



## VERTIV WHITE PAPER

# El efecto del Monitoreo Remoto y el Mantenimiento Preventivo Regulares y Cualificados en la Confiabilidad de los Sistemas Eléctricos Críticos

## Resumen Ejecutivo

Durante mucho tiempo, Vertiv™ ha promovido la necesidad de un mantenimiento preventivo integral (MP), la actividad más importante para maximizar la confiabilidad de las unidades de suministro eléctrico (UPS) ininterrumpidas y los sistemas de baterías en los que dependen.

Si bien la mayoría de organizaciones comprenden de forma intuitiva la necesidad de un buen programa de UPS y baterías, el valor del MP nunca se ha cuantificado de forma adecuada de manera que pudiera ayudar a guiar las decisiones sobre la frecuencia del MP o el nivel de habilidades del proveedor de servicios. La falta de apoyo estadístico a nivel de industria para el MP se puede atribuir a la ausencia de datos desde los que se puedan recopilar estadísticas representativas.

Para confirmar la importancia del MP y ofrecer perspectivas sobre el impacto de la frecuencia en la confiabilidad, Vertiv analizó datos recopilados por su organización de servicios, la cual mantiene la base de datos más importante de eventos relacionados con servicios para sistemas grandes de UPS y baterías en la industria. La información abarcó 185 millones de horas de servicio para más de 5000 unidades de UPS trifásicas y más de 450 millones de horas de servicio para más de 24.000 cadenas de baterías. El análisis de UPS incluyó tanto los fallos eléctricos como los errores humanos relacionados con el servicio, mientras que el análisis de baterías permitió tener en cuenta en los cálculos el impacto de los períodos de inactividad del sistema de UPS por causa de baterías defectuosas.

Para el análisis de UPS, Vertiv reclutó un contratista con un Doctorado en Matemáticas para que ayudara a desarrollar un modelo matemático que toma los cortes eléctricos relacionados con la unidad que ocurrieron en estos sistemas y proyecta con precisión el impacto del MP en la confiabilidad del UPS. Estos cálculos indican que el promedio de tiempo entre averías (TPEF) del UPS para unidades que recibieron dos eventos de servicio de MP anuales, es 23 veces mayor que una máquina sin ningún evento de servicio de MP anual. En los niveles esperados de errores de servicio atribuidos a un técnico capacitado en fábrica de Servicios de Vertiv, la confiabilidad en el UPS continuó aumentando en hasta 19 visitas de MP al año. La conclusión final del análisis del mundo real y el modelo matemático reafirmaron la arraigada creencia de la industria de que un aumento en la cantidad de visitas de MP aumenta la confiabilidad en el sistema de forma sustancial.

**Para el análisis de las baterías, Vertiv recopiló la información de los cortes eléctricos relacionados con baterías que ocurrieron en los sistemas de UPS y después proyectó el impacto de agregar servicios de monitoreo a las unidades. Estos cálculos llevaron a dos conclusiones importantes:**

- 1.** Hasta la fecha, no se ha dado ningún corte eléctrico del sistema por causa de baterías defectuosas en los sistemas en los que las baterías han recibido mantenimiento profesional y monitoreo remoto.
- 2.** Un cliente que utilice el equipo de monitoreo Albér™ para monitorear sus cadenas de baterías en el sitio, aumenta el TPEF más de dos veces en comparación con el mantenimiento preventivo solamente.

La conclusión de este análisis reafirmó que el mantenimiento proactivo de las baterías y el servicio de monitoreo remoto, aumenta la confiabilidad de las unidades que dependen de las baterías.

## Introducción

Conforme las organizaciones se vuelven cada vez más dependientes de los sistemas de centros de datos, existe una necesidad de mayor confiabilidad en el sistema eléctrico crítico. Para muchas organizaciones, la infraestructura de TI ha evolucionado en una red crítica empresarial interdependiente que incluye datos, aplicaciones, almacenamiento, servidores e interconexiones. Un corte eléctrico en cualquier punto de la red puede causar un impacto en toda la operación y causar graves consecuencias para la compañía.

En la mayoría de los casos, la capacidad para mantener los sistemas críticos en funcionamiento durante los cortes eléctricos, picos de tensión y otros problemas eléctricos impredecibles depende de la confianza en los sistemas de UPS. Sin embargo, el sistema de UPS es solamente tan confiable como las baterías que lo sostienen.

