

# Compromisos de coste, velocidad y fiabilidad entre SAI en configuraciones N+1

White Paper n.º 234

Revisión 0

por Wendy Torell

## Resumen del artículo

Existe una creciente tendencia hacia las arquitecturas SAI N+1, en lugar de 2N, debido a la mejora continua de la tolerancia a los fallos de las IT gracias al software. Existen dos formas comunes de implementar una configuración N+1: conectando en paralelo varios SAI unitarios *o bien* desplegar un solo conjunto SAI con múltiples módulos internos configurados para establecer una redundancia N+1. En este documento se cuantificarán los principales compromisos existentes entre un SAI redundante internamente "modular" y los SAI redundantes paralelos y se demostrará la obtención de un ahorro de coste de capital del 27% y una reducción de una o dos semanas en el tiempo de implantación durante la instalación de la redundancia interna. También se abordará la importancia de la tolerancia a los fallos en el SAI como garantía de cumplimiento de las necesidades de disponibilidad, fiabilidad y mantenimiento.

## Introducción

Los Data Centers adoptan diferentes grados de redundancia en función de la importancia crítica de las cargas que soportan. Las arquitecturas de suministro dual (con dos suministros de alimentación diferentes, por ejemplo) proporcionan la máxima disponibilidad, ya que cualquier sistema puede recibir mantenimiento o sufrir un fallo sin que esto paralice la carga.

En los Data Centers modernos, sin embargo, se observa un incremento de la tolerancia a los fallos gracias al software de la capa IT. Con la llegada de tecnologías como la virtualización y la hiperconvergencia, la caída de un servidor ya no implica necesariamente la paralización de las IT. En caso de caída de un servidor físico a causa de una avería aguas arriba, o de parada por motivos de mantenimiento, el Data Center puede migrar las funciones de negocio a otro servidor, otro módulo, otra sala o incluso un Data Center completamente distinto.

Aunque la disponibilidad continúa siendo una meta fundamental de los Data Centers, algunos han comprobado que esto puede conseguirse hoy en día mediante la redundancia N+1 de los sistemas clave de la infraestructura física, como el SAI. En este documento expondremos los distintos métodos existentes para la consecución de redundancia N+1 en sistemas SAI, cuantificaremos el compromiso necesario entre coste de capital, tiempo de implantación, eficiencia y fiabilidad y trataremos la importancia de la tolerancia a los fallos en el SAI como forma de garantizar el cumplimiento de las necesidades de fiabilidad, disponibilidad y mantenimiento.

### Aclaración terminológica

En numerosos debates sobre Data Centers, el término "N+1" se utiliza indistintamente para referirse a distintas configuraciones de SAI. A continuación se definen los términos más importantes con el fin de aclarar las diferencias entre estas configuraciones "N+1" específicas.

- **Redundancia N+1:** un modo de obtener resiliencia que asegura la disponibilidad del sistema en caso de fallo de sus componentes. Los componentes (N) tienen al menos un componente de respaldo independiente (+1).<sup>1</sup> En términos simples, N significa el elemento *necesario* y +1 significa que existe *un elemento de reserva*.
- **Redundancia aislada:** una configuración N+1 concreta. En esta configuración existe un módulo SAI principal o "primario" que normalmente alimenta la carga. Esta configuración requiere que el módulo SAI principal tenga una conexión de entrada diferente para el circuito de bypass estático. El SAI de "aislamiento" o "secundario" alimenta el bypass estático del módulo o módulos SAI principales y se descarga por completo.<sup>2</sup>
- **Redundancia en paralelo:** una configuración N+1 concreta. Consiste en la conexión en paralelo de múltiples módulos SAI del mismo tamaño a un bus de salida común. Los sistemas redundantes en paralelo requieren módulos SAI de idéntica capacidad y modelo.<sup>2</sup>

#### Diseño de las baterías

Con independencia de la configuración N+1 elegida, el sistema de baterías puede implementarse de un modo que incremente la tolerancia a los fallos.

Hoy en día es común contar con varias ramas de baterías conectadas en paralelo para aumentar la redundancia con fines de mantenimiento.

Con este método, si una rama de baterías falla, las restantes ramas pueden continuar suministrando la carga en caso de interrupción del suministro eléctrico. Es preciso señalar que, en caso de fallo de una rama, el tiempo de funcionamiento es menor pero puede ser suficiente para evitar un tiempo de parada.

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1\\_redundancy](https://en.wikipedia.org/wiki/N%2B1_redundancy)

