

La Ingeniería Electrónica en el Radio Observatorio de Jicamarca

J. L. Chau, R. Woodman, O. Castillo, L. Condori, R. Yanque, et al.
Radio Observatorio de Jicamarca, Instituto Geofísico del Perú,
Lima

PUCP, 28 de Mayo del 2009

Contenido

- Introducción
- Radares de Investigación y Electrónica
- Desarrollos para otros instrumentos/proyectos
 - Imágenes con radar
 - Primer instrumento peruano en el espacio (PERSEUS)
- Oportunidades de prácticas y trabajo para estudiantes y recién egresados.

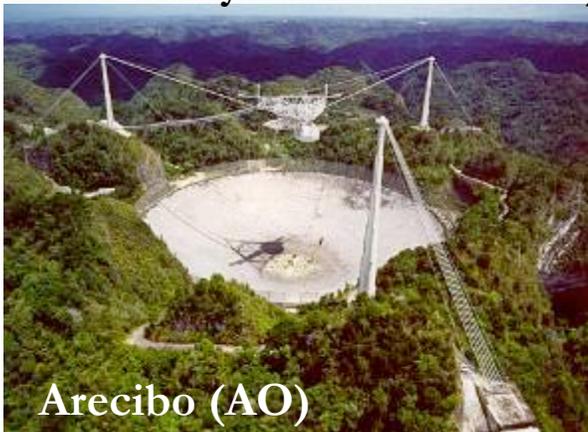
Introducción



- Ubicado a ~20 km al este de Lima
- Construido a comienzos de los 60's por la Agencia Nacional de Normas (NBS) de los EE.UU.
- Donado al IGP en 1969, desde entonces ha sido operado y modernizado por científicos e ingenieros peruanos.
- Ahora forma parte de la cadena occidental de radares de dispersión incoherente que se extiende desde Groenlandia hasta Perú.

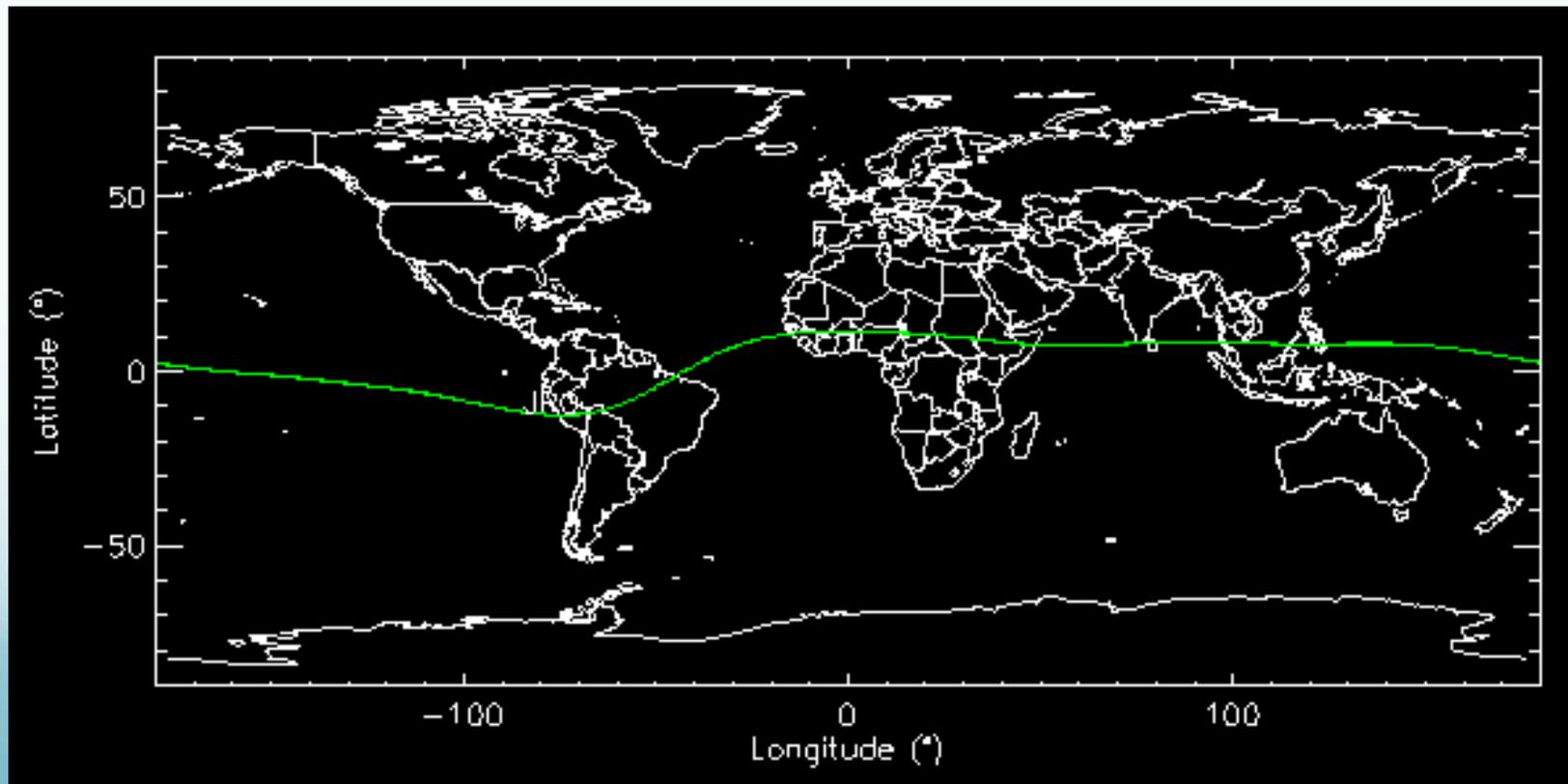
Cadena radares de dispersión incoherente

Los radares de dispersión incoherente constituyen las herramientas más poderosas hoy en día para estudiar el espacio cercano a la Tierra (la ionosfera y la alta atmósfera)



¿Por qué en Jicamarca?

- “Debajo” del ecuador magnético (uso de una gran antena horizontal)
- Facilidad de acceso aéreo y marítimo (cerca de Lima y Callao)
- Libre de interferencia electromagnética externa (rodeado de





© 2006 Europa Technologies
Image © 2006 DigitalGlobe
Image © 2006 TerraMetrics

© 2006 Google

Pointer 11°57'00.14" S 76°52'27.99" W elev 1687 ft

Streaming [|||||] 100%

Eye alt 8938 ft

Espacio cercano: Atmósfera y Ionosfera

Ionización:

