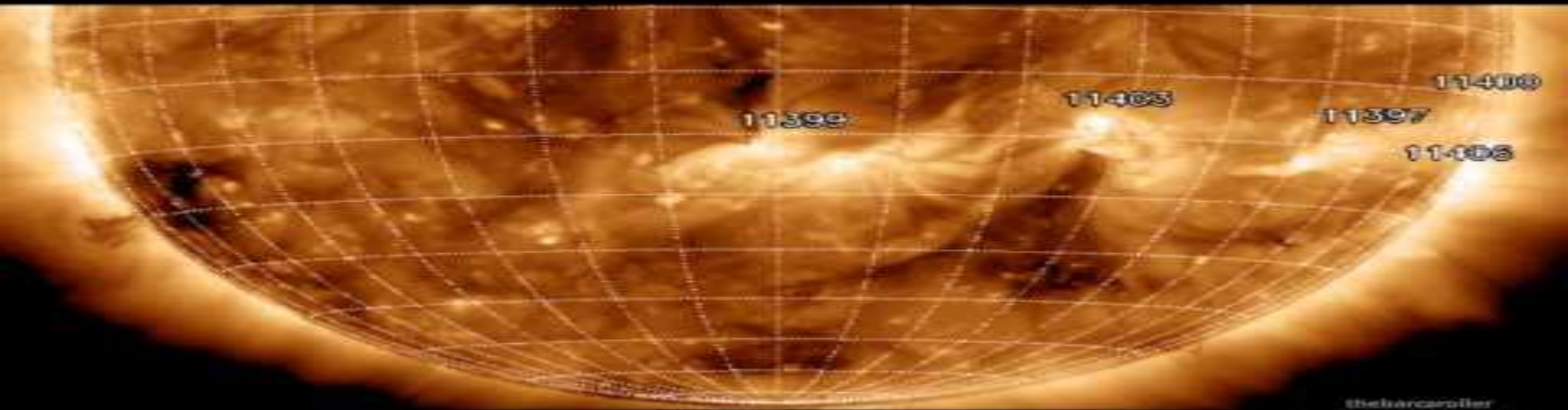




# MONITOREO DE LA CAPA D DE LA IONOSFERA MEDIANTE SEÑALES VLF

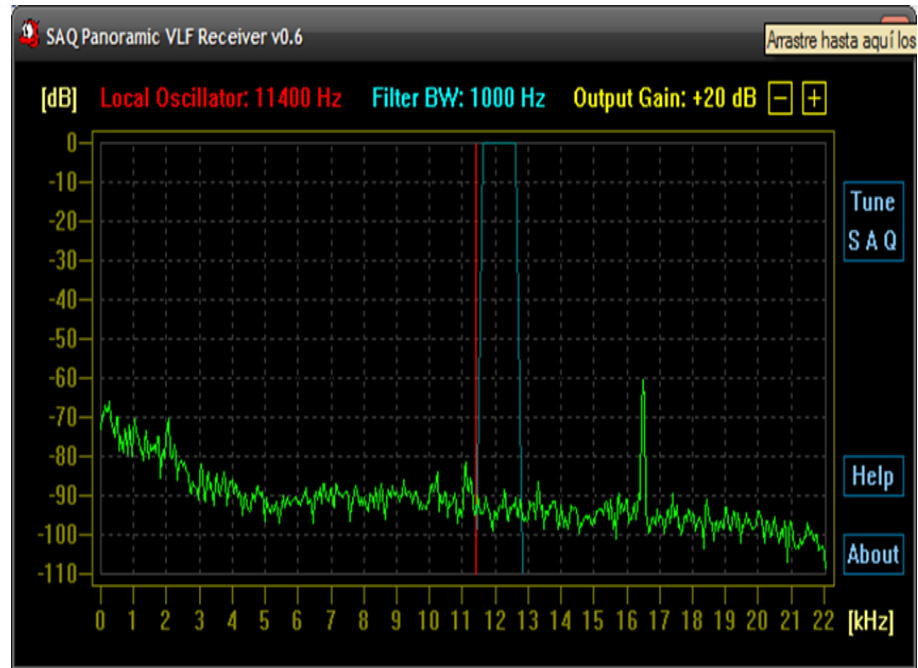
Ing. JHON JAIRO BARONA MENDOZA



# OBJETIVOS

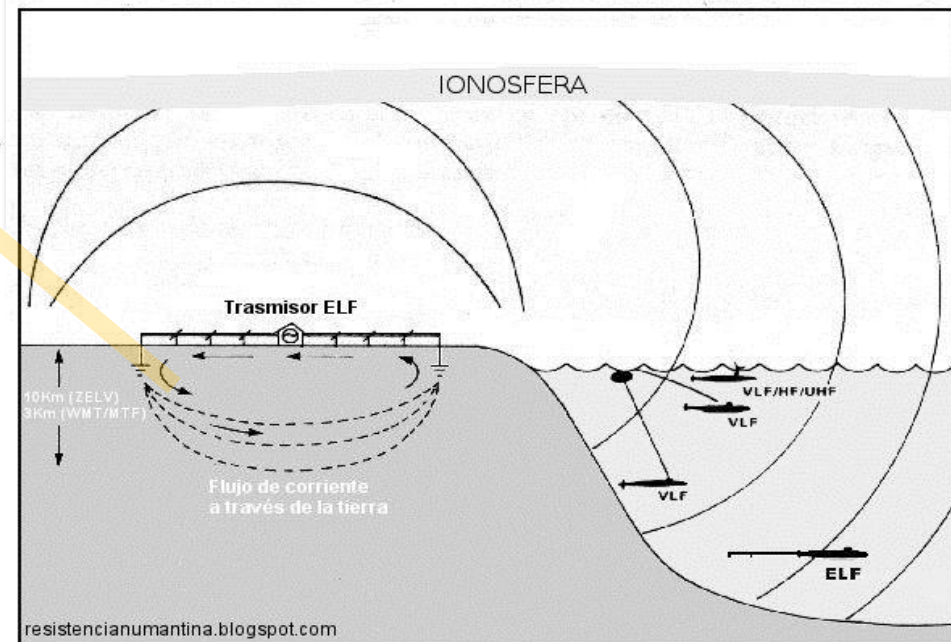
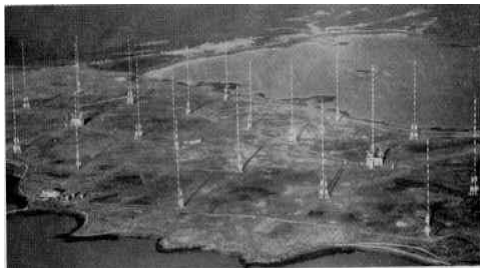
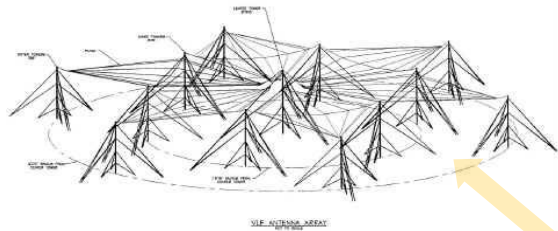
- Monitoreo continuo de la actividad ionosférica a nivel de latitudes geomagnéticas bajas en el espacio aéreo y región de alta atmósfera de soberanía colombiana.
- Emisión de alertas sobre fenómenos y eventos de origen solar o propios de la anomalía geomagnética que puedan afectar telecomunicaciones y dispositivos electrónicos que operen o no con radiofrecuencias y sean vulnerables a estos efectos.
- Generar información a nivel nacional para el desarrollo de correcciones ionosféricas a observaciones GPS
- Suministrar datos de comportamiento ionosférico en particular de la capa D para investigadores y centros especializados

# Ondas VLF



- 10 a 30 kHz En el Espectro.
- Permiten la comunicación con submarinos que estén a menos de 20m de la superficie.
- La OTAN tiene una red de decenas de emisoras VLF en todo el mundo.
- Rusia ha construido seis, dos de ellas en los países vecinos Bielorrusia y Kyrgyztan.

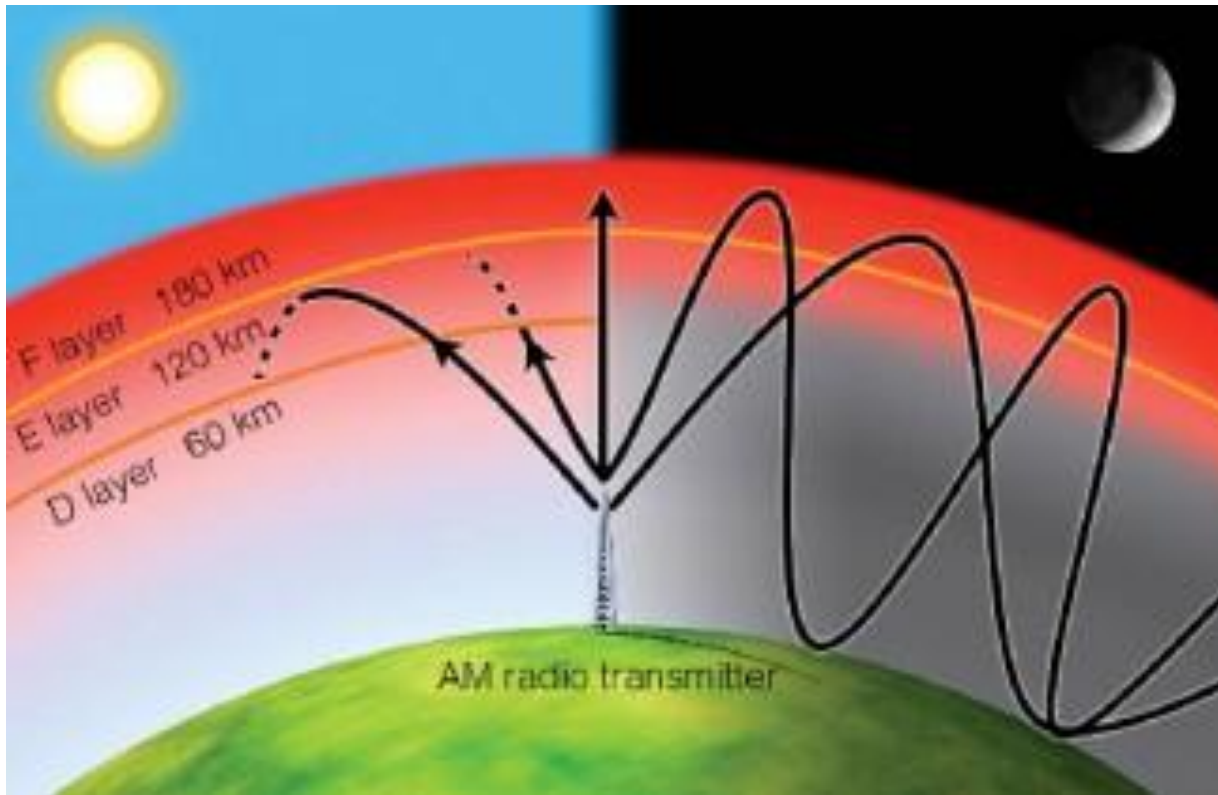
# Estaciones VLF



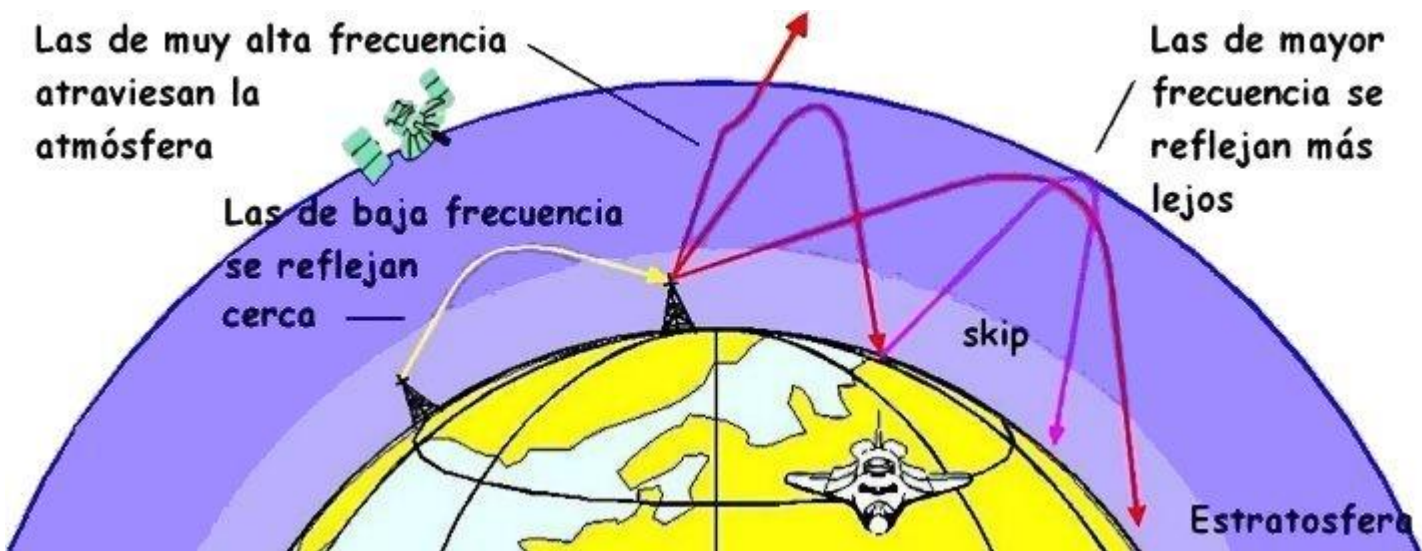
Un generador de corriente de 200 A 300 Amperios cierra un circuito a grandes profundidades en capas conductoras constituyendo una gran antena dipolo magnético cuya señal puede ser captada en todo el mundo