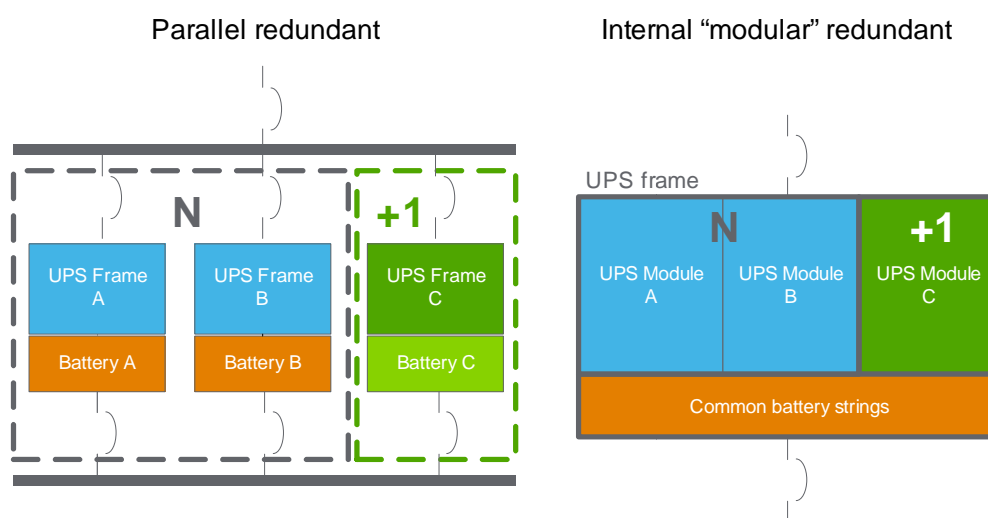
<sup>2</sup> El White Paper n.º 75, [Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI](#), trata con más detalle las configuraciones redundantes aisladas y redundantes en paralelo.

- **Redundancia internamente "modular"**: una configuración N+1 concreta. Se trata de un nuevo término aquí definido al no existir una nomenclatura común. En esta configuración el "+1" existe dentro del conjunto SAI, generalmente a nivel de los módulos de alimentación. En esta configuración existe un panel posterior, un sistema de control y una planta de baterías comunes.

Este documento aborda específicamente la comparación entre **redundancia paralela** y **redundancia internamente "modular"**: las dos configuraciones N+1 en las que los componentes "+1" son activos (en lugar de permanecer en espera). La **Figura 1** ilustra conceptualmente dónde se encuentra el componente "+1" en cada caso.

**Figura 1**

*Diferencia conceptual entre redundancia paralela y redundancia internamente "modular"*



Parallel redundant	Redundancia paralela
Internal "modular" redundant	Redundancia internamente "modular"
UPS Frame	Conjunto SAI
Battery A	Batería A
UPS Module A	Módulo SAI A
Common battery strings	Ramas de baterías comunes

## Detalles de la configuración

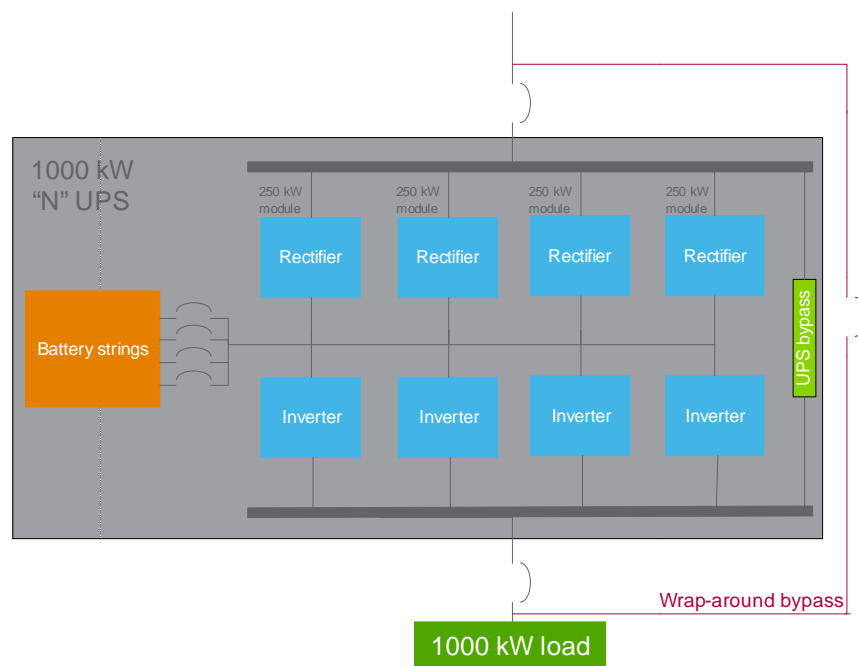
Con el fin de recalcar los compromisos que impone elegir un SAI sin redundancia en comparación con un SAI N+1, hemos analizado tres configuraciones concretas. En los tres casos se ha elegido 1 MW como capacidad nominal<sup>3</sup>.

1. **Configuración 1N básica**: Un único SAI de 1000 kW sin redundancia (compuesto por un máximo de cuatro módulos de 250 kW "internos"); configuración básica
2. **Configuración redundante N+1 internamente "modular"**: Un SAI modular de 1000 kW compuesto por cinco módulos de 250 kW "internos" (cuatro correspondientes a la capacidad y uno para redundancia)
3. **Configuración redundante N+1 paralela**: Tres "conjuntos" SAI de 500 kW en configuración redundante paralela (dos correspondientes a la capacidad y uno para redundancia)

<sup>3</sup> Se ha empleado la familia Galaxy VX como base para la estimación del precio de compra.

## Configuración 1N básica

Con un diseño de SAI 1N, el fallo de cualquier componente requiere trasladar la carga a un bypass de SAI o un bypass envolvente. El caso más simple consiste en un SAI unitario con capacidad para suministrar toda la carga. Algunos SAI están diseñados para ser modulares y escalables, mientras que otros son de capacidad fija. El SAI 1N analizado es un diseño modular compuesto por cuatro módulos de 250 kW instalados en un solo conjunto para alcanzar la capacidad nominal de 1000 kW. 1N también puede conseguirse conectando en paralelo múltiples unidades hasta alcanzar la capacidad requerida entre todas. La **Figura 2** muestra el SAI 1N analizado.



