



Redes de observación GPS-Meteorológicas: El proyecto *TlalocNet* en México.

Bertha Márquez Azúa
Universidad de Guadalajara
Enrique Cabral Cano
Instituto de Geofísica, UNAM



CUDI 2013
REUNIÓN DE OTOÑO
CAMPECHE

Fecha

En Septiembre del 2010, 35 investigadores de México y los Estados Unidos, financiados por Conacyt y el National Science Foundation (NSF) se reunieron en Puerto Vallarta para articular los objetivos, usos y estrategias de implementación de una red GPS-meteorológica que tuviese aplicaciones en el pronóstico meteorológico así como para el estudio de procesos sísmicos y volcánicos en México.

Como resultado de este taller se diseñó la estrategia para desarrollar una red GPS-Meteorológica de alcance nacional: **TlalocNet**.



White Paper for the 2010 Mexico GPS Workshop:

TLALOC-Net – a next-generation, multi-sensor atmospheric and GPS array for hazards, weather, climate, and earthquake monitoring, forecasting and research in the Americas

September 20-22, 2010. Puerto Vallarta, Mexico

Workshop organizing committee

E. Cabral-Cano and V. Kostoglodov, Instituto de Geofísica, UNAM;

C. DeMets, University of Wisconsin;

E. R. Kursinski, University of Arizona;

M. Jackson and M. Miller, UNAVCO.

This workshop was sponsored by the National Science Foundation (NSF) and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACyT).



National Science Foundation
WHERE DISCOVERIES BEGIN



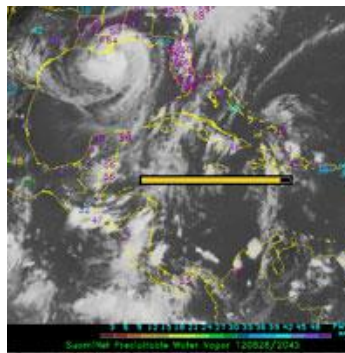
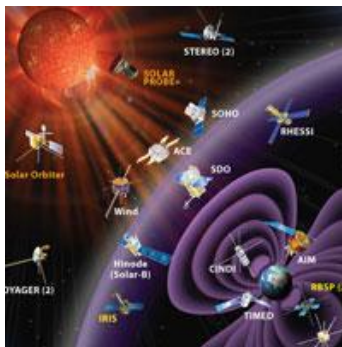
Reunión de Otoño CUDI 2013

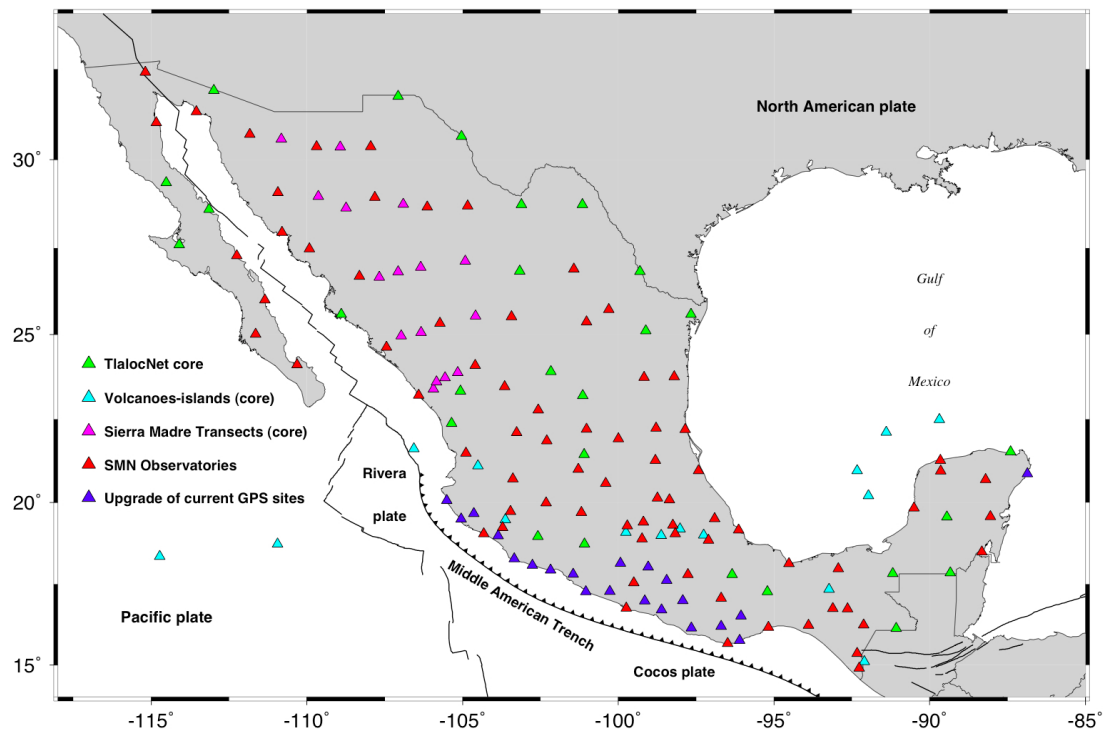
CAMPECHE



Esta red de observación se apoya en la versatilidad de las observaciones de GPS y su utilidad en una gran cantidad de disciplinas tanto de Tierra sólida como atmosféricas, que aunados a su relativo bajo costo le imprimen características únicas.

La versatilidad de las observaciones de GPS tienen aplicaciones en el estudio de sismos, procesos magmáticos y sus manifestaciones como erupciones volcánicas, ciclones tropicales o en el largo plazo al estudio de los impactos de cambio climático que contribuyen a la presencia de eventos como sequías y eventos de meteorológicos extremos.





Estas características justifican el desarrollo de una red GPS-Meteorológica, de alcance nacional que permita mejorar la capacidad de observación de fenómenos geológicos y atmosféricos. Asimismo permitirá extender las observaciones GPS-Met que se realizan en el resto de Norteamérica (PBO) y la región de Centroamérica y el Caribe (COCONet)



Reunión de Otoño CUDI 2013





Una componente clave del proyecto de TlalocNet es el desarrollo de un *Centro de Datos de Acceso Abierto en México*. Que almacene y distribuya los datos proveniente de sus estaciones GPS, incluyendo flujos de datos en tiempo real necesarios para aplicaciones de posicionamiento, sistemas de monitoreo y alerta temprana como pueden ser: las alertas volcánicas y eventos meteorológicos extremos.