## La necesidad del mantenimiento preventivo

Los sistemas de UPS en general han sido diseñados para ofrecer la mayor confiabilidad y rendimiento a un precio asequible. Si bien solamente una pequeña fracción de la base Liebert® para UPS instalada ha experimentado un fallo de salida relacionado con la unidad alguna vez, los fallos ocurren.

Para los sistemas de UPS, los factores como la aplicación, el diseño de instalación, las condiciones de funcionamiento del mundo real y las prácticas de mantenimiento, pueden causar un impacto en la confiabilidad y desempeño de los sistemas de UPS. Prácticamente, todos los sistemas de potencia tienen componentes con vida limitada, los cuales necesitan ser reemplazados de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La confiabilidad de un sistema solamente funciona tanto como el componente con la vida más corta en la unidad y en muchos casos, este componente es la batería.

Para los sistemas de UPS, las irregularidades leves en la potencia entrante causan que se extraiga la energía de las baterías. Y conforme se descargan las baterías, disminuye su capacidad de corriente de respaldo. Otros problemas como las temperaturas altas, la corrosión, grietas y deshidratación pueden causar que la vida de una cadena de baterías se acorte incluso más.

Una forma en que los usuarios finales pueden minimizar fallos relacionados con la unidad es instituir un programa integral del MP implementado por técnicos capacitados por el fabricante original del equipo (OEM, por sus siglas en inglés). Cuando se implementan de forma correcta, las visitas de MP garantizan la máxima confiabilidad del equipo del centro de datos al brindar inspecciones sistemáticas, detección y corrección de fallos incipientes ya sea antes de que ocurran o antes de que se desarrollen en defectos importantes que resultan en costosos períodos de inactividad. Los programas habituales de MP incluyen inspecciones, pruebas, mediciones, reemplazo de partes y prácticas de gestión.

## Tiempo promedio entre fallos

Si bien las prácticas establecidas de ingeniería apoyan la necesidad de MP, Vertiv™ reconoció la necesidad de un análisis profundo que las organizaciones enfocadas en la ganancia neta, podrían utilizar para determinar sus políticas y prácticas de MP. El análisis realizado por Vertiv es el primero en la industria que cuantifica de manera concluyente el cambio en confiabilidad del sistema, debido al nivel de actividad de MP en el equipo Liebert. Vertiv cuenta con una de las bases instaladas más grandes de cualquier fabricante de UPS y una

de las bases de datos más extensas de eventos de servicio de UPS en la industria. El TPEF observado en el campo es una medida robusta de confiabilidad que utiliza la cantidad y los tipos de fallos que experimentan verdaderamente los productos en aplicaciones reales para evaluar el comportamiento del sistema. Funciona como un parámetro confiable para el modelo matemático en este análisis. En el TPEF se incorporan dos estadísticas clave, las horas de servicio acumuladas y la cantidad de fallos relacionados con la unidad. Estas se utilizan para calcular el promedio de confiabilidad en todas las unidades de una población determinada.

En general, un número de TPEF más alto, determinado en horas, indica una unidad más confiable. Por ejemplo, una unidad de UPS con un TPEF de dos millones de horas, es más confiable que una unidad con un TPEF con un millón de horas.

$$\text{TPEF} = \left[ \frac{\text{Horas de servicio acumuladas}}{\text{Cantidad de cortes eléctricos} + 1} \right]$$

Figura 1: Calcular el tiempo promedio entre fallos

La métrica de horas de servicio acumuladas se calcula con base en la cantidad de horas en un mes determinado multiplicado por la cantidad de máquinas que estaban bajo contrato con Vertiv durante el mismo mes. Una máquina se contaba como “bajo contrato” si los términos del contrato continuaban activos al último día de dicho mes.

## Análisis de UPS

La cantidad de cortes eléctricos utilizada en el análisis es un subconjunto de todos los fallos experimentados por los sistemas en la población. Este subconjunto solamente incluye fallos relacionados con la unidad ya que existen muchas causas diferentes para los fallos que van desde alguien que presione el botón de apagado de emergencia, hasta que las baterías lleguen al final de la descarga. Muchas de estas causas se pueden atribuir a errores humanos, no a la confiabilidad del sistema de UPS. Para controlar el error humano, cualquier fallo que no esté relacionado con la unidad, se eliminó del análisis inicial de TPEF. Cada corte eléctrico contabilizado en el análisis consistió en una pérdida del bus crítico y fue causado por un error de algún mecanismo interno del UPS. El modelo matemático incluirá la contribución de errores cometidos por el ingeniero de servicio tal y como se describe más adelante en este capítulo.

