

Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación

MEMORIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA DE I+D TIPO A ó B

1 RESUMEN DE LA PROPUESTA (Debe rellenarse también en inglés)

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Manuel Pérez Donsión

TITULO DEL PROYECTO: "CALIDAD DE LA ONDA DE TENSIÓN. MEDIDA Y ANÁLISIS DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS. FILTROS Y OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS"

RESUMEN (debe ser breve y preciso, exponiendo sólo los aspectos más relevantes y los objetivos propuestos):

La calidad de suministro eléctrico es un tema de gran interés en la actualidad debido tanto a los procesos de liberalización del sector eléctrico como a la creciente preocupación del usuario final de la electricidad por obtener un producto al menor coste y, si es posible, con unos estándares de calidad elevados. En este proyecto coordinado se aborda el problema desde el punto de vista de la calidad de onda de tensión. Los objetivos que se persiguen pueden resumirse de la siguiente forma:

- a) Medida de calidad de onda. Dentro de esta área existen dos objetivos claramente diferenciados:
 - Determinar el número y localización óptimos de los analizadores de calidad de onda para obtener un nivel de información dado de la red monitorizada.
 - Establecer campañas de medida de calidad de suministro en distintas zonas geográficas de España para comprobar el cumplimiento de la normativa vigente.
- b) Efectos de los armónicos y las fluctuaciones de tensión en receptores. En particular se está interesado en obtener resultados acerca de las posibles vibraciones mecánicas originadas por los armónicos y las posibles reducciones de vida útil debida a calentamientos adicionales.
- c) Propagación de los huecos de tensión en las redes de distribución. Este estudio tiene como objetivo conocer la mecánica de la transmisión de los huecos de tensión en este tipo de redes para evaluar, una vez que se ha originado, el área geográfica afectada. Adicionalmente se fija como objetivo establecer un algoritmo de localización del origen del hueco.
- d) Mitigación de armónicos en redes eléctricas. Se realizarán novedosas propuestas para proceder al diseño de filtros pasivos, activos e híbridos cuyo objetivo es obtener un método de filtrado económico y técnicamente competitivo. Dichas mejoras afectan a diversos niveles:
 - Topologías. Se proponen nuevas topologías de filtros pasivos: filtro de banda ancha y filtro para tercer armónico.
 - Método de diseño. Se utilizarán métodos de optimización para proceder al diseño de los filtros (pasivos e híbridos), introduciéndose diversos criterios de diseño a través de adecuadas funciones objetivo. Adicionalmente se introducirá en el proceso de diseño las posibles variaciones temporales de parámetros (condiciones de alimentación, cargas lineales y no lineales, etc.).

PROJECT TITLE: Power quality. Measurement and analysis of electromagnetic disturbances. Filters and other corrective solutions.

SUMMARY:

Power quality is nowadays an interesting topic due to both the liberalization processes of electric power sector and an increasing concern of the final user for obtaining a product at a low cost and, if possible, with the higher quality standards. This coordinated research project approaches this problem from the quality of the voltage waveform point of view. The main objectives can be summarized as follows:

- a) Power quality measurement. Two objectives can be pointed out within this research area:
 - Determination of the optimal number and location of power quality analyzers to obtain a given information level about the monitored electric power system.
 - Power quality surveys at different geographical locations in order to prove the fulfilment of the actual normative.
- b) Harmonic and voltage fluctuation effects. The interest is focused on obtaining results about the possible mechanical vibrations due to harmonics and the decrease of the expected life of the loads due to additional losses.
- c) Voltage sag propagation in distribution power systems. The objective is to know the principles of voltage sag transmission in this special type of power systems in order to evaluate, once the problem has been generated, the affected geographical area. In addition, it should be required the formulation of a new algorithm providing the location where the voltage sag has been originated.
- d) Harmonic mitigation in electric power systems. New contributions to the design of passive, active and hybrid filters will be proposed in order to obtain an economical and technical-competitive filtering method. These contributions affect to:
 - Topologies. New passive filter topologies will be proposed: wide band filter and third harmonic filter.
 - Design method. Optimization methods will be applied to design the filters (passive and hybrid types), using several design criteria throughout adequate objective functions. In addition, the variation of some parameters with time (supply conditions, linear and non-linear loads, etc.) will be taken into account.

2. INTRODUCCIÓN

(máximo cinco páginas)

- Deben tratarse aquí: la finalidad del proyecto; los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos, incluyendo la bibliografía más relevante; los grupos nacionales o internacionales que trabajan en la misma materia específica del proyecto, o en materias afines.

La calidad de suministro eléctrico es hoy en día uno de los aspectos que más preocupan a usuarios finales de electricidad, compañías distribuidoras e incluso administraciones públicas ya sean de ámbito local, autonómico y/o nacional. La legislación española relativa a calidad de suministro eléctrico está recogida en el Real Decreto 1955/2000 [1]. En este documento la calidad de suministro se contempla en base a tres principios que difieren notablemente entre sí:

- a) Continuidad de suministro eléctrico. Se establecen criterios de continuidad de suministro desde los puntos de vista del consumidor final y de la compañía distribuidora en función de las características de la red de distribución. Si superan los límites impuestos la compañía eléctrica se verá penalizada de forma económica.
- b) Calidad de la onda de tensión. Se remite a la normativa europea UNE-EN50160 [2], en la que se definen las características de la tensión de las redes públicas de distribución de energía eléctrica. Es interesante indicar que las compañías distribuidoras no se ven penalizadas si no se cumplen las condiciones recogidas en dicha normativa.
- c) Calidad de atención al cliente. Se establecen los aspectos básicos y cuantificables de cómo es atendido el usuario final por parte de las compañías distribuidoras.

Este proyecto de investigación coordinado entre las universidades de Vigo, Oviedo, Cantabria y Sevilla se inscribe dentro del ámbito de la calidad de la onda de tensión. Específicamente la finalidad del proyecto se centra en cuatro aspectos claramente diferenciados:

- a) Realización de campañas de medida de calidad de suministro.
- b) Efectos de los armónicos y fluctuaciones de tensión sobre los receptores industriales.
- c) Propagación de los huecos de tensión en redes de distribución.
- d) Mitigación de los armónicos en instalaciones eléctricas mediante la utilización de filtros pasivos, activos e híbridos.

A continuación se expondrán los principales antecedentes en cada uno de estos campos que justifican el punto de partida y los objetivos del proyecto coordinado.

Realización de campañas de medida

En el contexto de la calidad del servicio eléctrico, se entiende como **monitorización de la calidad del producto**, o **power quality monitoring**, al conjunto de actividades y tareas orientadas a evaluar la calidad de la onda de tensión a partir de la medida, vigilancia y seguimiento de los parámetros que definen dicha forma de onda en cada punto de la red. Las variaciones de estos parámetros se conocen como **perturbaciones** y pueden ser registradas con instrumentación específica.

La finalidad de esta parte del proyecto de investigación coordinado es doble:

- a) Por una parte se pretende evaluar cuáles son los índices de calidad de suministro en las actuales redes de distribución de energía así como en distintas instalaciones industriales y centrales de producción de energía de carácter no renovable. Dichas campañas de medida serán realizadas en distintas zonas geográficas de España por cada uno de los centros ejecutores del proyecto. El objetivo es establecer la evolución de la calidad de onda percibida por el usuario final, tal y como se realizan en campañas de medida realizadas en otros países [3-6].
- b) Por otra parte, en un futuro cercano las compañías distribuidoras deberán realizar una monitorización continua de los niveles de calidad de suministro, máxime si se articulan penalizaciones económicas en la legislación vigente, pues son los responsables de la misma. En este sentido, se debería tener en cuenta el número y emplazamiento óptimo de los analizadores de calidad para obtener una información

precisa del estado de la red con el mínimo coste asociado [7,8]. Para resolver este problema se aplicarán técnicas de estimación de estado [9,10].

Efecto de los armónicos y fluctuaciones de tensión

La presencia de armónicos en la red de distribución afecta notablemente al funcionamiento de los receptores industriales. Se profundizará en el estudio de los efectos de los armónicos e interarmónicos sobre distintos tipos de cargas y elementos del sistema eléctrico. Dichos efectos se pueden clasificar en dos grupos: los efectos instantáneos (mal funcionamiento de algún tipo de dispositivo) y los efectos a largo plazo. Esta parte del proyecto de investigación se centrará en el segundo grupo de efectos particularmente en aquellos de índole eléctrica y mecánica. La presencia de armónicos aumenta considerablemente las pérdidas en la distribución de la energía y máquinas eléctricas. Por tanto, se producirá el consiguiente aumento de temperatura que puede llegar a afectar la vida útil de la máquina. En este sentido, se pretende centrar el estudio en los efectos que provocan los armónicos e interarmónicos de tensión, en el rendimiento, calentamiento y afección de la vida útil de motores y transformadores. Por otra parte, se está interesado en analizar cuál es el efecto de los armónicos sobre las vibraciones mecánicas de las máquinas pues también éstas condicionan la vida útil de las mismas. Estos estudios se realizarán fundamentalmente a través de trabajo experimental desarrollado en laboratorio sobre motores de inducción ya sean conectados directamente a la red de alimentación o bien a través de variadores de velocidad.

De igual forma, se pretende evaluar la influencia de las fluctuaciones de tensión y el efecto flicker sobre los receptores anteriormente mencionados para ver las repercusiones a largo plazo sobre los mismos.

Propagación de huecos de tensión en redes de distribución

Los huecos de tensión se definen como "la disminución entre 0.1 y 0.9 p.u. del valor eficaz de la tensión a la frecuencia de la red para una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto" [11]. Es una de las perturbaciones más comunes que afectan a la calidad de la energía en los sistemas de potencia. El origen de los huecos de tensión en las redes eléctricas es generalmente la aparición de faltas de cortocircuito en la red y/o conexiones de grandes cargas. Los huecos pueden propagarse a gran distancia respecto a la localización de la fuente y afectar a clientes en grandes áreas. En los últimos años, el trabajo de investigación en este campo se ha centrado en protocolos y sistemas de medida de esta perturbación. Sin embargo, no se ha desarrollado mucho trabajo sobre la localización del origen y la propagación de los mismos. Con la desregulación del sector energético, las compañías eléctricas están cada vez más interesadas en la cuantificación de las responsabilidades por los problemas con la calidad de la energía, siendo los huecos de tensión una de las preocupaciones más relevantes. Consecuentemente, la investigación sobre la detección de la dirección de propagación de los huecos y la localización del origen de los mismos se ha convertido en un asunto de importancia para el que todavía no hay disponible un método fiable.

La referencia [12] es probablemente el trabajo pionero en este tema. Utiliza la energía de la perturbación para determinar dirección de la misma. El método se basa en la comprensión intuitiva de los fenómenos que suponen la perturbación. La base teórica del método no está disponible, por lo que es difícil determinar la fiabilidad y las limitaciones del mismo.

La referencia [13] propuso un método basado en la observación de las pendientes en los diagramas tensión-corriente, ya que tenían signos opuestos dependiendo de la localización de la fuente del hueco. Examinando el signo de la pendiente, se puede decir si el hueco procede de aguas arriba o abajo. Una vez más, es un método empírico y es difícil determinar su rango de aplicación.

Puesto que los huecos de tensión se relacionan principalmente con las faltas en el sistema de potencia, sería útil examinar el conocimiento acumulado en el área de la protección del sistema. Es en este campo donde aparece el concepto de la "impedancia incremental", que es usado en relés direccionales y puede ser también aplicable al problema de la detección de la fuente de huecos [14]. El método se basa en la observación que la impedancia obtenida mediante los incrementos de tensión y corriente en diferentes localizaciones correspondientes a diferentes cuadrantes del plano de impedancia. Uno de los problemas de este método es que la impedancia es sensible a las selecciones de los ciclos pre- y post-falta [15], con lo que distintas elecciones de estos ciclos condicionan el resultado obtenido.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se pretende proponer un método, teóricamente justificable, para la detección del origen de los huecos y su propagación. El método deberá superar los inconvenientes comentados. Para esto se propone utilizar técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales o la lógica difusa. Se planteará una primera fase, donde se simularán los algoritmos generados sobre el software apropiado. Una vez validados se implementarán en el laboratorio sobre un procesador digital de señal. Una vez que se consiga un método consistente comenzará la segunda fase, en la que se pretende verificar la validez de la propuesta en instalaciones reales.

Mitigación de los armónicos en instalaciones eléctricas

La finalidad de esta parte del proyecto de investigación de investigación es estudiar los posibles métodos de mitigación de armónicos con el menor coste asociado posible. Desde este punto de vista existen dos técnicas de filtrado claramente diferenciadas:

a) Filtrado pasivo. Este tipo de filtros está formado por elementos pasivos que, en función de la topología de los mismos, presentan un determinado comportamiento frecuencial. La principal ventaja de este tipo de filtros radica en su reducido coste. Sin embargo, tienen un elevado número de inconvenientes, entre los que cabe destacar: introducción de resonancias en la red [16], punto fijo de operación y efectividad dependiente de las condiciones de la tensión de alimentación [17].

b) Filtrado activo. En este caso el filtro está constituido por un inversor, en fuente de tensión [18] o de intensidad [19]. La topología habitual es la del filtro activo en paralelo aunque también se han desarrollado los filtros activos en serie normalmente asociados a filtros pasivos en paralelo [20]. El principal problema de los filtros activos es su elevado coste en comparación con los filtros pasivos. No obstante, existen notables ventajas: seguimiento de las variaciones de la carga, fácil dimensionado e instalación (en el caso de topologías en paralelo) y, utilizando las técnicas de control adecuadas (extracción de la señal de referencia), la eficiencia del filtro resulta independiente de la condición de la tensión de alimentación.

Una tercera vía, que intenta aunar las ventajas de ambas técnicas, es filtrado híbrido. Dicho filtro estará compuesto por una parte pasiva y otra activa a las que, en conjunto, se requerirá un coste mínimo para unas condiciones de mitigación de armónicos dadas y seguimiento de las variaciones de la carga.

Dentro del filtrado de armónicos, en sus modalidades pasiva, activa e híbrida, existe gran cantidad de cantidad de trabajo desarrollado. Los logros más interesantes en cada uno de ellos se resumen de la siguiente forma:

a) Filtrado pasivo. Los criterios de diseño de filtros pasivos han avanzado notablemente desde los iniciales métodos basados en la experiencia [21-22] hacia otros más complejos en los que se aplican criterios de optimización [16,17,23,24]. Recientemente, y a pesar del extraordinario desarrollo de los filtros activos, han aparecido publicaciones [3-4] en las que se vuelve a mostrar interés por el diseño de filtros pasivos. En estas publicaciones se pone de manifiesto algunos aspectos que no habían sido tenidos en cuenta previamente, como la multiplicidad de mínimos de la función objetivo debido a las resonancias.

b) Filtrado activo. La investigación en esta área se centra principalmente en tres aspectos claramente diferenciados [18]: topología (introducción de estructuras multinivel [25-26]), técnicas de modulación [32] y cálculo de señales de referencia. En este último aspecto es interesante notar que los métodos para el cálculo de la señal de referencia se pueden dividir en aquellos que se formulan en el dominio frecuencial y temporal. Los primeros, si bien fueron abandonados en un principio por su elevado coste computacional, pueden ser retomados con la aplicación de técnicas eficientes de cálculo de armónicos [27]. Por otra parte, los métodos de cálculo basados en el dominio del tiempo [28,29,30] presentan un error en la estimación de armónicos debido bien a la condición de la tensión de alimentación (presencia de armónicos) o a la formulación del propio método [31].

c) Filtrado híbrido. La referencia [33] proporciona una completa visión de este tipo de filtros y las topologías pasivo-activo más comunes. A pesar de las posibles combinaciones que se exponen, realmente tan sólo se han desarrollado las recogidas en [34]. Como característica común es importante notar que para establecer las características de diseño tanto de la parte activa como pasiva se ha recurrido a utilizar un único punto de funcionamiento, invariante en el tiempo.

La finalidad de esta parte del proyecto de investigación se centra en proponer mejoras en las técnicas de filtrado anteriormente descritas. Dichas mejoras se pueden resumir de la siguiente forma:

a) Propuesta de nuevas topologías de filtros pasivos. En particular se proponen dos nuevos tipos de filtro: filtros de banda ancha y los filtros de tercer armónico.

a.1) Los Filtros de Banda Ancha, se presentan en principio como una solución idónea para su aplicación en la mejora de la distorsión armónica en corriente de accionamientos de velocidad variable (AVV). La importancia de este tipo de cargas en la industria actual es innegable, y su crecimiento en los últimos años vertiginoso, hasta el punto de llegar a suponer, junto con los hornos de arco la principal causa de penetración de armónicos en las redes industriales. Se trata de filtros trifásicos, adecuados en principio para ser utilizados con cualquier tipo de carga no lineal que incorpore en su etapa de conexión a la red un rectificador trifásico (ya sea controlado o no). La topología característica de este tipo de filtros y su respuesta en frecuencia se muestran en la Figura 1. Como se puede observar los dos armónicos más significativos en este tipo de cargas (5° y 7°) alcanzan los mayores niveles de atenuación, pero en realidad también todo el resto de armónicos superiores se reduce en gran medida (de ahí el nombre dado a este tipo de filtros).

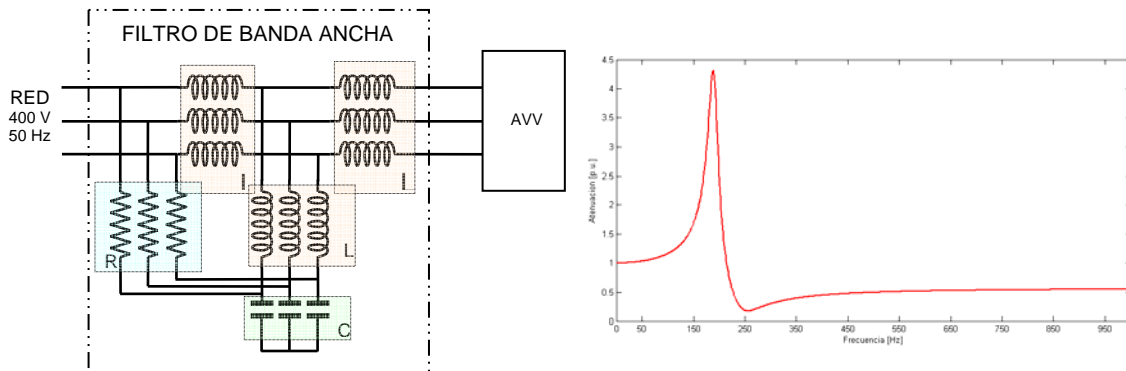


Figura 1. Topología del filtro de banda ancha y respuesta en frecuencia.

a.2) Los Filtros de Tercer Armónico, suponen una solución para evitar la circulación de corrientes armónicas de tercer orden por las redes de baja tensión. Las corrientes de 150Hz, son típicamente generadas por las cargas no lineales monofásicas, cuyos más relevantes representantes son las cargas de alumbrado y las de tipo ofimático. La circulación de estas corrientes homopolares (que como tales se suman en el neutro de la instalación) da lugar, con frecuencia, a sobrecargas en el conductor neutro que a parte de poder llegar a ser peligrosas dan lugar a pérdidas de potencia indeseadas en toda la instalación. Es además muy frecuente que originen sobrecargas en los transformadores de cabecera al provocar la circulación de corrientes por los devanados en triángulo del lado de alta tensión. Existen soluciones comerciales pasivas a estos problemas, como la utilización de reactancias de acoplamiento en zig-zag, o transformadores ΔY . Estas soluciones sin embargo, no evitan que se produzca la circulación de los armónicos de tercer orden, sino que simplemente confinan su presencia a una parte de la instalación. Esto es un problema serio en el caso del tipo de cargas que originan dichos armónicos, pues suelen estar dispuestas de forma bastante dispersa, por lo que las soluciones anteriores no evitan buena parte de las pérdidas por efecto Joule.

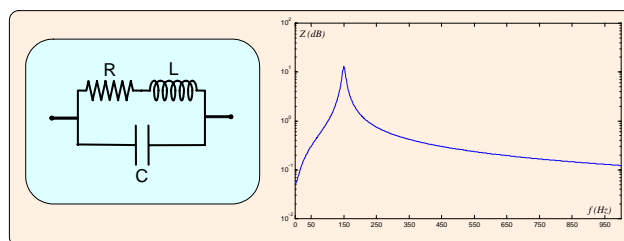


Figura 2. Topología del filtro de tercer armónico y respuesta en frecuencia.

b) Mejoras en el diseño de filtros pasivos.

b.1) Modificación del planteamiento del problema de optimización de filtros pasivos. Estas modificaciones se refieren tanto a la función objetivo como a las restricciones adicionales utilizadas en el diseño del mismo.

b.2) Introducción de las variaciones del punto de operación. Se pretende tener en cuenta las variaciones temporales de las condiciones de la alimentación y de las cargas lineales y no lineales en el diseño de los filtros pasivos.

c) Filtros activos. En este campo se plantearán dos áreas de trabajo bien diferenciadas. Por una parte, la validación del modelo frecuencial propuesto en [36] mediante simulación en el dominio del tiempo. Por otra, mejoras en las técnicas de cálculo de la señal de referencia. En concreto se pretende analizar la influencia de la sustitución de los filtros paso alto calculados en el dominio de la frecuencia por otros de media móvil.

d) Filtros híbridos. El objetivo es dimensionar de forma adecuada en función de las diferentes topologías propuestas en la literatura los componentes (activo y pasivo) del filtro híbrido. Para ello se utilizarán los resultados obtenidos en objetivos anteriores. En particular la optimización se realizará teniendo presentes las variaciones de carga y condiciones de alimentación así como el modelo frecuencial del filtro activo.

Existe una gran cantidad de grupos de investigación vinculados a universidades que trabajan en temas relacionados con la calidad de suministro eléctrico, entre los que cabe destacar los siguientes:

a) Nacionales:

- Universidad Politécnica de Madrid. El grupo liderado por Dr. D. Julio García Mayordomo realiza trabajo de investigación relacionados con los métodos de análisis de armónicos.
- Universidad Carlos III. El grupo de investigación dirigido por Dr. D. Julio Usaola García trabaja en diversos temas de calidad de suministro eléctrico entre los que cabe destacar el modelado de cargas no lineales, métodos de análisis de armónicos y trabajos relacionados con la propagación de las fluctuaciones de tensión en sistemas eléctricos de potencia.
- Universidad Politécnica de Cataluña. El trabajo de este grupo de investigación dirigido por Dr. D. Joaquín Pedra Durán se centra en el comportamiento de receptores industriales ante huecos.
- Universidad Politécnica de Valencia. El grupo de investigación dirigido por Dr. D. Alfredo Quijano López realiza un trabajo experimental de medida de la calidad de suministro eléctrico en redes eléctricas y cómo ésta afecta a las industrias del entorno.
- Universidad de Huelva. El grupo liderado por Dr. D. Patricio Salmerón Revuelta trabaja en posibles definiciones de los términos de potencia en regímenes no senoidales y dispositivos activos para el filtrado de armónicos.

b) Internacionales:

- Universidad de Chalmers (Suecia). El grupo de investigación se dedica al estudio de los huecos de tensión, distorsión armónica e integración de energías renovables en redes eléctricas.
- Universidad de Udine (Italia). El grupo de investigación dirigido por Dr. D. Paolo Mattavelli se dedica al diseño de equipos basados en electrónica de potencia para la mejora de la calidad de suministro eléctrico (mitigación de huecos de tensión y reducción de armónicos).
- Universidad de Boston (Estados Unidos). El equipo liderado por Dr. D. Alex Stankovic realiza estudios teóricos de nuevas definiciones de potencia y estudios de simulación con la aplicación de fasores espaciales.
- Universidad de Monash (Australia). El grupo de electrónica de potencia dirigido por el Dr. D. Grahame Colmes investiga en filtros activos para la reducción de armónicos en redes eléctricas.
- Universidad de Manchester (Reino Unido). Parte de los investigadores asociados a este centro (Dr. D. J. Milanovic Dr. D. N. Jenkins) se dedican al estudio de huecos de tensión, evaluación de la calidad de suministro en redes de distribución con generación distribuida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- [2] UNE-EN 50160, características de la tensión suministrada por las redes públicas de distribución.
- [3] M. H. J. Bollen, T. Tayjasanant, G. Yalçinkaya, "Assessment of the number of voltage sags experienced by a large industrial customer", IEEE Trans. Industry Applications, vol. 33, no. 6, Nov./Dec. 1997, pp. 1465-1471.
- [4] E. W. Gunther, H. Mehta, "A survey of distribution system power quality – Preliminary results", IEEE Trans. Power Delivery, vol. 10, no. 1, Jan. 1995, pp. 322-329.
- [5] D. O. Koval, M. B. Hughes, "Canadian National Power Quality Survey: frequency of industrial and commercial voltage sags", IEEE Trans. Industry Applications, vol. 33, no. 3, May/Jun. 1997, pp. 622-627.
- [6] D. O. Koval, R. A. Bocancea, K. Yao, M. B. Hughes, "Canadian National Power Quality Survey: frequency and duration of voltage sags and surges at industrial sites", IEEE Trans. Industry Applications, vol. 34, no. 5, Sep./Oct. 1998, pp. 904-910.

