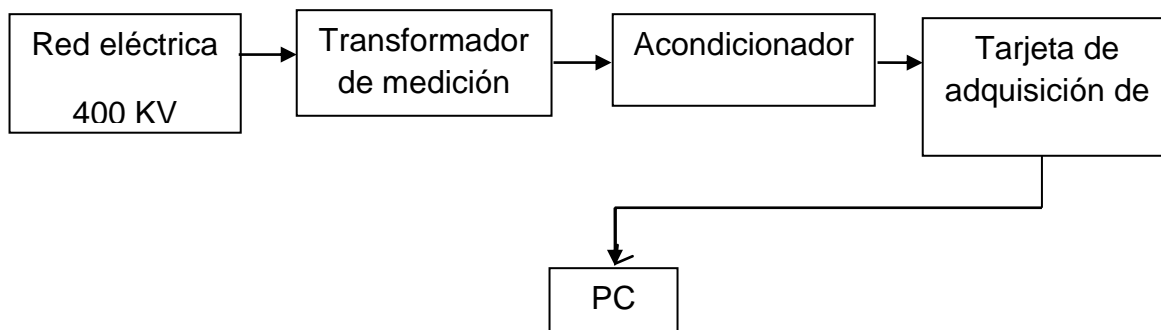
### 3.2 Adquisición de datos

De los archivos de datos proporcionados por CFE referentes a la línea de transmisión de enlace se incorporaran los datos de medición a C++ Builder para ser tratados en dicho software

Forma de adquisición de datos



**Fig. 3.2** Adquisición de datos



**Fig. 3.3** diagrama a bloques del sistema.

Observando la Fig. 3.3 El sistema se compone de cinco etapas, la primera etapa es la red eléctrica de transmisión de 400 KV, esta red es a la cual se conectara el sistema detector de oscilaciones. La segunda etapa es un transformador de medición, la función del transformador es de brindar una conexión segura con los circuitos de alta tensión, para reducir el voltaje y aislar galvánicamente su lado secundario y conectarse de forma segura con los circuitos de medida en el lado de baja tensión.

El objetivo del transformador en este sistema es la de suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia para medir los parámetros de la señal. El transformador es particularmente preciso y no distorsiona los valores verdaderos.

De esta forma se obtiene un aislamiento entre el lado de alta tensión con respecto a los circuitos de baja tensión, en el cual está conectado el resto del sistema de detección.

La tercera etapa es un sistema de acondicionamiento de la señal, compuesto de un sistema de atenuación seguido de una tarjeta de amplificación. Para el bloque relativo a la atenuación de la señal ha sido utilizada una tarjeta atenuadora de modelo SCMVAS-M500 de la empresa Dataforth. Esta tarjeta cuenta con un rango de tensión de entrada de  $\pm 500$  voltios y un rango de tensión de salida de  $\pm 1$  voltios.

La señal de salida de la SCMVAS-M500 es conectada a la entrada de otra tarjeta modelo SCM5B40-07 de la empresa Dataforth. Esta segunda tarjeta lleva a cabo una amplificación de la señal a un rango de hasta  $\pm 5$  voltios, para posteriormente realizar un aislamiento y filtrado de la resultante con el objetivo de obtener una mayor precisión en la medida.

La cuarta etapa la compone una tarjeta de adquisición de datos, modelo DAQ-6024F de la empresa National Instrument, esta tarjeta incluye un convertidor A/D de 12 bits de resolución. En esta tarjeta es llevada a cabo una parte importante del muestreo de la señal ya que convierte la señal análoga a digital, para posteriormente ser procesada e introducida en las redes neuronales, la tarjeta cuenta con puerto USB para comunicación con la PC

El quinto bloque se compone por una PC, la cual condensa los distintos cálculos llevados a cabo en el proceso de detección de las oscilaciones electromecánicas en el fragmento de señal muestreada; el bloque incluye dos pasos: los cálculos relativos al pre procesamiento de la señal, wavelets y cálculos matemáticos sencillos, y los cálculos pertenecientes al esquema de detección de oscilaciones propuesto mediante redes neuronales, siendo estas las que comparan y reconocen si existen oscilaciones.

