



Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación
en Telecomunicaciones.
Dirección de Desarrollo e Investigación.
Unidad de Propagación y Antenas.

Desarrollo de dispositivo de medición fasorial sincronizadas
para el control de variables eléctricas (PMU).

Caracas, septiembre 20149

Conformado por: Yaremi Gamboa	Aprobado por: Héctor Núñez	Aprobado por: Gloria Carvalho
Unidad de Propagación y Antenas	Dirección de Desarrollo e Investigación	Presidencia de la Fundación Cendit

ÍNDICE

I	Nombre del Proyecto	4
II	Dependencia	4
III	Área de acción en la cual se enmarca	4
IV	Objetivo	4
IV-A	Objetivo Histórico	4
IV-B	Objetivo Nacional	4
IV-C	Objetivos Estratégicos	4
V	Equipo de trabajo	5
VI	Institución / Organización	6
VII	Ubicación Geográfica	6
VIII	Planteamiento del Problema	7
IX	Antecedentes	7
X	Justificación del Proyecto	7
XI	Objetivos	7
XI-A	Objetivo General	7
XI-B	Objetivos Específicos	7
XII	Metodología	8
XII-A	Marco Teórico	8
XII-B	(ejemplo) Esquemas de adaptadores	10
XII-B1	Subsubsección	10
XII-C	Estudio de materiales	10
XII-D	Diseño mecánico	10
XIII	Cronograma de actividades	11
XIV	Resultados esperados y usuarios de los mismos	12
XV	Plan de inversión	13
	Referencias	14

FICHA TÉCNICA	
TÍTULO	Desarrollo de dispositivo de medición fasorial sincronizadas para el control de variables eléctricas (PMU).
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Desarrollar un dispositivo que permita la medición de variables eléctricas como tensión, corriente y frecuencia, en una primera instancia, además de realizar la función de desconexión automática de cargas ante condiciones de baja frecuencia o bajo voltaje y protección de sobrecarga; ideales en el sistema de protección en líneas de transmisión del sistema eléctrico nacional.
TIPO DE PROYECTO	Grupal. Responsable: Yaremi Gamboa.
DEPENDENCIA RESPONSABLE	Unidad de Propagación y Antenas
OBJETIVO GENERAL	Desarrollar un prototipo de medición fasorial como sistema de control, monitoreo y protección para líneas de transmisión de Corpoelec.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo. • Diseñar un prototipo de medición fasorial. • Construir prototipo Alfa y realizar pruebas y ensayos. • Construir prototipo Beta y realizar pruebas y ensayos. • Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.
METAS	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipo. • Documentación. • Formación de un grupo de 5 personas en el área.
RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de diseño. • Construcción de prototipo alfa (incluyendo informe de construcción con resultados de pruebas y ensayos). • Construcción de prototipo beta (incluyendo informe de construcción con resultados de pruebas y ensayos). • Transferencia tecnológica.
MONTO	49.647.258,00 BsS.
TIEMPO DE EJECUCIÓN	Doce (12) meses a partir del mes de Enero 2020.

Resumen

Actualmente el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) Corpoelec, ha venido presentando fallas debido a los incesantes saboteos, trayendo como consecuencia deficiencia en el servicio a nivel nacional. Además, las líneas de transmisión cada vez se encuentran trabajando cerca de sus capacidades máximas, acarreando problemas de inestabilidad al sistema; Para el control y monitoreo, Corpoelec cuenta con un sistema que permite verificar las condiciones de las líneas de transmisión llamado SCADA, no obstante, ante la situación en que se encuentra

