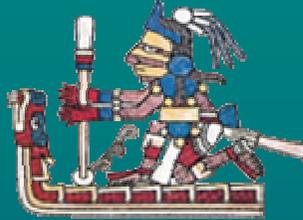


CENAM

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA



TIEMPO Y FRECUENCIA



Desarrollo de relojes virtuales en el CENAM

N. Díaz Muñoz y J. M. López Romero, Centro Nacional de Metrología, División de Tiempo y Frecuencia, e-mail: ndiaz@cenam.mx, jlopez@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.

Centro Nacional de Metrología, CENAM

Derechos Reservados 2009



Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

✦ Electromagnetismo
✦ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
✦ Tiempo y Frecuencia



Contenido:

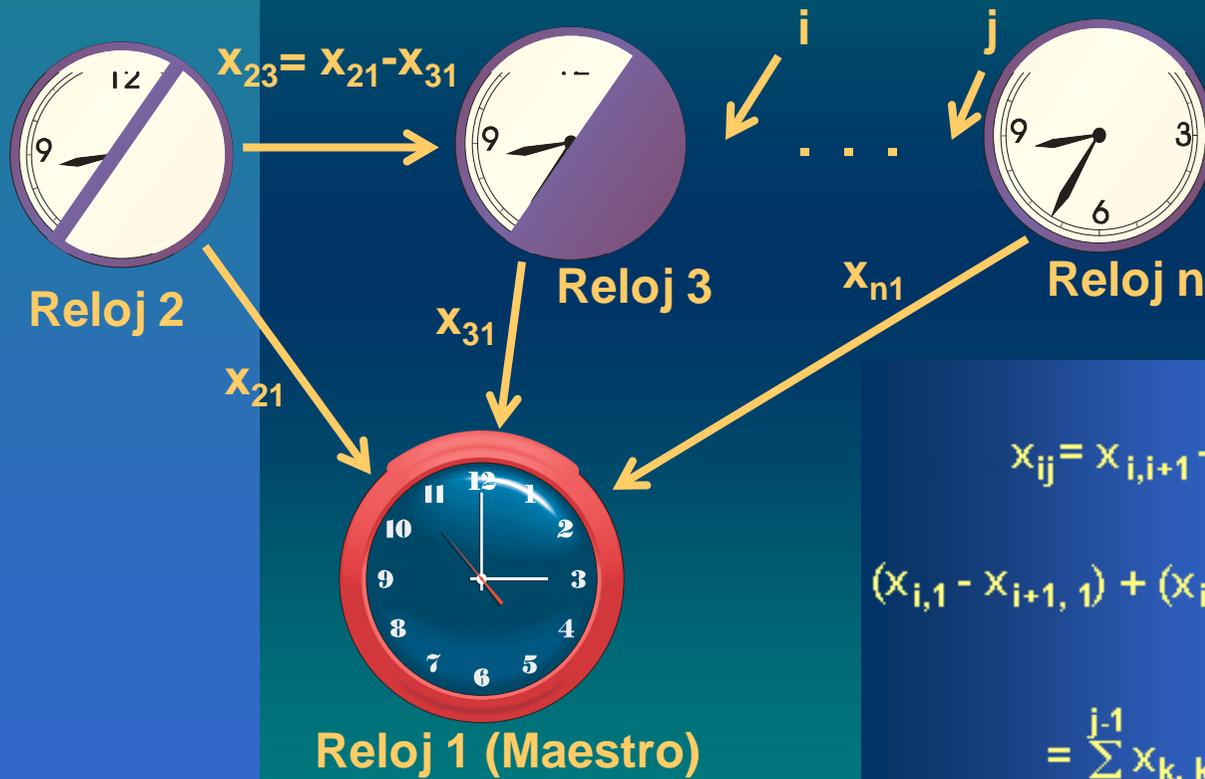


- ① Introducción
- ② Antecedentes
- ③ Desarrollo del Reloj Virtual

