

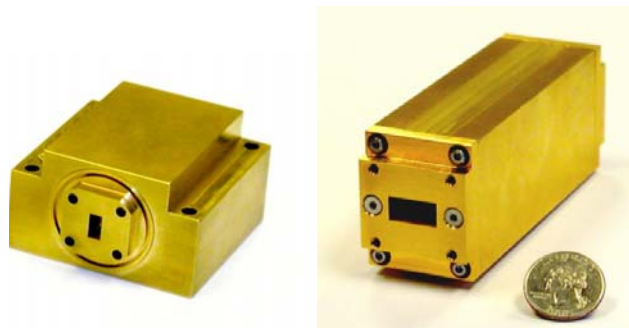
# Vía satélite

# Informe centrado en la

# tecnología

# Combinación de potencia

# espacial



**Amplificador distribuido de 16 W 30-31 Ghz PowerStream (izquierda) y amplificador de elementos apilados de 50 W 14-14,5 GHz PowerStream (derecha)**

*La demanda de mayor velocidad de datos y movilidad en las comunicaciones satelitales genera la necesidad de obtener amplificadores de potencia más pequeños, livianos, eficaces y menos costosos. Un enfoque innovador en el cual la potencia combina salidas de transistores de estado sólido en el espacio libre dentro de una guía de onda ofrece los gabinetes compactos, eficientes y resistentes necesarios para estar a la altura de estos desafíos.*

Los proveedores de servicios satelitales están de acuerdo en que lo que los clientes quieren es el más alto nivel en servicios al menor costo. Para los usuarios que necesitan velocidades de datos altas, los equipos de bajo consumo ubicados en las instalaciones del cliente no satisfacen sus necesidades. Sin embargo, las enormes antenas con los voluminosos equipos de radiofrecuencia no resultan atractivos. Para los usuarios que valoran la movilidad, no existen muchas soluciones. Una de las respuestas es usar amplificadores de potencia de estado sólido (solid-state power amplifiers, SSPA) más pequeños y livianos, que ofrecen una alta potencia de radiofrecuencia (RF) y a la vez, gastan menos CC, por lo cual se reduce el tamaño y el costo de la terminal completa.



545 West Terrace Drive, San Dimas, CA 91773

Tel.: +1 (909) 599-9080

Correo electrónico: [sales@wavestream.com](mailto:sales@wavestream.com) Sitio web: [www.wavestream.com](http://www.wavestream.com)

## **El dilema del estado sólido**

El uso de los transistores de estado sólido para la amplificación de potencia se ha extendido radicalmente, pasando por los teléfonos celulares y las terminales satelitales, debido a su alta confiabilidad, tamaño compacto y bajo costo. Las aplicaciones de los SSPA en las comunicaciones satelitales se han visto limitadas por la cantidad de potencia generada por los transistores individuales y la capacidad para combinar de manera eficiente la potencia de salida de varios transistores.

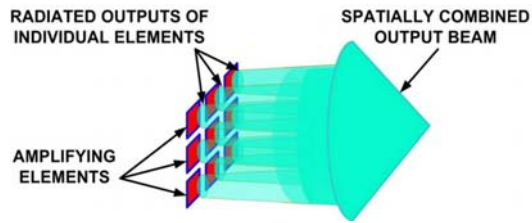
La forma más común de combinación de potencia, la combinación de líneas de cinta binaria, combina de manera eficaz sólo unas 16 salidas de transistor en un único chip. La eficiencia de combinación binaria se deteriora a medida que aumenta la cantidad de transistores combinados, debido a una pérdida óhmica en las etapas adicionales de combinación.

Actualmente, los circuitos integrados de microondas monolíticas (microwave monolithic integrated circuit, MMIC) disponibles en el mercado que utilizan esta combinación alcanzan una potencia máxima de unos 8 W en banda Ku y 4 W en banda Ka.