El análisis comenzó con la tabulación de información que cubría más de 185 millones de horas de servicio acumuladas. Además, se tabuló la cantidad de cortes eléctricos relacionados con la unidad para la muestra de 5000 unidades de las unidades de UPS trifásico Liebert® con un contrato de servicio dentro de un periodo definido de 76 meses. Una vez recopilada, la muestra se dividió en grupos con base en la cantidad de visitas de MP definidas en el contrato para un período de 12 meses.

Cuando se completaron los cálculos de TPEF, se revisó la información de cada grupo para validez a modo de asegurarse de la eficacia de la muestra y solamente se utilizaron aquellos números válidos a nivel teórico y estadístico como base para el modelo matemático.

El TPEF observado para el grupo “sin MP” resultó carecer de confiabilidad. Primero, el grupo “sin MP” consistió de unidades bajo un contrato de MP solamente para servicios de emergencia, lo que quería decir que la unidad no tenía un contrato de mantenimiento programado de forma regular. Sin embargo, es posible que estas unidades tuvieran un contrato de mantenimiento con un tercer proveedor, o que tuvieran mantenimiento esporádico con base en el tiempo y materiales de Vertiv. De hecho, el análisis posterior sugiere que se está proporcionando un poco de mantenimiento al grupo “sin MP” en algún momento en la vida de la máquina.

Además, es incorrecto decir que una unidad continuará funcionando adecuadamente sin la intervención externa una vez que expire la vida útil de ciertos componentes con vida limitada como en el caso de los capacitadores y abanicos. Para ajustarse a estas inexactitudes, se utilizó el modelo matemático para proyectar con mayor precisión el TPEF de una unidad sin intervención humana.

El TPEF para los grupos que contienen tres o más eventos de MP al año, también se consideró como inestable y no lo suficiente robusto para la base de cualquier inferencia estadística. La razón más importante para esta inestabilidad matemática es que ninguna de estas unidades experimentó ningún corte eléctrico durante el periodo de prueba. La experiencia del mundo real de ningún fallo para cualquier máquina que reciba tres o más visitas de MP, es evidencia sustancial para la necesidad de MP, pero estos números fueron muy inestables para el modelo matemático.

Esta inestabilidad proviene de dos factores importantes. Primero, si una máquina de la muestra presentó un fallo, el TPEF correspondiente se cortaría por la mitad de forma automática. En segundo lugar, la cantidad de unidades que reciben tres o más eventos de MP al año, es sustancialmente

menor al grupo que tiene dos o más eventos de MP al año. Si se combinan estos dos factores, el TPEF de las unidades que recibieron tres o más eventos de MP al año, resulta ser una medida de horas de servicio acumuladas para un grupo pequeño de unidades, no un cálculo de TPEF.

De los más de 185 millones de horas de servicio en el análisis, más del 90% estaban en el grupo con uno o dos eventos de MP. Se encontró que las cifras de TPEF para una y dos visitas de MP al año, eran confiables. Los datos se colocaron después en una distribución de probabilidades Weibull de dos parámetros que proyectó los promedios de TPEF con base en una frecuencia anual de MP.

La distribución de probabilidades Weibull, una construcción matemática ampliamente utilizada se usa como base para el modelo matemático y permite que se considere el impacto del envejecimiento del componente en el análisis. La capacidad para adaptarse al envejecimiento y otras variables permite que la distribución Weibull represente mejor la realidad que los estimados de datos que no están fundamentados.

Por ejemplo, Vertiv no tiene información sobre una pieza de equipo que nunca haya tenido un evento de mantenimiento, pero la distribución de probabilidades Weibull puede tomar la información confiable del grupo con uno o dos eventos de MP y proyectar una cifra más realista de TPEF para el grupo “sin MP”. Para el modelo matemático, se utiliza una distribución de probabilidades Weibull de dos parámetros como modelo del tiempo entre los cortes eléctricos relacionados con las unidades vs la cantidad de visitas de MP al año. Los aportes más importantes para este modelo incluyen las métricas de TPEF reales para las unidades que tienen una y dos visitas de MP al año, junto con la métrica de errores relacionados con el servicio etiquetada como “seguridad de MP”.

$$\text{Seguridad de MP} = 1 - \left[ \frac{\text{N.º cortes ocasionados por técnicos}}{\text{número de visitas de MP}} \right]$$

Figura 2: Cálculo del factor de seguridad de mantenimiento preventivo.

