

# Leica GNSS Reference Antennas White Paper



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

# Antenas geodésicas de última generación de Leica Geosystems

Justin Walford, *Leica Geosystems*

## BIOGRAPHY

Justin Walford tiene una maestría en ingeniería topográfica de la Universidad de New Brunswick y ha estado involucrado en aplicaciones e investigaciones GNSS desde 1990. Actualmente es gerente senior de productos para redes GNSS y hardware de estaciones de referencia para Leica Geosystems, con sede en Heerbrugg, Suiza.

## ABSTRACTO

Este artículo presenta la gama de antenas de referencia de banda ancha de última generación de Leica Geosystems con énfasis en las nuevas antenas Leica AR20 y AR10.

Leica Geosystems ofrece tres antenas geodésicas únicas y de vanguardia, todas con un rendimiento de vanguardia dentro de sus categorías y cada una con sus propias fortalezas individuales.

La antena de anillo de estrangulamiento Leica AR25 con su revolucionario diseño de anillo de estrangulamiento 3D es de alta calidad; Antena de alto rendimiento diseñada para todas las aplicaciones geodésicas, incluida la red RTK, y es especialmente adecuada para aplicaciones científicas que requieren un seguimiento prolongado de baja elevación. El diseño de la antena 3D AR25 está bien documentado en el documento técnico Leica AR25 independiente y, por lo tanto, no se trata aquí; ver Bedford et al (2009). Comparative performance analysis w.r.t. to the AR20



Figure 1: Leica AR25 Choke Ring Antenna

La reciente antena de anillo de estrangulamiento Leica AR20 es un nuevo diseño visionario que toma las fortalezas del diseño 3D AR25 en una nueva; forma más rentable. El AR20 contiene un nuevo diseño de anillo de estrangulamiento 3D (interior) que ofrece un rendimiento multitrayecto de vanguardia en todas las bandas de frecuencia GNSS y una estabilidad mejorada del centro de fase.



La AR10 es una antena geodésica de alto rendimiento para una amplia gama de aplicaciones de monitoreo y estaciones de referencia permanentes o semipermanentes que requieren una calidad de datos de antena cercana al anillo de estrangulamiento sin el tamaño y el peso del anillo de estrangulamiento tradicional. El AR10 tiene un radomo cónico integrado, robusto y resistente a los rayos UV.



## PRUEBA DEL FUTURO

La necesidad de antenas geodésicas preparadas para el futuro es muy clara, ya que el costo de reemplazar las antenas puede ser una carga para los propietarios y perjudicial para los usuarios finales que utilizan los datos. Cambiar una antena también puede resultar en un pequeño cambio de

coordenadas debido a una variedad de razones, pero a menudo relacionadas con las diferentes características de la antena nueva versus la antena anterior. La calidad de las calibraciones, el deterioro de la monumentación con el tiempo y los efectos multitrayectoria del campo cercano pueden contribuir a un cambio aparente en la ubicación de la estación, lo que es perjudicial para el análisis tectónico a largo plazo de series temporales continuas. Por estas razones, los fabricantes se esfuerzan por mejorar la calidad de la información del centro de fase de la antena y la capacidad de reducción de trayectos múltiples, así como el rendimiento general.

Preparar el Leica AR25/20/10 para el futuro para las frecuencias GNSS planificadas que se detallan en la Tabla 1 aporta muchos beneficios a los usuarios de estaciones de referencia y redes. Una constelación nominal modernizada de GPS, GLONASS modernizada y Galileo comprenderá 78 satélites. Este grado de cobertura traerá nuevos niveles de:

- ⌚ Disponibilidad de satélites (permitiendo un mejor posicionamiento en entornos difíciles como cañones urbanos)
- ⌚ Geometría (es decir, GDOP bajo, PDOP, etc.)
- ⌚ Productividad (tiempo reducido para arreglar)
- ⌚ Fiabilidad (resolución de ambigüedad mejorada, especialmente en entornos difíciles)
- ⌚ Redundancia (mejor capacidad del sistema para detectar problemas)
- ⌚ Precisión (señales más precisas, mejor modelado)

La mayor disponibilidad de satélites conduce a una mejor geometría y redundancia de las observaciones. Esto, a su vez, mejora la confiabilidad y precisión de la posición, importante en una serie de aplicaciones que utilizan señales GNSS. Takac y Walford (2006) examinan en detalle los beneficios de combinar tecnologías GNSS para aplicaciones RTK.

<i>System</i>	<i>L1/E1/E2/B1</i>	<i>L2/B2</i>	<i>L5/E5</i>	<i>E6/B3</i>
GPS	1575.42	1227.6	1176.45	
GLONASS	1598.063 - 1605.375	1242.938 - 1248.625		
Galileo	1575.42		1176.45, 1207.14, 1191.795	1278.75
Compass	1561.098, 1575.42, 1589.742	1207.14	1176.45	1268.52
QZSS	1575.42	1227.6	1176.45	1278.75
SBAS	1575.42			
OmniSTAR and CDGPS	1525 - 1560			

**Table 1: Existing and proposed GNSS signals [MHz]**

## ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA

Recientemente, ha sido común que algunos fabricantes adapten las antenas GPS y GLONASS L1/L2 existentes para rastrear señales GNSS recientemente disponibles o planificadas en el futuro que están fuera de los anchos de banda existentes de estas antenas. Este enfoque no es óptimo ya que, para obtener mejores resultados en todo el espectro GNSS, es esencial desarrollar cada uno de los componentes interdependientes de la antena en combinación entre sí.