el sistema eléctrico, se propone la actualización del proceso de monitoreo por un sistema que proporcione mediciones precisas y permita observar la dinámica del SEN. Este sistema trabaja con unidades de medición fasorial (PMU) que proporcionan ventajas a nivel de control y monitoreo eficiente. Por esta razón, se propone desarrollar un prototipo que permita la medición de las variables eléctricas fasoriales, sincronizado, PMU, que faculte la observación del estado dinámico del sistema eléctrico nacional, que, a su vez, permita la protección del sistema ante condiciones de baja frecuencia o bajo voltaje y protección de sobrecarga. Para el desarrollo de este dispositivo, se pretende realizar la revisión bibliográfica existente con el objeto de definir las características o premisas iniciales del diseño, en dicha premisas se deben establecer las magnitudes de variables eléctricas que se deben cumplir en una subestación para los casos en que se encuentren en condiciones normales, y cuales son los parámetros que se deben considerar cuando existe una condición en la cual se hace necesario que el sistema a desarrollar se active. A partir de este punto, se iniciará el diseño del prototipo, para luego hacer pruebas de laboratorio a nivel de protoboard, y luego de lograr las premisas establecidas, llegar a la construcción del prototipo; el mismo deberá someterse a prueba de funcionamiento, cuyos resultados serán documentados. Se espera como resultado el desarrollo del prototipo tanto alfa como beta de un PMU que cumplan con las premisas establecidas para condiciones normales y fuera de normalidad en una línea de transmisión, que logre la medición de variables eléctricas como corriente, tensión y frecuencia, en un tiempo dado, además de que en condiciones de falla permita la desconexión de la carga.

I. NOMBRE DEL PROYECTO

Desarrollo de dispositivo de medición fasorial sincronizadas para el control de variables eléctricas (PMU).

II. DEPENDENCIA

Unidad de Propagación y Antenas

III. ÁREA DE ACCIÓN EN LA CUAL SE ENMARCA

Modelo Productivo Socialista.

IV. OBJETIVO

Objetivo Histórico, Objetivo Nacional y Objetivos Estratégicos, Objetivos generales a las cuales atiende el proyecto en el marco de la ley del Plan de la Patria 2019 - 2025.

A. *Objetivo Histórico*

Defender, expandir y consolidar el bien más preciado que hemos reconquistado después de 200 años: la Independencia Nacional.

B. *Objetivo Nacional*

Desarrollar nuestras capacidades científico - tecnológicas que hagan viable, potencien y blinden la protección y atención de las necesidades del pueblo y el desarrollo del país potencia.

C. *Objetivos Estratégicos*

- 1) Desarrollar una actividad científica, tecnológica y de innovación, transdisciplinaria, asociada directamente a la estructura productiva nacional, sustitución de importaciones en nudos críticos, así como fomentar el desarrollo de procesos de escalamiento industrial orientados al aprovechamiento de las potencialidades, con efectiva transferencia de conocimientos para la soberanía tecnológica.
 - a) Orientar la actividad científica a la resolución de problemas reales de la industria nacional, en particular la creación de condiciones objetivas para la sustitución de importaciones mediante el máximo aprovechamiento del acervo de capital existente, las modificaciones de bienes de capital, la creación de nuevos procesos o la fabricación de nuevos equipos o herramientas para tal fin.

V. EQUIPO DE TRABAJO

Apellidos	Nombres	Cédula	Sexo	Nivel PEII	Institución	Unidad	Cargo	Nivel	Especialidad
Carvalho	Gloria	V14351425	F	Investigador "B".	Fundación Cendit	Presidencia	Presidenta/ Profesional de Investigación	7	Ingeniero Electricista mención Telecomunicaciones, Magister en Telecomunicaciones, Doctorado en dispositivos opto-electrónicos.
Di Rosa	Dino	V13621262	M	Investigador A-1	Fundación Cendit	Dirección Ejecutiva	Director Ejecutivo	7	Ingeniero en Electrónica, Magister en Telecomunicaciones.
Núñez	Héctor	V15207410	M	Investigador "A"	Fundación Cendit	Dirección de Desarrollo e Investigación	Director	7	Ingeniero Electricista mención en Telecomunicaciones, Magister en Telecomunicaciones, Doctorado en física aplicada.
Gamboa	Yaremi	V14882205	F	Investigador "A"	Fundación Cendit	Unidad de Propagación y Antenas	Jefe (E)	6	Ingeniero Electricista mención en Telecomunicaciones, Estudiante de Doctorado en física aplicada.
Gavidia	Carlelines	V18538931	F	Investigador "A"	Fundación Cendit	Unidad de Electrónica de Comunicaciones	Jefe (E)	6	Ingeniero en Telecomunicaciones.
Daniel	Landaeta	V1707761	M	No Acreditado	Fundación Cendit	Coordinación de Diseño Mecánico	Profesional de Investigación	4	Ingeniero en Mecánica.
Carlos	Aguilera	V18275835	M	No Acreditado	Fundación Cendit	Unidad de Electrónica de Comunicaciones	Profesional de Investigación	4	Ingeniero en Electrónica.