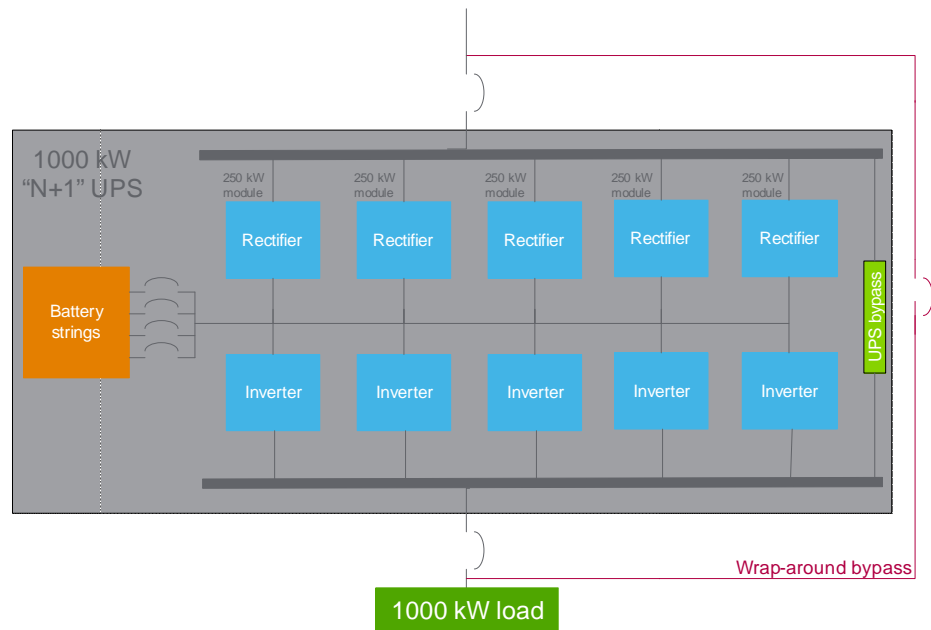
**Figura 2**  
Configuración  
"N" básica

1000 kW "N" UPS	SAI "N" de 1000 kW
Battery strings	Ramas de baterías
250 kW module	Módulo de 250 kW
Rectifier	Rectificador
UPS bypass	Bypass de SAI
1000 kW load	Carga de 1000 kW
Wrap-around bypass	Bypass manual externo

## Configuración redundante N+1 internamente "modular"

Los SAI modulares, como el descrito en la configuración básica, también pueden proporcionar redundancia N+1 añadiendo un módulo de alimentación adicional. Ver la **Figura 3**. Esta configuración redundante N+1 internamente "modular" es idéntica a la configuración básica, salvo por la adición de un quinto módulo de 250 kW. El sistema de baterías consiste en cuatro ramas de baterías en paralelo, cada una con su propio disyuntor, de modo que el fallo de una de ellas no provoque la caída de todo el sistema. Como puede verse en la figura, el bus de salida del SAI y el bus de baterías (CC) son comunes a todos los módulos, por lo que representan puntos únicos de fallo del sistema SAI que obligarían a efectuar una transferencia al bypass envolvente.

**Figura 3**  
Configuración redundante internamente "modular"

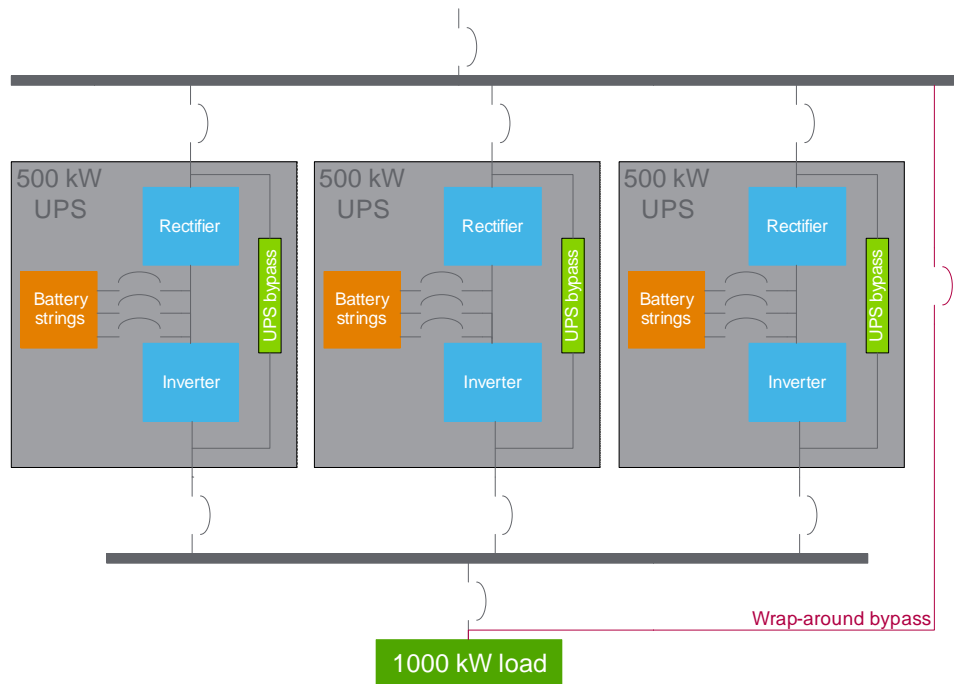


1000 kW "N+1" UPS	SAI "N+1" de 1000 kW
Battery strings	Ramas de baterías
250 kW module	Módulo de 250 kW
Rectifier	Rectificador
UPS bypass	Bypass de SAI
1000 kW load	Carga de 1000 kW
Wrap-around bypass	Bypass manual externo