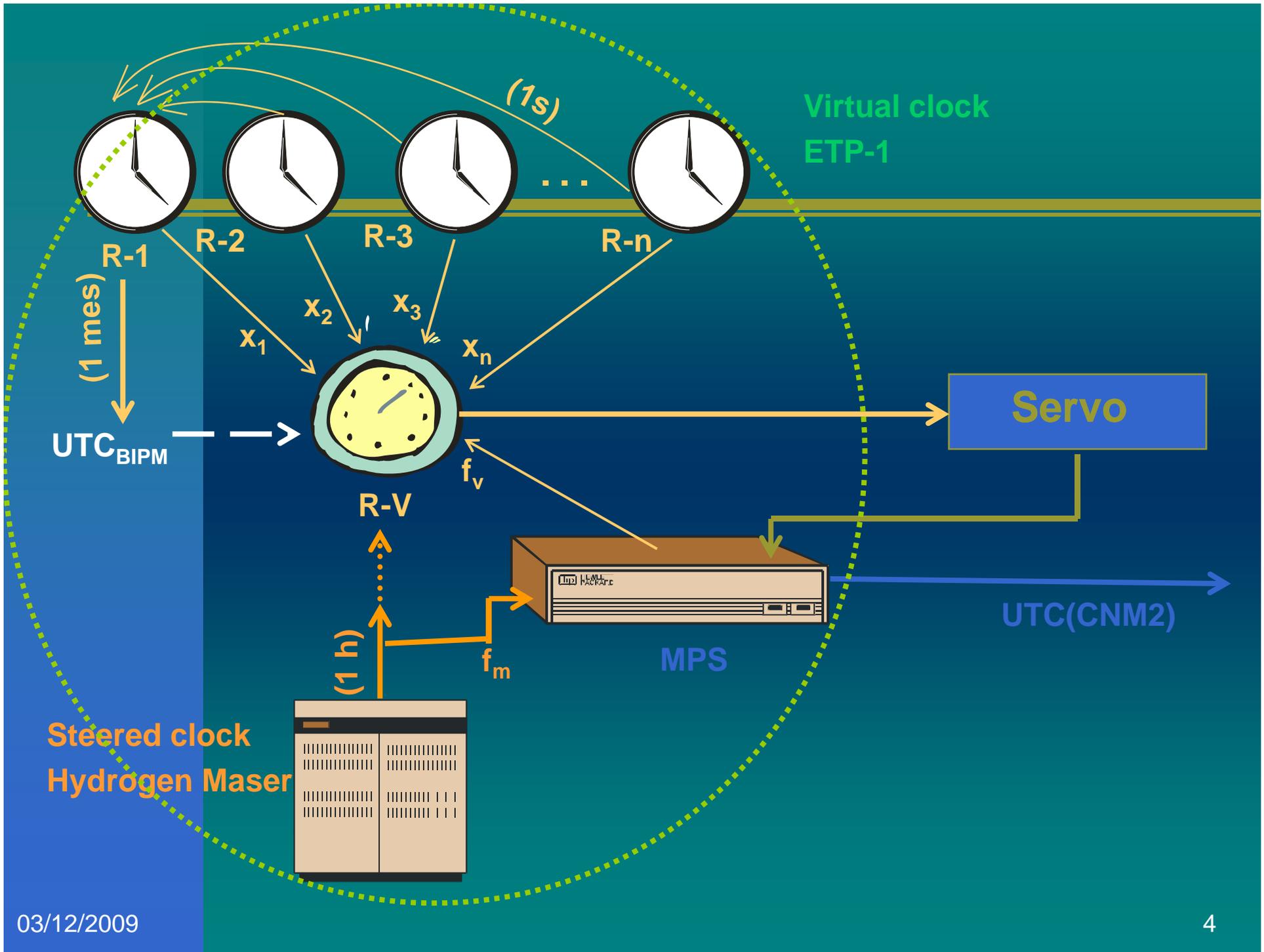


Introducción:

Mediciones de diferencia de tiempo



$$\begin{aligned}x_{ij} &= x_{i,i+1} + x_{i+1,i+2} + \dots + x_{j-1,j} = \\ &= (x_{i,1} - x_{i+1,1}) + (x_{i+1,1} - x_{i+2,1}) + \dots + (x_{j-1,1} - x_{j,1}) \\ &= \sum_{k=i}^{j-1} x_{k,k+1} = \sum_{k=i}^{j-1} (x_{k,1} - x_{k+1,1})\end{aligned}$$



Introducción:



Modelo matemático ETP-1

Estimación del Tiempo

Diferencia de tiempo entre el reloj i y la escala de tiempo t

Corrimiento de frecuencia entre el reloj i y la escala

$$\hat{X}_i(t + \tau) = X_i(t) + \left[Y_i(t) + \frac{D_i \tau}{2} + \dots \right] \tau$$

Predicción de la diferencia de tiempo entre el reloj i y la escala de tiempo para el tiempo $t + \tau$