El elemento de antena, el amplificador de bajo ruido y el anillo/caja de estrangulación se han diseñado juntos desde cero tanto en el AR20 como en el AR10 para formar un sistema de banda ancha altamente compatible con un rendimiento de seguimiento superior.

### ELEMENTO DE ANTENA DE BANDA ANCHA Y PERFIL BAJO

La antena clásica de "parche" es un tipo común de elemento de antena contenido en muchas antenas GNSS de alto rendimiento. En su forma más básica, la antena de parche es esencialmente una placa plana sobre un plano de tierra. Este elemento de perfil bajo es especialmente compacto, mucho más, por ejemplo, que las antenas GNSS de banda ancha clásicas que utilizan dipolos cruzados o espirales cónicas. El AR25 utiliza la última versión del bien establecido elemento Dorne-Margolin, que fue diseñado hace muchas décadas y originalmente optimizado solo para L1/L2. Las versiones posteriores se mejoraron para incorporar las bandas L5/E5 y E6/B3.

En el corazón de Leica AR20 y AR10 se encuentra un elemento radiante completamente nuevo que consta de una innovadora matriz de cuatro elementos radiantes individuales. En el AR10, están suspendidos sobre un plano de tierra con un conjunto de estrangulador horizontal integrado. Este conjunto suprime eficazmente los efectos no deseados de las señales difractadas y reflejadas y ofrece una mejora espectacular en el rendimiento de la antena. El perfil bajo ayuda además a evitar que la energía dispersada por trayectos múltiples llegue al elemento radiante. En el AR20, se logra un rendimiento aún mejor mediante el uso de nuevos anillos de estrangulamiento 3D idealmente espaciados.

Este elemento radiante de nuevo diseño está optimizado para cubrir todas las bandas GNSS y al mismo tiempo suprimir señales fuera de banda no deseadas. Los filtros diseñados a medida contribuyen aún más al rechazo de posibles interferencias. Esta estructura logra una menor caída de ganancia en función de la frecuencia que las antenas clásicas de doble banda, al tiempo que produce patrones de radiación muy estables sobre la frecuencia en todas las elevaciones y acimutes y una variación excepcional del centro de fase en función de la frecuencia.

## ANTENNA ELEMENT FEED POINTS

El número de puntos de alimentación utilizados para conectarse al elemento de antena tiene una influencia significativa en las características de la antena. Una antena tradicional de un solo punto de alimentación no es capaz de generar la polarización circular utilizable que es necesaria para que la antena rastree todo el rango del ancho de banda GNSS. Además, debido a su naturaleza asimétrica, las antenas de alimentación única sufren una inclinación inherente del centro de fase. En el otro extremo de la escala, las antenas con numerosos puntos de alimentación requieren divisores complejos que provocan pérdidas no deseadas en la intensidad de la señal y retrasos de la señal que afectan al centro de fase.

Los diseños Leica AR20/AR10 utilizan cuatro puntos de alimentación para conectar el elemento de antena. Esta configuración de cuatro puntos proporciona una polarización circular superior en todo el ancho de banda GNSS y distribuye la energía simétricamente, lo que da como resultado una estabilidad del centro de fase submilimétrica.

## AMPLIFICADOR COMPLETAMENTE NUEVO DE BAJO RUIDO

El AR20 incorpora un nuevo amplificador de bajo ruido que fue diseñado para una temperatura de ruido excepcionalmente baja, lo que produce una calidad de medición superior. El uso de tecnología de filtrado personalizada garantiza un excelente rechazo fuera de banda, lo que ayuda a reducir significativamente la posible degradación de la señal debido a interferencias. Las antenas Leica AR20/AR10 son adecuadas para su uso con longitudes de cable de antena de hasta 70 m sin necesidad de un amplificador en línea. El AR25 se puede utilizar con cables aún más largos según el tipo de cable.

## AR10 : RADOMO CÓNICO INTEGRADO

El radomo no esférico fue diseñado en combinación con el elemento de antena para una calidad de señal óptima. La forma cónica de la carcasa del Leica AR10 evita la acumulación de nieve que, de otro modo, podría degradar la calidad de la señal. También tiene el beneficio adicional de disuadir a los pájaros de posarse en la antena, una fuente común de atenuación de la señal con antenas de parte superior plana o radomos redondeados. La forma aerodinámica de la antena reduce la carga del viento y, junto con su peso ligero, garantiza que el Leica AR10 pueda instalarse en una variedad de mástiles de antena o como base de campo o de campaña sobre un trípode. Construido con una carcasa robusta y resistente a los rayos UV, el Leica AR10 está diseñado para soportar temperaturas extremas, humedad, polvo, sal, radiación solar, contaminación, golpes y vibraciones durante períodos prolongados, lo que lo hace ideal para instalaciones de estaciones de referencia permanentes y semipermanentes.



## AR20: DISEÑO ÚNICO DE ANILLO DE AHOGAMIENTO 3D

El Leica AR20 es un nuevo y visionario diseño de anillo de estrangulamiento que ofrece los beneficios de tener anillos de estrangulamiento de múltiples tamaños, como los que se presentaron por primera vez con el AR25, pero de una manera nueva, más rentable y compacta. El AR20 tiene profundidad y anchos variables para lograr el máximo rendimiento de mitigación de trayectos múltiples en todas las bandas de frecuencia GNSS.