VI. INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN

La Fundación Cendit, es una Institución ideada para el desarrollo, investigación y construcción de dispositivos a nivel de prototipos industrializables que pueden ser utilizados en la plataforma de comunicaciones del país, activando el sector productivo en esta área, de manera de sustituir los componentes y/o dispositivos con fabricaciones propias y disminuir la importación de estos rubros. Aunado a esto, la Fundación está presta a brindar apoyo, servicios y formación de talento humano con el objeto de fortalecer el área de las telecomunicaciones en las infraestructura públicas y privadas del país.

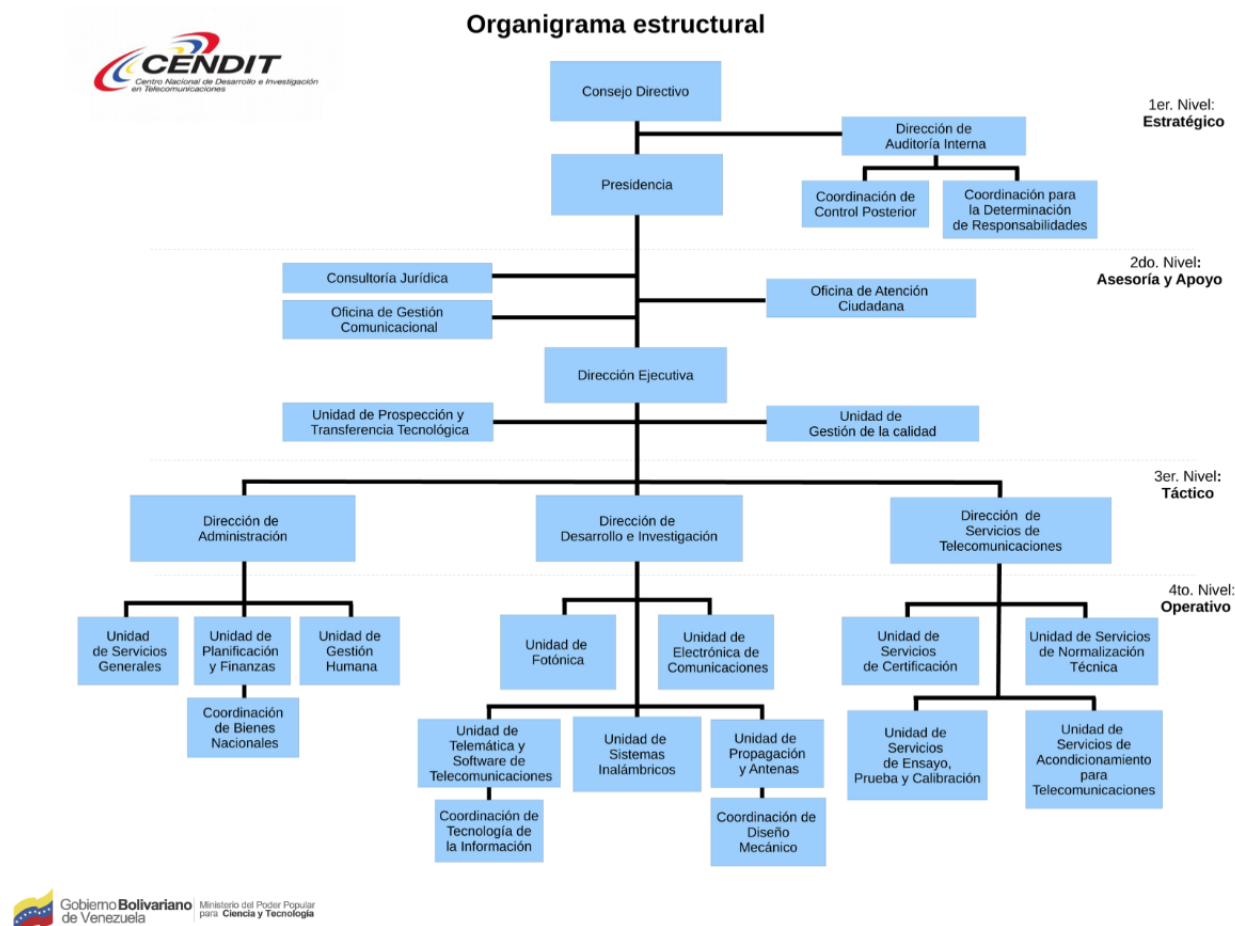


Fig. 1: Organigrama de la Fundación.