Reunión de Otoño CUDI 2013



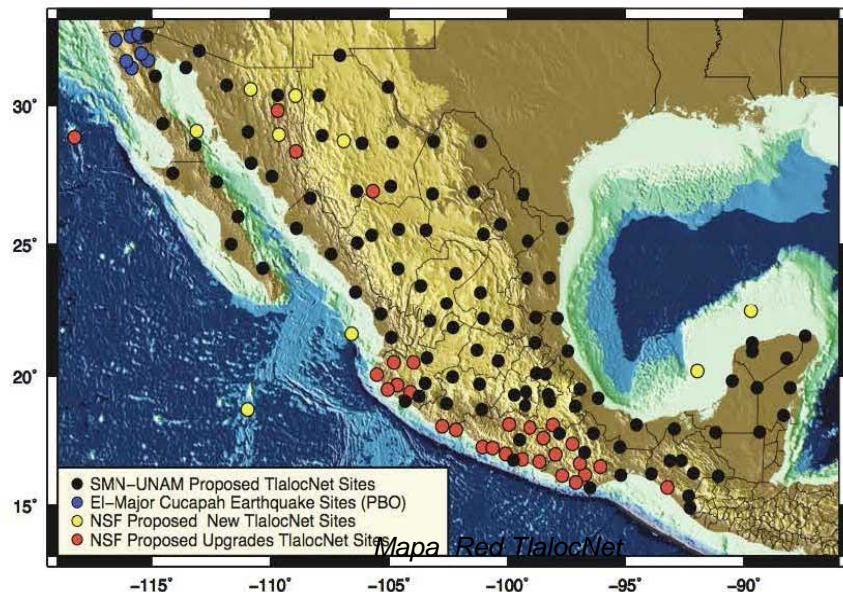


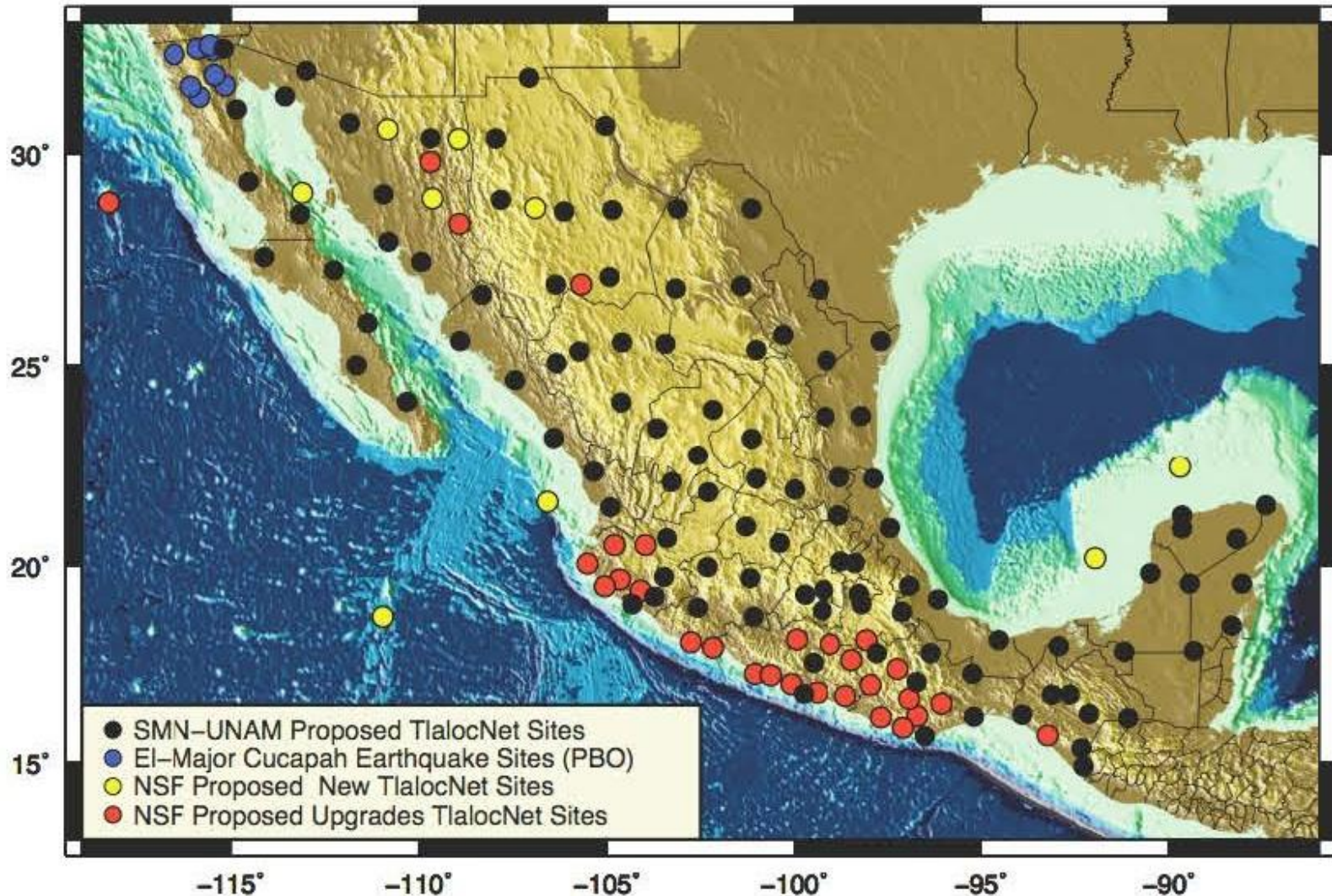
TLALOC net

TlalocNet será una red más ~100 estaciones que integrarán receptores de GPS y multisensores atmosféricos de ultima generación dedicada al monitoreo, pronósticos y estudios de peligros naturales, meteorología, clima y sísmica en México.

Esta red tendrá cobertura nacional y contará con transmisión de datos en tiempo real y de baja latencia.

Este es un proyecto binacional Mexico -EUA que permitirá la densificación y actualización de la red integrada de GPS-Meteorología en México.