### **3.3 Programación de la implementación de la transformada Wavelet en análisis para procesamiento de los datos**

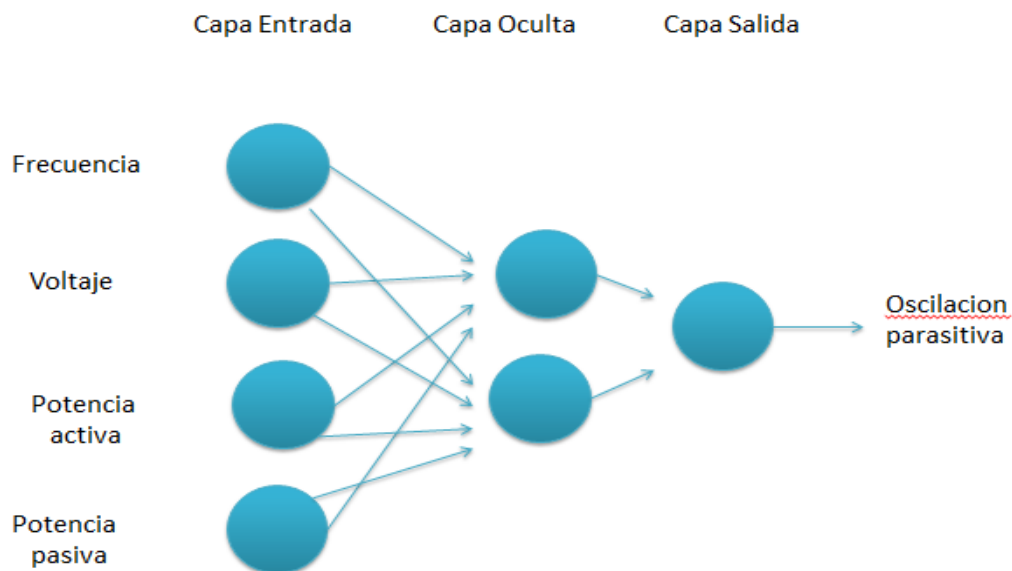
Se analizarán los manuales de C++ Buidier para la adaptación de la fórmula de transformada Wavelet.

Así como también se determinó para la cantidad de datos a analizar con daubichies 4.

### 3.4 Programación de la red neuronal artificial Back Propagation para reconocimiento de oscilaciones parasitarias

Se analizaron los manuales de Builder C++ para la programación de la red neuronal y su introducción de transformada Wavelet.

El análisis de datos para red se definió las entradas, las capas y la salida que se desea obtener. Fig. 3.4



**Fig. 3.4** Red Neuronal

#### - Entrenamiento de la red

Para el reconocimiento de oscilaciones parasitarias Se utilizaran patrones de comportamiento variable para entrenamiento de la red.

**(Fig. 3.4 y Fig. 3.5)**

Señales de entrada para entrenamiento:

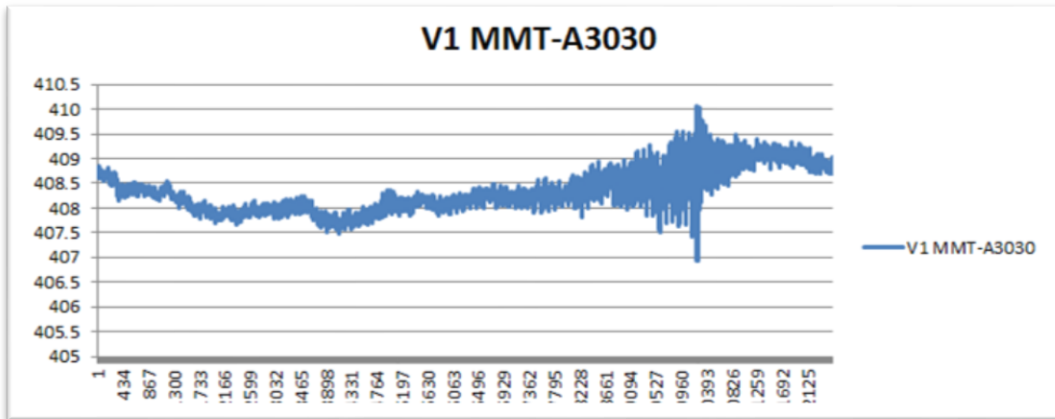


Fig. 3.4. Oscilación 1

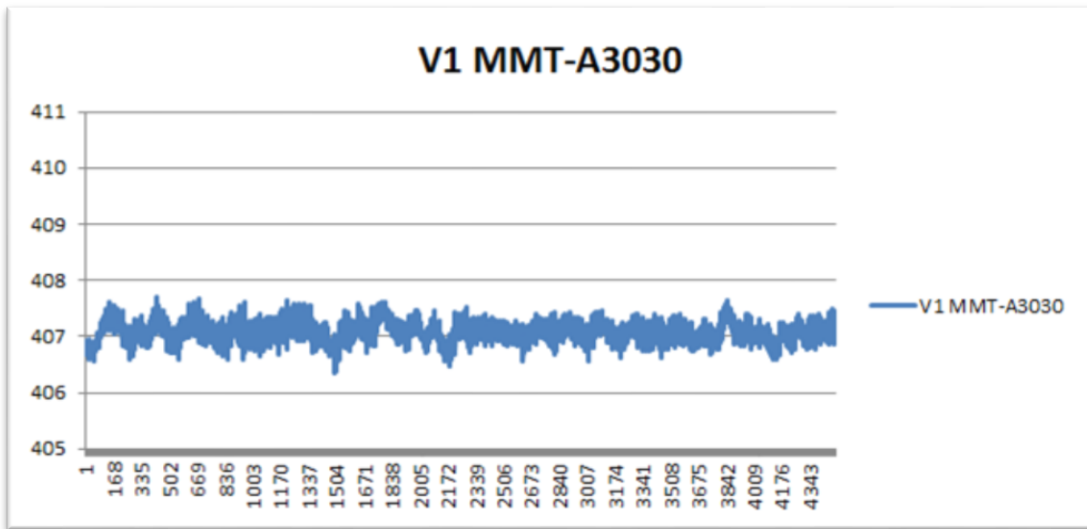


Fig. 3.5. Oscilación 2

## Descripción del entorno

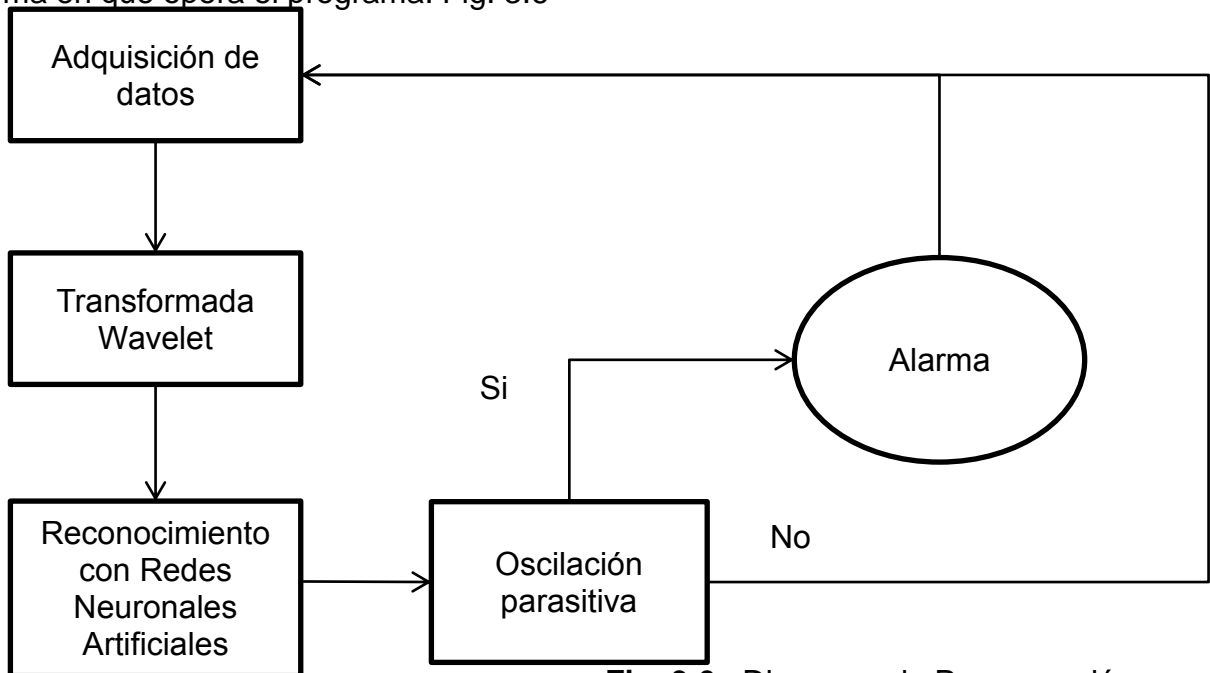


**Fig. 3.5** Simulador de oscilación

TChart: Zona de muestreo grafico de señal y oscilación

Inicio: Empieza a correr el programa y muestra aleatoriamente señales, ya sean señales senosoidales u oscilaciones (ruido).

Forma en que opera el programa. Fig. 3.6



**Fig. 3.6.** Diagrama de Programación

## **Observaciones y sugerencias**

- **Observación**

Se hicieron pruebas de variaciones de señales en el muestreo grafico enviándole señales aleatorias en la entrada de la red, haciendo que el programa reaccionara a esas señales de ruido con un aviso de variación, entrenando así a la red con cada señal de entrada.

- **Sugerencias**

Una vez que el programa identifica la señal podemos determinar que la próxima puede ser una oscilación y por lo tanto el programa da aviso si la próxima oscilación es una amenaza para los equipos

## **Conclusión**

Una vez que se realizó el proyecto y con las diferentes pruebas que se han generado y analizado podemos determinar que el prototipo cumple de manera eficaz en la prevención de disturbios y alteraciones y además siendo un programa inteligente que contribuye directamente en la protección y conservación de los equipos de generación y abasto de los sistemas de energía establecidos, para satisfacción del desempeño de los generadores de energía eléctrica.