Diferencia de frecuencia entre el reloj i y la escala de tiempo t

Introducción:



Modelo matemático ETP-1

Corrección del Tiempo

Corrección de la diferencia de tiempo entre el reloj i y la escala de tiempo $t + \tau$

Medición de la diferencia de tiempo entre el reloj i y j al tiempo $t + \tau$

$$X_i(t + \tau) = \sum_{j=1}^N w_j [\hat{X}_j(t + \tau) - x_{ji}(t + \tau)]$$

Peso estadístico del reloj j

Introducción:



Modelo matemático ETP-1

Estimación de la Frecuencia

Estimación de la diferencia de frecuencia entre el reloj i y la escala de tiempo $t + \tau$

Conjunto de mediciones de diferencias de tiempo corregidas al tiempo t y $t + \tau$

$$\hat{Y}_i(t + \tau) = \frac{X_i(t + \tau) - X_i(t)}{\tau}$$

Introducción:



Modelo matemático ETP-1

Corrección de la Frecuencia

Corrección de la diferencia de frecuencia entre el reloj i y la escala de tiempo $t + \tau$

Predicción de la diferencia de frecuencia entre el reloj i y la escala al tiempo $t + \tau$

$$Y_i(t + \tau) = \frac{1}{1 + m_i} [\hat{Y}_i(t + \tau) + m_i Y_i(t)]$$

Constante de filtrado exponencial

Diferencia de frecuencia corregida entre el reloj i y la escala al tiempo t

Contenido:

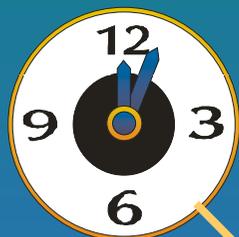


- ⌚ Introducción
- ⌚ Antecedentes
- ⌚ Desarrollo del Reloj Virtual

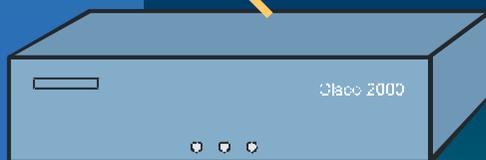
Antecedentes:



⌚ Sistema para generar la ETP-1



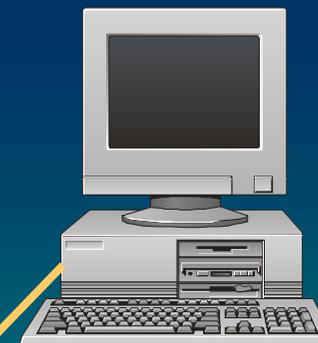
Conjunto de
relojes
atómicos



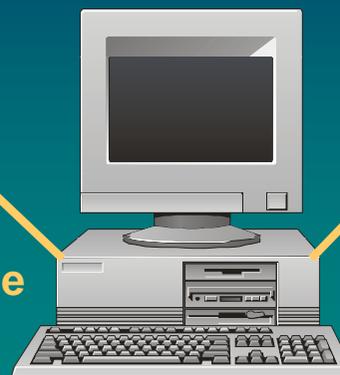
Comparador de
fase



Software
Canadiense



Generación de
la ETP-1

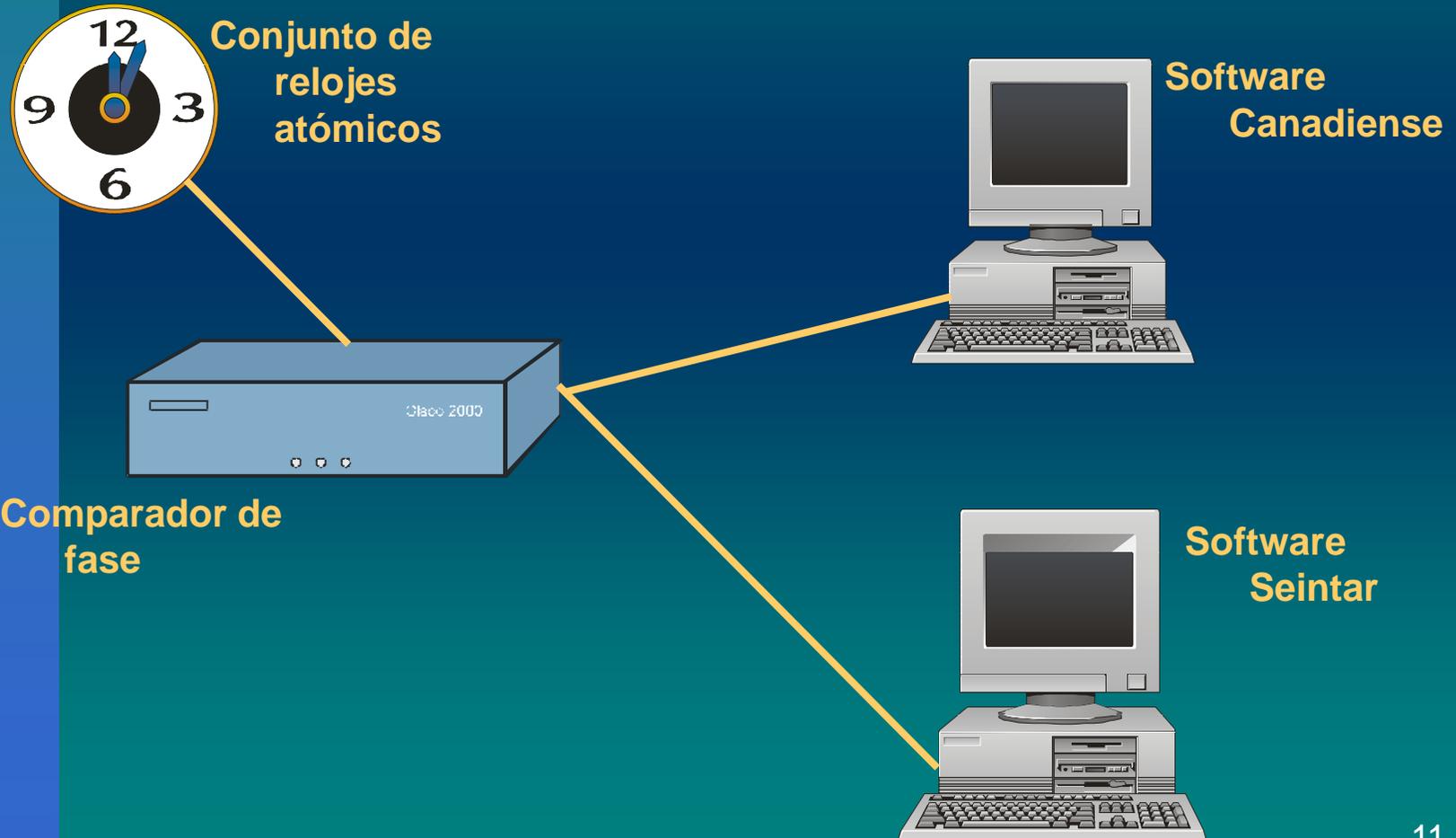


Respaldo de
datos

Antecedentes:



Ⓢ Sistema para generar la ETP-1



Contenido:



- ⌚ Introducción
- ⌚ Antecedentes
- ⌚ Desarrollo del Reloj Virtual

Aspectos generales:



- Desarrollo del software en Delphi versión 7
- Herramienta de comunicación serial (Async Professional versión 4)
- Empleo de base de datos

Requerimientos de hardware y software:



- Procesador Intel Pentium 4 o similar
- Memoria RAM de 128 Mb (recomendado 512 Mb)
- Espacio en disco duro de 1 Gb como mínimo
- Unidad de CD-ROM
- Resolución del monitos VGA o superior
- Sistema operativo (Windows 98, Windows 2000, Windows Me o Windows XP)



Reloj Virtual

Software EsTiV (Escala de
Tiempo Virtual)

6 módulos que integran al EsTiV



- EsTiV_Adquisición
- EsTiV_FaseAcumulada
- EsTiV_ETP-1
- EsTiV_Corrimiento
- EsTiV_Graficos
- EsTiV_Alarmado

EsTiV_ Adquisición:



EsTiV(Adquisición de datos del comparador de fase)

 **CENAM**
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Miércoles, 26 de Agosto del 2009
20:22:32 UTC
55069 MJD

Adquisición de datos del comparador de fase

Protocolo de comunicación **Puerto:** COM 1 **Velocidad de transmisión:** 9600 **Paridad:** Ninguna paridad