# Interacción de la Ondas Con la Ionosfera

## Capas de la Ionósfera

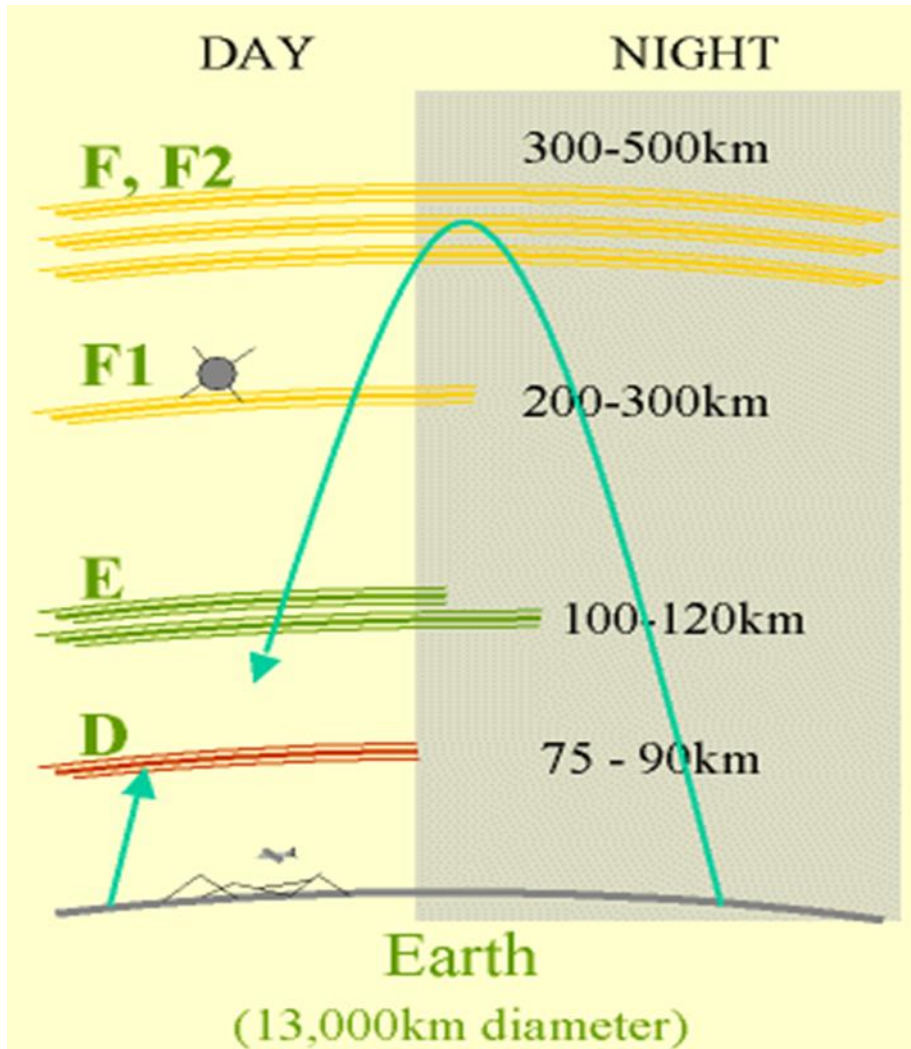


# Interacción de la Ondas Con la Ionosfera



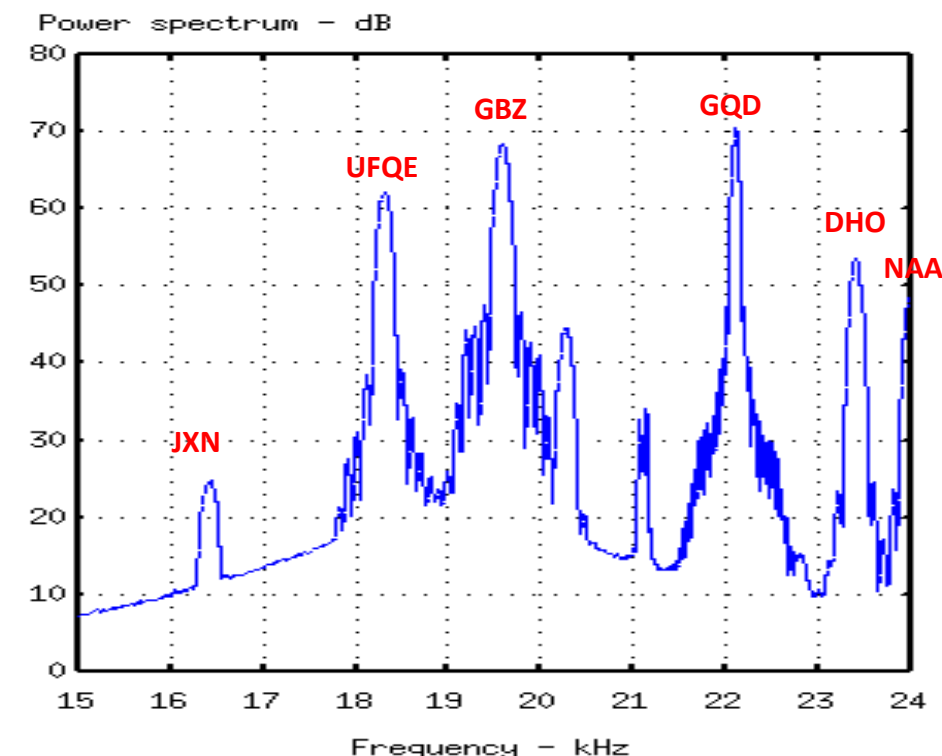
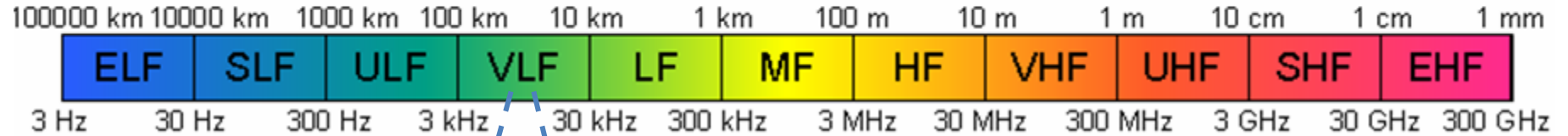


# Interacción de la Ondas Con la Ionosfera



- Algunas capas de la ionosfera desaparecen en la noche y esto altera el espectro de las señales...
- Las ondas VLF son incapaces de abandonar la capa D de la ionosfera