- [7] C. Ammer, H. Renner, "Determination of the optimum measuring positions for power quality monitoring", 11th Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power. Lake Placid, NY (EE.UU.), 2004.
- [8] M.A. Eldery, E. F. El-Saadany, and M. M. A. Salama, "Optimum Number and Location of Power Quality Monitors", 11th Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power. Lake Placid, NY (EE.UU.), 2004.
- [9] Coutto, M.B.; Silva, A.M.L.; Falcao, D.M.; "Bibliography on Power System State Stimulation (1968-1989)". IEEE Trans. On Power Systems, vol. 7, No. 3, pp. 950-961, aug. 1990.
- [10] Monticelli, A.; Wu, F.F.; "Network observability: Theory" IEEE Trans. On Power App. And Systems, vol. 104, N° 5, pp 1042-1048, may 1985.
- [11] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std. 1159, 1995.
- [12] A. C. Parsons, W. M. Grady, E. J. Powers, and J. C. Soward, "A direction finder for power quality disturbances based upon disturbance power and energy," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, no. 3, pp. 1081–1086, Jul. 2000.
- [13] C. Li, T. Tayjasanant, and W. Xu, "A method for voltage sag source detection by investigating slope of the system trajectory," Proc. Inst. Elect. Eng., vol. 150, no. 3, pp. 367–372, May 2003.
- [14] IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines, IEEE Std. C37.113, 1999.
- [15] K. S. Prakash, O. P. Malik, and G. S. Hope, "Amplitude comparator based algorithm for directional comparison protection of transmission lines," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 4, no. 4, pp. 2032–2041, Oct. 1989.
- [16] J.M^a Maza, M. Burgos and C. Izquierdo, *A New Design Method of Passive Tuned Filters for Harmonic Mitigation and Reactive Power Compensation*. European Transactions on Electrical Power (ETEP), Vol. 16, pp. 219-233, May/June 2006.
- [17] H.L. Ginn, L.S. Czarnecki, *An optimization based method for selection of resonant harmonic filter branch parameters*. IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 21, Iss. 3, pp. 1445 – 1451. July 2006
- [18] B. Singh, K. Al-Haddad, A. Chandra, *A review of active filters for power quality improvement*, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 46, Iss. 5, pp. 960 – 971, Oct. 1999.
- [19] L. Benchaita, S. Saadate, A. Salemnia, *A comparison of voltage source and current source shunt active filter by simulation and experimentation*, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 14, Iss. 2, pp. 642 – 647, May 1999.
- [20] S. Bhattacharya, D.M. Divan, B.B. Banarjee. *Control and reduction of terminal voltage harmonic distortion (THD) in hybrid series active, parallel passive filter system*. Proceedings of IEEE PESC 1993, pp.779-786.
- [21] D.E. Steeper and R.P. Stratford. *Reactive compensation and harmonic suppression for industrial power systems using thyristor converters*. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 12, No. 3, pp.232-254, March 1976.
- [22] J.K. Phipps. *A transfer function approach to harmonic filter design*. IEEE Industry Applications Magazine, pp. 21-30, September/October 1998.
- [23] P. Mattavelli, *Design aspects of harmonic filters for high power ac-dc converters*. IEEE PES Summer Meeting 2000, Vol. 2, pp. 795-799, July 2000.
- [24] C. Kawann, A.E. Emanuel, *Passive shunt harmonic filters for low and medium voltage: a cost comparison study*. IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 11, Iss. 4, pp. 1825 – 1831, Nov. 1996.
- [25] J.S. Lay, F.Z. Peng, *Multilevel Converters- A new breed of power converters*, IEEE Trans. on Ind. Applicat., vol. 32, no. 3, pp. 509-517, May/June 1996.
- [26] L. Tolbert, F.Z. Peng, T.G. Habetler, *Multilevel converters for large electric drives*, IEEE Trans. on Ind. Applicat., vol. 35, no. 1, pp. 36-44, Jan/Feb 1999.
- [27] J.A. Rosendo Macias, A. Gomez Exposito, *Efficient moving-window DFT algorithms*, IEEE Trans. on Circuits and Systems II, Vol. 45, Iss. 2, pp. 256 – 260 Feb. 1998.
- [28] H. Akagi, Y. Tsukamoto and A. Nabae, *Analysis and Design of an active power filter using quad series voltage source PWM converters*. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 26, No. 1, pp. 93-98, January-February 1990.
- [29] M.J. Newman, D.N. Zmood, D.G. Holmes. *Stationary Frame Harmonic Reference Generation for Active Filters*. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 38, No. 6, November/December 2002, p. 1591-1599.
- [30] M.Rastogi, N.Mohan, A. Edris, *Filtering of harmonic currents, damping of resonances in power systems with a hybrid-active filter*"in Proc. IEEE APEC'95 Conf., 1995, pp.607–612.
- [31] J.M^a Maza, M. Perales, M. Burgos, A. Gómez and L. García, *Reference Current Computation Methods for Active Power Filters: Accuracy Assessment in the Frequency Domain*. IEEE Transactions on Power Electronics. Vol: 20, March 2005.
- [32] M.P. Kazmierkowski, L. Malesani, *Current control techniques for three-phase voltage-source PWM converters: a survey*, IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 45, Iss. 5, pp. 691 – 703, Oct. 1998.
- [33] B. Singh, V. Verma, A. Chandra, K. Al-Haddad, *Hybrid filters for power quality improvement*, IEE Proc. Generation, Transmission and Distribution, - Vol. 152, Iss. 3, pp. 365-378, May 2005.
- [34] S. Senini, P.J. Wolfs. *Hybrid active filter for harmonically unbalanced three phase three wire railway traction loads*. IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 15, No. 4, pp. 702-710, July 2000.
- [35] IEEE Std 1531-2003, *IEEE Guide for Application and Specification of Harmonic Filters*.
- [36] J.M^a Maza and M. Burgos, *Frequency Domain Models of Shunt Active Power Filters for Iterative Harmonic Analysis*, International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Lake Placid (Estados Unidos), Septiembre de 2004.
- [37] J. M^a Maza, M. Burgos, C. Izquierdo, *Power Factor Correction and Harmonic Mitigation in Industry*, IEEE Industry Applications Conference (IAS), Roma, octubre 2000.
- [38] J. M^a Maza, M. Burgos, C. Izquierdo, *Optimal Design of Passive Filters*, 14th Power System Computation Conference (PSCC-2002), Sevilla, junio 2002.

- [39] J.Mª Maza, M. Burgos y C. Izquierdo, *Optimización de Filtros Pasivos para la Reducción de Armónicos y Compensación de Potencia Reactiva*. Energía, marzo de 2002.
- [40] J. Mª Maza, M. Burgos, C. Izquierdo, *Reference Current Errors of Instantaneous p-q Based Methods for Active Filters*, IEEE International Conference in Industrial Electronics (IECON-2002), Sevilla, octubre 2002.
- [41] J.Mª Maza, A. Gómez, A.L. Trigo and M. Burgos, *A State Estimation Approach to Harmonic Polluting Load Characterization in Distribution Systems*, IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 20, pp. 765-772, May 2005.
- [42] J.Mª Maza, A. Gómez, A.L. Trigo and M. Burgos, *A Parameter Estimation of Harmonic Polluting Industrial Loads*, Electric Power and Energy Systems. Vol. 27, pp. 635-640, 2005.
- [43] J.Mª Maza, A. Gómez, A.L. Trigo and M. Burgos, *A Parameter Estimation of Harmonic Polluting Industrial Loads*, 8th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS), 2004.
- [44] S. Ceballos, J.Mª Maza and A. Gómez, *Alternative Source Current Minimization Methods for Single-Phase Active Power Conditioners*, 2th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP 2006), Cascais, September 2006.
- [45] A.L. Trigo, J.Mª Maza and E. Romero. *Reactive Power Compensation Strategies for Wind Generation in Distribution Systems: a Power Quality Approach*, International Journal on Energy Technology and Policy, Vol. 3, pp. 196-212, 2005.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

(máximo dos páginas)

- u 3.1 Describir brevemente las razones por las cuales se considera pertinente plantear esta investigación y, en su caso, la **hipótesis de partida** en la que se sustentan los objetivos del proyecto (**máximo 20 líneas**)

Esta solicitud se fundamenta en los razonamientos e hipótesis de partida siguientes:

- El diseño de elementos de compensación/corrección de armónicos no presenta una única metodología de cálculo. Este hecho motiva la necesidad de desarrollar nuevas estrategias de diseño de filtros de armónicos, tanto pasivos como activos e híbridos. Otro problema adicional radica en la dificultad para establecer comparaciones útiles entre tecnologías que permitan a los usuarios finales realizar una selección adecuada de la mejor solución para cada problema. Se plantea como hipótesis que los Filtros de Banda Ancha (en su aplicación a accionamientos de velocidad variable), y los filtros de tercer armónico (en su uso en sistemas de alumbrado y alimentación de cargas ofimáticas), son soluciones de bajo coste poco estudiadas, cuyo diseño cauteloso puede llegar a satisfacer de forma adecuada las necesidades de acondicionamiento de gran parte de las cargas más polucionadoras. El compromiso del EPO y demás empresas interesadas en este proyecto justifican el interés que presentan estos productos en el mercado. A nivel nacional estas empresas cuentan con una posición de liderazgo, amplia penetración y profundo conocimiento.
- La normativa actual sobre calidad de la onda no introduce criterios claros para la planificación de las campañas de medida. Se establece como hipótesis la necesidad de desarrollar métodos que permitan optimizar el número y ubicación de los medidores.
- Parece claro que los efectos económicos de la falta de calidad en la onda de tensión son diferentes dependiendo del tipo y nivel de la perturbación de que se trate de ahí la importancia de la medida y el análisis. Se propone como hipótesis la continuación de las campañas de medida que permitan mejorar la caracterización de los índices de calidad existentes en las redes de transportes y distribución de energía eléctrica.

Estas hipótesis son compartidas por todos los agentes que intervienen en la red: compañías de distribución (**Viesgo Distribución, S.L., Unión Fenosa**), productores (**Temper**) y clientes (**Robert Bosch España, –Treto, Cantabria-**). Los colaboradores del proyecto están comprometidos con la aportación de información y el conocimiento a nivel de red, dispositivos y datos.

- u 3.2. Indicar los **antecedentes y resultados previos**, del equipo solicitante o de otros, que avalan la validez de la hipótesis de partida

En relación con la temática específica de este proyecto, debe decirse que en realidad no arrancarían ni mucho menos desde cero, sino que bien al contrario pasaría a ser la continuidad de otros proyectos que acaban de concluir o en otros casos perduran aún en la actualidad. Más en concreto, prácticamente el total de los miembros, ha estado involucrado en el periodo 2002-2005 en el desarrollado del proyecto del Plan Nacional *'Calidad de Onda y Ahorro Energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos.'*; en el marco del cual, se han realizado numerosas campañas de medida de armónicos, flicker y huecos de tensión en instalaciones industriales con procesos productivos diferentes y localizadas en las diferentes comunidades autónomas donde realizan su actividad investigadora los diferentes equipos, comprobándose los tipos y niveles más corrientes de perturbación. Los resultados de estas medidas, convenientemente tratados, nos han proporcionado información sobre el cumplimiento de normas y recomendaciones y los

niveles de perturbación existentes y, también en parques eólicos; en los cuales con datos como velocidades de viento y potencias activas generadas que se registran en el propio parque, potencias de cortocircuito en el punto de conexión común, tipo y nivel de perturbación global del parque y tipo y nivel de perturbación particular de varios aerogeneradores, se han relacionado las distintas interdependencias de las variables mencionadas anteriormente.

Además, la participación de miembros de los grupos de investigación solicitantes en otros proyectos de investigación del Plan Nacional de I+D+I, en particular "Comparación, diseño y control de dispositivos para equilibrado y compensación de cargas eléctricas" (DPI2001-2367), "Diseño y control de equipos para la mitigación de perturbaciones provocadas por cargas eléctricas" (ENE2004-06117), "Sistemas pasivos no convencionales para la mejora de la calidad de onda en entornos industriales" (ENE2006-07014/CON), "Modelado y simulación de sistemas eléctricos de potencia para el estudio de la transmisión de huecos de tensión" (FC-03-PB-02-065) y "Diseño de una instrumentación para la medida y evaluación de las características de la calidad de las turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica" (CIT-120000-2005-19), por enumerar los más importantes, justifica la continuación de la actividad investigadora en este campo.

En lo que respecta a actividades realizadas,

- Se han desarrollado diferentes ensayos y pruebas de laboratorio.
- Se ha modelado la red contaminada y diferentes tipos de elementos que interactúan directamente.
- Se ha realizado una evaluación crítica de los diferentes métodos de mitigación de los efectos nocivos de las perturbaciones de la calidad de onda sobre los accionamientos de velocidad. Así pues, fue posible realizar ya una primera valoración de los métodos pasivos no convencionales que contempla el nuevo proyecto.
- Con la finalidad de comprobar las posibles variaciones en la toma de medidas de los distintos aparatos de medida con los que se ha trabajado, se realizaron dos pruebas en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética. Una para comprobar si dos equipos del mismo modelo medían exactamente igual y la otra para comprobar las diferencias entre los tres modelos de los que se dispone.
- Se han realizado publicaciones en revistas internacionales indexadas (ver bibliografía en el apartado de introducción) y presentaciones en congresos de carácter internacional con revisión por pares.
- Se ha organizado un congreso científico de carácter internacional sobre calidad de suministro y energías renovables (International Conference on Renewable Energies and Power Quality –ICREPQ-) que cuenta con el respaldo de importantes empresas nacionales y organismos de reconocido prestigio internacional como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) de EEUU.

- υ **3.3.** Enumerar brevemente y describir con claridad, precisión y de manera realista (es decir, acorde con la duración prevista del proyecto) los **objetivos concretos** que se persiguen, los cuales deben adecuarse a las líneas temáticas prioritarias del Programa Nacional al que se adscribe el proyecto (*ver Anexo de la convocatoria*).

La novedad y relevancia de los objetivos (así como la precisión en la definición de los mismos) se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la Convocatoria*)

1.- **El primer objetivo**, es el de continuar con el estudio de los efectos que provocan las perturbaciones en las redes, receptores e instalaciones industriales (incorrecto funcionamiento de equipos de regulación y protección, pérdidas adicionales en máquinas y baterías de condensadores, interferencias en los sistemas de telecomunicación, reducción de la capacidad de los cables por efectos de sobrecargas, calentamiento indebido de los motores de inducción ocasionado por las pérdidas, incremento de las pérdidas en las líneas, acortamiento de la vida útil de los receptores, generación de molestia visual por la fluctuación en la intensidad de iluminación, actuación incorrecta de las protecciones, mal funcionamiento de los equipos de medida, funcionamiento incorrecto de motores, pérdida de sincronismo de las máquinas síncronas, etc.)

1.1.- Avanzar en el conocimiento de los niveles de perturbación existente (especialmente armónicos, fluctuaciones de tensión "efecto flicker" y huecos de tensión), de las instalaciones industriales, correspondiente a las comunidades autónomas de Galicia (Equipo A), Asturias (Equipo B), Cantabria (Equipo C) y Andalucía (Equipo D) y realizar, de forma coordinada, un estudio comparativo.

1.2.- Avanzar en el conocimiento de los efectos que provocan las perturbaciones en los receptores más utilizados (motores, convertidores y otros dispositivos). Se tendrán en cuenta, aparte de otros efectos, las vibraciones ocasionadas en motores y otros equipos; por ejemplo, las turbinas de las centrales eléctricas se encuentran sometidas a fuertes vibraciones, (resonancias mecánicas), que suponen un severo esfuerzo de fatiga en los alabes por efecto de las variaciones de

frecuencia; por todo ello, es importante analizar los efectos de las vibraciones (Equipos A, B, C).

2. En el ámbito económico, evaluar y comparar el coste de la incompatibilidad existente entre la calidad de la energía eléctrica y la sensibilidad de los diferentes receptores y procesos productivos, con el coste que supondría el aumento de la compatibilidad entre ambas partes, mejorando bien el diseño y ejecución de las instalaciones de suministro y de las plantas industriales, bien la inmunidad y características de los receptores, permitiendo establecer métodos de evaluación económica sistematizada de los diferentes problemas que se presentan y de sus soluciones. El objetivo principal de los estudios de impacto económico de la mala calidad de onda sería la obtención de curvas de costes para distintos tipos de procesos productivos, ante diferentes perturbaciones y para distintos niveles de las mismas (Equipo A).

3- Avanzar en el conocimiento de los niveles de perturbación existente (especialmente armónicos, fluctuaciones de tensión "efecto flicker" y huecos de tensión), de los parques eólicos así como analizar sus efectos y, asimismo, desarrollar y aplicar programas de análisis de redes contaminadas (Equipos A y C).

4.- Contribuir al desarrollo de soluciones para disminuir la emisión de perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad. Se destaca especialmente el filtrado optimizado de armónicos (Equipos B y D). Es preciso indicar que el filtrado de armónicos en cargas industriales puede hoy en día abordarse mediante soluciones activas o pasivas. Las soluciones activas presentan en la actualidad un alto coste, que las hacen en la práctica inviables para la mayor parte de las aplicaciones más comunes. Las soluciones pasivas más empleadas presentan problemas, como el de precisar de un estudio y diseño adaptado a cada instalación (con el consiguiente encarecimiento de costes), o en otros casos no logran reducir las tasas de distorsión a niveles aceptables.

5.- Desarrollar metodologías que permitan optimizar la selección del número y ubicación de los equipos de medida de la calidad del suministro, con el objetivo de lograr un conocimiento adecuado de los niveles y/o origen de las perturbaciones con el menor número posible de equipos de medida (Equipo C).

6.- El proyecto tendrá también por objeto trasladar de forma directa sus resultados a las empresas interesadas en su desarrollo (EPOs). Esto no será impedimento sin embargo para presentar las conclusiones de carácter más general a la comunidad técnica y científica, a través de publicaciones en las revistas y congresos tanto nacionales como internacionales punteras en los temas relativos a la calidad de la energía eléctrica en que se encuadra su temática. Dentro de los objetivos relativos a la difusión de los resultados estará también hacer llegar al usuario final de estos productos, los estudios comparativos realizados con respecto al resto de soluciones de las que dispone el mercado; éstos le resultarán sin duda de gran ayuda a la hora de optar por la solución más adecuada a su problema (Equipos A, B, C y D).

υ 3.4. En el caso de Proyectos Coordinados (máximo dos páginas):

- el **coordinador** deberá indicar:

- los objetivos globales del proyecto coordinado, la necesidad de dicha coordinación y el valor añadido que se espera alcanzar con la misma
- los objetivos específicos de cada subproyecto
- la interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos
- los mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto

Objetivos globales del proyecto coordinado.

El principal objetivo de este trabajo de investigación es avanzar en el estudio, medida y análisis de las diferentes perturbaciones que afectan a la calidad de la onda de tensión, teniendo siempre presente los efectos (calentamiento, vibraciones, mal funcionamiento, etc), que tiene sobre los equipos, dispositivos y sistemas y como afecta al ahorro energético y a las medidas técnico-económicas que se pueden adoptar y el impacto económico que tienen en los diferentes procesos productivos en función del tipo de perturbación y el nivel de la misma; para la consecución de estos objetivos, se plantean las siguientes actividades generales, las cuales se describirán en mayor detalle en el apartado 4 de esta memoria:

0.- Recopilación bibliográfica. Se localizará y estructurará, en aquellos apartados de que no se disponga, información sobre los orígenes, el por qué, de cada una de las perturbaciones a estudiar, los métodos de medida, normativa existente, hasta el momento, sobre medición y emisión, agentes perturbadores y métodos de limitación.

1.- Medida de perturbaciones. Se ha de continuar realizando medidas de las perturbaciones a estudiar (armónicos, flicker y huecos de tensión, etc), en el punto de conexión común (PCC) de plantas industriales, puntos interiores, zonas residenciales y puntos específicos de las redes de distribución.

2.- Relación causa-perturbación. Se establecerá a partir de la información relativa a las perturbaciones que se estudiarán.

3.- Efecto de las perturbaciones. Con la información que se obtendrá, por medida y ensayos de los equipos en los Laboratorios de Compatibilidad Electromagnética de que dispone el grupo investigador, se pretende conocer tanto en el nivel de calidad de la energía eléctrica, como los efectos que ocasionan las perturbaciones en las propias instalaciones y equipos.

4.- Transmisión de perturbaciones. Se pretenden profundizar y establecer consideraciones sobre la transmisión de armónicos, flicker y huecos de tensión a través de las instalaciones y redes.

5.- Medidas mitigadoras e de insensibilización. Se realizará un plan de medidas mitigadoras de emisión de armónicos y huecos de tensión y otro de medidas de insensibilización y corrección, valorando su eficacia y su coste

6.- Integración de la información. La diversidad de fuentes a utilizar, especialmente en las medidas de campo, pero también en las de laboratorio, así como el volumen de información a manejar nos obligan a tener que utilizar un almacenamiento racional mediante bases de datos informatizadas.

8: Memoria. Se establecerán las correspondientes conclusiones y cada equipo elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

9: Difusión de los resultados del proyecto. Se plantearan las tareas relacionadas con la difusión de los resultados del proyecto.

Objetivos específicos de cada subproyecto

Como ya se ha indicado, los objetivos y actividades generales anteriores no parten de cero sino de otros trabajos y experiencias anteriores y, aunque muchas tareas las realizará cada uno de los equipos en su zona de influencia (Comunidad Autónoma), se colaborará estrechamente para aprovechar las sinergias y experiencias personales y generales de los diferentes grupos. Con todo ello y aprovechando precisamente las experiencias y características particulares de los diferentes grupos, existen actividades y tareas, bien diferentes o bien complementando las generales, que se han encomendado en mayor medida o intensidad a un determinado equipo, así se tiene:

Equipo A. Centro ejecutor: Universidad de Vigo

- Efectos de los armónicos sobre máquinas rotativas y otros dispositivos. Se incluyen entre estos los efectos las vibraciones.
- Efecto de las fluctuaciones de frecuencia en los modos de vibración natural de generadores eléctricos, turbinas y otros dispositivos.
- Efectos del flicker sobre diferentes dispositivos y sistemas.
- Análisis en redes contaminadas con armónicos (con cargas no lineales).
- Análisis económico de la mala calidad de onda. El establecer un método de evaluación económica de la calidad de la onda de tensión, aunque se trata de una actividad general en la cual cada uno de los grupos ha de contribuir con sus experiencias, se encomienda en mayor medida al equipo de la Universidad de Vigo.

Equipo B. Centro ejecutor: Universidad de Oviedo

- Estudio en profundidad de los condicionantes de diseño de los Filtros de Banda Ancha para su aplicación a accionamientos de velocidad variable. Tratamiento de aspectos como: desintonización, vida útil, protecciones, eficacia a cargas intermedias, comportamiento ante desequilibrios y efecto de la distorsión de la tensión, adecuación a las necesidades de reactiva de la carga, etc.
- Diseño, construcción y puesta en marcha de un Filtro de Banda Ancha de mediana potencia (100kW) en colaboración con el EPO, para ser utilizado como plataforma de pruebas.
- Estudio de los condicionantes de diseño de los Filtros de Tercer Armónico. Tratamiento de aspectos como: desintonización, vida útil, protecciones, eficacia a cargas intermedias.
- Construcción e instalación (bajo condiciones de funcionamiento real en instalación industrial) de un prototipo de filtro de tercer armónico en colaboración con el EPO como plataforma de pruebas.