Bit de paro: Un bit de paro **Bits de datos:** 8 bits

```

}29 00 00 00 030 00 00 00 131 00 00 00 232 00 00 00 051 80 84 1E R52 A0 53508 S
53 98 =30 10 T54 183 A0 11 055 E3 A3 05 V56 00 00 00 457 00 00 00 X58 78B A5 0
9 V59 00 00 00 10 00 00 00 11 00 00 00 12 12 17C 1C 13 93 408 16 14 4C8 9E 10 15
00 00 00 16 00 00 00 17 00 00 00 18 00 00 00 19 00 00 00 20 00 00 00 !21 00 00
00 "22 00 00 00 #23 00 00 00 $24 00 00 00 %25 00 00 00 &26 00 00 00 *27 00 00 0
0 (28 00 00 00 )29 00 00 00 030 00 00 00 131 00 00 00 232 00 00 00 051 80 84 1E
R52 14 53508 S53 AA <3C 10 T54 1F AC 11 055 *27 A4 05 V56 00 00 00 457 00 00 00
X58 8C A4 09 V59 00 00 00 10 00 00 00 11 00 00 00 12 486 17C 1C 13 F4 408
16 14 826 9F 10 15 00 00 00 16 00 00 00 17 00 00 00 18 00 00 00 19 00 00 00 20
00 00 00 !21 00 00 00 "22 00 00 00 #23 00 00 00 $24 00 00 00 %25 00 00 00 &26 00
00 *27 00 00 00 (28 00 00 00 )29 00 00 00 030 00 00 00 131 00 00 00 232 00 0
0 00 051 80 84 1E R52 16 53508 S53 =30 <3C 10 T54 P50 AB 11 055 >3E A4 05 V56 00
00 00 457 00 00 00 X58 *27 A4 09 V59 00 00 00 10 00 00 00 11 00 00 00 12 636 }
70 1C 13 150 409 16 14 92 9F 10 15 00 00 00 16 00 00 00 17 00 00 00 18 00 00 00
19 00 00 00 20 00 00 00 !21 00 00 00 "22 00 00 00 #23 00 00 00 $24 00 00 00 %25
00 00 00 &26 00 00 00 *27 00 00 00 (28 00 00 00 )29 00 00 00 030 00 00 00 131 0
0 00 00 232 00 00 00

```

 **EsTiV**

Escala de Tiempo Virtual. Versión 0.2

[Abrir archivo](#) [Definición de canal](#) [Activar puerto](#) [Desactivar puerto](#)

[Salir](#)

© Copyright 2007 by Centro Nacional de Metrología All Rights Reserved.

EsTiV_FaseAcumulada:



EsTiV (Fase Acumulada)

Miércoles, 26 de Agosto del 2009
20:23:15 UTC
55069 MJD

Procesamiento de archivos para la ETP-1

Procesamiento de archivos de las mediciones del comparador de fase:

Canal 51	Csl_CsJ	Canal 58	Csl_CsG	Canal 12	Csl_CsH	Canal 13
-1000		263.1702		-213.286		-450.300
-1000		263.2088		-213.264		-450.298
-1000		263.3203		-213.3033		-450.288
-1000		263.3217		-213.2672		-450.246

Tiempo de muestreo de 10 segundos, tiempo inicial: 20:23:07 tiempo final: 20:23:17

