

# EL ENFOQUE VERDE DE LA DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Por: **Matteo Granziero**

## INTRODUCTION

"El concepto Verde es un invento de marketing". Esta afirmación encarna más o menos una creencia bastante extendida de que el marketing es capaz de crear o inventar necesidades que no existen. Pero, ¿cómo es posible que un concepto vacío persista tanto tiempo, movilizándolo a gobiernos, fabricantes y consumidores?

El objetivo de este análisis es aclarar los impactos ambientales de arquitecturas de alta disponibilidad, ilustrando los conceptos básicos.

## ¿ TODO POR EL PROTOCOLO DE KYOTO?

El protocolo de Kyoto es un tratado internacional sobre el calentamiento global suscrito el 11 de diciembre de 1997 en Tokio por más de 160 países. Este tratado exige a todas las naciones firmantes la reducción de sus emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre en el período 2008-2012.

El objetivo general del tratado es recortar las emisiones un 5% con respecto a los niveles de 1990. Teniendo en cuenta el aumento sostenido en emisiones de gases de efecto invernadero con el paso de los años, esta reducción asciende a alrededor del 10% de los niveles de emisiones de 2003.

No obstante, el único objetivo de Protocolo de Kyoto es limitar el calentamiento climático. La combustión de hidrocarburos también produce sustancias muy perjudiciales y contaminantes: monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno y las famosas PM10 (partículas de menos de 10 micras). Estas sustancias en la atmósfera se combinan con el vapor del agua de las nubes para formar ácido sulfúrico y ácido nítrico, que vuelven a la tierra en forma de lluvia ácida.

La lluvia ácida amenaza nuestra herencia artística y produce daños irreparables a la vegetación. Hace que áreas que una vez fueron fértiles se sequen, mientras que ríos y lagos experimentan importantes modificaciones bioquímicas que exterminan las algas y los peces. La lluvia ácida amenaza nuestra herencia artística porque deteriora el mármol y el cemento y corroe los metales.

Para dar una idea de la magnitud de esta amenaza, el 42% de la producción europea de electricidad procede de la combustión de hidrocarburos.

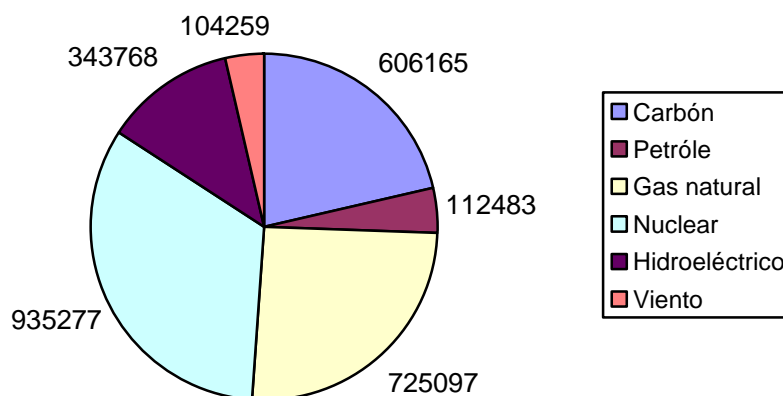


Figura 1 – Origen de la energía eléctrica de la UE 27 - 2007 [GWh]

## LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DETERMINA LA EFICIENCIA DEL SISTEMA

Para que la alimentación eléctrica se considere de alta calidad, debe ser sobre todo disponible, por ejemplo en una forma que pueda ser utilizada por el consumidor. Además, características físicas como el factor de potencia y el contenido armónico pueden suponer la diferencia entre un sistema bien diseñado y completamente utilizado y otro mal diseñado e ineficaz.

El impacto ambiental de un sistema eléctrico no se limita a su eficiencia de funcionamiento, sino que empieza por un diseño del tamaño apropiado y continúa con un mantenimiento preventivo regular.

Por ejemplo, un factor de potencia demasiado bajo en el sistema, aunque se corrija antes de conectar la red de distribución eléctrica, implica el uso de cables innecesariamente grandes y el desperdicio de materias primas como el cobre, el PVC y el combustible necesario para el transporte de esos materiales.