- Evaluación del efecto sobre el sistema de BT de la introducción de tensiones homopolares de tercer armónico ocasionadas por los Filtros de Tercer Armónico. Valoración de los efectos de las mismas sobre las cargas más comunes a las que se pretende destinar este tipo de filtrado: iluminación y cargas ofimáticas.
- Fomentar la utilización de los métodos de filtrado de armónicos como medio para mejorar la calidad de onda en los sistemas industriales mejorando la eficiencia energética. Difundir para ello entre los posibles usuarios información comparativa relativa a las distintas soluciones disponibles; y difundir entre la comunidad técnica y científica las ventajas asociadas al uso de los sistemas no convencionales contemplados en este proyecto.

Equipo C. Centro ejecutor: Universidad de Cantabria

- Identificar procedimientos de medida y diseño de campañas de medida óptimas para el diagnóstico de la calidad individual y zonal en un área de distribución acotada a partir de medidas puntuales.
- Analizar la adecuación e idoneidad de la instrumentación de medida de calidad basándose en su clase (A ó B) y en los requerimientos de la norma UNE-EN 61000-4-30.
- Estimar las necesidades de medida de una red de distribución genérica utilizando técnicas de estimación de estados y observabilidad de redes.
- Definir una campaña de medidas para obtener un mapa con la distribución de las perturbaciones en la red de distribución.
- Análisis transitorio de la propagación de perturbaciones a través de los dispositivos de la red de distribución con especial énfasis en el estudio de la propagación de los huecos de tensión en transformadores y la influencia del conexionado y de los comportamientos no lineales.
- Estudiar cómo afecta la posible saturación del transformador tras la recuperación de la tensión en la forma del hueco que se propaga aguas abajo (y aguas arriba). Analizar el alcance de dicha propagación sobre un entorno de simulación y validarlo en redes reales.
- Estudiar la influencia de las conexiones del transformador en los transitorios y la viabilidad de aplicar estos resultados a la acotación del origen de la falta en redes reales.
- Desarrollo de metodología para la determinación de los parámetros que definen el comportamiento no lineal del transformador empleando un número reducido de datos de fabricante o de catálogo sobre la corriente de conexión (*inrush current*).

Equipo D. Centro ejecutor: Universidad de Sevilla

- Modificación del planteamiento del problema de optimización de filtros pasivos. Estas modificaciones se refieren tanto a la función objetivo como a las restricciones adicionales utilizadas en el planteamiento del mismo.
- Introducción de las variaciones del punto de operación de los filtros pasivos. Se pretende tener en cuenta las variaciones temporales de las condiciones de la alimentación y de las cargas lineales y no lineales en el diseño de los filtros pasivos.
- Validación del modelo frecuencial de los filtros activos mediante simulación en el dominio del tiempo.
- Mejoras en las técnicas de cálculo de la señal de referencia de los filtros activos. En concreto se pretende analizar la influencia de la sustitución de los filtros paso alto calculados en el dominio de la frecuencia por otros de media móvil.
- Dimensionar de forma adecuada en función de las diferentes topologías propuestas en la literatura los componentes (activo y pasivo) del filtro híbrido. Para ello se utilizarán los resultados obtenidos en objetivos anteriores. En particular, la optimización se realizará teniendo presentes las variaciones de carga y condiciones de alimentación y el modelo frecuencial del filtro activo.

Interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos

La interacción entre objetivos y actividades queda reflejada en la organización de actividades del apartado 4.- Metodología y plan de trabajo de esta memoria, pues todas las actividades generales se han desglosado en tareas a realizar en el marco de cada subproyecto.

Mecanismos de coordinación previstos.

1.- Se realizará un seguimiento y revisión por parte del coordinador de cada subproyecto, del plan de trabajo del propio subproyecto. Se documentará cada subproyecto trimestralmente y se presentarán los objetivos conseguidos y los puntos fuertes y débiles del propio trabajo a todos los miembros que conforman el equipo correspondiente.

2.- Se plantean a lo largo de la ejecución del proyecto cuatro reuniones generales, con todos los miembros de los diferentes equipos presentes, para ver el grado de consecución de objetivos, características de equipos medida adquiridos, planteamiento de nuevas estrategias. En este sentido, el equipo de investigación de la Universidad de Sevilla, dado su

lejanía geográfica con respecto a los otros centros ejecutores, participará a estas reuniones de forma telemática (audio y/o video conferencia).

3.- Se utilizará el correo electrónico, teléfono, página web, videoconferencia, etc., para todos aquellos aspectos relativos al proyecto que es preciso solucionar a corto plazo.

4.- Se plantearán reuniones específicas con los representantes de las Empresas Promotoras y Observadora (EPOs) por parte de los diferentes coordinadores de los subproyectos.

5.- Para la compartición de datos se propone usar un servidor de datos específico para registros de la calidad de la onda. La Universidad de Cantabria dispone de una plataforma denominada BSCW que está especialmente indicada para la gestión y coordinación de proyectos.

6.- Se analizará la posibilidad de usar el mismo entorno de simulación en los cuatro equipos (no es imprescindible).

7.- Está prevista la generación de publicaciones conjuntas de las colaboraciones.

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO (en el caso de proyectos coordinados deberá abarcar a todos los subproyectos)

Se debe **detallar y justificar con precisión la metodología y el plan de trabajo** que se propone y debe exponerse la planificación temporal de las actividades, incluyendo cronograma (se adjunta un posible modelo a título meramente orientativo).

- ◆ El plan de trabajo debe desglosarse en actividades o tareas, fijando los hitos que se prevé alcanzar en cada una de ellas. En los proyectos que empleen el Hespérides o se desarrollen en la zona antártica, deberán también incluir el plan de campaña en su correspondiente impreso normalizado.
- ◆ En cada una de las tareas debe indicarse el centro ejecutor y las personas (ver apartados 2.1, 2.2 y 2.3 del formulario de solicitud) involucradas en la misma. Si en el proyecto participan investigadores de otras entidades no relacionados en el apartado 2.3 del formulario de solicitud, deberán exponerse los méritos científicos que avalan su participación en el proyecto.
- ◆ Si solicita ayuda para personal contratado justifique claramente su necesidad y las tareas que vaya a desarrollar.

La adecuación de la metodología, diseño de la investigación y plan de trabajo en relación con los objetivos del proyecto se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la convocatoria*).

Metodología y plan de trabajo general.

Los datos obtenidos mediante medida, análisis y ensayo de máquinas, equipos e instalaciones industriales, (una parte de los cuales ya se tienen después de la realización del proyecto DPI2002-04416), convenientemente integrados han de permitir relacionar las causas y el origen de las perturbaciones con los efectos que provocan. Para conseguirlo, se tiene previsto seguir el siguiente procedimiento que se establece como plan de trabajo general:

Actividad general 0: Recopilación bibliográfica. Se localizará y estructurará, en aquellos apartados de que no se disponga, información sobre los orígenes, el por qué, de cada una de las perturbaciones a estudiar, los métodos de medida, normativa existente, hasta el momento, sobre medición y emisión, agentes perturbadores y métodos de limitación. Puesto que el estudio de estas perturbaciones, en todas sus vertientes, se está llevando a cabo a nivel mundial por distintos investigadores, que presentan sus conclusiones en artículos publicados en revistas especializadas, se tratará de conseguir toda la información que tenga que ver con la evolución reciente de las investigaciones en este campo.

Si bien las tareas desarrolladas en los últimos años por los cuatro equipos investigadores, tanto en el desarrollo de otros proyectos como en la dirección/realización de tesis doctorales, hace que se cuente ya de por sí con una importante recopilación bibliográfica sobre calidad de onda y, sobre todo, en los temas particulares de su interés; en buena lógica su ejecución debe comenzar con la puesta al día, en torno a los últimos avances en esta materia que, por otra parte, se encuentra en continua evolución. Esta actualización de la bibliografía, que desarrollarán los diferentes equipos, será más intensiva en los aspectos concretos del subproyecto que cada equipo ha de llevar adelante.

Este punto "0", como se ha indicado anteriormente, lo llevarán a cabo todos los miembros de los cuatro equipos coordinadamente y durante toda la duración del proyecto y, utilizando las potencialidades de la red, distribuirán la información entre todos los miembros del grupo.

Equipos participantes: **Equipos A, B, C y D de forma coordinada.**

Actividad general 1: Medida de perturbaciones. Se continuarán realizando medidas de las perturbaciones a estudiar (armónicos, flicker y huecos de tensión, etc), en el punto de conexión común (PCC) de plantas industriales, puntos interiores, zonas residenciales y puntos específicos de las redes de distribución de interés correspondientes a la zona de influencia, comunidad autónoma y zonas limítrofes, de cada uno de los equipos investigadores.

Equipos participantes: Esta actividad general la desarrollarán, durante dos años, todos los grupos en su zona de influencia o más próxima: **Equipo A en Galicia, Equipo B en Asturias, equipo C en Cantabria y Equipo D en Andalucía, trabajando de forma coordinada.**

Actividad general 2: Relación causa-perturbación. A partir de la información relativa a las causas de las perturbaciones que se estudiarán, obtenida tanto de las empresas suministradoras, como de los responsables de las instalaciones industriales de las factorías y demás consumidores, cotejada con las perturbaciones medidas y registradas, se obtendrán conclusiones sobre las relaciones concretas causa-perturbación emitida.

Equipos participantes: **Equipos A, B y C coordinadamente.**

Actividad general 3: Efectos de las perturbaciones. Con la información que se obtendrá, por medida y ensayos de los equipos en los Laboratorios de Compatibilidad Electromagnética de que dispone el grupo investigador, se pretende conocer tanto en el nivel de calidad de la energía eléctrica, como los efectos que ocasionan las perturbaciones en las propias instalaciones y equipos (motores eléctricos, convertidores y otros dispositivos).

Equipos participantes: Se trabajará coordinadamente con la siguiente distribución de equipos:

- Efectos de los armónicos sobre máquinas rotativas. Se incluyen entre estos los efectos las vibraciones (**Equipo A**)
- Efectos de perturbaciones sobre convertidores y dispositivos de control (**Equipo B**)
- Efectos de los huecos de tensión sobre las instalaciones industriales de B.T. (**Equipo C**)
- Efectos de los armónicos sobre las instalaciones industriales de B.T. (**Equipo C**)
- Efectos del flicker sobre diferentes dispositivos y sistemas (**Equipo A**).
- Efectos de los huecos de tensión (**Equipos B**)

Actividad general 4: Transmisión de perturbaciones. Se pretenden profundizar y establecer consideraciones sobre la transmisión de armónicos, flicker y huecos de tensión a través de las instalaciones y redes, para ello:

4.1- Se medirán y registrarán, de forma simultánea, armónicos, fluctuaciones de tensión "efecto flicker" y huecos de tensión en diferentes puntos de las instalaciones interiores de un buen número de plantas industriales, en la red de distribución y en otras instalaciones.

4.2.- Se elaborarán modelos y se realizarán programas de análisis de redes contaminadas que permitan obtener resultados de la simulación mediante ordenador.

4.3.- Las medidas obtenidas permitirán validar, estableciendo los correspondientes márgenes de error, los resultados de simulación y establecer consideraciones acerca de las hipótesis de partida y el tiempo de cálculo.

4.4.- Una vez contrastada la bondad de los modelos y resultados de simulación, se realizarán análisis para estudiar un mayor número de casos.

Para desarrollar el punto 4.1, en cuanto a medida se refiere, se precisará utilizar, al menos, dos de los 4 equipos de medida

Equipos participantes. Se trabajará coordinadamente con la siguiente distribución de los equipos:

- Transmisión de los armónicos: **Equipo C.**
- Transmisión de flicker: **Equipo A.**
- Transmisión de los huecos de tensión: **Equipo C**

Actividad general 5: Medidas mitigadoras y de insensibilización. Se realizará un plan de medidas mitigadoras de emisión de armónicos y huecos de tensión y otro de medidas de insensibilización y corrección, valorando su eficacia y su coste. Se dedicará especial atención al filtrado de armónicos.

Equipos participantes: **Equipos B y D.**

Actividad general 6: Integración de la información. La diversidad de fuentes a utilizar, especialmente en las medidas de campo, pero también en las de laboratorio, así como el volumen de información a manejar nos obligan a tener que utilizar un almacenamiento racional mediante bases de datos informatizadas, asimismo, dado que no es técnicamente posible considerar todas las variables que intervienen, el tratamiento y correlación de datos se debe realizar utilizando herramientas estadísticas.

Equipos participantes: **Equipos A, B, C y D de forma coordinada.**

Actividad general 7: Análisis económico de la mala calidad de onda. Resulta conveniente establecer un método de evaluación económica de la calidad de la onda de tensión para determinar, sistemáticamente y de la manera más objetiva posible, los costes que causan niveles excesivos de perturbaciones.

El objetivo principal de los estudios de impacto económico de la calidad de onda sería la obtención de curvas de costes para distintos tipos de clientes, ante diferentes perturbaciones y para distintos niveles de las mismas.

La evaluación económica de la mala calidad de onda, se asienta en tres pilares fundamentales:

- 1.- Recogida de la información
- 2.- Análisis conjunto de la información
- 3.- Obtención de las curvas de costes.

Equipos participantes: **Equipo A.**

Actividad general 8: Memoria. Se establecerán las correspondientes conclusiones y cada equipo elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

Equipos participantes: **Equipos A, B, C y D de forma coordinada.**

Actividad general 9: Difusión de los resultados del proyecto. Las tareas relacionadas con la difusión de los resultados del proyecto, se pueden clasificar en:

- Preparación de libros o capítulos de libro sobre calidad de onda donde aparezcan aspectos generales de la investigación.
- Preparación de artículos sobre calidad de onda para publicar en revistas donde aparezcan aspectos concretos de la investigación.
- Presentación de las conclusiones en congresos o conferencias nacionales e internacionales. Lo que incluirá tanto la elaboración de las correspondientes ponencias como su defensa en el evento.
 - Utilización de la página Web para difundir toda aquella información que, convenientemente tamizada, pueda ser del interés general.
 - Organización de cursos, congresos, conferencias, jornadas y reuniones científicas donde se podrán transmitir e intercambiar experiencias entre los diferentes equipos, nacionales e internacionales, que investiguen sobre la calidad de potencia. En este sentido, se continuará con la organización de: "International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO)", "Reunión de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica (RGIE)" y las ediciones españolas de la: "Spanish Portuguese Conference on Electrical Engineering (SPCEE)".
 - Transferencia de los resultados a las empresas que avalaron la solicitud del proyecto (EPOs).

Se considera que el método y plan de trabajo que se propone llevar adelante mediante este proyecto coordinado, abre grandes posibilidades para el estudio y concienciación del efecto que ejercen muchas de las variables involucradas en el análisis de perturbaciones, y aunque resulta ímprobo abarcar el análisis de todas las variables que puedan influenciar o ser influenciadas por cada una de las perturbaciones, se estudiarán la mayoría.

Planes de trabajo distribuido por equipos y personas

Establecido un plan de trabajo considerado general para las diferentes perturbaciones a estudiar, así como una buena parte de la metodología a seguir, se presenta, en los apartados siguientes, los planes de trabajo de cada uno de los equipos, distribuyendo ya las tareas entre los distintos miembros de los mismos.

Equipo A.

Centro ejecutor: Universidad de Vigo.

Recursos humanos.- Para llevar a buen término el presente subproyecto que forma parte de un nuevo proyecto coordinado en el campo de la calidad de la onda de tensión, se ha conformado en la Universidad de Vigo un equipo de personas multidisciplinar que, teniendo en cuenta las características específicas de sus miembros, consideramos que es el más idóneo para la consecución de los objetivos previstos. Así para abordar las tareas relativas al estudio y análisis de las vibraciones, tan directamente relacionadas con la mala calidad de la onda, se ha incorporado al Prof. Dr. Gustavo Pelaez Lourido, cuya experiencia en el tema será de una ayuda inestimable. Para tratar todos los aspectos económicos relacionados directamente con la mala calidad de la onda, se ha incorporado al Prof. Dr. Juan Pardo Frojan cuya experiencia y aportación al proyecto será, sin ninguna duda, muy valiosa. La visión empresarial e industrial de la calidad de onda nos la proporcionará sin duda la aportación de José Manuel Rodríguez Iglesias, profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo que trabaja a tiempo parcial como Ingeniero Industrial de una empresa y que ya ha colaborado en otros proyectos desarrollados en el campo de la calidad de onda.

Como personal externo, se ha incorporado a una persona muy relacionada con los temas energéticos, Prof. Dra. Debora Coll Mayor, que ejerce su actividad docente en la Universidad de las Islas Baleares y que realizó su tesis doctoral en Alemania en el campo energético; lo cual, conjuntamente con su dominio del alemán que supone un valor añadido al transferir al grupo información traducida de la citada lengua, supondrá una aportación valiosa al proyecto. El Prof. del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Instituto Politécnico de Leiria (Portugal), Filipe Tadeo Oliveira, realizó su Proyecto Final de Carrera en la Universidad de Vigo, dentro del programa Erasmus y bajo la dirección del Prof. Dr. Manuel Pérez Donsión, encuadrado en el estudio, medida y análisis la calidad de onda de los parques eólicos y, actualmente, fue aceptado como alumno del programa de doctorado del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo y el cual, a pesar de su juventud, tiene un buen conocimiento de la calidad de onda y de las herramientas, tanto de medida como informáticas, para abordar su estudio con garantías de éxito.

Finalmente, como coordinador de este equipo multidisciplinar y coordinador general del proyecto de investigación, se encuentra el Prof. Dr. Manuel Pérez Donsión, Catedrático del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo, director de cinco tesis doctorales, de las cuales tres fueron realizadas en el campo de la calidad de onda. Miembro del Subcomité Español (CENELEC) de Compatibilidad Electromagnética (AEN/CTN 208 G.T. 77-210) e investigador principal de un buen número de proyectos de investigación, financiados tanto a nivel de las instituciones públicas como privadas, en el campo de la calidad de la onda de tensión.

Justificación de la necesidad del técnico a contratar.

El contratar un técnico que colabore durante un año y medio, además de suponer una necesidad y ayuda inestimable en el momento que adquiera las técnicas necesarias inherentes a una parte de las diferentes fases del proyecto, resulta extraordinariamente formativa ya que adquiere conocimientos acerca del funcionamiento de los aparatos de medida, de las técnicas y condiciones de medida en parques eólicos, redes de distribución e instalaciones industriales, puntos concretos adecuados para la ubicación de los aparatos (zonas de baja influencia electromagnética), forma de conexión, tipos de sondas a utilizar y, especialmente, en todos los montajes que será preciso realizar en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética.

Tareas. Se describen a continuación las diferentes tareas que se propone realizar el equipo A con indicación expresa de la persona, o personas, más directamente vinculada(s) a cada una de ellas.

Tarea 0A: Búsqueda, estructuración y difusión de la información. Se corresponde con la actividad general "0" y la llevarán a cabo, todos los miembros de los cuatro equipos coordinadamente y durante toda la duración del proyecto y, utilizando las potencialidades de la red, distribuirán la información entre todos los miembros del grupo. En lo que respecta al equipo de investigación de la Universidad de Vigo (Equipo A), intensificarán la búsqueda en los aspectos concretos del subproyecto que han de desarrollar.

Personal asignado: Aunque colaborarán todos los integrantes del equipo en esta actividad que, en la realidad, no tiene finalización, la personas responsables serán: Debora Coll Mayor, Filipe T. Oliveira y José Manuel Rodríguez Iglesias.

Tarea 1A: Medida de las perturbaciones a estudiar . Se corresponde con la actividad general "1". La desarrollaran, durante dos años, todos los equipos en su zona. La zona correspondiente a la Comunidad Autónoma de Galicia, le corresponde al Equipo A.

Personal asignado. Las personas que trabajarán más intensamente en esta actividad serán: Manuel Pérez Donsión, Filipe T. Oliveira, José Manuel Rodríguez Iglesias y técnico a contratar

Tarea 1APE.- Medidas de armónicos, flicker y huecos de tensión en parques eólicos. Para desarrollar esta tarea se continuará utilizando, por sus excepcionales características de parque experimental dotado de aerogeneradores con diferentes tecnologías, el Parque Eólico Experimental de Sotavento (propiedad de la Xunta de Galicia), aunque se pretende extender también a otros parques eólicos, tratando de profundizar en el estudio de la incidencia del funcionamiento de los parques eólicos en la calidad de onda de la red.

Se procederá a medir armónicos, flicker y huecos de tensión en el Parque Experimental de Sotavento, a la vez que se miden otras magnitudes involucradas en la fluctuación de la potencia cedida por un aerogenerador.

PROCEDIMIENTO.- Una vez que se conocen datos como velocidades de viento y potencias activas generadas que se registran en el propio parque, potencias de cortocircuito en el punto de conexión común, tipo y nivel de perturbación global del parque y tipo y nivel de perturbación particular de cada aerogenerador, se relacionaran, en la medida de lo posible, las distintas interdependencias de las variables mencionadas anteriormente.

Esta tarea exigirá un cuidadoso diseño de la campaña de medidas, y la realización de manera que proporcione datos de variaciones diarias, semanales, e incluso se puede prolongar la campaña de medidas a lo largo de un año con el fin de observar el efecto de la estacionalidad en las perturbaciones provenientes de parques eólicos.

Personal asignado. Las personas asignadas directamente a esta actividad son: Manuel Pérez Donsión, Filipe T. Oliveira y técnico a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: El contratar un técnico que colabore durante la duración de las tareas del proyecto, 1A y 1APE , además de suponer una ayuda en el momento que adquiera la técnica necesaria, resulta extraordinariamente formativa ya que adquiere conocimientos del funcionamiento de los propios aparatos de medida, de las técnicas y condiciones de medida en parques eólicos, redes de distribución, instalaciones industriales, puntos concretos adecuados para la ubicación de los aparatos (zonas de baja influencia electromagnética), forma de conexión, tipos de sondas a utilizar, etc.

Tarea 2A: Conclusiones sobre las relaciones concretas causa-perturbación emitida. Se corresponde con la actividad general "2".

Personal asignado. Por el equipo A la persona que trabajará más intensamente en esta tarea será Manuel Pérez Donsión.

Tarea 3A: Efectos que ocasionan las perturbaciones. Se corresponde con la actividad general 3.

Tarea 3.1A.- Estudio de los efectos de los armónicos e interarmónicos sobre los motores de inducción.

Tarea 3.1.1A Estudio del incremento de pérdidas. Medida de las pérdidas debidas a los armónicos e interarmónicos en motores de inducción de distintas potencias, cuando estos se alimentan mediante una fuente de potencia con forma de onda programable y en distintas situaciones de carga. Se le añaden componentes armónicas e interarmónicas a la fundamental, teniendo en cuenta los valores indicados en las normas y los valores medidos.

PROCEDIMIENTO.- Para la medida de las pérdidas se necesita un sistema de medida basado en PC con una tarjeta de adquisición de datos de gran precisión o bien un equipo comercial adecuado. La realización de las pruebas en carga, exigen un freno con un sistema de control de par.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y técnico a contratar.

Tarea 3.1.2A.- Estudio sobre la pérdida de vida útil: Utilizando motores preparados para este fin, se va a estudiar el efecto que produce la presencia de armónicos en la tensión de alimentación del motor sobre la temperatura de funcionamiento y con toda la información obtenida se pueden extraer conclusiones sobre su efecto en la vida útil de los mismos. Para la medida del calentamiento se necesitará una cámara termográfica ya que los clásicos termopares serían inviables para realizar medidas a gran escala.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, Gerardo Pelaez Lourido y técnico a contratar.

Tarea 3.1.3A.- Vibraciones: Se estudiarán en profundidad las vibraciones ocasionadas por los armónicos, especialmente los armónicos de orden 5º y sus múltiplos que provocarán, de acuerdo con la teoría ampliamente conocida, pares antagonistas. Se analizarán los modos naturales de vibración de estos motores y se tratará, realizando un modelo a escala, de ver su influencia en los generadores de las centrales eléctricas. Se utilizará para ello un equipo de cuatro canales a adquirir con un software específico para la medida y análisis de vibraciones

Personal asignado: Gerardo Pelaez Lourido y técnico a contratar.