Entre las unidades internas a la Fundación CENDIT que participarán en el proyecto serán: Presidencia, Dirección Ejecutiva, Dirección de Desarrollo e Investigación, Unidad de Electrónica de Comunicaciones(UEC), Unidad de Propagación y Antenas (UPA), Dirección de Servicios de Certificación (DSC), y Coordinación de diseño Mecánico (CDM).

VII. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Se ubica en: Base Aérea Generalísimo Francisco de Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, Edificio Cendit, 1060A, Miranda, Estado Miranda.

VIII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el 7 de marzo del presente año, el Sistema Nacional (SEN) ha presentado fallas considerables a nivel nacional, con largos apagones de 4 días consecutivos, y hasta 10 días consecutivos en zonas lejanas al Distrito Capital, motivado a saboteos evidenciados en subestaciones 765 KV, trayendo como consecuencia deficiencia en el servicio a nivel nacional. Parte del sistema de monitoreo de Corpoelec, permite visualizar las fallas existente y ejecutar maniobras oportunas para solucionar el problema; no obstante, dicho sistema ha tenido inconvenientes por fallas en los equipos bien sea por falta de mantenimiento o por obsolescencia programada, razón por la cual deben ser reemplazada. Considerando el bloqueo económico actual, el cual dificulta la adquisición de los equipos importados, se hace necesario desarrollar dispositivos nacionales que garantice la continuidad en el monitoreo de la red eléctrica del país.

IX. ANTECEDENTES

Para enfrentar el problema existente en el sistema de monitoreo y control SCADA de Corpoelec, se le ha solicitado a la Fundación Cendit, que realice la revisión, diagnóstico y reparación de los equipos que conforman el sistema como los RTU, reparando hasta los momentos XX RTU, cuya adquisición se estima alrededor de XX.XXX,00 \$ que el Estado se ha ahorrado por este concepto.

X. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a la problemática actual en Corpoelec, las cuales se ha venido evidenciando por fallas motivada a los incesantes saboteos, trayendo como consecuencia deficiencia en el servicio a nivel nacional. Se plantea la opción de actualizar el sistema de monitoreo, control y protección existente en el SEN que permita la observación del estado dinámico, para una respuesta oportuna en el momento de alguna eventualidad del sistema, como parte de la solución que garantice la mejora de la situación actual. Dicho sistema posee dispositivos conocidos como Unidades de Mediciones Fasoriales o PMU por sus siglas en Inglés, el cual tiene prestaciones superiores ante el SCADA que es el sistema de monitoreo actual en Corpoelec.

XI. OBJETIVOS

A. *Objetivo General*

Desarrollar un prototipo de medición fasorial que forma parte de un nuevo sistema de control, monitoreo y protección para líneas de transmisión de Corpoelec.

B. *Objetivos Específicos*

- 1) Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo. Para este punto se debe realizar una revisión bibliográfica de trabajos realizados previamente y los estándar a los cuales se enmarca para definir claramente las premisas del diseño y los cálculos que sustenta los dispositivos PMU el cual es conocido como sincrofasor.
- 2) Diseñar un prototipo de medición fasorial. Con los datos previamente adquiridos, se iniciará el diseño a nivel de cálculo, simulación y montaje de componentes en protoboard, de manera de garantizar que cumpla las premisas definidas.
- 3) Construir prototipo Alfa y realizar pruebas y ensayos. Se considera prototipo Alfa, al dispositivo construido en FR4 o tradicionalmente conocido como baquelita, con una primera disposición de componentes, para verificar el comportamiento a través de prueba, y de ser posible adicionando

características que hagan posible la industrialización del mismo.

- 4) Construir prototipo Beta y realizar pruebas y ensayos. Esta construcción, ya se considera que es el prototipo definitivo, pues ya se ha visualizado en el prototipo alfa, las ventajas y desventajas del mismo.
- 5) Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.