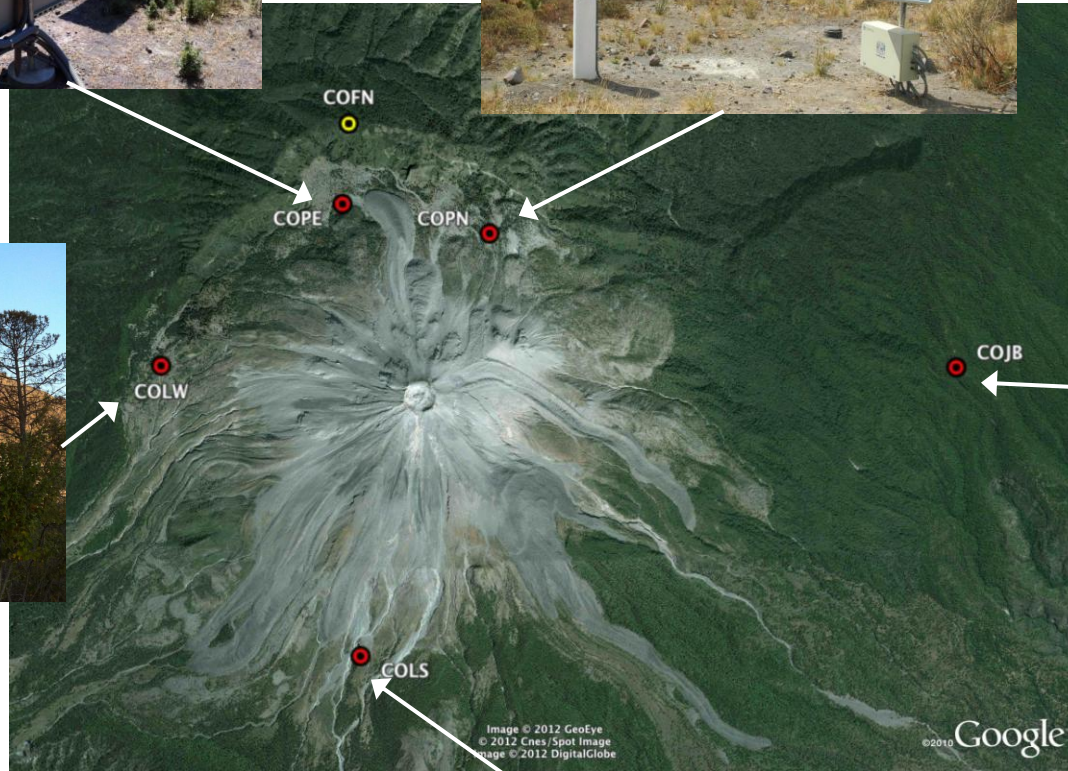


Localización propuesta de la red TlalocNet de estaciones GPS+Met



TLALOC net

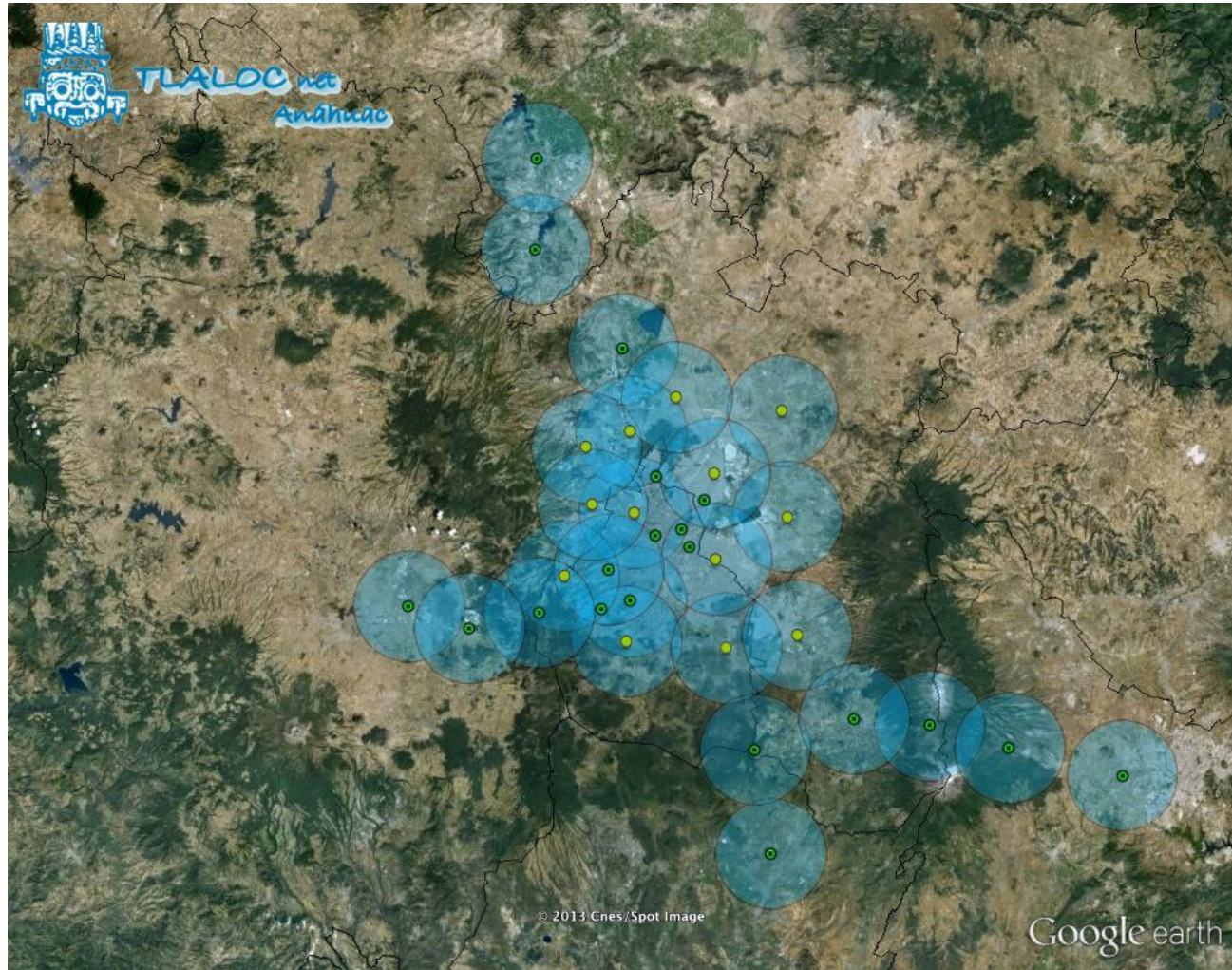




Red Multiparamétrica del Volcán de Fuego de Colima



TlalocNet- Anáhuac



Una red GPS-Met para detección de fenómenos atmosféricos severos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los círculos verdes muestran la ubicación de estaciones GPS-Met propuestas y los círculos azules su espacio de observación para el cálculo de vapor de agua atmosférico.





Antena GPS



Vaisala
PTU200

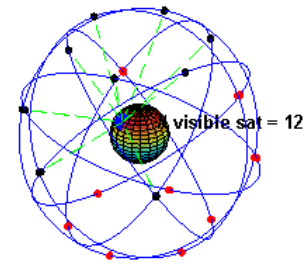
Estación SG32 (Teoloyucan, Edo. de México), parte de la red Suominet de UCAR-COSMIC que incluye un sensor Vaisala PTU200 y receptor Trimble 4700.



Reunión de Otoño CUDI 2013

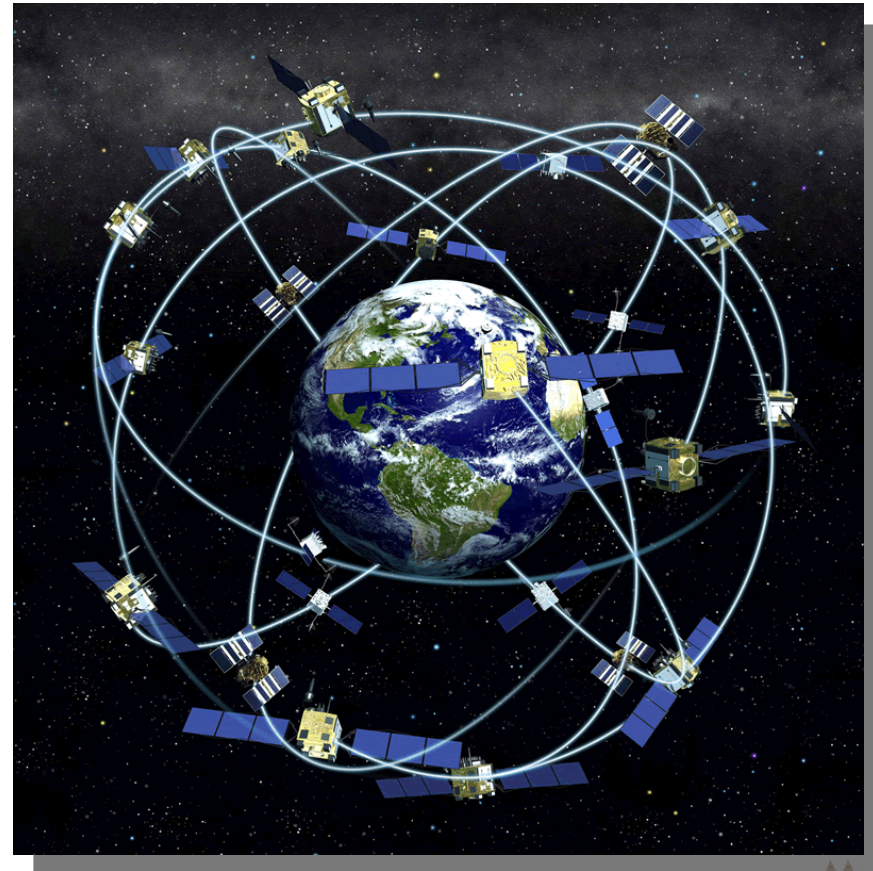


Constelación GPS



24+ satelites GPS orbitan en 6 planos a nuestro planeta.

- Esta constelacion transmite L1, L2, L2C, L5 (~1.2 y 1.6 GHz).
- Provee de posicionamiento preciso
- La atmósfera (superior e inferior) induce retrasos en la velocidad de transmision de la señal.



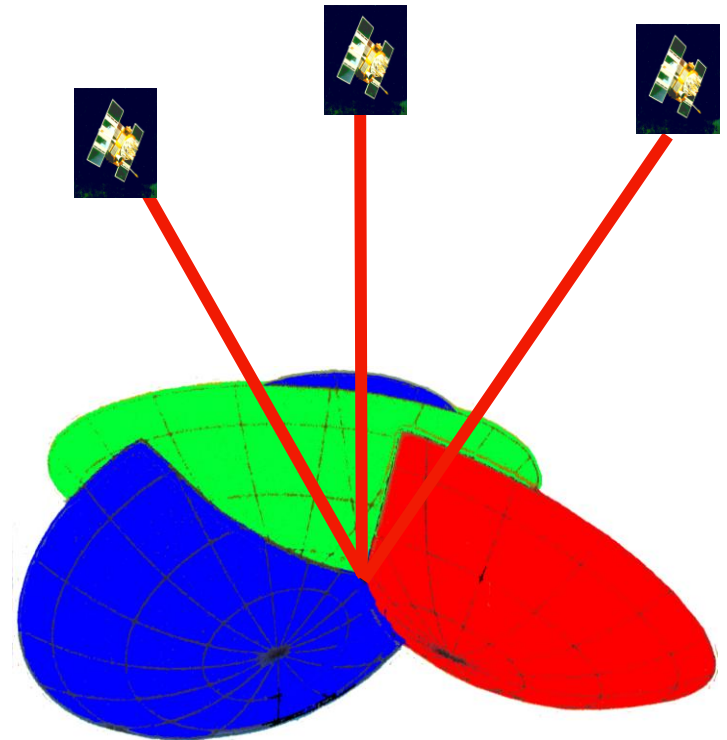
El sistema GPS



- El sistema GPS fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los EUA para proveer de posicionamiento, navegación y sincronización de tiempo de alta precisión en todo el planeta y en todo tipo de clima.
- Las señales de radio transmitidas por los satélites GPS se refractan (i.e. se retrasan y su trayectoria se altera) por los gases constituyentes de la alta y baja atmosfera.
- Este efecto causa un retraso en el arribo de las señales GPS que resultan en errores aparentes de la posición calculada de un receptor GPS en o cerca de la superficie terrestre.