$O, N_2, O_2 + \text{luz solar} \rightarrow e + \dots$

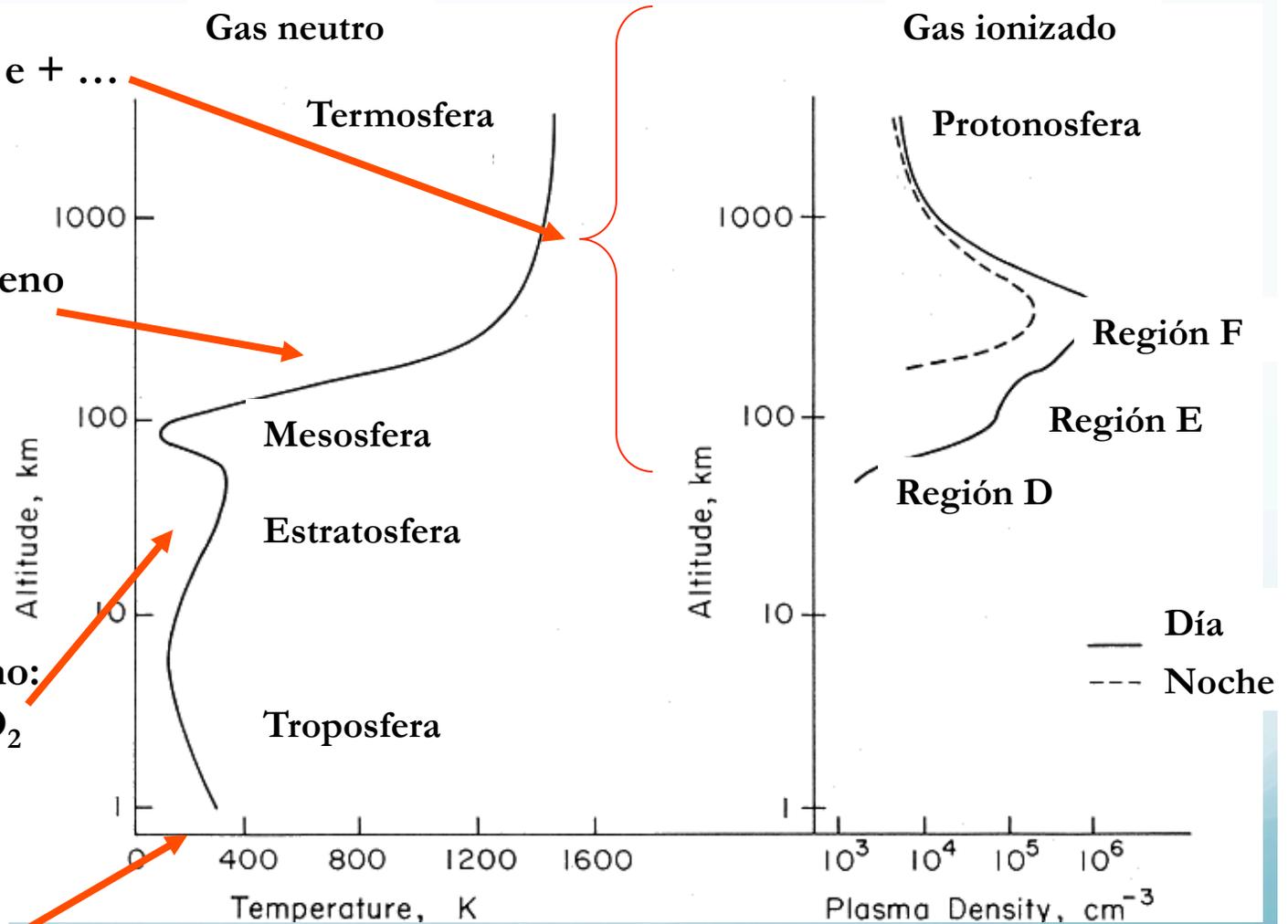
Calentamiento por Oxígeno

$O_2 + \text{luz solar} \rightarrow O + O$

Calentamiento por Ozono:

$O_3 + \text{luz solar} \rightarrow O + O_2$

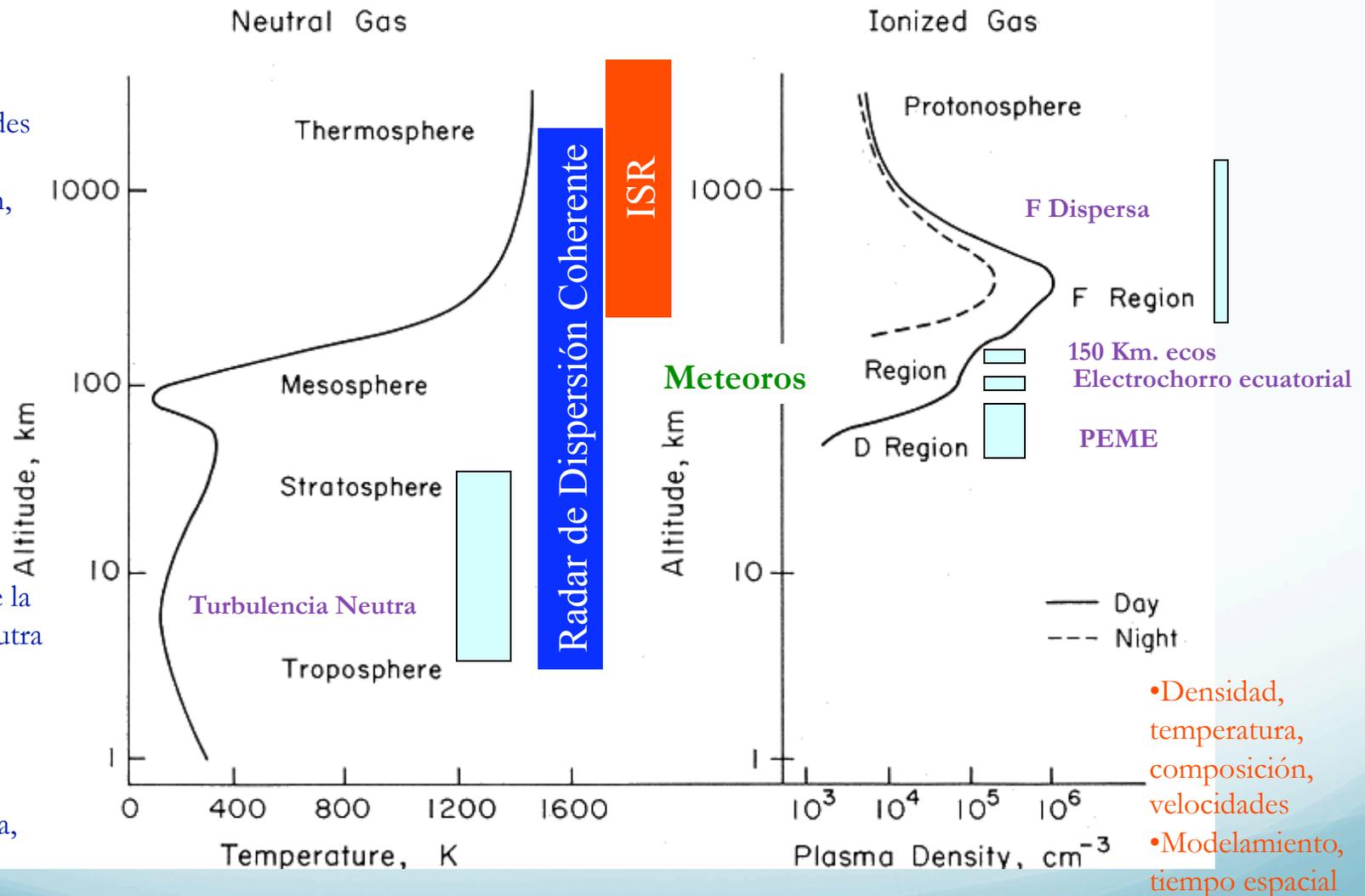
Calentamiento de la Superficie



¿Qué estudiamos?

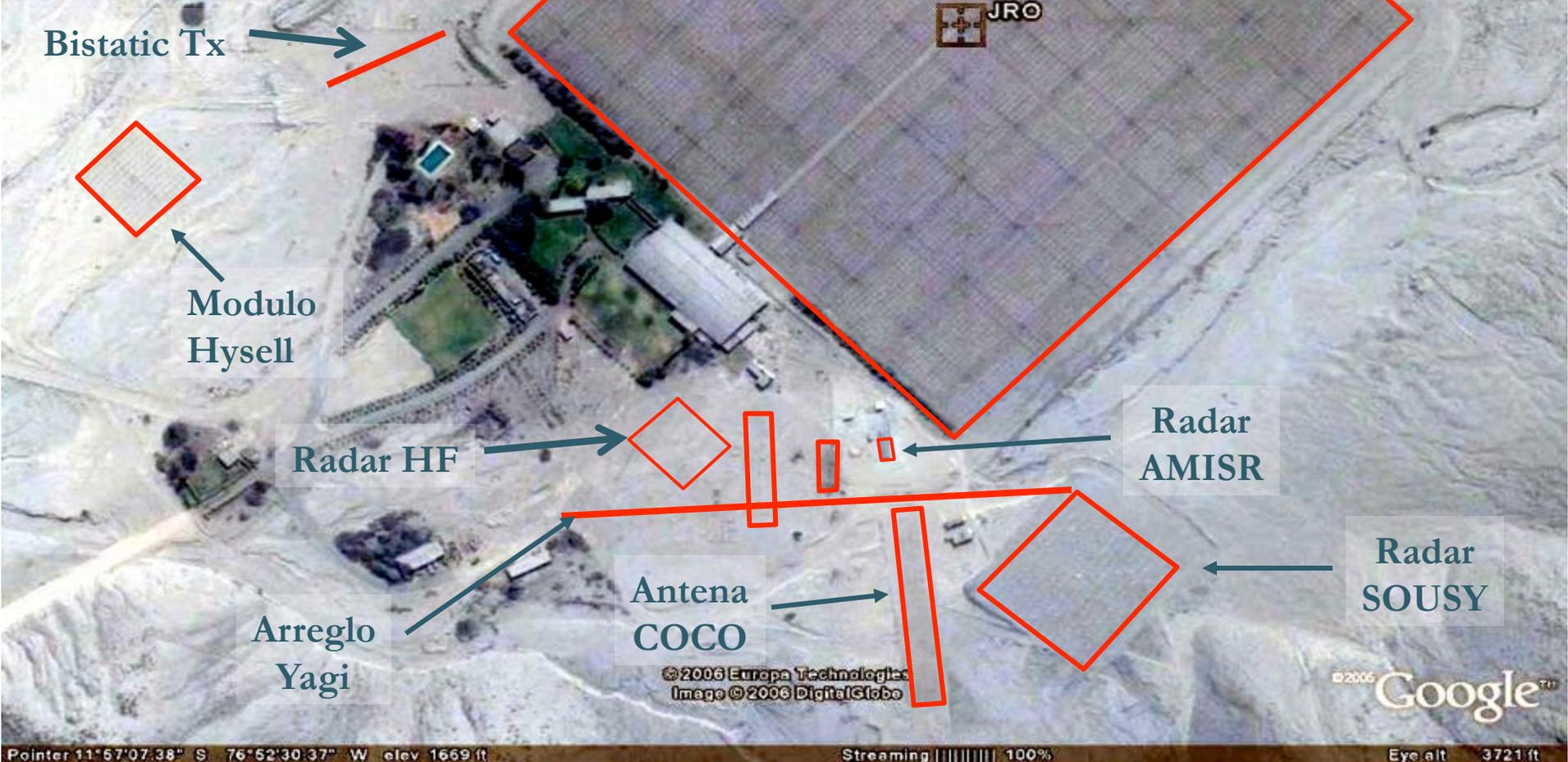
- Irregularidades ionosféricas (EEJ, 150-km, ESF).
- SAR, GPS