XII. METODOLOGÍA

A. Marco Teórico

La fase angular de la tensión en una red eléctrica tiene especial interés, entre otras cosas, en la gestión de sistemas eléctricos, debido a que el flujo de potencia reactiva en una línea eléctrica es proporcional al coseno de la diferencia de fase entre las tensiones en los dos terminales de la línea. Como muchas de las consideraciones de planificación y operación de una red eléctrica están directamente relacionadas con el flujo de potencia, la medición de la fase angular en líneas de transmisión ha sido motivo de preocupación durante muchos años. Históricamente, para el análisis del sistema eléctrico se ha utilizado la representación de la tensión y corriente en fasores, debido a la simplicidad matemática de las ecuaciones involucradas. Un fasor es un número complejo que representa la magnitud y fase angular de un onda sinusoidal, ya sea de tensión o corriente, en un instante específico en el tiempo. Para poder comparar la fase angular de dos o más fasores es necesario que estos se hayan calculado con una base de tiempo estándar como referencia. Cuando la medición de diferentes fasores se sincroniza con una referencia temporal común, pasan a denominarse sincrofasores. Con el despliegue del sistema de posicionamiento global (GPS, del inglés Global Positioning System) se hizo evidente que esta tecnología ofrecía la forma más efectiva de sincronizar las mediciones de un sistema de potencia en diferentes puntos y a grandes distancias. Así nació el concepto de unidad de medición fasorial PMU como dispositivo de medición y sincronización de medidas fasoriales. Los primeros prototipos de PMU basados en GPS fueron construidos en Virginia Tech a principios de los '80, y desde entonces se han convertido en una tecnología madura con muchas aplicaciones que se desarrollan actualmente en todo el mundo. La primera fabricación comercial de PMU con colaboración de Virginia Tech fue iniciada por Macrodyne en 1991. Por su parte, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, del inglés Institute of Electrical and Electronics Engineers) inició un proceso largo y complejo de estandarización de estos dispositivos. La primera versión de un estándar de PMU se publicó en 1995. El trabajo pasó por una revisión posterior, hasta la versión actual denominada IEEE C37.118.1, lanzada en 2014. La norma IEEE deja librado a los fabricantes de PMU la elección de soluciones de diseño, dando solo especificaciones en estado estacionario y condiciones de prueba dinámica. Define el concepto de sincrofasor y establece índices para la evaluación de la precisión de una PMU. Esta norma también introduce una clasificación en función de las prestaciones de la PMU, que se divide en dos clases diferentes: la clase P, especialmente destinada a aplicaciones que requieren respuestas rápidas, como las de protección, y la clase M, que requiere mayor precisión para las aplicaciones de medición. Otro hito de estandarización importante lo da la norma IEEE C37.242, publicada en 2013, como una guía para la calibración, pruebas e instalación de PMU.

Para comprender cómo los sincrofasores pueden mejorar la operación y planificación de la red, es fundamental entender primero el concepto de fasor. Un fasor es un número complejo que representa tanto la magnitud como fase angular, de las formas de onda sinusoidal de tensión y corriente, en un momento específico de tiempo (ver figura 1). En cambio, un sincrofasor es el resultado del cálculo de un fasor con respecto a una referencia absoluta de tiempo. Con este cálculo es posible determinar la relación angular absoluta entre fasores en distintos puntos del sistema eléctrico. Una

