

# Calibración de osciladores remotos de alta exactitud con resultados en tiempo real

Ing. Francisco J. Jiménez Tapia  
Centro Nacional de Metrología  
[fjimenez@cenam.mx](mailto:fjimenez@cenam.mx)

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Método de medición remoto
3. Equipamiento
4. Operación del sistema de medición
5. Resultados
6. Referencias



# CONTENIDO



1. **Introducción**
2. Método de medición remoto
3. Equipamiento
4. Operación del sistema de medición
5. Resultados
6. Referencias



# INTRODUCCIÓN



## Métodos de medición de osciladores

Las características metrológicas que interesan en un oscilador, desde el punto de vista de la metrología de tiempo y frecuencia son: la desviación de frecuencia del oscilador y su estabilidad (incertidumbre).

La determinación de estos parámetros se realiza a partir de un conjunto grande de mediciones, típicamente del orden de horas para osciladores de cuarzo; y para osciladores de alta exactitud, como son los relojes atómicos, el periodo de medición típico es de días.

Para efectuar las mediciones, existen algunos métodos que se eligen de acuerdo al valor de la desviación de frecuencia y la estabilidad que presente. Básicamente esto depende del tipo de oscilador, a saber: oscilador de cuarzo, oscilador de cuarzo horneado u oscilador atómico.



## INTRODUCCIÓN Continuación...



## Métodos de medición de osciladores Continuación...

Los métodos de medición más usados en la metrología de tiempo y frecuencia son en el dominio del tiempo, y los podemos clasificar como aquellos que se implementan localmente y aquellos que se implementan remotamente.

### Métodos Locales

- Método de medición directo de frecuencia
- Método de medición directo de diferencia de tiempo
- Método de medición de diferencia de frecuencias con mezclador
- Método de medición de diferencia de fase con mezclador dual