En el ejemplo siguiente se aclaran estas ideas. Un rectificador SCR convencional de 6 pulsos consume corriente con un contenido de armónicos del 32% y un factor de potencia máximo de 0,9. Por su parte, los rectificadores de última generación basados en IGBT y topología de inversor mantienen el contenido armónico por debajo del 3% y factores de potencia superiores a 0,99.

Suponiendo que estos rectificadores alimentan una carga trifásica de 30 kW y que a su vez se alimentan con cables en PVC de cuatro hilos fijados a muros, dichos cables deben ser de 16 mm<sup>2</sup> de diámetro en el caso de la tecnología SCR, y de 10 mm<sup>2</sup> de diámetro en el caso de la tecnología IGBT.

En una conducción de 20 m, esta diferencia supone aproximadamente 4,3 kg de cobre que, si se transporta 100 km por carretera, implica la emisión innecesaria de alrededor de 1 kg de CO<sub>2</sub>. Las consecuencias resultan evidentes si recordamos que un árbol de un año absorbe aproximadamente 2 kg<sub>CO2/año</sub>.

Y esto sin tener en cuenta el coste de extraer y transformar o reciclar el cobre.

## VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

El objetivo de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) es garantizar la calidad de la electricidad. Con esto en mente, es lógico buscar un SAI que hace su trabajo de forma eficiente sin generar residuos directos o indirectos.

Al garantizar la disponibilidad de la alimentación eléctrica del sistema, los sistemas SAI modernos con rectificador IGBT pueden resultar la mejor solución. Estos modelos son ideales, ya que actúan como una carga lineal con un factor de potencia de unidad. Además de desacoplar la carga y sus características eléctricas de la red de alimentación, también contribuyen a acercar el factor de potencia total del sistema a la unidad (Figura 2).

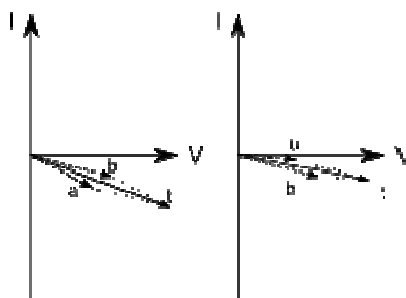


Figura 2 - Comparación entre las corrientes totales del sistema ( $t$ ) en el caso de ambas cargas conectadas directamente a la fuente de alimentación (izquierda) y con cargas ( $b$ ) alimentadas mediante SAI con factor de potencia de 0,99 (derecha).

También debe tenerse en cuenta que, como todas las máquinas, los SAI tienen valores de eficiencia que varían según los niveles de carga. Por ejemplo, en la Figura 3 se muestran las curvas de eficiencia de dos SAI diferentes. Observe que dada la misma eficiencia a plena carga (96%), al 50%  $S_n$  puede llegar a variar dos puntos porcentuales. En el caso específico, esto significa un aumento de pérdidas del 37%.

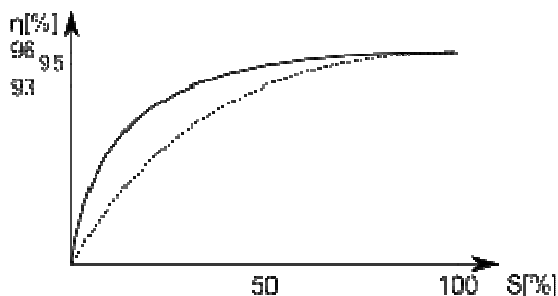


Figura 3 - Ejemplos de curvas de eficiencia de SAI

Rendimiento [%]	95		93	
	Pérdidas eléctricas	Climatización	Pérdidas eléctricas	Climatización
Pérdidas anuales [kWh]	13800	4600	19800	6600
CO <sub>2</sub> en emisiones [kg]	8400	2800	12000	4000
Árboles necesarios [-]	1400	470	2000	670
Árboles en total <sup>1</sup> [-]	1870		2670	

Tabla 1 se destaca el impacto medioambiental de los sistemas SAI de la Figura 3 usados para alimentar nuestra carga de 30 kW.

