

CONFIGURACION OPTICA DEL RADIOTELESCOPIO DE 40 METROS DEL CAY

Informe Técnico del CAY 2001-7

José Antonio López Fernández, Javier Alcolea
Alberto Barcia, Félix Tercero

I.- Introducción.

En el presente informe se resumen los parámetros más importantes en la óptica del radiotelescopio de 40 metros del CAY. La primera versión de ésta ya se expuso en el informe técnico del CAY 1998-5 (1). Pero modificaciones posteriores nos han conducido a una nueva configuración.

II.- Geometría del sistema.

Sobre el Primario:

| | |
|--|--------------|
| Diámetro del reflector Principal, Dm : | 40 metros |
| Relación Foco-Diámetro del Principal, Fm/Dm : | 0.375 |
| Foco principal, Fm : | 15 metros |
| Semiángulo subtendido por el primario, Φ_v : | 67.38° |
| Distancia horizontal entre vértice del paraboloides y borde de la parábola, hp : | 6.667 metros |
| Diámetro del agujero del vértice, Dvp : | 3.170 metros |

Sobre el Cassegrain:

| | |
|---|----------------|
| Relación Foco-Diámetro del Cassegrain, FED : | 7.909 |
| Foco equivalente, Fe : | 316,379 metros |
| Semiángulo subtendido por el secundario, Φ_r : | 3.621° |
| Magnificación, m : | 21.0919 |
| Distancia entre vértice del subreflector y foco primario, Lv : | 1.204 metros |
| Distancia entre focos de la hipérbola, Fc : | 26,600 metros |
| Distancia entre vértice del subreflector y foco cassegrain, Lr : | 25,396 metros |
| Distancia vértice del paraboloides a foco cassegrain, g : | 11.6 metros |
| Distancia entre vértice del paraboloides y eje de elevación, g' : | 5,0 metros |
| Hueco horizontal de acceso al subreflector, hs : | 7.129 metros |

Sobre el Subreflector:

| | |
|--|---------------|
| Diámetro del subreflector, Ds : | 3.28 metros |
| Excentricidad de la hipérbola, ex : | 1.099555 |
| Profundidad de la hipérbola, $prof$: | 0.5207 metros |
| Diámetro del agujero del subreflector, Dvs : | 0.2635 metros |

En el informe 2001-5 (2) se presenta un fichero Mathcad con el cálculo de estos parámetros. La geometría se muestra en la figura 1.

