

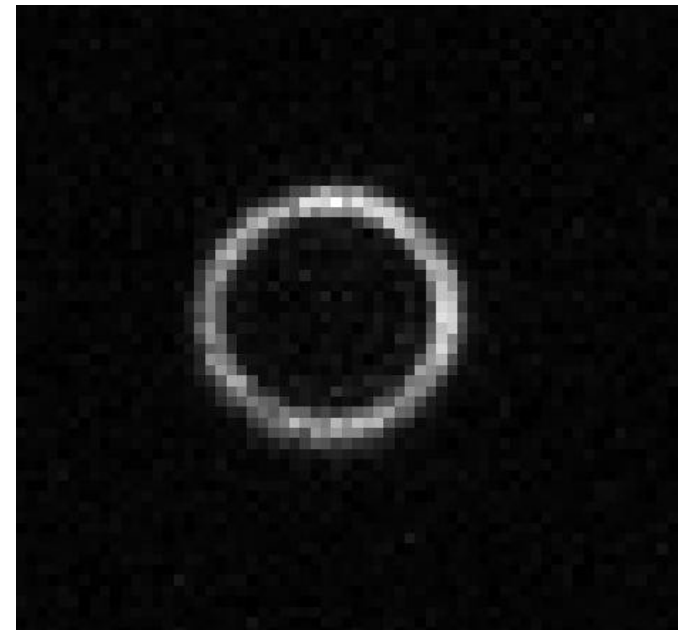
Monitor de turbulencia RINGSS (el hijo de DIMM y MASS)



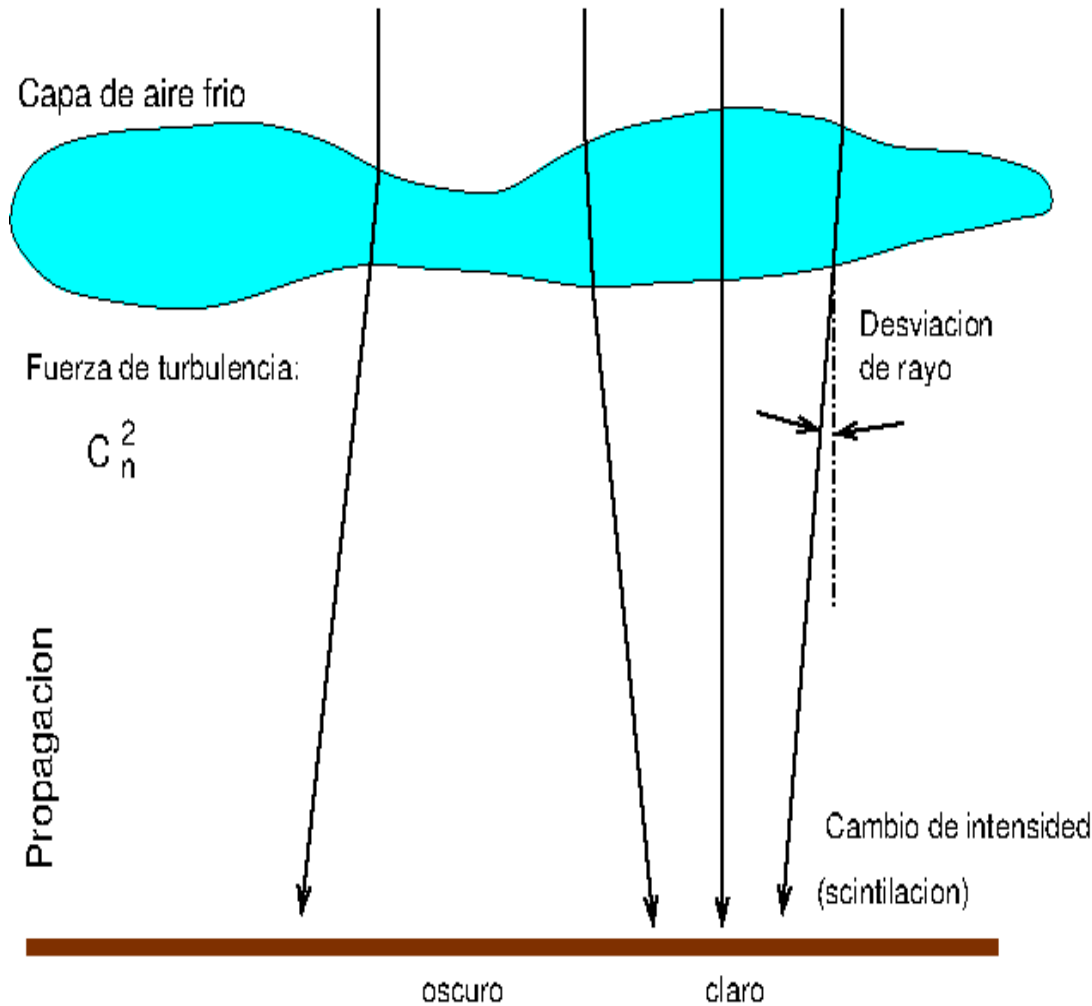
Andrei Tokovinin,
Edison Bustos
Rossano Rivera

Plan de presentacion

- Introduccion al seeing y su medicion
- Phenomemo de sintilacion y su uso para medir el seeing
- Desarrollo de MASS y MASS-DIMM en Moscu y CTIO
- Ideas para modernizar MASS
- Concepto de RINGSS
- Porque RINGSS es mejor?
- Planes inmediatos y perspectiva



El fenomeno de "seeing"