### Configuración redundante N+1 paralela

La **Figura 4** muestra el tercer caso analizado. En este caso hay tres SAI independientes conectados en paralelo con un bus de salida común. Cada SAI tiene una capacidad de 500 kW, por lo que el tercero ha sido añadido para proporcionar redundancia "+1". Como puede verse en la figura, en una configuración redundante paralela cada SAI tiene su propio sistema de baterías (compuesto, a su vez por tres ramas en paralelo), lo que aporta un grado adicional de redundancia que no existe en el SAI modular. El bus de salida de los SAI continúa representando un único punto de fallo, como sucede en las otras dos configuraciones, salvo que en este caso el bus de salida es externo al SAI y ha sido instalado sobre el terreno.

**Figura 4**  
Configuración redundante paralela



500 kW UPS	SAI de 500 kW
Battery strings	Ramas de baterías
Rectifier	Rectificador
Inverter	Inversor
UPS bypass	Bypass de SAI
1000 kW load	Carga de 1000 kW
Wrap-around bypass	Bypass manual externo

Debemos señalar que en ocasiones se implementan SAI redundantes paralelos con un banco de baterías común. Esto representa un ahorro en costes (menor gasto en baterías), pero la configuración pasa a ser más parecida a la configuración internamente "modular" en cuanto a tolerancia a los fallos y fiabilidad. El siguiente análisis parte del supuesto de que cada SAI tiene su propio sistema de baterías.

## Comparación CapEx

En general, cuanto más redundancia integre una configuración de SAI, mayor será su coste. Sin embargo, los gerentes del Data Center pueden tener dificultades para plantear un caso de negocio que justifique un grado concreto de redundancia. En esta sección analizamos el coste de capital de las tres configuraciones antes descritas con el fin de ayudar a los responsables de tomar una decisión a sopesar el compromiso entre coste y beneficios.

### Metodología y supuestos

Se han utilizado diagramas unifilares detallados de las configuraciones para estimar el coste de cada diseño. El coste de capital incluye materiales e instalación. El coste de instalación incluye mano de obra y todo el cableado, conductos, ganchos, terminales, etc. El coste de los materiales incluye SAI(s), armario de bypass de mantenimiento, disyuntor de salida, sistema de baterías y servicio de montaje. Se ha excluido el disyuntor de entrada, ya que generalmente se asume que forma parte de las instalaciones del edificio.

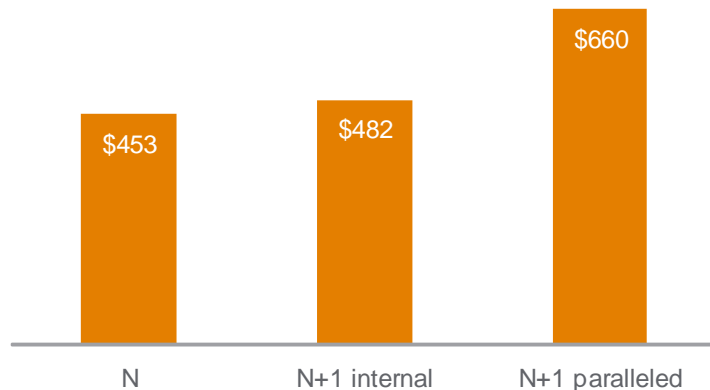
Otros costes excluidos en este análisis incluyen aparejamiento, almacenamiento, mantenimiento regular y espacio. Incluso con un diseño idóneo para cada configuración, la configuración 3 necesitará en torno a un 25% más espacio que las otras dos, lo que representa un ahorro adicional para el Data Center durante la construcción del espacio.

Los supuestos principales de este análisis son:

- Coste de instalación basado en la tarifa de instalación eléctrica media de EE.UU. en la región de Virginia del Norte.
- Todos los cables han sido instalados dentro de tubos metálicos eléctricos (EMT).
- El cuadro eléctrico de entrada del SAI está situado a 15 metros (50 pies) del cuadro eléctrico principal. 3 hilos + tierra de 1600 A para las configuraciones 1 y 2 y 3 hilos + tierra de 2000 A para la configuración 3.
- El SAI está situado a 3 metros (10 pies) del cuadro eléctrico de entrada del SAI. 3 hilos + tierra de 1600 A para el SAI de 1000 kW para las configuraciones 1 y 2 y 3 hilos + tierra de 800 A para cada uno de los tres SAI de 500 kW de la configuración 3.
- El cuadro eléctrico de salida del SAI está situado a 3 metros (10 pies) del SAI. 3 hilos + tierra de 1600 A para las configuraciones 1 y 2 y 3 hilos + tierra de 700 A para la configuración 3.
- Bypass envolvente (de mantenimiento) a una distancia de 6 metros (20 pies). 3 hilos + tierra de 1600 A para las configuraciones 1 y 2 y 3 hilos + tierra de 2000 A para la configuración 3.
- Carga situada a 15 metros (50 pies) del cuadro eléctrico de salida del SAI. 3 hilos + tierra de 1600 A para las configuraciones 1 y 2; 3 hilos + tierra de 2000 A para la configuración 3.