- Dinámica de la atmósfera neutra (vientos, turbulencia, velocidades verticales)
- Meteorología, aviación.



- Densidad, temperatura, composición, velocidades
- Modelamiento, tiempo espacial

Antenas ROJ



Radares en el ROJ

Radar	Frecuencia	Potencia Pico	Ciclo de trabajo	Polarización	Ancho de Banda	Tamaño y tipo de Antena
Jicamarca	50 MHz	3*1.5 MW	5%	Cualquiera	1 MHz	300m x 300m Dipolos
JULIA	50 MHz	4*20 kW	1.5 y 5%	Cualquiera	1 MHz	Varias COCO, Dipolos, Yagi
SOUSY	53.5 MHz	600 kW	4%	Lineal	3 MHz	64m x 64 m Yagis
AMISR-7	435 MHz	112 kW	10%	Circular	10 MHz	21m x 3.5 m Dipolos
Digisonde	1-20 MHz	300 W	?%	Circular y Lineal	20 MHz	Delta (tx), Lazos (rx)
Biestático	50 MHz	20-40 kW	5%	Circular	1 MHz	16 x 1 Yagis
JASMET	50 MHz	20 kW	5%	Lineal	1 MHz	Yagis (tx), Dipolos (rx)

Radars peruanos para estudios atmosféricos/ionosféricos



Radar: Funcionamiento simplificado

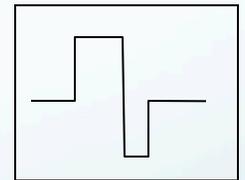
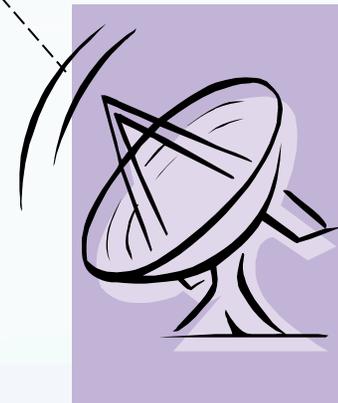
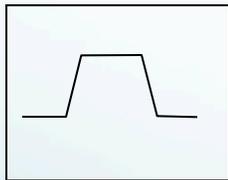
Dispersor isotrópico con sección transversal σ

$$\vec{r}_{r1} = \vec{r}_d - \vec{r}_{Rx1}$$

$$E_i \propto \frac{\sqrt{g_{Tx}}}{|\vec{r}_i|} e^{j\vec{k}_i \cdot \vec{r}_i - \omega_0 t}$$

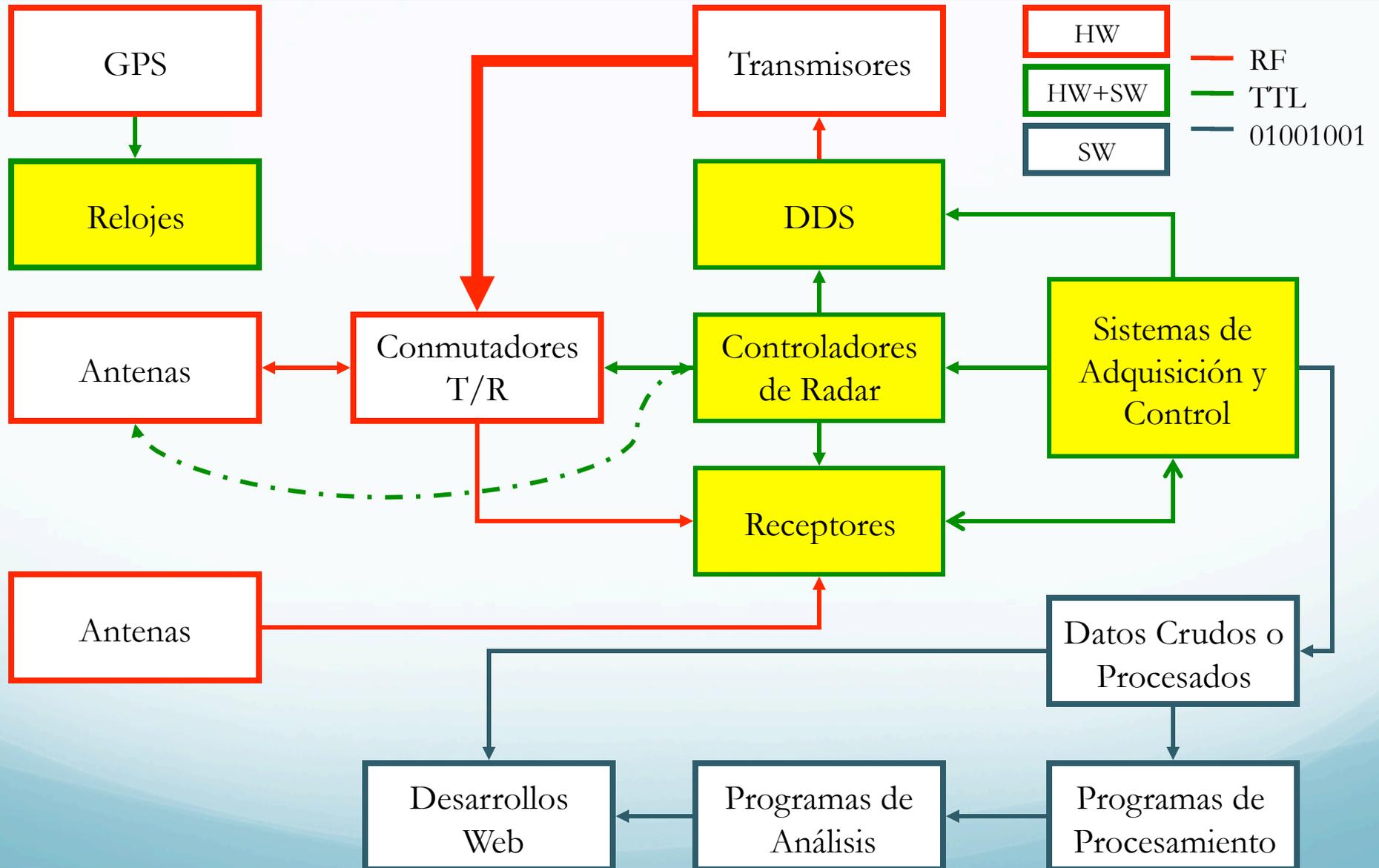
$$\vec{r}_i = \vec{r}_d - \vec{r}_{Tx}$$

$$g = \frac{4\pi A}{\lambda^2}$$



$$E_{r1} \propto E_i \sigma \frac{\sqrt{A_{r1}}}{|\vec{r}_{r1}|} e^{-j\vec{k}_{r1} \cdot \vec{r}_{r1}} \propto \frac{\sqrt{g_{Tx} g_{Rx}}}{|\vec{r}_i| |\vec{r}_{r1}|} \sigma e^{j(\vec{k}_i \cdot \vec{r}_i - \vec{k}_{r1} \cdot \vec{r}_{r1} - \omega_0 t)}$$