Rendimiento [%]	95		93	
	Pérdidas eléctricas	Climatización	Pérdidas eléctricas	Climatización
Pérdidas anuales [kWh]	13800	4600	19800	6600
CO <sub>2</sub> en emisiones [kg]	8400	2800	12000	4000

Árboles necesarios <sup>1</sup> [-]	1400	470	2000	670
Árboles en total <sup>1</sup> [-]	1870		2670	

Tabla 1 - Impacto de la eficiencia de SAI en el CO<sub>2</sub> emitido (SAI en funcionamiento 24/7/365)

Además, debido a los motivos ya expuestos, un SAI pequeño y ligero supone un menor impacto sobre el medio ambiente que uno grande y pesado.

## IMPACTO DE LAS ARQUITECTURAS DE ALTA DISPONIBILIDAD

Cuando la aplicación exige menores costes o riesgos de seguridad, es necesario optar por arquitecturas de sistema redundantes. Para una arquitectura 2N, Figura 4, puede asumirse que la carga del SAI individual, debido a los márgenes y divisiones de carga, no superará el 30% de la carga nominal.

Figura 3 nos ayuda a comprender que la eficiencia con cargas parciales es tan importante como la eficiencia a plena carga.

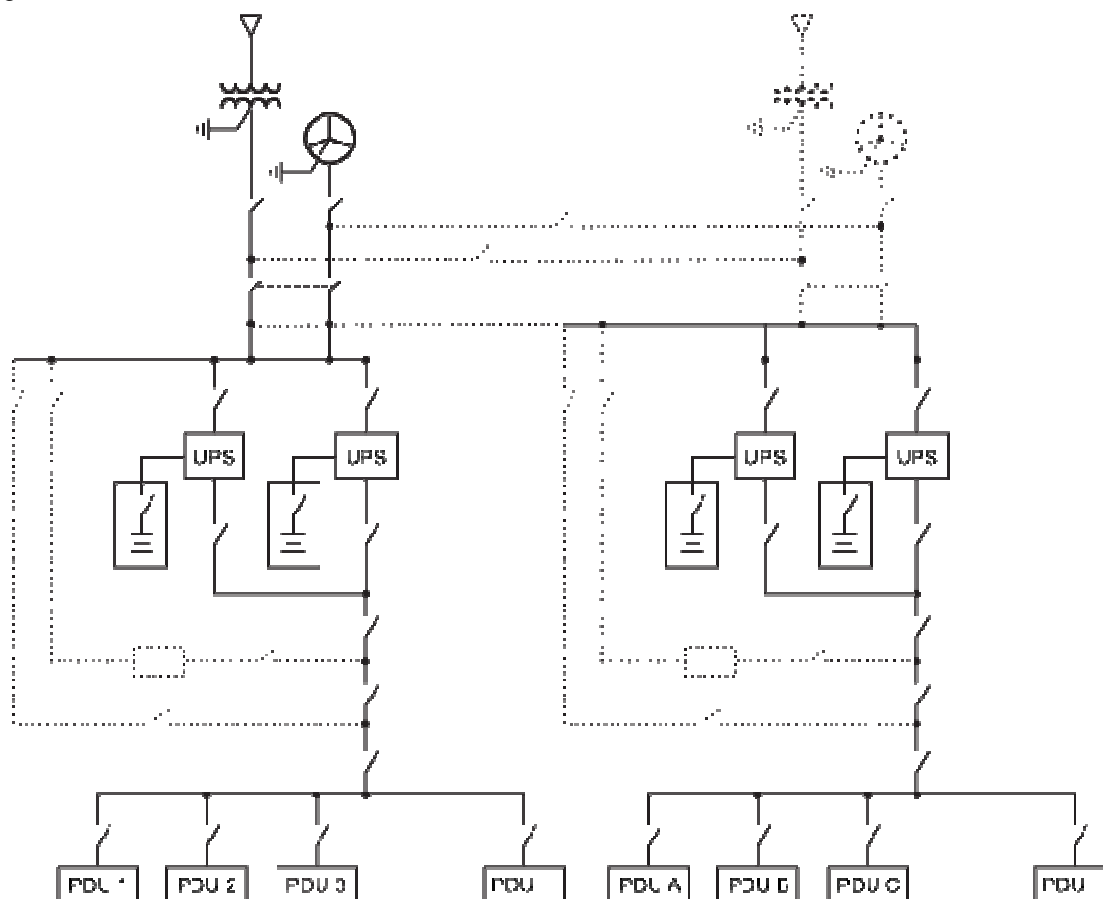


Figura 4 – Arquitectura 2N

<sup>1</sup> Se refiere a un árbol de hoja ancha de cinco años.

## EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA TAMBIÉN DESEMPEÑA UN PAPEL IMPORTANTE

Las baterías de plomo-ácido son el medio de almacenamiento más usado en los SAI. La exposición a largo plazo a cantidades mínimas de plomo puede provocar daños cerebrales y renales, además de afectar al desarrollo cognitivo de los niños. El ácido sulfúrico, que también se utiliza en las baterías de plomo-ácido, es responsable de todos los problemas medioambientales mencionados anteriormente vinculados a la lluvia ácida.

Por eso, todos los SAI y baterías viejas siempre deben devolverse al proveedor del SAI o desecharse directamente a través de empresas especializadas en el reciclaje. Una opción aún mejor es instalar soluciones que maximizan la vida de los acumuladores. En realidad, la vida de las baterías está relacionada con la temperatura ambiente en el lugar de instalación, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

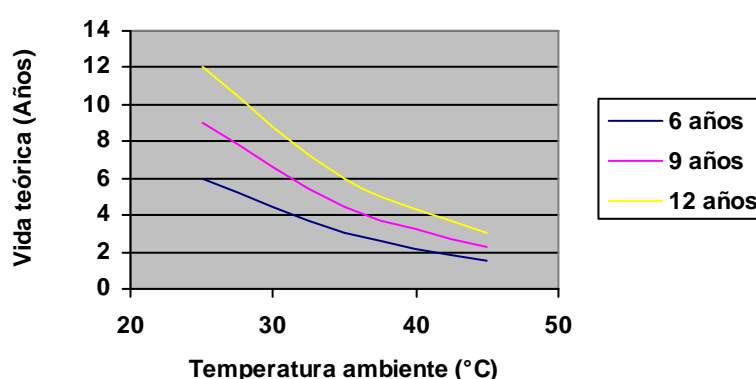


Figura 5 - Dependencia entre la vida teórica de la batería y la temperatura ambiente

Además, las baterías son muy sensibles a la cantidad y el tipo de uso: ciclos de carga y descarga, profundidad de la descarga y corriente, método de carga, etcétera. Por tanto, es recomendable elegir un sistema SAI con, entre otras cosas, una corriente de carga muy estable dependiente de la temperatura, con sistemas de control para identificar los elementos dañados que pueden provocar sobrecarga de elementos no averiados y rectificadores con gran amplitud de tolerancia, para de ese modo usar las baterías lo menos posible.

Actualmente, la alternativa a las baterías más ecológica y disponible industrialmente es el volante de inercia.

Un volante de inercia que rota en torno a su propio eje sin traslación acumula energía según la fórmula:

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

donde:

- E es la energía almacenada por el cuerpo rotatorio;
- I es la inercia, que depende de la forma y es proporcional a la masa del cuerpo;
- $\omega$  es la velocidad angular.

Así pues, puede afirmarse que la energía es directamente proporcional a la masa y proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación.

Esto significa que al doble de masa le corresponde el doble de energía acumulada, y que el doble de velocidad supone cuadruplicar la energía acumulada.

En el mercado hay dos tipos principales de volante de inercia: los que basan el

almacenamiento de energía en la masa y los que lo basan en la velocidad.

Pueden ofrecer respectivamente 1-2 MW y 1 MW de alimentación de respaldo durante hasta 30 segundos.

Normalmente, la eficiencia de los volantes de inercia de alta velocidad es superior porque los rodamientos que sostienen el volante, debido a su peso limitado, son magnéticos en lugar de mecánicos y porque el volante de inercia rota en un cilindro al vacío, lo que reduce la fricción y la amortiguación viscosa. En cualquier caso, la ausencia de rodamientos mecánicos reduce considerablemente la necesidad de mantenimiento.

Los volantes de inercia resultan útiles si el SAI debe ofrecer tiempo suficiente para que un generador transfiera la carga, o para eliminar una contaminación de armónicos severa de la alimentación eléctrica.

Una de las ventajas de los volantes de inercia con respecto a las baterías es que son eco incompatibles.