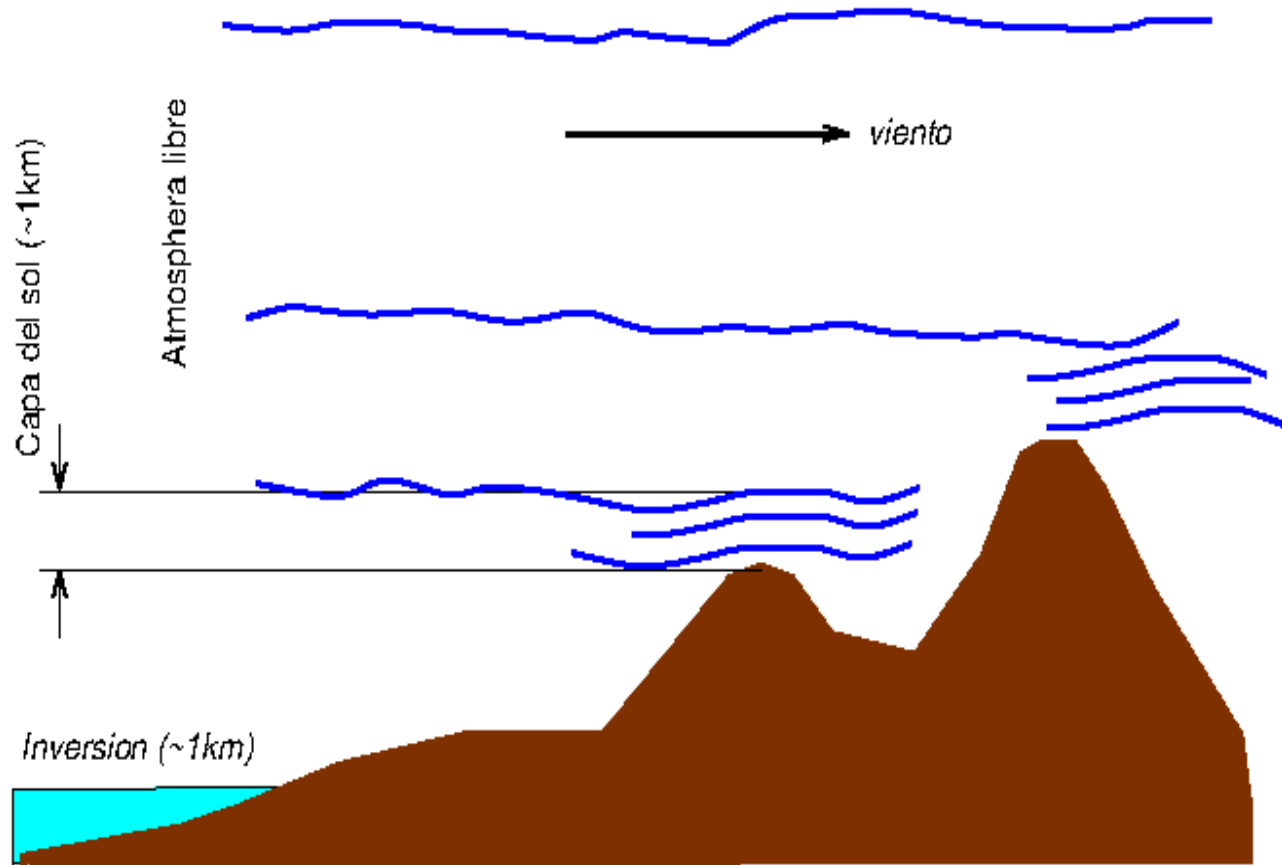
- Producido por la mezcla de aire con diferentes temperaturas (turbulencia optica), el parametro es C_n^2 (parametro de modelo!)
- Efectos: desviacion de rayos, distorsion de imagen, cambio de intensidad (scintilacion).
- El seeing es el efecto cumulativo. Pero scintilacion depende de la distancia de propagacion ($C_n^2 * z^2$)

Como medir el "seeing"?

- Imagen en el telescopio grande (afectado por cualidad optica, foco, guiage; necesita el telescopio!)
- Movimiento de imagen en el telescopio chico (afectado por el viento y guiage): primera generacion de monitores
- Movimiento deferencial (Differential Image Motion Monitor, DIMM) – metodo standard. Telescopios de 20-35 cm.

El primer 'DIMM': Jurgen Stock, 1960-s, seleccion de Tololo, La Silla, Las Campanas. Mediciones visuales!

Donde esta la turbulencia?



El "seeing" es el efecto acumulativo de todas capas (~50% en la capa del sol)

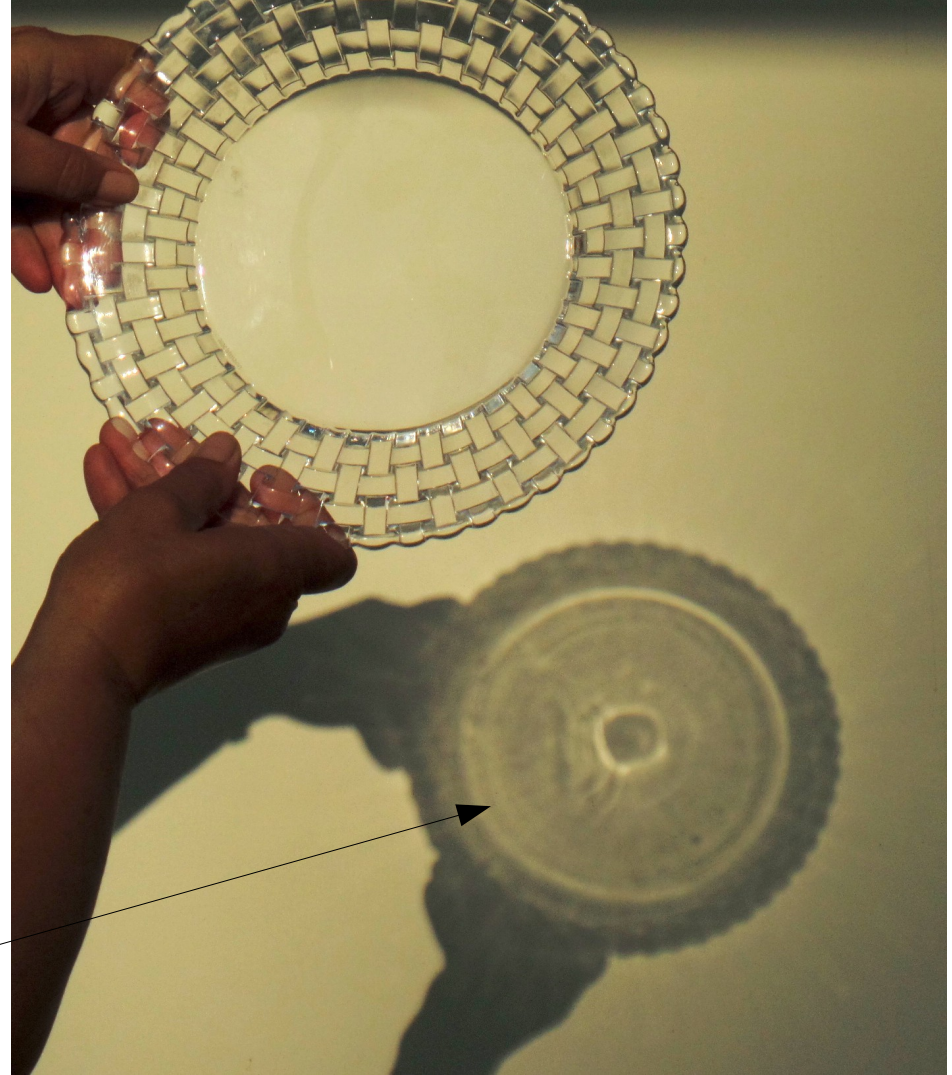
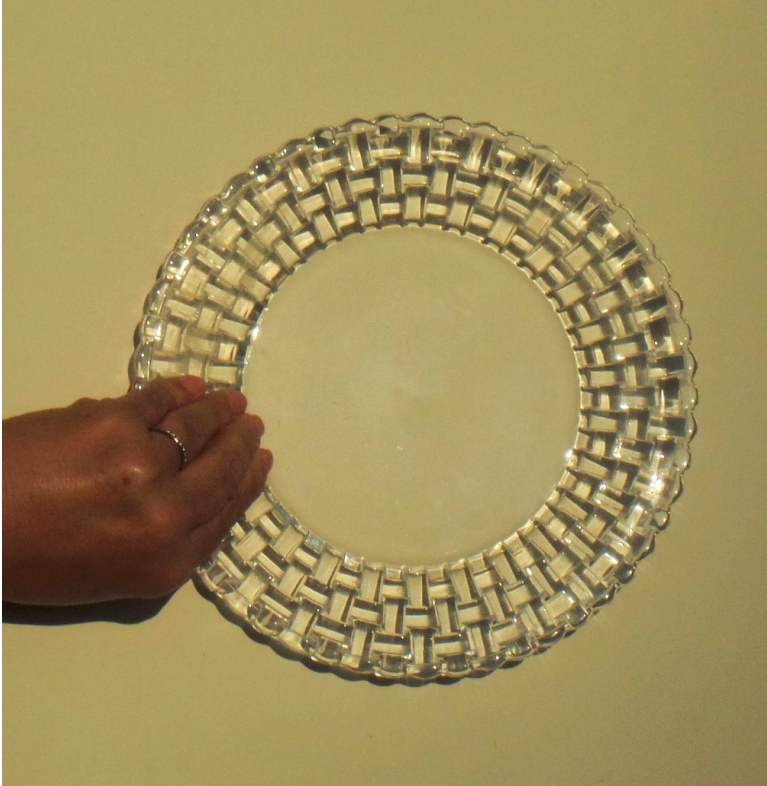
Chile tiene condiciones especiales