Posicionamiento – *Single Point Positioning*“

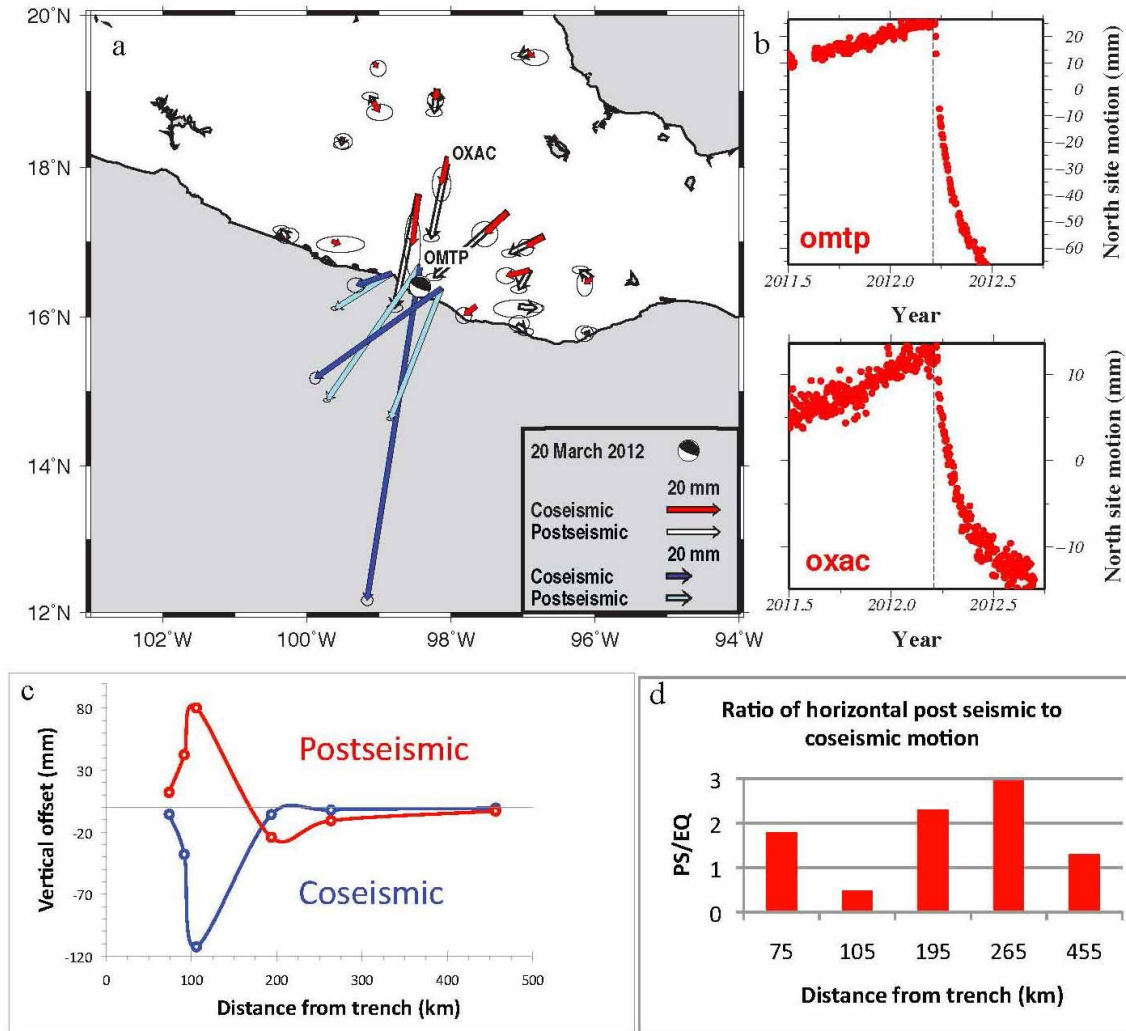
Método: Intersecciones de esferas



Reunión de Otoño CUDI 2013



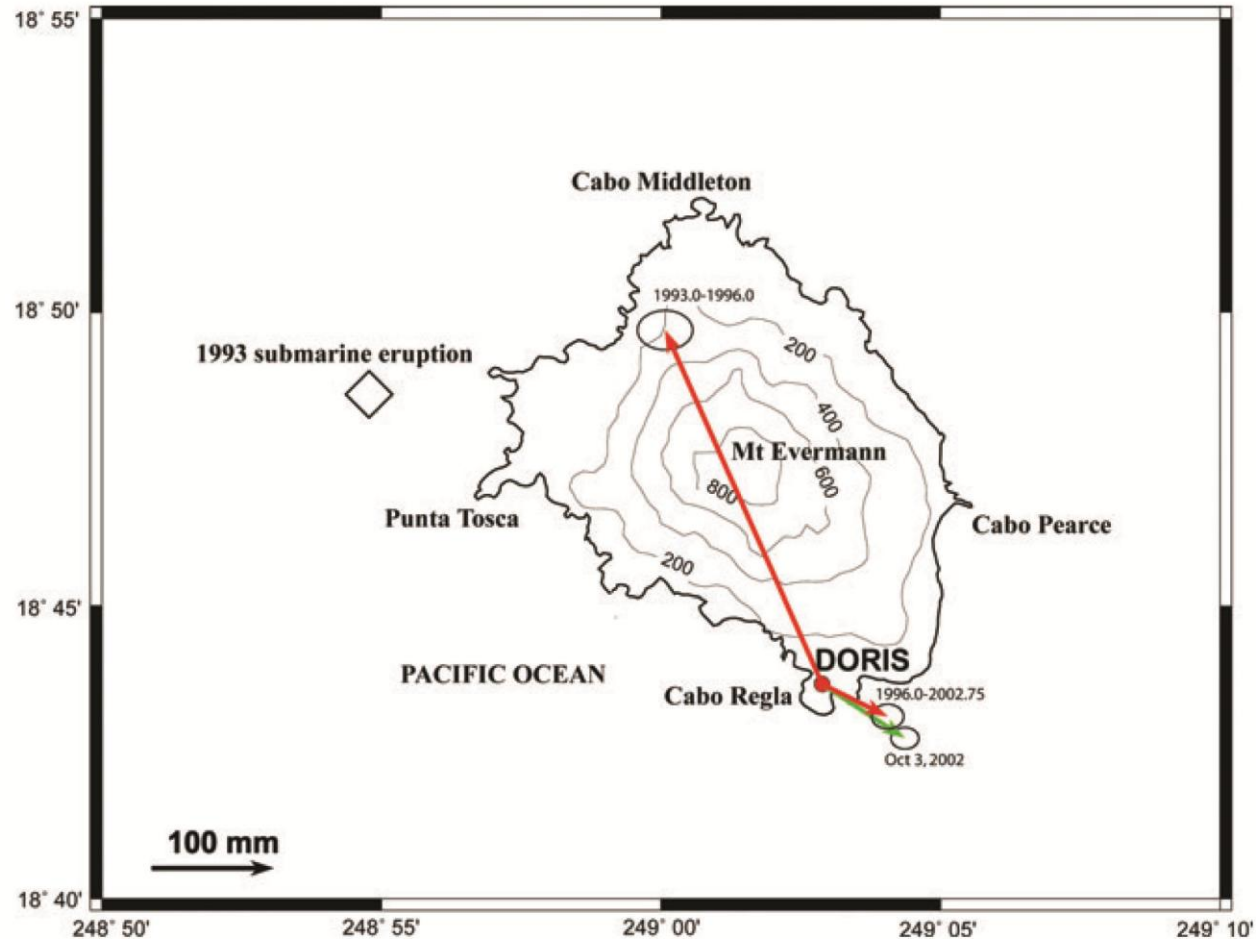
Aplicaciones GPS tectónica



Desplazamiento cosísmico del sismo de Ometepec, Oaxaca, 2012



Aplicaciones en Procesos Volcánicos



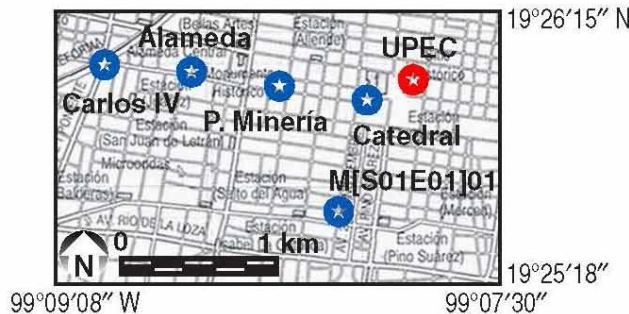
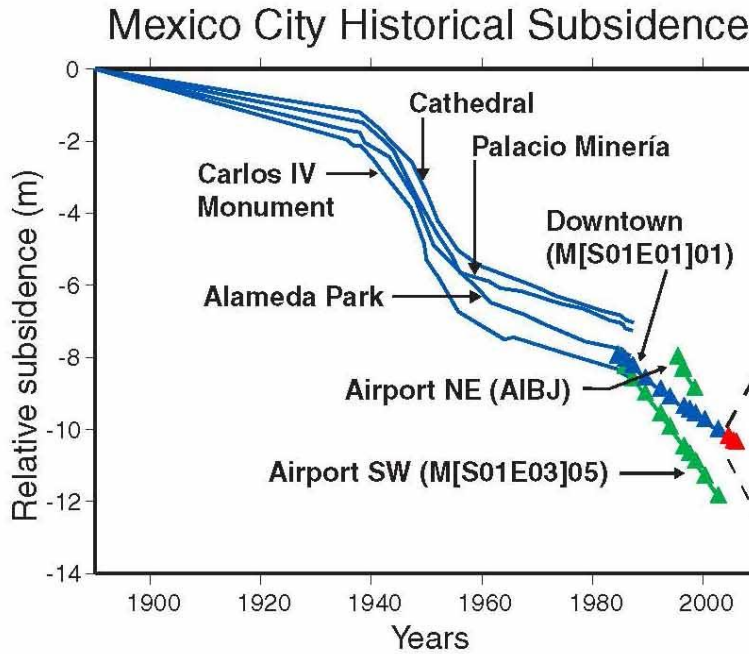
Deflación del Volcán Evermann 1993-1996,
Isla Socorro, Archipiélago Revillagigedo