## Resultados

La **Figura 5** resume las diferencias entre los costes de capital de las tres configuraciones. Como muestra la tabla, el coste de capital de la redundancia internamente "modular" es 128 \$/kW (26,9%) más bajo que el de la configuración redundante paralela, mientras que el coste de capital del caso básico es 29 \$/kW (6,1%) menor



**Figura 5**

*Comparación coste/kilovatio de las 3 configuraciones*

N	N
N+1 internal	N+1 interna
N+1 paralleled	N+1 en paralelo

La **Tabla 1** desglosa el coste estimado para cada diseño por categorías de coste principales. Todos los costes han sido normalizados conforme al coste/kilovatio de la capacidad nominal del SAI. Aunque existe una diferencia en el coste por kW entre SAI de pequeña y de gran capacidad, esto constituye una norma general razonable para determinar la diferencia de coste relativo entre métodos.

**Tabla 1**  
Resultados detallados de la comparación de costes

Categorías de coste	SAI 1N	N+1 internamente "modular"	N+1 redundante paralelo
SAI	148 \$/kW	177 \$/kW	214 \$/kW
Armario(s) de bypass	36 \$/kW	36 \$/kW	70 \$/kW
Sistema de baterías para 7 minutos	98 \$/kW	98 \$/kW	148 \$/kW
Servicio de montaje	8 \$/kW	9 \$/kW	16 \$/kW
Coste de la instalación	163 \$/kW	163 \$/kW	213 \$/kW

## Velocidad de instalación

Además de las diferencias en el coste de capital de las configuraciones N+1, también existen implicaciones en cuanto a la velocidad de instalación. En esta sección comparamos todo lo que conlleva la instalación de un SAI unitario en comparación con la de un conjunto de SAI redundantes en paralelo.

La instalación típica de un SAI de 1 MW requiere un periodo de aproximadamente 6 a 8 semanas (incluyendo periodos intermedios entre las etapas críticas). Algunas de las actividades más importantes que tienen lugar durante este periodo son:

- **Acondicionamiento de la sala** destinada al sistema SAI, incluyendo la construcción de pedestales de hormigón. Normalmente el calendario del proyecto reserva una semana para esta actividad. Después suele haber un periodo intermedio de una semana entre la preparación de la sala y la entrega para evitar recibir la unidad cuando la sala aún no está preparada.
- **Entrega y aparejamiento** del SAI. Un sistema SAI de 1000 kW es muy pesado y difícil de manipular. Normalmente el calendario del proyecto reserva de 2 a 3 días para este paso.
- **Instalación de conductos para el SAI.** Los alimentadores necesitan 3 juegos de conductos de 3" para cada acometida de alimentación. Este trabajo puede tardar del orden de una semana.
- **Tendido de cables y realización de las terminaciones.** Normalmente el calendario del proyecto reserva una semana para este trabajo.
- **Programación de la puesta en marcha y las pruebas.** El calendario del proyecto generalmente añade una semana intermedia entre la conexión completa del SAI y la puesta en marcha. Esto se hace con el fin de disponer de tiempo para solucionar los problemas imprevistos que surjan durante la instalación. A continuación se llevan a cabo las pruebas, que se desarrollan durante una semana.

Estos pasos son idénticos para el diseño 1N y el SAI redundante internamente "modular", salvo por la incorporación de un módulo de alimentación extra en el conjunto. Por consiguiente, los costes de instalación son los mismos. En el caso de una configuración de SAI redundante paralelo, donde es preciso conectar en paralelo grandes SAI, el tiempo de instalación aumenta por lo general en 1 o 2 semanas o bien un **25-30% más para un sistema en paralelo**. A continuación se



detalla el trabajo de campo adicional que conlleva la instalación de varias unidades con el fin de preparar, configurar y establecer la comunicación entre unidades:

- Más terminaciones para más conexiones de alimentación eléctrica
- Instalación de más unidades
- Puesta en marcha de más unidades
- Más unidades para la prueba de carga del banco
- Comprobaciones de paralelismo y sincronización
- Más procedimientos que probar o llevar a cabo
- Más cableado de control y puntos de supervisión

En un SAI modular en el que se utilizan varios "módulos" internos para incrementar la capacidad o la redundancia, los trabajos de la lista anterior se efectúan en fábrica, lo que no solo ahorra tiempo, sino que también hace más previsible el resultado. Además de acelerar la instalación inicial, los SAI modulares ofrecen la ventaja de ser capaces de escalar su capacidad con el paso del tiempo con un trabajo mínimo de apenas unas horas en lugar de los días o semanas que necesita el cableado, las conexiones y la puesta en marcha al añadir nuevos SAI a un diseño no modular.