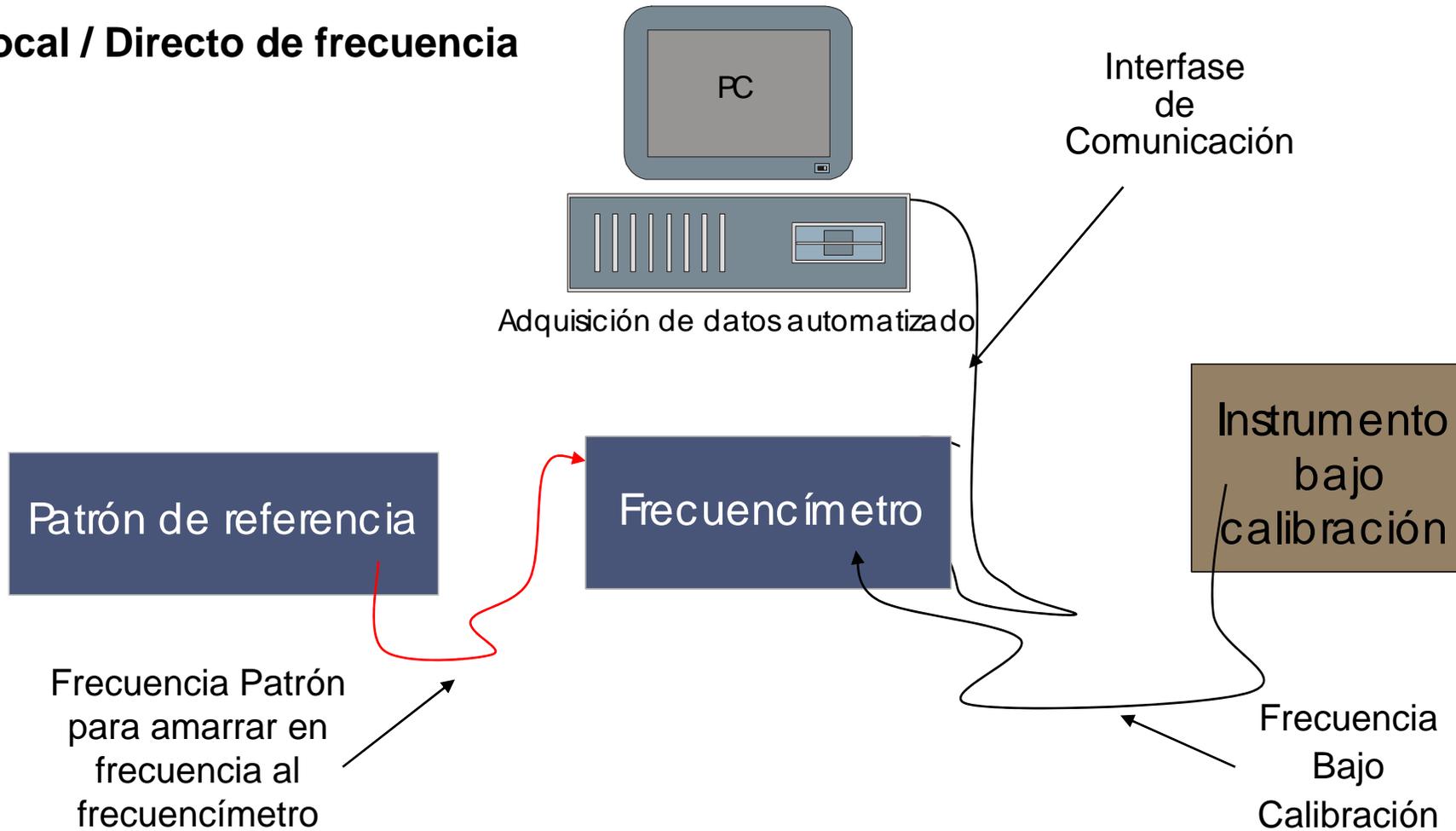
### Métodos Remotos

- Vista común del GPS



Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

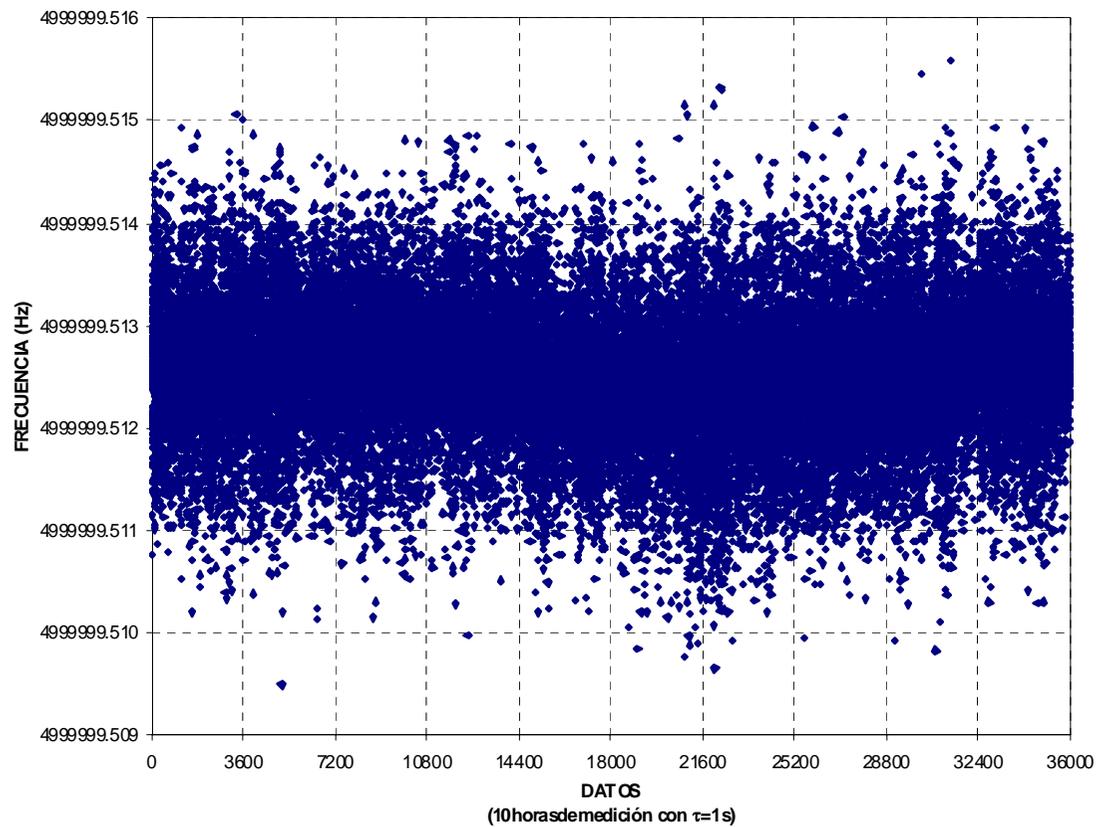
**Local / Directo de frecuencia**





Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

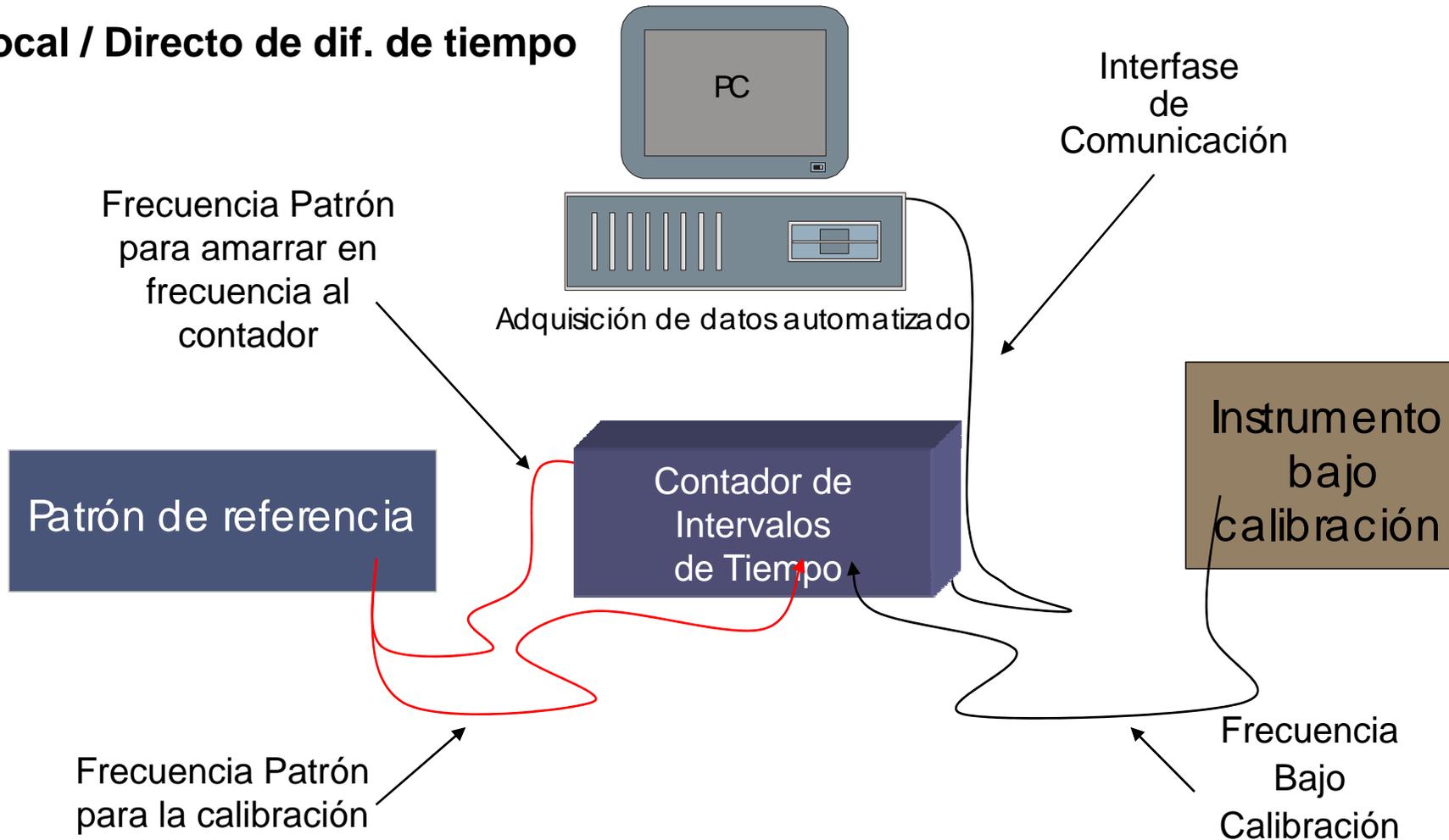
MEDICIONES DE FRECUENCIA  
FIGURA 1 (04-2003F.DAT)





Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

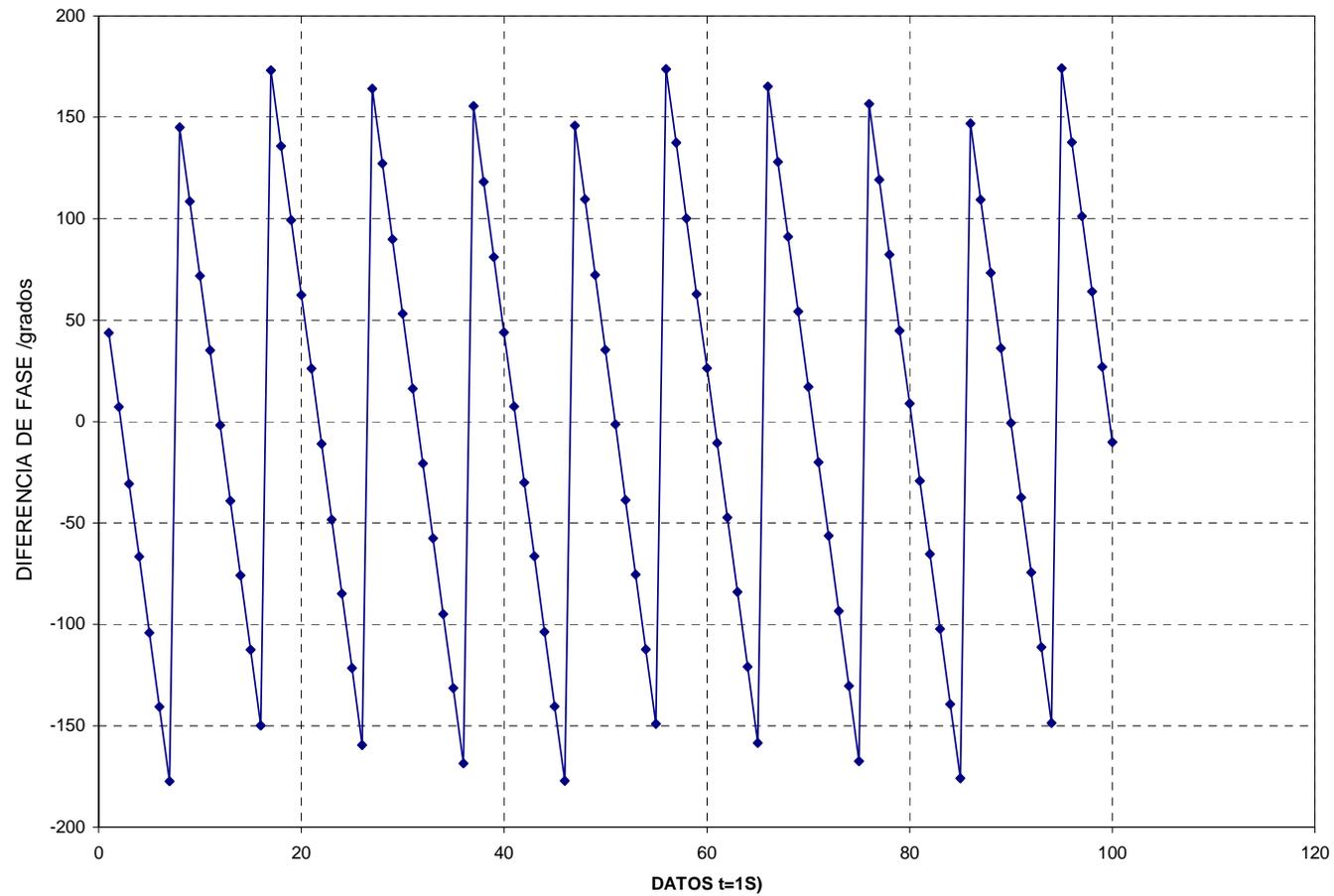
Local / Directo de dif. de tiempo





Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

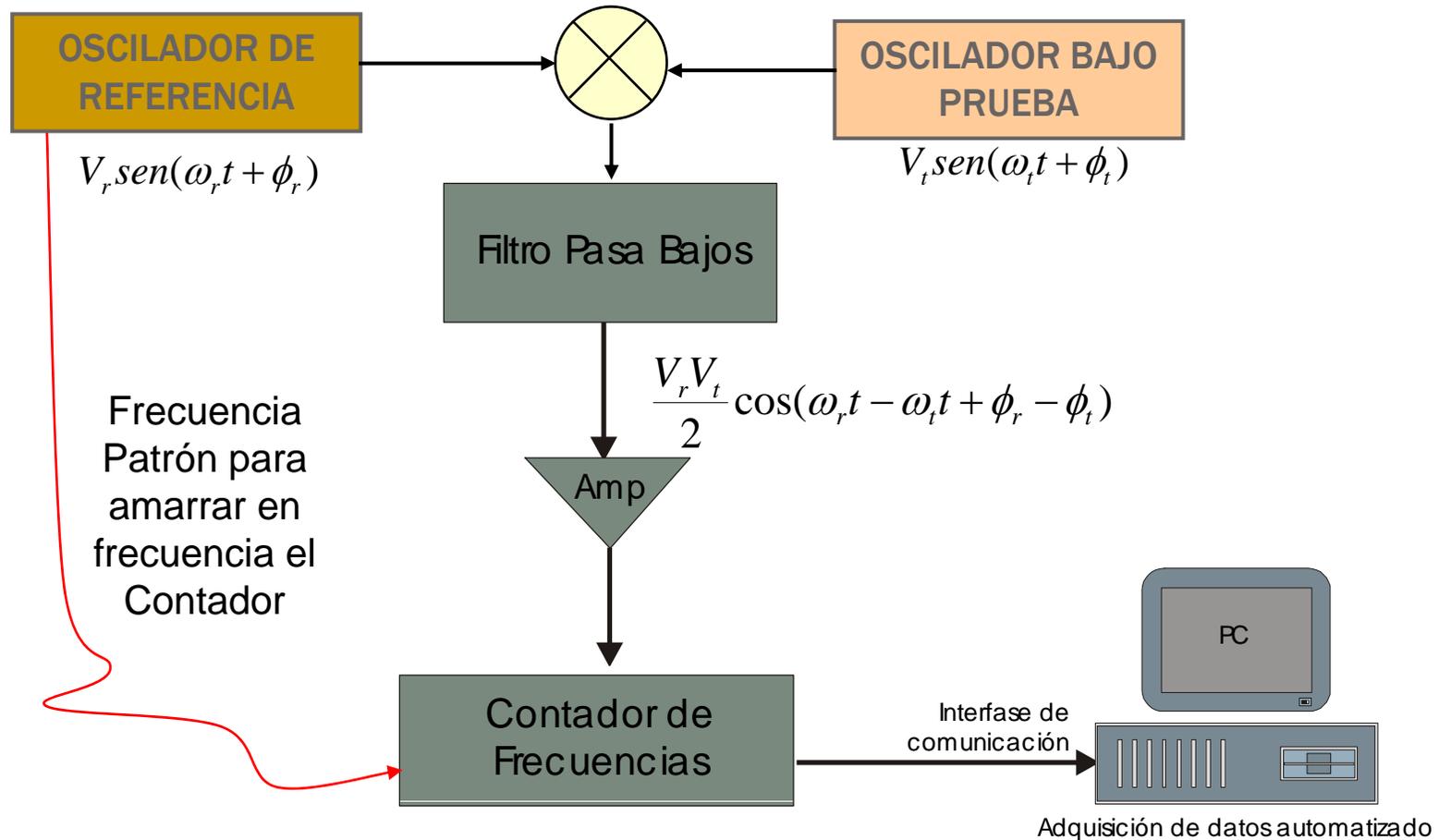
MEDICIONES DE DIFERENCIA DE FASE





Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

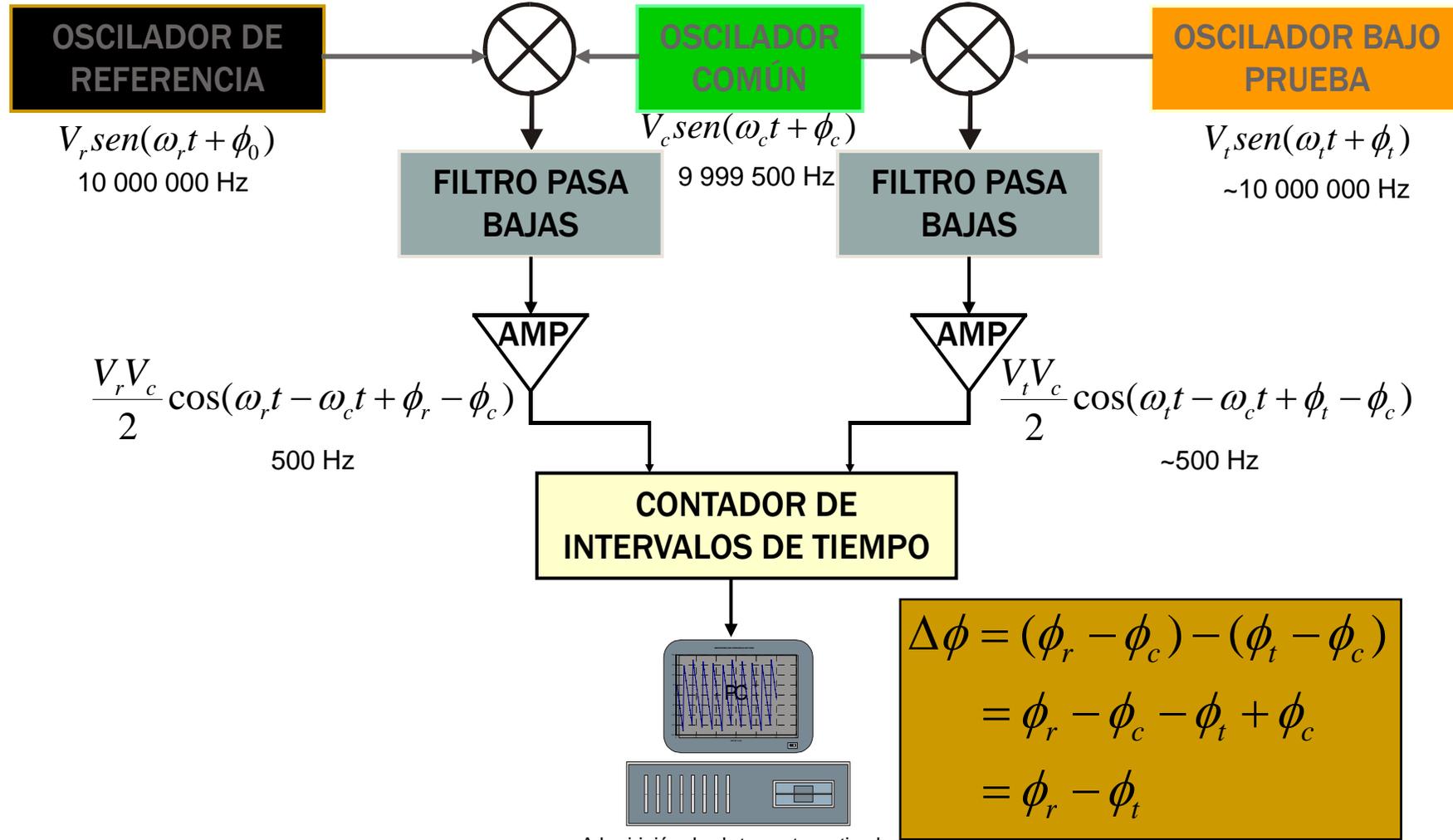
### Local / Dif. de frecuencias con mezclador





Métodos de medición de osciladores  
Continuación...

Local / Dif. de tiempo con mezclador dual





# CONTENIDO



1. Introducción
- 2. Método de medición remoto**
3. Equipamiento
4. Operación del sistema de medición
5. Resultados
6. Referencias



# MÉTODO DE MEDICIÓN REMOTO

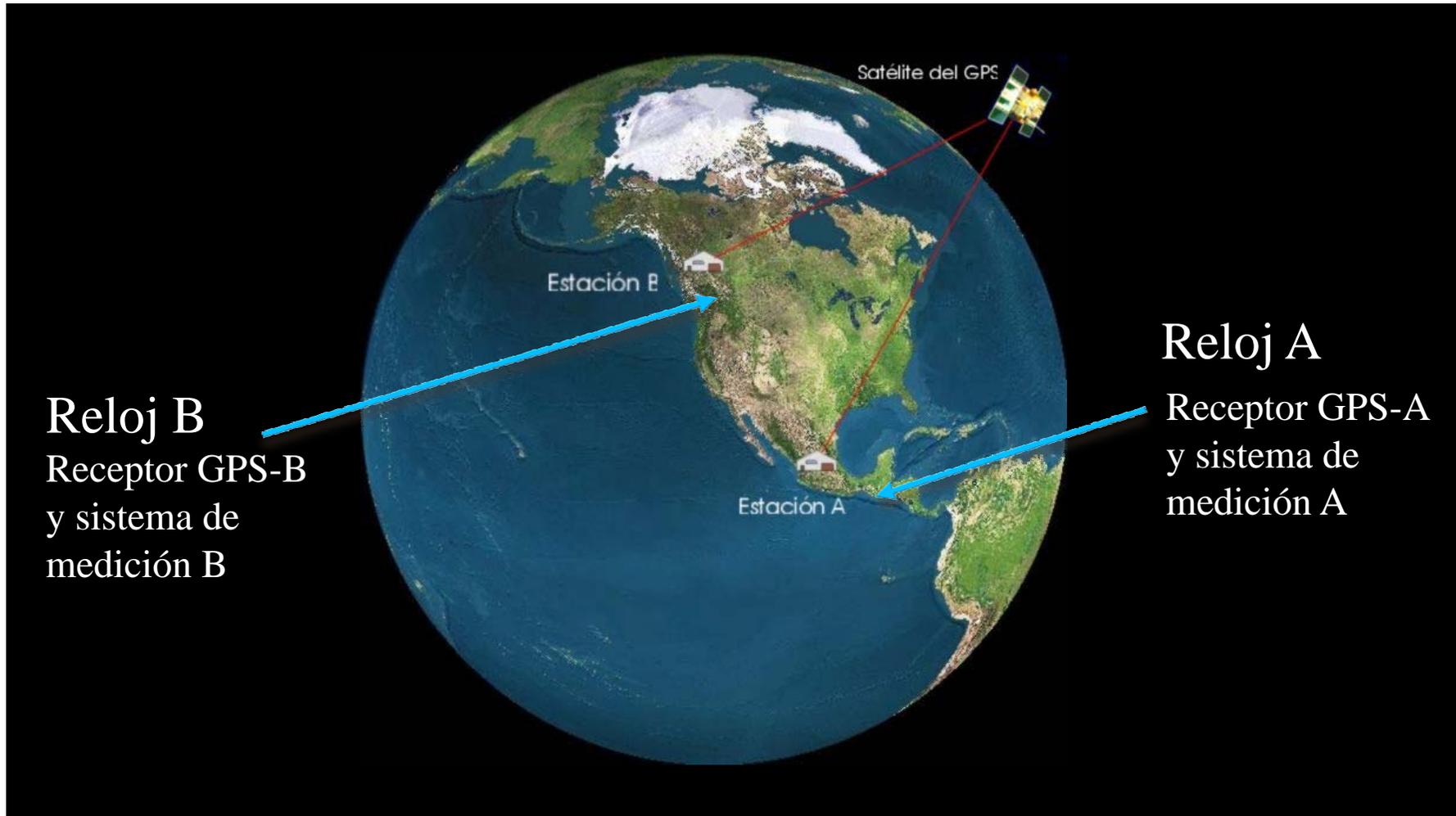


Existen infinidad de procesos de producción en los cuales intervienen osciladores que por la naturaleza del proceso no pueden ser sustraídos del proceso para que estos sean calibrados. En estos casos se emplea una técnica de medición conocida como “Vista Común del GPS”



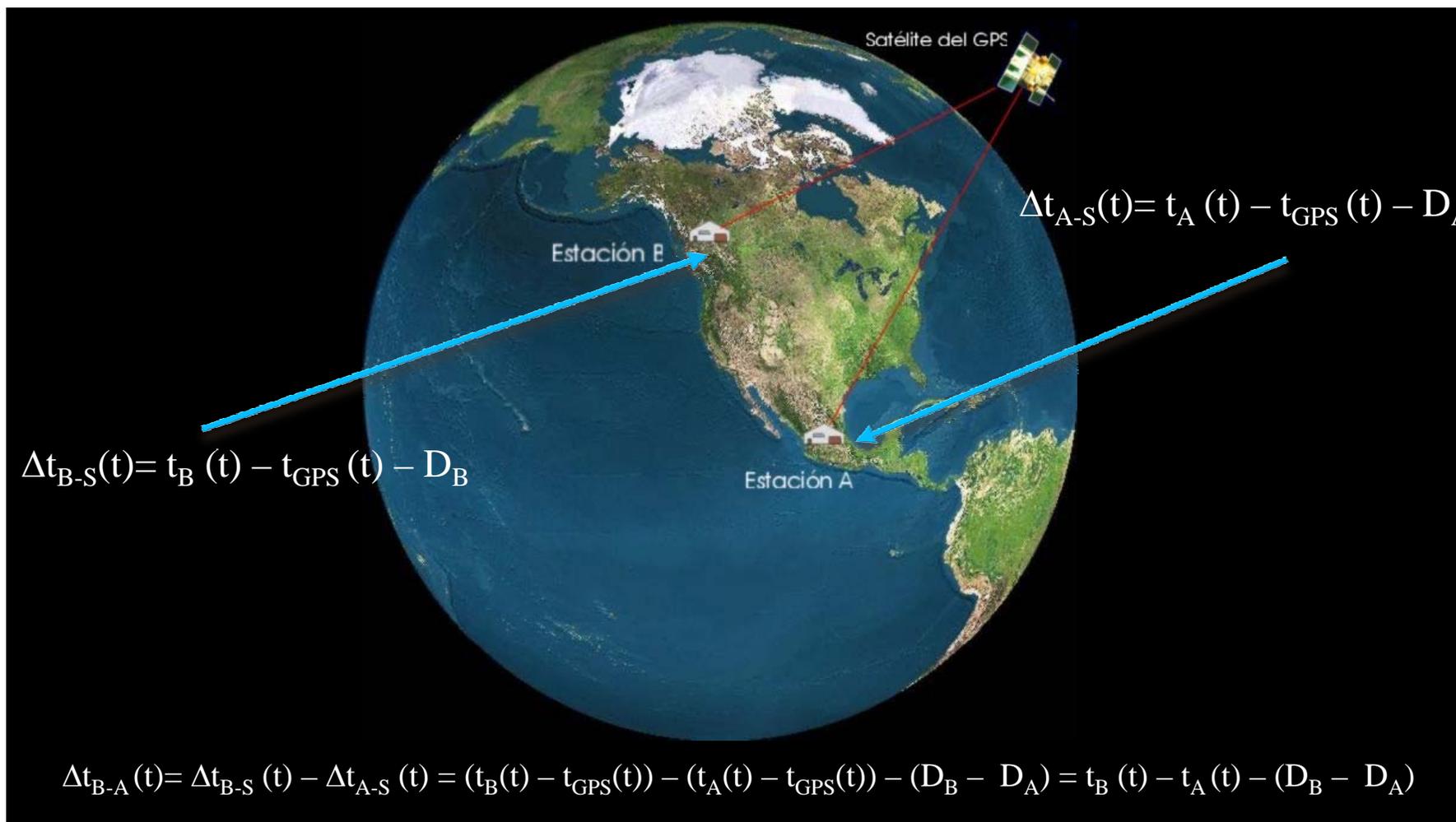


## Vista común del GPS





Vista Común del GPS  
Continuación...