Proque no basta medir el seeing?

- Optica adaptativa necesita el conocimiento de la distribucion de capas (perfil de turbulencia) y de su rapidez (el viento).
- La capa del sol es muy variable: el “seeing” puede ser diferente entre DIMM y Gemini.
- Para entender y modelizar la turbulencia, buscar sitios nuevos (TMT, E-ELT, etc.)

Desarrollo de optica adaptativa (ESO, Gemini, etc.) en los 2000-s empujo medir perfiles de turbulencia (1998, Gemini: SCIDAR en 1.5-m de Tololo)

Experimento en scintilacion



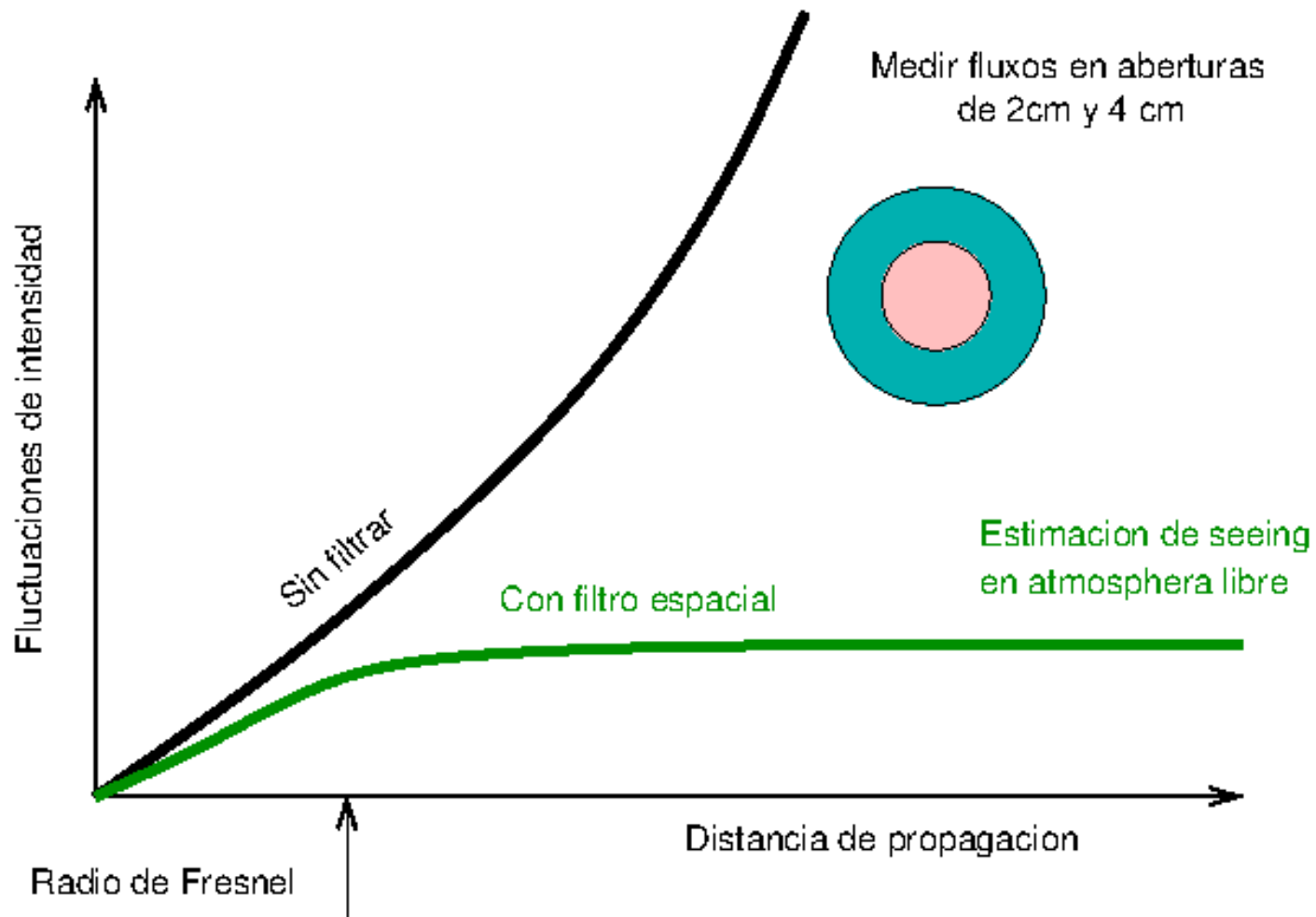
Modulacion de
intensidad

Scintilacion → seeing

- El tamaño de sombras producidas por la scintilacion es definido por el radio de Fresnel $r = \sqrt{(\lambda z)}$:
 $r=1.6 \text{ cm}$ por $z=0.5\text{km}$, $r=10 \text{ cm}$ por $z=20\text{km}$.
- Fluctuaciones de intensidad crecen con la distancia de propagacion z (no sirven para medir el seeing)
- Pero fluctuaciones filtradas (de tamaño $<r$) saturan con la distancia → pueden medir seeing en la atmosfera libre!