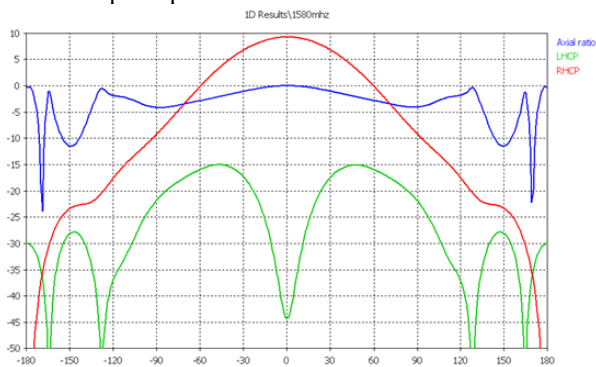
El anillo de estrangulamiento AR20 se produce utilizando un tratamiento doble más nuevo y robusto para una durabilidad aún más duradera en todos los entornos. El AR20 también tiene un radomo cónico opcional para mayor protección.



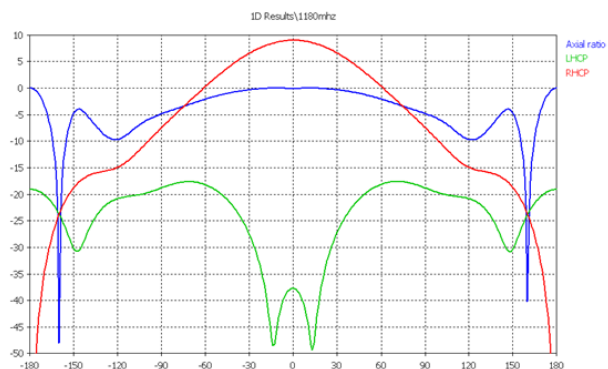


## PATRONES DE RADIACIÓN DE LA ANTENA

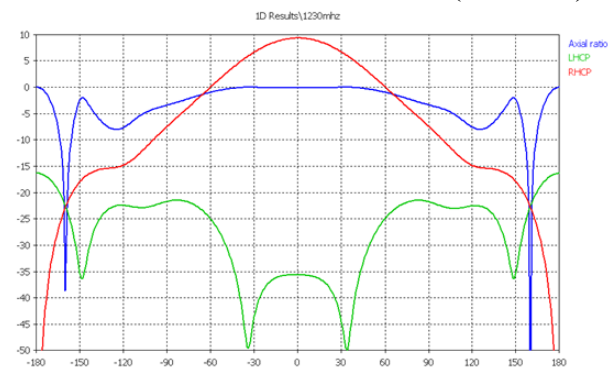
El patrón de radiación de una antena ideal mostraría una ganancia consistentemente alta desde el cenit hasta el horizonte y luego disminuiría rápidamente hacia elevaciones por debajo del horizonte. Un patrón de radiación consistente en todas las frecuencias se traduce en una capacidad de seguimiento y desplazamiento del centro de fase similar. Cuanto mayor sea la diferencia entre la ganancia de la antena polarizada circular derecha (RHCP) y polarizada circular izquierda (LHCP), mayor será la resistencia de la antena a las señales reflejadas. Las Figuras 7 a 10 muestran la ganancia RHCP, la ganancia LHCP y la relación axial del AR20 para las 4 bandas de frecuencia principales.



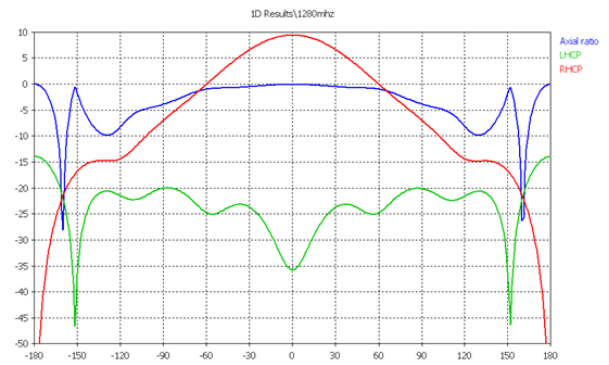
**Ganancia RHCP del AR20, ganancia LHCP y relación axial versus elevación cerca del GPS L1 (1575 MHz)**



**Ganancia RHCP del AR20, ganancia LHCP y relación axial versus elevación cerca del GPS L5 (1180 MHz)**



**Ganancia RHCP del AR20, ganancia LHCP y relación axial versus elevación cerca del GPS L2 (1230 MHz)**



**Ganancia de RHCP del AR20, ganancia de LHCP y relación axial versus elevación cerca de GAL E6 (1280 MHz)**

## RENDIMIENTO DE SEGUIMIENTO

El siguiente análisis muestra el rendimiento del seguimiento y destaca las fortalezas clave de cada antena.

### INTEGRIDAD DE LOS DATOS

El rendimiento de seguimiento de una antena se puede evaluar de forma sencilla y clara calculando la relación entre las observaciones registradas y el número de observaciones que son teóricamente posibles en un entorno perfecto de cielo abierto. Un conjunto de datos casi completo indica que una antena es muy eficaz para obtener y mantener el seguimiento de todos los satélites disponibles.