La demanda de una mayor potencia de la que ofrecen los MMIC individuales dio origen a arquitecturas de SSPA que combinan muchas salidas de MMIC con líneas de cinta o guías de onda. Estas redes de combinación son voluminosas y generan pérdidas, por lo cual la fabricación de los SSPA es costosa, y los productos son demasiado grandes y pesados para muchas de las aplicaciones móviles.

## **La ventaja de la combinación de potencia espacial**

El amplificador combinado con potencia espacial emplea una técnica diferente para combinar las salidas de los transistores. En lugar de hacerlo en varios pasos, lo cual aumenta la pérdida y el tamaño con cada etapa de combinación, todas las salidas de los transistores se combinan en un único paso. Muchos elementos de amplificación amplifican de manera simultánea la señal de entrada y las salidas se combinan en el espacio libre para obtener una eficacia de combinación muy alta (figura 1).

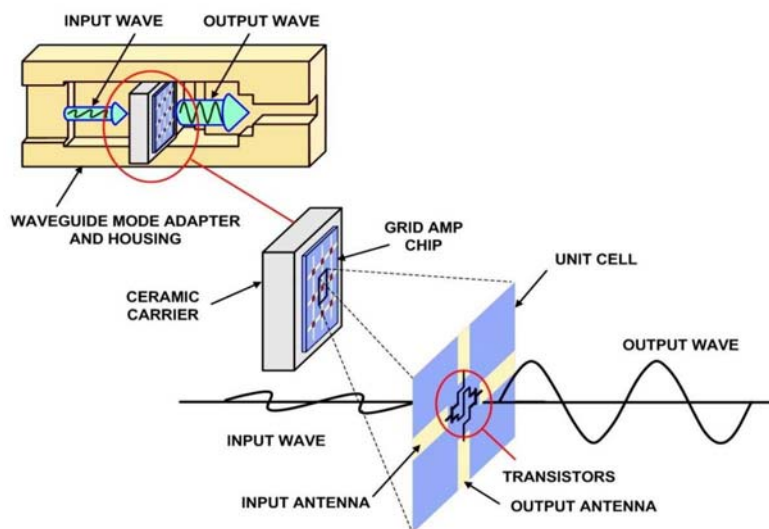


**Figura 1.**  
**Combinación de potencia espacial de muchos elementos en una única etapa de combinación**

Se han utilizado dos enfoques de combinación de potencia espacial para desarrollar SSPA basados en guías de onda. El amplificador distribuido, que funciona a frecuencias de ondas milimétricas, usa una única etapa de salida con chips y una distribución o gama de pares de transistores. El amplificador de elementos apilados, que funciona a frecuencias de microondas, apila tarjetas que contienen chips de amplificadores MMIC tradicionales para la combinación espacial de las salidas. Ambos logran una densidad de gran potencia y una alta eficiencia.

### Cómo funcionan los amplificadores distribuidos

El amplificador distribuido PowerStream™ contiene chips de amplificador distribuido incluidos directamente en la guía de onda. Un chip de amplificador distribuido integra cientos de transistores de onda milimétrica y combina sus salidas en una única etapa *en el aire*. El chip se monta en un soporte de cerámica transparente de radiofrecuencia en un gabinete de guía de onda especialmente diseñado (figura 2) y recibe su entrada directamente desde un incidente de haz en la parte posterior del chip.



