

# El potencial de la generación distribuida en países con energía eléctrica inestable

En este tercer artículo sobre las oportunidades profesionales para los ingenieros técnicos industriales, el autor expone su punto de vista sobre la previsible implantación masiva de soluciones de generación distribuida en regiones del mundo donde estas tecnologías son la única solución viable para el desarrollo

## Santos Lozano Palomeque

Tengo el pleno convencimiento de que la generación distribuida es altamente competitiva con las energías convencionales, y que estamos asistiendo al nacimiento de una nueva forma de utilizar la energía que ya es rentable en múltiples escenarios y aplicaciones. Además de considerar los costes relativos de la energía obtenida con diferentes tecnologías, tenemos el apasionante reto de optimizar aplicaciones integrando soluciones modernas de generación de energía con cargas de alta eficiencia energética utilizando, además, las posibilidades que nos proporciona la automatización con elementos tales como telegestión, control con variadores de frecuencia, relés de corriente, autómatas o controladores programables, inversores cada vez más avanzados, las redes inalámbricas y otras muchas soluciones más. Un apasionante campo de trabajo para nuestra profesión está despegando gracias a decenios de desarrollo de tecnologías como la fotovoltaica y la electrónica de potencia por mencionar algunas. Tecnologías maduras y competitivas están ya disponibles para acometer el reto de generar no solamente a nivel doméstico sino para el desarrollo de aplicaciones productivas en el sector terciario, agroindustrial e incluso industrial.

## Falta de energía eléctrica

En los países con energía eléctrica estable (que no son demasiados) el potencial es grande; sin embargo, la recuperación de las inversiones es mucho más rápida en aquellos lugares en los que la disponibilidad de energía eléctrica es insuficiente por falta de potencia, los cortes de fluido eléctrico son frecuentes y son especialmente rápidas donde la energía debe producirse a partir de hidrocarburos fósiles.

En los países con energía eléctrica inestable el despliegue masivo de la generación distribuida puede ser también importante para conseguir aumentar la fiabilidad del suministro eléctrico, una cuestión crítica en muchos procesos.

Son muchos los estudios que han llegado a esta conclusión, y también lo corrobora mi experiencia analizando los costes que soportan los usuarios o las dificultades para acceder a la energía y desarrollando soluciones de energía distribuida. En muchos de estos escenarios he encontrado aplicaciones en las que la inversión en proyectos de energía se recupera en tan solo unos pocos meses. Pero también hay que advertir que las soluciones pueden ser muy complejas y el índice de penetración de las energías renovables no podrá ser muy elevado en los sistemas complejos.

En ese nuevo artículo sobre oportunidades profesionales en Sudamérica y África esbozamos brevemente las posibilidades que tiene la generación distribuida en estas regiones del mundo. Desde 2007 vengo trabajando en la implementación de proyectos de generación distribuida en estos países. Los inicios fueron complicados, pero progresivamente fui encontrando nichos de mercado, resolviendo innumerables dificultades técnicas y operativas y diseñando estrategias para el desarrollo de proyectos. En este artículo expongo algunas ideas sobre las posibilidades de desarrollo de estas actividades que previsiblemente pueden surgir en los próximos años en todas las economías emergentes, que son las que actualmente impulsan el crecimiento de la economía mundial. Tras estos años, creo que la implantación masiva de soluciones de generación distribuida tiene que llegar a muchos territorios pues es la única solución viable

para lograr el desarrollo. De hecho, cuando intenté iniciar estos proyectos en varios países de Sudamérica ninguna de las personas con las que contacté había visto nunca un panel fotovoltaico, pero con la caída del precio de esta tecnología a partir de 2009, el crecimiento de la fotovoltaica está siendo muy destacable.