# ESTACIONES MILITARES 15 – 24kHz

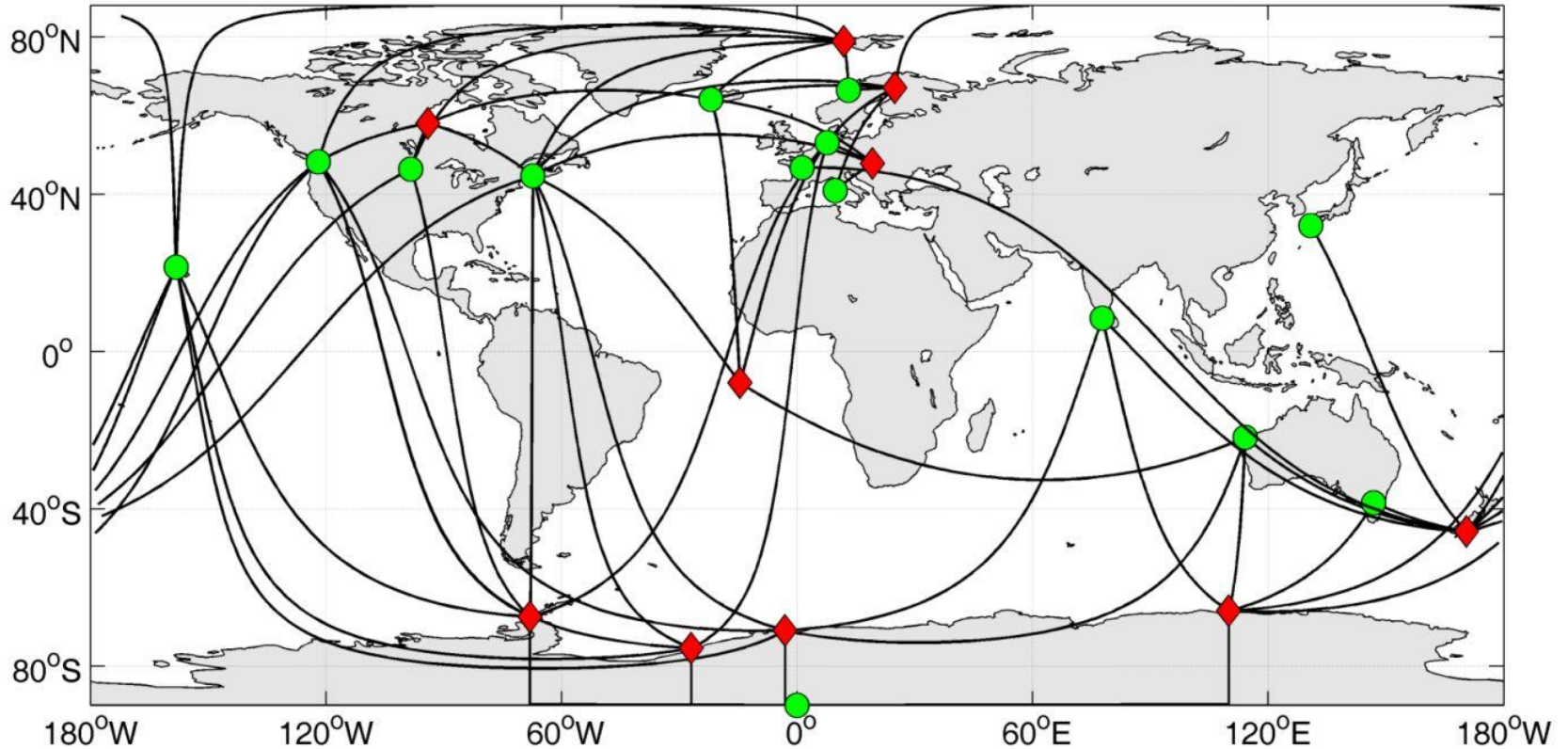


Radio Spectro  
15 a 24kHz



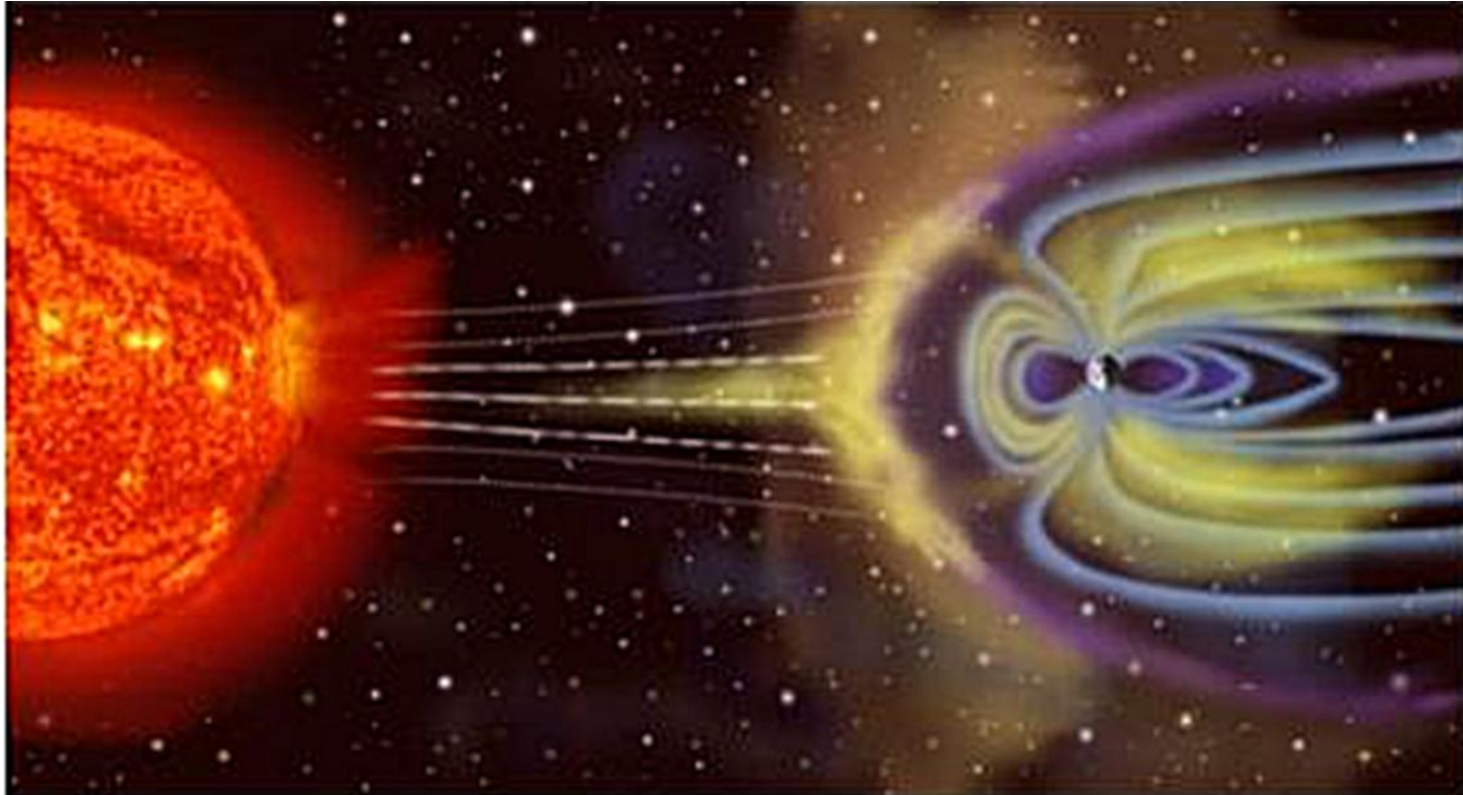
# Estaciones VLF en el Mundo

ANTARCTIC-ARCTIC RADIATION-BELT (DYNAMIC) DEPOSITION



- VLF ATMOSPHERIC RESEARCH KONSORTIA

## Interacción de la Ondas Con la Ionosfera





# Estaciones VLF en el Mundo



## MONITORES SID



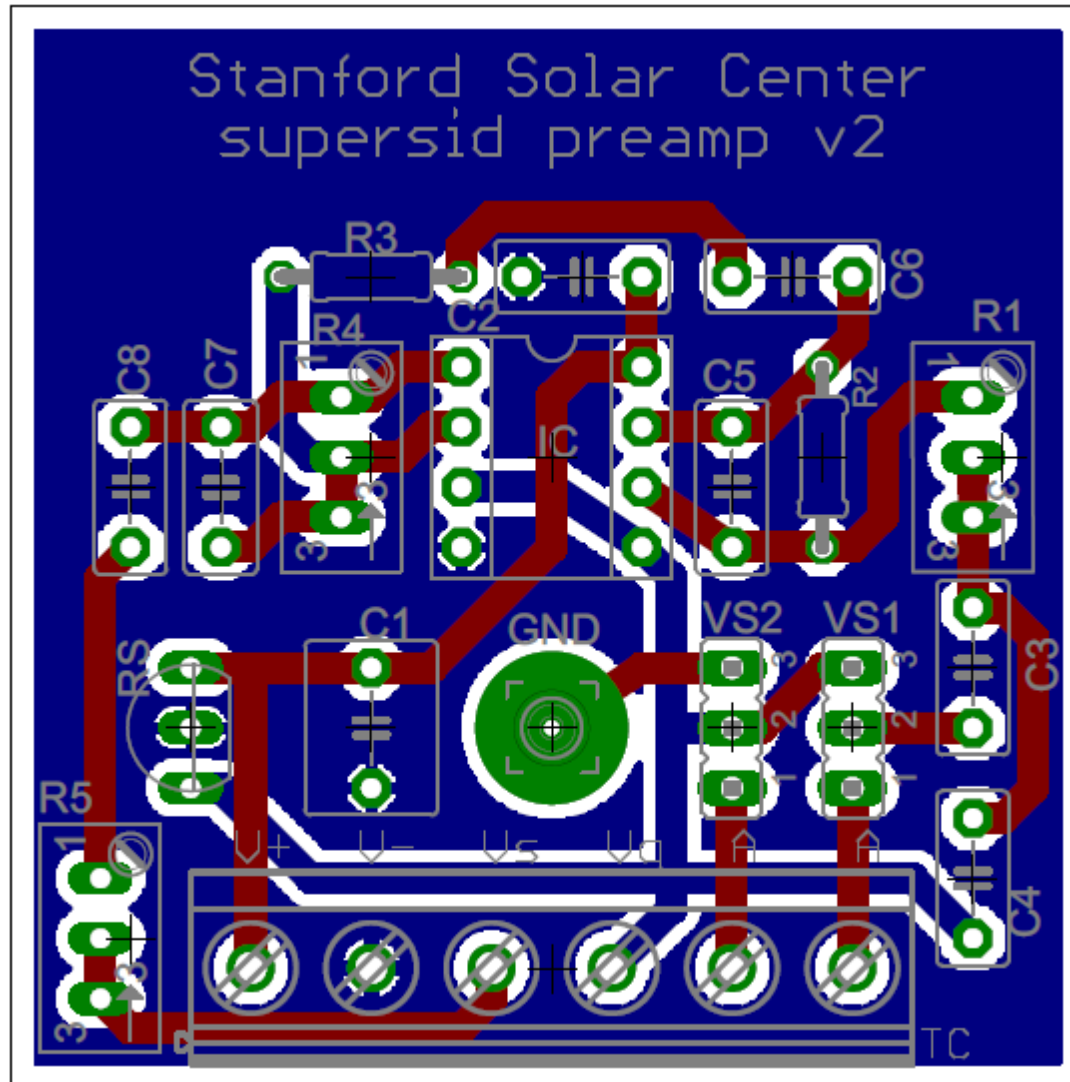
Se trata de un instrumento para medir los efectos en la Tierra de las erupciones solares

Monitorea los cambios en las transmisiones de radio, de ondas de muy baja frecuencia (VLF) que rebotan en la ionosfera de la Tierra.

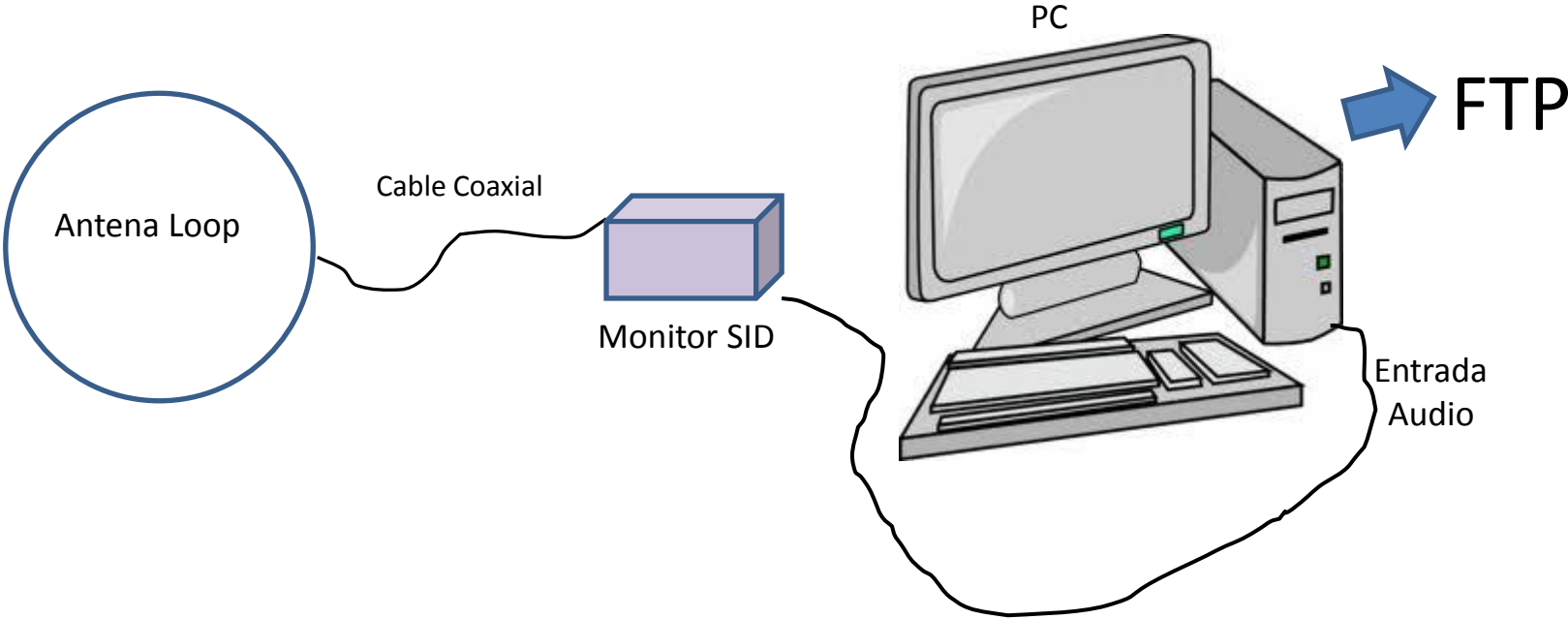
La Intensidad de la señal de estas ondas cambia con los efectos que el sol produce en la ionósfera de la Tierra al añadir ionización, y por lo tanto altera los puntos donde las ondas rebotan.

Los monitores SID hacen el seguimiento de estos cambios en la intensidad de la señal.