**Figura 2.**

### El amplificador distribuido PowerStream combina las salidas de cientos de transistores en un solo chip.

El chip del amplificador distribuido contiene un patrón distribuido denso de “celdas de unidad”, cada una de las cuales posee un par de transistores de amplificación conectados a una entrada ubicada perpendicularmente y a cables de “antena” de salida. Estos cables se unen a una porción de la onda de entrada de radiofrecuencia en cada celda de unidad e irradian las salidas amplificadas de cada par de transistores desde el chip. Estas salidas se combinan de manera coherente en un haz de espacio libre, lo cual elimina la costosa combinación de líneas de cintas que se utilizan en los MMIC tradicionales. El chip y el soporte se montan en un gabinete de guía de onda diseñado para garantizar que las ondas de entrada y salida se unan con el chip de manera eficiente. Un “adaptador de modo de guía de onda” acepta entradas de guía de onda en modo único estándar, distribuye la potencia de entrada de radiofrecuencia de manera uniforme en toda la parte posterior del chip y vuelve a reunir el haz de salida en una salida de guía de onda estándar. De manera mecánica, esta unidad también ofrece la eliminación del calor y un gabinete compacto y resistente.

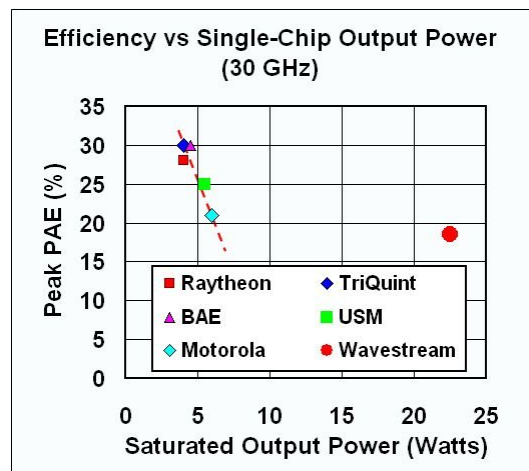
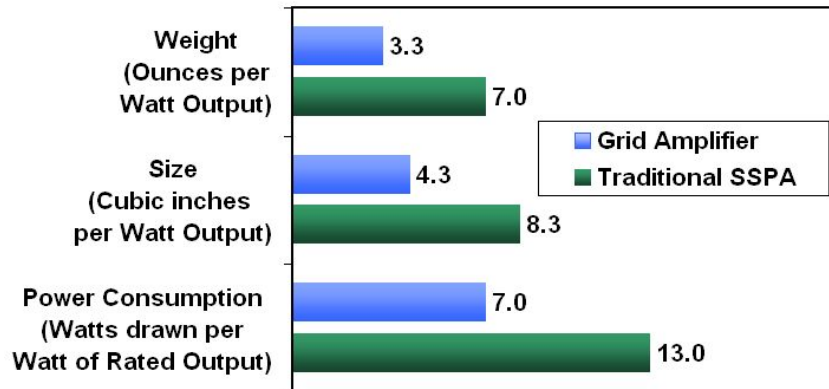


Figura 3.

**El amplificador distribuido PowerStream ha demostrado una potencia de salida de radiofrecuencia de chip único de 20 W con un 19% de eficiencia a 30 GHz.**

Los amplificadores distribuidos son altamente lineales, en especial en lo concerniente al rebrote espectral en sistemas multicanal, y cumplen con las exigencias de un soporte único en cuanto a la saturación. Estos amplificadores son resistentes a condiciones adversas de carga, muy reproducibles para la producción de volumen sin que se los deba sintonizar manualmente uno por uno, y tienen un alto grado de confiabilidad con una degradación muy digna. Un resumen comparativo de los amplificadores distribuidos PowerStream y los SSPA tradicionales en la amplitud de nivel de potencia de entre 15 y 50 W (figura 4) muestra que el tamaño, el peso y el consumo se reducen en un 40 al 60%.