La ubicación de prueba utilizada aquí tiene buena visibilidad del cielo, sin embargo, hay una serie de obstáculos (incluso por encima de 15 grados) que impiden que los datos estén completos al 100%. Las tablas 2 y 3 a continuación muestran el número total de observaciones por encima y por debajo de los 15 grados de elevación, como porcentaje del número teóricamente posible.



El entorno de configuración de la prueba

Si bien el número de observaciones es importante, la integridad de los datos (para todas las señales) es más importante para muchas aplicaciones, incluida Network RTK. Las siguientes tablas también muestran el porcentaje de observaciones completas, donde

todas las señales (L1/L2/L5) se rastrean en cada época. La configuración de la prueba consistió en recopilar 24 horas de datos de 1 Hz.

	Total Possible (>15deg)			Number of Complete obs			% Complete Obs		
	Total	GPS	GLO	Total	GPS	GLO	Total	GPS	GLO
	1187974	649937	538037						
AR10	1178839	646868	531971	1177479	646864	530615	99.12%	99.53%	98.62%
AR20	1178467	646891	531576	1178372	646818	531554	99.19%	99.52%	98.80%
AR25	1180025	647500	532525	1179566	647426	532140	99.29%	99.61%	98.90%

**Table 2: Antenna data completeness above 15 degrees**

Elevation	Total	AR10 GPS	GLO	Total	AR20 GPS	GLO	Total	AR25 GPS	GLO
0 - 5	16.0%	13.5%	23.5%	15.2%	11.8%	25.9%	17.6%	14.3%	27.9%
5 - 10	36.9%	32.6%	46.8%	36.4%	30.8%	49.0%	36.7%	33.3%	50.9%
10 - 15	50.8%	46.1%	60.3%	50.4%	44.6%	62.3%	52.6%	47.0%	64.2%

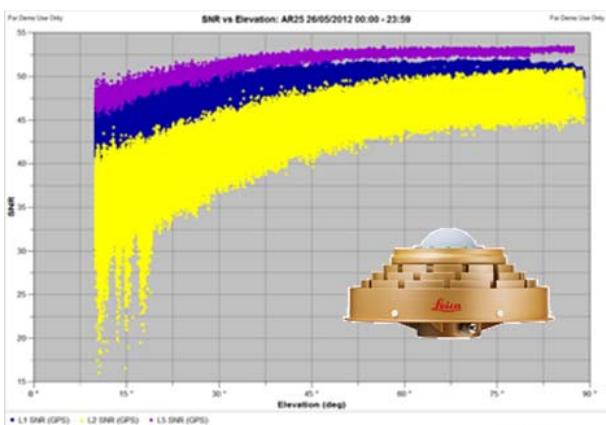
**Tabla 3: Integridad de los datos de la antena por debajo de 15 grados**

Las tres antenas muestran un porcentaje muy alto de observaciones y observaciones completas por encima de los 15 grados. La AR10 proporciona un rendimiento cercano al nivel del anillo de estrangulamiento a este respecto, en comparación con las antenas AR20 y AR25. Pero las antenas de anillo de estrangulamiento muestran una mejor integridad de los datos y el AR25 muestra el mejor seguimiento de baja elevación.

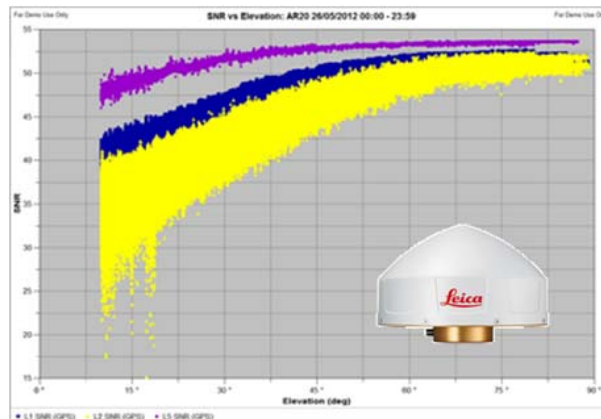
#### RELACIÓN SEÑAL-RUIDO

Los siguientes gráficos muestran la relación señal-ruido del GPS versus elevación para todas las antenas. Las buenas características de señal/ruido son importantes para un seguimiento y posicionamiento de alta calidad.

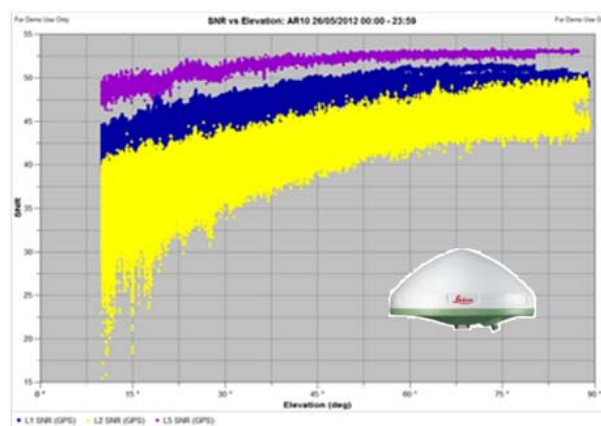
Los gráficos anteriores muestran claramente el beneficio futuro de la señal GPS L5 con SNR muy altas incluso en elevaciones bajas, y el AR20 muestra un ruido muy bajo en comparación con el AR10 y el AR25.