Tarea 3.3A. Efecto del flicker sobre diferentes dispositivos: Con ayuda de una fuente generadora de perturbaciones existente en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética, se generarán fluctuaciones de tensión que se aplicarán a lámparas, equipos de regulación de velocidad, ordenadores y motores de inducción, con el fin de comprobar sus efectos, así como la inmunidad que estos equipos tienen con relación a las fluctuaciones de tensión y, en consecuencia, al flicker que originan. Esta actividad sería continuación de la desarrollada durante la ejecución del proyecto

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y técnico a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: El contratar un técnico que colabore en esta fase del proyecto, además de suponer una ayuda en el momento que adquiera los conocimientos técnicos necesarios, resulta extraordinariamente formativa ya que adquiere conocimientos acerca de los aparatos más adecuados a utilizar teniendo en cuenta la precisión requerida, de las técnicas y condiciones de medida en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética, montajes y formas de conexión a realizar, etc.

Tarea 4AF: Transmisión de las fluctuaciones de tensión y "flicker". (Se corresponde con la actividad general 4 para el caso particular de flicker). Se pretenden establecer consideraciones sobre la transmisión de fluctuaciones de tensión ("efecto flicker") a través de las instalaciones y redes, para ello:

Tarea 4.1A. Perfeccionamiento del modelo de medidor. Se tratará de perfeccionar el modelo de medidor de flicker desarrollado por el equipo de investigación. Estudio en MATLAB, PSCAD y otros. Asimismo, se realizará un estudio comparativo entre las principales herramientas de software utilizadas (Matlab y PSCAD y otros) y se analizará la posibilidad de intercambiar modelos. Se definirán los filtros que han de considerarse en el modelado del medidor de flicker, definiendo tanto sus coeficientes analógicos como digitales. Se presentará también un estudio (temporal y en frecuencia) de la evolución de la perturbación a través del flickérmetro hasta la consecución de la "sensación instantánea de flicker", "IFL". Se analizarán los resultados de las medidas realizadas, especialmente en industrias siderúrgicas, tratando de estudiar como se transmiten las fluctuaciones de tensión por las redes y como estas repercuten en el punto de interconexión (subestación transformadora). Las medidas, se realizarán simultáneamente en la subestación y en el punto de conexión común de la planta seleccionada, lo cual permitirá establecer la relación existente entre las dos medidas y dará idea de que como se realiza la transmisión.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y Debora Coll Mayor.

Tarea 4.2A. Modelado de la red eléctrica. Se procederá a reproducir, de la forma más precisa posible, la parte de la red eléctrica involucrada en la transmisión, utilizando para ello datos reales de líneas, transformadores y consumos a la vez que se procederá a modelar, como equivalentes Thevenin con potencias de cortocircuito reales y/o aproximadas, las aportaciones energéticas al sistema. Se elaborarán también modelos en los que se tengan en cuenta cargas de tipo convertidor y se realizarán programas de análisis de redes contaminadas que permitan obtener resultados de la simulación mediante ordenador.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y Debora Coll Mayor.

Tarea 4.3A. Validación de los modelos. Con la finalidad de validar los modelos desarrollados se compararán los resultados obtenidos por los mismos con los medidos en la realidad, y se comprobada la validez de los estudios. Para determinar las dependencias entre distintos parámetros eléctricos involucrados, se plantearán y analizarán distintos casos posibles de variaciones en las condiciones del sistema.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y Debora Coll Mayor.

Tarea 4.4A. Influencia de los parámetros. Se procederá a analizar ciertas dependencias e influencias y sensibilidades de los parámetros de algunos elementos de la red con respecto al flicker.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y Debora Coll Mayor.

Tarea 4.5A. Análisis de la influencia de las potencias de cortocircuito. Se presentará y analizará el caso de un consumo constante alimentado por dos sistemas eléctricos con potencias de cortocircuito diferentes, y a su vez esta diferencia se hará variable, a la vez que se variará también la posición relativa de la carga con respecto a los dos sistemas que la alimentan. Esta implantación requerirá de los correspondientes estudios de flujo de cargas para la optima modelización de la red en todas y cada una de las distintas situaciones que se pretende considerar.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión y Debora Coll Mayor.

Tarea 5A: Medidas mitigadoras y de insensibilización. Se realizará un plan de medidas mitigadoras de emisión de las fluctuaciones de tensión "efecto flicker", valorando su eficacia y su coste

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, José Manuel Rodríguez Iglesias y Juan Pardo Frojan.

Tarea 5APE.- Análisis de flicker en parques eólicos: Con los datos reales obtenidos de la realización de medidas de flicker en los parques eólicos, especialmente en el de Sotavento, se propone la realización de una serie de modelos eléctricos que reproduzcan las condiciones reales de funcionamiento. Se buscan modelos en detalle de un generador eólico que considere la influencia de la velocidad del viento, así como modelos de parques eólicos donde lo importante sea no tanto cada generador individual como el comportamiento conjunto del sistema. Dependiendo de los resultados sería posible la modelización, en cuanto a flicker se refiere, de un "generador eólico equivalente" que simule el comportamiento real de un parque.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, Filipe T. Oliveira y Debora Coll Mayor.

Tarea 6A: Integración de la información. Se corresponde con la actividad general 6, que han de realizar de forma coordinada los cuatro equipos de investigación.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, Gustavo Pelaez Lourido y Juan Pardo Frojan.

Tarea 7A: Análisis económico de la mala calidad de onda. Parece claro que los efectos económicos de la falta de calidad en la onda de tensión son diferentes dependiendo del tipo y nivel de la perturbación de que se trate; por todo ello, en un análisis conjunto de la información, se deben contemplar los siguientes puntos:

- *Establecimiento de la relación entre el tipo de perturbación y producciones a las que afecta, equipos a los que afecta y medidas correctoras e insensibilizadoras utilizadas.*
- *Determinación de la relación entre el tipo de perturbación y los costes ocasionados.*
- *Determinación de la relación entre el nivel de la perturbación y los costes ocasionados.*
- *Determinación de la relación entre costes de las pérdidas ocasionadas en el proceso productivo (valor de la producción no realizada, valor de las materias primas inutilizadas, coste de las horas de trabajo pérdidas, coste indirecto de un mal servicio a clientes) y el coste de las medidas correctoras y de insensibilización.*
- *Evaluación de la relación entre el valor de los equipos averiados y de las pérdidas ocasionadas en el proceso productivo con los costes de las medidas correctoras o de insensibilización que se puedan adoptar.*

Es preciso tener en cuenta que, la evaluación de las pérdidas de producción, ocasionadas principalmente a los usuarios industriales, pueden ser de diferente magnitud dependiendo del proceso productivo que se vea afectado.

Personal asignado: Juan Pardo Frojan.

Tarea 8A Conclusiones e informe final. Se establecerán las correspondientes conclusiones y el equipo A, de forma similar a los tres equipos restantes, elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, Debora Coll Mayor, Gustavo Pelaez Lourido y Juan Pardo Frojan.

Tarea 9A: Difusión de los resultados del proyecto. Las tareas relacionadas con la difusión de los resultados del proyecto, que desarrollará el equipo A, serán las siguientes:

- Preparación de dos artículos sobre calidad de onda para publicar en revistas, a ser posible indexadas, donde aparezcan aspectos concretos de la investigación.
- Presentación de cuatro ponencias en congresos nacionales y otras cuatro en congresos internacionales. Lo cual incluirá tanto la elaboración de los correspondientes ponencias como su defensa en el congreso.
- Continuar con la organización del congreso internacional: "Internacional Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO)", donde se podrán intercambiar experiencias entre los diferentes equipos, nacionales e internacionales, que investiguen sobre energías renovables y calidad de potencia.
- Continuar con la organización de la "Reunión de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica (RGIIE)", donde se podrán intercambiar experiencias entre los diferentes equipos nacionales, que investiguen sobre la calidad de potencia.
- Continuar con la organización bianual de la "Spanish Portuguese Conference on Electrical Engineering (SPCEE)", donde se podrán intercambiar experiencias entre equipos de diferentes nacionalidades y, especialmente, de España y Portugal.

- Transferencia de los resultados a las empresas que avalaron la solicitud del proyecto como EPOs del mismo.

Personal asignado: Manuel Pérez Donsión, Debora Coll Mayor, Filipe T. Oliveira, Gustavo Pelaez Lourido y Juan Pardo Frojan.

EQUIPO B.

Centro ejecutor: Universidad de Oviedo.

Recursos humanos.- La formación y cualificación del personal propio de la Universidad de Oviedo queda reflejada en detalle en los cv adjuntados con la solicitud.

Justificación de la necesidad del técnico a contratar.- Se precisará de un técnico contratado que colaborará con los miembros del equipo investigador entre los meses 13 al 30 para participar en las actividades descritas en la memoria en este periodo. Si bien sus tareas concretas se detallan en cada una de las actividades específicas en las que ha sido incluido, se puede decir en general que su finalidad principal será permitir que el personal investigador se centre en los aspectos más técnicos y científicos del proyecto al asumir gran parte de la carga de trabajo más mecánica (mediciones, puestas en marcha, programación, etc). Una de sus principales responsabilidades será la implementación de la herramienta de diseño de filtros de banda ancha. Para poder desempeñar esta labor de forma adecuada, antes colaborará con el resto de los miembros del grupo en dos actividades previas, implicándose así a fondo en lo que constituye la fase de desarrollo del producto. Debe señalarse también, que se considera que la participación de esta persona en el proyecto tiene todos los condicionantes para que suponga para ella un notable enriquecimiento formativo, debido a la naturaleza de las actividades en que se va a ver involucrada. En concreto, tras los 18 meses que durará su contrato con el Grupo de Investigación, será capaz de manejar un buen número de equipos de medida de carácter altamente especializado, y habrá adquirido una notable formación en el campo de la Calidad de Onda, lo que lo convertirá sin duda en un personal altamente valorado por las empresas del ramo.

Tareas. El método de trabajo que se seguirá a lo largo del periodo de vida de este proyecto de I+D+I, consistirá en la ejecución de las tareas que se describen a continuación. Se han codificado las mismas con el fin de poder posteriormente identificarlas en el diagrama de tiempos. En este sentido se recuerda que 'B' hace referencia al equipo de la Universidad de Oviedo. Por otro lado, dentro de la Actividad General 5, que es con mucho la que requiere una intervención más intensiva de este Grupo de Investigación, se han destacado con el distintivo 'a', a aquellas actividades centradas en los Filtros de Banda Ancha y con el distintivo 'b', aquellas que tienen que ver con los Filtros de Tercer Armónico.

Tarea 0B: *Búsqueda, estructuración y difusión de la información.*

Se corresponde con la Actividad General 0 y la llevarán a cabo, de forma intensiva, todos los miembros de los cuatro grupos coordinadamente (aunque se destaque aquí a las personas que acumularán las principales responsabilidades al respecto dentro del subproyecto), durante prácticamente toda la duración del proyecto. Se hará uso para ello de las potencialidades de la red, garantizando en todo momento la distribución de la información entre todos los miembros del grupo. En lo que respecta al equipo de investigación de la Universidad de Oviedo (Equipo B), la puesta al día continua en la temática del proyecto se centrará especialmente en los aspectos concretos del subproyecto que ha de desarrollar.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Carlos Hiram Rojas García.

Tarea 1B: *Medida de las perturbaciones a estudiar.*

La campaña de medida de perturbaciones tendrá lugar durante los dos primeros años de vida del proyecto, y es en realidad continuación de la iniciada al amparo del anterior proyecto coordinado de referencia DPI2002-04416-C04. El equipo B (Universidad de Oviedo) extenderá esta campaña por el Principado de Asturias y zonas limítrofes.

La campaña de medidas se intensificará especialmente en instalaciones industriales con altos porcentajes de cargas no lineales por ser éstas las más susceptibles a los problemas de Calidad de Onda, prestándose una especial atención al efecto de los huecos de tensión y generación de polución armónica.

Justificación del personal contratado: La presencia de un técnico contratado a partir del segundo año de vigencia del proyecto, le permitirá colaborar con el equipo de investigación durante la mayor parte de la campaña de medidas. (en concreto durante 12 de los 19 meses previstos para la misma). Tras un rápido proceso de formación previa por parte del Grupo Investigador, se podrá responsabilizar a esta persona de los trabajos de emplazamiento de los medidores, recogida de tarjetas de datos y pretratamiento de los mismos. Resulta este aspecto de interés para el técnico por su formación en el manejo de estos sofisticados equipos, a la vez que descargará al resto de miembros del Grupo Investigador de pesadas tareas de carácter repetitivo (entre ellas los inevitables desplazamientos), permitiendo así a éstos centrarse en los aspectos más científicos del proyecto.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el resto de equipos).

Personal del Grupo Investigador: Carlos Hiram Rojas García, Francisco Pedrayes González, Técnico Contratado.

Tarea 2B: Conclusiones sobre las relaciones causa-perturbación emitida.

Se corresponde con la Actividad General 2 que desempeñarán todos los Grupos involucrados en el proyecto de forma coordinada.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el resto de equipos).

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Carlos Hirám Rojas García.

Tarea 3B: Efecto de los huecos en accionamientos de velocidad variable.

Dentro de la Actividad General 3 que estudia el efecto de las perturbaciones sobre el distinto equipamiento, el Grupo de la Universidad de Oviedo continuará con sus investigaciones sobre el efecto de los huecos de tensión sobre los accionamientos de velocidad variable. Un problema que constituye una de las principales preocupaciones dentro de este campo al ser origen de importantes pérdidas económicas a nivel mundial. Como se puede ver en el cv. de los miembros del subproyecto son numerosas las contribuciones planteadas sobre el tema por este equipo.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, F. Pedrayes González.

Tarea 5B - 1a: Construcción de un modelo de filtro de banda ancha.

Se procederá al modelado del filtro utilizando para ello el software Simulink de MatLab. Este modelo matemático servirá de base con posterioridad a gran parte de los estudios teóricos a efectuar sobre este filtro y que serán después contemplados en otras actividades. Debe tenerse presente que el modelado de los componentes del filtro no resultará sencillo, dado que debe representar con fidelidad todos aquellos efectos parásitos que puedan ser determinantes para su efectividad. Así por ejemplo las bobinas deberán tener en cuenta su variación con el nivel de carga, y las pérdidas de potencia. El equipo investigador cuenta con experiencia demostrable en estas tareas de modelado (Ver publicaciones apartado 6).

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Carlos Hirám Rojas García.

Tarea 5B – 2a: Estudios teóricos sobre el diseño y funcionamiento del Filtro de Banda Ancha.

Mediante el uso del modelo desarrollado en la actividad anterior, se procederá a estudiar en detalle el fenómeno de la desintonización, y las consecuencias que éste puede acarrear para la efectividad del filtro. Esto deberá conducir a la fijación de unos criterios de diseño viables en la elección de los componentes. Se estudiará con especial detalle el funcionamiento a cargas intermedias, teniendo siempre presente que en las aplicaciones reales estos filtros trabajan con mucha frecuencia en un amplio margen de potencias. Se pondrá especial cuidado en que la pérdida de efectividad en el filtrado sea aceptable en todo el margen de funcionamiento. En este punto se realizarán ensayos de laboratorio sobre un pequeño prototipo de 11kW con el que ya a día de hoy cuenta el equipo investigador, fruto de sus trabajos previos.

Esta actividad se realizará de forma coordinada con el Grupo de Investigación de la Universidad de Sevilla. La determinación de los parámetros adecuados para el filtro constituye un problema de optimización complejo que atañe a múltiples variables (minimización de la distorsión total, minimización de la amplificación en la frecuencia de antirresonancia, minimización de pérdidas por efecto Joule, etc.). Este grupo de investigación tiene sobrada experiencia en este tema (véanse sus aportaciones sobre funciones objetivo en el diseño de filtros paralelo), por lo que su aportación a esta actividad será de crucial importancia.

También en base al modelo desarrollado se valorará el funcionamiento del filtro para el caso de presencia de niveles de desequilibrio en la tensión de alimentación. Esto es de especial importancia, dado que algunas de las soluciones pasivas más implantadas en el mercado pierden gran parte de su eficacia de filtrado en esta situación, habitual por otro lado en las instalaciones reales. De igual forma se estudiará la actuación del filtro cuando en la tensión de alimentación están presentes ciertos niveles de distorsión.

Finalmente se determinará cual es el sistema de protecciones más adecuado para la instalación de este dispositivo. Se tendrá en cuenta para ello en especial, el comportamiento transitorio que podrá ser abordado de forma sencilla mediante el modelo desarrollado en la actividad 5B -1a. Deberá contemplarse tanto la protección de los elementos del filtro, como la protección de la instalación y la carga a la que éste alimenta. Se valorará también la posibilidad de disponer de un by-pass de emergencia.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el Grupo de la Univ. Sevilla).

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Carlos Hirám Rojas García.

Tarea 5B – 3a: Diseño de prototipo de Filtro de Banda Ancha.

Se procederá a diseñar un Filtro de Banda Ancha de un nivel de potencia medio-alto (en torno a los 100 kW). En su diseño se tendrán en cuenta las conclusiones alcanzadas en las tareas anteriores. El diseño perseguirá un factor de potencia óptimo, intentando así por tanto no sólo proceder al filtrado de las corrientes sino también conseguir la correcta compensación de la potencia reactiva demandada por la carga. En el diseño se tendrá en cuenta el carácter de plataforma de pruebas y demostrativa que deberá tener esta instalación, permitiendo así una cómoda toma de muestras.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Carlos Hiram Rojas García.

Tarea 5B – 4a: Fabricación y puesta en marcha del prototipo de Filtro de Banda Ancha.

A partir del diseño desarrollado en la actividad anterior, y siguiendo las indicaciones del equipo investigador, el personal puesto por la empresa al servicio del proyecto procederá a la construcción del aparato. Para ello, en el caso de la adquisición de los componentes, estas personas cuentan con el profundo bagaje que en el terreno comercial presenta la empresa que hace el papel de EPO de este subproyecto, dentro del sector eléctrico de nuestro país. Respecto a la fase de fabricación propiamente dicha, esta empresa es líder en nuestro país en la fabricación de diverso equipamiento eléctrico, por lo que su experiencia apunta a fuertes garantías de éxito.

Centro ejecutor: Temper S.A.U. con el asesoramiento del equipo investigador.

Personal del Grupo Investigador: Carlos Hiram Rojas García, Miguel Fernández (TEMPER).

Tarea 5B – 5a: Estudio del funcionamiento del filtro de banda ancha en condiciones reales. Proceso de envejecimiento y determinación de la vida útil.

Se procederá a realizar un seguimiento en el tiempo de los distintos parámetros del filtro. La aparición de sobretensiones transitorias en la red da lugar a perforaciones en el dieléctrico de los condensadores que ocasionan variaciones de su capacidad. Esto produce una progresiva desintonización del sistema, con la consiguiente pérdida de eficacia de filtrado, cuyo seguimiento en el tiempo es necesario estudiar en detalle.

El prototipo permitirá verificar la validez de las conclusiones teóricas alcanzadas en la tarea 5B – 2a relativas al funcionamiento en condiciones reales, tales como presencia de desequilibrios y distorsión en la tensión de alimentación.

Sobre el prototipo se probarán los distintos componentes elegidos de cara a la mejora del diseño. De esta forma, se probarán condensadores con distintos tipos de dieléctrico, de cara a asegurar la elección óptima, atendiendo a los procesos de envejecimiento a los que se ha aludido con anterioridad.

Los estudios anteriores deberán permitir formular una estimación de vida útil para el equipo, dentro del cual se pueda asegurar unos niveles de eficacia de filtrado adecuados.

Dentro de esta actividad se aprovechará la experiencia del grupo investigador de la Universidad de Sevilla participante en este proyecto, en el estudio del efecto del envejecimiento de los componentes en sistemas de filtros pasivos paralelo. La coordinación entre ambos grupos en la realización de esta actividad evitará la duplicidad de tareas.

Justificación del personal contratado: La función que desempeñará el personal contratado dentro de esta actividad se aclara en el punto siguiente para una mejor comprensión.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el Grupo de la Univ. Sevilla).

Personal del Grupo Investigador: Carlos Hiram Rojas García, Francisco Pedrayes González, Técnico Contratado.

Tarea 5B – 6a: Desarrollo de herramienta para el diseño de Filtros de Banda Ancha

En este punto del proyecto se pretende elaborar un programa informático que permita ofrecer una solución de Filtro de Banda Ancha (y de sus protecciones) de forma inmediata y adaptada a las necesidades del usuario.

Debe tenerse presente que el proceso de diseño del filtro es complejo. Al tratarse de una configuración situada parcialmente en serie con la carga, cada nivel de potencia de diseño debe ser, en principio, estudiado a parte pues conduce a valores de los componentes diferentes. Otros dos factores hacen que las opciones de diseño se multipliquen. Por un lado la necesidad de compensar o no reactiva mediante el filtro, modifica los valores óptimos del mismo. Por otro lado, los filtros de mayores potencias deben tomar también como parámetro de diseño la potencia de cortocircuito en el punto de acoplamiento, puesto que en estos casos, la impedancia de la red puede tener una influencia significativa en su comportamiento.

También aquí será esencial la colaboración con el Grupo de la Universidad de Sevilla en la determinación de la función objetivo más adecuada para optimizar el diseño, ya no en aplicación a un caso concreto sino de forma general, de cara a sistematizar el proceso de diseño.

Se espera que este punto de lugar a un programa informático que pueda ser protegido mediante registro, y en su caso adquirido por la empresa EPO de este proyecto.

Justificación del personal contratado: Las actividades 5B – 5a y 5B – 6a precisarán de un técnico de apoyo durante su desarrollo, que tiene lugar entre los meses 16 al 30 dentro de la vida del proyecto (aunque la incorporación del técnico es anterior por la participación en otras actividades). La misión principal de esta persona, será la de permitir que el personal investigador se centre en los aspectos más técnicos y científicos del proyecto, al asumir parte de la carga de trabajo más mecánica. Su función fundamental será precisamente la implementación de la herramienta de diseño de Filtros de Banda Ancha. Para poder desempeñar esta labor de forma adecuada, antes colaborará con los otros miembros del grupo en la actividad 5.B – 5a, implicándose así a fondo en lo que constituye la fase de desarrollo de este producto. Dentro de esta actividad previa, su papel será importante al responsabilizarse de la toma de medidas continua que conlleva el seguimiento del proceso de envejecimiento del filtro.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el Grupo de la Univ. Sevilla).

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Técnico Contratado.

Tarea 5B – 1b: *Construcción de un modelo de Filtro de Tercer Armónico.*

Esta actividad presenta una metodología muy similar a la 5B – 1a, por lo que su ejecución temporal se solapa con ésta. En ella se procederá al modelado del filtro utilizando para ello el software Simulink de MatLab. El modelo será después empleado en las siguientes actividades de este apartado. Los condicionantes de dificultad de modelado son muy similares a los del filtro de banda ancha, por lo que los elementos reactivos que empleará este modelo serán en buena medida extrapolables. Como se señaló en la actividad 5B -1a, el equipo investigador cuenta con experiencia demostrable en estas tareas de modelado (ver publicaciones en el apartado 6 de esta memoria).

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Francisco Pedrayes González.

Tarea 5B – 2b: *Estudios teóricos sobre el diseño y funcionamiento del Filtro de Tercer Armónico.*

Esta actividad presenta una metodología muy similar a la 5B – 2a, por lo que su ejecución temporal se solapa con ésta. Mediante el uso del modelo desarrollado en la actividad anterior, se procederá a estudiar en detalle el fenómeno de la desintonización, y las consecuencias que éste puede acarrear en la efectividad del filtro. Esto deberá conducir a la fijación de unos criterios de diseño viables en la elección de los componentes. De nuevo en este punto se colaborará con el equipo de la Universidad de Sevilla, para determinar la técnica más adecuada para optimizar el diseño del filtro. Se estudiará con especial detalle el funcionamiento a cargas intermedias, teniendo siempre presente que en las aplicaciones reales estos filtros trabajan con mucha frecuencia en un amplio margen de potencias. Se pondrá especial cuidado en que la pérdida de efectividad en el filtrado sea aceptable en todo el margen de funcionamiento.