La idea de filtrar scintilacion para medir el seeing fue publicada y comprobada en 1998 a Maidanak

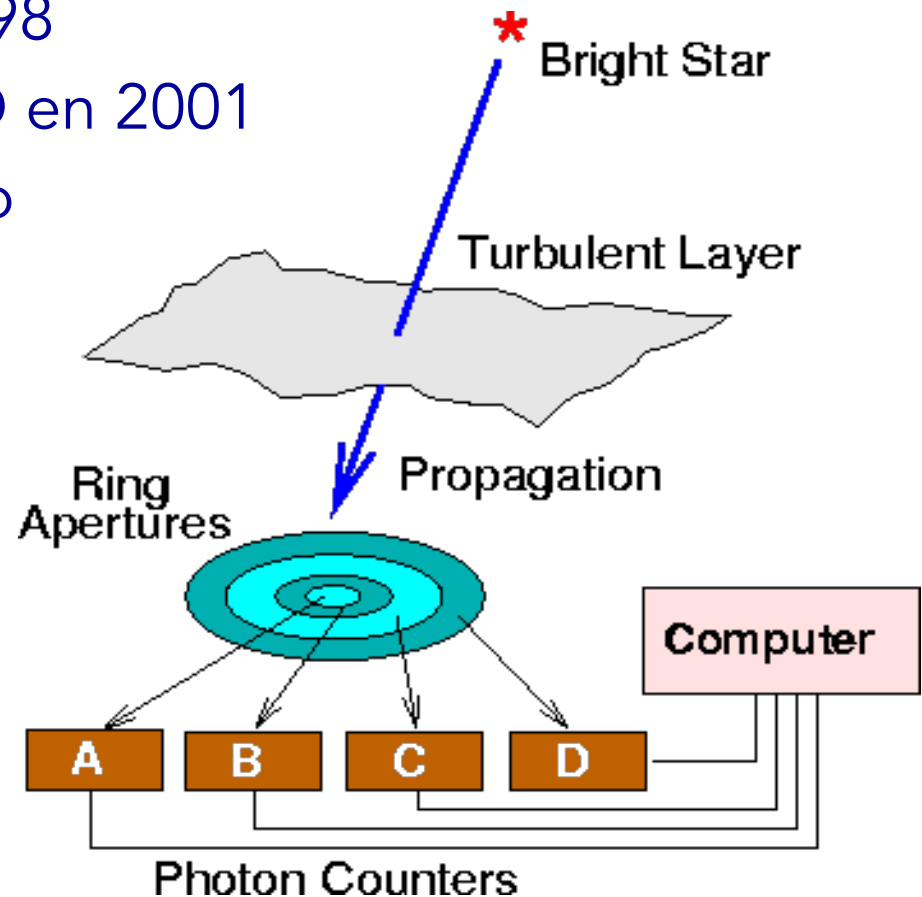
Scintilacion con filtro espacial



MASS: multi-aperture scintillation sensor

- Primer experimento en 1998
- Contratos con ESO y CTIO en 2001
- Primer luz en 2002 a Tololo

Filtrar scintilacion con 4 aberturas anulares de 2 a 10 cm. Contar fotones. Usar teoria para derivar el perfil de turbulencia.



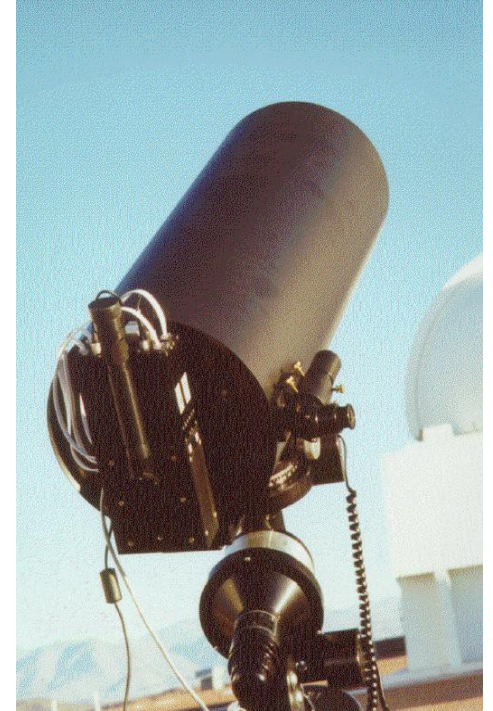
El primer MASS (2002)

Telescopio de 15cm sin obstruccion central (off-axis)



Victor Kornilov
(1953-2021)
Nicolai Shatsky
Olga Vozyakova

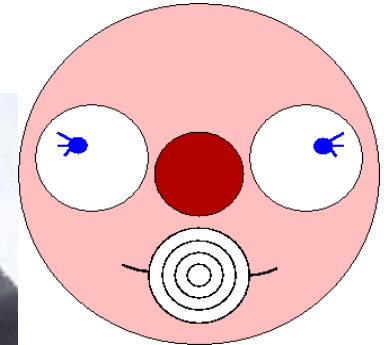
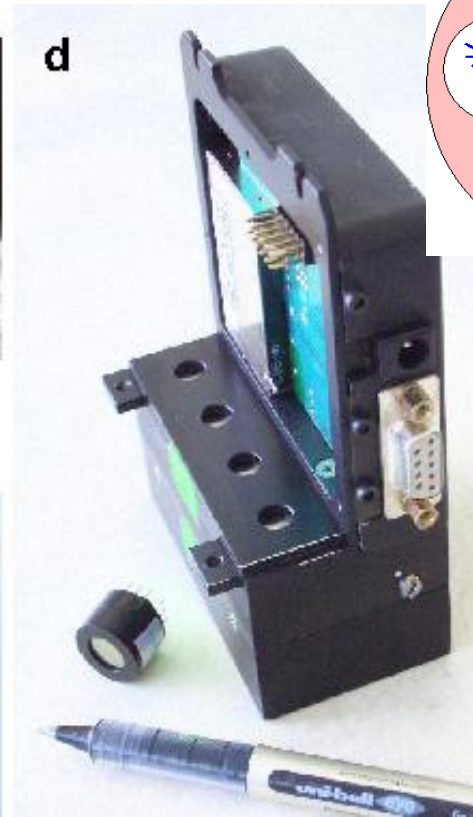
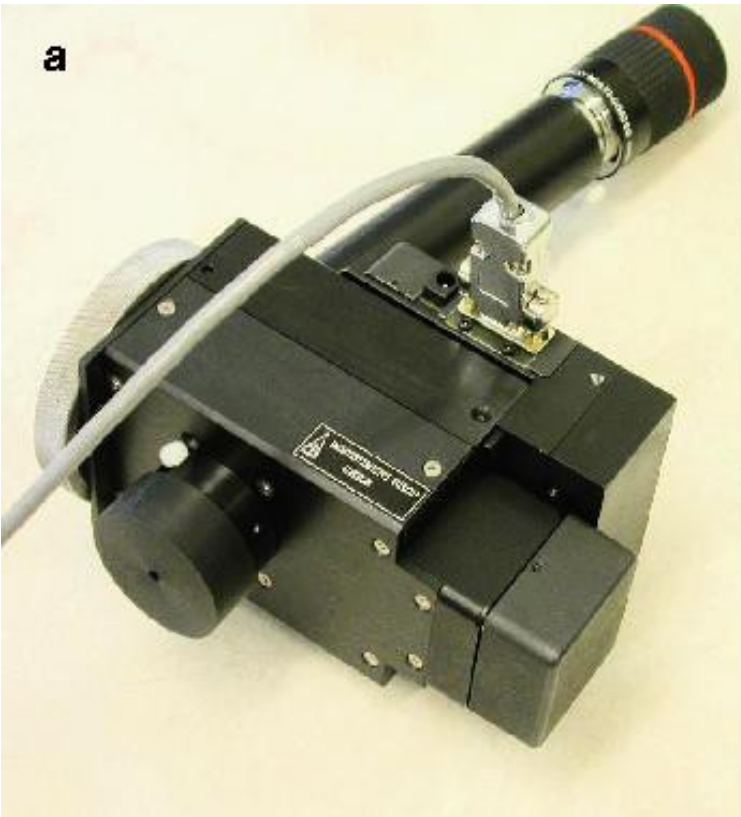
Marc Sarazin