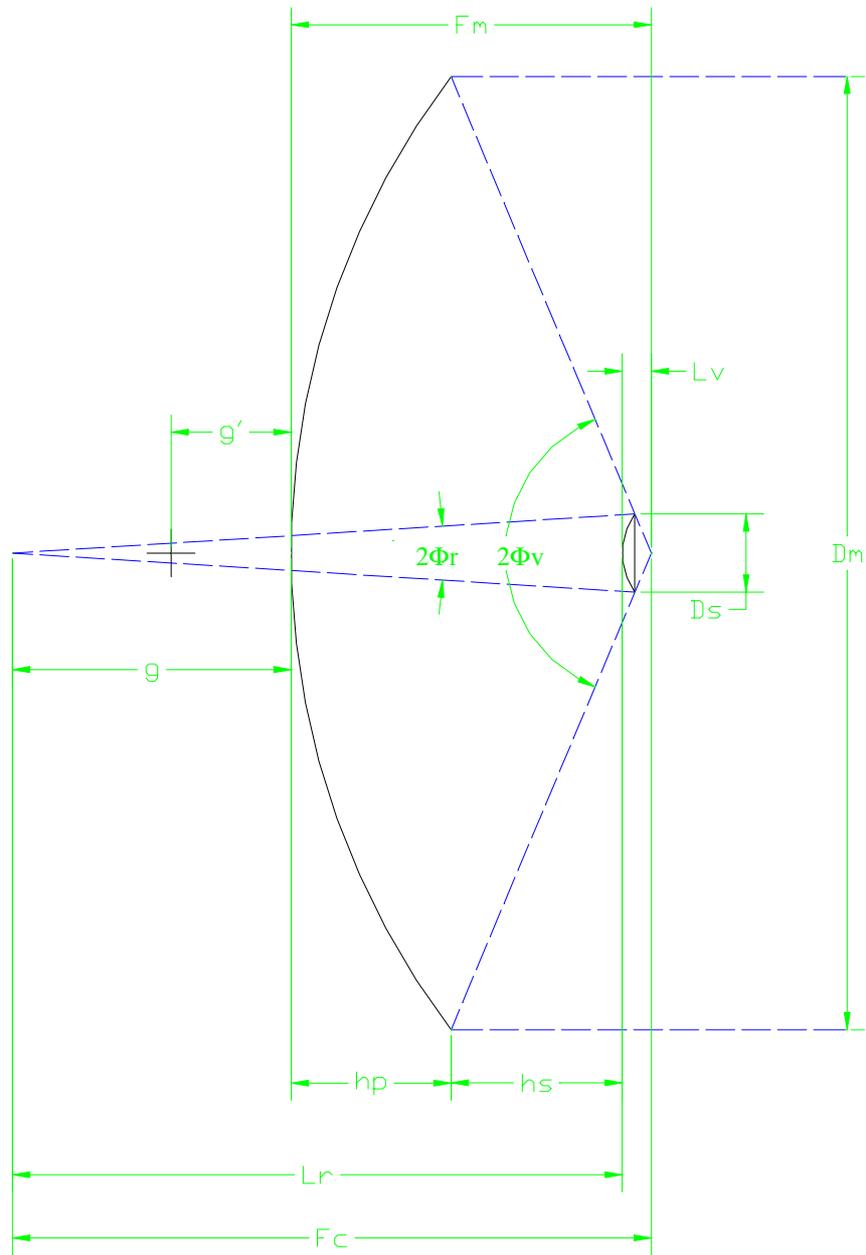


Figura 1: Geometría del radiotelescopio de 40 metros del CAY.

III.- Geometría de la cabina de receptores.

La cabina de receptores del radiotelescopio de 40 metros del CAY es del tipo Nasmyth, figura 2. Un espejo plano, M3, conduce el haz en la dirección del eje de elevación. Este espejo debe ser móvil, permitiendo compensar en todo momento el movimiento en elevación del reflector primario.