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Método de medición remoto
- 3. Equipamiento**
4. Operación del sistema de medición
5. Resultados
6. Referencias



# EQUIPAMIENTO



En un proyecto de colaboración tecnológico entre el NIST y el CENAM, se ha desarrollado el sistema que permite implementar el método de Vista Común del GPS en tiempo real.

El sistema consta de:

- Receptor GPS-RT-R
- Servidor
- Software de mediciones
- Software de envío de mediciones
- Software de consulta
- Conexión permanente a Internet



## Receptor GPS-RT-R



### Receptor GPS-RT-R.

En la imagen se aprecia la unidad de medición, monitor y teclado



Receptor GPS-RT-R  
Continuación...

Unidad central

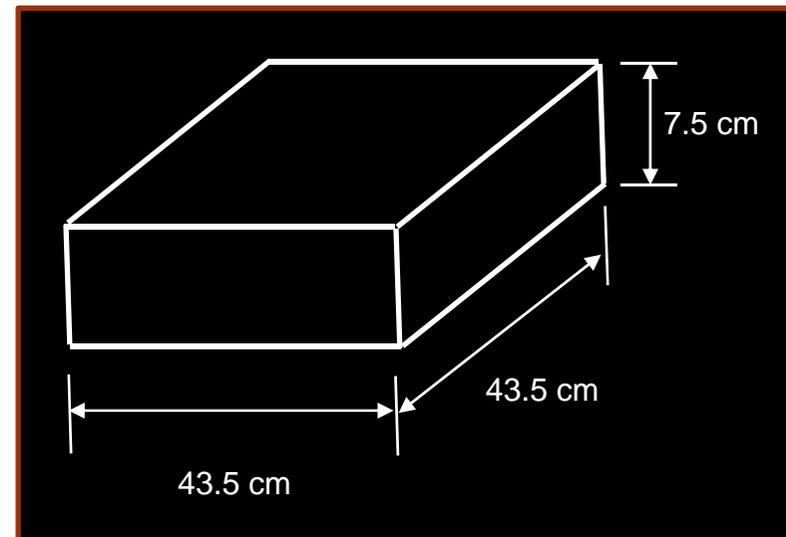


**Parte trasera de la unidad central de medición del receptor GPS-RT-R.** La unidad central de medición está provista con un conector para el cable de la antena GPS, dos conectores tipo BNC (para señal de 5 MHz de reloj de Cesio y para señal proveniente del generador de 1 pulso por segundo). Conector para cable de monitor. Conector para cable de teclado. Entrada de alimentación (120 VAC, 0.6 A). Conector RJ45 para red.



Receptor GPS-RT-R  
Continuación...

Unidad central



Peso de la unidad central de medición del receptor GPS-RT-R (presentada en la fotografía) < 12 Kg

El diseño de la unidad central de medición del receptor GPS-RT-R permite que ésta pueda ser montada en un rack de 19 pulgadas. En la imagen de la derecha se muestran las dimensiones de ésta.



## EQUIPAMIENTO Continuación...



### Receptor GPS-RT-R Continuación...

### Teclado



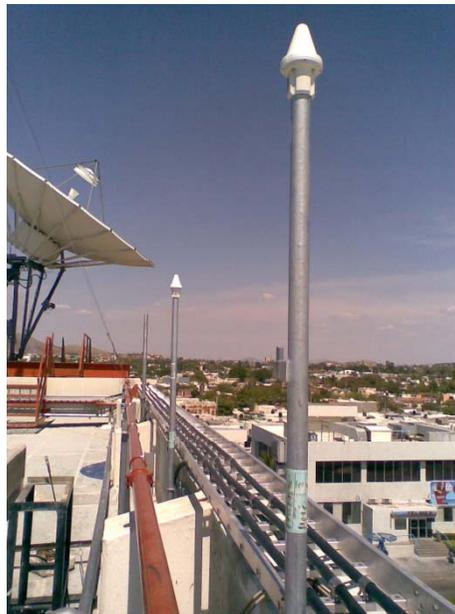
El teclado del receptor GPS-RT-R viene montado en un soporte (el cual puede ser montado en un rack de 19 pulgadas) que permite desplazarlo para su fácil uso. Así mismo el soporte permite colocar el teclado dentro del rack para ahorro de espacio.



## Receptor GPS-RT-R Continuación...

### Antena

La antena debe ser instalada en una posición fija con vista a cielo abierto evitando objetos alrededor que obstruyan visibilidad. La antena es conectada al GPS-RT-R por medio de un cable coaxial (provisto con el equipo). El cable de la antena GPS puede estar expuesto al medio ambiente (exterior e interior).

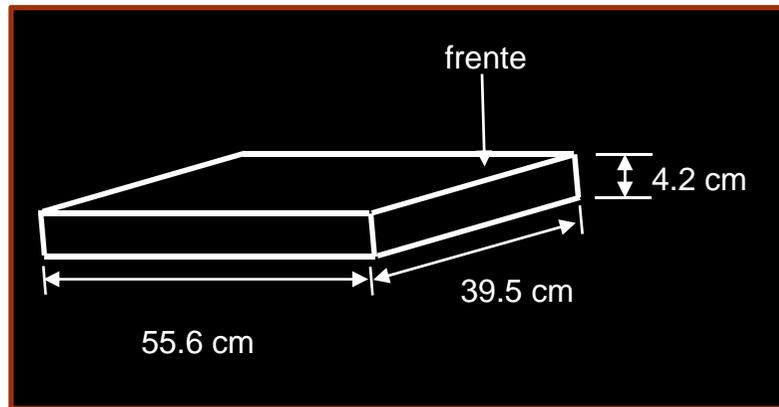




## Servidor

Marca: DELL

Modelo: Poweredge 850



El servidor puede ser montado en un rack de 19 pulgadas. Peso <12 kg. Consumo de energía: 350 W. La información procesada por el servidor para efectos de la comparación entre relojes de Cs puede ser consultada vía web.



Vista frontal



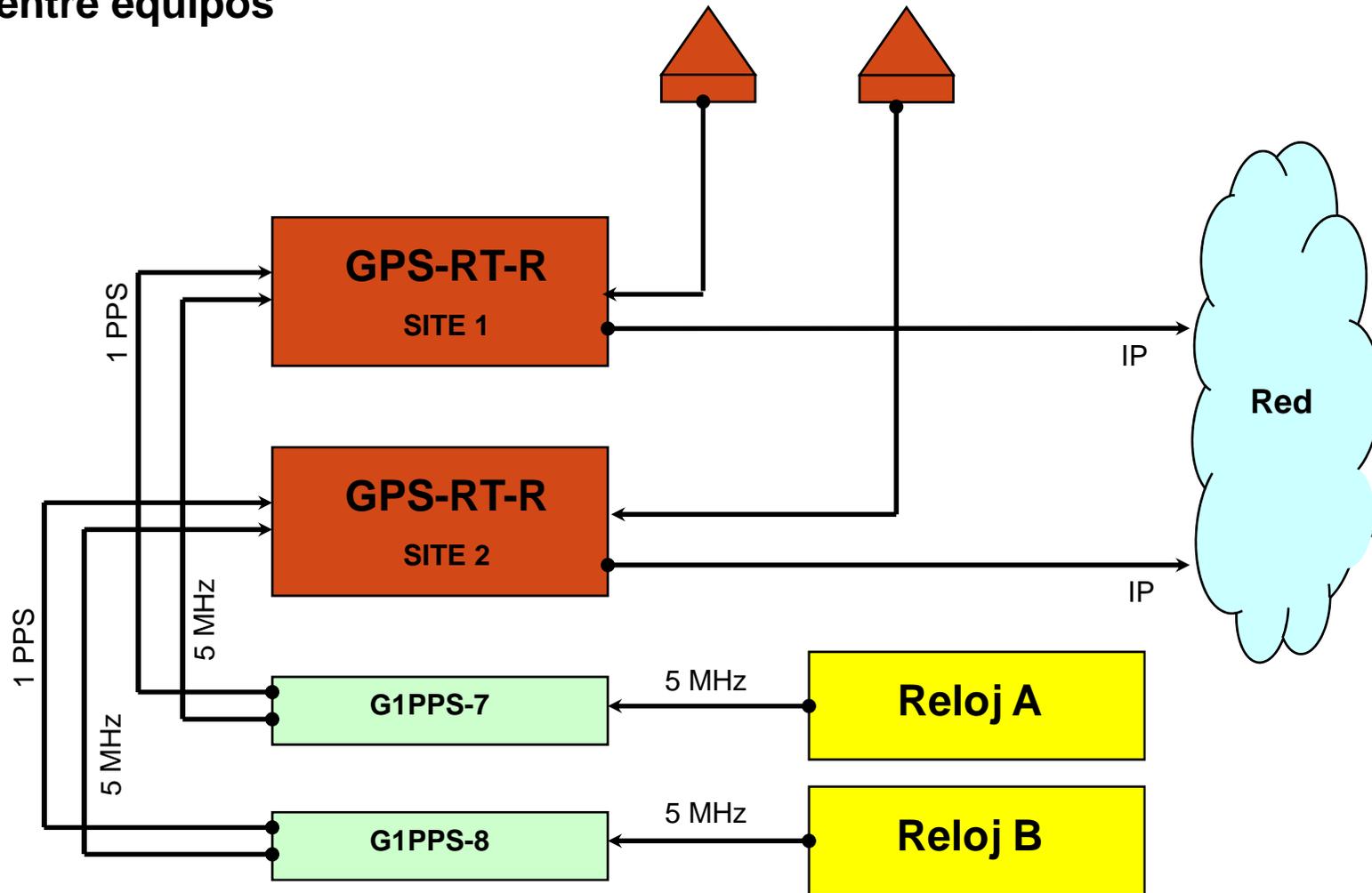
Vista lateral



Vista posterior



## Conexión entre equipos





**EQUIPAMIENTO**  
Continuación...



# Software de mediciones

**SIM Time and Frequency Comparisons via Common-View GPS**

Latitude	20° 32 min 13.373 s N	Date	2007-10-12
Longitude	100° 15 min 17.204 s W	Time	18:41:01
Altitude (m)	1917.16	Filename	20071012.007
Samples	67259	Sawtooth	7
Last Reading	-43.15	Visible Sats	8
Min Reading	-70.87	Sats In Use	8
Max Reading	-14.64	Rx Temp.	25° C
Range	56.23	Rx Status	Position Sent
Mean Value	-36.24	Rx Code	8
Midpoint	-42.75	Pos. Hold	ON
Mean Diff	-0.00		
STDEV Diff	3.21		

TIC Cal Time	2007-10-12/00:00:02
Start Range	2061 - 5855
Stop Range	2124 - 5914
Start Res (ps)	26
Stop Res (ps)	26
TIC Delay (ns)	-0.02
TIC Time Base	5 MHz

Contact	Division de Tiempo y Frecuencia
Laboratory	Centro Nacional de Metrologia
Reference	UTC(CNM)

SIM ID  Ref Delay  Rx Delay  Mask  FTP

MDIO Corr.