Al tratarse de equipos monofásicos estos aparatos no son sensibles a la presencia de desequilibrios en la red de alimentación; y al no incluir elementos en paralelo apenas se ven afectados en su funcionamiento por la presencia de niveles de distorsión razonables en la tensión de alimentación. Este aspecto diferencia esta actividad de la homóloga correspondiente a los filtros de banda ancha (5B – 2a).

Se determinará cual es el sistema de protecciones más adecuado para la instalación de este dispositivo. Se tendrá en cuenta para ello en especial, el comportamiento transitorio que podrá ser abordado de forma sencilla mediante el modelo desarrollado en la actividad 5B – 1b. Deberá contemplarse tanto la protección de los elementos del filtro, como la protección de la instalación y la carga a la que este alimenta. Se valorará también la posibilidad de disponer de un by-pass de emergencia.

Finalmente, y de forma también específica para este tipo de filtro, se estudiará el impacto sobre la instalación de BT de la aparición de las tensiones homopolares que introducen estos aparatos. Estudios previos realizados por el grupo investigador, apuntan a que estas tensiones se ven reducidas de forma muy importante en la práctica (debido a la interacción que se establece entre las cargas lineales de la instalación y aquellas alimentadas a través de este tipo de filtros). De esta forma se intentará determinar cuales son los niveles reales de distorsión que pueden aparecer a la salida de estos filtros, lo que puede reducir en buena medida las retenciones que a veces se ofrecen ante su uso, ante el temor de que la carga final pueda no ser compatible con la tensión de salida del filtro. Este último aspecto (que se espera de lugar a próximas publicaciones) algará esta actividad con respecto a su homóloga (5B -2a).

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el Grupo de la Univ. Sevilla).

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Francisco Pedrayes González.

Tarea 5B – 3b: Diseño de prototipo de Filtro de Tercer Armónico.

Se procederá a diseñar un filtro de tercer armónico para un circuito de 16A. En su diseño se tendrán en cuenta las conclusiones alcanzadas en las tareas anteriores. Además se considerará el carácter de prototipo de pruebas y demostrativo que deberá tener el equipo, permitiendo así una cómoda toma de muestras. Esta actividad puede desarrollarse antes de la conclusión de ciertos aspectos de la actividad 5B – 2b, por lo que se intercalará así sobre ésta en el cronograma de cara a no retrasar las pruebas de campo.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo.

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo, Francisco Pedrayes González.

Tarea 5B – 4b: Fabricación y puesta en marcha del prototipo de filtro de tercer armónico.

A partir del diseño desarrollado en la actividad anterior, y siguiendo las indicaciones del equipo investigador, el personal puesto por la empresa al servicio del proyecto procederán a la construcción del aparato. Se procederá a su instalación en un cuadro de iluminación de una planta de fabricación de la empresa Temper S.A.U. (fábrica Crady), EPO del proyecto, de tal forma que exista un circuito homólogo (con el mismo tipo y número de luminarias conectadas) de cara a la realización de estudios comparativos de su desempeño.

Centro ejecutor: Temper S.A.U. con el asesoramiento del equipo investigador.

Personal del Grupo Investigador: Carlos Hiram Rojas García, Miguel Fernández (TEMPER).

Tarea 5B – 5b: Estudio del funcionamiento del filtro de tercer armónico en condiciones reales. Proceso de envejecimiento y determinación de la vida útil.

Se trata de la actividad homóloga a la 5B – 5a, ahora para el caso de los Filtros de Tercer Armónico. Por un lado se valorará de forma comparativa el funcionamiento de ambos sistemas de iluminación (con y sin filtro), no sólo de cara a la efectividad del filtrado, sino también a la variación en la intensidad luminosa y en el consumo eléctrico.

Por otro lado, se procederá a realizar un seguimiento de los distintos parámetros del filtro en el tiempo. Al igual que en el caso del Filtro de Banda Ancha, la aparición de sobretensiones transitorias en el condensador, da lugar a perforaciones en su dieléctrico que ocasionan variaciones de su capacidad. Esto produce una progresiva desintonización del sistema, con la consiguiente pérdida de eficacia de filtrado, cuyo seguimiento en el tiempo es necesario estudiar en detalle (se aprovechará la experiencia del grupo de la Universidad de Sevilla en este aspecto mediante una estrecha colaboración). También aquí el funcionamiento a cargas intermedias merece una atención especial, y las medidas en planta deben servir para contrastar los estudios llevados a cabo en la actividad 5B – 2b.

También en este caso, sobre el prototipo se probarán los distintos componentes elegidos de cara a la mejora del diseño. De esta forma, se probarán condensadores con distintos tipos de dieléctrico, de cara a asegurar la elección óptima, atendiendo a los procesos de envejecimiento. Así, se podrá formular una estimación de vida útil para el equipo, dentro del cual se pueda asegurar unos niveles de eficacia de filtrado adecuados.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el Grupo de la Univ. Sevilla).

Personal del Grupo Investigador: Carlos Hiram Rojas García, Francisco Pedrayes González.

Tarea 6B: Integración de la información.

Se corresponde con la Actividad General 6 que realizarán todos los grupos integrados en el proyecto de forma coordinada.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el resto de equipos).

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, F. Pedrayes González.

Tarea 8B: Conclusiones e informe final.

Se establecerán las correspondientes conclusiones y cada equipo elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo (en coordinación con el resto de equipos).

Personal del Grupo Investigador: José Manuel Cano Rodríguez, Gonzalo Alonso Orcajo.

Tarea 9B – 1: *Difusión de resultados en lo que respecta a los Filtros de Banda Ancha*

Como ya se señaló en el apartado anterior, una de las formas más directas de difundir las conclusiones de este trabajo hacia la industria, será el ceder, mediante acuerdo entre las partes, los derechos de uso de la herramienta registrada desarrollada en la actividad 5B – 6a, y que condensará gran parte de los resultados del proyecto.

Por otro lado, se publicarán los resultados de carácter general (ver apartado 5 de esta memoria) en las más prestigiosas revistas del sector, tanto a nivel científico, como de mercado. En este último caso se hará un especial hincapié en destacar aquellos aspectos en que las soluciones desarrolladas son superiores a las opciones ya implantadas.

En el momento de comienzo de esta actividad, se espera que las empresas involucradas en el proyecto (y en especial el EPO) puedan estar ya en condiciones de comercializar un producto final. Los técnicos de TEMPER S.A.U. introducirán en sus habituales coloquios dirigidos a personal del sector eléctrico, la información más práctica relativa a las distintas soluciones desarrolladas. Esto debe contribuir en buena medida a la implantación de las mismas en el entorno industrial.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo con la participación de TEMPER S.A.U.

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Nacho Lora (TEMPER), Pedro Cabello (TEMPER).

Tarea 9B – 2: *Difusión de resultados en lo que respecta a los Filtros de Tercer Armónico*

Buena parte de las consideraciones expuestas en la actividad 9B - 1 son ahora de aplicación. Los resultados de carácter general, en especial los estudios relativos a la aparición de tensiones homopolares en el sistema, se espera puedan ser publicados en alguna de las más prestigiosas revistas científicas que abordan el tema de la calidad de onda (ver apartado 5). En un plano más práctico se tratará de llegar a publicaciones de carácter divulgativo, haciendo especial hincapié en destacar aquellos aspectos en que esta solución presenta sobre otros métodos de mitigación de *triplens*.

Al igual que en el caso de los Filtros de Banda Ancha, se espera que en el momento de comienzo de esta actividad, las empresas involucradas en el proyecto estén en condiciones de comenzar la comercialización de un producto final. Los técnicos de TEMPER S.A.U. introducirán en sus habituales seminarios dirigidos a personal del sector eléctrico, la información más práctica relativa al mismo, de cara a su correcta difusión.

Centro ejecutor: Equipo de la Universidad de Oviedo con la participación de TEMPER S.A.U.

Personal del Grupo Investigador: Gonzalo Alonso Orcajo, José Manuel Cano Rodríguez, Nacho Lora (TEMPER), Pedro Cabello (TEMPER).

EQUIPO C.

Centro ejecutor: Universidad de Cantabria.

Recursos humanos.- La formación y cualificación del personal propio de la Universidad de Cantabria queda reflejada en detalle en los cv adjuntados con la solicitud.

Justificación de la necesidad del técnico a contratar.

El contratar un técnico que colabore durante un año, además de suponer una necesidad y ayuda inestimable en el momento que adquiera las técnicas necesarias inherentes a una parte de las diferentes fases del proyecto, resulta extraordinariamente formativa ya que adquiere conocimientos acerca de la elaboración de modelos y redes de distribución e instalaciones industriales, así como del funcionamiento de los aparatos de medida, de las técnicas y condiciones de medida, de análisis de medidas, puntos concretos adecuados para la ubicación de los aparatos (zonas de baja influencia electromagnética), forma de conexión, tipos de sondas a utilizar y, especialmente, en todos los montajes que será preciso realizar en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética.

Tareas. Se describen a continuación las diferentes tareas que se propone realizar el equipo C con indicación expresa de la persona, o personas, más directamente vinculada(s) a cada una de ellas.

Tarea 0C: Búsqueda, estructuración y difusión de la información. Se corresponde con la actividad general "0" y la llevarán a cabo, de forma intensiva, todos los miembros de los cuatro grupos coordinadamente y durante toda la duración del proyecto y, utilizando las potencialidades de la red, distribuirán la información entre todos los miembros del grupo. En lo que respecta al equipo de investigación de la Universidad de Cantabria (Equipo C), intensificarán la búsqueda en los aspectos concretos del subproyecto que han de desarrollar.

Personal asignado: Aunque colaborarán todos los integrantes del equipo en esta actividad que, en la realidad, no tiene finalización, las personas responsables serán: Mario Mañana Canteli, Alfredo Ortiz Fernández y persona contratada.

Justificación de la necesidad de personal contratado: El contratar una persona que colabore durante la duración de la actividad del proyecto, además de suponer una ayuda para la adquisición y organización de toda la información bibliográfica que se precisa para el desarrollo del proyecto, resulta formativa, ya que la persona en cuestión adquiere conocimientos de la bibliografía que se requiere, fuentes donde se consigue y, también, del manejo y clasificación de documentos, bien escritos o informatizados.

Tarea 1C: Medida de las perturbaciones a estudiar . Se corresponde con la actividad general "1". La desarrollaran, durante dos años, todos los grupos en su zona. La zona de Cantabria y limítrofes, le corresponde al Equipo C.

La campaña de medidas se intensificará especialmente en los siguientes aspectos:

- a) Medidas de los parámetros que caracterizan la calidad del suministro eléctrico, especialmente armónicos, fluctuaciones de tensión "efecto flicker" y huecos de tensión en instalaciones industriales de la región que cuenten entre sus cargas con un número significativo de accionamientos eléctricos.
- b) Medidas en redes de distribución, localizadas en puntos desde donde se distribuya energía eléctrica a polígonos industriales de la región.

Nuevas necesidades: Instrumentación medida calidad del suministro conforme UNE-EN 61000-4-30.

Personal asignado: María de los A. Cavia Soto, Mario Mañana Canteli, Paulino Sánchez Barrios, Alfredo Ortiz Fernández y Persona a contratar

Justificación de la necesidad de personal contratado: El contratar una persona que colabore durante dos años en las actividades del proyecto, 1C , además de suponer una ayuda a partir del momento que adquiera la técnica necesaria, resulta extraordinariamente formativa ya que adquiere conocimientos del funcionamiento de los propios aparatos de medida, de las técnicas y condiciones de medida, redes de MT y BT, instalaciones industriales, puntos concretos adecuados para la ubicación de los aparatos (zonas de baja influencia electromagnética), forma de conexión, tipos de sondas a utilizar, etc. Sin duda será, por tanto esta persona la más indicada para colaborar con los investigadores en la ejecución de esta tarea.

Tarea 1.1C: Desarrollo de técnicas y metodologías de medida. El objetivo de esta tarea es desarrollar técnicas y metodologías de medida que permitan optimizar el número y ubicación de los equipos de medida de la calidad del suministro eléctrico. Se propone utilizar técnicas de estimación de estados y optimización no lineal.

Nuevas necesidades: Software de simulación de redes que permita realizar flujos de carga y obtener condiciones de funcionamiento.

Personal asignado: María de los A. Cavia Soto, Mario Mañana Canteli, y Alfredo Ortiz Fernández.

Tarea 2C: Conclusiones sobre las relaciones concretas causa-perturbación generada. Se corresponde con la actividad general "2".

Personal asignado: Por el equipo C trabajarán en esta actividad: Paulino Sánchez Barrios, Alfredo Ortiz Fernández, Severiano Pérez Remesal y Mario Mañana Canteli.

Tarea 3C: Efectos que ocasionan las perturbaciones.

Tarea 3.1C: Análisis de los efectos de los huecos sobre las inst. industriales de B.T. El equipo C será el encargado de realizar un análisis minucioso del efecto que tienen los huecos de tensión y las interrupciones breves sobre las instalaciones industriales de Baja Tensión (B.T.)

Personal asignado: Paulino Sánchez Barrios, María de los A. Cavia Soto, Alfredo Ortiz Fernández y Persona a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: Colaborará en las medidas de campo realizadas, así como en el desarrollo del software específico de análisis.

Tarea 3.2C: Análisis de los efectos de los armónicos sobre las inst. industriales de B.T. El equipo C será el encargado de realizar un análisis minucioso del efecto que tienen los armónicos sobre las instalaciones industriales de Baja Tensión (B.T.)

Personal asignado: Alfredo Ortiz Fernández, Severiano Pérez Remesal y Persona a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: Colaborará en las medidas de campo realizadas, así como en el desarrollo del software específico de análisis.

Tarea 4C: Transmisión de perturbaciones. Se pretenden establecer consideraciones sobre la transmisión de armónicos y de los huecos de tensión a través de las redes, (AT, MT y BT), e instalaciones:

Tarea 4.1C: Transmisión de armónicos.

Tarea 4.1.1C: Medida simultánea de armónicos. Se monitorizarán, medirán y registrarán de forma simultánea armónicos en la red eléctrica de AT, MT y BT, el punto de conexión común y en diferentes puntos de las instalaciones interiores de las plantas industriales.

Nuevas necesidades: Sistema de adquisición de datos programable.

Personal asignado: Mario Mañana Canteli, y Persona a contratar

Justificación de la necesidad de personal contratado: Colaborará en las medidas de campo a realizar, así como el desarrollo del software de análisis de las medidas.

Tarea 4.1.2C: Elaboración de modelos de transmisión de armónicos. Se elaborarán modelos y se realizarán programas de análisis que permitan obtener resultados de la simulación mediante ordenador para la transmisión de armónicos.

Nuevas necesidades: Software de simulación de redes que permita realizar flujos de carga y obtener condiciones de funcionamiento.

Personal asignado: Mario Mañana Canteli, F. Delgado S. Román y Persona a contratar

Justificación de la necesidad de personal contratado: participará en la elaboración de los modelos de transmisión de armónicos.

Tarea 4.1.3C: Validación de los modelos de transmisión de armónicos. Las medidas obtenidas en la tarea 4.1.1C permitirán validar, los resultados de simulación y establecer consideraciones acerca de las hipótesis de partida y el tiempo de cálculo.

Personal asignado: Mañana Canteli, F. Delgado S. Román y Persona a contratar

Justificación de la necesidad de personal contratado: colaborará en la validación de los modelos.

Tarea 4.2C: Transmisión de huecos de tensión.

Tarea 4.2.1C: : Medida simultánea de huecos de tensión. Se monitorizarán, medirán y registrarán de forma simultánea huecos de tensión en la red eléctrica de AT, MT y BT, el punto de conexión común y en diferentes puntos de las instalaciones interiores de las plantas industriales.

Nuevas necesidades: Sistema de adquisición de datos programable.

Personal asignado: Alfredo Ortiz Fernández, Severiano Pérez Remesal, Fernando Delgado y persona a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: Colaborará en las medidas de campo a realizar.

Tarea 4.2.2C: Elaboración de modelos de transmisión de huecos de tensión. Se elaborarán modelos y se realizarán programas de análisis que permitan obtener resultados de la simulación mediante ordenador sobre la transmisión de huecos de tensión.

Nuevas necesidades: Software de simulación de redes que permita realizar flujos de carga y obtener condiciones de funcionamiento.

Personal asignado: Alfredo Ortiz Fernández, Severiano Pérez Remesal, Fernando Delgado y persona a contratar.

Tarea 4.2.3C: Validación de los modelos de transmisión de huecos de tensión. Las medidas obtenidas en la tarea 4.2.1C, permitirán validar, los resultados de simulación y establecer consideraciones acerca de las hipótesis de partida y el tiempo de cálculo.

Personal asignado: Alfredo Ortiz Fernández, Severiano Pérez Remesal, Fernando Delgado y persona a contratar..

El equipo C no realiza investigaciones de las encuadradas en la Actividad general 5 del plan de trabajo general

Tarea 6C: Integración de la información. Se corresponde con la actividad general 6, que han de realizar de forma coordinada todos los grupos.

Personal asignado: Todos los miembros nominales del equipo y persona a contratar.

Justificación de la necesidad de personal contratado: Colaborará en la coordinación de los grupos y en la gestión del servidor web de información basado en BSCW.

El equipo C no realiza actividades de las encuadradas en la Actividad general 7 del plan de trabajo general.

Tarea 8C: Conclusiones e informe final. Se establecerán las correspondientes conclusiones y cada equipo elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

Personal asignado: Todos los miembros nominales del equipo y persona a contratar.

Tarea 9C: Difusión de los resultados del proyecto. Dos serán las tareas relacionadas con la difusión de los resultados del proyecto, y que afectarán a dos de los miembros del Grupo de Investigación:

- Presentación de las conclusiones en forma de cuatro ponencias en congresos nacionales y cuatro ponencias en congresos internacionales. Lo que incluirá tanto la elaboración del correspondiente artículo como su defensa en el congreso.
- Facilitación de la herramienta de predicción de los efectos de las perturbaciones en accionamientos a través de la página Web del Grupo de Investigación de la Universidad Cantabria. A tal efecto se elaborará una página propia asociada al proyecto, que permitirá la descarga de la herramienta, así como de las conclusiones más interesantes que se hayan alcanzado en el tema de la mitigación de los efectos de las perturbaciones.
- Preparación de tres artículos sobre calidad de onda para publicar en revistas donde aparezcan aspectos concretos de la investigación.
- Transferencia de los resultados a las empresas que avalaron la solicitud del proyecto.

Personal asignado: Mario Mañana Canteli, Alfredo Ortiz Fernández, María de los A. Cavia Soto y Persona a contratar.

Justificación de necesidad del personal contratado: El personal contratado, se ocupará del diseño de la página Web dedicada al proyecto, así como de su gestión técnica y de contenidos.

EQUIPO D.

Centro ejecutor: Universidad de Sevilla.

Recursos humanos.- La formación y cualificación del personal de la Universidad de Sevilla está reflejada en los currículos adjuntos a la solicitud.

Justificación de la necesidad del técnico a contratar.

Se prevé la contratación de un técnico para ayuda al desarrollo del proyecto y cuya actividad estará centrada principalmente en tres actividades:

- Programación, instalación, seguimiento y volcado de información de los dispositivos de medida de calidad de suministro eléctrico a instalar en instalaciones industriales y red de distribución.
- Trabajo de laboratorio en montajes de potencia y señal.
- Programación y mantenimiento de una página web del grupo de investigación de calidad de onda.

Se entiende que, si bien estas tareas pueden ser realizadas por cualquiera de los investigadores del grupo, esta contratación permitiría al grupo centrarse en aquellos aspectos importantes de las actividades a ejecutar. Además, se entiende que el trabajo a desarrollar es formativo, pues la persona contratada adquiriría interesantes conocimientos acerca del trabajo de campo que se realiza en calidad de onda. Dada la particularidad de las actividades mencionadas y la carga de trabajo prevista, la duración del contrato solicitado es por una duración de dos años y a media jornada.

Tareas. Se describen a continuación las diferentes tareas generales en las que participará todo el grupo de la Universidad de Sevilla con indicación expresa de las personas más directamente involucradas en las mismas.

Tarea 0D: Búsqueda, estructuración y difusión de la información.

Se corresponde con la actividad general "0" y la llevarán a cabo, de forma intensiva, todos los miembros de los cuatro grupos coordinadamente y durante toda la duración del proyecto y, utilizando las potencialidades de la red, distribuirán la información entre todos los miembros del grupo. En lo que respecta al equipo de investigación de la Universidad de Sevilla (Equipo D), intensificarán la búsqueda en los aspectos concretos del subproyecto que han de desarrollar: mitigación de armónicos mediante filtros pasivos, activos e híbridos.

Personal asignado: J.Mª Maza, M. Burgos y P. Cruz.

Tarea 1D: Medida de las perturbaciones

Se corresponde con la actividad general "1". La desarrollaran, durante dos años, todos los grupos en su zona. La zona de Andalucía y limítrofes, le corresponde al Equipo D. Se pretende realizar medidas de calidad de suministro eléctrico en diferentes puntos de la red de distribución. Tal y como se puede comprobar en las cartas de apoyo a este proyecto de I+D+I de las empresas participantes como EPO existe interés en este sentido. No sólo instalaciones industriales con problemas de calidad de suministro (PERSAN y TRH), sino la principal distribuidora de Andalucía (ENDESA DISTRIBUCIÓN S.L.U.), promotores de centrales eléctricas basadas en energías renovables (SERIE SOLAR y NEO ENERGY) e incluso la administración regional (AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA) apoyan la realización de dichas campañas.

Nótese que en total existen seis entidades que han mostrado su apoyo a este proyecto de investigación cuyas cartas se acompañan en la documentación complementaria. Sin embargo, la aplicación informática necesaria para solicitar el mismo restringe el número de entidades a cuatro.

Nuevas necesidades: Instrumentación medida calidad del suministro conforme UNE-EN 61000-4-30.

Personal asignado: M. Burgos, M. Casal y Contratado.

Tarea 5D: Mitigación de armónicos

Dentro de esta actividad el grupo de investigación de la Universidad de Sevilla divide su actividad en tareas relacionadas con filtros pasivos, activos e híbridos. Cada una de estas tareas se divide a su vez en otras más específicas según queda reflejado a continuación. Adicionalmente al trabajo teórico desarrollado se realizará su validación experimental en el laboratorio.

Tarea 5D.1. Filtros pasivos

Tarea 5D.1.1. Mejoras en el planteamiento del problema de optimización.

Las nuevas formulaciones tendrán en cuenta aspectos que no han sido tenidos en consideración hasta la fecha y que se resumen de la siguiente forma:

- Función objetivo. Las referencias [16-17] utilizan como función objetivo la intensidad reactiva y una combinación lineal de tensión e intensidad respectivamente. Pueden utilizarse otras funciones objetivo para proceder al dimensionado de los filtros, como el coste de los mismos.
- Restricciones. Las restricciones que habitualmente se utilizan para resolver este problema se pueden dividir en dos bloques fundamentales: restricciones de resonancia a un determinado armónico y restricciones técnicas. Las primeras son necesarias para encontrar el mínimo global del problema de optimización. Las segundas introducen algún condicionante técnico a la solución, como la compensación global de potencia reactiva requerida. En este sentido, sería interesante introducir en el problema de optimización restricciones acerca del nivel global de compensación requerido (distorsiones de tensión e intensidad por debajo de un límite) y otras referentes al dimensionado de elementos pasivos del filtro [35].

Personal asignado: J.Mª Maza, M. Burgos y J.C. del Pino

Tarea 5D.1.2. Incorporación de nuevas topologías de filtros en los métodos de optimización.

Esta tarea se coordina con la Universidad de Oviedo, en particular con sus Tareas 5B-2a, 5B-5a, 5B-6a, 5B-2b y 5B-6b. El objetivo es introducir en los métodos de optimización propuestos en la Tarea 5D.1.1 las topologías de filtros que estudiará el grupo de investigación de la Universidad de Oviedo: filtro de banda ancha y filtro de tercer armónico. El objetivo final de esta tarea es diseñar un algoritmo de dimensionado eficiente para que sea implementado en las Tareas 5B-4a y 5B-4b de la Universidad de Oviedo. En este algoritmo se debe tener presente no sólo los diferentes criterios de optimización antes comentados, sino también la resolución de problemas de índole práctico como la influencia de la variación de parámetros en las frecuencias de resonancia de los filtros y los parámetros de funcionamiento de los componentes pasivos que conforman el filtro.