## Efecto sobre la eficiencia

La eficiencia energética de un SAI variará en función de la carga a la que funciona, y dado que añadir redundancia implica añadir capacidad adicional (excedente), esto puede afectar a la eficiencia. Suponiendo una carga del 80% de la capacidad nominal de 1000 kW, que es un umbral definido habitualmente por los operadores de Data Centers, las configuraciones SAI analizadas en este documento funcionarían con una carga de 800 kW. La **Tabla 2** muestra las implicaciones del porcentaje de carga para cada configuración partiendo de este supuesto.

**Tabla 2**

*Efecto de la configuración sobre la carga del SAI*

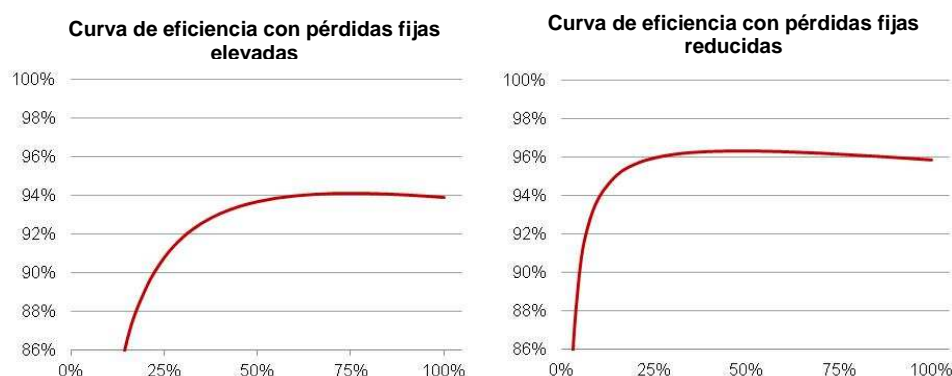
Configuración	Capacidad del módulo (unidad)	Capacidad del sistema	Porcentaje de carga
Configuración 1N	250 kW x 4	1000 kW	80%
Redundancia internamente "modular"	250 kW x 5	1250 kW	64%
Redundancia paralela (2+1)	500 kW x 3	1500 kW	53%

La eficiencia de un SAI concreto con cargas bajas, sin embargo, varía de un fabricante a otro y entre modelos, por lo que es un factor que debería estudiarse como parte del proceso de planificación. La **Figura 6** muestra las curvas de dos SAI: uno mucho menos eficiente con cargas ligeras que a plena carga (izquierda) y otro con una curva bastante plana (derecha). Un SAI como el de la izquierda tiene mayores pérdidas fijas, lo que causa una caída de la eficiencia con cargas ligeras y añade redundancia, aunque a costa de una penalización en el coste de la electricidad. Para un SAI como el de la derecha, añadir redundancia tiene un efecto apenas apreciable sobre el coste energético. De hecho, alcanza su mayor eficiencia con un intervalo de carga del 40-60%. El White Paper n.º 108, [Grandes sistemas SAI más eficaces](#), proporciona más información sobre las curvas de eficiencia y el efecto que los puntos de funcionamiento tienen sobre la energía. También existe una herramienta TradeOff ([Calculadora de comparación de eficien-](#)

cia de sistemas SAI) que ayuda a contrastar dos curvas de SAI diferentes para observar las implicaciones de estas en cuanto a eficiencia y coste eléctrico. Cuando el coste energético es un criterio importante para tomar una decisión, es importante evaluar los SAI teniendo en cuenta su carga de funcionamiento prevista. Cuanta más redundancia se añada a la configuración, menor será el porcentaje de la carga de funcionamiento.

**Figura 6**

Relación entre eficiencia y porcentaje de carga. El SAI de la izquierda es mucho menos eficiente con cargas ligeras, mientras que el de la derecha tiene una curva plana.



## Tolerancia de riesgos

Todos los Data Centers tienen un grado de tolerancia de riesgos propio en función del carácter crítico de las aplicaciones que sustenta. Como ya se ha mencionado, la tolerancia a los fallos depende cada vez más de la capa de IT gracias a tecnologías como la virtualización y la hiperconvergencia. Teniendo en cuenta las tecnologías IT implementadas, conocer el coste cuantitativo y cualitativo que el tiempo de parada del hardware supone para la empresa, junto con el recargo asociado a las diferentes configuraciones de SAI y a la mejora de la disponibilidad, permite decidir el grado apropiado de redundancia del SAI.

El análisis de costes demuestra que pasar de un diseño 1N a un diseño redundante N+1 internamente "modular" conlleva un recargo reducido (6,5%), mientras que al pasar de un diseño internamente "modular" a un diseño N+1 redundante paralelo el recargo es mucho mayor (36,8%). En esta sección se aborda, desde el punto de vista cualitativo, los riesgos de tiempo de parada de cada una de estas tres configuraciones. La **Tabla 3** resume estos riesgos.

**Tabla 3**

Comparación de riesgos de tiempo de parada

Riesgo de tiempo de parada	SAI 1N	N+1 internamente "modular"	N+1 redundante paralelo
Fallo del inversor o de otro módulo de alimentación	SAI pasa a bypass de SAI (estático), no hay batería de respaldo disponible	Los módulos SAI restantes alimentan la carga, batería de respaldo disponible	Los SAI restantes alimentan la carga y hay batería de respaldo disponible
Fallo del bus de CC	SAI pasa a bypass de SAI (estático), no hay batería de respaldo disponible	SAI pasa a bypass de mantenimiento, no hay batería de respaldo disponible	Los SAI restantes alimentan la carga y hay batería de respaldo disponible

Riesgo de tiempo de parada	SAI 1N	N+1 internamente "modular"	N+1 redundante paralelo
Mantenimiento del SAI	SAI pasa a bypass de mantenimiento, no hay batería de respaldo disponible	SAI pasa a bypass de mantenimiento, no hay batería de respaldo disponible	Los SAI restantes alimentan la carga y hay batería de respaldo disponible

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD 

Con un diseño 1N, cualquier fallo en el SAI o sus baterías causa una transferencia a un bypass estático. En este modo de funcionamiento, un fallo del suministro eléctrico causaría la caída del hardware de IT.