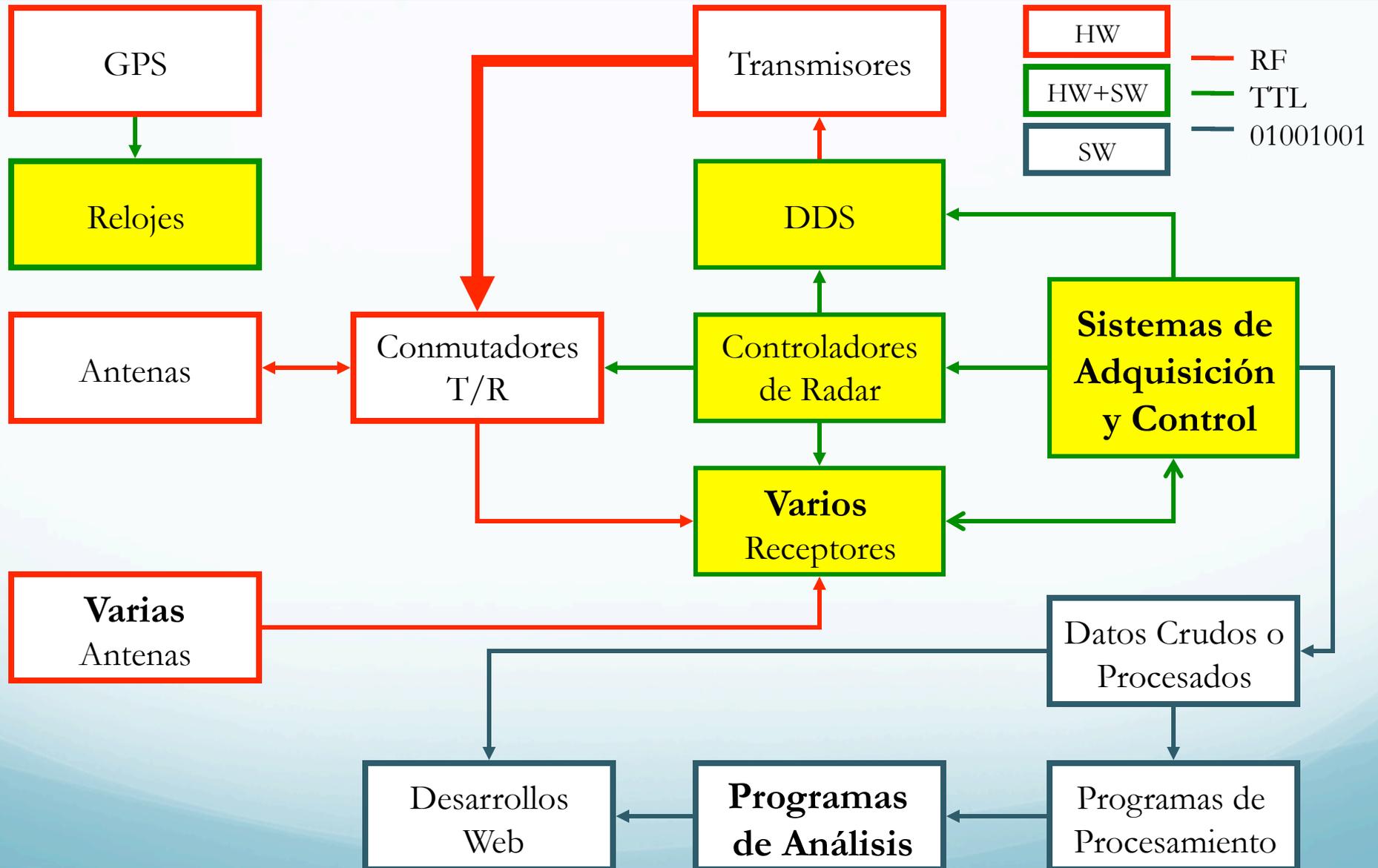
Radar: Diagrama de Bloques



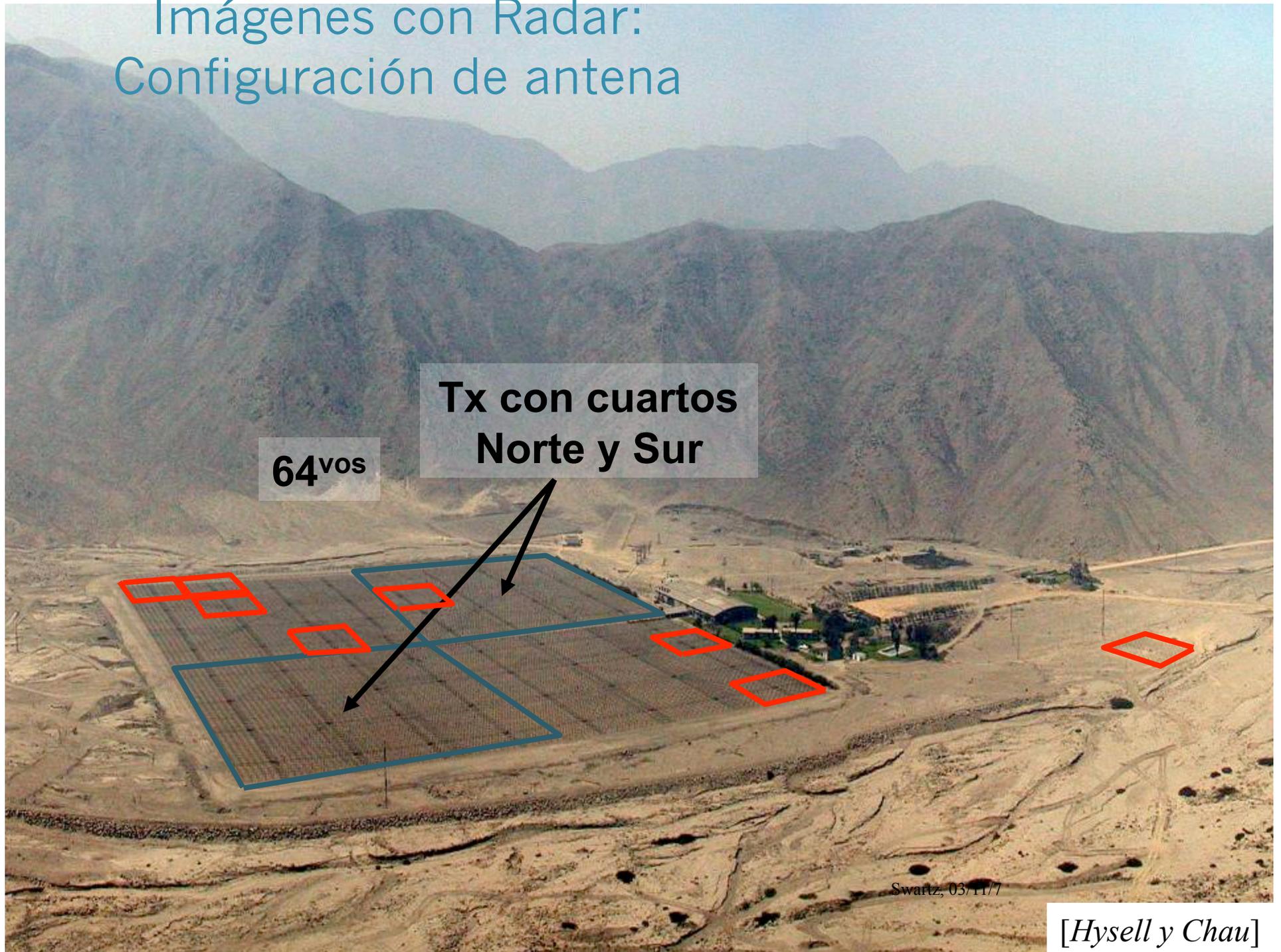
Electrónica en el ROJ

- Radio frecuencia y electromagnetismo (e.g., antenas, transmisores, etc.)
- Automatización (e.g., operación de txs)
- Control (e.g., osciladores de precisión usando GPS)
- Desarrollo de hardware (e.g., equipos de radar)
- Desarrollo de software (e.g., software radio)
- Redes y computación (e.g., base de datos, protocolos web, etc.)
- Procesamiento de señales (e.g., estimación de imágenes, procesamiento espectral, detección de objetivos)