# MONITORES SID

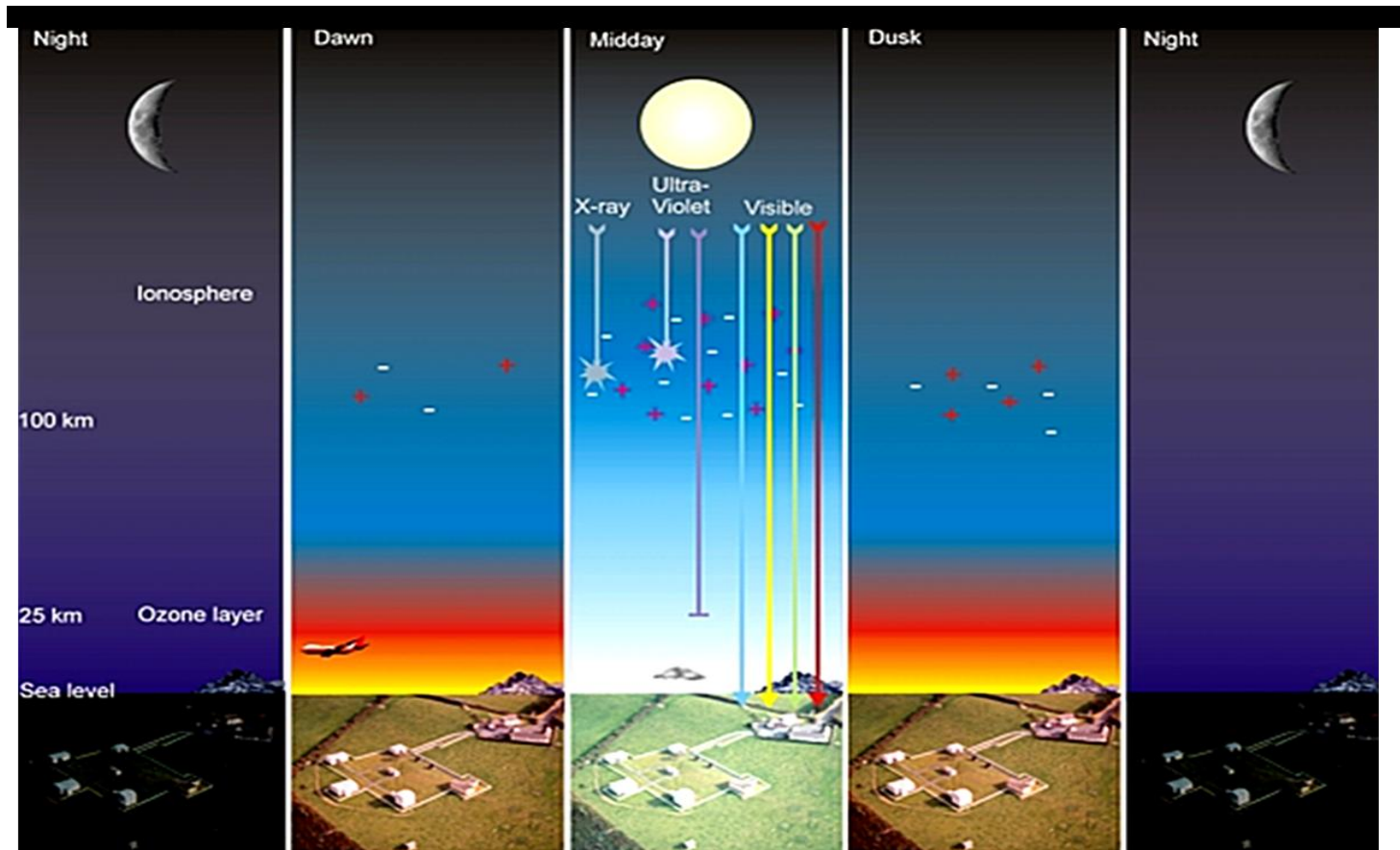


# MONITORES SID



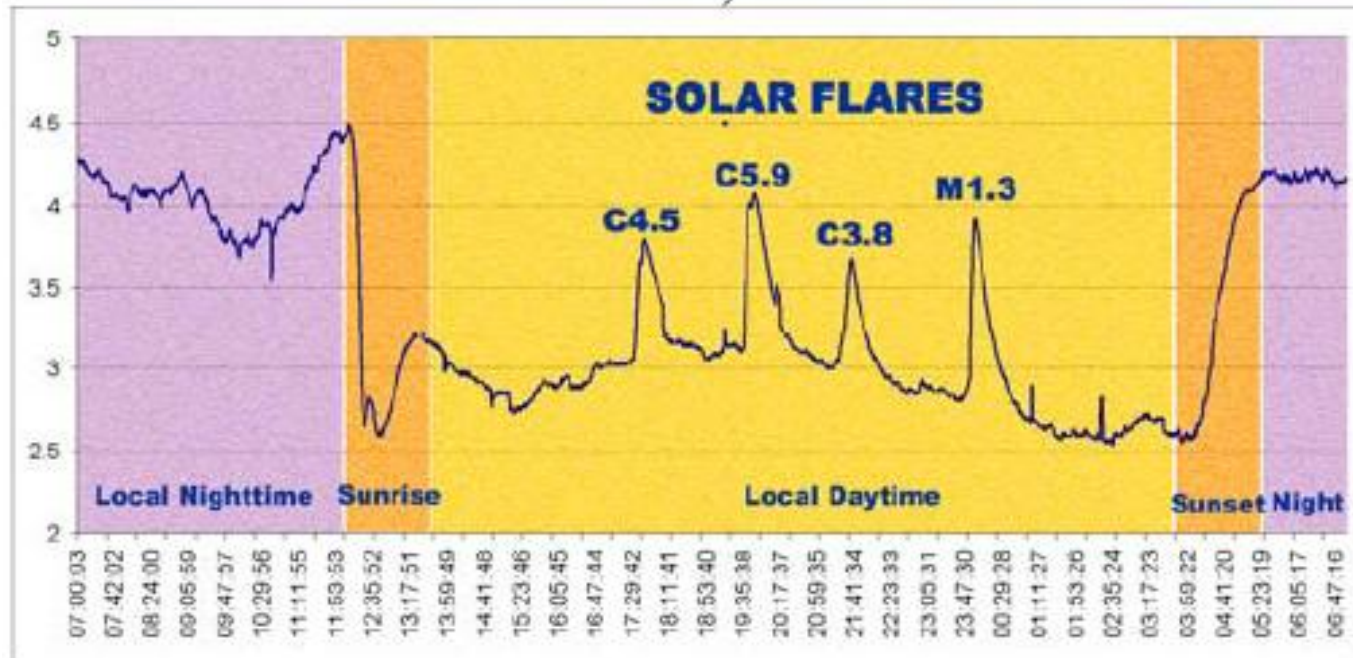
# MONITORES SID

Los Rayos UV y X ionizan en el día las capas de la ionósfera





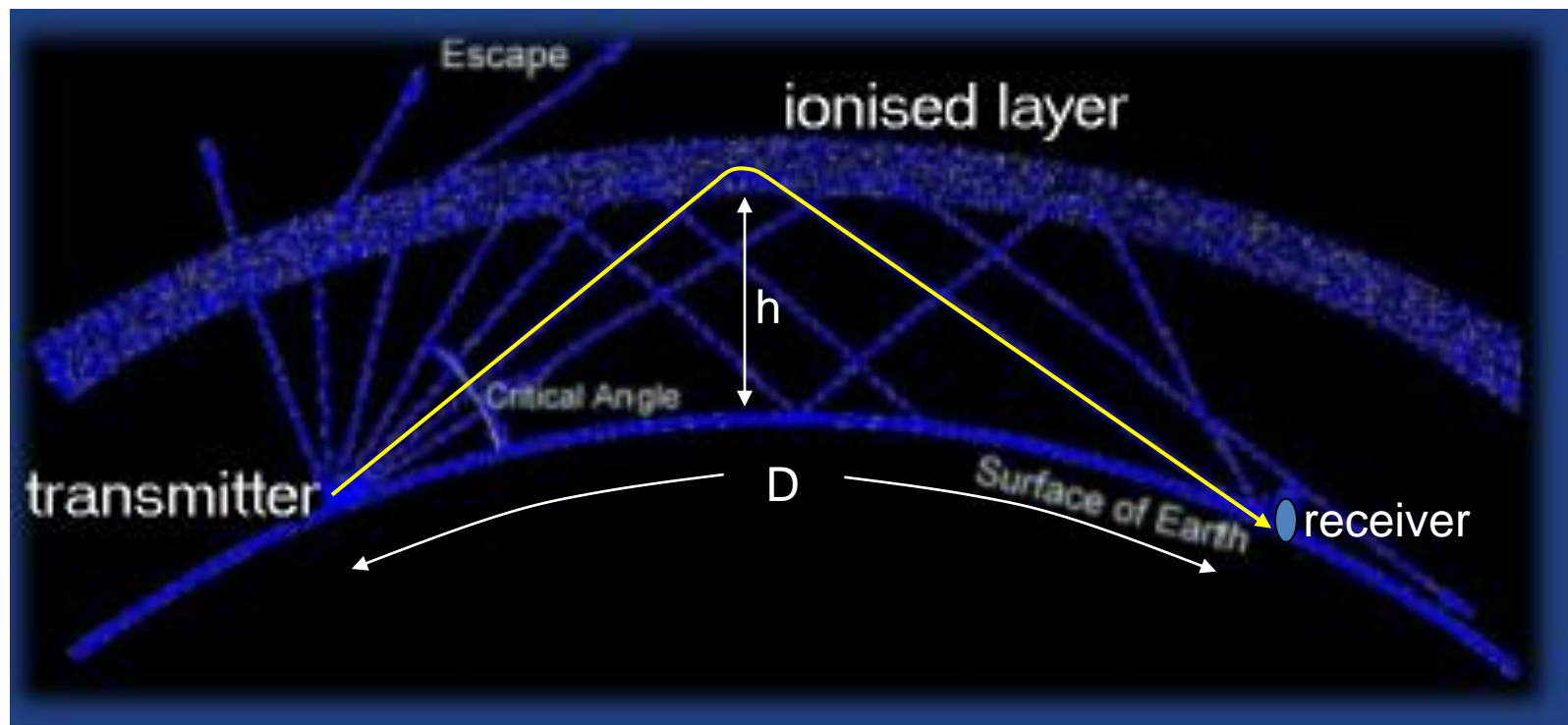
# MONITORES SID



Monitoreo de la intensidad de la señal durante las 24 horas del día

# Dependencia de la altura de la capa reflectante

En comunicación por ondas ionosféricas, el punto de reflexión depende de  $h$  &  $D$



La altura '  $h$  ' depende de la densidad del plasma en la ionosfera

# Dependencia de la Altura de la Capa reflectante

- La densidad de plasma depende de la entrada de energía UV y rayos X
- Los rayos X ionizan la capa D e incrementan la densidad de plasma
- La region D se vuelve más gruesa y su base se mueve a latitudes mas bajas.
- La geometría de la reflexión cambia
- La señal recibida de los transmisores VLF cambia

## ESTACIONES MONITOREADAS

[STATION\_1]  
call\_sign = NAA  
color = r  
frequency = 24000

[STATION\_2]  
call\_sign = NLK  
color = b  
frequency = 24800

[STATION\_3]  
call\_sign = NML  
color = g  
frequency = 25200

[STATION\_4]  
call\_sign = NPM  
color = c  
frequency = 21400

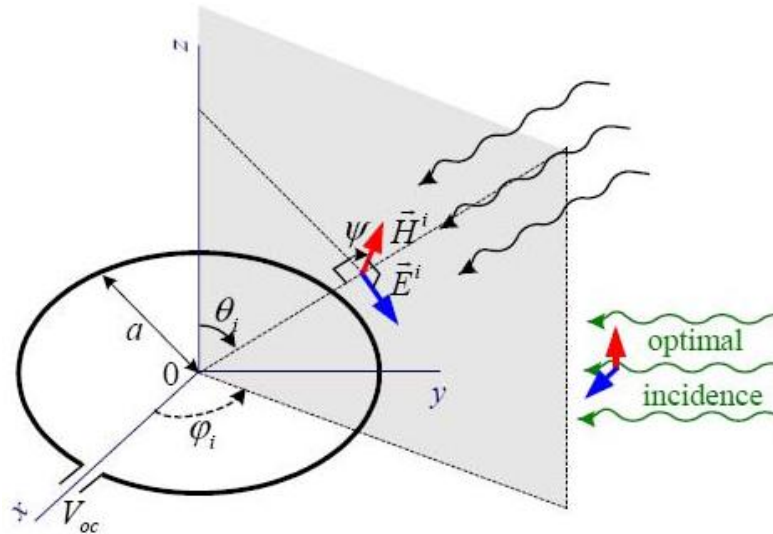
[STATION\_5]  
call\_sign = NWC  
color = y  
frequency = 19800