MASS = theoria + instrumento + programacion

MASS-DIMM (2003-2007)

Combinar MASS y DIMM en un solo instrumento, dividiendo la abertura entre ellos. Telescopio con obstrucción central, diam. 25-35cm.



- Antarctica (2004)
- Tololo + Pachon
- TMT sitios, GMT
- ESO (Paranal)
- ... (36 total)

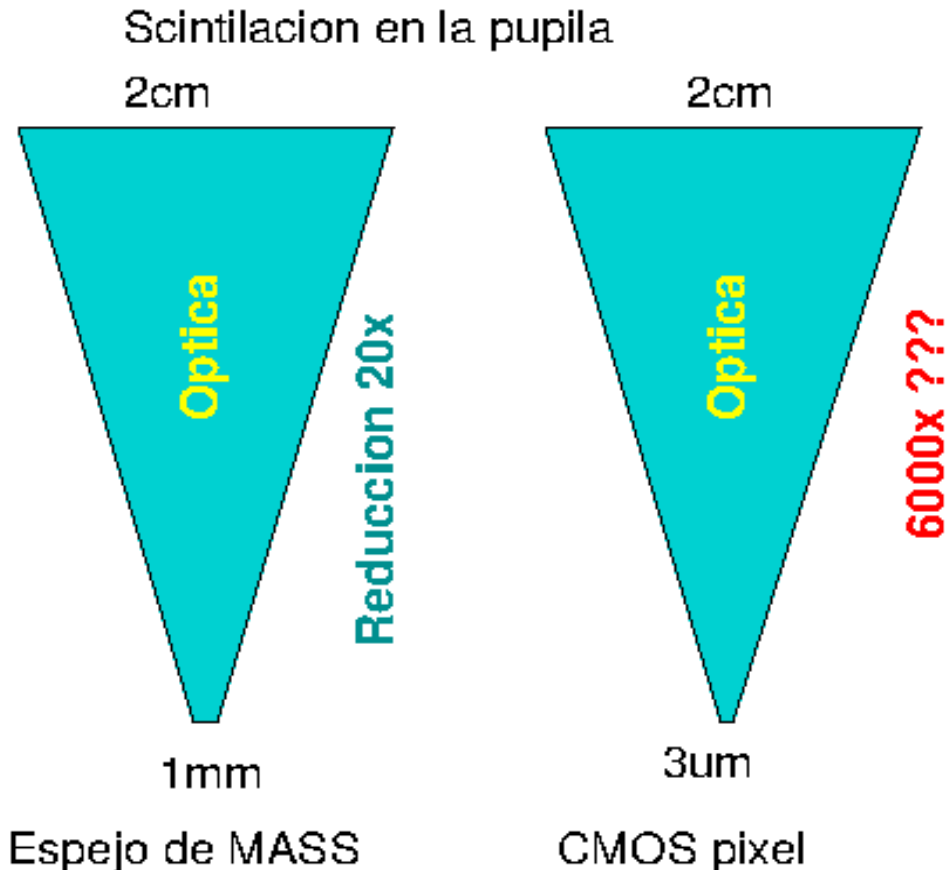
MASS-DIMM para todos!



V.Kornilov (electronica)
CTIO: taller mecanica
Rossano Rivera
Edison Bustos

Como modernizar MASS-DIMM?

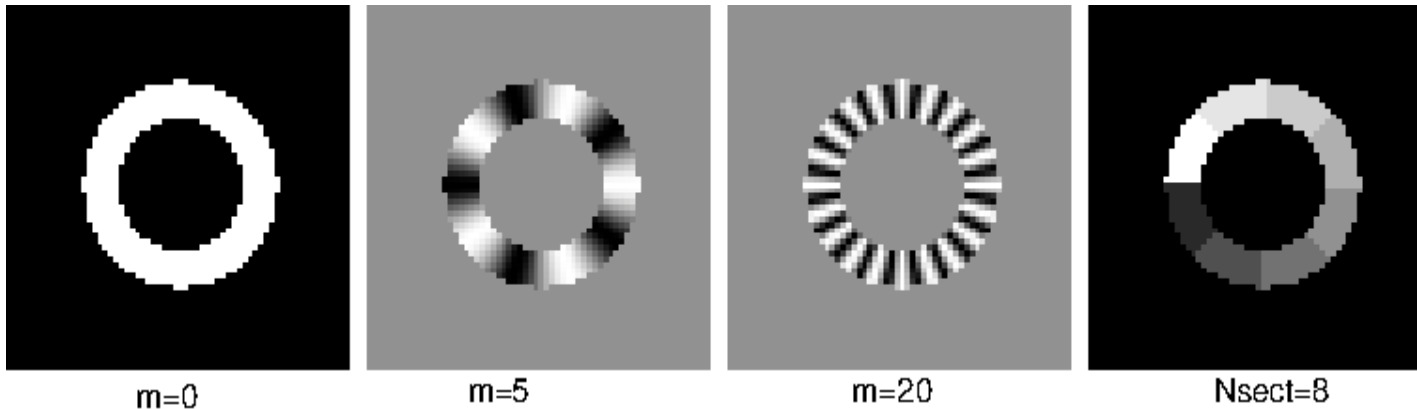
- Le tecnologia de PMT es obsoleta → CCD? CMOS?
- Usar componentes comerciales (mas barato)



Remplacar los espejos de MASS con el CCD/CMOS no sirve!