Personal asignado: J.Mª Maza, P. Cruz y J.C. del Pino

Tarea 5D.1.3. Introducción de las variaciones temporales de carga.

Las publicaciones existentes de filtros pasivos realizan el dimensionado del filtro considerando un punto de operación dado. Sin embargo, no se tiene presente que en las instalaciones industriales existen variaciones a lo largo del tiempo de todos los parámetros que intervienen en el dimensionado de los filtros (impedancias de carga y red, armónicos de tensión e intensidad, etc.). Se pretende por tanto introducir estas variaciones en el proceso de optimización de los filtros pasivos para, de esta forma, encontrar el filtro óptimo para un perfil de carga dado. Dichos perfiles de carga pueden ser fácilmente obtenidos para cada aplicación concreta a través de campañas de medida de armónicos en puntos de cada instalación industrial concreta.

Personal asignado: P. Cruz, M. Burgos y J.C. del Pino.

Tarea 5D.2. Filtros activos.

Tarea 5D.2.1. Simulación de filtros activos.

El objetivo de esta tarea de simulación es doble. Por una parte se desea validar mediante la simulación en el dominio del tiempo el modelo frecuencial de filtro activo propuesto por este grupo de investigación [36]. En dichas simulaciones se pretende caracterizar la influencia de tanto la etapa de modulación y la frecuencia de conmutación. Por otra parte, se pretende realizar aportaciones a la etapa de cálculo de la señal de referencia. Uno de los métodos de cálculo de la señal de referencia más avanzado es el propuesto en [29]. En dicho método se utiliza el cálculo de los armónicos pasando a unos ejes de referencia síncronos y aplicando un filtro paso bajo formulado en el dominio de la frecuencia. El problema de esta formulación radica en el retraso introducido por este tipo de filtro. En este sentido, se pretende mejorar la respuesta del filtro activo mediante la sustitución de este tipo de filtro por otro de media móvil planteado en el dominio del tiempo.

Personal asignado: P. Cruz, J. Mª Maza y C. Montalvo

Tarea 5D.3. Filtros híbridos.

Tarea 5D.3.1. Optimización de distintas topologías de filtros híbridos.

Se pretende estudiar la etapa de diseño de los filtros híbridos atendiendo tanto a las topologías existentes como a otras novedosas. En cualquier caso las estrategias de diseño que se utilizarán estarán basadas en métodos de optimización que utilizarán herramientas que se han desarrollado en etapas anteriores del proyecto, en particular:

- Modelo frecuencial del filtro activo. En este sentido, el filtro activo podría introducirse en los métodos de optimización desarrollados como una carga no lineal más (modelo de fuente de intensidad dependiente de tensión).
- Métodos de optimización que tengan en cuenta la variación del punto de operación. El objetivo será obtener un filtro de coste mínimo con unas prestaciones (máximas distorsiones de tensión e intensidad) determinadas. De esta forma, la parte pasiva del filtro híbrido estaría encargada de absorber la parte "base" de los requerimientos, mientras que la activa se utilizaría para ir siguiendo las variaciones de la carga.

Personal asignado: J.Mª Maza, C. Montalvo y M. Burgos.

Tarea 5D.4. Validación experimental en el laboratorio.

El objetivo de esta actividad es realizar en el laboratorio un sistema de referencia de validación y ensayo de filtros híbridos. El objetivo es caracterizar el comportamiento real de este tipo de dispositivos ante condiciones de funcionamiento reales en las que se tenga en cuenta:

- Presencia de impedancias de la red.
- Armónicos de tensión en la alimentación.
- Cargas y condiciones de la alimentación variables en el tiempo.

Dentro de esta actividad se contemplan distintas tareas que a continuación se especifican:

Personal asignado: M. Casal, M. Burgos y J.C. del Pino

Nuevas necesidades: Instrumentación de medida de calidad (armónicos) de mano; inversor en fuente de tensión trifásico; sistema de control del filtro activo-híbrido; reactancias y condensadores.

Tarea 5D.4.1. Determinación de las características funcionales

Se pretende evaluar cuáles deben ser las características del sistema de referencia que se desea montar en el laboratorio. Dichas características vienen condicionadas por el equipamiento previo disponible en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla.

Personal asignado: M. Casal, M. Burgos y J.C. del Pino

Tarea 5D.4.2. Montaje de los componentes de potencia y señal

Se desea montar una red de distribución a escala en la que se puedan modificar fácilmente parámetros como la impedancia de red, nivel de distorsión armónica de la tensión de alimentación y punto de funcionamiento de las cargas lineales y no lineales. Esta red de distribución debe dotarse adicionalmente de los transductores de tensión e intensidad necesarios. La información adquirida mediante tarjetas de adquisición de datos se analizará mediante un instrumento virtual diseñado al efecto.

Personal asignado: F. González, P. Cruz y Contratado

Tarea 5D.4.3. Introducción del filtro activo en el sistema de referencia

Una vez montada la red de distribución de referencia, se introducirá en ella un inversor trifásico de tres niveles (desarrollado en los proyectos DPI2001-2367 y ENE2004-06117). Dicho inversor se utilizará como filtro activo para realizar tareas de compensación de potencia reactiva y mitigación de armónicos. Se evaluará el funcionamiento del filtro activo en condiciones de régimen permanente y ante variaciones de carga, impedancia de red y condiciones de la tensión de alimentación.

Personal asignado: P. Cruz, J.Mª Maza y C. Montalvo

Tarea 5D.4.4. Montaje del filtro híbrido

La utilización de los algoritmos de diseño propuestos en tareas anteriores se aplicará para un caso concreto de evolución temporal de las condiciones de la red de alimentación y de las cargas reproducido en el laboratorio. El resultado será el dimensionado óptimo del filtro híbrido para dicho patrón de funcionamiento. Se realizará el montaje de los elementos pasivos del filtro híbrido.

Personal asignado: J.Mª Maza, P. Cruz y F. González

Tarea 5D.4.5. Comparativa de filtrado pasivo, activo e híbrido para un perfil de carga dado.

En esta tarea se pretende evaluar desde un punto de vista técnico-económico las distintas opciones de filtrado disponibles para un perfil de carga dado.

Personal asignado: M. Burgos, J.Mª Maza y P.Cruz

Tarea 6D: Integración de la información

Se corresponde con la actividad general 6, que han de realizar de forma coordinada todos los grupos.

Personal asignado: J.C. del Pino, C. Montalvo y Contratado.

Tarea 8D: Conclusiones e informe final

Se establecerán las correspondientes conclusiones y cada equipo elaborará un informe final que, conjuntamente con los informes parciales necesarios, servirán para confeccionar la memoria final del proyecto.

Personal asignado: J.Mª Maza, P. Cruz y M. Casal.

Tarea 9D: Difusión de los resultados del proyecto

Las tareas relativas a la difusión de resultados se encuentran recogidas en el apartado 5 de la memoria con suficiente detalle. El objetivo de esta tarea es el dar a conocer en diferentes ámbitos (industria, administraciones locales, regionales y/o nacionales, docente universitario de segundo y tercer ciclo, investigación, etc.) las conclusiones de mayor relevancia en los temas de calidad de onda investigados. Para ello se utilizarán diferentes medios de difusión (asistencia a congresos, página web de calidad de onda, reuniones científicas, creación de seminarios, publicación de artículos en revistas, etc.).

Personal asignado: J.Mª Maza, M. Burgos y F. González.

4.1 MODELO DE CRONOGRAMA (ORIENTATIVO)

En este cronograma deben figurar la totalidad del personal investigador incluido en el formulario de solicitud y, en su caso, el personal contratado que se solicite con cargo al proyecto.

Debe subrayarse el nombre de la persona responsable, en cada tarea.

EQUIPO A

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE VIGO

Actividades/Tareas	Centro Ejecutor	Persona responsable y otras involucradas	Primer año (*)	Segundo año (*)	Tercer año (*)
Actividad General 0 Tarea 0A <i>Búsqueda, estructuración y difusión de la información</i>	Univ de Vigo	<u>D. Coll Mayor</u> F. T. Oliveira J. M. Rodríguez	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 1 Tarea 1A <i>Medida de las perturbaciones a estudiar</i>	Univ de Vigo	<u>M. Pérez Donsión</u> Filipe T. Oliveira José M. Rodríguez Personal Contratado	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 1 Tarea 1AP <i>Medida de armónicos, flicker y huecos en parques eólicos</i>	Univ de Vigo	<u>M. Pérez Donsión</u> Filipe T. Oliveira Personal contratado	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 2 Tarea 2A <i>Conclusiones sobre las relaciones causa-perturbación emitida</i>	Univ de Vigo	<u>M. Pérez Donsión</u>	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 3 Tarea 3.1.1A <i>Estudio de los efectos de los armónicos sobre los motores de ind. Estudio del incremento de pérdidas</i>	Univ de Vigo	<u>M. Pérez Donsión</u> Personal contratado	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 3 Tarea 3.1.2A <i>Estudio sobre la pérdida de vida útil</i>	Univ de Vigo	<u>G. Pelaez Lourido</u> M. Pérez Donsión Personal contratado	████████████████████	████████████████████	████████████████████
Actividad General 3 Tarea 3.1.3A <i>Vibraciones</i>	Univ de Vigo	<u>G. Pelaez Lourido</u>	████████████████████	████████████████████	████████████████████

Actividad General 3 Tarea 3.3A <i>Efecto del flicker sobre diferentes dispositivos</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión Personal contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.1A <i>Perfeccionar el modelo de medidor de flicker</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor			
Actividad General 4 Tarea 4.2A <i>Modelado de la red eléctrica</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor			
Actividad General 4 Tarea 4.3A <i>Validación de los modelos</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor			
Actividad General 4 Tarea 4.4A <i>Influencia de los parámetros</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor			
Actividad General 4 Tarea 4.5A <i>Análisis de la influencia de las potencias de cortocircuito</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor			
Actividad General 5 Tarea 5.A <i>Medidas mitigadoras y de insensibilización</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión J.M. Rodríguez J. Pardo Frojan			
Actividad General 5 Tarea 5APE <i>Análisis de flicker en parques eólicos</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión F.T. Oliveira D. Coll Mayor			
Actividad General 6 Tarea 6A <i>Integración de la información</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión G. Pelaez Lourido J. Pardo Frojan			
Actividad General 7 Tarea 7A <i>Análisis económico de la mala calidad de onda</i>	Univ de Vigo	J. Pardo Frojan			
Actividad General 8 Tarea 8A <i>Conclusiones e informe final</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor G. Pelaez Lourido J. Pardo Frojan			
Actividad General 9 Tarea 9A <i>Difusión de los resultados del proyecto</i>	Univ de Vigo	M. Pérez Donsión D. Coll Mayor G. Pelaez Lourido J. Pardo Frojan			

(*) Sombrear el número de casillas (meses) que corresponda

EQUIPO B

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE OVIEDO

[] Entre corchetes aparecen en el apartado 'Persona responsable y otras involucradas', el personal que TEMPER S.A.U. (EPO) pone al servicio del proyecto.

[] Entre corchetes aparecen en el apartado de 'Centro Ejecutor', otras entidades con las que la actividad se realizará en estrecha coordinación.

Actividades/Tareas	Centro Ejecutor	Persona responsable y otras involucradas	Primer año (*)	Segundo año (*)	Tercer año (*)
Actividad General 0 Tarea 0B <i>Búsqueda, estructuración y difusión de la información</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo C.H. Rojas	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX
Actividad General 1 Tarea 1B <i>Medida de las perturbaciones a estudiar</i>	Uni. Oviedo [Resto de Equ.]	<u>C. H. Rojas</u> F. Pedrayes Contratado	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	
Actividad General 2 Tarea 2B <i>Conclusiones sobre las relaciones causa-perturbación emitida</i>	Uni. Oviedo [Resto de Equ.]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano C.H. Rojas			XX
Actividad General 3 Tarea 3B <i>Efecto de los huecos en Accionamientos de Velocidad Variable</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo F. Pedrayes		XXXXXXXXXXXXXXXXXX	
Actividad General 5 Tarea 5B-1ª <i>Construcción de un modelo de filtro de banda ancha (f.b.a.)</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo C.H. Rojas	XXX		
Actividad General 5 Tarea 5B-2ª <i>Estudios teóricos sobre el diseño y funcionamiento del f.b.a.</i>	Uni. Oviedo [Uni. Sevilla]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano C.H. Rojas	XXXX		
Actividad General 5 Tarea 5B-3ª <i>Diseño de prototipo de filtro de banda ancha</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo C.H. Rojas	XX		
Actividad General 5 Tarea 5B-4ª <i>Fabricación y puesta en marcha del prototipo de f.b.a.</i>	Uni. Oviedo [Temper S.A.U.]	<u>C. H. Rojas</u> [Miguel Fernández]	XXX	XXX	
Actividad General 5 Tarea 5B-5ª <i>Estudio del funcionamiento del f.b.a en condiciones reales. Proceso de envejecimiento y determinación de la vida útil.</i>	Uni. Oviedo [Uni. Sevilla]	<u>C. H. Rojas</u> F. Pedrayes Contratado		XXXXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXX

Actividad General 5 Tarea 5B-6ª <i>Desarrollo de herramienta para el diseño de f.b.a.</i>	Uni. Oviedo [Uni. Sevilla]	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo Contratado			
Actividad General 5 Tarea 5B-1b <i>Construcción de un modelo de filtro de tercer armónico (f.t.a)</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo F. Pedrayes			
Actividad General 5 Tarea 5B-2b <i>Estudios teóricos sobre el diseño y funcionamiento del f.t.a.</i>	Uni. Oviedo [Uni. Sevilla]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano F. Pedrayes			
Actividad General 5 Tarea 5B-3b <i>Diseño de prototipo de filtro de tercer armónico</i>	Uni. Oviedo	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo F. Pedrayes			
Actividad General 5 Tarea 5B-4b <i>Fabricación y puesta en marcha del prototipo de f.t.a.</i>	Uni. Oviedo [Temper S.A.U.]	<u>C. H. Rojas</u> [Miguel Fernández]			
Actividad General 5 Tarea 5B-5b <i>Estudio del funcionamiento del f.t.a. en condiciones reales. Proceso de envejecimiento y determinación de la vida útil.</i>	Uni. Oviedo [Uni. Sevilla]	<u>C. H. Rojas</u> F. Pedrayes			
Actividad General 6 Tarea 6B <i>Integración de la información</i>	Uni. Oviedo [Resto de Equi.]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano F. Pedrayes			
Actividad General 8 Tarea 8B <i>Conclusiones e informe final</i>	Uni. Oviedo [Resto de Equi.]	<u>J. M. Cano</u> G. A. Orcajo			
Actividad General 9 Tarea 9B-1 <i>Difusión de resultados en lo que respecta a los f.b.a.</i>	Uni. Oviedo [Temper S.A.U.]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano [Ignacio Lora] [Pedro Cabello]			
Actividad General 9 Tarea 9B-2 <i>Difusión de resultados en lo que respecta a los f.t.a.</i>	Uni. Oviedo [Temper S.A.U.]	<u>G. A. Orcajo</u> J. M. Cano [Ignacio Lora] [Pedro Cabello]			

(*) Sombrear el número de casillas (meses) que corresponda

EQUIPO C

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

[] Entre corchetes aparecen en el apartado de 'Centro Ejecutor', otras entidades con las que la actividad se realizará en estrecha coordinación.

Actividades/Tareas	Centro Ejecutor	Persona responsable y otras involucradas	Primer año (*)	Segundo año (*)	Tercer año (*)
Actividad General 0 Tarea 0C <i>Búsqueda, estructuración y difusión de la información</i>	Univ de Cantabria	M. Mañana Canteli A. Ortiz Fernández P. contratado			
Actividad General 1 Tarea 1C <i>Medida de las perturbaciones a estudiar</i>	Univ Cantabria [Viesgo Distribución] [Robert Bosch]	M. Mañana Canteli María A. Cavia Soto P. Sánchez Barrios A. Ortiz Fernández P. contratado			
Actividad General 1 Tarea 1.1C <i>Desarrollo de técnicas y metodologías de medida</i>	Univ de Cantabria	M. Mañana Canteli A. Ortiz Fernández María A. Cavia Soto			
Actividad General 2 Tarea 2C <i>Conclusiones sobre las relaciones causa-perturbación emitida</i>	Univ de Cantabria	P. Sáchez Barrios M. Mañana Canteli A. Ortiz Fernández S. Pérez Remesal			
Actividad General 3 Tarea 3.1C <i>Análisis de los efectos de los huecos sobre las Inst. Ind. de B.T.</i>	Univ de Cantabria	P. Sánchez Barrios María A. Cavia Soto A. Ortiz Fernández P. contratado			
Actividad General 3 Tarea 3.2C <i>Análisis de los efectos de los armónicos sobre las Inst. Ind. de B.T.</i>	Univ.de Cantabria	A. Ortiz Fernández S. Pérez Remesal P. contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.1.1C <i>Medida simultánea de armónicos</i>	Univ de Cantabria [Viesgo Distribución]	M. Mañana Canteli P. contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.1.2C <i>Elaboración de modelos de transmisión de armónicos</i>	Univ de Cantabria	M. Mañana Canteli F. Delgado S. Román P. contratado			

Actividad General 4 Tarea 4.1.3C <i>Validación de los modelos de transmisión de armónicos</i>	Univ de Cantabria	<u>M. Mañana Canteli</u> F. Delgado S. Román P. contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.2.1C <i>Medida simultánea de huecos de tensión</i>	Univ de Cantabria (Viesgo Distribución)	<u>A. Ortiz Fernández</u> S. Pérez Remesal F. Delgado S. Román P. contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.2.2C <i>Elaboración de modelos de transmisión de huecos</i>	Uuniv de Cantabria	<u>A. Ortiz Fernández</u> S. Pérez Remesal F. Delgado S. Román P. contratado			
Actividad General 4 Tarea 4.2.3C <i>Validación de los modelos de transmisión de huecos de tensión</i>	Univ de Cantabria	<u>A. Ortiz Fernández</u> S. Pérez Remesal F. Delgado S. Román P. contratado			
Actividad General 6 Tarea 6C <i>Integración de la información</i>	Univ de Cantabria	<u>P. Sánchez Barrios</u> María A. Cavia Soto M. Mañana Canteli A. Ortiz Fernández F. Delgado S. Román S. Pérez Remesal P. contratado			
Actividad General 8 Tarea 8C <i>Conclusiones e informe final</i>	Univ de Cantabria	P. Sánchez Barrios <u>María A. Cavia Soto</u> M. Mañana Canteli A. Ortiz Fernández F. Delgado S. Román S. Pérez Remesal P. contratado			
Actividad General 9 Tarea 9C <i>Difusión de los resultados del proyecto</i>	Univ de Cantabria	<u>A. Ortiz Fernández</u> María A. Cavia Soto M. Mañana Canteli P. contratado			

(*) Sombrear el número de casillas (meses) que corresponda

Actividad General 5 Actividad 5D.4 Validación experimental Tarea 5D.4.3. Introducción del filtro activo	Univ. Sevilla	P. Cruz J.Mª Maza C. Montalvo			
Actividad General 5 Actividad 5D.4. Validación experimental Tarea 5D.4.4. Montaje del filtro híbrido	Univ. Sevilla	J.Mª Maza P. Cruz F. González			
Actividad General 5 Actividad 5D.4 Validación experimental Tarea 5D.4.5. Comparativa de distintos filtros	Univ. Sevilla	M. Burgos J.Mª Maza P.Cruz			
Actividad General 6 Tarea 6D <i>Integración de la información</i>	Univ. Sevilla	J.C. del Pino C. Montalvo Contratado			
Actividad General 8 Tarea 8D <i>Conclusiones e informe final</i>	Univ. Sevilla	J.Mª Maza P. Cruz M. Casal			
Actividad General 9 Tarea 9D Difusión de resultados	Univ. Sevilla	J.Mª Maza M. Burgos F. González			

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO, DIFUSIÓN Y EXPLOTACIÓN EN SU CASO DE LOS RESULTADOS (máximo una página)

Deben destacarse, entre otros, los siguientes extremos:

- ◆ Contribuciones científico-técnicas esperables del proyecto, beneficios esperables para el avance del conocimiento y la tecnología y, en su caso, resultados esperables con posibilidad de transferencia ya sea a corto, medio o largo plazo.
- ◆ Adecuación del proyecto a las prioridades de la convocatoria y, en su caso, del Programa Nacional correspondiente.
- ◆ Plan de difusión y, en su caso, de explotación, de los resultados del proyecto, el cual se valorará en el proceso de evaluación de la propuesta (ver apartado Noveno de la convocatoria) y en el de seguimiento del proyecto.

De forma resumida las **contribuciones científico-técnicas** que se pretenden alcanzar, son las siguientes:

5.1 CONTRIBUCIONES CIENTÍFICO TÉCNICAS Y BENEFICIOS ESPERABLES

De acuerdo con los objetivos, las principales aportaciones científicas esperadas son las que se muestran en la siguiente tabla, en la que para cada contribución se destaca al grupo cuya responsabilidad en la misma es más significativa. Los distintos grupos se han codificado de igual forma que en el apartado 4 de esta memoria, esto es: **A:** Universidad de Vigo; **B:** Universidad de Oviedo; **C:** Universidad de Cantabria; **D:** Universidad de Sevilla.

Grupo	Contribuciones científico técnicas	Beneficios
A	Desarrollo de método para la evaluación de los costes asociados a la falta de calidad en la tensión.	Profundización en el conocimiento de los costes reales asociados a la calidad de onda, según el tipo de usuario.
A	Realización de campaña de medidas de perturbaciones en puntos críticos de la red.	Extracción de conclusiones sobre el estado actual de buena parte del sistema eléctrico español, en relación con la presencia de perturbaciones.
A	Estudio del efecto de la circulación de corrientes armónicas e interarmónicas en motores de inducción.	Extracción de conclusiones sobre el efecto de la distorsión en la vida útil, vibraciones y pérdidas en los motores de inducción.
A	Perfeccionamiento de modelo de medidor de flicker desarrollado previamente por el Grupo Investigador.	Introducción de mejoras en la medición de este fenómeno.
B	Desarrollo de soluciones pasivas no convencionales para la mitigación de la polución armónica.	Favorecer la comercialización de productos de bajo coste que aumenten la eficiencia de las instalaciones.
B	Construcción de prototipos de Filtro de Banda Ancha y estudio de su efectividad en condiciones reales.	Contribuir al desarrollo de un producto útil para la mitigación de armónicos en AVV's.
B	Desarrollo de herramienta de diseño de Filtros de Banda Ancha.	Facilitar el uso práctico de este tipo de soluciones que con frecuencia precisan de un diseño ad-hoc.
B	Construcción de prototipos de Filtro de Tercer Armónico y estudio de su efectividad en condiciones reales.	Contribuir al desarrollo de un producto útil para la mitigación de armónicos causados por cargas monof.
B	Estudio del efecto sobre las redes de BT de la aparición de tensiones homopolares causadas por los Filtros de Tercer Armón.	Determinar la conveniencia o no de uso de estas soluciones en presencia de ciertos tipos de cargas.
C	Caracterización de formas de onda de perturbaciones (huecos) basándose en su origen, propagación y condiciones de operación de la red.	Tiempo de diagnóstico mínimo: identificación de causas, origen y dispositivos (protecciones) actuantes por inspección de la forma de onda.
C	Generación de una metodología que permita, definir el número y tipología de puntos de medida óptimos para obtener una representación adecuada del nivel de perturbaciones existentes en una determinada red, con un nivel de certidumbre suficiente.	Minimización coste de monitorización de una red.
C	Desarrollar una guía que sirva para conocer la posibilidad de	Objetividad en la selección de equipos. Criterios de

	utilización de diferentes equipos comerciales de clases A y B en la medida de calidad y monitorización de redes.	selección basándose en objetivos de monitorización.
C	Desarrollo de modelos dinámicos de transformadores basándose en parámetros de fabricante para el análisis de propagación de perturbaciones de corta duración.	Mejores modelos de redes. Ayuda a la determinación del origen de la perturbación y asistencia al diagnóstico.
C	Desarrollo de un modelo general de lámpara para adaptar la norma UNE-EN 61000-4-15 a las diferentes tecnologías actuales.	Mejorar la correlación entre el valor del flicker y el impacto real en las redes.
D	Aportación de mejoras al planteamiento del problema de optimización de sistemas de filtrado pasivo mediante el desarrollo de funciones objetivo y atención a restricciones.	Perfeccionamiento del proceso de diseño de filtros pasivos.
D	Incorporación del perfil de carga como condicionante en el diseño de filtros pasivos.	Mejora del funcionamiento real de los filtros pasivos al considerar el comportamiento particular de la instalación para la que se diseña.
D	Incorporación de los planteamientos relativos a la optimización de filtros a topologías no convencionales en colaboración con la UO.	Contribución al desarrollo de soluciones de filtrado no convenciones.
D	Introducción de mejoras en el cálculo de la señal de referencia de sistemas de filtrado activo.	Contribución al desarrollo de los sistemas de filtrado activo.
D	Optimización de distintas topologías de filtrado híbrido.	Contribución al desarrollo de los sistemas de filtrado híbrido.