**Figure 12: AR25 GPS SNR versus Elevation**

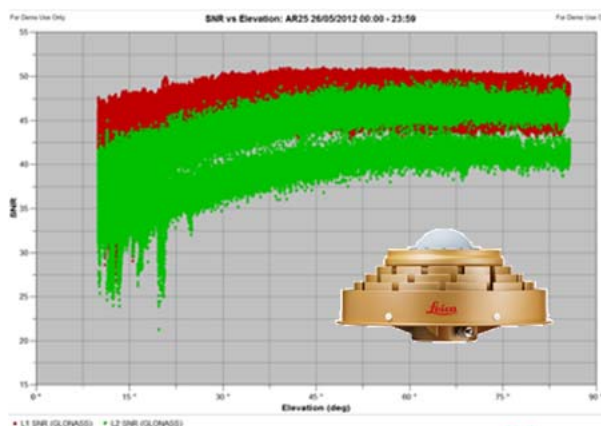


**Figure 13: AR20 GPS SNR versus Elevation**



**AR10 GPS SNR versus Elevation**

Los siguientes gráficos muestran la relación señal-ruido de GLONASS versus elevación para todas las antenas.



**Figure 15: AR25 GLONASS SNR versus Elevation**

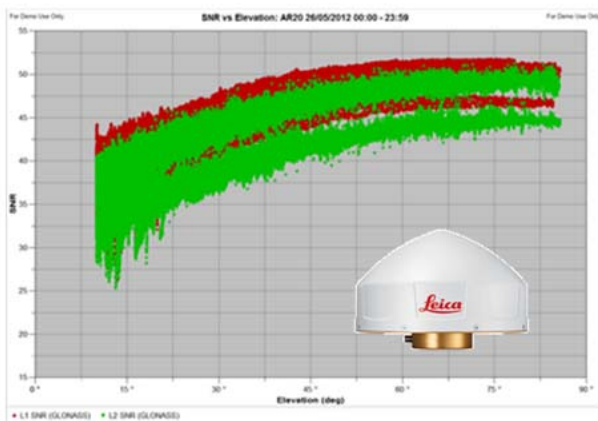


Figure 16: AR20 GLONASS SNR versus Elevation

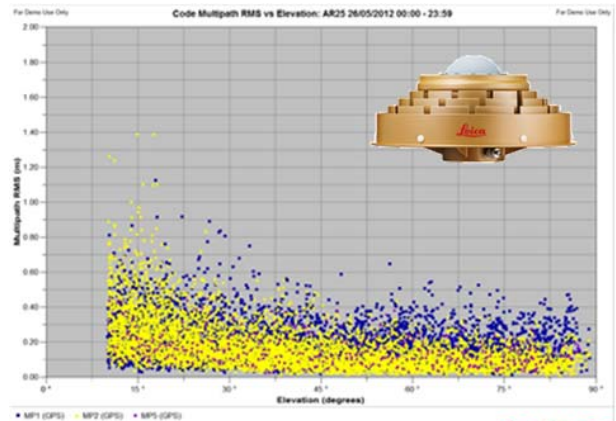


Figure 18: AR25 GPS Multipath versus Elevation

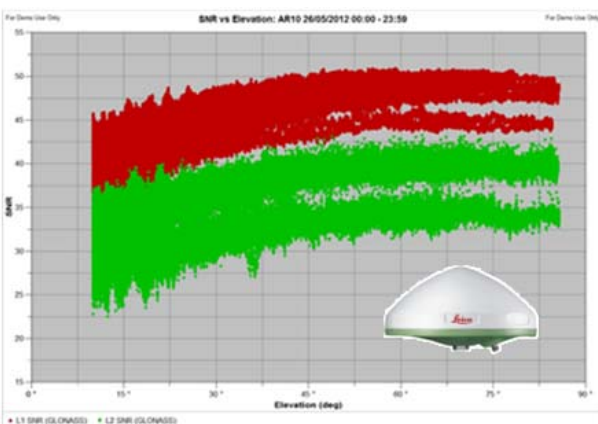


Figure 19: AR20 GPS Multipath versus Elevation

AR10 GLONASS SNR versus elevación  
 El beneficio del diseño del anillo de estrangulamiento se puede ver en la comparación de SNR, donde el AR20 muestra el ruido más bajo para las tres bandas de señal. Las fuertes SNR y el bajo ruido ayudarán a lograr el posicionamiento de alta precisión que se muestra más adelante en el artículo.

#### MITIGACIÓN DE RUTAS MÚLTIPLES

El rendimiento de trayectorias múltiples de la antena también es muy importante para lograr un posicionamiento de alta precisión. Los siguientes gráficos muestran el código GPS Multipath RMS versus la elevación para todas las antenas, para L1/L2/L5. La configuración de los receptores de notas se configuró con datos sin suavizar.