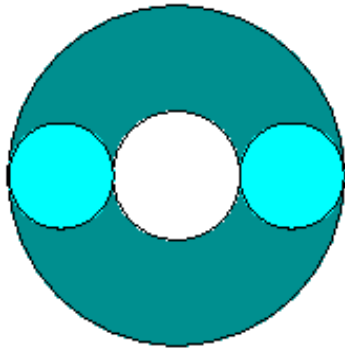
Ideas y soluciones

- CMOS con binning (LBT prototipo, fracaso)
- EM-CCD con binning (FASS = Full-Aperture Scintillation Sensor), A.Guesalaga (PUC, Santiago)
- Imagen desenfocado (anillo) → RINGSS
- Fourier en angulo con aperturas anulares (FASS)

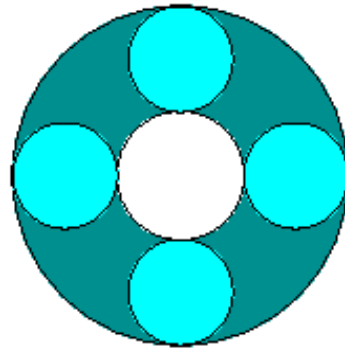


Relacion entre DIMM y RINGSS

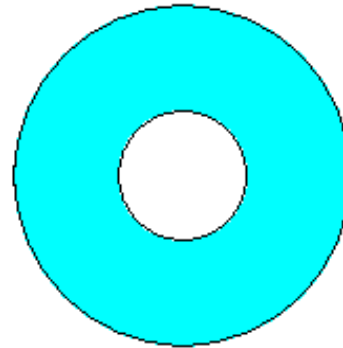
2 prismas



4 prismas

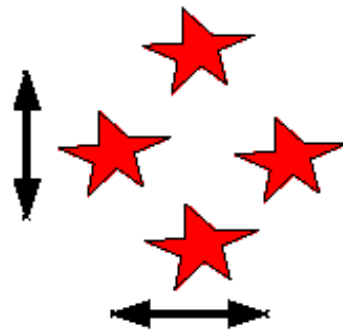


prisma conica



Abertura

Imagen



8 sectores = 4 DIMMs

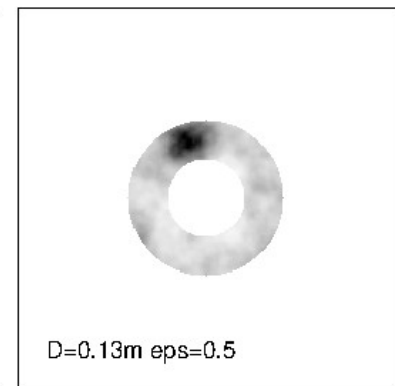
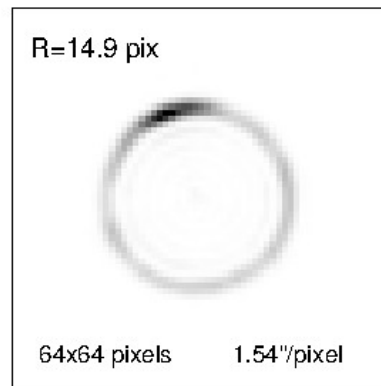
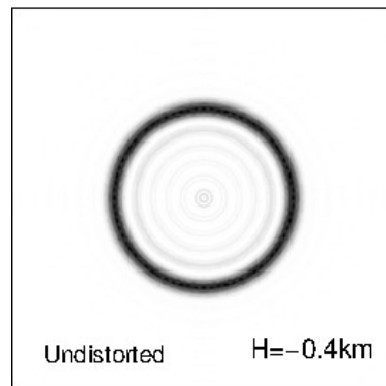
Probado a
Tololo en
2007

Nov. 23, 2021

RINGSS (Ring-Image Next Generation Scintillation Sensor)

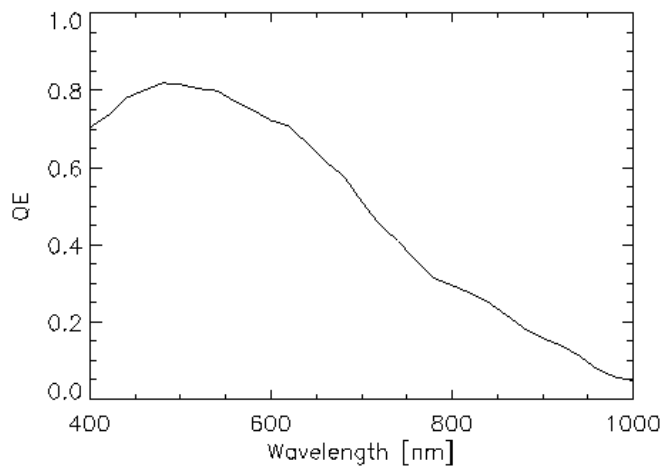
- Lente conica → imagen de anillo (reemplacar las 2 prismas de DIMM con la prisma conica, usar la pupilla entera)
- Fluctuaciones de intensidad en anillo sirven para medir la scintilacion
- Fluctuaciones en direccion radial miden el seeing como en DIMM

RINGSS =
DIMM+
MASS+
FASS



La camara CMOS

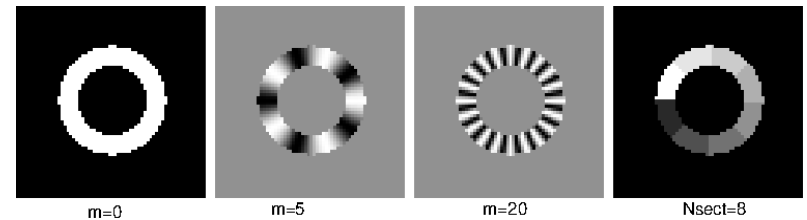
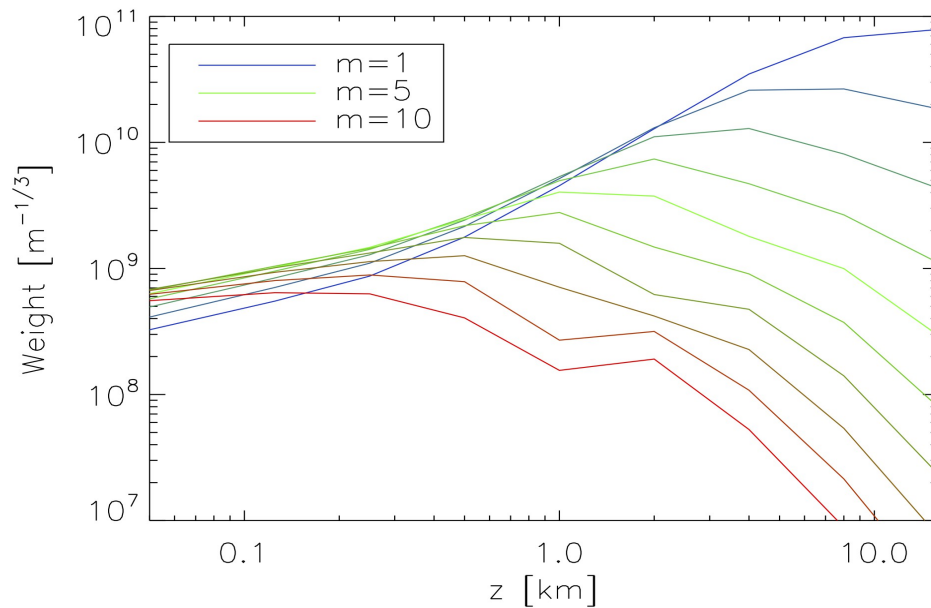
- ZWO ASI 290MM (China) para astro-photographia
- Formato 2Kx1K pixels, 2.9 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
- Eficiencia quantica $\sim 80\%$, ruido interno 1 electron
- Interfaz USB, bastante rapido
- Costo \$400 USD!
- Estudio in Febrero 2020 (L.Peige, M.Bonati, B.Cancino)