Con redundancia internamente "modular" existe un módulo de alimentación más, por lo que un fallo en un solo módulo no requiere ninguna transferencia a un bypass estático. En vez de ello, el módulo en cuestión se desconecta mientras que la carga continúa recibiendo alimentación de los demás módulos activos. El módulo averiado puede ser sustituido posteriormente situando todo el SAI en bypass envolvente. Este diseño, sin embargo, presenta puntos únicos de fallo. Por ejemplo, un fallo en el sistema de baterías (como el disparo de un disyuntor de batería) forzaría la transferencia al bypass estático, ya que solo hay un banco de baterías. Del mismo modo, si el SAI necesita mantenimiento preventivo, la carga deberá transferirse al bypass estático o el bypass envolvente, ninguno de los cuales está protegido por baterías.

Una configuración de SAI redundante paralela aporta mayor protección contra los tiempos de parada. Al existir varios SAI independientes con sus propias ramas de baterías, la carga puede continuar recibiendo alimentación de otro de los SAI en caso de fallo de alguno de los demás o de sus baterías. Sin embargo, también introducen nuevos riesgos debido a los controles, la comunicación y las impedancias de cable necesarios para compartir la carga entre los SAI. En este documento trabajamos sobre una configuración N+1 donde N=2, pero dependiendo de la alimentación total necesaria y el tamaño de SAI seleccionado, N puede ser más de 2. A medida que el valor de N aumenta, no solo se incrementa el coste y el tiempo, sino que la fiabilidad puede disminuir debido a la mayor dificultad de equilibrar la intensidad de la carga de forma equitativa entre todos los SAI y en todos los modos de funcionamiento.

### Error humano

Cuanto mayor sea el trabajo sobre el terreno necesario, es decir, durante la instalación, más aumentará el riesgo de que un error humano ocasione tiempos de parada, mientras que los trabajos realizados en fábrica son mucho más predecibles y fiables.

A modo de ejemplo, consideremos que se produce un fallo en el bus de salida (un fallo crítico que tendría como resultado una caída de la carga) en las tres configuraciones analizadas en este documento. En un SAI modular este bus es interno y, por tanto, ha sido instalado en fábrica. En el caso del SAI redundante paralelo, el bus de salida se instala sobre el terreno, lo que incrementa el riesgo de tiempos de parada causados por un error humano.

El error humano también influye en la disponibilidad de las diferentes configuraciones. Cuanto más trabajo sobre el terreno implique el diseño, mayor será este riesgo de sufrir una parada. Ver **barra lateral**.

### Atributos de tolerancia a los fallos de un SAI

La tolerancia a los fallos es lo que permite que un sistema continúe funcionando (sustentando a la carga de IT, en este caso) si falla alguno de sus componentes. No obstante, algunos SAI están diseñados con mayor grado de tolerancia a los fallos que otros. En el momento de seleccionar un SAI, es importante tener en cuenta los atributos de tolerancia a los fallos del equipo, especialmente si la arquitectura elegida consiste en un solo conjunto SAI (como en las configuraciones 1 y 2). A continuación se presentan algunos ejemplos de atributos de tolerancia a los fallos:

- Redundancia de módulos de alimentación (inversor/rectificador)
- Redundancia de ventiladores
- Redundancia de fuentes de alimentación en el controlador
- Redundancia de ramas de baterías
- Redundancia del bus de comunicación
- Redundancia en el sistema de control
- Conmutador estático dimensionado para cargas mayores que la máxima prevista con el fin de admitir cargas de arranque/cambios transitorios de carga de los equipos de IT y las unidades de distribución de alimentación (PDU) situadas aguas abajo

Al subsanar los puntos únicos de fallo más importantes de los sistemas SAI tradicionales, los Data Centers que anteriormente requerían un mayor grado de redundancia (como 2N) pueden emplear estos mecanismos para mantener en funcionamiento sus cargas críticas. La **Figura 7** es un ejemplo de SAI diseñado pensando en la tolerancia a los fallos.

### Figura 7

*Galaxy VX, una familia de SAI de Schneider Electric diseñada con atributos de tolerancia a los fallos*



Existe la idea generalizada de que es necesario contar con equipos físicamente separados para aislar los fallos, pero no siempre se trata de una separación física, sino de la magnitud de las defensas integradas en el equipo.

## Conclusión

A medida que "N+1" se convierte en una arquitectura SAI de uso más común en Data Centers, gana en importancia la necesidad de conocer los compromisos de cada método, de manera que los responsables puedan tomar la decisión más estudiada posible en función de la tolerancia de riesgos requerida y del presupuesto y el tiempo disponibles.