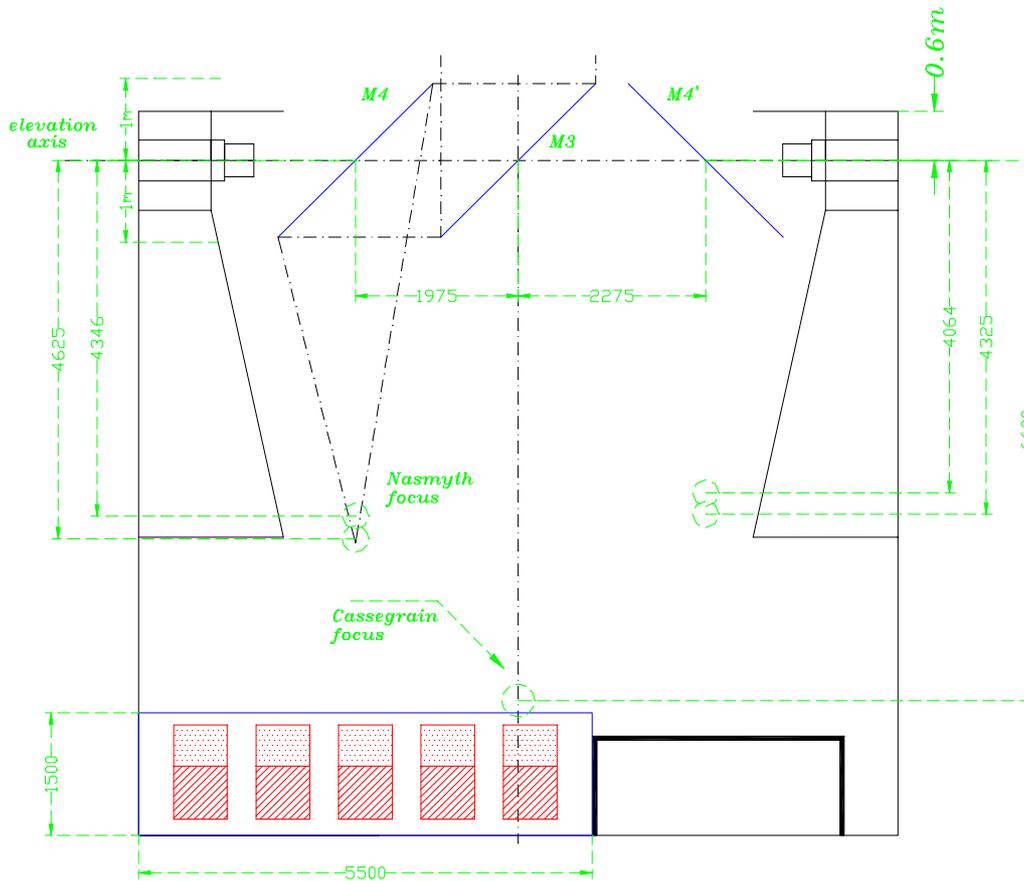


Figura 2: Geometría general del interior de la cabina de receptores. Vista en planta.

Un giro de 90 grados de M3 permite dirigir el haz de la antena hacia dos espejos, M4 y M4', que a su vez llevan el haz hacia el interior de la cabina, donde se encuentra los receptores, figuras 3 y 4. Los espejos M4 y M4' pueden adoptar dos posiciones, 0° y 20° con respecto al eje de elevación, figura 5. Esto incrementa la capacidad de nuestra cabina de receptores.

Como se observa, las dos ramas no son idénticas y se diferencian en la distancia entre M3 y los espejos M4. Así podremos hablar de una rama corta y otra larga, según la posición del foco Nasmyth-Cassegrain respecto al eje de elevación. El foco Nasmyth-Cassegrain se encuentra a $r=4.625$ metros de M4 para la rama larga y a 4.325 metros de M4' para la rama corta.

Informe Técnico n° 2001-7 . Óptica del Radiotelescopio de 40 metros del CAY.

Los espejos M3, M4 y M4' son planos. De sección elíptica. Su dimensionamiento se ha realizado para máximo despejamiento empleando las técnicas cuasiópticas (2,3).

.-M3, M4 y M4' son idénticos, con eje mayor 2.626 metros y eje menor 1.875 metros.

| | |
|---|--------------|
| Distancia vértice paraboloide y M3, g' : | 5 metros |
| Distancia interior túnel vértice y M3, g_v y g_v' : | 1.65 metros |
| Distancia M3-M4, s : | 1.975 metros |
| Distancia M4-Foco Nasmyth, r : | 4.625 metros |
| Distancia M3-M4', s' : | 2.275 metros |
| Distancia M4'-Foco Nasmyth, r' : | 4.325 metros |
| Eje mayor M3, M4 y M4': | 2.626 metros |
| Eje menor M3, M4 y M4': | 1.875 metros |