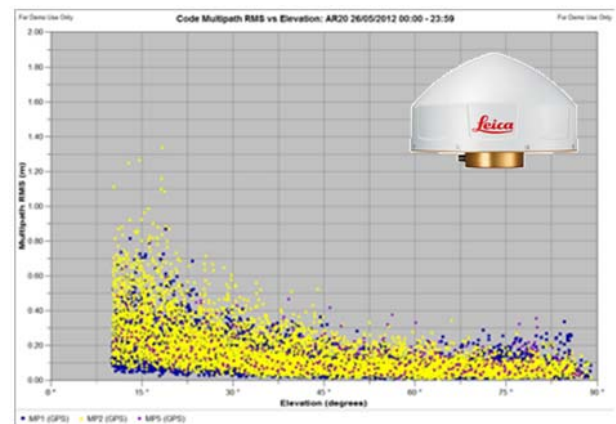


Figure 20: AR10 GPS Multipath versus Elevation

Los siguientes gráficos muestran el RMS de trayectos múltiples del código GLONASS versus la elevación para todas las antenas, para L1/L2.



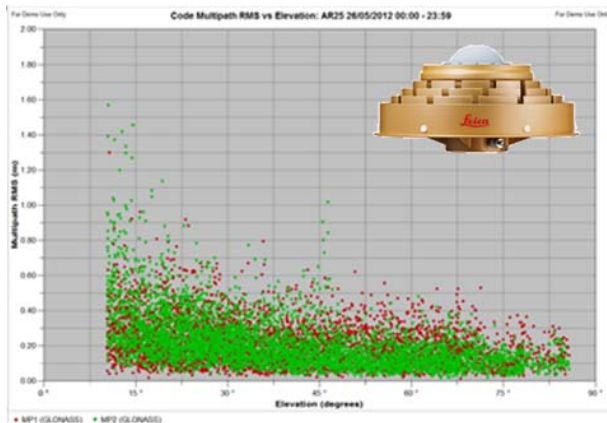


Figure 21: AR25 GLONASS Multipath versus Elevation

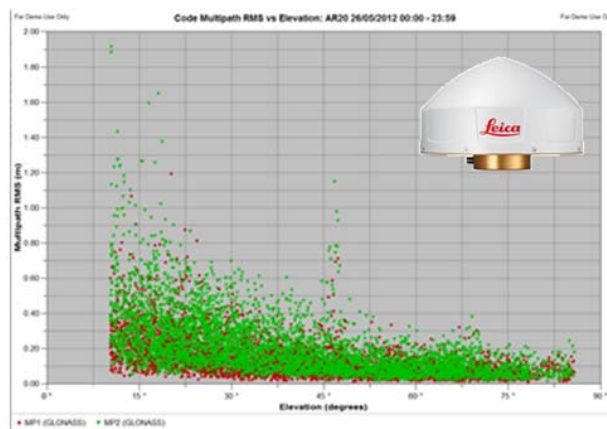


Figure 22: AR20 GLONASS Multipath versus Elevation

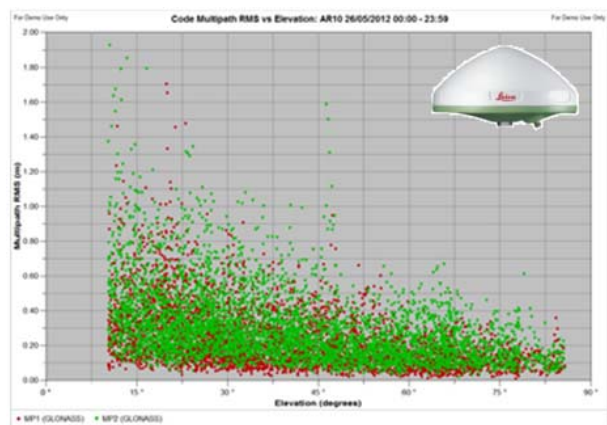


Figure 23: AR10 GLONASS Multipath versus Elevation

La ventaja de un diseño de anillo estrangulador se puede ver fácilmente a este respecto, con valores de MP generalmente mucho más bajos en todas las elevaciones. El beneficio del nuevo diseño de anillo de estrangulamiento 3D (interior) del AR20 se muestra claramente con valores de MP muy bajos en todas las bandas de frecuencia. El AR20 también

Los siguientes gráficos muestran el RMS de trayectos múltiples del código GLONASS versus la elevación para todas las antenas, para L1/L2.