En este documento hemos abordado las diferencias en costes de capital, plazos de implantación, eficiencia y fiabilidad de dos metodologías N+1 comunes, comparándolas con un diseño 1N, para destacar las diferencias existentes entre ellas. Los apartados siguientes recogen las conclusiones más importantes:


- **Coste:** Las configuraciones de SAI redundantes N+1 internamente "modulares" tienen un recargo en cuanto a coste de capital del 6,5% con respecto a los diseños 1N. Las configuraciones redundantes N+1 paralelas presentan un recargo en cuanto del 36,8% en comparación con las configuraciones redundantes internamente "modulares".
- **Tiempo de implementación:** La implementación de configuraciones paralelas redundantes es un 25-30% más lenta que las configuraciones 1N o N+1 internamente "modulares". Esto se debe al trabajo adicional necesario para preparar, configurar y establecer la comunicación entre unidades independientes. También se necesita más tiempo para añadir capacidad a lo largo del tiempo en configuraciones redundantes paralelas.
- **Eficiencia:** La redundancia afecta al porcentaje de carga de funcionamiento de un SAI, lo que en algunos SAI afecta a su eficiencia y al coste de la electricidad. Muchos SAI modernos, sin embargo, están diseñados con curvas de eficiencia muy planas (con menores pérdidas fijas) en las que la eficiencia alcanza su máximo valor con una carga parcial. Esto reduce al mínimo este efecto.
- **Tolerancia de riesgos:** Las configuraciones redundantes paralelas proporcionan mayor disponibilidad a las cargas de los Data Centers que las configuraciones internamente "modulares". Los diseños redundantes internamente "modulares" ocupan un lugar intermedio entre los diseños 1N y los diseños redundantes paralelos. A la hora de seleccionar un SAI, es importante tener en cuenta los atributos de diseño que incrementan su tolerancia a los fallos.

La redundancia internamente "modular" aporta mejoras significativas en este sentido a cambio de un pequeño recargo y un impacto relativamente inapreciable sobre la eficiencia y los plazos. Los SAI redundantes paralelos conllevan aún menos riesgos, pero a costa de un recargo y un tiempo de implementación mayores. En última instancia, es la persona responsable de tomar la decisión quien debe sopesar estos compromisos con el fin de elegir el diseño que mejor se adapte a sus necesidades de negocio.

## Acerca de la autora

**Wendy Torell** es Analista de Investigación Senior en el Data Center Science Center de Schneider Electric. Su función consiste en investigar las mejores prácticas en el diseño y el funcionamiento de Data Centers, publicar White Papers y artículos y desarrollar TradeOff Tools que ayuden a los clientes a optimizar la disponibilidad, la eficiencia y los costes de sus entornos de Data Centers. También asesora a los clientes sobre la disponibilidad de enfoques científicos y prácticas de diseño para ayudarles a cumplir sus objetivos de Data Centers. Obtuvo su licenciatura en Ingeniería mecánica en el Union College de Schenectady, Nueva York, y su MBA en la Universidad de Rhode Island. Wendy también es ingeniera especializada en fiabilidad acreditada por la ASQ.





 [Comparación de configuraciones de diseño de sistemas SAI](#)  
White Paper n.º 75

 [Grandes sistemas SAI más eficaces](#)  
White Paper n.º 108

 [Electrical Efficiency Modeling for Data Centers](#)  
White Paper n.º 113

 [Acceda a todos los White Papers](#)  
[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)

 [Calculadora de comparación de eficiencia de sistemas SAI](#)  
TradeOff Tool 5

 [Acceda a todas las TradeOff Tools™](#)  
[tools.apc.com](http://tools.apc.com)

## Contacto

Para enviar sus comentarios y observaciones acerca del contenido de este White Paper:

Data Center Science Center  
[dcsc@schneider-electric.com](mailto:dcsc@schneider-electric.com)

Si es usted cliente y tiene una pregunta concreta acerca de su proyecto de Data Center:

Póngase en contacto con su representante de Schneider Electric en:  
[www.apc.com/support/contact/index.cfm](http://www.apc.com/support/contact/index.cfm)

Nombre de archivo: WP234R0\_ES.docx  
Directorio: C:\2016 SE\0.CATALOGOS Y OTROS DOCUMENTOS\WP  
HELENA 18 OCT  
Plantilla: C:\Users\sesa20000\AppData\Roaming\Microsoft\Templates  
\Normal.dotm  
Título: Cost, Speed, and Reliability Tradeoffs between N+1 UPS  
Configurations  
Asunto: APC White Paper 234: Cost, Speed, and Reliability  
Tradeoffs between N+1 UPS Configurations  
Autor: Wendy Torell  
Palabras clave: There is an increasing trend towards N+1 UPS architectures  
– rather than 2N – as IT fault tolerance through software continues to im-  
prove. There are two common ways N+1 can be achieved: paralleling multi-  
ple unitary UPSs together or deploying a single UPS  
Comentarios:  
Fecha de creación: 11/23/2016 9:03:00 AM  
Cambio número: 3  
Guardado el: 11/23/2016 9:06:00 AM  
Guardado por: Windows User  
Tiempo de edición: 4 minutos  
Impreso el: 11/23/2016 9:06:00 AM  
Última impresión completa  
Número de páginas: 15  
Número de palabras: 4.112 (aprox.)  
Número de caracteres: 23.441 (aprox.)