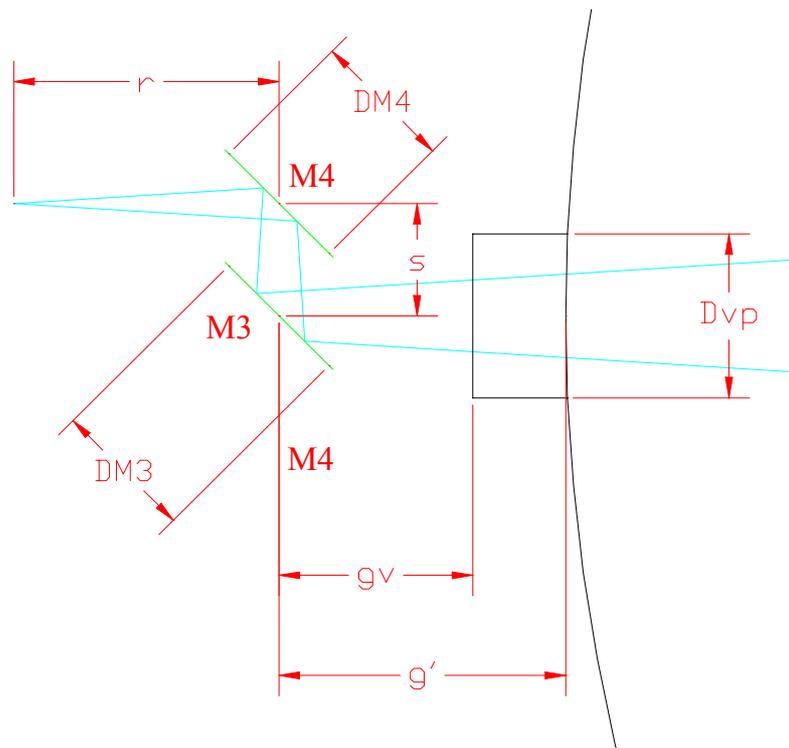


Figura 3: Geometría del interior de la cabina de receptores, rama M4.

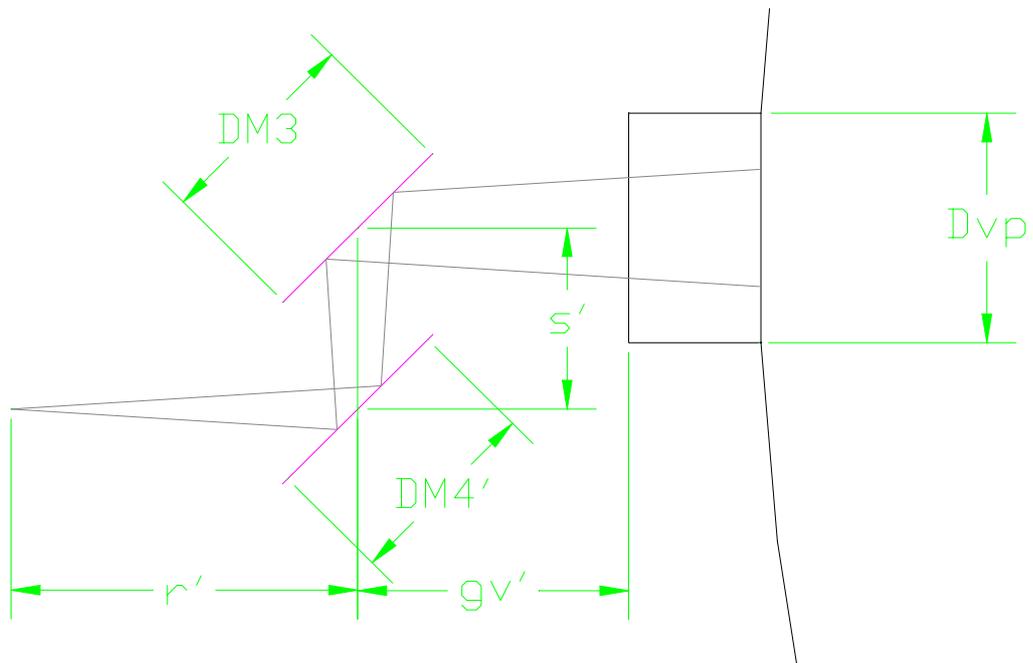


Figura 4: Geometría del interior de la cabina de receptores, rama M4'.