[STATION\_6]  
call\_sign = JJI  
color = k  
frequency = 22200



**ESTACIÓN SID**

# ESTACIÓN SID CONSTRUIDA



## Antena de Bucle

- Es un circuito que resuena a una cierta frecuencia.
  - Un inductor concentra y almacena energía magnética, mientras que en un condensador de carga se concentra y por lo tanto almacena energía eléctrica.
  - La inductancia está formado por el bucle de cable.
- 
- La capacitancia está formado por la superficie metálica de cableado, en paralelo a lo largo del bucle.
  - La resistencia del cable es pequeña, aunque siempre presente en un alambre y aumenta con la longitud del alambre.
  - A medida que el campo electromagnético de una estación de VLF pasa por el bucle, una muy pequeña carga ( $\sim 0,1$  mili-voltios) de corriente eléctrica es inducida en el alambre



# ESTACIÓN SID

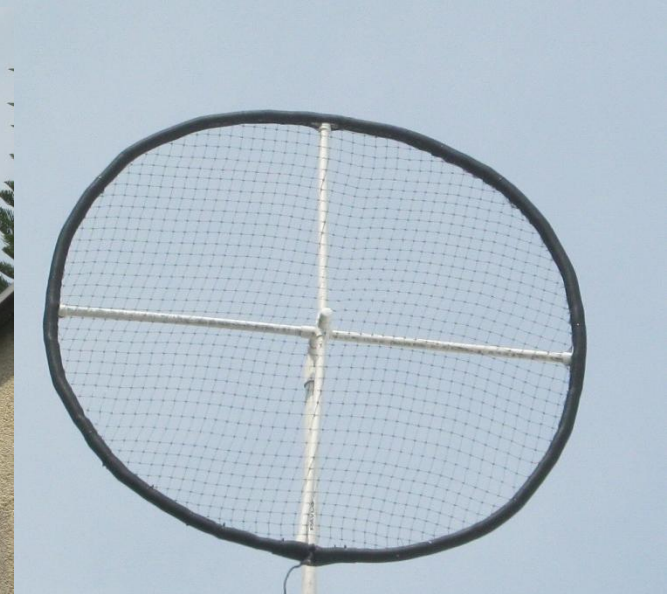
Localizada en el laboratorio de Procesamiento de datos GPS del área de Geomática de la facultad de Ingeniería edificio 346.

Coordenadas : Lat 3 °22'29.794"N; Long 76°31'55.648 W

3,37472222

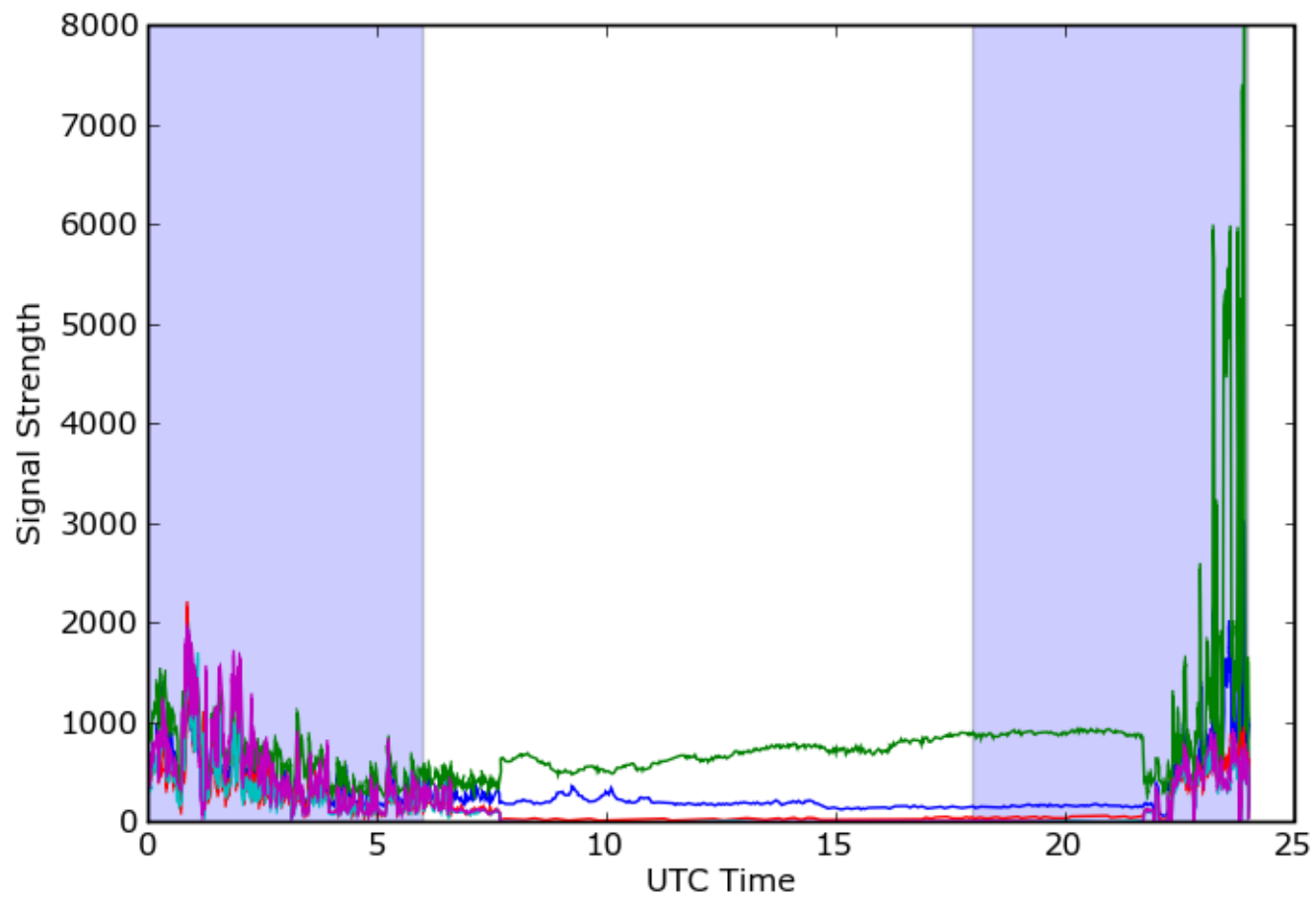
- Antena en estructura PVC circular de diámetro 1,20 m
- Cableado interno de 31 bucles (117m aprox)