Para implantar soluciones de generación distribuida en Sudamérica y África es necesario transferir tecnología desde los países con más experiencia; pero resalto que lo importante es transferir tecnología a modo de conocimientos técnicos, y no suministrar equipamiento que dará problemas al poco de ser usado. Al hablar de tecnología me refiero especialmente a la implantación de soluciones técnicas que conllevan rigor en cálculos de ingeniería específicos para cada proyecto. La hidráulica, la transmisión de calor, entender el correcto funcionamiento de las máquinas rotativas y especialmente el de las bombas centrífugas son cuestiones vitales para solventar la complejidad de este tipo de diseños y conseguir implantar soluciones que satisfagan las expectativas del usuario.

En este artículo de la serie de oportunidades para la ingeniería en Sudamérica y África me centraré especialmente en describir aquello que puede encontrar alguien de nuestra profesión que desembarque en cualquiera de estos países para emprender actuaciones técnicas en generación distribuida.

## Los principales fracasos

Cualquiera que intente empezar a trabajar en generación distribuida en Sudamérica o África se verá irremisiblemente arrastrado al estudio e implementación de grandes proyectos. Hay avidez de energía y eso impulsa la promoción de proyectos



Las explotaciones mineras en la cordillera andina (en la imagen, una mina en Perú) consumen mucha energía y precisan soluciones de generación distribuida. Foto: S.L.P.

de grandes dimensiones para clientes individuales o pequeñas empresas. Por mucho que lo tratemos de evitar, una y otra vez nos veremos implicados en lo mismo y siempre fracasaremos. En el caso hipotético de que consiguiésemos alguno de esos proyectos tendríamos graves problemas de ejecución, pues es un desafío trabajar con las cargas existentes en estos escenarios y nos surgirán problemas ambientales no previstos inicialmente. Estos proyectos provocarán serios apuros financieros y en caso de que terminemos el proyecto con casi total certeza en pocos meses surgirán problemas que los usuarios no podrán resolver. Nadie invierte más de unos pocos miles de euros en una tecnología que desconoce.

Cada vez que me he dejado involucrar en este tipo de proyectos he fracasado, y los resultados solamente ha venido cuando he conseguido mentalizar a partners y clientes de la importancia de plantear la generación distribuida a pequeña escala pero integrada en las instalaciones existentes y resolviendo problemas concretos encontrados en cada lugar. No se trata de que un ingeniero diseñe grandes proyec-

tos desde miles de kilómetros de distancia (llamo grandes a proyectos de 25 kW) para producir energía directamente en las cargas existentes. Las cargas en Sudamérica y África distan mucho de ser eficientes energéticamente. Son más bien todo lo contrario, por lo que solamente trabajando con las cargas podemos diseñar aplicaciones viables. Además, cuanto menos desarrollado esté un país más sobredimensionadas estarán las cargas por la carencias en electricistas cualificados y más inviable resultará la conexión directa a las instalaciones de generación.

La implantación masiva de la generación distribuida en África y Sudamérica es a mi parecer solo cuestión de tiempo, y estoy convencido de que la principal restricción a su desarrollo es la carencia de ingenieros cualificados capaces de aportar los conocimientos requeridos para dimensionar unos proyectos que realmente son técnicamente complejos. Una disponibilidad de energía limitada que debe ser gestionada con máximo rigor es el marco idóneo para nuestra profesión.

Los retos son muchos, y entre mis experiencias destaco la de la capacitación

de personal local como uno de los requisitos fundamentales para empezar a implantar soluciones de generación distribuida.

En Sudamérica y África he tomado datos de cientos de instalaciones, inspeccionado, fotografiado y evaluado problemas de todo tipo y dimensión. Estos proyectos los hemos analizado en el centro de las ciudades, en poblamientos periféricos, en bosque tropical lluvioso, selvas vírgenes, desiertos, en condiciones de altitud superiores a 4.000 m e incluso en los territorios antárticos donde opera el ejército chileno. Existen patrones comunes que trataré de recopilar a continuación explicando sobre todo las dificultades técnicas que encontré durante estos años y las principales formas de utilizar la energía en diferentes ambientes y los nichos de negocio que aparecen según tipos de escenarios.