La vida de la batería se reduce considerablemente debido al efecto memoria, la pérdida de capacidad a largo plazo y la sensibilidad a la temperatura ambiente. Estas cuestiones no afectan a los volantes de inercia, lo que los hace especialmente apropiados para aplicaciones "verdes".

Además de las ventajas ecológicas, también está la ventaja de mayor disponibilidad de energía, porque los volantes de inercia se recargan en unos minutos, mientras que las baterías normalmente necesitan horas.

Además, los volantes de inercia se caracterizan por una alta densidad de potencia, como se muestra en la Figura 5.

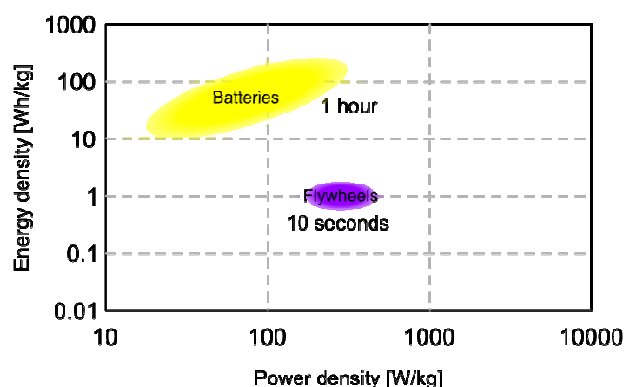


Figura 5 – Comparación energética entre baterías y volante de inercia

Por último, los volantes de inercia pueden instalarse como sustitutos de las baterías o en paralelo a ellas en el bus de CC.

La ventaja de un sistema de almacenamiento de energía híbrido de baterías/volante de inercia es que en el caso de micro interrupciones

el volante de inercia puede suministrar la energía que necesita el sistema, y las baterías sólo se utilizan en caso de cortes superiores a 10 segundos, lo que prolonga la vida de los acumuladores.

## LA MEJOR OPCIÓN

Un sistema bien diseñado es el que alcanza el mejor compromiso entre coste y beneficio, basándose en intercambio efectivo de información entre comprador y proveedor.

Antes de elegir un sistema SAI y una arquitectura de sistema, conviene pensar en los costes de los períodos de inactividad y en el impacto medioambiental que pueda tener el sistema.

En términos prácticos, si el coste de inactividad estimado durante la vida útil del sistema es inferior al coste que implica la complejidad del sistema, quizá convenga preguntarse si esa es la mejor opción. Incluso el código de

conducta europeo para centros de datos advierte que sólo deben utilizarse arquitecturas 2N cuando sean estrictamente necesarias.

Sin embargo, al final la decisión de ser verde o no depende de preferencias personales y ahorro de costes operativos.

En ambos casos, el proveedor del sistema SAI puede ayudar a tomar la mejor decisión basándose en las necesidades y requisitos especificados.



## BIBLIOGRAFÍA

- Baggini, M. Granziero, "Sistemi Statici di Continuità - Guida pratica alla scelta, installazione e manutenzione", Ed. Delfino, 2009; pp. 86-88
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gases](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gases)
  - [http://it.wikipedia.org/wiki/Piogge\\_acide](http://it.wikipedia.org/wiki/Piogge_acide)
  - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>; "Energy Statistics - quantities"
  - <http://www.epa.gov>; "Emission Facts: Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel"
  - Energy Information Administration – Official Energy Statistics from the U.S. Government; "Method for Calculating Carbon Sequestration by Trees in Urban and Suburban Settings"
  - W. Pitt Turner IV, P.E., J. H. Seader, P.E., K. J. Brill, "Tier Classification Define Site Infrastructure Performance", Uptime Institute, 2006; p. 17
-

**White Paper – 11/2010**

**THE GREEN APPROACH TO ELECTRICAL POWER AVAILABILITY**

**Author:**

MATTEO GRANZIERO, Technical Communication Specialist, SOCOMEC UPS

Media & Marketing Department

**SOCOMECS UPS**

Via Sila, 1/3

36033 Isola Vicentina (VI) – Italy

**Media Marketing Coordinator:** juri.romito@socomec.com

Head Offices

**SOCOMECS UPS**

11, route de Strasbourg

B.P. 10050

F-67235 Huttenheim Cedex – France