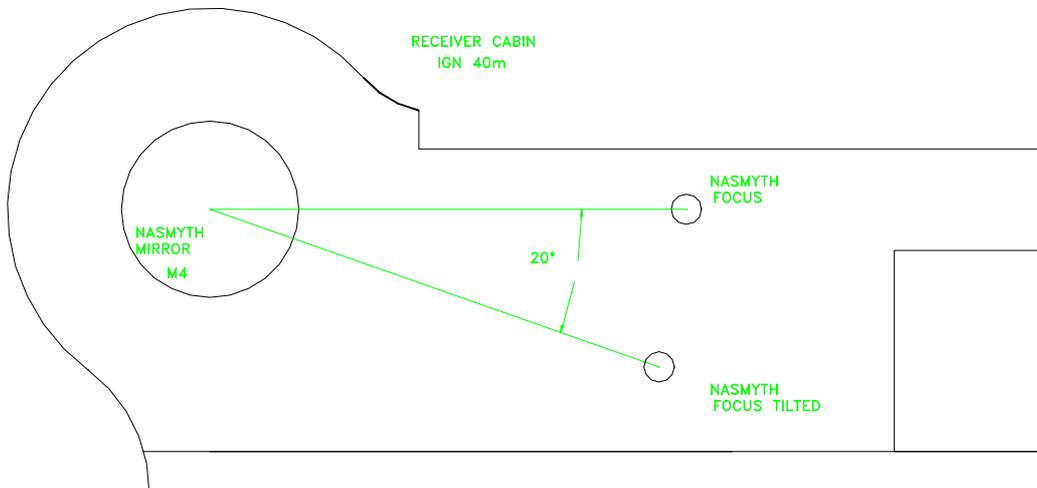


Figura 5: Geometría general del interior de la cabina de receptores. Vista de perfil.

IV.- Propagación de haces gaussianos en la zona focal.

Las técnicas cuasiópticas ofrecen una manera rápida y fiable para la determinación de las dimensiones de los componentes de la cabina de receptores. En especial de los diámetros de espejos y diafragmas (como el agujero del vértice del paraboloide). La condición que se impone en cada obstáculo (espejo o diafragma) es que el haz del radiotelescopio sea truncado al menos a 4 veces el waist (radio del haz a nivel -8.7 dB). Esto corresponde a un nivel de -34.7 dB relativos al eje óptico.

Primero es necesario calcular el beam waist, ω_0 , y su posición relativa al foco Nasmyth-Cassegrain, Δ_0 , a cada frecuencia. Estos valores dependerán del nivel de Taper, T en dB, con el que quiere iluminarse el primario. El radio del haz en el subreflector (r_0 , nivel a -8.7 dB) con el cual se obtiene el Taper requerido es:

$$r_0 = r_s \cdot \sqrt{\frac{20}{T, dB \cdot \ln(10)}}$$

Que para un Taper de -12 dB, máxima eficiencia de apertura, es de: 1.395 metros.

El beam waist (ancho y posición respecto al foco Nasmyth) debe cumplir dos condiciones:

- Que el waist en el borde del subreflector, $d=Lr+prof$, sea igual a r_0 .

$$r_0 = \omega_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{d - \Delta_0}{\pi \cdot \frac{\omega_0^2}{\lambda}} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

- Que el radio de curvatura del haz sea igual a la distancia foco cassegrain- vértice de la hipérbola, Lr , en el vértice del subreflector, $d=Lr$.

$$Lr = (d - \Delta_0) \cdot \left(1 + \left(\frac{\pi \cdot \frac{\omega_0^2}{\lambda}}{d - \Delta_0} \right)^2 \right)$$

Cuando el haz de un alimentador en la cabina de receptores cumple ambas condiciones, el enfoque será perfecto y el taper en el subreflector será el deseado. El informe técnico 2001-5 presenta un fichero Mathcad con la aplicación de estas ecuaciones a nuestro radiotelescopio.

En la tabla siguiente se presentan los valores del beam waist y su posición respecto al foco Nasmyth para distintas frecuencias y para un taper de 12 dB.

| Frecuencia, GHz | ω_0 , mm | Δ_0 , mm |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2.3 | 671.7 | 6130 |
| 6 | 288 | 1134 |
| 12.5 | 141 | 270.5 |
| 22 | 80.48 | 87.9 |
| 30 | 59 | 47.4 |
| 45 | 39.4 | 21 |
| 80 | 22.1 | 6.6 |
| 120 | 14.8 | 2.9 |

Tabla I: Beam waist de salida y posición respecto al foco cassegrain.

En la figura 6 se muestra el comportamiento de los haces en la cabina de receptores, rama larga M4, para 6, 22 y 100 GHz. Se dibuja el haz con diámetro igual a cuatro veces el waist.