76,5319444

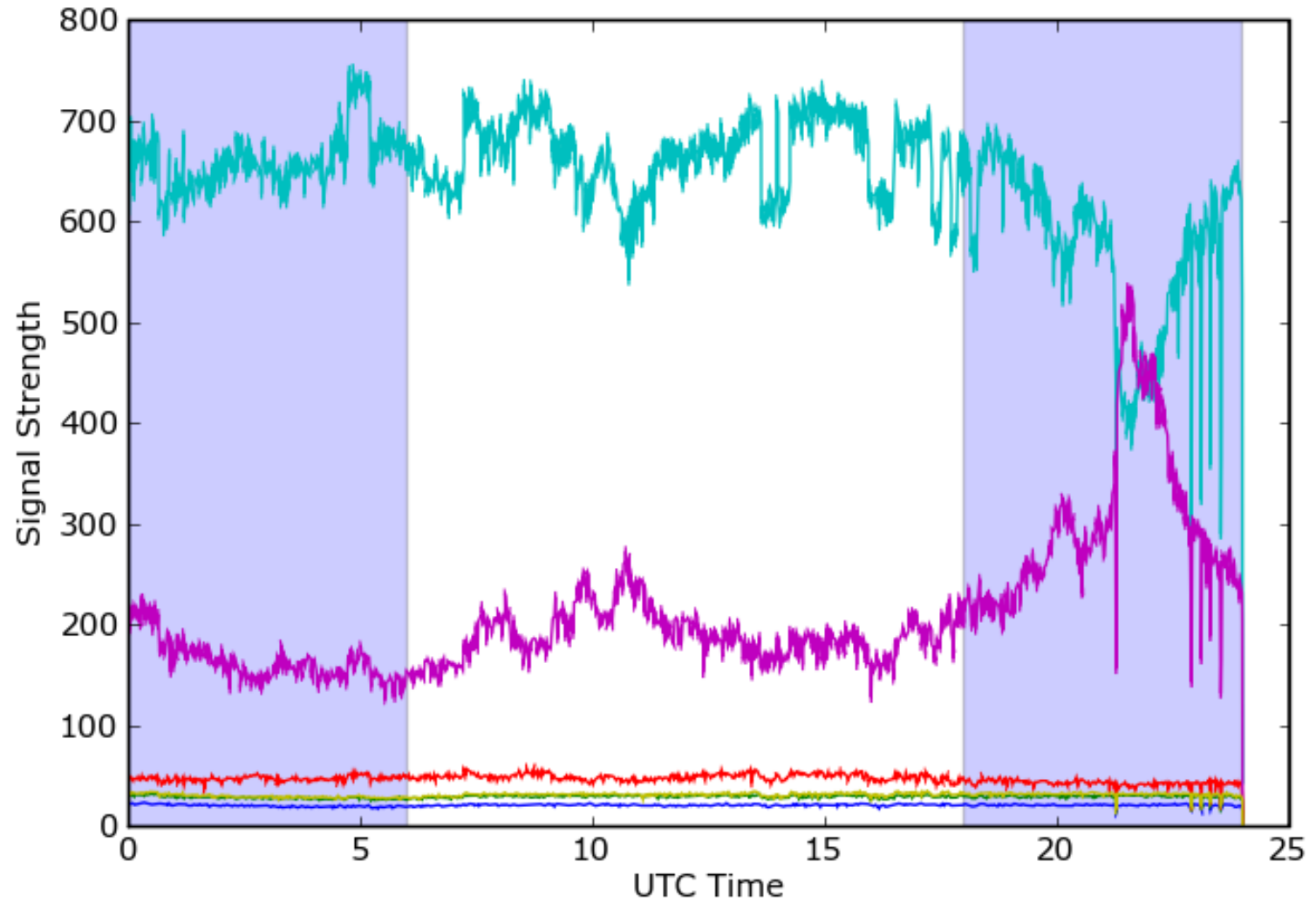




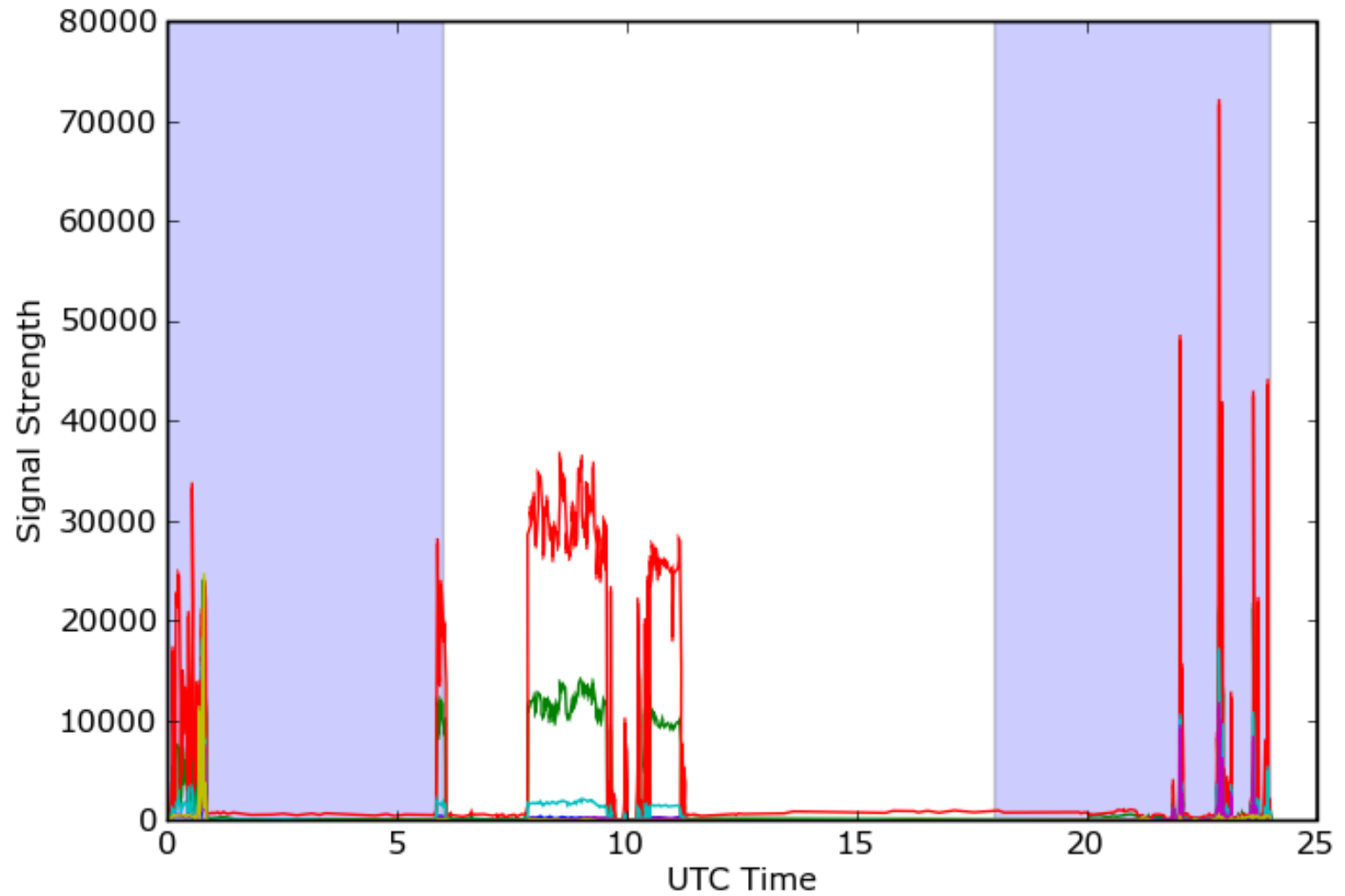
## Resultados Obtenidos en Junio 21 de 2012



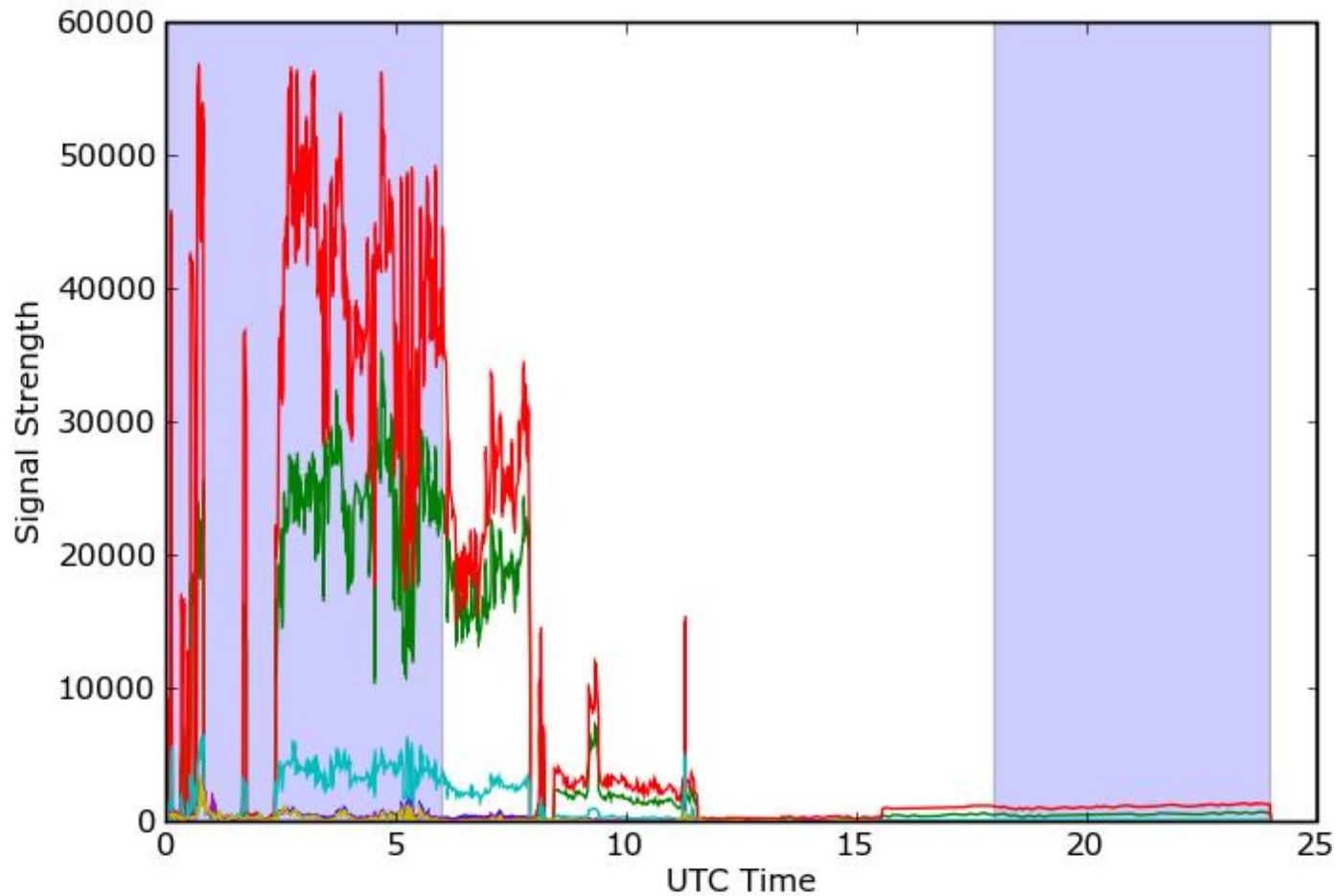
# Resultados Obtenidos en Julio 8 de 2012



# Resultados Obtenidos en Junio 22 de 2012



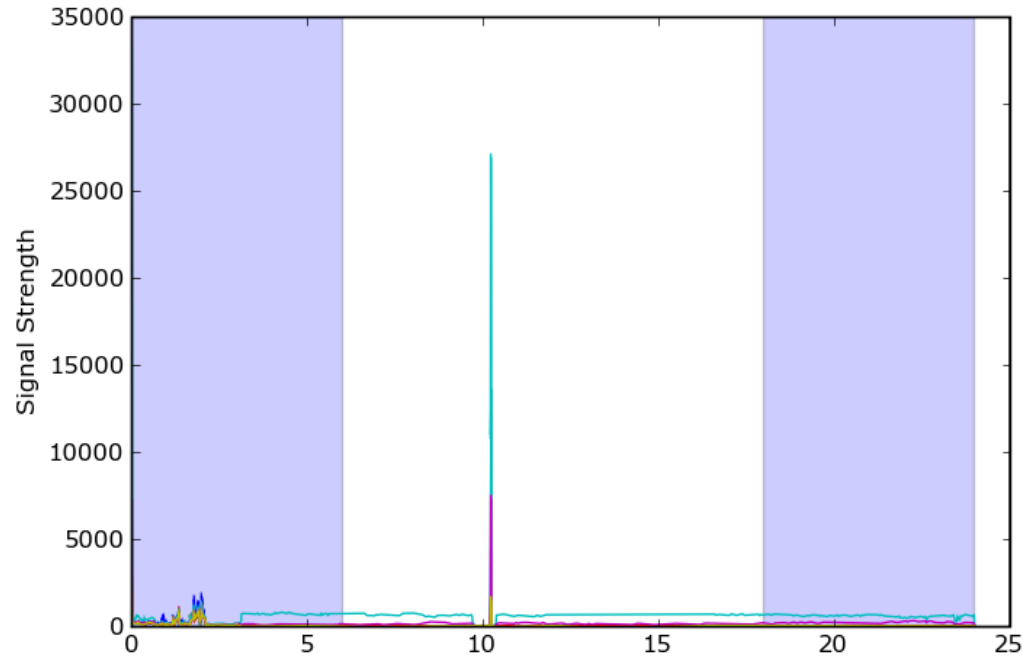
## Resultados Obtenidos en Junio 23 de 2012



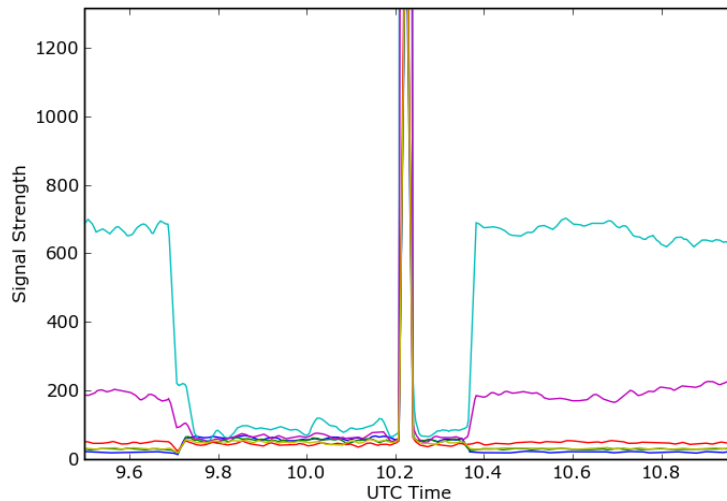
Space Weather Message Code:

ALTEF3 Serial Number: 1922 Issue Time: 2012 Jun 23 1032 UTC CONTINUED ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu Continuation of Serial Number: 1921 Begin Time: 2012 Jun 18 1405 UTC Yesterday Maximum 2MeV Flux: 2518 pfu NOAA Space Weather Scale descriptions can be found at [www.swpc.noaa.gov/NOAA\\_scales](http://www.swpc.noaa.gov/NOAA_scales)  
Potential Impacts: Satellite systems may experience significant charging resulting in increased risk to satellite systems.