Se puede pensar en la seguridad del MP como la probabilidad de completar una visita de MP sin incurrir en ningún error humano relacionado con el servicio. El factor de seguridad del MP utilizado (0.99998), se deriva de datos reales de control de calidad de Vertiv y demuestra que, en promedio, con un técnico de Vertiv, más de 5000 eventos de servicio pueden ocurrir sin errores humanos relacionados con el servicio (ver la Figura 4).

### Aumento en el TPEF en comparación con Sin mantenimiento preventivo

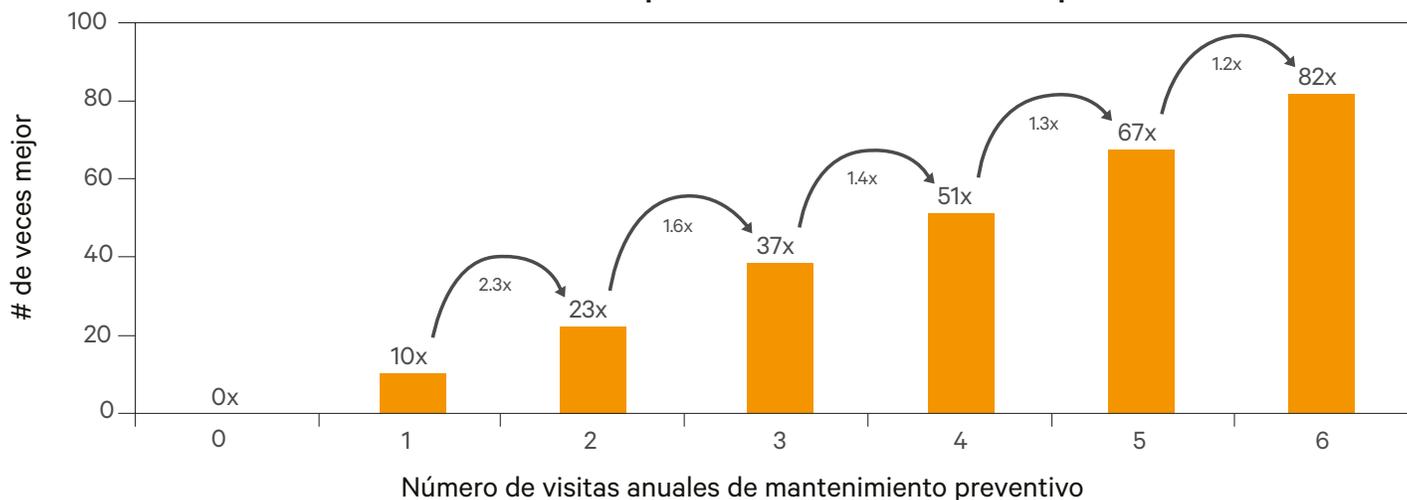


Figura 3: Un aumento en la cantidad de visitas anuales de mantenimiento preventivo, aumenta el TPEF.

El resultado del modelo se puede observar en la Figura 3 que representa las cifras esperadas de TPEF que proyectaron hasta seis eventos de MP al año. El modelo matemático incorporó datos reales de Vertiv™ para llegar a la Figura 3. El estimado de TPEF para el grupo “SIN MP” es sustancialmente menor que el TPEF observado para las unidades que solamente cuentan con contratos para servicio de emergencia con Vertiv Services, pero en consonancia con el ciclo de vida de los componentes que se deben reemplazar.

Se da un aumento sustancial en TPEF de cero a seis visitas al año. Cuando se proyectan más de seis visitas de MP al año, el TPEF comienza a nivelarse en alrededor de 19 visitas de MP al año y después disminuye lentamente en mayores niveles de mantenimiento. Este disminuye después de que un gran número de visitas de MP se pueden atribuir al hecho de que cada evento de servicio presenta la posibilidad de errores humanos relacionados con el servicio.