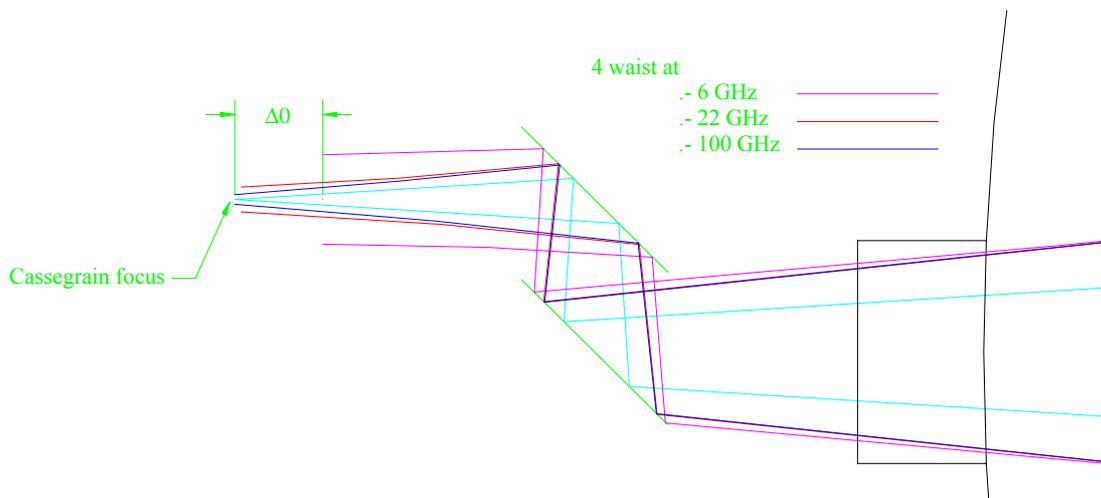


Figura 6: Haces en la región focal a 6, 22 y 100 GHz. Rama larga, M4.

En la figura 7 se muestra el comportamiento de los haces en la cabina de receptores, rama corta M4', para 6, 22 y 100 GHz. Se dibuja el haz con diámetro igual a cuatro veces el waist.

En la figura 8 se muestra el haz a 2.3 GHz para la misma rama. Se dibuja un diámetro del haz a 2.5 veces el waist (-13.6 dB de truncamiento). Ante la imposibilidad de hacerlo a cuatro veces el waist. Finalmente en la figura 9 se muestra el haz a 2.3 GHz también para la rama larga al mismo nivel 2.5 waist.

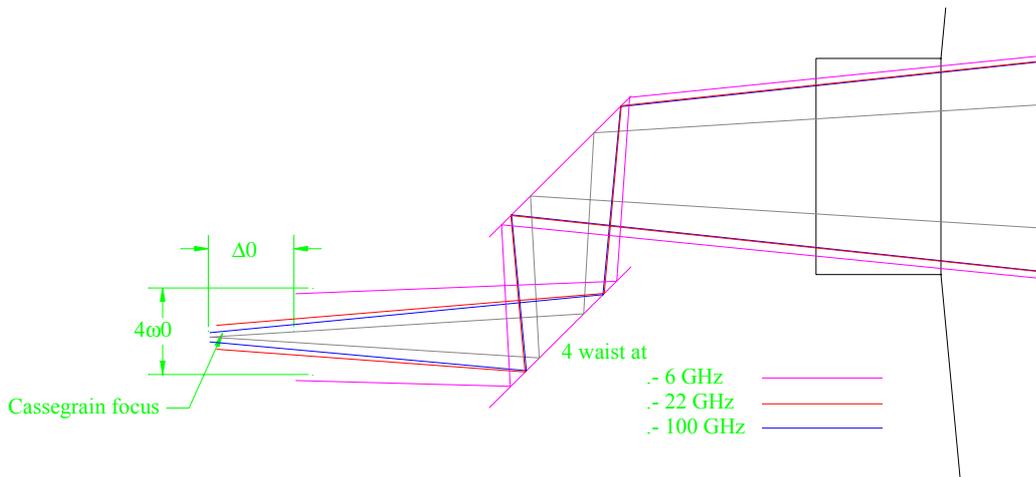


Figura 7: Haces en la región focal a 6, 22 y 100 GHz. Rama corta, M4'.