PMU adquiere las magnitudes instantáneas de tensión y corriente y, a partir de ellas, calcula tanto los fasores de tensión y corriente como otros parámetros de interés: frecuencia, tasa de cambio de frecuencia (ROCOF, del inglés Rate of Change of Frequency) y fase angular. Cada medición fasorial se marca temporalmente en relación con el sistema de posicionamiento global GPS, convirtiéndola, en consecuencia, en un sincrofasor. Esto permite que las mediciones tomadas por las PMU en diferentes ubicaciones se sincronicen y se ajusten en el tiempo, y luego se combinen para proporcionar una imagen precisa y completa del estado de un sistema eléctrico o una interconexión de estos. La comparación de sincrofasores entre diferentes puntos de un sistema eléctrico es una manera efectiva de detectar problemas en este. Si bien es común que los términos PMU y sincrofasor se utilicen indistintamente, representan dos significados técnicos distintos. Un sincrofasor es el resultado de un cálculo a partir de las magnitudes medidas, mientras que la PMU es el dispositivo de medición. Las PMU entregan datos en intervalos de tiempo cortos, típicamente entre 25 y 50 veces por segundo, significativamente más rápido que la tecnología convencional de los sistema de control y adquisición de datos (SCADA, del inglés Supervisory Control and Data Acquisition), que tienen una tasa de datos de cuatro a seis segundos. Por lo tanto, la tasa de datos más alta de una PMU puede poner en evidencia una dinámica del sistema que no sería aparente con un SCADA, como se observa en la figura 2. En general, las PMU generan grandes cantidades de datos al monitorear un punto de la red eléctrica. Por ejemplo, una red con cuarenta PMU genera aproximadamente 192.000 bytes por segundo. Esto se traduce en aproximadamente 15,5 gigabytes por día o alrededor de 5,6 terabytes por año. Por lo tanto, las tecnologías de telecomunicaciones desempeñan un papel importante en la compilación de los datos de los sincrofasores. El desarrollo de las redes de comunicaciones necesarias para el despliegue de PMU es, actualmente, un factor que limita muchas aplicaciones en tiempo real basadas en datos de sincrofasores. Las mediciones realizadas por las PMU son administradas por dispositivos denominados como concentradores de datos fasoriales (PDC, del inglés Phasor Data Concentrator) para integrar así un sistema de monitoreo, protección y control de área amplia (WAMPC, del inglés Wide Area Monitoring, Protection and Control) y facilitar de esta manera la gestión de la cantidad de datos masiva. Arquitectura típica de una PMU En la figura 3 se presenta una de las arquitecturas más comunes, aunque no es la única, empleada para el diseño y desarrollo de un dispositivo PMU. A continuación, se describe la funcionalidad de los bloques que constituyen este tipo de implementación de una PMU. Filtrado. Las señales provenientes de la red eléctrica se filtran en la primera etapa de estos dispositivos, con el fin de eliminar señales interferentes y evitar el solapamiento producto del muestreo realizado por el adquisidor (fenómeno conocido como aliasing). Receptor GPS. El sistema receptor de GPS transmite una señal de un pulso por segundo, la cual sincroniza la operación de varios bloques, la referencia de tiempo absoluta para el cálculo de fase y la marca temporal para los fasores. Sincronismo. Internamente, en cada PMU, la señal de un pulso por segundo se divide para realizar el muestreo simultáneo de las señales analógicas de tensión y corrientes. Generalmente, esta función se realiza por un lazo de enganche de fase (PLL, del inglés Phase Locked Loop). Conversor A/D. Este bloque, compuesto por un módulo conversor analógico-digital, convierte las señales analógicas provenientes de la red eléctrica en señales digitales. Estimación del sincrofasor. Una vez que se realiza el proceso de conversión analógico/digital, este bloque calcula los sincrofasores, que representan cada una de las señales de tensión y corriente, a partir de las muestras digitales y la referencia temporal absoluta del GPS. En general, este cálculo se realiza en un microprocesador mediante el algoritmo de la transformada discreta de Fourier (DFT, del inglés Discrete Fourier Transform). Transmisión de datos. La función de este bloque es la de permitir la comunicación entre una PMU y otros dispositivos de la red eléctrica que requieran la información fasorial. Esto se puede hacer a través de internet cableada, fibra óptica, líneas telefónicas, líneas de transmisión eléctricas, tecnologías inalámbricas, etc. Los diferentes tipos de canales de comunicación tienen diferencias en cuanto a retrasos provocados, capacidades de transmisión y costo.

Con los nuevos avances en procesamiento de señales y equipo, los sincrofasores son ahora una herramienta clave para resolver una gran variedad de problemas de protección, automatización y control del sistema de potencia. Los sincrofasores proveen una nueva forma de analizar disturbios grandes y pequeños en un sistema de potencia siendo aprovechados en aplicaciones de estimación de estado, control y protección, esquemas que han sido estudiados durante años.