A lo largo del desarrollo de este proyecto de residencia se fueron empleando todos los conocimientos adquiridos por la licenciatura. Pensando así en los factores que nos afectan directamente e indirectamente en nuestra vida cotidiana.

La energía eléctrica forma parte de nuestra vida y con ella la tecnología, fue por ello que se empezó a indagar en los distintos factores que afectan al envío de energía.

## Referencias virtuales

[1] <http://cienciapc.idict.cu/index.php/cienciapc/article/view/192/447>

[2] [http://www.xm.com.co/Articulos%20y%20Reconocimientos/CIDEL%20%20Art571\\_CIDEL.pdf](http://www.xm.com.co/Articulos%20y%20Reconocimientos/CIDEL%20%20Art571_CIDEL.pdf)

[3] <http://www.irnase.csic.es/users/invespot/trabajos.htm>. “Control para clasificar automáticamente las perturbaciones en las redes eléctricas utilizando Redes neuronales artificiales”.

[4] <http://www.irnase.csic.es/users/invespot/trabajos.htm> “Análisis, reconstrucción y clasificación de perturbaciones eléctricas utilizando la transformada wavelet y Circuitos neuronales artificiales”.

[5] <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/647/deteccion-y-clasificacion-automatica-en-tiempo-real-de-perturbaciones-en-senales-electricas-mediante-redes-neuronales/>

[6] [http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/5\\_Armonicos.pdf](http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/5_Armonicos.pdf)