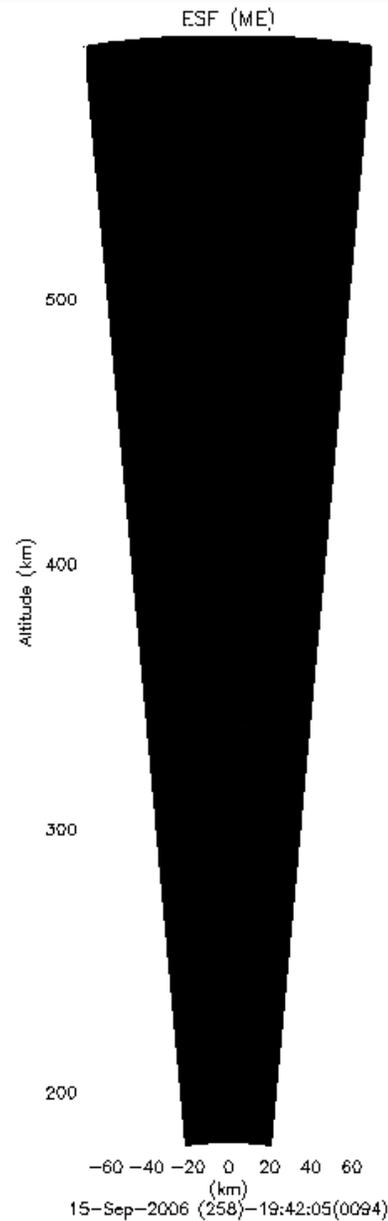
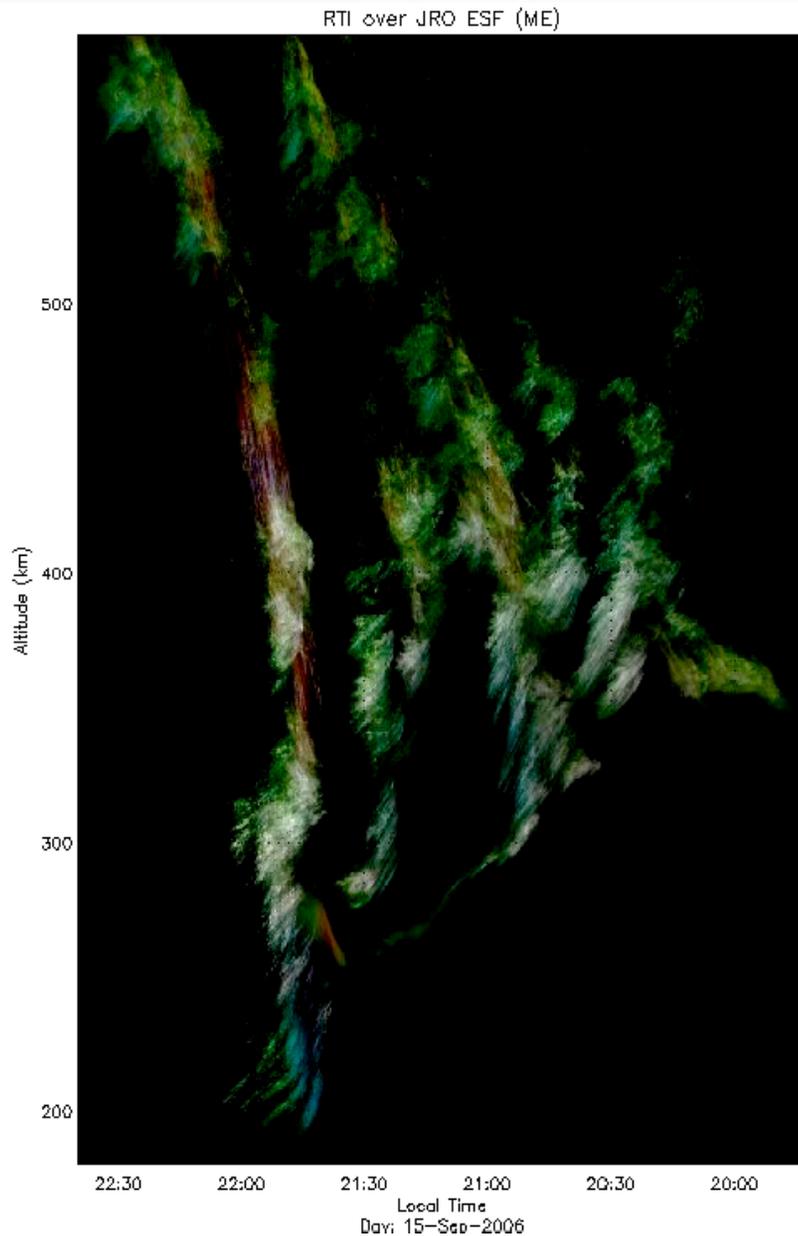
Imágenes con Radar: Diagrama de Bloques del Radar



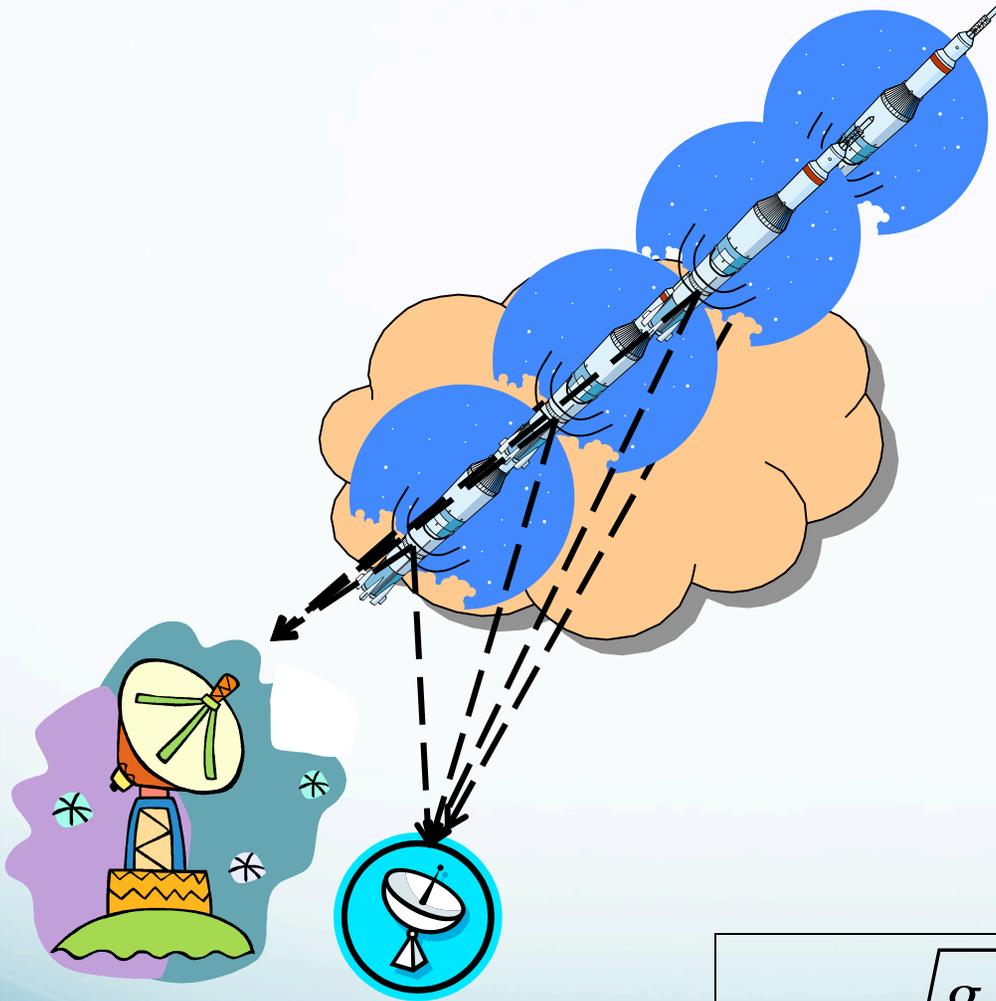
Imágenes con Radar: Configuración de antena