70%

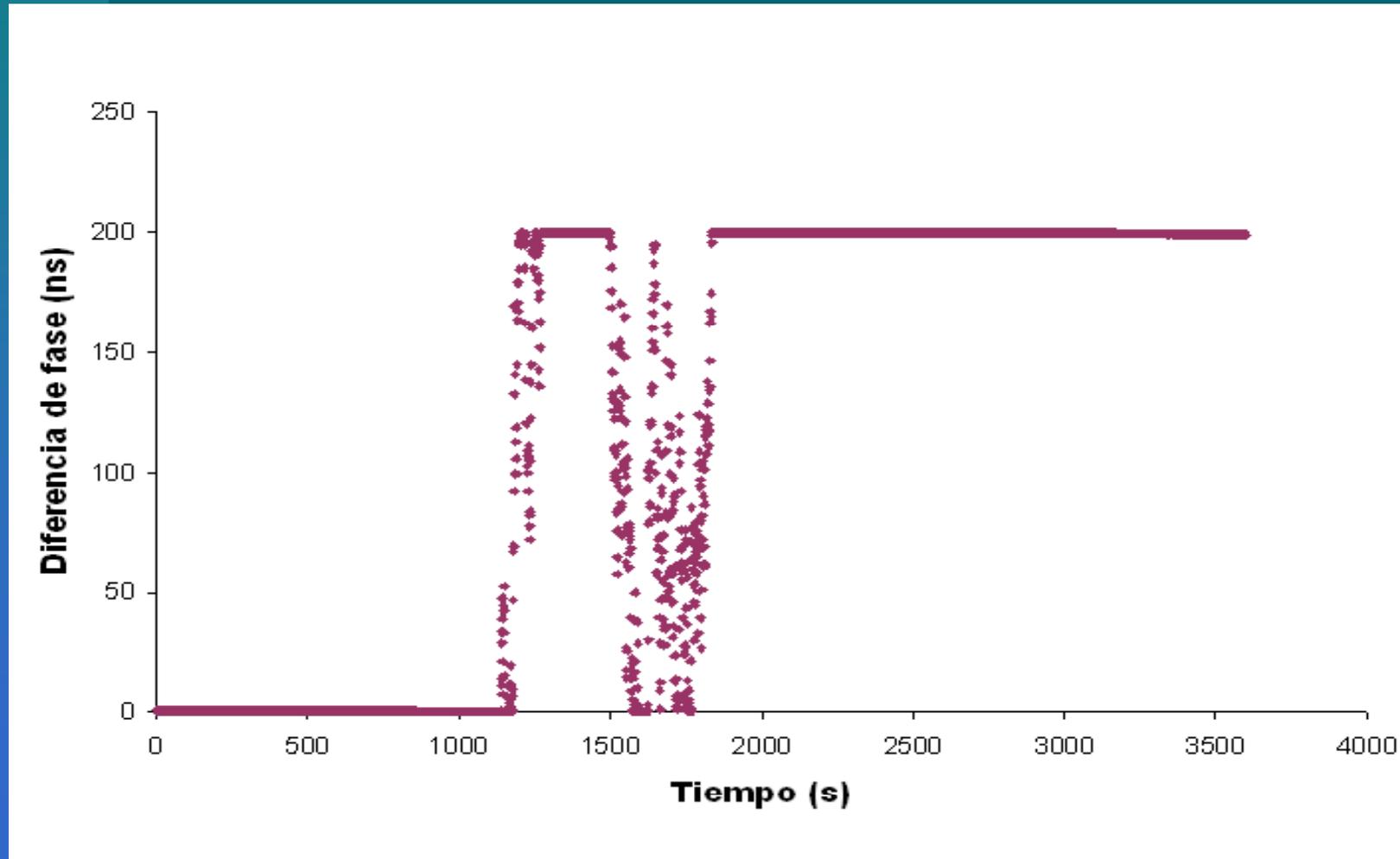
ESTIV

Escala de Tiempo Virtual. Versión 0.2

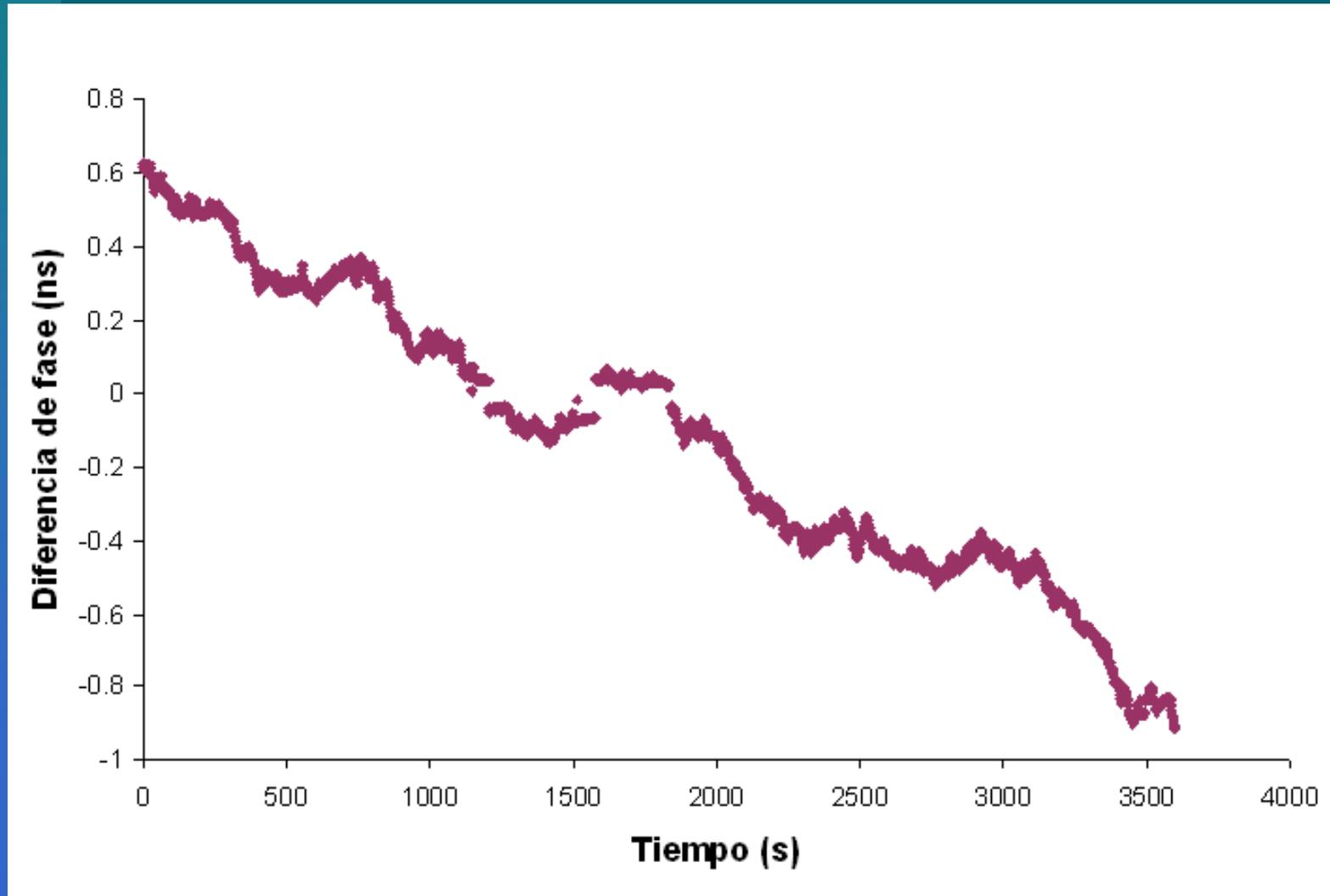
© Copyright 2007 by Centro Nacional de Metrología All Rights Reserved.

Abrir archivo *Estados ejecución* *Iniciar proceso* *Cancelar procesos*
Eliminar anterior
Salir

EsTiV_ FaseAcumulada:



EsTiV_ FaseAcumulada:



EsTiV_ETP-1:



EsTiv (ETP-1) Viernes, 28 de Agosto del 2009
21:04:49 UTC
55071 M.D

 CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Atributos para inicializar la ejecución de la ETP-1

Reporte actual de la ETP-1:

Identificador de relojes	Diferencia de tiempo	Diferencia de frecuencia fraccional	Peso
CsI	290.2887	0	0.2986
CsH	79.1342	-7.862E-15	0.298
Maser	-166.3822	-1.945E-14	0.2838
MPS	337.7814	1.27E-15	0
CsJ	-709.7113	5.447E-14	0.1196
CsG	576.7643	3.103E-14	0

Siguiente calculo de ETP-1: 21:06:06 Siguiente calculo de pendientes y estabilidades: 21:06:06

97% 97%

 Abrir archivo Estados ejecución Aceptar operación Cancelar operación
Agregar reloj
Salir

Escala de Tiempo Virtual, Versión 0.2

© Copyright 2006 by Centro Nacional de Metrología All Rights Reserved.

EsTiV_Corrimiento



EsTiV(Corrección MPS)

Jueves, 20 de Agosto del 2009
20:05:27 UTC
55063 MJD

CENAM
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Corrección Micro Phase Stepper

Modo manual: Activar puerto Configuración

Escribir con letra mayúscula

```
FREQ -4620E-10  
FREQ?  
FREQ? -4.62e-07  
FREQ -7970E-011  
FREQ -5751E-010  
FREQ -1310E-09  
FREQ -1181E-9  
FREQ -8471E-010  
FREQ 8.95E-11  
FREQ?  
FREQ? 8.95e-11
```