Go Stop Antenna Survey Coordinates TIC Calibration Quit

PRN	TD (ns)	Seconds Tracked	ELV Ang.	AZM Ang.	PRN	TD (ns)	Seconds Tracked	ELV Ang.	AZM Ang.
01	8	27917	10	125	17	-6	7627	38	220
02	5	10203	23	51	18	11	22330	10	122
03	3	22456	13	40	19	5	16737	19	38
04	-4	6611	10	52	20	14	17772	13	186
05	8	22210	10	51	21	11	20643	10	151
06	-5	10500	17	175	22	7	26371	10	141
07	-6	17993	10	173	23	13	22258	10	162
08	2	6616	49	347	24	8	18496	11	138
09	0	20120	12	39	25	-4	15758	63	88
10	8	14110	26	34	26	14	6623	10	35
11	-3	16184	41	107	27	-3	3827	68	29
12	-8	13354	26	194	28	9	9910	39	308
13	-6	15715	35	180	29	2	14800	16	36
14	14	26501	10	100	30	6	23241	10	45
15					31	6	21527	10	57
16	5	18462	10	40	32				

PRN	LO Phase	dBm	
CH1	8	746254	-118
CH2	13	746262	-123
CH3	28	746247	-120
CH4	27	746259	-117
CH5	25	746260	-116
CH6	17	746262	-121
CH7	11	746259	-120
CH8	19	746251	-123



## Software de transferencia de archivos del GPS-RT-R al servidor

**SIM-NIST File Transfer**

Filename: 20071012.007  
ON/OFF: ON, upload occurs every 10 minutes

Site 1: gps.nist.gov  
Last Try: 10-12-2007 / 19:00:05  
Result: **File Upload Successful**

Site 2: 200.23.51.210  
Last Try: 10-12-2007 / 19:00:07  
Result: File Upload Successful

Site 3: Not Used  
Last Try:   
Result:

Protocol: Active FTP

Run Save Upload Now Exit



**EQUIPAMIENTO**  
Continuación...



**Software de transferencia de archivos del GPS-RT-R al servidor**  
Continuación...

**Ejemplo de archivo de mediciones**

```

2007-10-09
54382
Division de Tiempo y Frecuencia
Centro Nacional de Metrologia
UTC(CNM)
1 HZ
CAL Time = 2007-10-09/00:00:02
START Res = 26 ps
STOP Res = 26 ps
TIC Delay = -0.14 ns
REF Delay = 12.9 ns
RX Delay = 55.2 ns
Mask Angle = 10°
TEMP Rx = 27° C
LAT = 20° 32 min 13.373 s N
LON = 100° 15 min 17.204 s W
ALT = 1917.16 m
0010 - 46.88 - 46.2 - - - - 43.97 36.3 - 46.83 - - - - 45.66 - - - - 43.3 - - - -
0020 - 45.94 - 45.01 - - - - 42.29 37.88 - 46.44 - - - - 48.68 - - - - 41.8 - - - -
0030 - 45.09 - 45.52 - - - - 37.04 - 45.56 - - - - 45.58 - - - - 39.88 - - - -
0040 - 44.45 - 44.35 - - - - 43.59 39.96 - 45.16 - - - - 46.73 - - - -
0050 - 44.74 - 43.87 42.67 - - - 44.36 39.52 - 45.87 - - - - 42.14 - - - - 40.23 - - - -
0100 - 45.37 - 46.5 42.2 - - - 40.91 40.11 - 46.2 - - - - 44.62 - - - - 34.76 - - - -
0110 - 44.57 - 46.17 43.99 - - - 39.51 40.71 - 49.01 - - - - 40.56 - - - - 39.72 - - - -
0120 - 44.59 - 42.47 43.92 - - - 39.43 42.7 - 48.58 - - - - 43.7 - - - -
0130 - 43.85 - 43.69 45.27 - - - 38.05 42.3 - 50.4 - - - -
0140 - 43.53 - 41.31 46.72 - - - 39.19 41.94 - 48.98 - - - - 48.2 - - - -
0150 - 42.65 - 41.88 45.16 - - - 34.57 43.01 - 49.51 - - - - 52.95 - - - - 50.7 - - - -
0200 - 41.41 - 37.77 44.81 - - - 33.62 41.54 - 50.77 - - - - 51.33 - - - - 53.51 - - - -
0210 - 41.3 - - 44.19 - - - - 42.08 - 50.76 - - - -
0220 - 41.7 - - - - - 42.21 - 51.1 - - - - 38.32 52.1 - - - -
0230 - 40.74 - - 45.73 - - - - 42.21 - 51.32 - - - - 40.54 - - - -
0240 - 42.12 - - 45.89 - - - - 42.64 - 50.88 - - - - 41.63 52.87 - - - -
0250 - 39.22 - - 46.19 43.42 - - - 41.22 - 49.74 - - - - 51.96 - - - - 43.33 52.56 - - - -
0300 - 39.67 - - 47.19 45.19 - - - 41.51 - 51.41 - - - - 51.23 - - - - 43.66 54.3 - - - -
0310 - - - 45.81 44.43 - - - 39.15 - 50.16 - - - - - - - - 44.76 53.21 - - - -
0320 - - - 44.37 44.91 25.85 - - - 38.63 - 48.18 - - - - 42.53 - - - - 45.35 54.08 - - - -
0330 - - - 43.09 44.7 24.26 - - - 37.53 - 47.8 - - - - 44.34 - - - - 46.84 53.69 - - - -
0340 - - - 42.55 45.85 39.1 - - - 35.85 - 47.03 - - - - 44.67 - - - - 45.78 54.42 - - - -

```



**Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica 2009**  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia





## Software de consulta al servidor

TELMEX Time and Frequency Comparison System - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección <http://200.23.51.210/>

### Comparison System for Primary References in Real Time

-

This page allows the time difference at all TELMEX sites to be viewed with respect to UTC(CNM), the Mexican national standard for time and frequency. The measurement technique used is the multi-channel common-view GPS method, consisting of 10 minute averages recorded from all satellites in view.

To view common-view results (for comparisons between two facilities) complete the form entries and then click the SUBMIT button.

Month  Day  Year  Days Back  Cs Clock 1  Cs Clock 2

To view one-way GPS data from a single facility, complete the form entries and then click the SUBMIT button.

Month  Day  Year  Days Back  Cs Clock

[Real-Time Grid of all CENAM/TELMEX receivers](#)

Listo Internet

Inicio 5 Microsoft Offi... telmex Microsoft PowerP... 2 Microsoft Offic... 2 Internet Explo... ES 10:33 a.m.



**EQUIPAMIENTO**  
Continuación...



**Software de consulta al servidor**  
Continuación...

**Matriz de resultados de medición en tiempo real**

Time Comparisons between UTC(NIST) receivers - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos Ir

Dirección [http://200.23.51.210/scripts/cnm\\_rx\\_grid.exe](http://200.23.51.210/scripts/cnm_rx_grid.exe)

### Real-Time Common-View Comparisons

(Rx 1 - Rx 2, for the 10-minute period ending on 10-12-2007 at 1530 UTC)

Receiver 1 (columns) Receiver 2 (rows)	UTC(NIST)	UTC(CNM)	TELMEX-1	TELMEX Aztecas CsA	TELMEX Aztecas CsB	TELMEX San Juan CsA	TELMEX San Juan CsB	TELMEX
UTC(NIST)								
UTC(CNM)								
TELMEX-1								
TELMEX Aztecas CsA								
TELMEX Aztecas CsB								
TELMEX San Juan CsA								
TELMEX San Juan CsB								
TELMEX Yañez CsA								
TELMEX Yañez CsB								
TELMEX IGL CsB								
TELMEX IGL CsA								

Inicio | 5 Microsoft Offi... | telmex | Microsoft PowerP... | 2 Microsoft Offic... | 2 Internet Explo... | ES | 10:35 a.m.



## SIM Time Scale Comparisons via GPS Common-View

(Table shows results for the 10-minute period ending on 10-12-2007 at 1600 UTC)

 <b>SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA</b>								
		UTC(NIST)	UTC(CNM)	UTC(NRC)	UTC(CNMP)	UTC(ONRJ)	UTC(ICE)	UTC(SIC)
	UTC(NIST)		-27.79	62.51	-199.13	8.11	-219938436.20	-523002.36
	UTC(CNM)	27.79		90.30	-170.49	35.60	-219938409.94	-522976.33
	UTC(NRC)	-62.51	-90.30		-261.68	-54.49	-219938498.72	-523064.88
	UTC(CNMP)	199.13	170.49	261.68		207.09	-219938235.11	-522803.18
	UTC(ONRJ)	-8.11	-35.60	54.49	-207.09		-219938436.50	-523005.13
	UTC(ICE)	219938436.20	219938409.94	219938498.72	219938235.11	219938436.50		219415433.63
	UTC(SIC)	523002.36	522976.33	523064.88	522803.18	523005.13	-219415433.63	
Last Update (HHMM UTC)		1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600

This table was created at 10-12-2007 (MJD 54385) 16:07:45 UTC and will automatically refresh every five minutes.