**Figura 4.**

**Comparación del amplificador distribuido PowerStream y los SSPA tradicionales**

### **Beneficios del sistema**

La gran capacidad de potencia, y el tamaño y el consumo reducidos de estos amplificadores brindan beneficios a nivel del sistema en comparación con otros enfoques de estado sólido, lo que incluye:

- Capacidad de alcanzar mayores potencias de salida sin combinaciones complejas o costosas, lo cual reduce el tamaño, el peso y el costo
- Carga de CC reducida para una potencia de salida dada: minimiza el costo y el tamaño del suministro de potencia
- Carga térmica reducida: se reduce considerablemente el tamaño y el peso del sistema
- Menores costos de componentes *además de* importantes reducciones de otros costos del sistema

Entre los beneficios para los desarrolladores de sistemas de comunicación satelital en comparación con los enfoques con tubo de onda progresiva se incluyen:

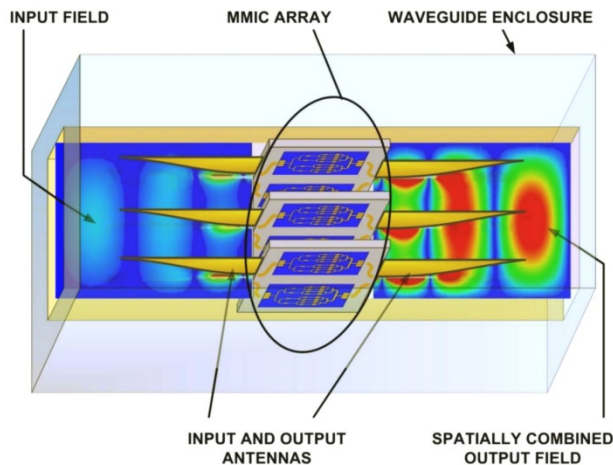
- Ciclos de vida útil más prolongados: se reducen los costos del ciclo de vida útil porque se realizan menos reemplazos
- Flexibilidad de diseño físico mejorada gracias al tamaño compacto y al poco peso
- Alimentación simple de bajo voltaje
- Menores costos de componentes *además de* importantes reducciones de otros costos del sistema

Los amplificadores distribuidos PowerStream se pueden utilizar para una variedad de aplicaciones de imagen y comunicación, y son aptos para los sistemas de comunicación satelital actuales. Su alta potencia de salida a bajo costo fortalece los proyectos comerciales de los proveedores de servicios, ya que se obtienen ingresos a través de mayores velocidades de datos y disponibilidad, a la vez que se reducen los costos del ciclo de vida útil, debido a que se mejora la confiabilidad del sistema y se reducen los costos de las terminales.

### **Cómo funcionan los amplificadores de elementos apilados**

El amplificador de elementos apilados PowerStream™ contiene un conjunto de chips de amplificación de MMIC de estado sólido montados en tarjetas que se apilan en una caja de

guía de onda (figura 5). Cada tarjeta tiene antenas de entrada que reciben una porción de la señal de entrada y antenas de salida que irradian una porción de la salida amplificada. Estas se combinan de manera coherente dentro de la guía de onda, lo cual genera la salida de gran potencia.



**Figura 5.**

**El amplificador de elementos apilados PowerStream combina a nivel espacial las salidas de las tarjetas apiladas en una guía de onda.**

Existen dos aspectos de la arquitectura de los amplificadores de elementos apilados que brindan importantes ventajas en comparación con los SSPA tradicionales que utilizan combinaciones de guía de onda o líneas de cinta. El primero es la etapa única de combinación en el aire, lo cual los hace muy eficientes. El amplificador de elementos apilados ha demostrado una eficacia de combinación del 90%, independientemente de la cantidad de dispositivos que se combinen, mientras que la eficacia de la combinación binaria de los SSPA tradicionales disminuye a medida que aumenta la cantidad de elementos.

El segundo aspecto es la flexibilidad del enfoque de las tarjetas apiladas, que impacta directamente sobre el costo y la eficacia del amplificador. Con esta arquitectura, la cantidad de tarjetas y de chips por tarjeta puede variar, a fin de alcanzar una óptima potencia de funcionamiento con los mínimos MMIC. La potencia disponible a nivel del chip determina de manera directa la cantidad de chips necesarios para lograr el nivel de salida deseado, mientras que en la combinación de potencia binaria, la cantidad de chips debe ser una potencia de dos. Esto mantiene la alta eficacia y el bajo costo recurrente del amplificador de elementos apilados.