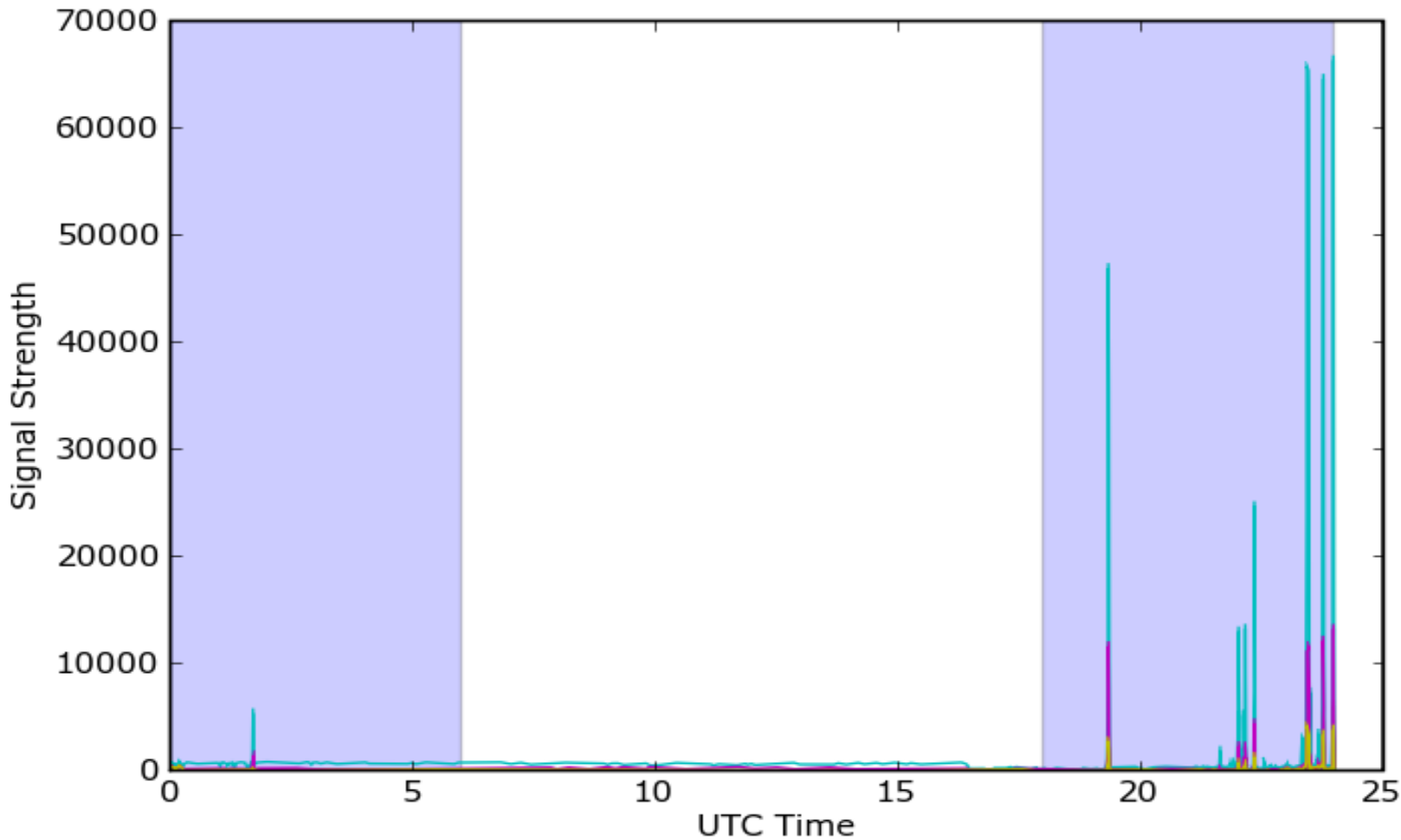
## Resultados Obtenidos en Julio 7 de 2012



Space Weather Message Code: SUMPX1  
Serial Number: 57 Issue Time: 2012 Jul 08  
0256 UTC SUMMARY: Proton Event  
10MeV Integral Flux exceeded 10pfu  
**Begin Time: 2012 Jul 07 0400 UTC**  
Maximum Time: 2012 Jul 07 0745 UTC  
**End Time: 2012 Jul 07 2110 UTC**  
Maximum 10MeV Flux: 25 pfu NOAA  
Scale: S1 - Minor NOAA Space Weather  
Scale descriptions can be found at  
[www.swpc.noaa.gov/NOAAscales](http://www.swpc.noaa.gov/NOAAscales)

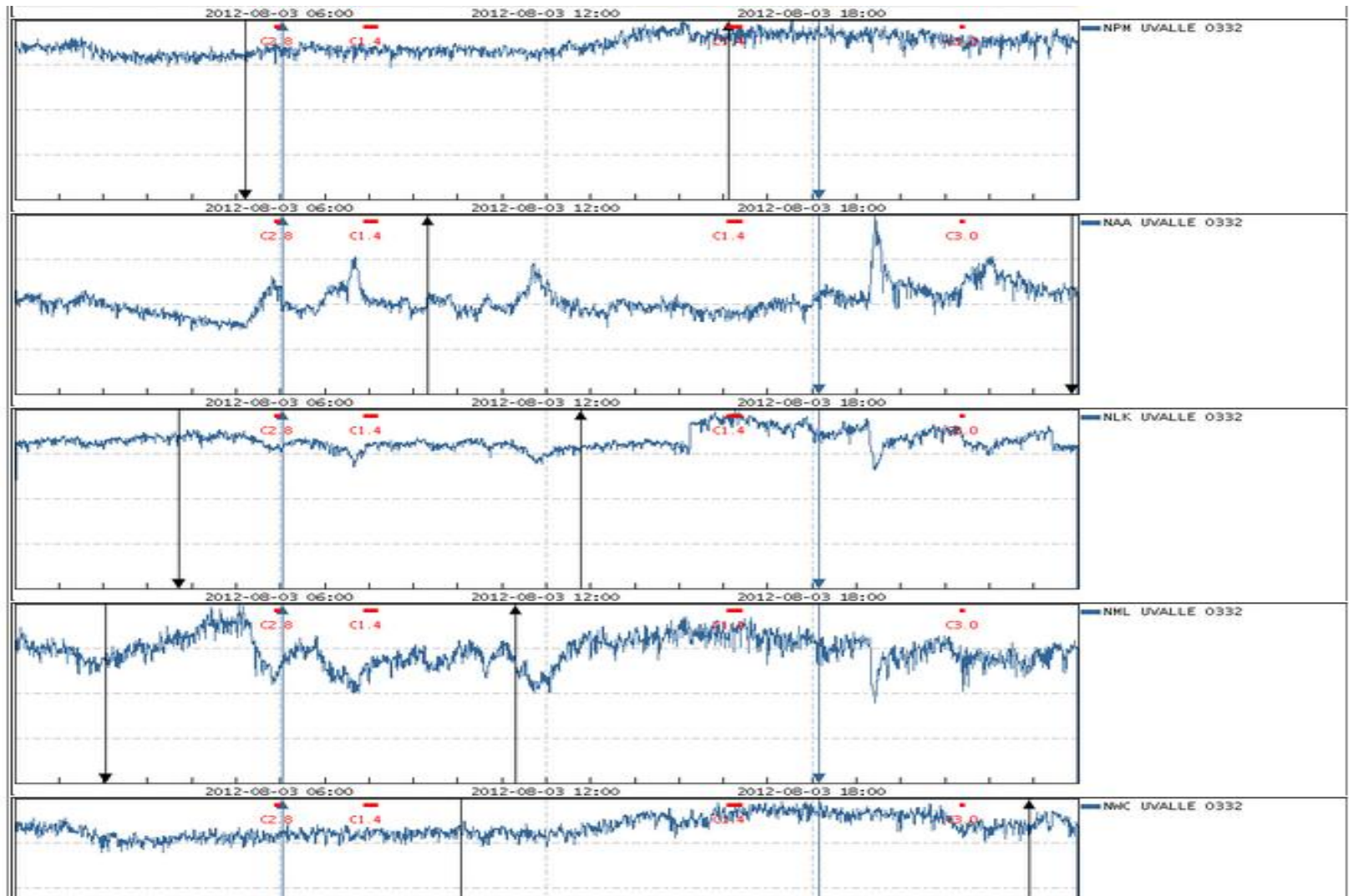


## Resultados Obtenidos en Julio 10 de 2012



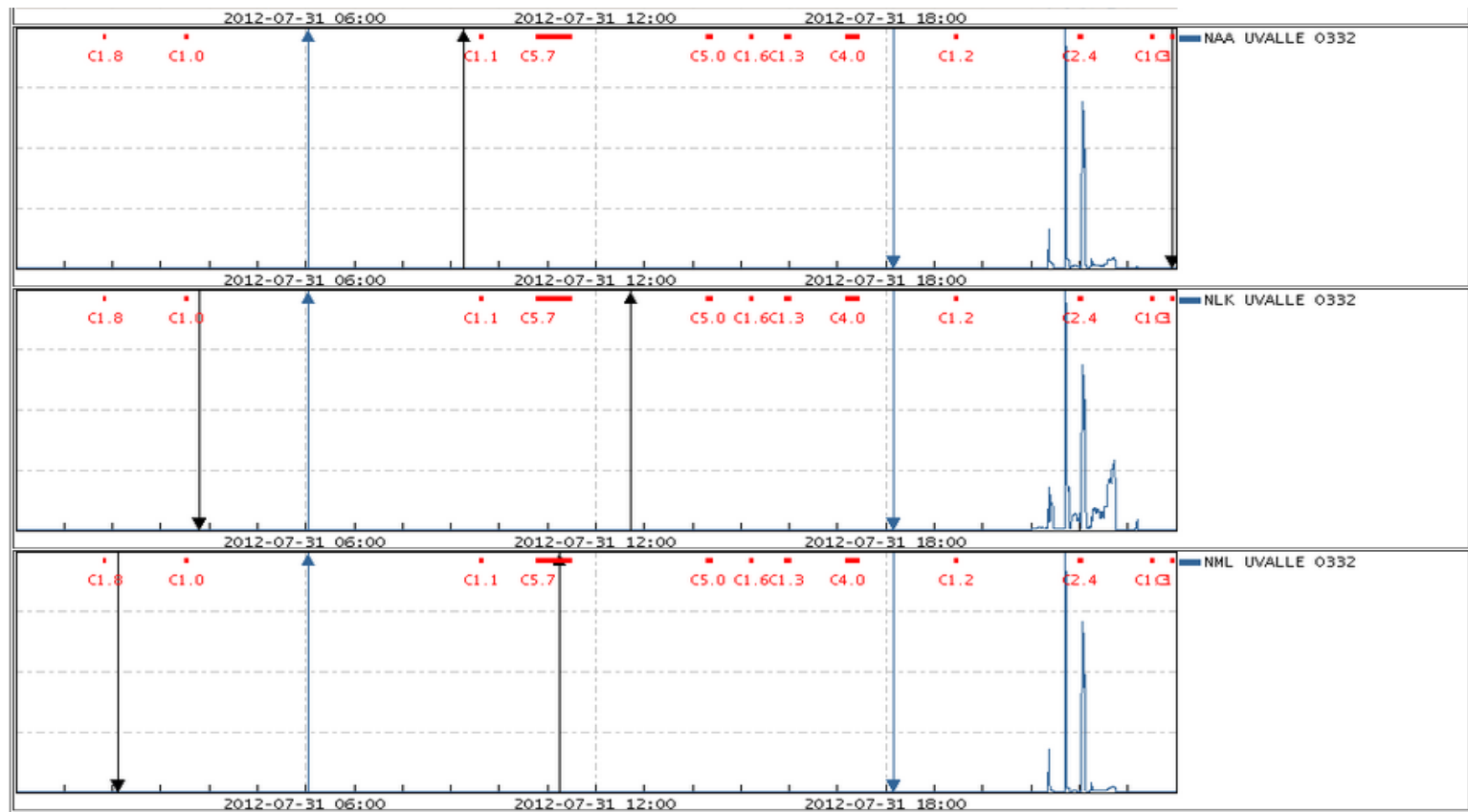
Space Weather Message Code: WARK04 Serial Number: 1967 Issue Time: 2012 Jul 10 1232 UTC EXTENDED WARNING: Geomagnetic K-index of 4 expected Extension to Serial Number: 1966 Valid From: 2012 Jul 08 2235 UTC Now Valid Until: 2012 Jul 11 0100 UTC Warning Condition: Persistence NOAA Space Weather Scale descriptions can be found at [www.swpc.noaa.gov/NOAA\\_scales](http://www.swpc.noaa.gov/NOAA_scales) Potential Impacts: Area of impact primarily poleward of 65 degrees Geomagnetic Latitude. Induced Currents - Weak power grid fluctuations can occur. Aurora - Aurora may be visible at high latitudes such as Canada and Alaska.