Imágenes con Radar: Ejemplo de irregularidades de la región F



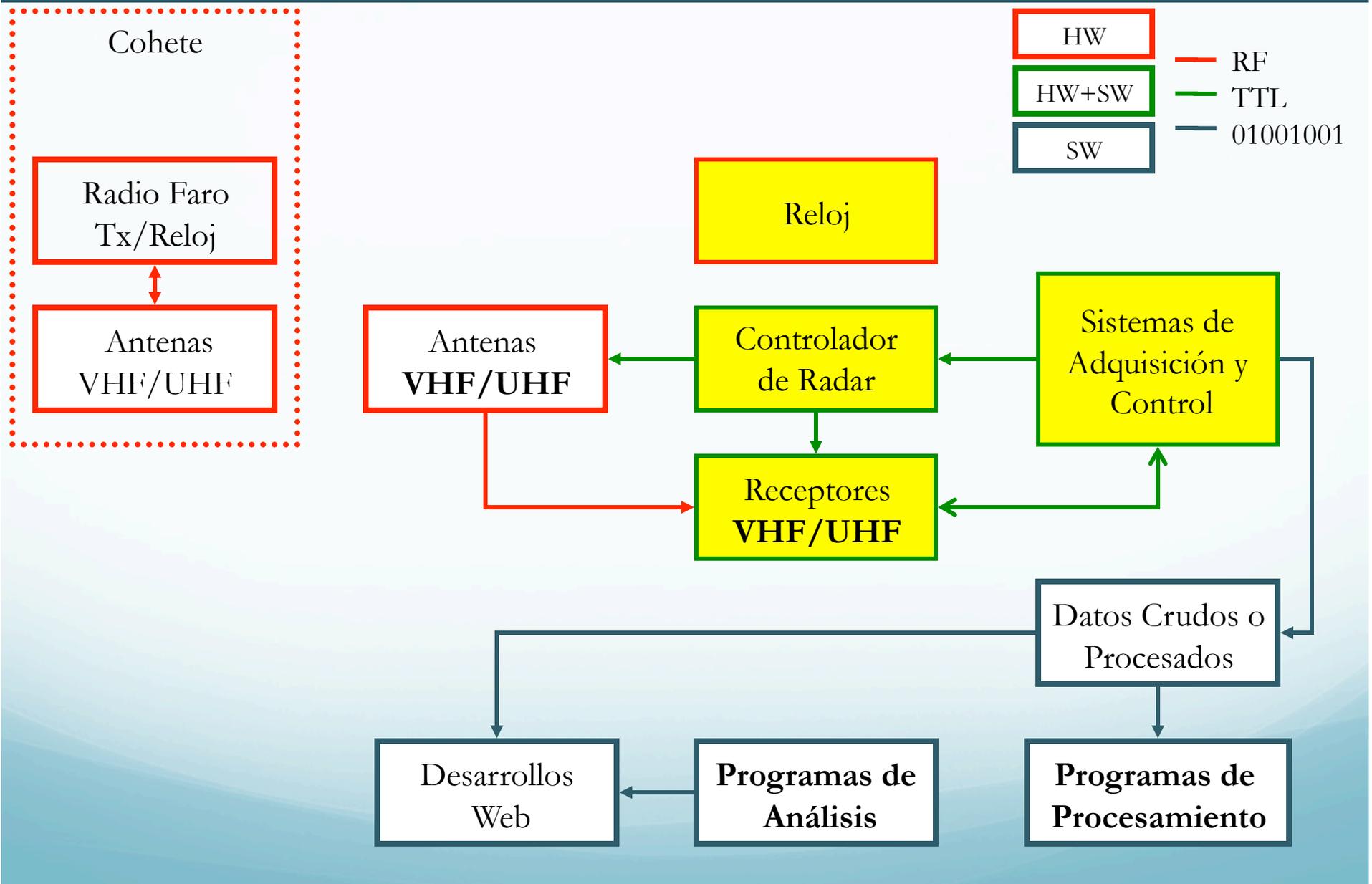
PERSEUS: Funcionamiento simplificado



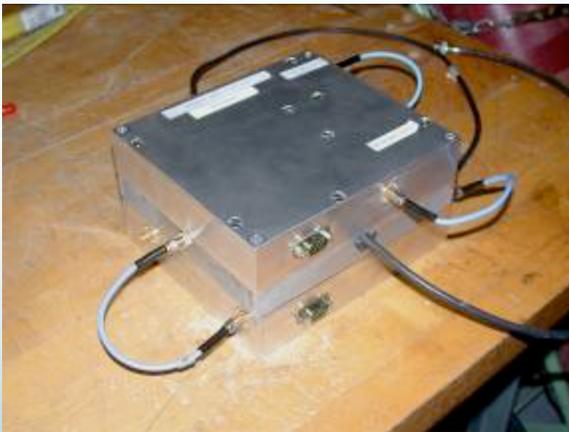
- Dos txs a bordo de un cohete emiten RF a diferentes frecuencias (VHF y UHF) .
- En tierra se utilizan sistemas de recepción para ambas frecuencias y en algunos casos espaciadas.
- La señal llega atenuada y con diferente fase dependiendo del medio que tenga que atravesar y la frecuencia que se utilice.
- Interesa estudiar el medio que atraviesa la señal.

$$E_{r1} \propto \frac{\sqrt{g_{Tx}(\theta_{Tx}(t))g_{Rx}(\theta_{Rx}(t))}}{|\vec{r}_{r1}(t)|} \sigma_{mf} e^{j(\phi_{mf} - 2\pi f t)}$$

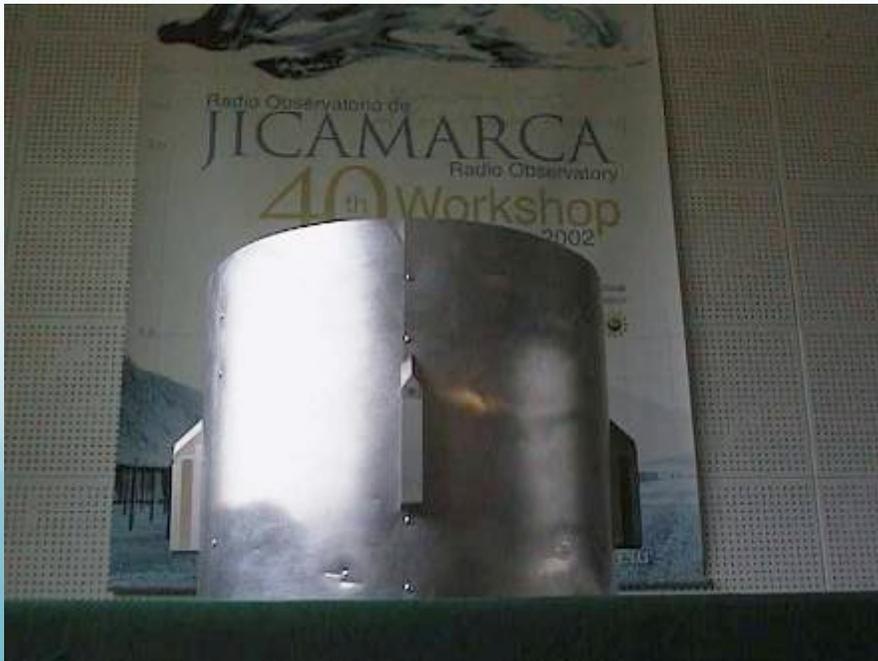
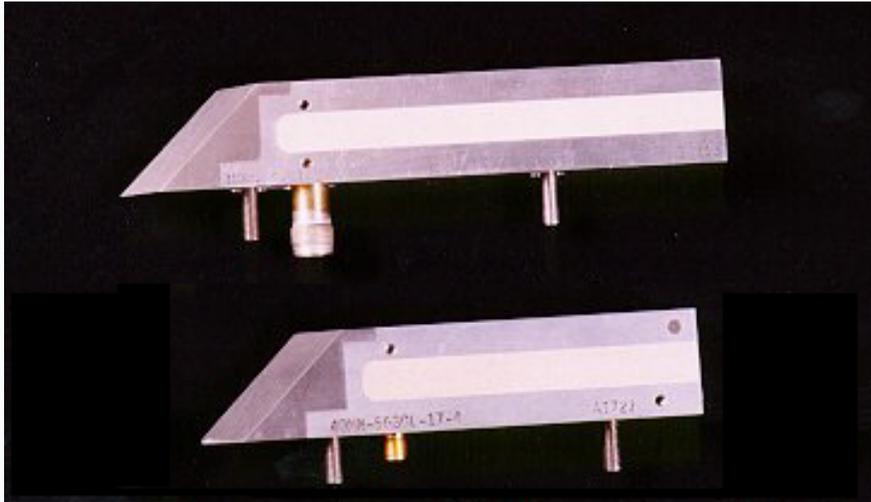
PERSEUS: Diagrama de Bloques