CCD clasico es demasiado lento y ruidoso, EM CCD es caro (>25 mil USD)

Theoria de RINGSS

- Los anillos no corresponden exactamente con la pupilla
- Necesitan nuevo tratamiento theorico para medir perfiles de turbulencia
- Verification de calculo par simulaciones



Porque ahora?

- 2019: NSF quiere sitios en EE.UU continental (problemas con Mauna Kea)
- Pat McCarthy: prepacion del proyecto (2020).
- Noviembre 16, 2021: sometieron propuesta a NSF por 3 anio y varios M\$. Esperamos que sea aceptada...
- Necesitaremos instrumentacion equivalente a MASS-DIMM

CTIO tendra que proveer instrumentos para medir la turbulencia (RINGSS y LuSci)

Somos expertos en DIMM, MASS, LuSci.

El programa de TMT fue basada en nuestra experiencia

Primer prototipo (2020)

- Adaptacion del viejo 13-cm Celestron con lente (aberracion conica = esferica + foco)
- Cubos de 64x64x2000 imagenes, 1ms exposicion
- Codigo en IDL (simulation, procesamiento)



2020-09-13 00:13 Altair

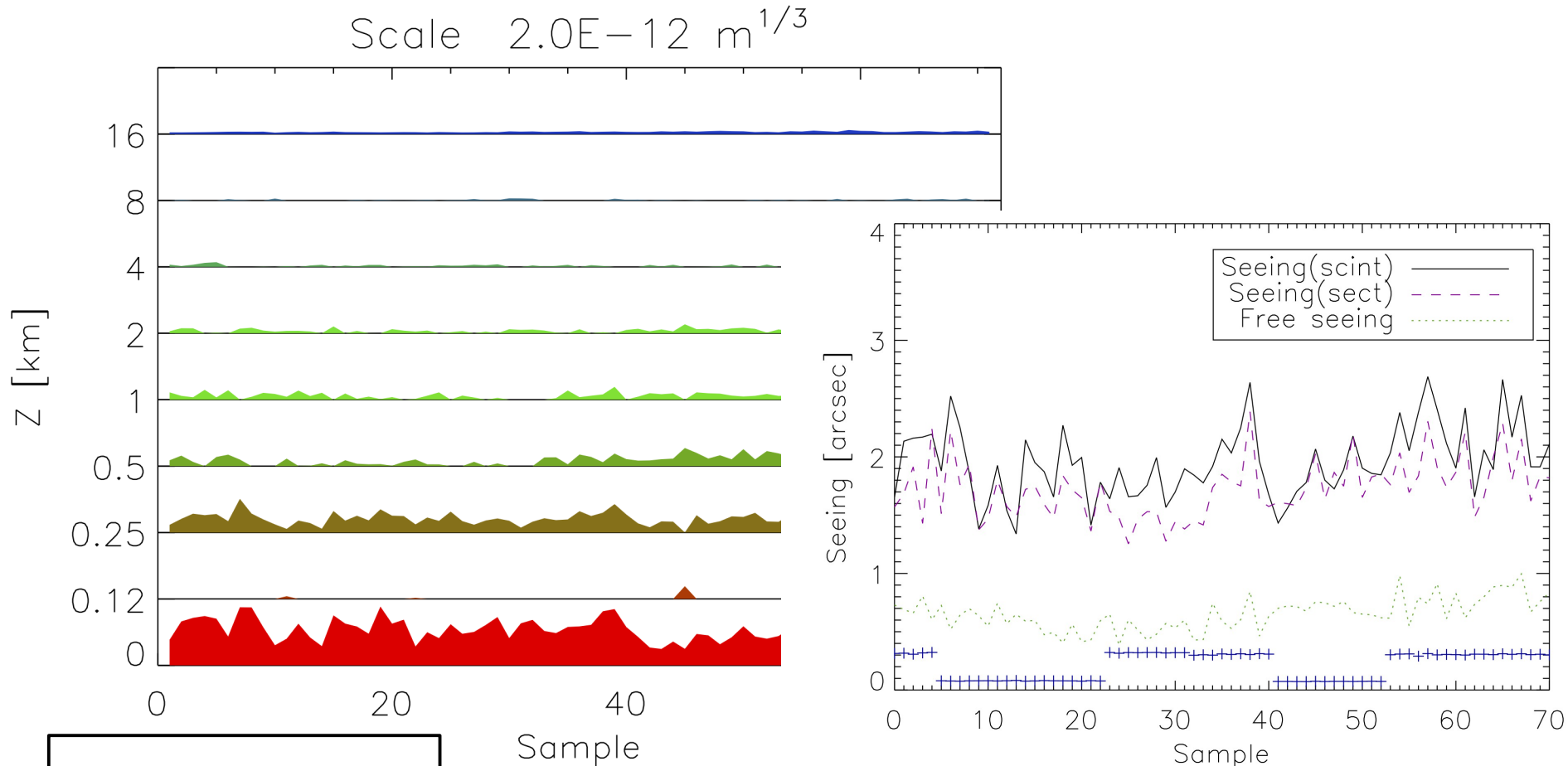


Simulation



Publicacion: 2021, MNRAS, 502, 794

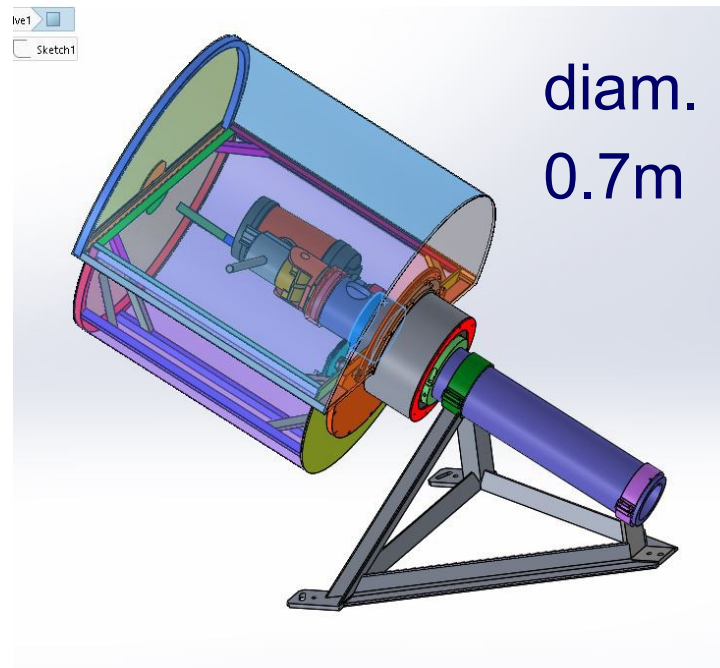
Ejemplo de pruebas en La Serena



**Control: seeing
DIMM = MASS**

El prototipo de verdad (2020-2021)

- Montura RST-135, telescopio Celestron 5SE (13cm), lente+filtro, camara, computador
- Hecho en casa: culupa cilindrica y soporte
- Programas (90% del instrumento)