# Estación UVALLE En el servidor de STANFORD

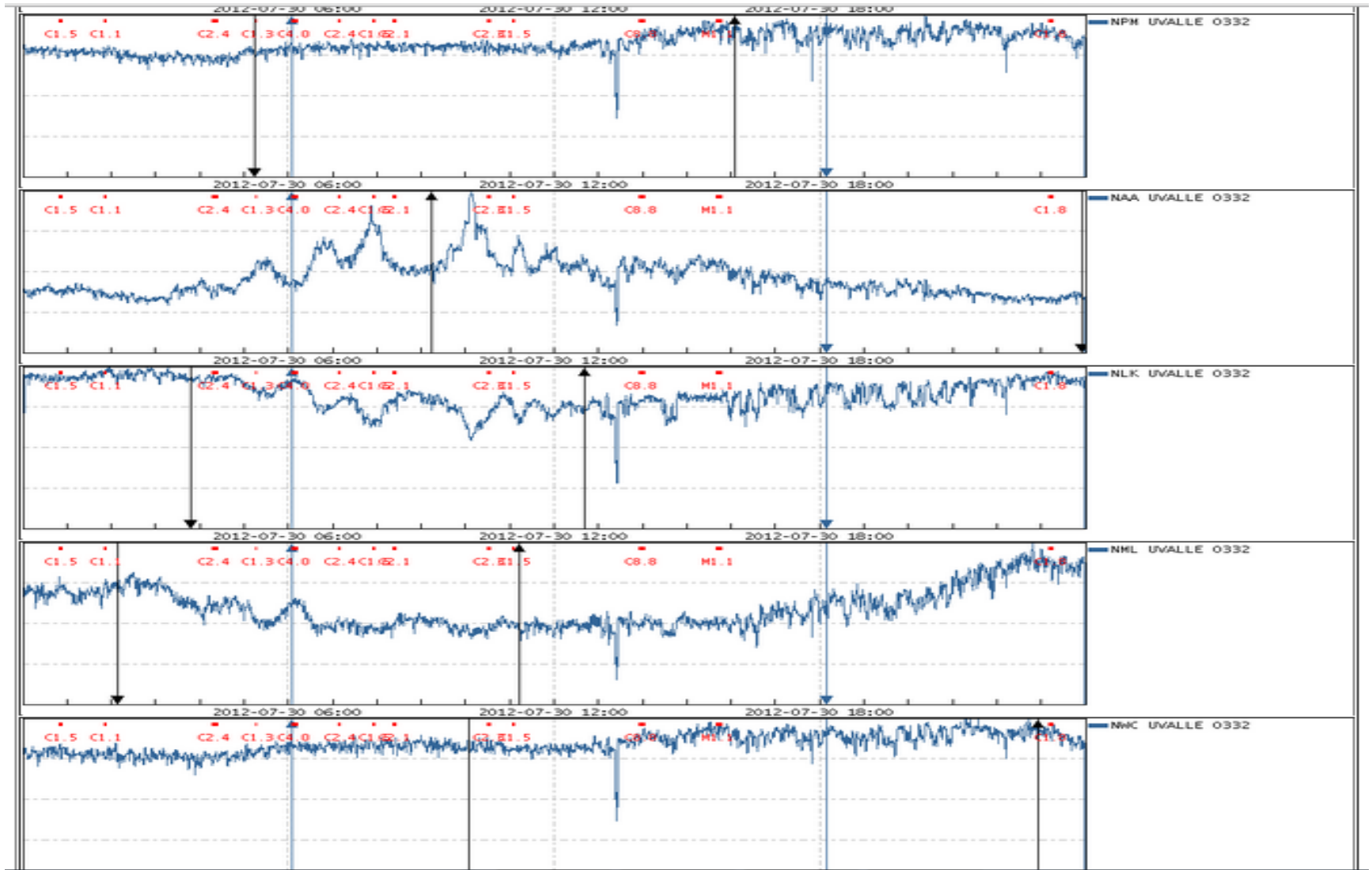




# Estación UVALLE En el servidor de STANFORD 31 julio

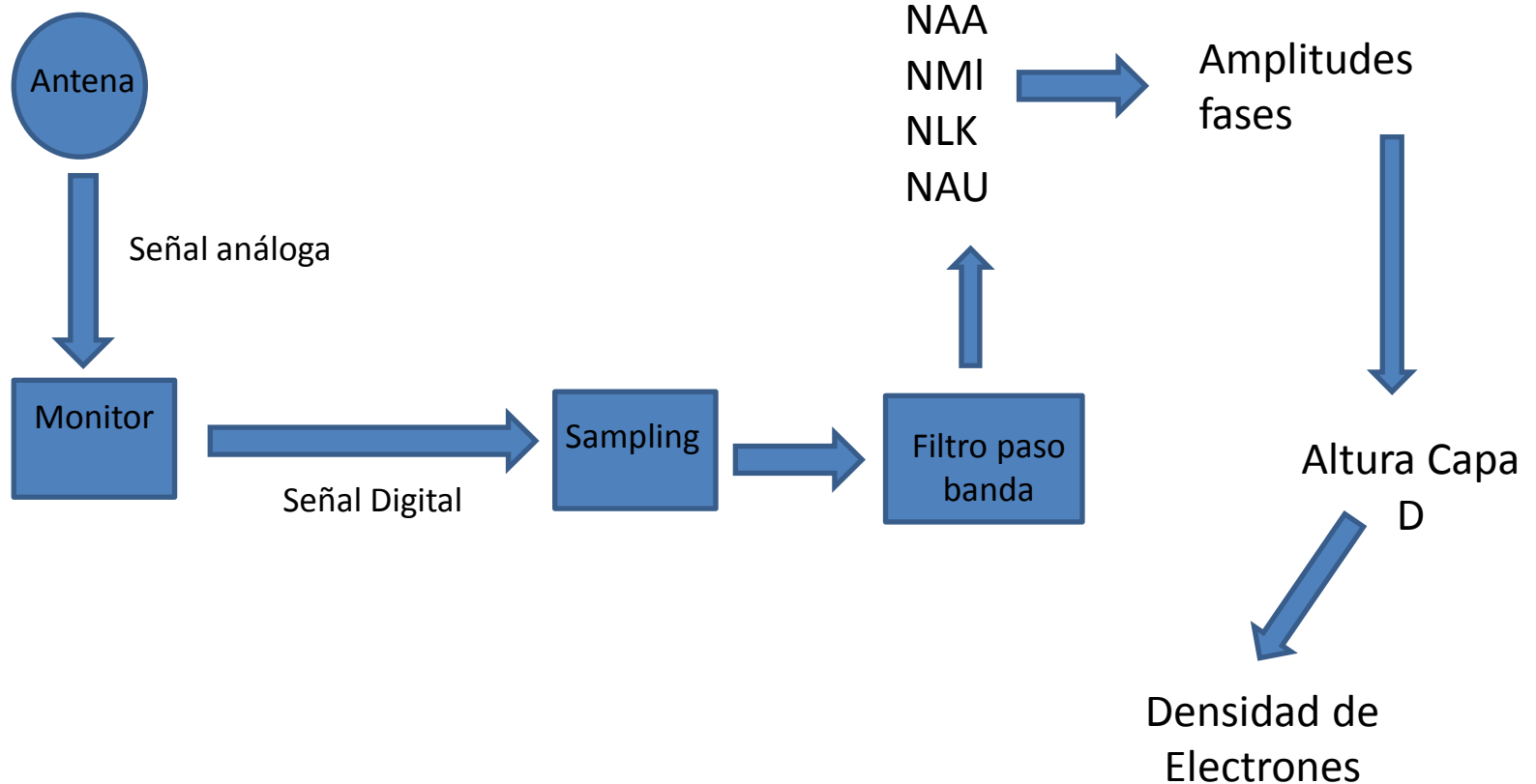


# Estación UVALLE En el servidor de STANFORD

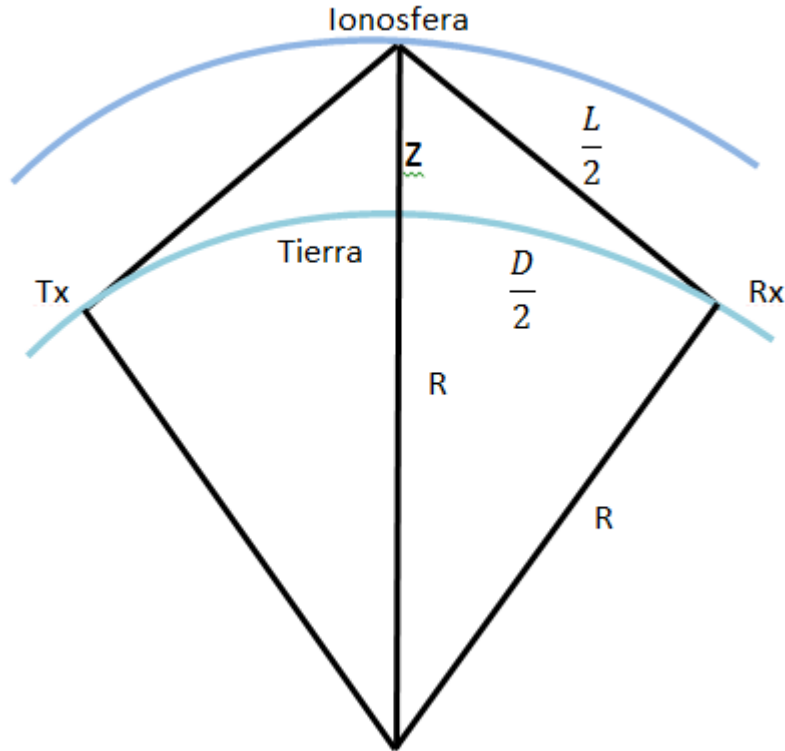


# Cálculo de la densidad de electrones En la Capa D

Nuevo Prototipo



# Cálculo de la densidad de electrones En la Capa D



$$L = 2 \sqrt{[R^2 + (z + R)^2 - 2R(z + R) \cos\left(\frac{D}{2R}\right)]}$$

$$P_1 = \frac{(L_1 - D_1)2\pi f}{c}$$

$$P_1 = \frac{(L_1 - D_1)2\pi f}{c} + \pi$$

$$z = \frac{1}{2} \sqrt{L^2 + R^2 K_d (2 - K_d)} - K_d R$$

# Cálculo de la densidad de electrones En la Capa D

$$N(z) = 1.43 * 10^{13} \exp(-0.15H') * \exp[(\beta - 0.15)(z - H')]$$

$\beta$  representa la nitidez, un factor que afecta la atenuación con el cambio de la altura. Esta dado en  $\text{Km}^{-1}$

De acuerdo con **Thompson 1992**, recomienda unos valores fijos de  $H' = 70$  Km y  $\beta = 0.5 \text{ Km}^{-1}$

**Ferguson (1980)**, que resume el trabajo de **Davis y Berry (1977)**, teniendo en cuenta no solamente el ángulo cenital solar, sino también la latitud, la actividad solar, el mes y el índice magnético de la siguiente forma :

$$H' = 74.37 - 8.097 \text{ Cos } x + 5.779 \text{ Cos } \theta - 1.213 \text{ cos } \varphi - 0.044 X_4 - 6.038 X_5 \text{ Km}$$

$$\beta = \alpha + 0.15 = 0.5349 - 0.1658 \text{ Cos } x - 0.08584 \text{ Cos } \varphi + 0.1296 X_5 \text{ Km}^{-1}$$

# Cálculo de la densidad de electrones En la Capa D

$$H' = 74.37 - 8.097 \cos x + 5.779 \cos \theta - 1.213 \cos \varphi - 0.044 X_4 - 6.038 X_5 \text{ Km}$$

$$\beta = \alpha + 0.15 = 0.5349 - 0.1658 \cos x - 0.08584 \cos \varphi + 0.1296 X_5 \text{ Km}^{-1}$$

Donde :

$x$  = ángulo cenital solar

$\theta$  = Latitud geográfica

$\varphi$  =  $2\pi(m-0.5)/12$ ,  $m=1$  para enero, 2 para febrero, etc.

$X_4$  = Número de manchas solares Zúrich

$X_5$  = 0 o 1 para condiciones de perturbación magnética baja o perturbada

# Cálculo de la densidad de electrones En la Capa D

$$H' = 74.37 - 8.097 \cos x + 5.779 \cos \theta - 1.213 \cos \varphi - 0.044 X_4 - 6.038 X_5 \text{ Km}$$

$$\beta = \alpha + 0.15 = 0.5349 - 0.1658 \cos x - 0.08584 \cos \varphi + 0.1296 X_5 \text{ Km}^{-1}$$

Donde :

$x$  = ángulo cenital solar

$\theta$  = Latitud geográfica

$\varphi$  =  $2\pi(m-0.5)/12$ ,  $m=1$  para enero, 2 para febrero, etc.

$X_4$  = Número de manchas solares Zúrich

$X_5$  = 0 o 1 para condiciones de perturbación magnética baja o perturbada