### **Generación distribuida según la disponibilidad de energía**

Las formas de usar la energía condicionan el tipo de proyecto de generación distribuida que puede implementarse, por lo



Instalación típica de inversor y batería en Puerto Príncipe (Haití) para protegerse de los apagones. Foto: S.L.P.

que es importante conocer los distintos escenarios de utilización de la energía y los costes que actualmente soporta el usuario. Estos costes son muy diferentes entre países; es más cara en lugares como Chile, Uruguay, República Dominicana y Panamá y más barata en lugares como Venezuela, Bolivia y Perú. En general, en las islas los costes y los problemas de suministro serán más elevados y las posibilidades de la generación distribuida son mayores (por ejemplo, Caribe e islas del cono sur). Sin embargo, en países con energía estable y energía subsidiada como Perú y Bolivia, solamente podremos plantear estos proyectos en las zonas aisladas y para paliar grandes desplazamientos para obtener energía.

En la Amazonía, por ejemplo, el combustible solamente puede obtenerse en extensos territorios por vía fluvial o aérea, por lo que resulta costoso obtenerla. Infinidad de posibilidades para la generación distribuida encontraremos en la agroindustria, agricultura, silvicultura o actividades piscícolas. Desplazarse en avioneta para adquirir combustible es común por ejemplo en el Beni boliviano.

Pero, además de estas consideracio-

nes, debemos analizar cuál es la disponibilidad de energía en cada punto y cómo está condicionada su utilización para el usuario. Según mi experiencia los grupos que hay que considerar para desarrollar proyectos de generación distribuida son los siguientes:

**1. Zonas con energía eléctrica estable:** La energía estable la encontraremos en las ciudades de la mayoría de los países, aunque en algunos como República Dominicana, Venezuela y Haití existen problemas endémicos de cortes en el suministro eléctrico, los famosos apagones. Aquí existe un interesante nicho de negocio para la generación distribuida en el sector comercial, pues en muchos países los costes soportados por los usuarios son muy elevados y siguen creciendo. En República Dominicana encontré negocios que se habían visto obligados a cerrar por no ser capaces de soportar los costes de la energía. No obstante, hay que indicar que la rentabilidad de las inversiones en zonas sin problemas eléctricos son mucho menores. En algunas regiones, como la República Dominicana, se vienen implantando ya soluciones de autoconsumo utilizando inversores de conexión a red.

**2. Zonas con energía eléctrica inestable o insuficiente:** El incremento de la demanda eléctrica, las redes de transmisión y distribución obsoletas en muchas regiones y el crecimiento desordenado en la periferia de las ciudades de África y Sudamérica hace que cada vez sea más difícil satisfacer la demanda de la población. Este problema está frenando el crecimiento económico de muchos países.

El número de horas de electricidad de las que dispone el usuario puede ser muy bajo en todo el día (unas seis horas de luz al día), pues las distribuidoras van rotando el suministro eléctrico entre distintos barrios. Surgen problemas graves para la conservación de los alimentos y prosperan las toxiinfecciones alimenticias. En estas zonas encontraremos, además, problemas de calidad de la energía que dificultarán o impedirán el uso de cargas de alta eficiencia energética imprescindibles para trabajar en generación distribuida. Entre los problemas que he podido detectar destaco caídas de tensión, fluctuaciones, picos de tensión, inestabilidades de suministro de tensión en grupos electrógenos y cortocircuitos en cables.

En los países con grandes distancias entre ciudades como Chile, Perú y Argentina hay muchas zonas donde la potencia disponible es insuficiente. La industria pesada como la minería necesita energía y la disponibilidad para la población decrece. En estas zonas encontraremos los principales nichos de mercado para la generación distribuida, ya que existe una actividad económica importante con problemas energéticos de toda índole. He encontrado muchas industrias con toda la producción vendida cuyo principal problema es no poder fabricar por falta de energía. La inestabilidad en la energía impedirá el uso de equipos eléctricos básicos como los de refrigeración. La población soluciona el problema usando generadores de apoyo, inversores-cargadores y baterías de apoyo, un sistema muy ineficiente y costoso.