El factor de seguridad del MP para los técnicos capacitados de Vertiv es extremadamente alto. Se ha calculado que es un fallo causado por un técnico cada 5000 eventos de MP. El alto nivel de servicio de calidad se deriva del hecho que todos los técnicos se capacitan continuamente para mantenerse actualizados con los nuevos procedimientos, equipo, diseños y otros cambios que se han hecho. Además, cada técnico utiliza los equipos de prueba especificados por los fabricantes originales de equipos, los cuales recopilan con precisión la información de los equipos Liebert® que se encuentra dentro de los límites especificados de los procesos de calibración. Por lo tanto, se puede concluir que el riesgo de errores humanos es mínimo cuando el personal de Vertiv accede al sistema.

Es razonable asumir que un técnico que no se ha capacitado y certificado correctamente en equipos Liebert, tendrá una mayor frecuencia de errores que un técnico de Vertiv. Además, sin el equipo de prueba especificado del fabricante, es razonable asumir que la configuración y la recopilación de datos podría ser inexacta, o no estar dentro de los límites especificados de los procedimientos de calibración. En un esfuerzo por tener en cuenta estos entrenamientos y estándares de calidad, se comparan distintos factores de seguridad del MP en la figura 4. Un técnico de Vertiv con un factor de seguridad del MP de 0.99998 tendrá ventaja en confiabilidad de la unidad en hasta 19 eventos de servicio de MP al año, después de lo cual el rendimiento es decreciente.

En teoría, la confiabilidad de la unidad de UPS aumenta en hasta 19 eventos de MP por año, pero en realidad, Vertiv no recomendaría este alto nivel de actividad de mantenimiento. Más bien, dos o más eventos de mantenimiento al año aumentarían de forma sustancial la confiabilidad de la unidad. Para un técnico que no cuente con capacitación de fábrica y con una mayor frecuencia de errores (o un fallo causado por técnico por cada 100 eventos de MP), la confiabilidad de la unidad solamente aumentará a una visita de MP al año antes de alcanzar un rendimiento decreciente. Esto demuestra que un aumento en eventos de MP aumentará la confiabilidad solo si el técnico que completa el trabajo tiene una frecuencia de errores muy baja. La figura 4 ilustra la sólida relación entre una capacitación adecuada y el TPEF.

## Análisis de las baterías

Al darse cuenta de la necesidad de métricas para comprender el impacto del MP y servicios de monitoreo remoto en las cadenas de baterías, Vertiv llevó a cabo un segundo análisis utilizando cuatro grupos de clientes con los siguientes atributos: sin mantenimiento o monitoreo de la batería; solamente mantenimiento de la batería; monitoreo de la batería en el sitio; y mantenimiento de la batería y monitoreo remoto juntos, llevado a cabo por un experto en sistemas confiable. El estudio llevado a cabo por Vertiv™ cuantifica el cambio en la confiabilidad del sistema debido a la presencia de sistemas de mantenimiento y/o monitoreo de la batería.

El análisis comenzó recopilando información de más de 700 millones de horas de servicio acumuladas que cubrían contratos de servicio de un período definido de 41 meses. Durante el mismo período, también se recopiló la cantidad de cortes eléctricos del sistema a causa de las baterías malas.