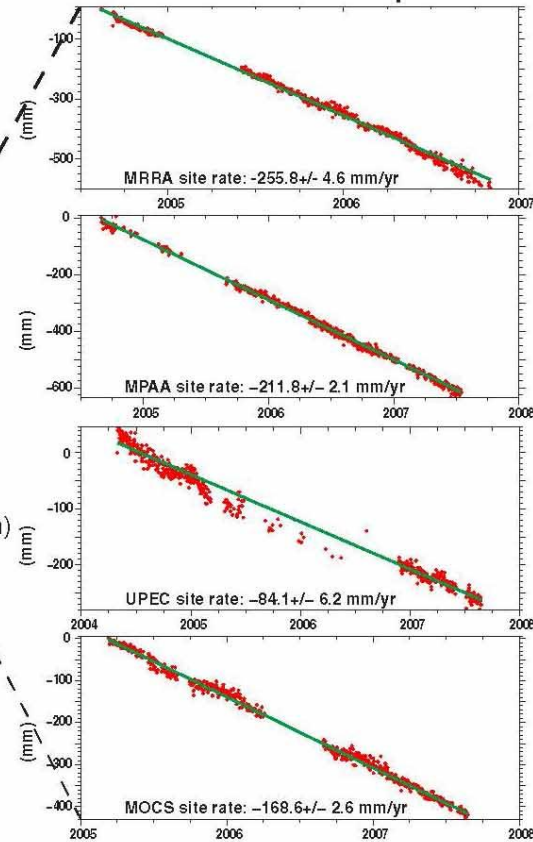
Reunión de Otoño CUDI 2013



Aplicaciones GPS Subsistencia



GPS Vertical component




Subsistencia en el centro de la Cd. De México



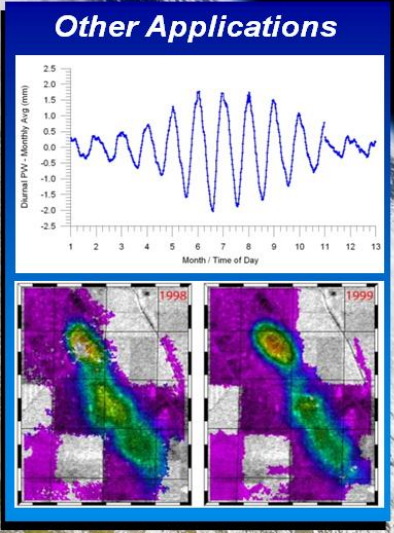
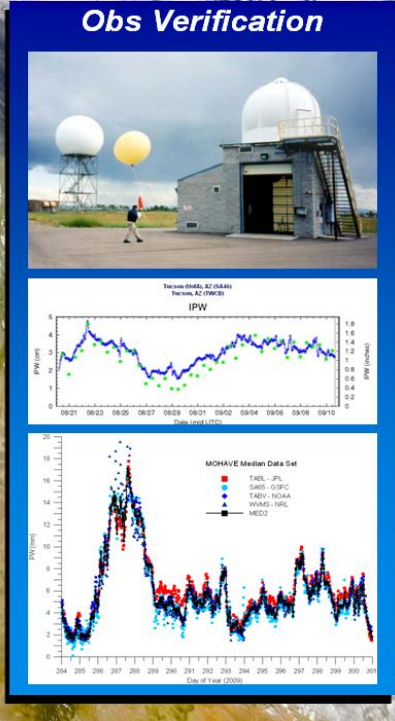
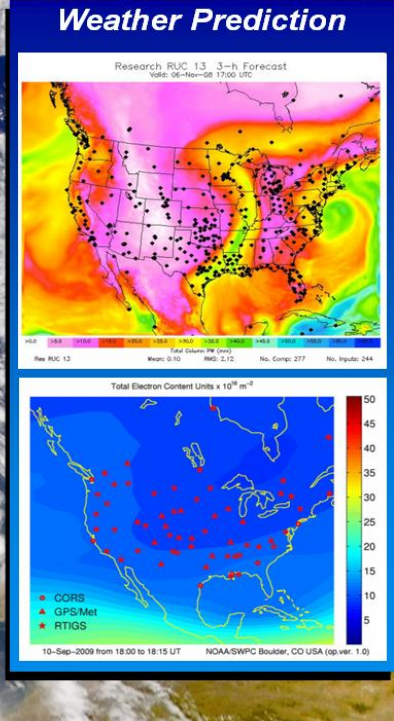
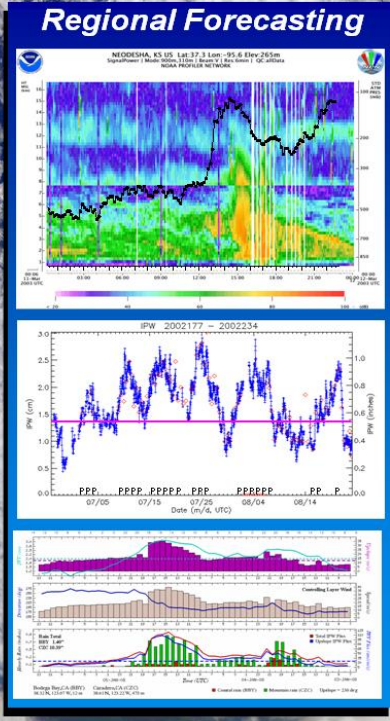
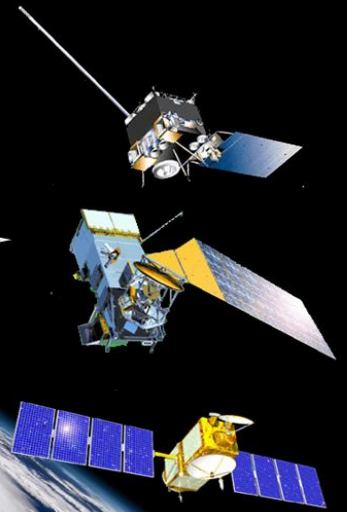
Aplicaciones GPS-Met