PERSEUS: Tx's Radio Faros con Doble Frecuencia 38 y 570 MHz

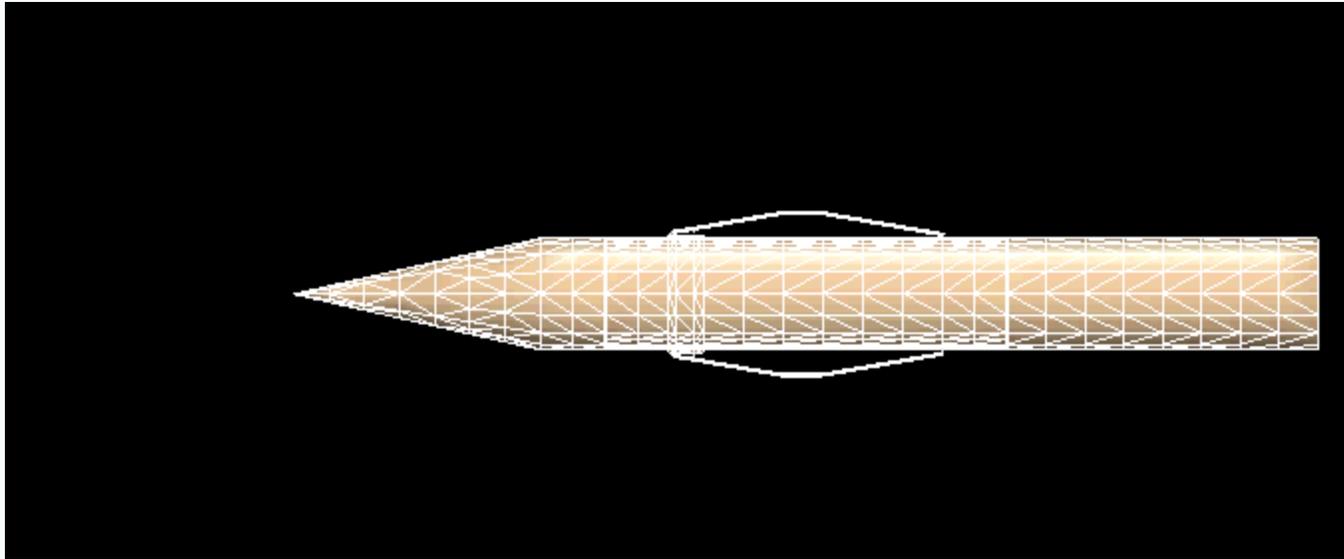


PERSEUS: Antenas de Tx *Quadraloop* UHF (570MHz)



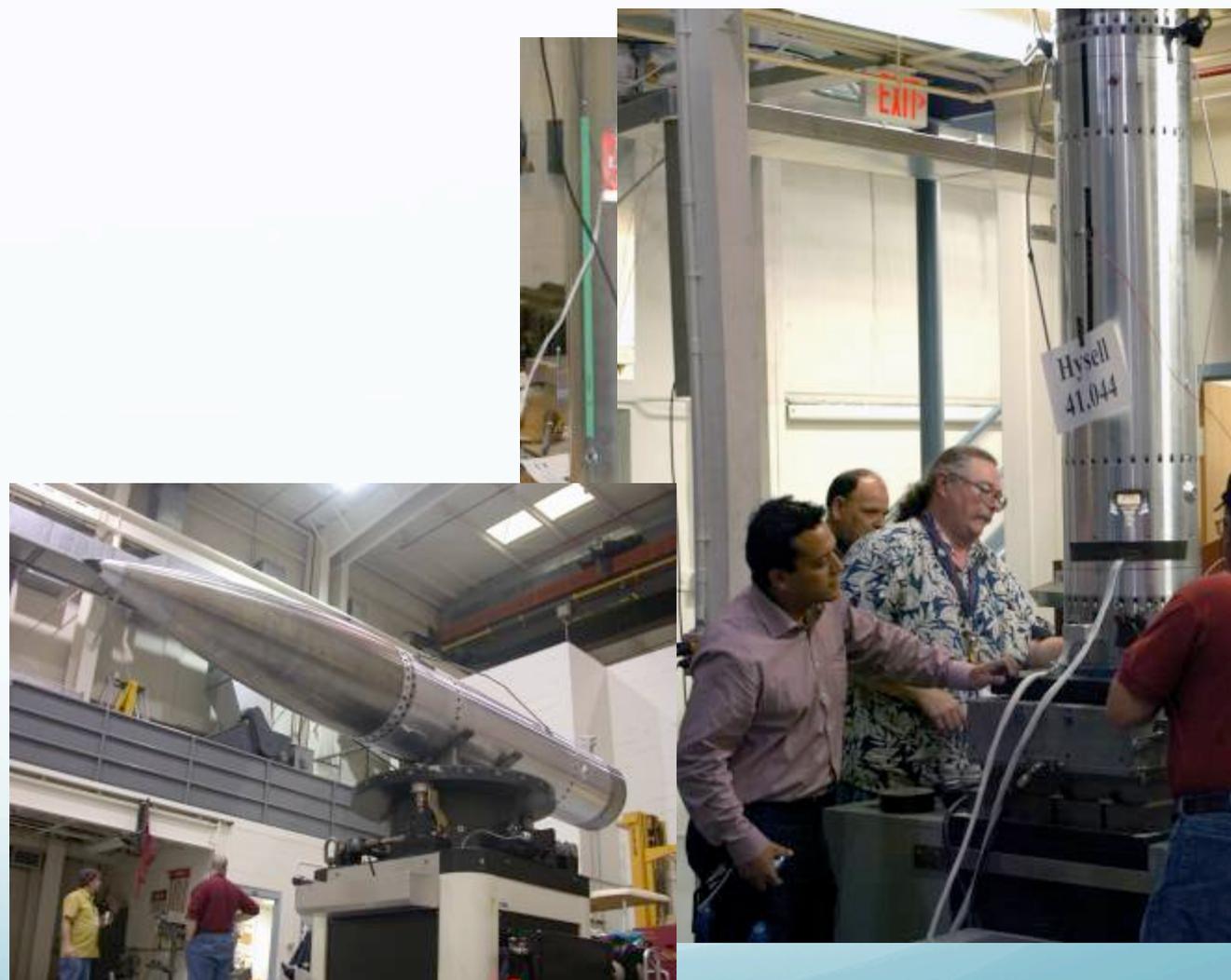
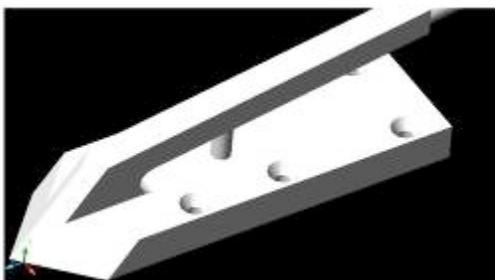
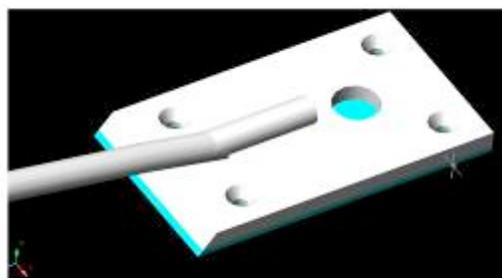
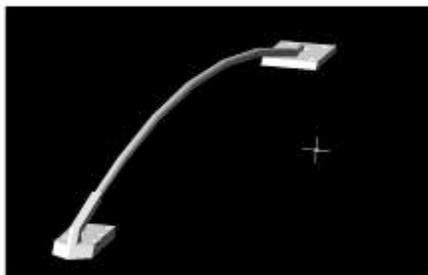
PERSEUS: Antenas de Tx: VHF (38MHz) (1)

Simulación de una antena VHF



- Esta parte del proyecto fue una de las más desafiantes y crítica para el éxito del proyecto.
- Dipolo corto (~ 90 cm). Tiene un capacitor en uno de los lados para compensar la longitud
- La antena es sintonizable (ancho de banda angosto, alto Q)
- La antena y el cohete donde iba a estar armada se simularon con programa de antenas *FEKO*.

PERSEUS: Antenas de Tx VHF (38MHz) (2)