Actualmente la aplicación de mediciones fasoriales se ha limitado a la colección de datos para un análisis posterior a los eventos y al monitoreo de sistemas. Los esquemas de protección y control de área amplia (WAMPC por sus siglas en inglés) no han sido ampliamente aplicados aún y los grupos de investigación alrededor del mundo continúan desarrollando nuevas aplicaciones que generalmente caben en tres categorías [2]:

- Monitoreo de Sistemas de Potencia
- Protección de redes avanzadas (Wide Area)
- Esquemas de control avanzados

Las PMU pueden proveer administración local de funciones de sistema como deslastre de carga por bajo voltaje, protección de sobrecarga, etc. Los datos que son enviados a los PDC (Phasor Data Collector) pueden servir a aplicaciones de estimación de estado y estabilidad de voltaje. Además los datos desde los terminales de la misma línea pueden ser usados para el monitoreo térmico de líneas y detección de oscilaciones de potencia. Estas aplicaciones pueden traer acciones de control realimentado y protección a través de las PMU o el sistema de adquisición de datos SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Las aplicaciones WAMPC consisten de dos categorías básicas: Aplicaciones en subestaciones locales y aplicaciones en el sistema o en los centros de operación regional. Esta clasificación permite tomar ventaja de la inteligencia local y el poder de decisión en la PMU de la subestación para tomar acciones correctivas (o adaptativas) localmente ante los eventos del sistema de potencia mientras se mantiene el control general del sistema en los centros de operación.

Una red fasorial simple consiste de 2 nodos, en uno de ellos se conecta un medidor de fasores (PMU) que establece comunicación con un concentrador de datos fasoriales (PDC) en el segundo nodo [1]. Dicha comunicación, como se muestra en la figura 5.3, puede ser realizada a través de alguna de las diversas tecnologías de comunicación actuales, es decir, puede ser realizada a través de cableado directo, redes de radio, microondas, teléfono, radio digital o combinando estas tecnologías. El protocolo de comunicación está descrito en la norma IEEE C37.118.

La estabilidad ha sido reconocida como un importante problema para la operación segura de los sistemas eléctricos de potencia, lo que se ha reflejado con la mayoría de los apagones causados por la inestabilidad de éstos. Los sistemas eléctricos se han ido desarrollando gracias a las interconexiones, la utilización de nuevas tecnologías, sistemas de control y al aumento de la operación en condiciones de mucho estrés, surgiendo de esta manera, diferentes formas de inestabilidad. Por ejemplo, la estabilidad de tensión, estabilidad de la frecuencia y las oscilaciones entre áreas se han convertido en una mayor preocupación que en el pasado. Una clara comprensión de los diferentes tipos de inestabilidad y de cómo se relacionan entre sí es fundamental para el diseño y el funcionamiento satisfactorios de los sistemas eléctricos.

La IEEE/CIGRE define la estabilidad de un sistema de potencia como: “La capacidad de un sistema eléctrico, para una condición inicial de operación, de recuperar el estado de equilibrio operativo después de ser sometido a una perturbación física, con variables del sistema limitadas de manera que,

prácticamente, todo el sistema permanece intacto” [1]

Estos sistemas son altamente no lineales y operan en un entorno que cambia constantemente, ya sea de manera pequeña o significativa. Dentro de los cambios pequeños se encuentran, por ejemplo, los cambios continuos en las cargas; en estos casos el sistema debe ser capaz de ajustarse a las condiciones y operar de manera satisfactoria. Cuando el cambio o disturbio es significativo, lo que puede ocurrir con un cortocircuito en una línea de transmisión o la salida de funcionamiento de un generador grande, el sistema debe ser capaz de mantenerse en funcionamiento, inclusive si ocurren cambios estructurales y topológicos del sistema al momento de aislar las áreas con fallas.

B. (ejemplo) Esquemas de adaptadores

El esquema mostrado en la Fig. 1, cumple los requerimientos suministrados por la DSC tanto para el adaptador de impedancia del LECEC como del adaptador de impedancia del LECER, cuyos resultados implican utilizar los siguientes valores de resistencia $R_1 = 43,3 \text{ Ohm}$; $R_2 = 86,6 \text{ Ohm}$.

1) *Subsubsección:* Si el documento presente una subsubsección, se presentaría de la manera que se visualiza.