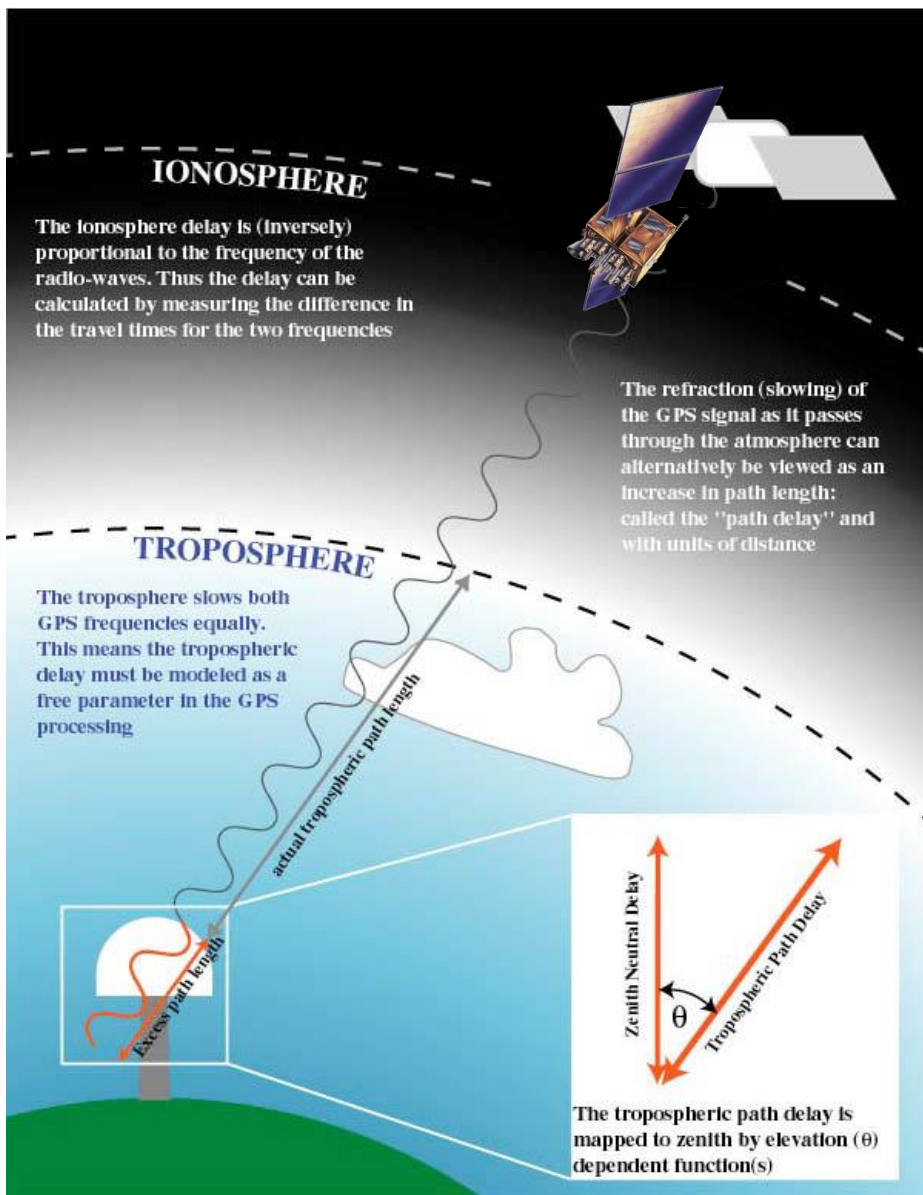
GPS IPW



ZTD > IPW
Accurate
Reliable
All weather
Inexpensive

Satellite Cal/Val



Se han desarrollado correcciones atmosféricas de la señal GPS que mejoran la posición en aplicaciones geodesicas.

Sin embargo, este aparente ruido atmosferico es una señal que puede ser usada para determinar el contenido de vapor de agua en la parte baja de la atmósfera



Meteorología con GPS

Señal GPS en la ionósfera

- La refractividad se asocia con los cambios en la densidad del plasma (TEC) entre los 50 y 400 km.
- Los retrasos de la señal en un medio dispersivo son inversamente proporcionales a la frecuencia.
- Los retrasos ionosféricos se estiman usando receptores de frecuencia doble.

Señal GPS en la Tropósfera

- La refractividad se asocia con los cambios de P, T y vapor de agua.
- Los retrasos en la señal no están correlacionados en frecuencias menores a los 30 GHz.
- Los retrasos se estiman como parámetros libres en el cálculo de la posición de la antena.

Estación GPS

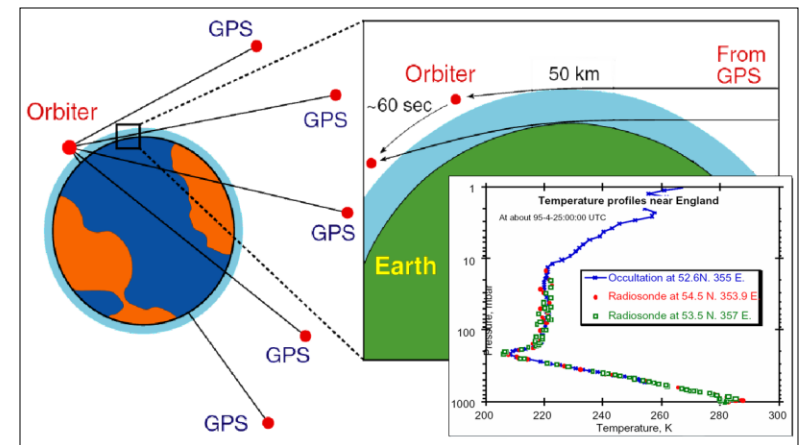


Utilidad de las observaciones GPS+Met

Por más de una década, la meteorología basada en GPS ha provisto de mediciones de vapor de agua atmosférico de manera relativamente económica, con alta frecuencia de muestreo (5-30 min.) y sin interrupciones (Kursinski et al., 2000).

Las aplicaciones de meteorología de GPS son variadas: la asimilación en modelos numéricos de predicción de tiempo (Gutman y Benjamin; 2001), casos de estudios meteorológicos (Champollion et al., 2009) y transporte de vapor de agua (Kursinski et al., 2008).

La principal variable que se determina con esta técnica el vapor de agua precipitable (PWV). Este parámetro se deriva del retraso de la señal electromagnética entre los satélites GPS y el receptor en tierra (Bevis et al., 1992) debido a la presencia de vapor de agua en la atmósfera. El rango de precisión de esta técnica es de 1-2 mm (Sapucci et al., 2007).



REUNIÓN DE OTOÑO
CAMPECHE



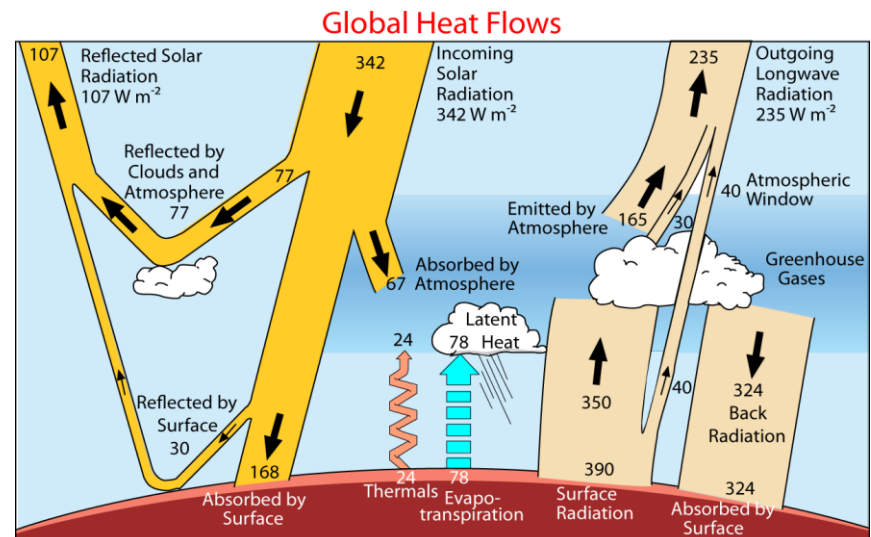
Observaciones de un solo receptor GPS proporcionan un valor integrado de PWV, que carece de información sobre la estructura vertical. Sin embargo, con una red suficientemente densa de receptores GPS se puede caracterizar la estructura de vapor de agua en 3D utilizando las trayectorias oblicuas en dirección a cada uno de los satélites GPS (Braun et al. 2001).

Las redes de GPS en conjunto con datos atmosféricos pueden utilizarse para obtener una tomografía de vapor de agua y describir la evolución temporal de los campos de vapor de agua. Esta metodología se ha aplicado exitosamente a estudios del ciclo diurno (Bastin et al., 2007) y en el desarrollo de tormentas (Champollion et al., 2009; Adams et al., 2011).



GPS-Meteorología

- Vapor de agua:
 - El gas invernadero de mayor importancia
 - Controlado por termodinámica y dinámica
 - También es un motor de procesos atmosféricos
 - Intimamente ligado a las nubes y precipitación
- Nubes:
 - Juegan un papel crítico en el balance de energía global
- Precipitación:
 - Determina la extensión y tipo de biósfera continental
 - Transporte vertical de energía en la atmósfera



Kiehl and Trenberth 1997



Las mayores preocupaciones sobre el cambio climático están relacionadas con el agua:

- Las concentraciones de agua se incrementarán.
- Los cambios en nubosidad son inciertos.
- Reducciones en los paquetes de nieve; congelamiento tardío y fusión/escurrimiento temprano.
- Clima extremo, incremento en la intensidad de huracanes.
- Incremento en la intensidad de eventos de lluvia extremos
- PERO el periodo entre lluvias de incrementará.

⇒Mayores inundaciones.

⇒Necesidad de pronosticar lluvias repentinas.

⇒EL RETO: como preservar el agua en reservorios.