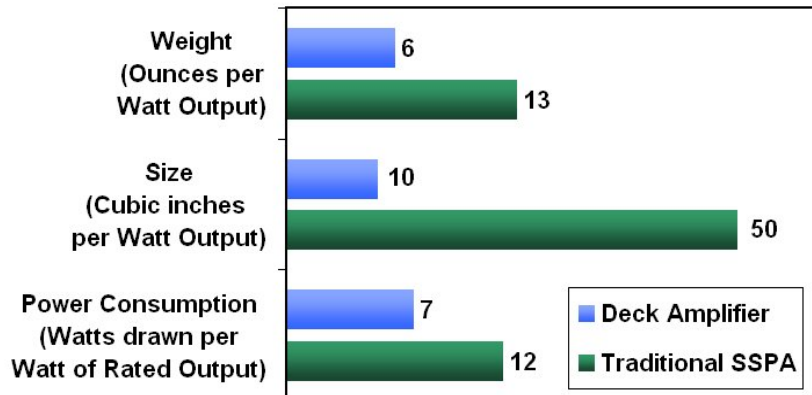
### **Capacidad del amplificador de elementos apilados**

La flexible arquitectura del amplificador de elementos apilados hace posible abordar una amplia gama de niveles de potencia de salida. Las limitaciones comienzan mediante la potencia de salida de chip único disponible y el espacio para apilar las tarjetas de la guía de onda. En la banda Ku, los amplificadores de elementos apilados PowerStream pueden proporcionar 150 W en un gabinete de 12 pulg3.

El tamaño reducido de este amplificador se mejora, ya que se reduce la termogestión necesaria para enfriarlo, debido a su alta eficacia. Las unidades SSPA de 14 a 14,5 GHz de 30 W consumen más de 300 W CC. Un SSPA con un amplificador de elementos apilados consume

aproximadamente 180 W. Esta disminución del 40% en el consumo energético reduce considerablemente el tamaño y el peso del sistema de enfriamiento y del disipador térmico.

Wavestream ha demostrado el funcionamiento de amplificadores de elementos apilados de 30 y 50 W en un gabinete de 12 pulg<sup>3</sup>, con > 25% PAE para una salida de 30 W. Un resumen comparativo del amplificador de elementos apilados PowerStream y los SSPA tradicionales muestra una reducción del tamaño, el peso y la CC del 40 al 80% (figura 6).



**Figura 6.**  
**Comparación del amplificador de elementos apilados PowerStream y los SSPA tradicionales**

### Beneficios del sistema

El tamaño y el consumo energético reducidos de los amplificadores de elementos apilados PowerStream brindan beneficios al nivel del sistema en comparación con otros enfoques de estado sólido, lo que incluye:

- Carga de CC reducida para una potencia de salida dada: minimiza el costo y el tamaño del suministro de potencia.
- Carga térmica reducida: puede reducir el tamaño y el peso del sistema de manera considerable, lo cual incluye la ubicación de un SSPA en una fuente de alimentación o cerca de ella.
- Menores costos de componentes *además de* importantes reducciones de otros costos del sistema

La demanda de una mayor movilidad a velocidades de datos más altas puede satisfacerse mejor con el amplificador de elementos apilados, ya que permite que el SSPA se coloque directamente en la fuente de alimentación. Por ejemplo, un amplificador de elementos apilados de 25 W se puede comparar en cuanto a tamaño a un SSPA de 8 W, lo cual posibilita que haya amplificadores montados en la alimentación a niveles de potencia de 25 W. Eliminar el cable coaxial y las pérdidas de la guía de onda en los SSPA ubicados en pedestales debajo de la antena puede permitir el uso de SSPA con una potencia de salida más baja. El resultado son terminales más livianas, más pequeñas y menos costosas que satisfacen las necesidades de movilidad del usuario.