Primer luz a Tololo (2021-10-25)



Donde estamos ahora (hardware)

- Telescopio+camara+focalizador
- Soporte (R.Rivera)
- Cupula (por terminar pronto)
- Torre Halfmann: en preparacion

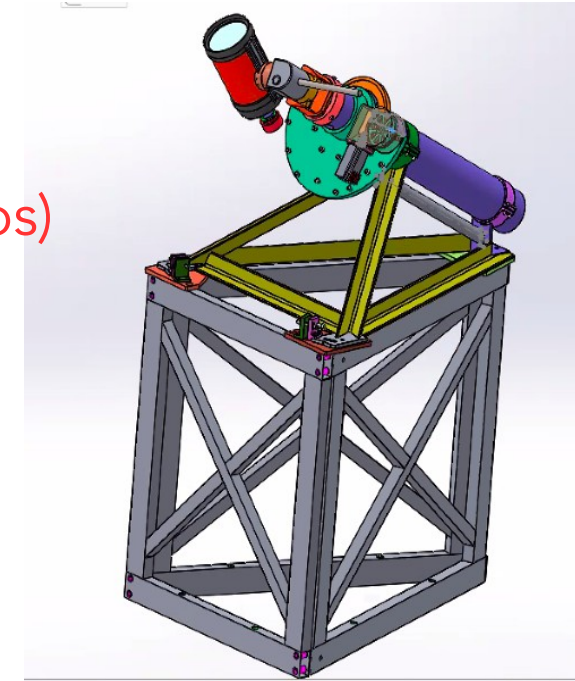
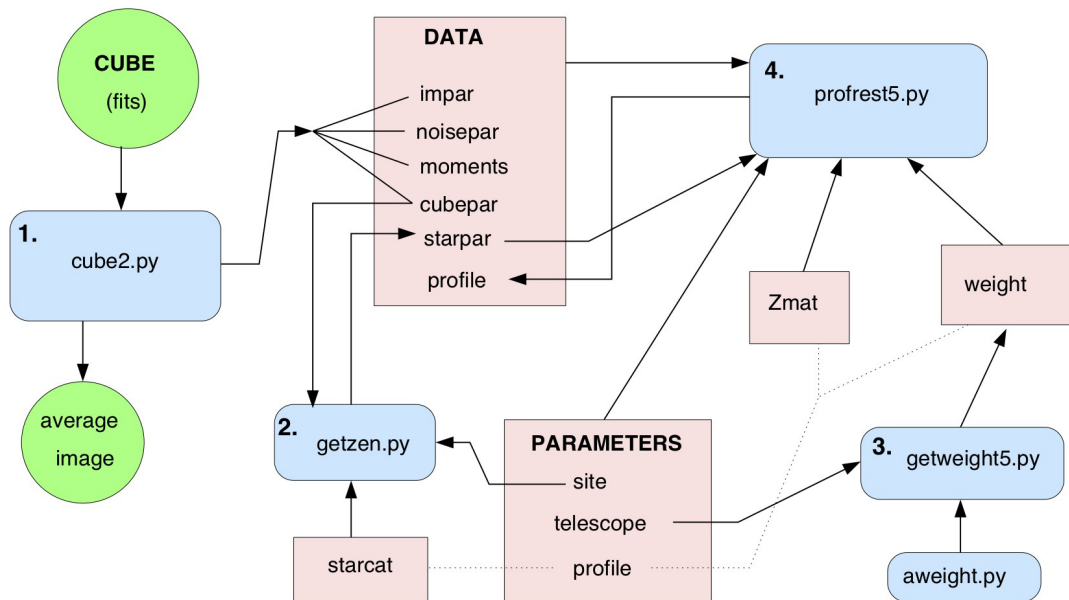
Planes:

1. Desaroyar el software
2. Instalar en la torre Halfmann
3. Operacion robotica
4. Comparacion con MASS-DIMM



RINGSS es 90% software

- Adquisicion de cubos (python)
- Procesamiento, medicion de Cn2 (python)
- Control de montura y focalisador
- Operacion robotica (Supervisor, base de datos)
– en progreso (E. Bustos).



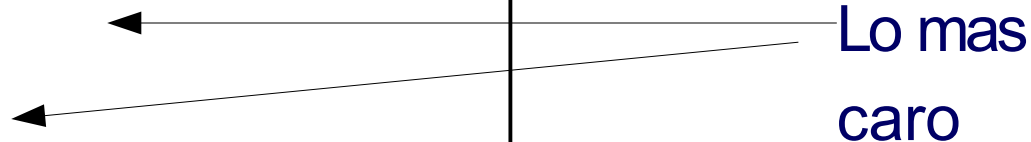
Las ventajas de RINGSS

- Componentes comerciales: facil de replicar (excepto la cupula), tecnologia moderna (CMOS)
- Telescopio mas chico que MASS-DIMM: mas compacto
- Gran campo, mas facil apuntar la estrella
- Datos mejores (mejor QE, mas pixeles, 4 DIMMs en simultaneo)

Que falla en el 'seeing monitor'?

1. Montura
2. Cupula
3. Electronica

Lo mas caro



Planes (1-3 años)

- Proyecto NSF: si es aprobado, CTIO fabricara 4-5 estaciones con RINGSS+LuSci por Marzo 2023.
- El prototipo (torre Halfmann) remplacara MASS-DIMM
- Conversion de monitores an Pachon y LSST
- Distribuir el software y la experiencia a otros observatorios

RINGSS sera replicado en various lugares

FIN

🌐 Gracias por su atención!