## EQUIPAMIENTO Continuación...

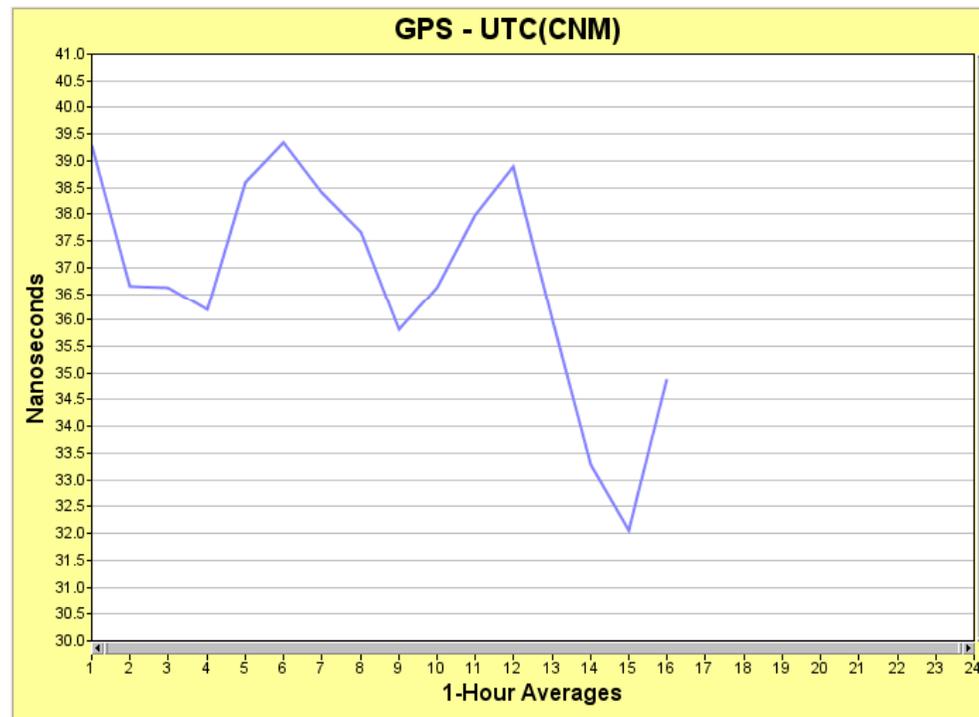


## Software de consulta al servidor Continuación...

## Gráfico de resultados de medición

GPS - UTC(CNM)  
(one-hour averages using all satellites in view)

Hours	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (r)
16	36.77	7.30	$-7.23 \times 10^{-14}$	-0.59





# CONTENIDO



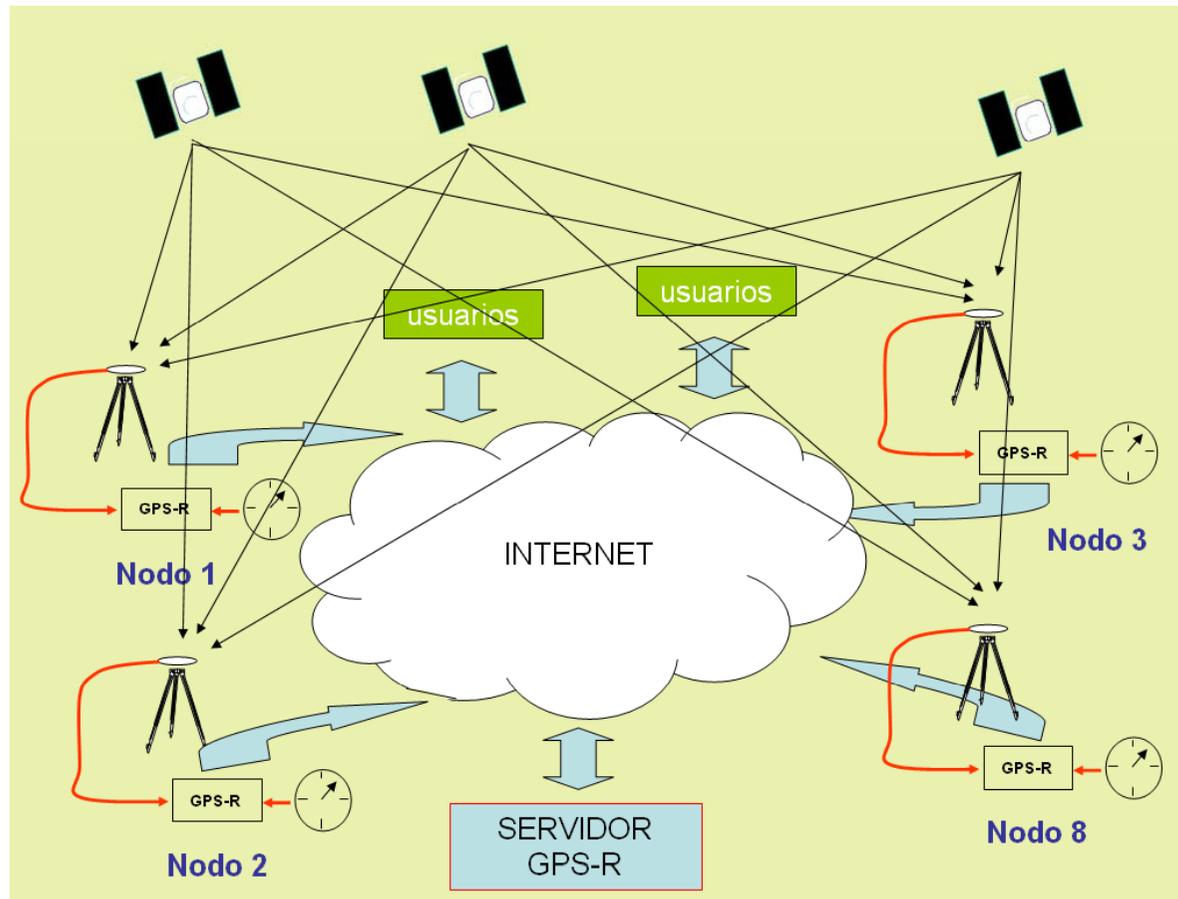
1. Introducción
2. Método de medición remoto
3. Equipamiento
- 4. Operación del sistema de medición**
5. Resultados
6. Referencias



# OPERACIÓN DEL SISTEMA

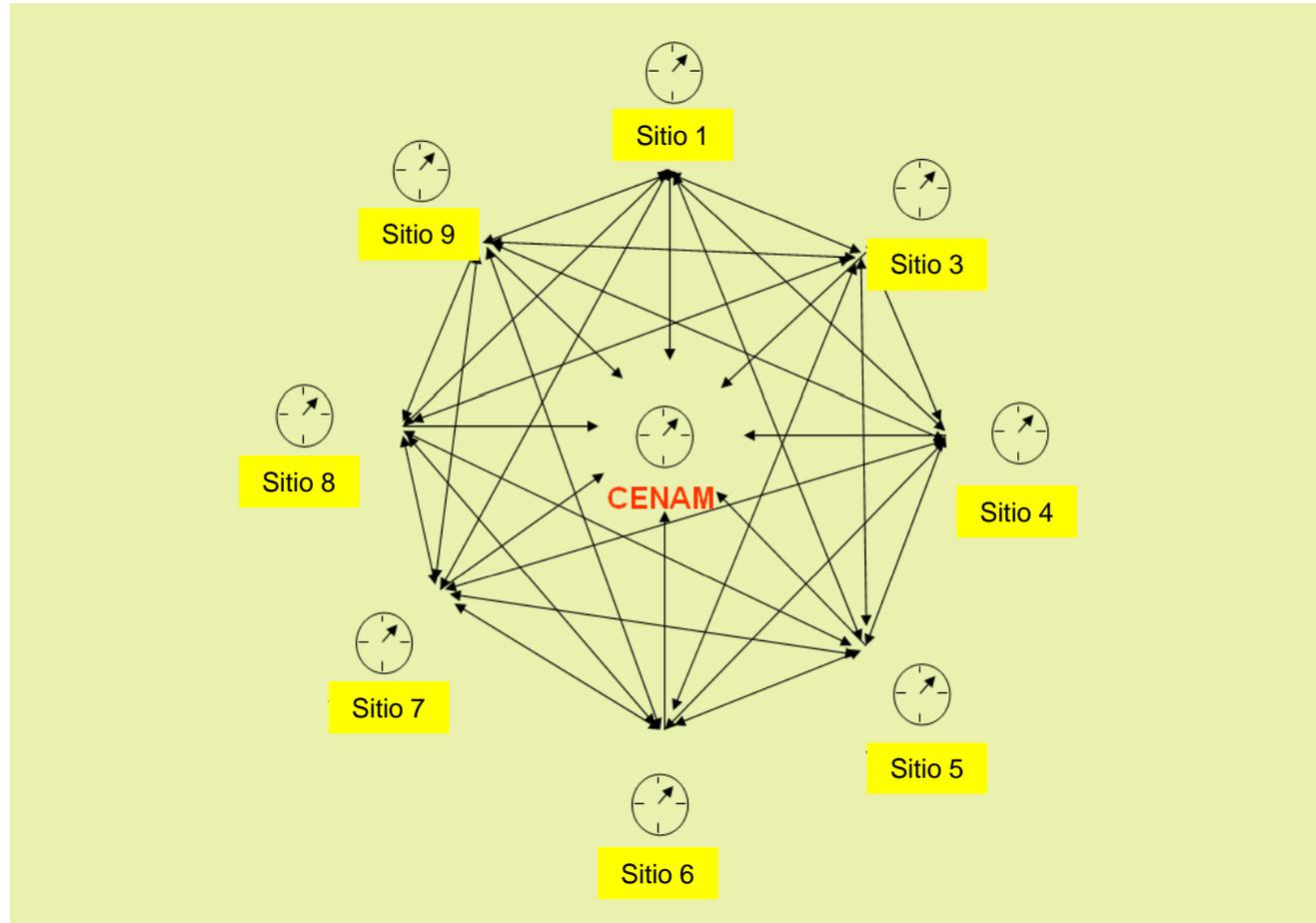


El sistema ha sido diseñado con la capacidad de comparar múltiples osciladores remotos entre ellos.