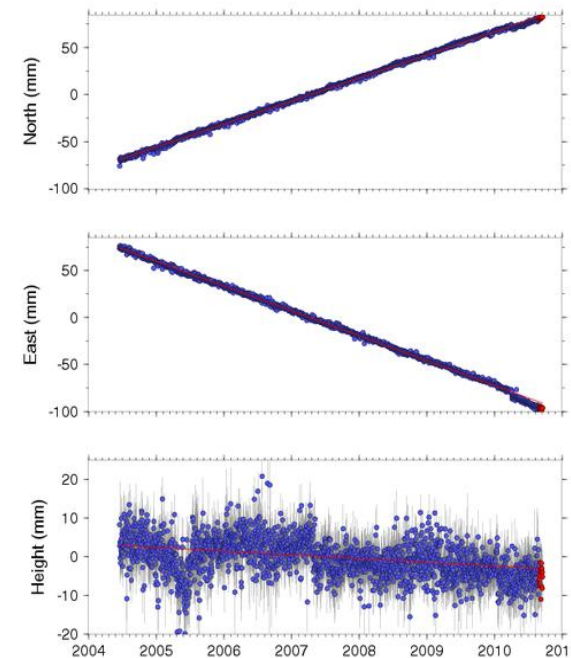
Elementos de la red TlalocNet

Estación continua GPS (GNSS)-Met

- Paquete de sensores meteorológicos de superficie
- Monumento de calidad geodésica.
- Sistema robusto de respaldo de energía
- Infraestructura de telecomunicaciones (celular, satélite, proveedor de Internet local).
- Datos y productos Atmosféricos data (PW, P, T, RH, vel/ int vientos, precipitación)
- Productos geodésicos (datos crudos, posiciones diarias, velocidades lineales).
- Posicionamiento en tiempo real.
- **Datos abiertos y disponibles a la sociedad**



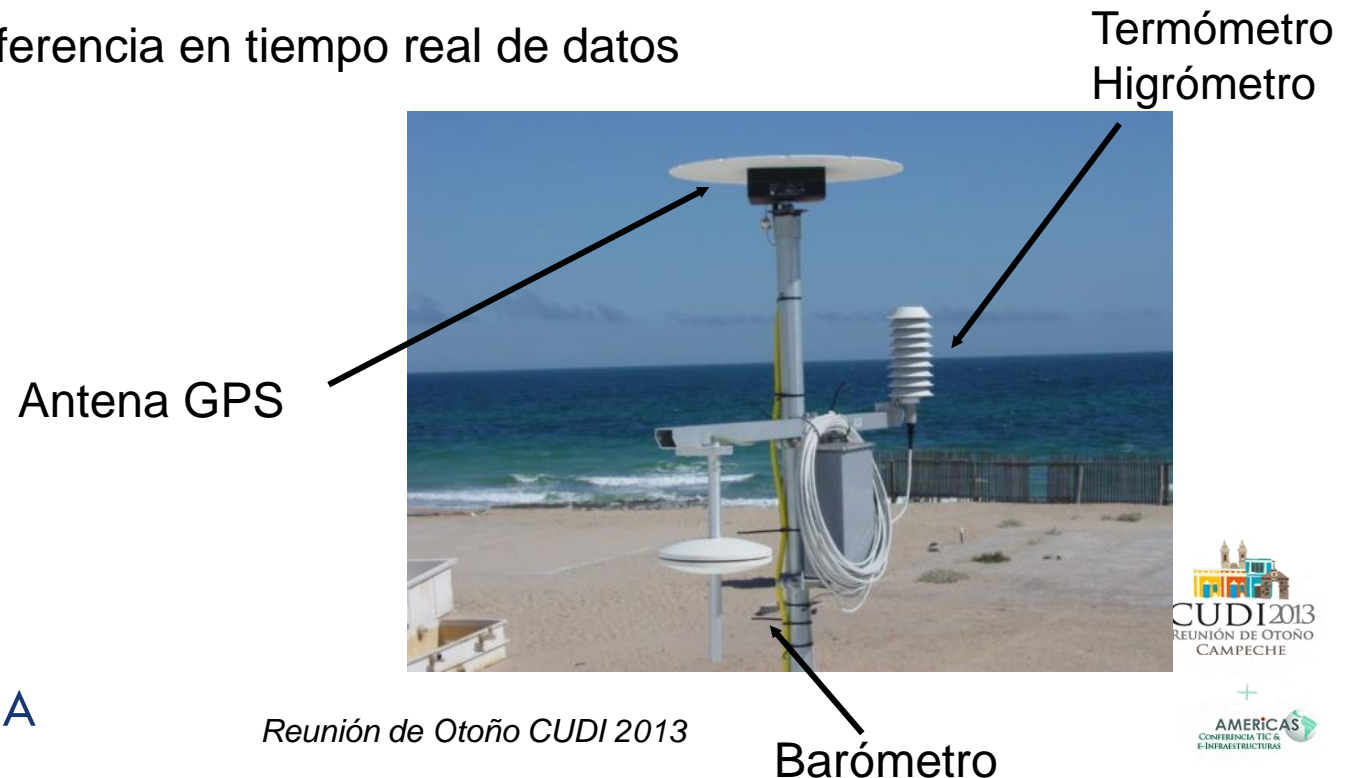
P482 (LakHenshawCS2004)



Necesidades de instrumentación

Instrumentación meteorológica adyacente al receptor GPS:

- Mínimo: barómetro preciso para separar componentes de retraso húmedo e hidrostático
- Muy deseable: Termómetro, higrómetro, anemómetro, pluviómetro.
- Web cam para determinar evolución de nubes y precipitación.
- Internet para transferencia en tiempo real de datos



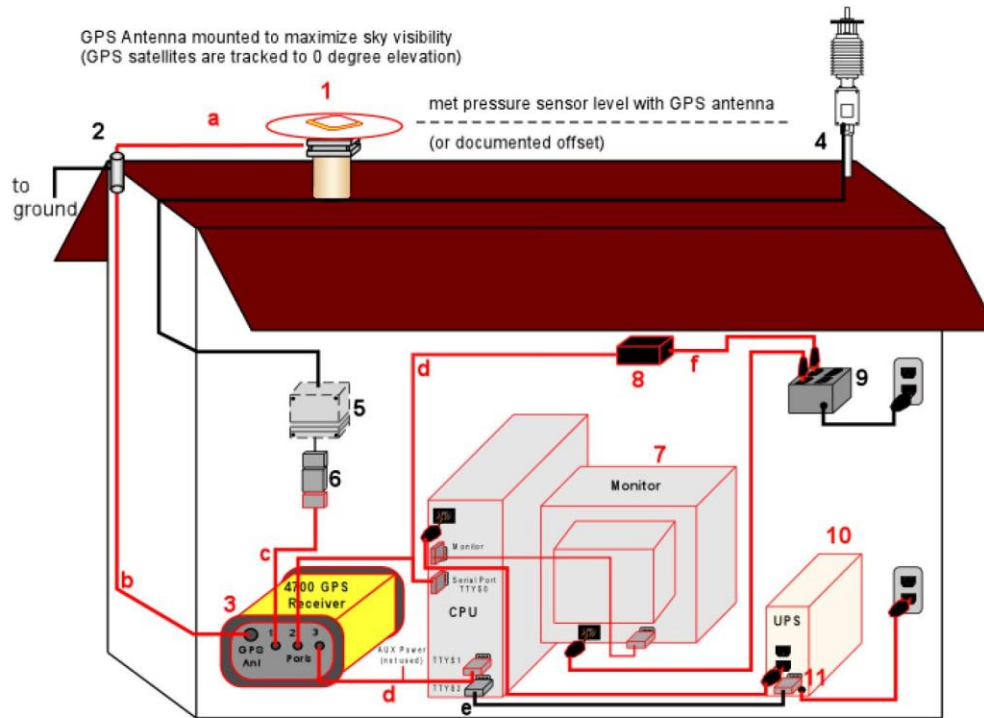
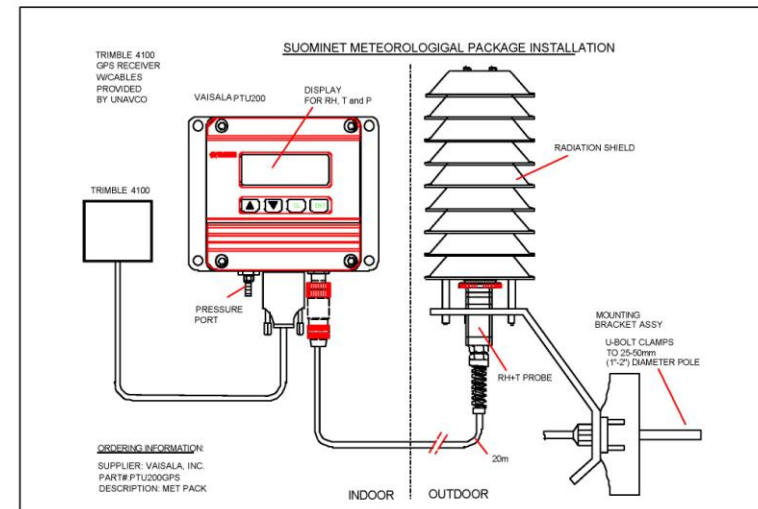


Figure 3.1: Possible SuomiNet deployment configuration showing a GPS receiver and antenna (1 and 3), MET sensor (4), and system computer (7). See <http://www.unavco.ucar.edu/equipment/suominet/configurations.html> for color figure and more details.

Diagrama esquemático de instalación de instrumental GPS+Met en la red Suominet.