5.2 ADECUACIÓN DEL PROYECTO A LAS PRIORIDADES DE LA CONVOCATORIA

La presente solicitud se encuadra dentro del Programa Nacional de la Energía. La primera de las 2 prioridades temáticas que contempla este Programa se refiere al '*desarrollo de formas y usos convencionales de la energía para que sean más eficientes y respetuosos con el medio ambiente*'. Y esta prioridad se concreta entre otros mediante estos dos puntos:

- 1.5 *Eficiencia en el uso final de la energía con la mejora de rendimientos, nuevos equipos de generación-transformación y auxiliares.*
- 1.6 *Transporte de energía. Redes, distribución, saturación, nuevos equipamientos. Mejora de la operación, validación de dispositivos superconductores etc.*

Como queda patente a lo largo del desarrollo de esta memoria, los objetivos finales de este proyecto se adecuan perfectamente a lo señalado en estas líneas de actuación. Así por ejemplo, tanto las soluciones de filtrado pasivo como híbrido que se pretenden desarrollar, están destinados a mejorar la eficiencia energética de las instalaciones (mediante la reducción de las pérdidas por efecto Joule), y a tratar de mejorar la calidad del sistema eléctrico desde la actuación del usuario. La reducción de costes que se persigue en el uso de este tipo de soluciones, habrá de facilitar su implantación a gran escala en la industria, contribuyendo a paliar los efectos negativos que sobre el sistema eléctrico tienen las crecientes cargas no lineales conectadas al mismo. Por otro lado, los estudios sobre monitorización de la red caen también perfectamente dentro de este segundo punto, al tratar sobre la utilización óptima de los nuevos equipos de monitorización que deben hoy en día utilizar estos sistemas para realizar un seguimiento adecuado de su operación.

5.3 DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

El plan de difusión contempla las publicaciones en revistas y congresos, tesis doctorales, participación en proyectos y redes internacionales, colaboración con los EPO, colaboración en programas de difusión organizados por empresas, y formación en las líneas de las aportaciones descritas en 5.1:

- Revistas indexadas (entre otras): IEEE Transactions on Power Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, IEEE Transactions on Energy Conversion, IEE Proceedings on Electric Power Applications, IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution, etc.
- Congresos (entre otros): International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Internacional Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO), International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives (SDEMPED), Power Quality Conference (PQC), etc.
- Formación: Fruto de los trabajos desarrollados en el proyecto DPI2002-04416-C04, ha comenzado la impartición de un curso de verano y una asignatura de libre elección sobre la calidad del servicio eléctrico en la UC que se espera continúe en los

próximos años. Las empresas de distribución reclaman técnicos formados en esta disciplina. En el futuro se podría plantear un programa de doctorado conjunto en esta temática.

- Redes temáticas: Se propone la creación de una red temática en calidad de potencia a nivel nacional y la participación en redes afines a nivel europeo tanto científicas (NoE) como de formación (Leonardo).
- Tesis doctorales: (ver sección 7).
- Revistas nacionales de difusión: Energía, Automática e Instrumentación, etc.
- Firmas de convenios de colaboración: Se prevé que la firma de distintos acuerdos con empresas durante la vigencia del proyecto. Entre ellos destaca el de ENEL Viesgo S.A. con la UC.
- Difusión de resultados hacia fabricantes y comercializadores: El fuerte interés mostrado por algunos de los EPO en el desarrollo de ciertos productos, así como su compromiso de participación activa en el mismo, garantiza en buena medida una inmediata transferencia de resultados hacia el entorno.
- Difusión de los resultados hacia responsables de instalaciones: Una de las aspiraciones del proyecto es fomentar la difusión entre los usuarios de la información necesaria para que éstos puedan tomar decisiones correctas a la hora de enfrentar la necesidad de proceder al filtrado de las corrientes de los equipos no lineales de su instalación. Así se ha planteado la realización de estudios comparativos que de forma clara hagan ver las ventajas e inconvenientes presentados por las nuevas soluciones frente al resto de posibilidades presentes en el mercado. En este sentido la colaboración de la empresa TEMPER S.A.U. (EPO en este proyecto) puede resultar de gran valor. Esta empresa lleva ya más de una década impartiendo periódicamente seminarios entre técnicos e instaladores de las empresas más relevantes de todo el país, relativas a la importancia actual de la Calidad de Onda. En estas charlas se ofrecen apartados relativos a la utilización de soluciones comerciales para abordar los problemas de calidad, y entre ellos, la inyección y filtrado de corrientes armónicas. Dentro de las actividades contempladas en esta memoria, se contempla incluir en estos seminarios la información que, fruto de este proyecto, contribuya a que estos usuarios puedan adoptar la solución más conveniente para su instalación, lo que redundará en la aceptación de las soluciones desarrolladas, contribuyendo así a los objetivos de eficiencia energética previstos en esta convocatoria.

6. HISTORIAL DEL EQUIPO SOLICITANTE EN EL TEMA PROPUESTO (En caso de Proyecto Coordinado, los apartados 6. y 6.1. deberán rellenarse para cada uno de los equipos participantes) (máximo dos páginas)

◆ Indicar las actividades previas del equipo y los logros alcanzados en el tema propuesto:

Si el proyecto es continuación de otro previamente financiado, deben indicarse con claridad los objetivos ya logrados y los resultados alcanzados.

Si el proyecto aborda una nueva temática, deben indicarse los antecedentes y contribuciones previas del equipo, con el fin de justificar su capacidad para llevar a cabo el nuevo proyecto.

Este apartado, junto con el 3, tiene como finalidad determinar la adecuación y capacidad del equipo en el tema (y en consecuencia, la viabilidad de la actividad propuesta).

Equipo A. Centro Ejecutor: Universidad de Vigo

- Medidas de armónicos, flicker y huecos de tensión en parques eólicos. Para desarrollar esta actividad de investigación planteada como objetivo, se utilizó, en principio, en el Parque Eólico Experimental de Sotavento (propiedad de la Xunta de Galicia), aunque luego y para profundizar en el estudio de la incidencia del funcionamiento de los parques eólicos en la calidad de onda de la red, se han realizado diferentes medidas y análisis de resultados en diferentes puntos (Restaurante "Casa Pablo", Bar "Torre", Aserradero "Maderas López y Reyes, S.L.", Vivienda unifamiliar de Jesús Soto) eléctricamente próximos al parque eólico "O Carro". Con datos como velocidades de viento y potencias activas generadas que se registran en el propio parque, potencias de cortocircuito en el punto de conexión común, tipo y nivel de perturbación global del parque y tipo y nivel de perturbación particular de varios aerogeneradores, se han relacionado las distintas interdependencias de las variables mencionadas anteriormente.

- Análisis de flicker en parques eólicos: Con los datos reales obtenidos de la realización de medidas de flicker en el parque eólico de Sotavento, se han realizado una serie de modelos eléctricos que tratan de reproducir las condiciones reales de funcionamiento del parque. Se han realizado modelos en detalle tanto de un generador eólico como del sistema.

- Medidas de armónicos, flicker y huecos de tensión en diversas industrias. Se han realizado diversas campañas monitorizadas de medidas de armónicos e interarmónicos, flicker y huecos de tensión, con una duración mínima por campaña de una semana, en las siguientes industrias: Siderurgia Nacional de Productos Longos, PSA Peugeot Citroën, Lancott, Industrias González, Frujorge, Inasus, Granitos Montefaro, Public2000, Talleres Fidel, Productos de Poliestireno, utilizando para ello equipos adecuados, adaptados a los cambios en la normativa de medida de armónicos CEI 6100-4-7. Los resultados de las medidas, convenientemente tratados, nos han proporcionado información sobre el cumplimiento de normas y recomendaciones y los niveles de perturbación existentes. Entre estas medidas es preciso destacar las medidas recogidas en la factoría que el grupo PSA Peugeot-Citroën tiene en Vigo. Las medidas se llevaron a cabo durante el mes de diciembre del 2004 y se realizaron en las cuatro fases más importantes del proceso productivo: Embutición, Ferraje, Pintura y Montaje.

- Análisis de los errores cometidos en las medidas registradas por los distintos equipos de medida.

Con la finalidad de comprobar las posibles variaciones en la toma de medidas de los distintos aparatos de medida con los que se ha trabajado. Se realizaron dos pruebas en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética de la ETSII: una para comprobar si dos equipos del mismo modelo medían exactamente igual y la otra para comprobar las diferencias entre los tres modelos de los que se dispone.

Difusión de los resultados del proyecto. Se ha ultimando la preparación de un libro sobre calidad de onda que se ha enviado a McGraw Hill para su publicación. Un artículo en la revista "IEEE Transaction Power Delivery" y presentación de 8 ponencias en congresos internacionales

-Se han organizado un total de cinco eventos internacionales "*Internacional Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO)*", ediciones de 2003, 2004, 2005 y 2006 (Vigo, Barcelona, Zaragoza y el último en Palma de Mallorca) y la "*9th Spanish Portuguese Congreso on Electrical Engineering*" (Marbella 2005) y cuatro eventos nacionales de Ingeniería Eléctrica "Reuniones de Grupos de Investigación de Ingeniería Eléctrica", ediciones de 2003, 2004, 2005 y 2006, donde se han podido intercambiar experiencias básicamente entre los diferentes grupos de investigación.

Equipo B. Centro Ejecutor: Universidad de Oviedo

El Grupo de investigación de la Universidad de Oviedo, participante en este proyecto coordinado, viene trabajando desde hace ya casi una década en temas relacionados con la Calidad del Suministro eléctrico. Fruto de ello han sido una larga serie de proyectos llevados a cabo en esta temática y de publicaciones a los que estos han dado lugar (ver curricula de los miembros del equipo investigador). En las siguientes líneas se detallan los proyectos más recientes relacionados con el tema así como las publicaciones más destacadas.

Proyectos:

- [A] TÍTULO DEL PROYECTO: Modelado y simulación de sistemas eléctricos de potencia para el estudio de la transmisión de huecos de tensión
ENTIDAD FINANCIADORA: FICYT Proyectos de Investigación Básica no orientada 2003-2005- Plan Regional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
INVESTIGADOR RESPONSABLE: Gonzalo Alonso Orcajo
INVESTIGADORES PARTICIPANTES: José Manuel Cano Rodríguez, Carlos H. Rojas García, Manuel García Melero, Manés F. Cabanas
- [B] TÍTULO DEL PROYECTO: Calidad de onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos
ENTIDAD FINANCIADORA: CICYT – Plan Nacional de Investigación.
DURACIÓN, desde 2002 hasta 2005. Cuantía de la subvención (equipo U. Oviedo): 24.000 €
ENTIDADES PARTICIPANTES: Univ. de Vigo (coordinador) – Univ. de Cantabria - Univ. Oviedo – Univ. de Sevilla
INVESTIGADOR RESPONSABLE: José Manuel Cano Rodríguez
INVESTIGADORES PARTICIPANTES: Gonzalo Alonso Orcajo, Carlos H. Rojas García, Manuel García Melero, Manés Fernández Cabanas
- [C] TÍTULO DEL PROYECTO: Sistemas pasivos no convencionales para la mejora de la calidad de onda en entornos industriales.
ENTIDAD FINANCIADORA: Plan Nacional de Investigación. (Proyecto PUENTE)
DURACIÓN, desde 2006 hasta 2007. Cuantía de la subvención: 6.000 €
ENTIDADES PARTICIPANTES: Univ. Oviedo, TEMPER S.A.U.
INVESTIGADOR RESPONSABLE: José Manuel Cano Rodríguez
INVESTIGADORES PARTICIPANTES: Gonzalo Alonso Orcajo, Carlos H. Rojas García, Joaquín Francisco Pedrayes González, Tania Vázquez Sánchez.

Publicaciones:

- [1] Autores (p.o. de firma): J. M. Cano, G. A. Orcajo, M. F. Cabanas, M. G. Melero, J. G. Mayordomo, R. Asensi
Título: New transfer functions for an accurate estimation of harmonic distortion in AC/DC converters working under unbalanced conditions.
Ref. revista: IEEE Transactions on Industry Applications, Volumen: 37 Nº 2, Fecha: Marzo/Abril 2001
- [2] Autores: J. M. Cano, G. A. Orcajo, C. H. Rojas, M. G. Melero, M. F. Cabanas.
Título: Technical and economical assessment of the effect of voltage sags on adjustable speed drives.
Congreso: International Conference on renewable energies and power quality – 2004
- [3] Autores: G. Alonso Orcajo, J. M. Cano R., C. H. Rojas G., M. G. Melero, M. F. Cabanas, F. Pedrayes.
Título: Voltage sags in industrial systems.
Congreso: International Conference on renewable energies and power quality-2005
- [4] Autores (p.o. de firma): J. M. Cano, G. A. Orcajo, C.H. Rojas, M.G. Melero, M. F. Cabanas, F. Pedrayes G.
Título: Analysis of the effects caused by structural asymmetries in the performance of three-limb core three-phase inductive filters.
Ref. revista: IEEE Transactions on Energy Conversion.
Volumen: Nº Fecha: 2006, Aceptado el 22-07-2006, pendiente de publicación (se incluye carta de aceptación en anexos)

Dentro del campo de la Calidad de Onda, este subproyecto se centra especialmente en el diseño de soluciones para la mitigación de los efectos de las perturbaciones. Estas actividades se iniciaron al amparo del proyecto '**Calidad de onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos**' correspondiente al Plan Nacional de I+D+I, y finalizado recientemente (Noviembre 2005). Fue en el marco de este proyecto en el que surgieron los primeros contactos con la empresa TEMPER S.A.U., interesada en desarrollar una línea de productos para el tratamiento de los problemas de Calidad de Onda en las instalaciones industriales. En este sentido se han ofrecido cursos de especialización al personal técnico de esta empresa en los temas de Calidad de Onda, con los datos que a continuación se señalan:

- '*Perturbaciones conducidas de baja frecuencia en sistemas eléctricos de potencia. Prevención y corrección*'.
Referencia: FUIO-EM-102-04
Marzo de 2004. Duración: 20 horas.

Inmediatamente después, se iniciaron los planes para desarrollar productos innovadores, adaptados a situaciones concretas, pero importantes para el sector, capaces de satisfacer las necesidades de los usuarios de este tipo de instalaciones que sufren las

consecuencias de las perturbaciones eléctricas. Esto dio lugar al desarrollo de unos primeros prototipos de Filtro de Banda Ancha y de Filtro de Tercer Armónico, cuyos esperanzadores resultados han sido comentados ya en otras partes de esta memoria. El desarrollo de estos trabajos tuvo lugar al amparo del contrato entre la Universidad de Oviedo y la empresa, cuyos datos se ofrecen a continuación:

- *'Asesoramiento en la búsqueda de soluciones comerciales para la mejora de la calidad del suministro eléctrico'*.

Referencia: *FUO-EM-103-04*

Tipo de contrato: Artículo 11

Empresa/Administración financiadora: TEMPER SAU

Entidades participantes: TEMPER SAU, Universidad de Oviedo y Fundación Universidad de Oviedo

Duración, desde: 2004 hasta 2006

Investigador responsable: José Manuel Cano Rodríguez y Gonzalo Alonso Orcajo

Número de investigadores participantes: 5

Cuantía del proyecto: 31.034 €

El equipo de la Universidad de Oviedo, concurrió a la convocatoria 2006 del Plan Nacional de I+D+I mediante una solicitud de 'proyecto individual'. Esta propuesta que llevaba por título '**Sistemas pasivos no convencionales para la mejora de la calidad de onda en entornos industriales**', fue aprobada en la convocatoria citada como 'proyecto puente' con una duración de un año. Estos 'proyectos puente' persiguen que el equipo investigador pueda continuar con sus actividades mientras rehace su solicitud para una convocatoria posterior. Esto es lo que pretendemos en la presente solicitud, en la cual se han tenido presentes en todo lo que ha resultado posible las observaciones hechas por los anteriores evaluadores, a la vez que se ha tratado de integrar la temática del proyecto y parte de sus actividades dentro de otro de carácter más general en el que participan equipos de 4 universidades.

El interés demostrado por la empresa TEMPER S.A.U. en el desarrollo del proyecto propuesto en esta convocatoria, queda reflejado en la carta adjunta a esta solicitud. En ella la empresa se compromete a mantener una participación activa en el mismo. Pensamos que este destacado interés, debe ser considerado también como una buena muestra de la capacidad del equipo investigador para afrontar las tareas propuestas.

Otras empresas han mostrado en los últimos meses su interés por los estudios realizados por el Grupo de Investigación en el desarrollo de estos productos. En concreto las empresas KKK y Trefilería Moreda, han querido poner de relieve de forma explícita su apoyo al proyecto mediante cartas que se adjuntan también a la solicitud.

Equipo C. Centro Ejecutor: Universidad de Cantabria

La experiencia del **equipo UC** se fundamenta en una trayectoria de más de una década dedicada al estudio de la problemática de la calidad del suministro eléctrico. Dentro de los proyectos relacionados con esta temática, se destacan los tres últimos más importantes:

- *CIT-120000-2005-19 (2005). Diseño de una instrumentación para la medida y evaluación de las características de la calidad de las turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica.*

Este proyecto puede considerarse un paso previo a la solicitud actual. Básicamente comprende el estudio de la problemática de la monitorización del flicker generador por la conexión de parques eólicos. Se destaca la relación de los resultados obtenidos con los objetivos de la nueva propuesta:

Resultados que fundamentan	La nueva propuesta
Generación de una base de información bibliográfica sobre la medida de flicker.	El conocimiento adquirido permite localizar ágilmente las extensiones necesarias para abordar el nuevo trabajo. De forma similar, el estudio de las fuentes de conocimiento puede ser utilizado para determinar los grupos situados en la vanguardia del conocimiento en este campo.
Conocimiento de los niveles de perturbación existentes (especialmente flicker, armónicos, y huecos de tensión), en los distintos niveles de la red (MT y BT), correspondientes a la comunidad autónoma de Cantabria.	El conocimiento de los niveles parciales de distorsión en puntos concretos de la red de distribución puede ser utilizado como punto de partida de la estimación del estado de la red. Además, la realización del proyecto permitiría seguir estudiando la evolución de los niveles de contaminación de los puntos ya estudiados.
Desarrollo de un modelo de medidor de flicker normalizado según las normas UNE-EN 61400-20 y UNE-EN 61000-4-15	Desarrollo de nuevos modelos de medidores de flicker que consideren la utilización de lámparas de tecnologías diferentes a las de incandescencia.

- *DPI2002-04416-C04-01 (2002-05). Calidad de la onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones eléctricas industriales. Minimización de los efectos.*

Este proyecto puede considerarse un paso previo a la solicitud actual. Básicamente comprende el estudio de la problemática de las perturbaciones en las instalaciones industriales, atendiendo a los efectos de las cargas perturbadoras sobre diferentes tipos de receptores. Se destaca la relación de los resultados obtenidos con los objetivos de la nueva propuesta:

Resultados que fundamentan	La nueva propuesta
Generación de una base de información bibliográfica sobre las perturbaciones, origen, causas, efectos y forma de minimizarlos.	El conocimiento adquirido permite localizar ágilmente las extensiones necesarias para abordar el nuevo trabajo. De forma similar, el estudio de las fuentes de conocimiento puede ser utilizado para determinar los grupos situados en la vanguardia del conocimiento en este campo.
Conocimiento de los niveles de perturbación existentes (especialmente armónicos, fluctuaciones de tensión "efecto flicker" y huecos de tensión), en los distintos niveles de la red (MT y BT), correspondientes a la comunidad autónoma de Cantabria.	El conocimiento de los niveles parciales de distorsión en puntos concretos de la red de distribución puede ser utilizado como punto de partida de la estimación del estado de la red. Además, la realización del proyecto permitiría seguir estudiando la evolución de los niveles de contaminación de los puntos ya estudiados.
Conocimiento de efectos que provocan las perturbaciones en los receptores (motores, convertidores y otros dispositivos), así como soluciones necesarias para disminuir la emisión de perturbaciones, limitar su propagación o aumentar los niveles de inmunidad. Se destaca el filtrado optimizado de armónicos.	El conocimiento adquirido en el estudio de los efectos de las perturbaciones y sus posibles soluciones puede ser utilizado durante la fase de modelización.
Conocimiento de las técnicas de medida de perturbaciones, así como de la metodología adecuada para la estructuración de los datos obtenidos por medida, análisis y ensayo. Desarrollo de protocolos de prueba para la valoración de instrumentación orientada a la medida de perturbaciones, basándose en la normativa existente.	El conocimiento de los equipos y técnicas de medida es básico para una correcta selección de la instrumentación.

- *Informe sobre el estado de la red eléctrica de distribución de Robert Bosh España fábrica de Treto (RBET), Cantabria*

En este proyecto se realizó un estudio de la red de distribución eléctrica de una empresa de la región, que por su tamaño y características de su proceso productivo, puede considerarse suficientemente significativa en lo que respecta a la naturaleza de sus cargas. Al tratarse de una empresa con un elevado nivel de automatización, presenta una gran sensibilidad frente a la aparición de perturbaciones, especialmente huecos y sobretensiones. Se destaca la relación de los resultados obtenidos con los objetivos de la nueva propuesta:

Resultados que fundamentan	La nueva propuesta
Estudio de la calidad de la tensión en una red de distribución de BT de ámbito geográfico reducido.	La propuesta que se plantea es la generalización del estudio a redes de distribución de AT de ámbito extenso.
Estudio de los mecanismos de propagación de las sobretensiones en redes de distribución de BT de ámbito reducido.	Ampliación del estudio de los mecanismos de propagación de perturbaciones, como paso previo al establecimiento de una metodología sistemática de ubicación de equipos de medida.

Publicaciones

Libros

Autores (p.o. de firma): L.I. Eguíluz Morán, P.M. Lara Santillán, J.C. Lavandero González, M. Mañana Canteli, J.C. Montaña Asquerino, A.A. Pérez Miguel, P. Salmerón Revuelta,
 Título: Potencia en régimen no-sinusoidal
 Ref. revista/libro: ISBN 84-8102-321-3. D.L. SA-97-2003
 Editorial (si libro): Servicio Publicaciones Universidad Cantabria
 Lugar de publicación: Santander 2004.

Autores (p.o. de firma): L.I. Eguíluz Morán, M. Pinilla Rodríguez, J.M. Romero Gordón, J. Lomba Diego, R. Vega Madrid, M. Pérez Donsión, B. Novo Ramos, J.L. Falagán Cavero, J.C. Lavandero González,
 Título: Calidad del suministro eléctrico
 Ref. revista/libro: ISBN 84-688-3406-8. D.L. SA-1139-2003
 Editorial (si libro): Servicio Imprenta de la Universidad de León
 Lugar de publicación: Laredo, Santander 2003.

Autores (p.o. de firma): L.I. Eguíluz, J.C. Lavandero, M. Mañana, P. Sánchez,
 Título: Eficiencia energética y calidad de suministro.
 Ref. revista/libro: Energía. ISSN 0210-2056 D.L. M-22290-1975
 Editorial (si libro): Alción
 Lugar de publicación: Madrid 2001.

Autores (p.o. de firma): L.I. Eguíluz, M. Mañana, J.C. Lavandero, Otros,
 Título: La calidad del suministro eléctrico.
 Ref. revista/libro: ISBN 84-600-9629-7. D.L. SA-8-2001.
 Editorial (si libro): Dpto. Ing. Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria.
 Lugar de publicación: Santander 2001.