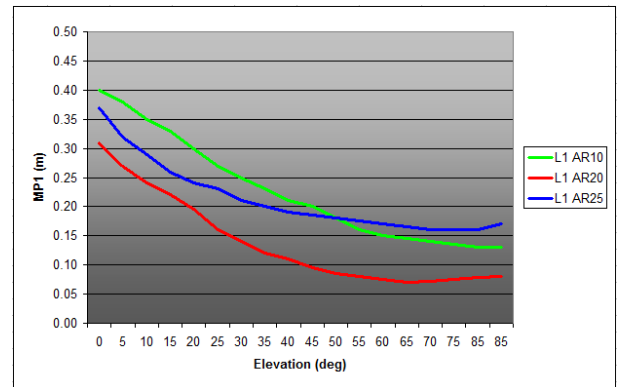


Figure 24: L1 Average Multipath versus Elevation

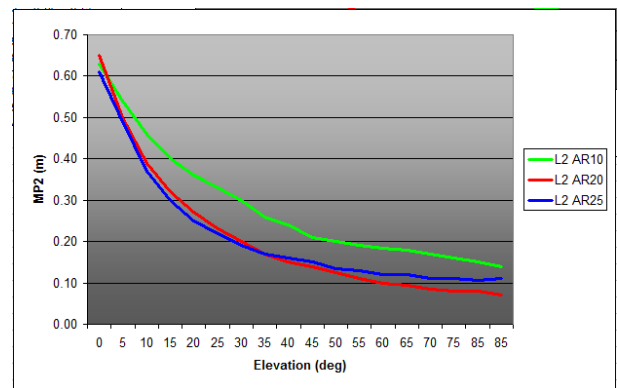


Figure 25: L2 Average Multipath versus Elevation

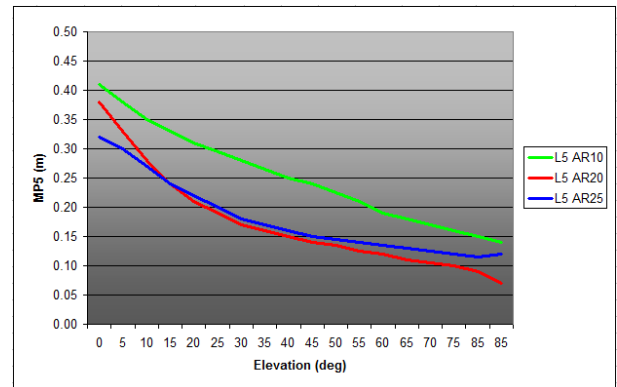


Figure 26: L5 Average Multipath versus Elevation

La siguiente tabla muestra los valores MP promedio generales para cada antena, utilizando un corte de elevación de 15 grados.

Antenna	L1/E1			L2			L5/E5a			
	GPS	GLO	GAL	Average	GPS	GLO	Average	GPS	GAL	Average
AR10	0.221	0.225	-	0.223	0.234	0.280	0.254	0.223	-	0.223
AR20	0.111	0.138	-	0.123	0.149	0.186	0.165	0.146	-	0.146
AR25	0.180	0.199	-	0.188	0.155	0.194	0.172	0.149	-	0.149

Table 4: Average MP values (L1/L2/L5)



En general, mientras que AR25 y AR20 muestran valores L2 y L5 bastante similares, el AR20 muestra un rendimiento de mitigación de trayectorias múltiples L1 inigualable.

El impacto de una buena SNR y el rechazo de trayectos múltiples se puede ver fácilmente en los diagramas de dispersión horizontal y vertical de los conjuntos de datos de 24 horas para cada antena, calculando la posición única para cada época durante 24 horas y trazando la dispersión y calculando la dispersión. La siguiente tabla muestra la desviación estándar para las 86400 épocas de cada antena.

	Std (m) - some obs removed		
	Easting	Northing	Height
AR10	0.0018	0.0028	0.0038
AR20	0.0012	0.0016	0.0033
AR25	0.0016	0.0017	0.0037

Tabla 5: Dispersión de la posición de la antena  
Tanto el AR25 como el AR20 muestran una estanqueidad excepcional en la dispersión de posición horizontal y vertical, y el AR20 muestra la mayor precisión.

#### COMPENSACIONES/VARIACIONES DEL CENTRO DE FASE (PCO/V)

Los desplazamientos y variaciones del centro de fase muy bajos también son importantes para un posicionamiento de alta precisión. Todas las antenas muestran desplazamientos del centro de fase muy bajos. Tanto la antena AR25 como la AR20 tienen un desplazamiento medio del centro de fase por debajo de 1 mm, mientras que la AR10 está dentro de los 2 mm. Los valores AR25 y AR20 son sin radomo.

Antenna	GPS freq.	North (mm)	East (mm)	Up (mm)
AR25	L1	0.88	0.87	159.36
	L2	0.12	0.02	153.58
AR20	L1	0.14	-0.77	124.24
	L2	-0.01	-0.79	133.67
AR10	L1	1.29	-0.70	88.84
	L2	0.52	0.15	81.79
		Std (mm)	Std (mm)	Std (mm)
AR25	L1	0.42	0.38	0.55
	L2	0.64	0.32	0.77
AR20	L1	0.37	0.25	0.53
	L2	0.13	0.19	0.41
AR10	L1	0.67	0.39	0.30
	L2	0.58	0.17	0.27

Tabla 6: Desplazamientos y dispersión del centro de fase del GPS

Si bien todas las antenas tienen compensaciones del centro de fase muy bajas, la fuerza de la repetibilidad de unidad a unidad AR20 se puede ver en las desviaciones estándar de PCO de las calibraciones absolutas individuales. El AR20 también tiene variaciones del centro de fase muy suaves con respecto a la antena y también frente a la elevación y el acimut, como se muestra a continuación.