# Trazabilidad

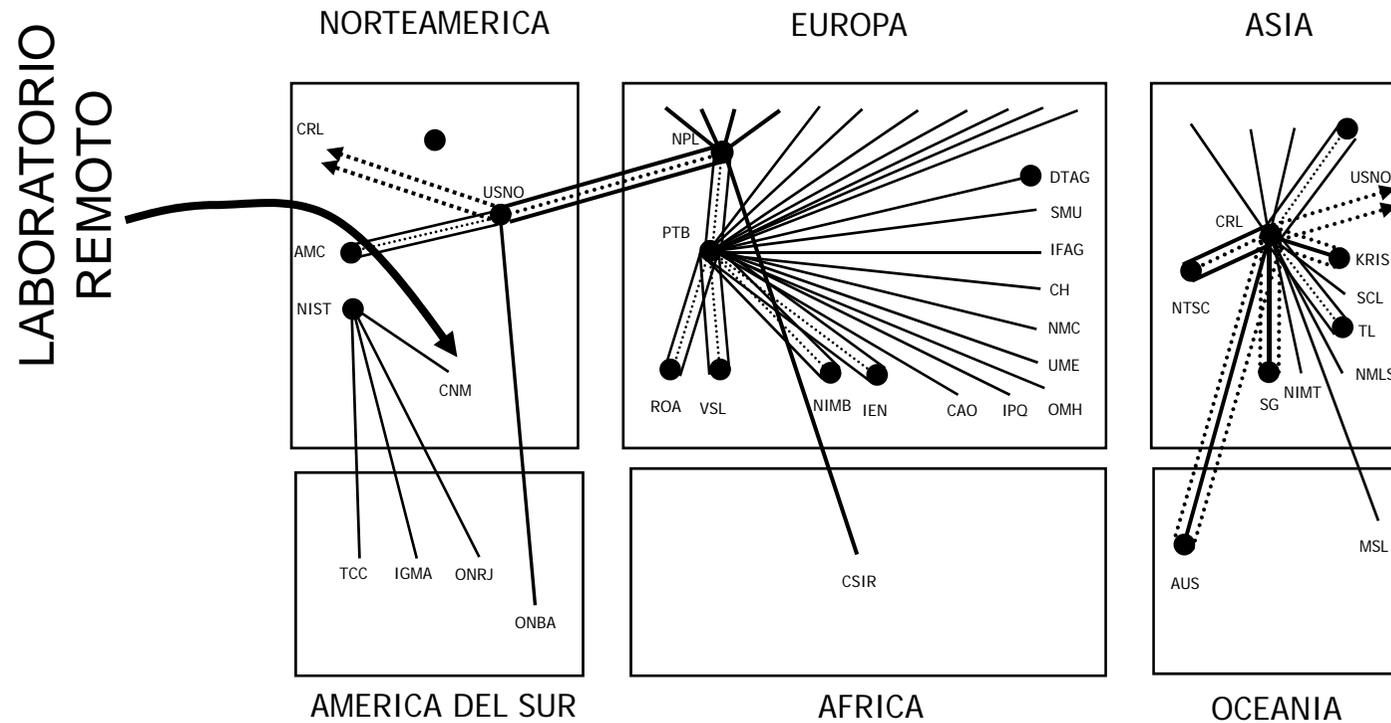




# OPERACIÓN DEL SISTEMA Continuación...



## Trazabilidad Continuación...



### Red de intercomparaciones del BIPM



# CONTENIDO



1. Introducción
2. Método de medición remoto
3. Equipamiento
4. Operación del sistema de medición
- 5. Resultados**
6. Referencias



# RESULTADOS



CENAM Global Positioning System (GPS) Data Archive - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección [http://200.23.51.210/scripts/oneWaygps\\_cnm.exe?2007101207001](http://200.23.51.210/scripts/oneWaygps_cnm.exe?2007101207001) Ir

## GPS - UTC(CNM) comparison data for 2007-10-12 (as received at Centro Nacional de Metrologia)

[Home](#) [1 Day Averages](#) [1 Hour Averages](#) [10 Minute Averages](#) [Next Date](#) [Last Date](#)

GPS - UTC(CNM)  
(one-hour averages using all satellites in view)

Hours	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (r)
16	36.77	7.30	$-7.23 \times 10^{-14}$	-0.59

seconds

Miniaplicación com.objectplanet.chart.ChartApplet started

Inicio 5 Microsoft Offi... telmex Microsoft PowerP... 2 Microsoft Offic... CENAM Global Pos... ES 10:40 a.m.



## RESULTADOS Continuación...



CENAM Global Positioning System (GPS) Data Archive - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección [http://200.23.51.210/scripts/one-waygps\\_cnm.exe?2007101207050](http://200.23.51.210/scripts/one-waygps_cnm.exe?2007101207050) Ir

### GPS - UTC(CNM) data for the 50 day period ending 2007-10-12 (as received at Centro Nacional de Metrología)

[Home](#) [1 Day Averages](#) [1 Hour Averages](#) [10 Minute Averages](#) [Next Date](#) [Last Date](#)

GPS - UTC(CNM)  
(one-hour averages using all satellites in view)

Hours	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (r)
1192	32.30	44.36	$+5.87 \times 10^{-15}$	+0.84

seconds

Miniaplicación com.objectplanet.chart.ChartApplet started

Inicio 5 Microsoft Offi... telmex Microsoft PowerP... 2 Microsoft Offic... CENAM Global Pos... ES 10:41 a.m.



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

Electromagnetismo  
Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
Tiempo y Frecuencia





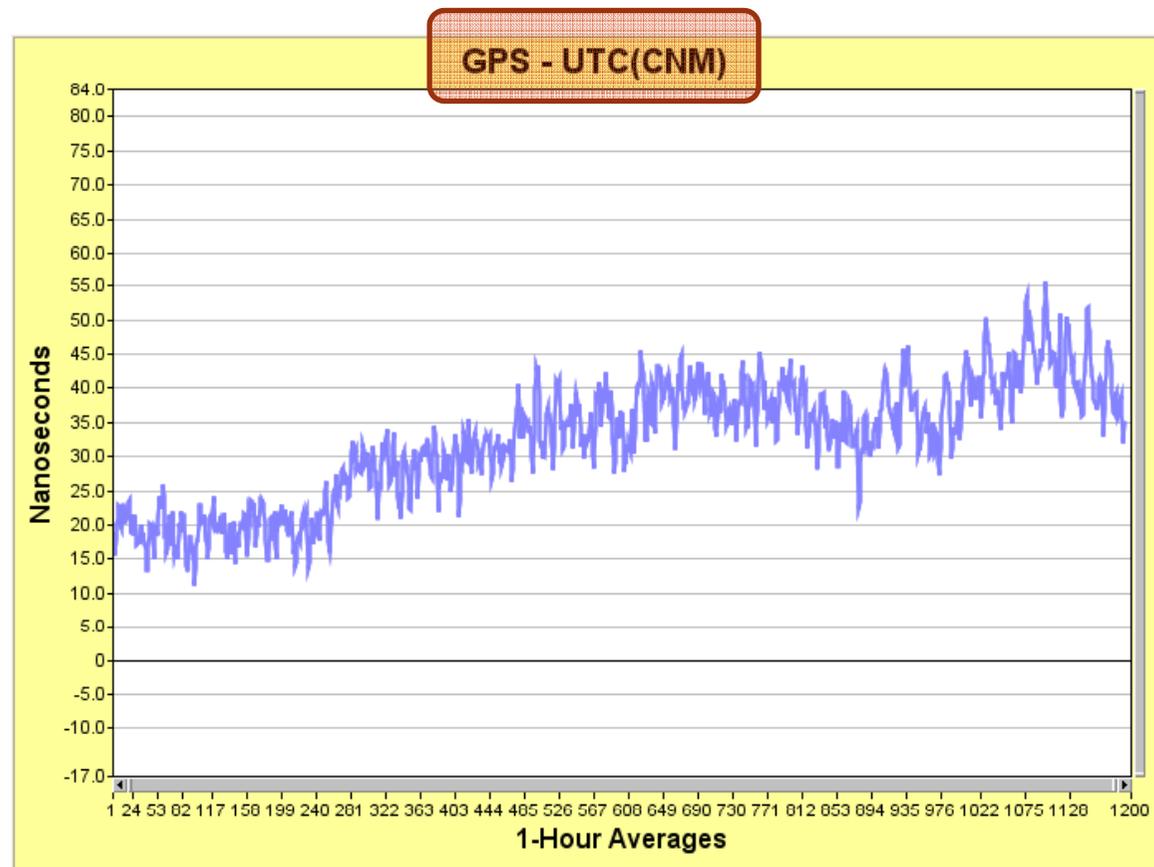
RESULTADOS  
Continuación...



## 50 días de medición

GPS - UTC(CNM)  
(one-hour averages using all satellites in view)

Hours	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (t)
1192	32.30	44.36	$+5.87 \times 10^{-15}$	+0.84



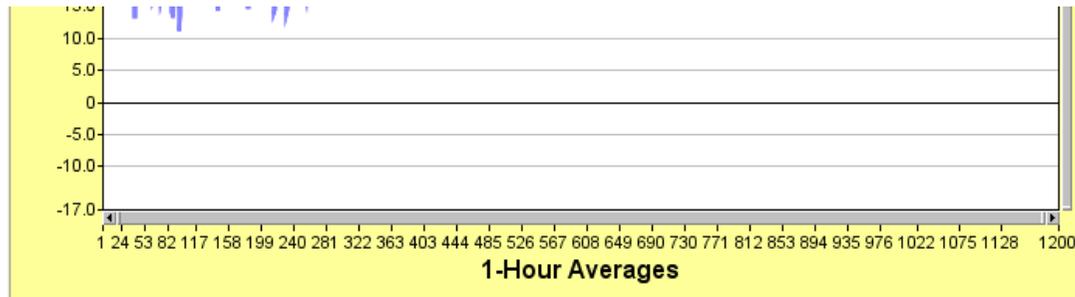
Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia





## Estabilidad en frecuencia, varianza de Allan a 50 días



Allan Deviation

Averaging Time ( $\tau$ ) (hours, minutes)	Samples	Frequency Stability
0 h, 10 min	7138	$2.66 \times 10^{-12}$
0 h, 20 min	7136	$1.70 \times 10^{-12}$
0 h, 40 min	7132	$1.01 \times 10^{-12}$
1 h, 20 min	7124	$7.09 \times 10^{-13}$
2 h, 40 min	7108	$5.02 \times 10^{-13}$
5 h, 20 min	7076	$3.33 \times 10^{-13}$
10 h, 40 min	7012	$1.57 \times 10^{-13}$
21 h, 20 min	6884	$7.57 \times 10^{-14}$
42 h, 40 min	6628	$4.50 \times 10^{-14}$
85 h, 20 min	6116	$2.21 \times 10^{-14}$
170 h, 40 min	5092	$1.03 \times 10^{-14}$