(ejemplo de una ecuación)

$$x = \sqrt{\left(\frac{x^{x+1}}{x+1}\right)} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

C. Estudio de materiales

Se debe mencionar los materiales que se utilizarán para el dispositivo, y cuales son sus características o cualidades, por ejemplo de algún sustrato, un tipo de fibra óptica, o algún material en general.

D. Diseño mecánico

En los documentos que involucran información mecánica, no puede estar vacía esta sección, debe estar al menos una información preliminar de los planos.

XIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	Actividades	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo.	X	X	X									
2	Diseñar un prototipo de medición fasorial.			X	X	X	X						
3	Construir prototipo Alfa y realizar pruebas y ensayos.						X	X					
4	Construir prototipo Beta y realizar pruebas y ensayos.									X	X		
5	Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.											X	X

XIV. RESULTADOS ESPERADOS Y USUARIOS DE LOS MISMOS

XV. PLAN DE INVERSIÓN

A continuación se describe la planificación de recursos que se requieren para la ejecución del proyecto antes descrito.

TABLA I: Distribución y totalidad de los recursos.

Recursos del proyecto	
Descripción	Sub-total
Servicios No Personales y asesorías	10.444.698,00 BsS.
Equipos	18.432.000,00 BsS
Materiales y Suministros	20.770.560,00 BsS
Total BsS.	49.647.258,00 BsS

TABLA II: Distribución y totalidad de los recursos en el área de SERVICIOS NO PERSONALES Y ASESORÍAS.

Servicios No personales y asesorías	Unidad de medida	Costo unitario [BsS]	Cantidad	Costo total [BsS]
Servicios taller mecánico	Servicio	1.011.200	1	1.011.200
Viáticos	Servicio	90.880,00	20	1.817.600
Pago de servicios	Servicio	64.000,00	12	768.000,00
Impuestos IVA (todos los rubros)	Impuesto			6.847.898,00
Total BsS.				10.444.698,00

TABLA III: Distribución y totalidad de los recursos en el área de EQUIPOS.

Equipos, Normas, libros y/o software	Modelo	Costo unitario [BsS]	Cantidad	Costo total [BsS]
Computadora (PC)	Intel Quad Core i7-7700T, 8GB RAM, 500GB 7.2K Hard Drive	11.520.000,00	1	11.520.000,00
Memoria RAM	4 GB DDR4	896.000,00	2	1.792.000,00
Disco duro portátil	Disco duro externo de 8TB de almacenamiento	5.120.000,00	1	5.120.000,00
Total BsS.				18.432.000,00

TABLA IV: Distribución y totalidad de los recursos en el área de MATERIALES Y SUMINISTROS.

Materiales y Suministros	Descripción	Unidad de medida	Costo unitario [BsS]	Cant.	Costo total [BsS]
Material para oficina	Resma de papel tamaño carta, libretas de una línea, cinta adhesiva, caja de marcadores acrílicos	Unidad	1.305.600,00	Varios	1.305.600,00
Productos farmacéuticos	Paquete de curitas, alcohol isopropílico, paquetes de gasas	Unidad	544.000,00	Varios	544.000,00
Lubricantes para vehículos	Mantenimiento de vehículo institucional		640.000,00	1	640.000,00
Barra de acero inoxidable	Diámetro 2"	Unidad	1.536.000,00	1	1.536.000,00
Artículos generales de ferretería	Caja de Electrodo sellados 2,5 Kg. Candados anticizalla		1.436.160,00	Varios	1.436.160,00
Artículos de limpieza	Cloro	Galón	307.200,00	1	307.200,00
Materiales para equipos de computación	Pen drive, cables SATA a USB, cables VGA a USB	Unidad	1.280.000,00	Varios	1.280.000,00
Componentes eléctricos Varios	Diodos, resistencias, transformadores reductores, diodos zener, sensores de corriente, LCD, condensadores, entre otros.	Unidad	12.800.000,00	Varios	12.800.000,00
Producto de seguridad en el trabajo	Botas y Bragas de seguridad	Unidad	921.600,00	Varios	921.600,00
Total BsS.					20.770.560,00

REFERENCIAS

- [1] *IEEE Standard for Synchrophasor Measurements for Power Systems*. IEEE, New York, 2011.
 [2] P. Andrés, "Sincrofasores y su aplicación en control de área amplia en sistema de potencia," 2012.