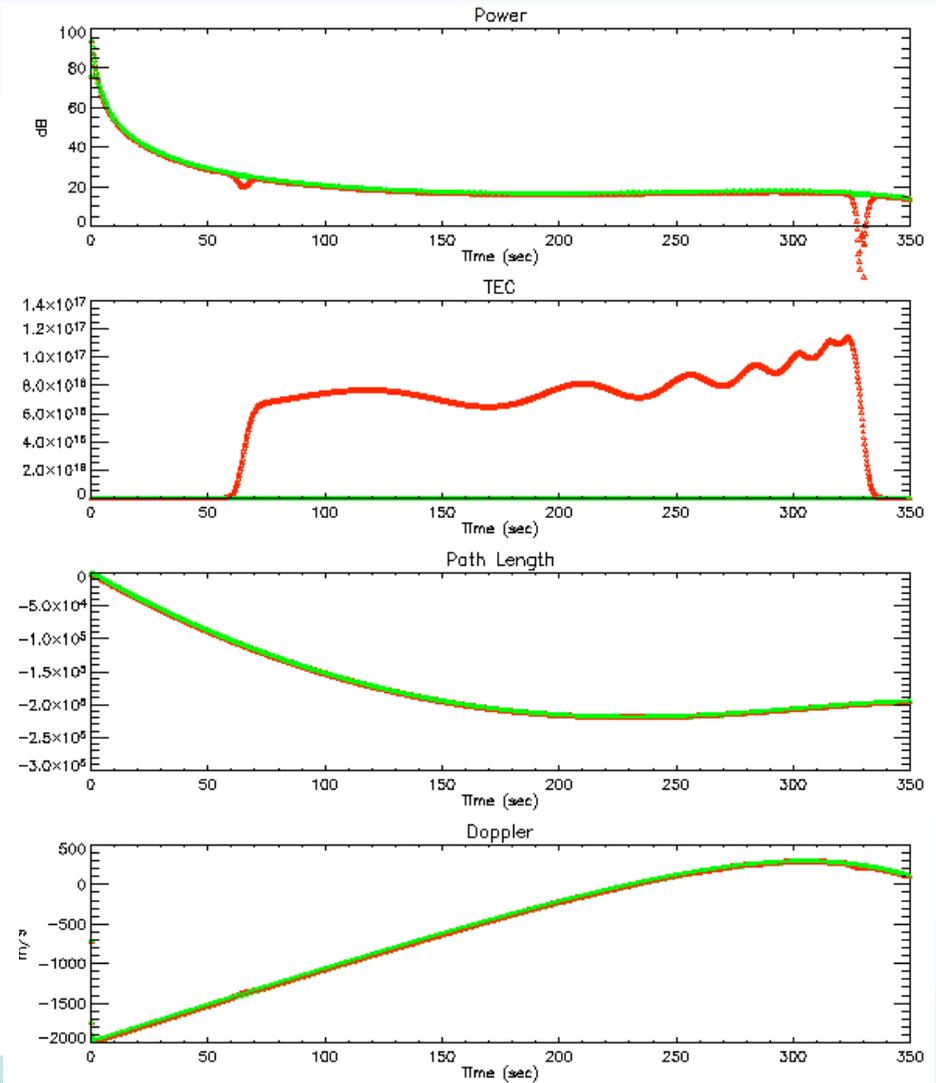
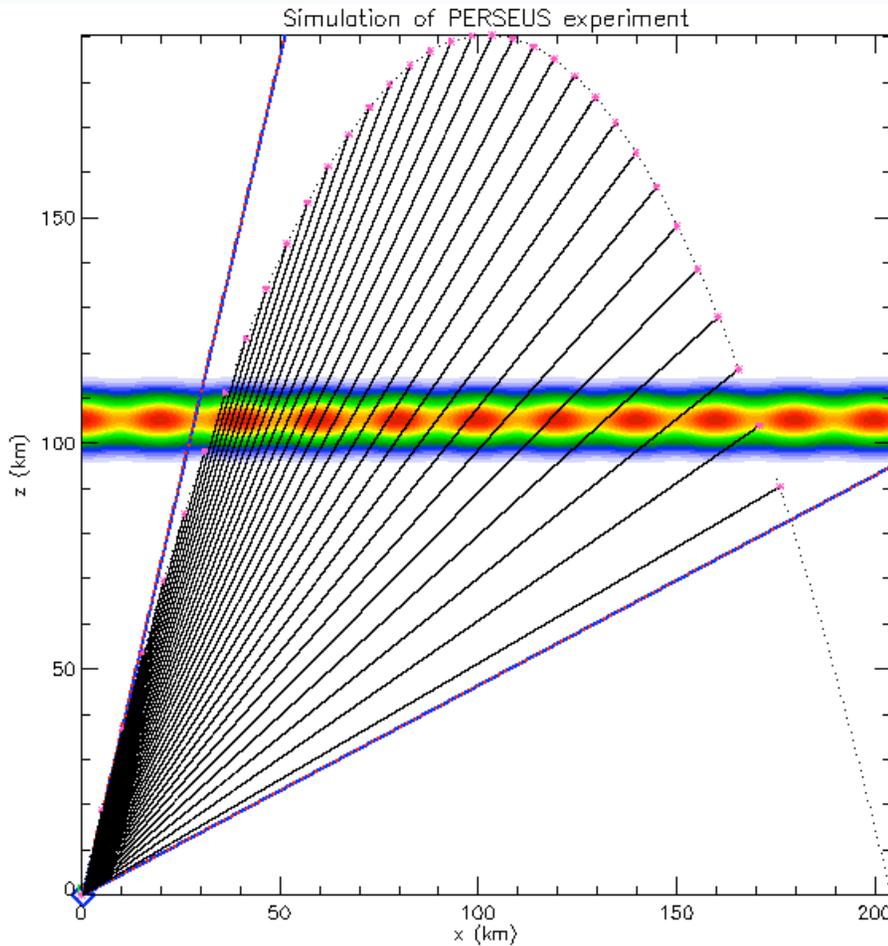
PERSEUS: Receptores Digitales



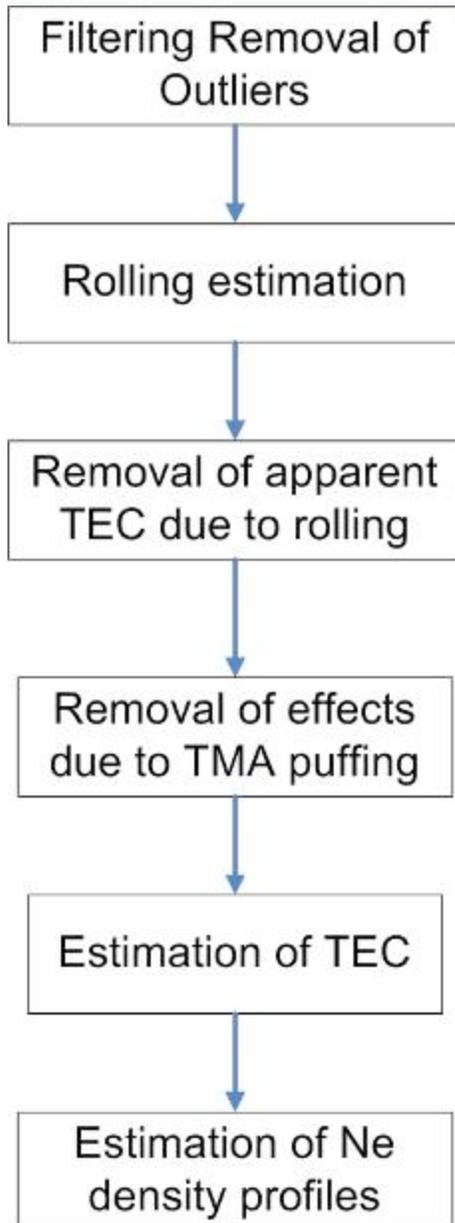
Retos respecto al sistema usado en el radar:

- Toma continua de datos en lugar de una ventana cada cierto tiempo
- Recepción simultánea de señales con dos frecuencias diferentes.
- Estabilidad de los relojes

Programas de Simulación y Procesamiento (1)



PERSEUS: Procesamiento de Datos



- Remoción de *outliers*
- Filtrado adaptivo al desplazamiento Doppler deseado, importante para separar señales provenientes de diferentes cohetes.
- Estimación de la rotación del cohete para ambas señales (VHF y UHF)
- Remoción de los efectos de rotación del cohete.
- Remoción de efectos de gas emitido en otro instrumento del cohete.
- Estimación del contenido total de electrones a lo largo de la trayectoria del cohete
- Estimación de los perfiles de densidad (en altura), durante la etapa de subida del cohete.

Instituciones Relacionadas al ROJ



Relaciones con Instituciones



Estudiantes ROJ

- Más de 50 tesis de Ph.D. con temas relacionados al ROJ o “ex-alumnos” ROJ
 - la gran mayoría en Universidades de los EE.UU.
 - 12 graduados peruanos, 7 de los cuales han trabajado en el ROJ antes de seguir estudios de post grado.
 - 6 ex-ROJ han comenzado estudios de Ph.D. en EE.UU. en los últimos 6 años.
- Más de dos docenas de tesis de grado en instituciones peruanas, la mayoría de instituciones peruanas.

Programas para estudiantes peruanos

- Dirigido a:
 - Estudiantes de 3ro, 4to y 5to año y egresados.
 - Ramas: Física, Ingenierías y Matemáticas
 - Duración: 3, 6, 12 meses
- Horarios: Lunes a Jueves de 8 am a 6 pm
- Prácticas incluyen:
 - Movilidad y almuerzos
 - En el caso de tesis, gastos relacionados a la tesis.
- Postulación
 - Llenar formato que se encuentra en nuestra web
 - Carta de interés
 - Dos cartas de recomendación

http://jro.igp.gob.pe/common_files/internship/practicante.php

Nuestra experiencia

- Además de los conocimientos de carrera son importantes:
 - Auto aprendizaje
 - Asumir nuevos retos
 - Motivación
 - Ingenio
 - Inglés
 - ...
- Perfiles de nuestros ingenieros “egresados”
 - Estudios de post-grado (maestría y/o doctorado)
 - Emprendedores en Industria tecnológica