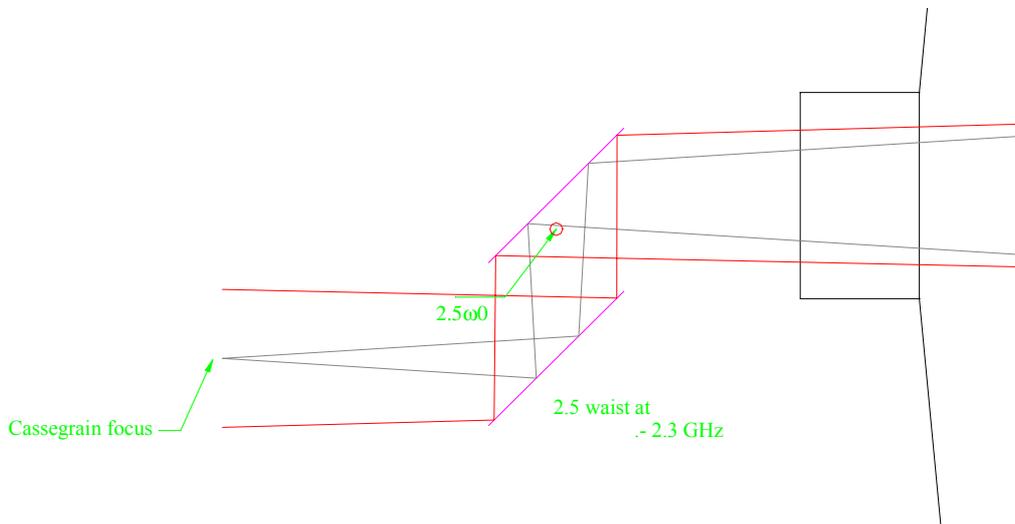


Figura 8: Haz en la región focal a 2.3 GHz a 2.5 veces el waist . Rama corta, M4.

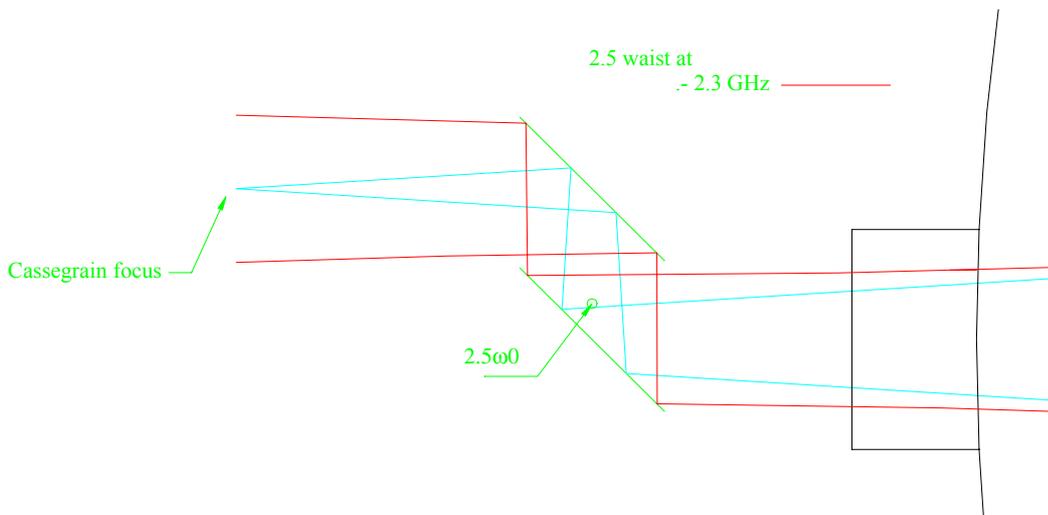


Figura 9: Haz en la región focal a 2.3 GHz a 2.5 veces el waist . Rama larga, M4.

V.- Bibliografía.

- (1) Informe técnico del CAY 1998-5 “ RT 40M Estudio de la configuración óptica del radiotelescopio de 40 metros”
- (2) Informe Técnico del CAY 2001-5 “Dimensionamiento de los espejos M3 y M4 del radiotelescopio de 40 metros del CAY”
- (3) Paul F. Goldsmith, “Quasioptical Systems”, IEEE Press