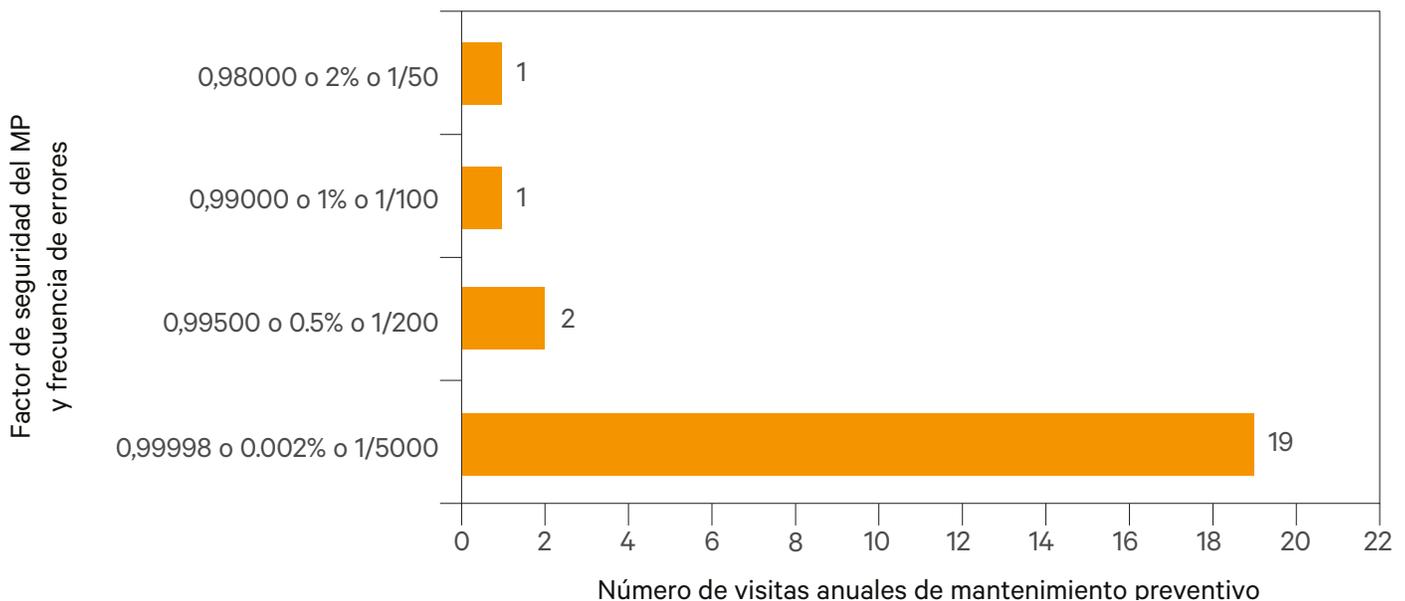
Utilizando los conjuntos de datos anteriores, se realizó una comparación de los cortes eléctricos contra el conjunto de productos respectivo. Una vez completado, se encontraron varios resultados considerables en relación a la importancia tanto del mantenimiento como del monitoreo (ver la figura 5 para los resultados del estudio).

Primero, Vertiv encontró que el mantenimiento preventivo de las cadenas de baterías aumentó la disponibilidad del sistema completo y que los clientes sin mantenimiento preventivo eran vulnerables a unidades caídas. Por ejemplo, un análisis de clientes que no contaban con mantenimiento o monitoreo de batería implementado, encontró que el 37 por ciento de todas las unidades caídas se debía a baterías en mal estado.

Además, el estudio encontró que los clientes que tenían un sistema de monitoreo de baterías Albér™ instalado en su sitio, tenían una frecuencia menor de cortes eléctricos por causa de baterías malas. Si bien se continuaban dando cortes eléctricos, los incidentes eran aislados a casos en que los clientes no estaban vigilando su sistema, o que no sabían cómo analizar adecuadamente la información proporcionada por el monitor. Esto indica la necesidad de expertos que monitoreen los datos de la alarma de forma correcta, y que mantengan el sistema de forma adecuada.

El estudio también encontró un incremento de TPEF entre los contratos regulares de servicio para baterías y aquellos con un dispositivo para el monitoreo de baterías instalado en su sitio. El TPEF de un sitio con una unidad Albér más que duplicó el TPEF en comparación con un sitio sin esta. Esto indica que agregar un dispositivo de monitoreo de batería instalado en el sitio de un cliente y monitoreado por este, también aumentará la disponibilidad de estos sistemas de baterías.