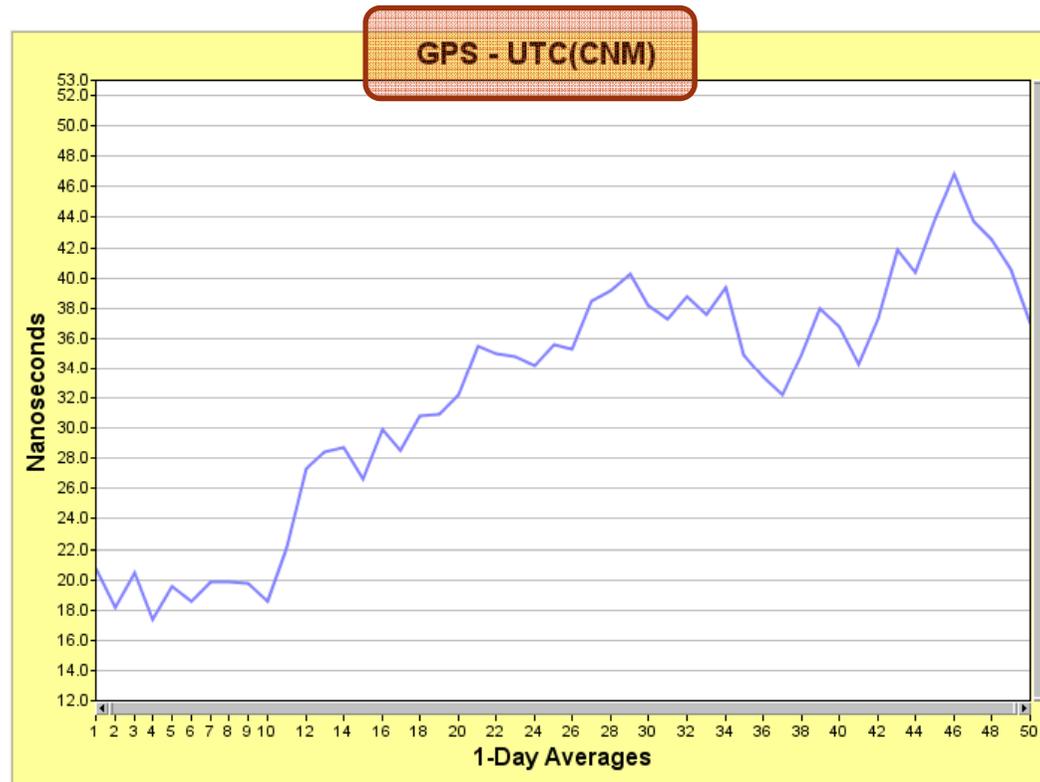
## Gráfico de resultados de medición para tiempo de promediación de 1 día

[Main Plot and Statistics](#)

[Next Date](#)

[Last Date](#)

Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (r)	ADEV at 1 day	TDEV at 1 day
32.33	29.48	$+5.78 \times 10^{-15}$	+0.90	$2.69 \times 10^{-14}$	1.34 ns





Resultados de medición para tiempo de promediación de 1 hora

## GPS monitoring data for 2007-10-12 (as received at Centro Nacional de Metrología)

[Main Plot and Statistics](#)

[Next Date](#)

[Last Date](#)

One Hour Averages (GPS - UTC(CNM))				
Point	Date	Time (UTC)	Time Tag	Value (ns)
1	2007-10-12	01:00	54385.0417	39.30
2	2007-10-12	02:00	54385.0833	36.66
3	2007-10-12	03:00	54385.1250	36.63
4	2007-10-12	04:00	54385.1667	36.20
5	2007-10-12	05:00	54385.2083	38.61
6	2007-10-12	06:00	54385.2500	39.35
7	2007-10-12	07:00	54385.2917	38.42
8	2007-10-12	08:00	54385.3333	37.66



Resultados de medición para tiempo de promediación de 10 minutos

## GPS monitoring data for 2007-10-12 (as received at Centro Nacional de Metrología)

[Main Plot and Statistics](#)

[Next Date](#)

[Last Date](#)

Ten Minute Averages (GPS - UTC(CNM))				
Point	Date	Time (UTC)	Time Tag	Value (ns)
1	2007-10-12	00:10	54385.0069	41.68
2	2007-10-12	00:20	54385.0139	42.14
3	2007-10-12	00:30	54385.0208	40.71
4	2007-10-12	00:40	54385.0278	36.76
5	2007-10-12	00:50	54385.0347	37.04
6	2007-10-12	01:00	54385.0417	37.46
7	2007-10-12	01:10	54385.0486	36.76
8	2007-10-12	01:20	54385.0556	37.56



## Comparación entre relojes

TELMEX Time and Frequency Comparison System - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección <http://200.23.51.210/> Ir

### TELMEX Comparison System for Primary References in Real Time

-

This page allows the time difference at all TELMEX sites to be viewed with respect to UTC(CNM), the Mexican national standard for time and frequency. The measurement technique used is the multi-channel common-view GPS method, consisting of 10 minute averages recorded from all satellites in view.

To view common-view results (for comparisons between two facilities) complete the form entries and then click the SUBMIT button.

Month  Day  Year  Days Back  Cs Clock 1  Cs Clock 2

To view one-way GPS data from a single facility, complete the form entries and then click the SUBMIT button.

Month  Day  Year  Days Back  Cs Clock

[Real-Time Grid of all CENAM/TELMEX receivers](#)

Internet

Inicio Microsoft Offi... telmex Microsoft PowerP... Microsoft Offic... Internet Explo... ES 10:33 a.m.



**OPERACIÓN DEL SISTEMA**  
Continuación...



**Trazabilidad**  
Continuación...

**UTC(CNM) versus UTC(NIST) via Common-View GPS**

[1 Day Averages](#)

[1 Hour Averages](#)

[10 Minute Averages](#)

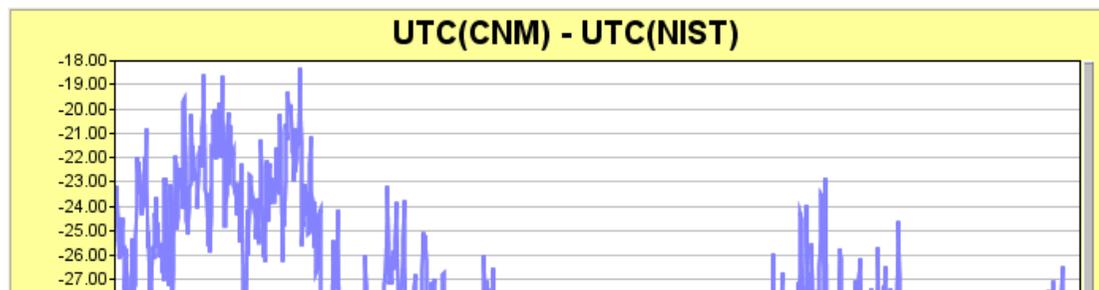
[Next Date](#)

[Last Date](#)

[Flip](#)

<b>Laboratory 1</b>	Centro Nacional de Metrologia	<b>ID Number</b>	007	<b>End Date</b>	2007-10-12
<b>Latitude</b>	20° 32 min 13.373 s N	<b>Counter Delay</b>	-0.02 ns	<b>Reference Source</b>	UTC(CNM)
<b>Longitude</b>	100° 15 min 17.204 s W	<b>REF Delay</b>	12.9 ns	<b>Mask Angle</b>	10°
<b>Altitude</b>	1917.16 m	<b>Receiver Delay</b>	55.2 ns	<b>Receiver Temp.</b>	25° C
<b>Laboratory 2</b>	National Institute of Standards and Technology	<b>ID Number</b>	006	<b>Baseline</b>	2198.851 km
<b>Latitude</b>	39° 59 min 44.494 s N	<b>Counter Delay</b>	-0.11 ns	<b>Reference Source</b>	UTC(NIST)
<b>Longitude</b>	105° 15 min 43.409 s W	<b>REF Delay</b>	435.4 ns	<b>Mask Angle</b>	10°
<b>Altitude</b>	1645.60 m	<b>Receiver Delay</b>	1.5 ns	<b>Receiver Temp.</b>	27° C

Hours in Common-View	Mean Time Offset (ns)	Range (ns)	Frequency Offset	Confidence (τ)
1194	-30.49	26.05	$-2.28 \times 10^{-15}$	-0.56



**Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica 2009**  
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia





# CONTENIDO



1. Introducción
2. Método de medición remoto
3. Equipamiento
4. Operación del sistema de medición
5. Resultados
- 6. Referencias**



## REFERENCIAS



- ❑ M. A. Lombardi, “**The SIM Time Network and its Contributions to Metrology in the Americas,**” *Metrologist: NCSLI Worldwide News*, pp. 16-21, April 2009.
- ❑ M.A. Lombardi, A.N. Novick, J.M. López-Romero, F. Jimenez, J.S. Boulanger, R. Pelletier, R. de Carvalho, R. Solis, C. Donado, H. Sanchez, C.A. Quevedo, G. Pascoe, and D. Perez, “**The SIM Time and Frequency Network,**” *INFOSIM: Informative Bulletin of the Interamerican Metrology System - OAS*, pp. 15-25, December 2008.
- ❑ J. M. López-Romero, M. A. Lombardi, A. N. Novick, J-S. Boulanger, R. de Carvalho, R. Solis, and F. Jimenez, 2008, “**The SIM Network: Improved Time Coordination for North, Central, and South America,**” *Proceedings of the 22nd European Frequency and Time Forum (EFTF)*, 9 pages, April 2008.
- ❑ M. A. Lombardi, V. S. Zhang, and R. de Carvalho, “**Long Baseline Comparisons of the Brazilian National Time Scale to UTC(NIST) Using Near Real-Time and Post-Processed Solutions,**” *Proceedings of the 39th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting*, pp. 415-426, November 2007.
- ❑ M. A. Lombardi, A. N. Novick, J. M. López-Romero, J-S. Boulanger, R. Pelletier, and C. Donado, “**Time Coordination Throughout the Americas via the SIM Common-View GPS Network,**” *Proceedings of the 38th Annual Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting*, pp. 427-437, December 2006
- ❑ J. M. López-Romero, M. A. Lombardi, A. N. Novick, J.-S. Boulanger, R. Pelletier, and C. Donado, “**SIM Time and Frequency Comparison Network in Near Real Time,**” *Proceedings of the 2006 Simposio de Metrología, Querétaro, Mexico*, 5 pages, October 2006.
- ❑ M. A. Lombardi, A. N. Novick, J. M. López-Romero, J. S. Boulanger, and R. Pelletier, “**The Interamerican Metrology System (SIM) Common-View GPS Comparison Network,**” *Proceedings of the Joint 2005 IEEE Frequency Control Symposium and Precise Time and Time Interval (PTTI) Systems and Applications Meeting*, pp. 691-698, August 2005



# Calibración de osciladores remotos de alta exactitud con resultados en tiempo real

Ing. Francisco J. Jiménez Tapia  
Centro Nacional de Metrología  
[fjimenez@cenam.mx](mailto:fjimenez@cenam.mx)

## ¡Gracias!



Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009  
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009