En estos ambientes el diseño de sistemas híbridos que utilicen energías renovables son aplicaciones óptimas pero difíciles de implementar. Un sistema híbrido integra diferentes tipos de energía en un mismo sistema de generación: redes inestables, generadores diésel y energía eólica y fotovoltaica. A partir de varias fuentes de energía el sistema determina en cada momento cuál es la más rentable y permite suplir las fluctuaciones de las energías renovables eólica y fotovoltaica.



Instalación fotovoltaica aislada ubicada en Santo Domingo (República Dominicana) como medio para protegerse ante los apagones. Foto: S.L.P.

**3. Zonas aisladas:** Las zonas aisladas de las redes eléctricas convencionales son muy extensas tanto en Sudamérica como en África y la generación distribuida independiente de la red es la única alternativa viable para disponer de energía más allá de los generadores convencionales. Grandes distancias, baja densidad de población y condiciones ambientales complejas para las líneas eléctricas dificultan la electrificación de zonas extensas. En las regiones amazónicas, por ejemplo, los escollos técnicos pueden ser casi insalvables. Nuevamente, los sistemas híbridos de generación distribuida son la opción más conveniente, en este caso sin disponibilidad de redes eléctricas convencionales. Disminuir el número de horas de funcionamiento de los generadores diésel es una cuestión crítica para poder aumentar la competitividad empresarial en estos escenarios. El encarecimiento de los hidrocarburos hace que la gente cada vez apague más tiempo los generadores y esto origina problemas.

En general, todos estos sistemas funcionan de la misma forma pero hay muchas diferencias de rendimiento y es necesario solucionar los problemas que surgen

al aplicarse a determinadas cargas más exigentes (bombas, compresores, etcétera). Mi experiencia en España es que la generación distribuida es efectiva, pero es muy importante un cuidadoso dimensionado y eliminar en todo lo posible pérdidas y perturbaciones originadas por las cargas. Si no se hace así los sistemas no funcionarán correctamente. En Sudamérica y África el problema se agudiza por la falta de personal cualificado y experiencia en estas tecnologías.

#### Costes de almacenamiento

La mayor restricción a la generación distribuida la tendremos si es necesario almacenar energía, pues los costes de almacenamiento son elevados (normalmente en baterías de plomo ácido en tecnología OPzS) y las baterías tienen un comportamiento de carga/descarga no lineal. En Sudamérica y África el uso de estas baterías es muy reducido, aunque las he podido ver en algunas ocasiones en instalaciones de telecomunicaciones. Normalmente encontraremos baterías de plomo ácido de arranque de muy baja calidad que imposibilita su uso en generación distribuida. De hecho, si montamos insta-

laciones de generación distribuida y utilizamos baterías siempre tendremos problemas. En los países que usan muchas baterías, como la República Dominicana y Haití, las baterías se someten a descargas continuas sin tener en cuenta la profundidad de descarga, por lo que la duración de las mismas no será nunca superior a los dos años.

Las mejores posibilidades las tendremos cuando podemos automatizar el uso de las cargas para hacer coincidir la demanda con los momentos de producción de energías renovables y obtenemos unas tasas de conversión de energía elevada. El aprovechamiento de la energía de forma directa en los momentos en los que es más barata producirla es la forma más eficaz de obtener tasas de retorno cortas en estas inversiones.

---

**Santos Lozano Palomeque** es ingeniero técnico industrial especialista en diseño de aplicaciones que integran el uso de la energía y las máquinas. En los últimos años centra su trabajo en el desarrollo de soluciones de generación distribuida en nuevas aplicaciones en las que las energías renovables son ya competitivas. [tecnoce@telefonica.net](mailto:tecnoce@telefonica.net)