**Cantidad de eventos de MP en los que el TPEF alcanza un máximo con respecto al factor de seguridad de MP**

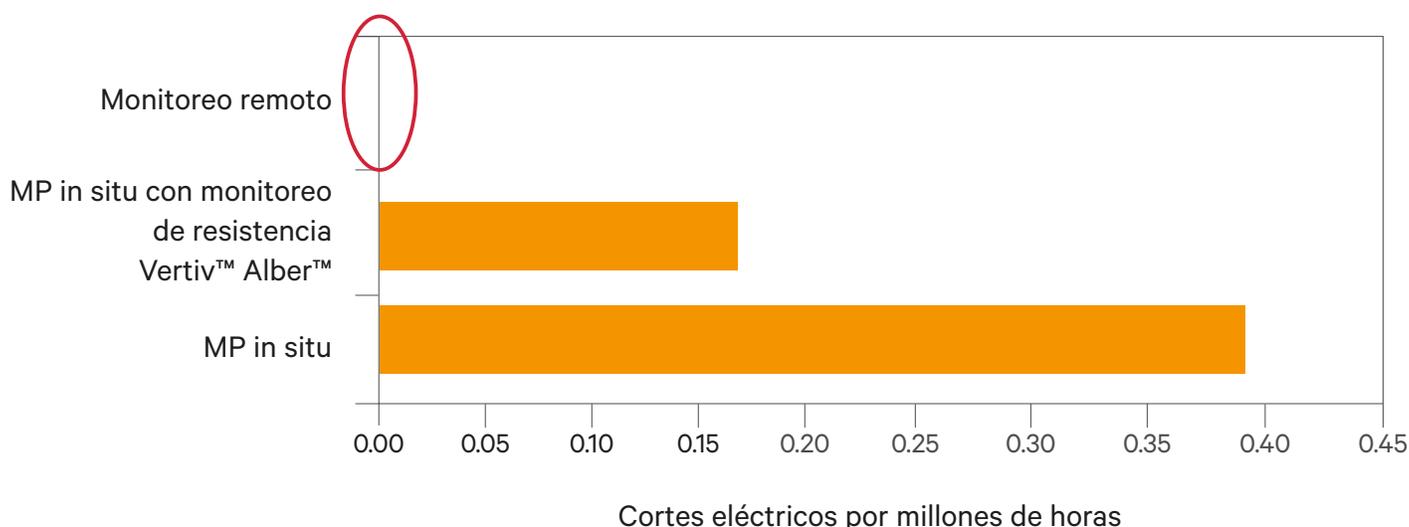


*Figura 4: Los técnicos capacitados y certificados en fábrica con un factor de seguridad de MP de 0.99998 podrían dar una ventaja en confiabilidad de la unidad en hasta 19 eventos de servicio de MP al año, después de lo cual el rendimiento es decreciente.*

Por último, y tal vez más importante, el estudio encontró que los clientes que contaban tanto con mantenimiento de baterías y monitoreo remoto, no habían experimentado ningún corte eléctrico por causa de baterías malas durante el lapso de tres años y medio. Esto demuestra el aumento de la confiabilidad en el equipo cuando son profesionales los que monitorean los sistemas en todo momento y se utilizan técnicos altamente cualificados para servicios de MP.

Debido a que no se dio ningún corte en ninguno de los sitios que contaban tanto con mantenimiento preventivo como monitoreo remoto, no hubo un TPEF importante. La cantidad generada solamente podía ser una cantidad acumulada de horas en que las cadenas de baterías funcionaron de forma continua. Sin embargo, el análisis confirmó que el mantenimiento preventivo mensual y el monitoreo de sistemas de baterías puede disminuir significativamente el porcentaje de unidades caídas.

### Ejemplo de TPEF de las baterías



*Figura 5: Los sistemas con mantenimiento solamente muestran una alta confiabilidad. Los sistemas monitoreados por personal in situ presentan un tiempo de operación mucho mayor antes de un fallo que con el mantenimiento solamente. Además, con la combinación de mantenimiento y monitoreo remoto por técnicos expertos, no se ha experimentado ningún corte eléctrico por causa de baterías malas.*

## Conclusión

Este análisis de datos de servicio para UPS y sistemas de baterías es una mirada preliminar a la relación entre el MP y la confiabilidad en el sistema. No se presta para conclusiones integrales. Más bien, la interpretación es directa y específica. La cantidad de visitas de mantenimiento preventivo y el nivel de capacitación de un técnico causan un impacto sustancial en la disponibilidad del sistema. Además, la combinación de mantenimiento preventivo con monitoreo, aumenta de forma sustancial la disponibilidad de la batería.

La investigación respalda la recomendación de al menos dos visitas de MP para el UPS al año, en conjunto con la implementación del mantenimiento mensual de la batería, así como un programa de monitoreo. Según el costo del período de inactividad para una aplicación en particular, se puede lograr un alto retorno de la inversión en muchos casos al aumentar la frecuencia del MP y/o del monitoreo.



**Vertiv.com | Oficinas Centrales de Vertiv, 1050 Dearborn Drive, Columbus, OH, 43085, EE. UU.**

© 2022 Vertiv Group Corp. Todos los derechos reservados. Vertiv™ y el logo de Vertiv son marcas o marcas registradas de Vertiv Group Corp. Todos los demás nombres y logos a los que se hace referencia son nombres comerciales, marcas, o marcas registradas de sus dueños respectivos. Aunque se tomaron todas las precauciones para asegurar que esta literatura esté completa y exacta, Vertiv Group Corp. no asume ninguna responsabilidad y renuncia a cualquier demanda por daños como resultado del uso de esta información o de cualquier error u omisión. Las especificaciones, los reembolsos y otras ofertas promocionales están sujetas a cambio a la entera discreción de Vertiv y mediante notificación.