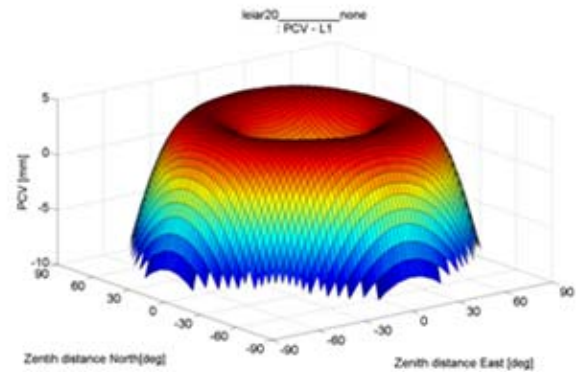


Figure 27: AR20 PCV for L1 w.r.t. to the antenna

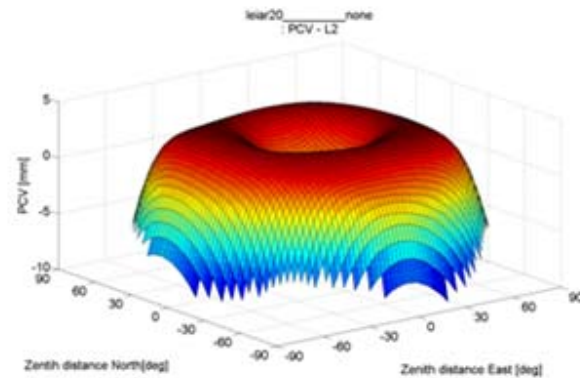


Figure 28: AR20 PCV for L2 w.r.t. to the antenna

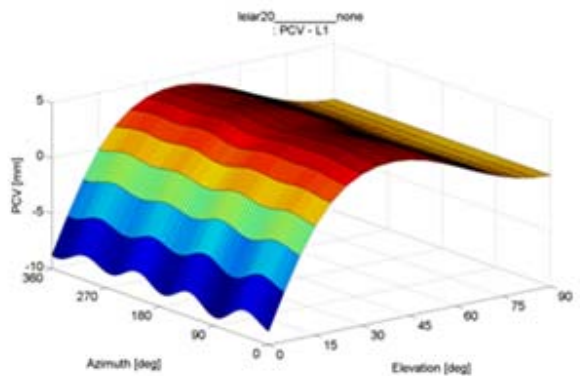


Figure 29: AR20 PCV for L1 w.r.t. elevation / azimuth

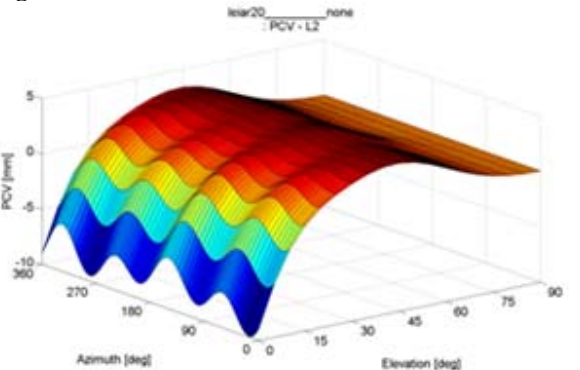


Figure 30: AR20 PCV for L2 w.r.t. elevation / azimuth

## CONCLUSIÓN

**Este artículo presenta la gama de nuevas antenas geodésicas de banda ancha de Leica Geosystems. Con los sistemas de satélites emergentes y las nuevas señales en el horizonte, se necesitan nuevas antenas de alto rendimiento para abarcar todas las señales GNSS ahora y en el futuro. Los AR25, AR20 y AR10 han sido diseñados y fabricados para ofrecer durabilidad y resistirán la prueba del tiempo, incluso en los entornos más hostiles.**

**El AR25 ofrece un diseño 3D único que permite un excelente seguimiento a baja elevación y datos completos, manteniendo al mismo tiempo un muy buen rechazo de trayectorias múltiples y un posicionamiento de alta precisión; lo que lo hace adecuado para todas las aplicaciones científicas y RTK de red que exigen el mayor rendimiento de seguimiento.**

**El AR20 con su visionario diseño 3D (interior) ofrece el rendimiento general más alto con una excelente integridad de los datos y lo mejor en rechazo de trayectorias múltiples en todas las bandas de frecuencia GNSS. Su nuevo diseño también ofrece el más alto estándar en estabilidad del centro de fase. El efecto combinado de todos estos puntos fuertes da como resultado una antena con la mejor precisión de posicionamiento. Como tal, es la mejor opción para la mayoría de aplicaciones, incluidas Network RTK y Monitoring.**

**El AR10 ofrece un rendimiento cercano al nivel del anillo de estrangulación en una antena de plástico liviana y muy robusta con radomo cónico integrado, lo que la hace adecuada para todas las aplicaciones de estaciones de referencia y monitoreo que no requieren un anillo de estrangulación y pueden aprovechar su diseño liviano.**

## AGRADECIMIENTOS

**El autor desea agradecer a Lennon Bedford por su contribución al artículo.**

## REFERENCES

Bedford, L., Brown, N. and Walford, J. (2009), New 3D Choke Ring Antenna, Proceedings of ION 2009. January 26<sup>th</sup> -28<sup>th</sup> , California

IGS (1997), IGS Site Guidelines:  
<http://igs.cb.jpl.nasa.gov/network/guidelines/guidelines.html#allstrict>

Takac, F. and Walford, J., (2006), Leica System 1200 – High Performance GNSS Technology for RTK Applications, Proceedings of ION GNSS 2006, September 26-29, Fort Worth, Texas

Whether providing corrections from just a single reference station, or an extensive range of services from a nationwide RTK network – innovative reference station solutions from Leica Geosystems offer tailor-made yet scalable systems, designed for minimum operator interaction whilst providing maximum user benefit. In full compliance with international standards, Leica Geosystems' proven and reliable solutions are based on the latest technology.

Precision, value, and service from Leica Geosystems.

**When it has to be right.**

Illustrations, descriptions and technical specifications are not binding and may change.  
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2012