Revistas

Autores: M. Mañana, A. Ortiz, L.I. Eguíluz, C. Renedo, S. Pérez
 Título: Time-domain Classification of Power Quality Disturbances Based on Signal Phase-Space (Enviado para revisión)
 Ref. revista/libro: EURASIP JOURNAL ON ASP. SPECIAL ISSUE ON EMERGING SIGNAL PROCESSING TECHNIQUES FOR POA
 Editorial: ISSN: 1110-8657
 Lugar de publicación: Sylvania, USA

Autores (p.o. de firma): M. Mañana, A. Ortiz, L.I. Eguíluz, C. Renedo,
 Título: Three-phase adaptive frequency measurement based on Clarke's transformation.
 Ref. revista/libro: IEEE Transactions on Power Delivery. ISSN 0885-8977
 Clave: A Volumen: 21, No. 3 Páginas, inicial: 1101 final: 1105 Fecha: 2006-07-01
 Editorial (si libro): Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
 Lugar de publicación: New York, USA

Autores (p.o. de firma): A. Ortiz, C. Gherasim, M. Mañana, C. Renedo, L.I. Eguíluz, R. Belmans,
 Título: Total harmonic distortion decomposition depending on distortion origin
 Ref. revista/libro: IEEE Transactions on Power Delivery. ISSN 0885-8977
 Clave: A Volumen: 20. No 4 Páginas, inicial: 2651 final: 2656 Fecha: 2005-10-01
 Editorial (si libro): Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)
 Lugar de publicación: New York, USA

Además, se han presentado ponencias en varios congresos de carácter internacional relacionados con la calidad del suministro eléctrico: ICREPO, SPCEE, ICHPQ e IPST.

Equipo D. Centro Ejecutor: Universidad de Sevilla

El proyecto de investigación solicitado puede ser considerado como la continuación del proyecto coordinado titulado *Calidad de Onda y Ahorro Energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos con referencia DPI2002-04416-C04-04* financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en la convocatoria del año 2002. En este proyecto de investigación se plantea el problema de la calidad de suministro desde un punto de vista general, abordando el equipo de la Universidad de Sevilla, entre otras las siguientes actividades que están directamente relacionadas con la presente solicitud:

- Campañas de medida de calidad de suministro en redes de distribución e instalaciones industriales. Para ello se han adquirido diversos equipos de medida de calidad de suministro. A través de estas medidas se han realizado novedosos procedimientos de estimación de parámetros de clientes perturbadores de armónicos [41-43].

- Estudio del filtrado de armónicos. El objetivo de esta actividad ha sido la optimización de los equipos necesarios para filtrar los armónicos. Se han realizado procedimientos de diseño de filtros pasivos [16,37-39], comportamiento de los métodos del cálculo de la corriente de referencia [31,40] y modelos en frecuencia de filtros activos [36]. Con estos modelos es posible abordar la optimización del diseño de filtros híbridos, siendo uno de los objetivos principales de este proyecto de investigación.

Además del trabajo descrito anteriormente que se encuadra dentro del proyecto coordinado, durante estos últimos años el equipo de investigadores que presentan este proyecto de investigación ha realizado otras actividades relacionadas con la calidad de suministro financiadas por entidades públicas, 2 proyectos de investigación (DPI2001-2367 y ENE2004-06117) y 2 ayudas de infraestructura, y privadas (6 proyectos de investigación aplicada), tal y como se muestra en el siguiente apartado de esta memoria.

Fruto del trabajo desarrollado durante estos últimos años y dentro del ámbito de la calidad de suministro se han realizado diversas actividades de difusión de los resultados: 1 comunicación en congreso internacional por invitación [43], 5 comunicaciones a congresos internacionales [36-38,40,44], 1 revista internacional fuera del índice JCR [45] y 4 revistas internacionales dentro del índice JCR [16,31,41,42].

6.1 FINANCIACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA (PROYECTOS Y CONTRATOS DE I+D) DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO INVESTIGADOR

Debe indicarse únicamente lo financiado en los últimos cinco años (2000-2004), ya sea de ámbito autonómico, nacional o internacional.

Deben incluirse las solicitudes pendientes de resolución.

EQUIPO A

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE VIGO

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
<i>1. Calidad de onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos.</i>	1	Manuel Pérez Donsión	55.000,00	Ministerio de Ciencia y Tecnología DPI2002-04416-C02	2003-2005
<i>2. Calidade de onda y aforro enerxético. Influencia das perturbacions nas instalacións industriais. Minimización dos seus efectos.</i>	1	Manuel Pérez Donsión	23.800,00	Xunta de Galicia. PGIDIT03PXIC30308PN.	2003-2005
<i>3. Metodoloxía a seguir para o aforro enerxético en instalacións domésticas e industriais</i>	2	Manuel Pérez Donsión	6.960,00	Unión Fenosa	1º semestre 2005
<i>4. Medida e Análise da Calidade de Potencia dos Polígonos Industriais LALÍN 2000 e Polígono de Botos</i>	1	Manuel Pérez Donsión	4.988,00	Asociación de Empresarios de Deza (AED)	2º semestre 2005
<i>5. Análisis del Comportamiento Térmico del Pabellón Nº 2, Estudio y Análisis del Sistema de Calefacción por Conductos Radiantes y asesoramiento Técnico en la Selección e Implantación del Citado Sistema</i>	3	Manuel Pérez Donsión	4.000,00	Fundación Semana Verde de Galicia	1º semestre 2004

(1) Escríbase 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

0 = Es el mismo proyecto

1 = está muy relacionado

2 = está algo relacionado

3 = sin relación

(2) Escríbase una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

EQUIPO B

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
<i>1. Análisis por elementos finitos del flujo axial de dispersión y de los esfuerzos mecánicos en los devanados de motores de inducción de baja y media tensión: aplicación a la detección de fallos incipientes y valoración de su vida útil.</i>	(2)	Manés Fernández Cabanas	31.799,55€	FICYT - Plan Regional de I+D (FC-98-PB-TDI98-03)	(C) 1998/2000
<i>2. Procesamiento de descargas parciales para la detección de fallos de aislamiento en motores de media tensión y análisis del envejecimiento de los aislantes mica-epoxy mediante modelos de elementos finitos, ensayos eléctricos, térmicos y medioambientales.</i>	(2)	Manés Fernández Cabanas	206.627,96€	Fondo FEDER - Plan Nacional de I+D - ABB Service. FEDER 1FD97-0567	(C) 1999/2001
<i>3. Ayuda del Plan Regional de Investigación de Asturias para la adquisición de infraestructura científico-técnica vinculada a la realización de ensayos eléctricos.</i>	(1)	Manés Fernández Cabanas	57.096,14€	FICYT - Plan Regional de I+D	(C)
<i>4. Estudio teórico experimental para el desarrollo de nuevos criterios y parámetros de diagnóstico en los ensayos de absorción dieléctrica, tangente de delta, sobretensión y ondas de choque en máquinas eléctricas.</i>	(2)	Manuel García Melero	52.143,81€	FICYT - Plan Regional de I+D FC-99-PA-TDI99-07	(C) 1999/2001
<i>5. Estudio de los armónicos no teóricos asociados a las corrientes de alimentación de motores de cc y de inducción bajo diferentes condiciones de funcionamiento.</i>	(1)	Gonzalo Alonso Orcajo	17.116,84€	FICYT - Plan Regional de I+D FC-99-PA-TDI99-04	(C) 1999/2001
<i>6. Desarrollo de nuevos ensayos para la mejora del diagnóstico de asimetrías retóricas en motores asíncronos de jaula de ardilla en funcionamiento.</i>	(2)	Manés Fernández Cabanas	49.643,59€	CICYT – Plan Nacional de Investigación MCT-00-DPI-0609	(C) 2001/2003
<i>7. Mecanismo de fallo y deterioro de los materiales aislantes eléctricos y su relación con las descargas parciales.</i>	(2)	Manés Fernández Cabanas Proyecto Coordinado – 7 centros participantes	180.303,63€	CICYT – Plan Nacional de Investigación MCT-00-MAT-0134-P407	(C) 2001/2003
<i>8. Desarrollo de nuevos métodos de bajo coste para la detección precoz de fallos incipientes en transformadores de potencia.</i>	(2)	Manés Fernández Cabanas	31.853,64€	FICYT - Plan Regional de I+D FC-01-PB-TBI-11	(C) 2001/2003

<i>9. Estudio teórico-experimental de la influencia de la presencia de desequilibrios en la tensión de alimentación sobre la generación de armónicos de corriente no característicos en accionamientos de velocidad variable del tipo PWM.</i>	(1)	José M. Cano Rodríguez	19.232,38€	FICYT - Plan Regional de I+D FC-01-PB-TBI-13	(C) 2001/2003
<i>10. Modelado y simulación de sistemas eléctricos de potencia para el estudio de la transmisión de huecos de tensión.</i>	(1)	Gonzalo Alonso Orcajo	20.048 €	FICYT – Plan Regional de I+D FC-03-PB-02-065	(C) 2003/2005
<i>11. Detección de cortocircuitos entre espiras en el estator de motores de inducción de media y baja tensión en funcionamiento alimentados por convertidores.</i>	(2)	Manuel García Melero	20.000€	CICYT – Plan Nacional de Investigación MCT-02-DPI-03628	(C) 2002/2005
<i>12. Calidad de onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos.</i>	(1)	José M. Cano Rodríguez Proyecto Coordinado – 4 centros participantes.	24.000€	CICYT – Plan Nacional de Investigación MCT-02-DPI04416-C0403	(C) 2002/2005
<i>13. Asesoramiento en la búsqueda de soluciones comerciales para la mejora de la calidad del suministro eléctrico.</i>	(1)	José M. Cano Rodríguez Gonzalo Alonso Orcajo	31.034 €	Contrato - Artículo 11	(C) 2004/2006
<i>14. Sistemas pasivos no convencionales para la mejora de la calidad de onda en entornos industriales.</i>	(0) Proyecto Puente	José M. Cano Rodríguez	6.000 €	CICYT – Plan Nacional de Investigación ENE2006-07014/CON	(C) 2006/2007

(1) Escribese 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

- 0 = Es el mismo proyecto
- 1 = está muy relacionado
- 2 = está algo relacionado
- 3 = sin relación

(2) Escribese una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

EQUIPO C

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
<i>1. Diseño de una instrumentación para la medida y evaluación de las características de la calidad de las turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica</i>	0	Mario Mañana Canteli	35.768	Ministerio de Educación y Ciencia CIT-120000-2005-19	2005-marzo 06
<i>2. Diseño y desarrollo de una dirección eléctrica para vehículos de cadena</i>	2	Mario Mañana Canteli	80.751	Ministerio de Educación y Ciencia CIT-020400-2005-73	2005-marzo 06
<i>3. Diseño de sistemas de propulsión eléctrica para vehículos pesados</i>	2	Mario Mañana Canteli	80.751	Ministerio de Educación y Ciencia CIT-020400-2005-72	2005-marzo 06
<i>4. Informe sobre el estado de la red eléctrica de distribución de RBET (fábrica de Treto, Cantabria)</i>	0	Mario Mañana Canteli	6.000	Robert Bosch España (fábrica de Treto, Cantabria)	2003
<i>5. Calidad de onda y ahorro energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones eléctricas industriales. Minimización de sus efectos</i>	0	Luís Ignacio Eguíluz	42.000	Ministerio de Educación y Ciencia DPI2002-04416-C04-01	2003-05
<i>6. Sistema integral de captura de datos en plantas integrales</i>	2	Mario Mañana Canteli	24.000	IPS Norte	2002-03
<i>7. Situación de la energía en Cantabria</i>	1	Luís Ignacio Eguíluz	60.000	Gobierno de Cantabria	2002-03

(1) Escríbase 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

0 = Es el mismo proyecto; 1 = está muy relacionado; 2 = está algo relacionado; 3 = sin relación

(2) Escríbase una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

EQUIPO D**Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
Mecanismo de fallo y deterioro de los materiales aislantes eléctricos y su relación con las descargas parciales. MAT2000-0134-P4-07	3	(Aitor Kortajarena, Coordinador) M. Burgos Payán	13.462,68	Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica 2000-2003	2000/2003 C
Calidad de Onda y Ahorro Energético. Influencia de las perturbaciones en las instalaciones industriales. Minimización de sus efectos. DPI2002-04416-C04-04	1	(M. Pérez Donsión, Coordinador) M. Burgos Payán	84.450	Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica 2002-2005	2002/2005 C
Comparación, diseño y control de dispositivos para equilibrado y compensación de cargas eléctricas. DPI2001-2367	2	A. Gómez Expósito	82.428	Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica 2002-2004	2002/2004 C
Diseño y control de equipos para la mitigación de perturbaciones provocadas por cargas eléctricas. ENE2004-06117	2	J.A. Rosendo Macías	35.305	Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica 2004-2007	2004/2007 C
Red eléctrica a escala para análisis de perturbaciones en laboratorio	1	A. Gómez Expósito	95.000	Convocatoria de Infraestructura Científico Tecnológica. Ministerio de Ciencia y Tecnología	2003/2004 C
Laboratorio de inmunización ante huecos de tensión	1	M. Burgos Payán	21.500	Convocatoria de Infraestructura Científico Tecnológica. Ministerio de Ciencia y Tecnología	2003/2004 C
Validación en laboratorio de equipo de alimentación de lazo activo	3	P. Cruz Romero	3.000	Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía	2004 C

Estudio de compatibilidad electromagnética en la subestación Cosario (Almería)	1	J.M. Maza Ortega	10.000	Endesa - Sevillana	2003/2004 C
Estudio experimental del consumo de equipos domésticos de acondicionamiento de aire	2	J.M. Maza Ortega	5.300	Endesa - Sevillana	2004 C
Calidad de onda en las redes públicas de distribución de energía eléctrica	1	J.M. Maza Ortega	39.000	Endesa – Sevillana Junta de Andalucía	2004/2007 C
Continuidad de suministro en las redes públicas de distribución de baja tensión	1	M. Burgos Payán	3.300	Endesa – Sevillana Junta de Andalucía	2004/2007 C
Medidas de ahorro energético en motores eléctricos	2	J.M. Maza Ortega	3.300	Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN)	2004 C
Comportamiento del aerogenerador A-300 ante huecos de tensión	2	M. Burgos Payán	5.800	Desarrollos Eólicos S.A.	2005 C

7. CAPACIDAD FORMATIVA DEL PROYECTO Y DEL EQUIPO SOLICITANTE (En caso de Proyecto Coordinado deberá rellenarse para cada uno de los equipos participantes)

Este apartado sólo debe rellenarse si se ha respondido afirmativamente a la pregunta correspondiente en el cuestionario de solicitud.

Debe justificarse que el equipo solicitante está en condiciones de recibir becarios (del Programa de Formación de Investigadores) asociados a este proyecto y debe argumentarse la capacidad formativa del equipo. En caso de Proyecto Coordinado, debe rellenarse por cada subproyecto que solicite becarios de FPI.

EQUIPO A

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE VIGO

La capacidad formativa del presente proyecto de investigación se puede asentar en los siguientes aspectos significativos:

- 1.- Permite adquirir amplios conocimientos del funcionamiento de los propios aparatos de medida, de las técnicas y condiciones de medida tanto en redes de distribución como en instalaciones industriales y también en parques eólicos.
- 2.- Posibilita la adquisición de la experiencia necesaria para prefijar los puntos concretos adecuados para la ubicación de los aparatos de medida (zonas de baja influencia electromagnética), forma de conexión, tipos de sondas a utilizar, etc.
- 3.- Facilita la adquisición de conocimientos de programación, tanto en cuanto a software de programación de los propios equipos de medida, como de programas elaborados para el propio tratamiento de líneas, transformadores y cargas ante condiciones adversas de perturbación, además, al ocuparse este personal del diseño de la páginas Web dedicadas al proyecto, le posibilita adquirir conocimientos sobre este particular.
- 4.- Además de lo manifestado en los puntos anteriores, el presente proyecto resulta formativo porque se pretende difundir una cultura de la calidad a través de cursos formativos que se han diseñado al respecto.
- 5.- Posibilita también, la realización de tesis doctorales en la temática de la calidad de la onda de tensión, en este sentido el investigador principal ya ha dirigido tres tesis doctorales que abarcan diferentes aspectos concretos de la misma.
- 6.- También se tiene la posibilidad de participar en reuniones de trabajo con discusiones sobre los procedimientos a seguir, en congresos donde se expondrán los logros a desarrollar en este campo, etc.

Por todo lo anteriormente indicado, consideramos que las posibilidades formativas del presente subproyecto coordinado resultan excelentes.

EQUIPO B

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE OVIEDO

La capacidad formativa del grupo solicitante ha quedado puesta de manifiesto a lo largo de los últimos años por varios motivos:

- Se han acogido becarios del programa nacional de formación de investigadores con anterioridad, así como alumnos extranjeros que desarrollaron sus actividades dentro de proyectos de investigación del grupo.
- Se han dirigido varias tesis doctorales tanto en el campo de la Calidad de Onda como en el del diagnóstico de fallos en máquinas eléctricas; tres de ellas han sido premio extraordinario de doctorado de la Universidad de Oviedo.
- El personal participante en el proyecto ha estado involucrado en el programa de Doctorado del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oviedo desde 1999.

Más en concreto, en el pasado curso académico (2005-2006), tres de los miembros del equipo investigador (entre ellos el investigador principal), impartieron el siguiente curso de doctorado de la Universidad de Oviedo.

- Programa de Doctorado: *Control de procesos, electrónica industrial e ingeniería eléctrica.*
- Curso: *Soluciones y equipos comerciales para la mejora de la inmunidad de las instalaciones industriales frente a perturbaciones del sistema eléctrico.*
- Profesores: *G. A. Orcajo, J. M. Cano, C. H. Rojas.*

Curso que como puede apreciarse, aborda una temática en relación directa con el proyecto solicitado.

En el presente curso académico se mantiene la participación de estos 3 investigadores del grupo en dicho programa. Debe destacarse que este programa de doctorado al que se alude, ha recibido el presente año el distintivo de **Mención de Calidad** por parte de la ANECA, lo que debe se desea citar como garantía de la capacidad formativa de este Grupo de Investigación.

Por otro lado, los laboratorios de los que dispone el Grupo de Investigación de la Universidad de Oviedo, solicitante de este proyecto, se encuentran hoy en día perfectamente dotados para la realización de trabajos de investigación, tanto a nivel de instalaciones como de equipamiento e instrumental de medida. De hecho, las tesis realizadas en el campo abordado por este proyecto han contado con un amplio contenido experimental.

Pensamos, por tanto, que por las razones anteriores se puede realizar una correcta labor de formación del personal investigador que se incorpore al grupo, planteando con garantías el desarrollo de su tesis doctoral.

EQUIPO C

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

El grupo de investigadores que constituye el núcleo central del equipo solicitante está en condiciones de recibir personal contratado por cuanto:

- **Formación de grado.** Desde el punto de vista académico, el equipo cuenta con profesores funcionarios doctores que desarrollan su labor docente en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria, impartiendo docencia en distintas disciplinas relacionadas con la electrónica, la ingeniería eléctrica y las máquinas y motores térmicos, de forma que pueden colaborar en la formación integral de los investigadores contratados.
- **Formación complementaria.** Durante los últimos años, el equipo de investigación solicitante ha coordinado y desarrollado varios cursos de verano, tanto en la Universidad de Cantabria como en la Universidad Menéndez Pelayo, en relación con la temática del proyecto solicitado.
- **Formación de doctorado.** También desde un punto de vista académico, más orientado hacia la investigación, los profesores doctores coordinan e imparten docencia en cursos de doctorado relacionados con la temática de la propuesta solicitada. El **programa de doctorado**, de carácter interdepartamental, cuenta con la **mención de calidad del Ministerio de Educación y Ciencia**.
- Se han dirigido **cuatro tesis doctorales** en los últimos años relacionadas con la temática del proyecto solicitado:
 - Título: Aportaciones a las definiciones de potencia en sistemas polifásicos en régimen no sinusoidal.
Doctorando: Pedro M^o Lara Santillán
Universidad: Universidad de Cantabria. Facultad: E.T.S.I.I. y T. Fecha: 01-Septiembre-1999
 - Título: Aportaciones a la representación, detección y clasificación de perturbaciones conducidas en sistemas eléctricos de potencia.
Doctorando: Mario Mañana Canteli
Universidad: Universidad de Cantabria. Facultad: E.T.S.I.I. y T. Fecha: 14-Julio-2000
 - Título: Desarrollo e implementación de técnicas para estimación de fallos en Redes Eléctricas.
Doctorando: José Luis Falagán Cavero
Universidad: Universidad de Cantabria. Facultad: E.T.S.I.I. y T. Fecha: 20-Noviembre-2000
 - Título: Aportaciones a la medida de potencia y energía en régimen no-sinusoidal.
Doctorando: Alfredo Ortiz Fernández
Universidad: Universidad de Cantabria. Facultad: E.T.S.I.I. y T. Fecha: 14-marzo-2005

Programación de tesis en curso relacionadas con el subproyecto:

- Título: Aportaciones al estudio del flicker.
Doctorando: **Gerardo Díez Cagigal**
Director: Mario Mañana Canteli
Fecha finalización prevista: Junio 2007
 - Título: Aportaciones a la modelización de células de combustible y su aplicación en generación distribuida.
Doctorando: **Emilio Andrea Blanco**
Director: Mario Mañana Canteli
Fecha finalización prevista: Junio 2007
 - Título: Aportaciones a la modelización de transformadores de potencia en alta frecuencia y su aplicación a la transmisión de datos.
Doctorando: **Cándido Capellán Villacián**
Director: Mario Mañana Canteli
Fecha finalización prevista: Junio 2007
- **Captación y gestión de recursos de investigación.** Desde el punto de vista de la investigación, los profesores del grupo cuentan con experiencia en coordinación, gestión y desarrollo de actividades de investigación, con financiación tanto pública como privada.

EQUIPO D

Centro ejecutor: UNIVERSIDAD DE SEVILLA

La capacidad formativa de este grupo de investigación se apoya en los argumentos que a continuación se enumeran:

- Se han acogido becarios FPI y FPU de los programas nacionales y autonómicos de formación.
- Se han dirigido y finalizado en los últimos años tres tesis doctorales dentro del grupo de investigación solicitante. En la actualidad se están dirigiendo dos tesis doctorales en el ámbito de la calidad de suministro eléctrico relacionadas con nuevas técnicas de control de filtros activos (doctorando D. Sergio Ceballos Manozzi) y nuevos modelos en el dominio del tiempo par a rectificadores alterna/continua (doctorando D. José Miguel Herrera Rosell).
- Los miembros del grupo de investigación de la Universidad de Sevilla imparten docencia en el programa de doctorado "Gestión técnico-económica de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica". Dicho programa cuenta con la Mención de Calidad otorgada por la ANECA desde su primera convocatoria en el curso académico 2004-2005. Fruto de dicha mención, actualmente se participa en la impartición del primer Master Oficial de la Universidad de Sevilla (MOUS) en "Sistemas de Energía Eléctrica" único en la comunidad autónoma andaluza. Tanto en el mencionado programa de doctorado como en el Master, se imparten materias relacionadas con la calidad de suministro; en concreto: "Gestión y calidad de la energía eléctrica" y "Aplicación de dispositivos FACTS en redes de transporte y distribución de energía".
- En los últimos años y debido a la Mención de Calidad otorgada por la ANECA al programa de doctorado se ha podido contar con ayudas económicas que han posibilitado la presencia en estos cursos de más de una decena de profesores visitantes de reconocido prestigio internacional, tales como Dr. Göran Anderson, Dr. Ali Abur, Dr. Francisco Galiana, Dr. Arindam Ghosh y Dr. Victor Quintana entre otros.
- Los contactos internacionales de los componentes de este grupo de investigación, han posibilitado la realización de estancias en centros extranjeros de investigación de reconocido prestigio internacional. En concreto, el doctorando D. Sergio Ceballos Manozzi ha disfrutado de una estancia becada en Boston, tutelada por el profesor Dr. Alex Stankovic.

Por otro lado, tanto la experiencia de los componentes del grupo de investigación en la temática propuesta, como la lógica estructura de tareas programadas hacen viable la consecución de una tesis doctoral dentro del ámbito de este subproyecto de investigación.