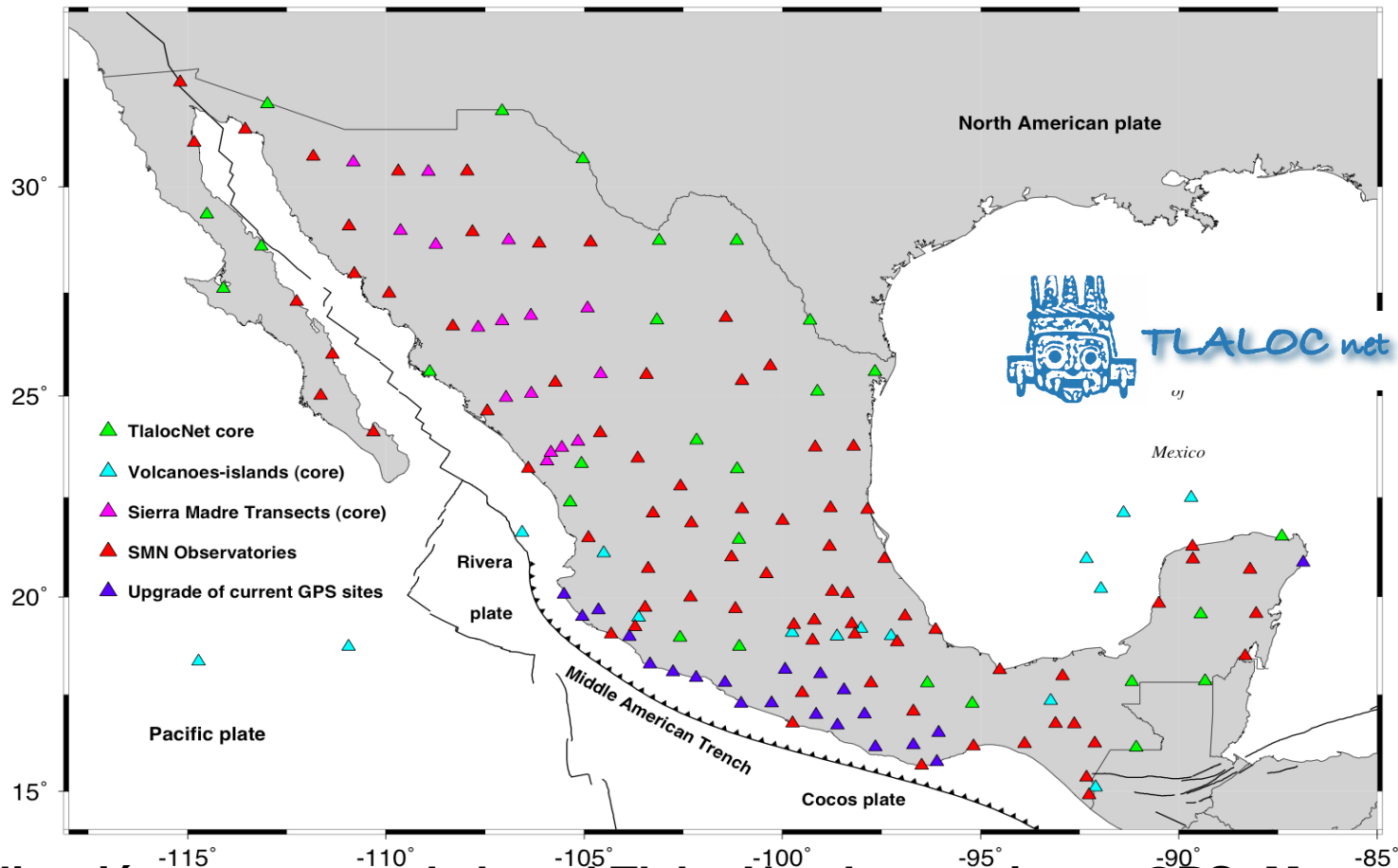


Estación SG32 (Teoloyucan, Edo. de México), parte de la red Suominet de UCAR-COSMIC que incluye un sensor Vaisala PTU200 y receptor Trimble 4700.



Reunión de Otoño CUDI 2013





Localización propuesta de la red TlalocNet de estaciones GPS+Met

Fase 1 (2013-2015) Financiada por National Science Foundation (EUA)
~ 40 estaciones

Fase 2 (2015-2017?) Financiada por Conacyt e instancias federales (en proceso)
– 80 estaciones



Reunión de Otoño CUDI 2013

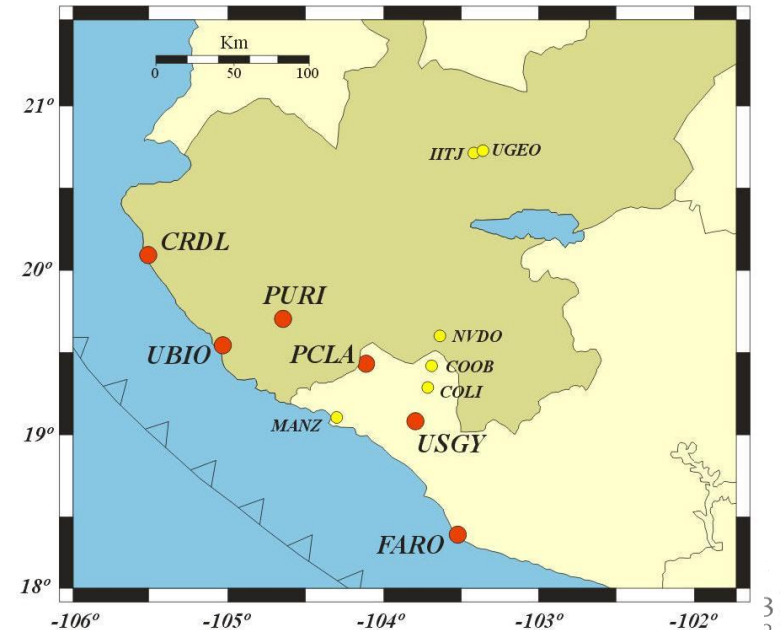




Oportunidades de colaboración CUDI-TlalocNet

1) Enlace de estaciones GPS-Met. Ejemplo en Nevado Colima ya en operación a través de e-Jalisco
En fase de prueba para disponibilidad y latencia de transmisión

Enlazar el resto de estaciones GPS-Met en México



Oportunidades de colaboración CUDI-TlalocNet



TLALOC net

1) Centro de datos Regional-Mexico RDC-TlalocNet (UdeG)

- Portal de acceso al acervo de observaciones GPS en México (1994-presente)
- Observables + metadata (alturas antena, datos meteorológicos superficie, etc).
- Potencial de expanderlo a Centroamérica-Caribe (CocoNet)
- Espejo geográficamente apartado (ubicación por definirse)

- Almacenamiento **redundante y perpetuo**

Acervo actual = 300 GB + 200 Gb otros grupos

Fase 1-RT (35+ estaciones en tiempo real @1seg) -> ~130 Gb/año

Fase 1-Off (150+ estaciones offline @ 15s) ->

~110 GB/año

Fase 2 RT (100+ estaciones en tiempo real @1seg) -> ~375 GB/año

Total @principio 2015 -> ~1.115 TB

Potencial a observables @1hz -> almacenamiento x5

- Servicio de *streaming* y correcciones diferenciales en tiempo real a usuarios



Reunión de Otoño CUDI 2013





TLALOC net

Oportunidades de colaboración CUDI-TlalocNet

- 2) Acceso RDC-TlalocNet a redes alta disponibilidad y baja latencia
acceso del "Seamless archive" de UNAVCO a RDC-TlalocNet
- 3) Espejos RDC-TlalocNet en Cd. México (UNAM-Geofísica) y Boulder, Colorado (UNAVCO)

UNAVCO Data Archive Interface v2

Current results: 10 items

4chID	interval	name	lat	lon	earliest data	latest data
CNCO	30.0 sec	CancunQuiMEX2007	21.1744	-86.8208	2007 Jun 04 13:54	2012 Dec 14 02:55
INEG	30.0 sec	Aguascalientes Fixed St	21.8562	-102.2842	2010 Sep 01 00:00	2013 Jun 27 23:59
PENA	30.0 sec	US Gypsum Mine at Pen	19.3905	-104.1014	2007 Jan 31 02:29	2012 May 15 16:39
PURI	30.0 sec	Purificacion	19.6652	-104.6371	2006 Sep 01 00:00	2012 May 15 00:46
PZUL	30.0 sec	Telmex tower near Cruz	20.064	-105.5076	2007 Mar 15 00:44	2011 Jul 14 23:59
SG21	30.0 sec	UTEO	19.7412	-99.1886	2002 Jun 24 00:00	2008 Feb 12 13:29



geofisica
UNAM