Modo automatico: Incremento Inicio corrimiento

Próximo corrimiento: 21:00:50, 55063 7%

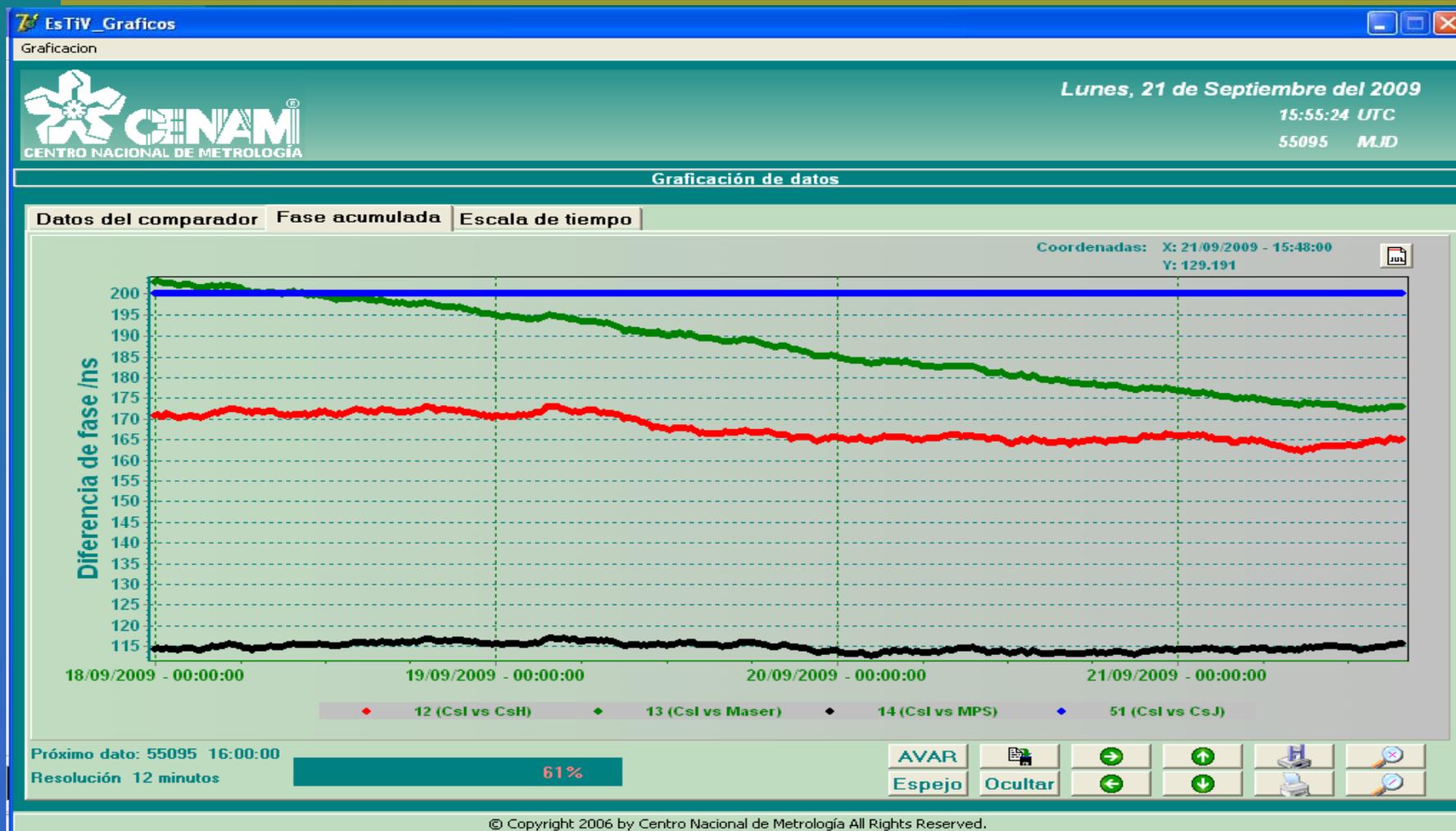
Archivo de corrimiento: 00:06:06 -1.456E-7 -2.913E-14
01:00:00 7.010E-9 1.404E-14

ESTIV

Escala de Tiempo Virtual. Versión 0.2 Salir

© Copyright 2007 by Centro Nacional de Metrologia All Rights Reserved.

EsTiV_Grafico:



EsTiV_ Alarnado:



EsTiV (Alarma)

 **CENAM**
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

Jueves, 6 de Agosto del 2009
17:23:13 UTC
55049 MJD

Monitoreo del comportamiento de las mediciones de fase acumulada

Procesamiento de archivos de las mediciones del comparador de fase:

Canal 51	Csl_CsJ	Canal 58	Csl_CsG	Canal 12	Csl_CsH	Canal 13
472.6314		223.5337		-173.3288		-336.046
472.8279		223.6519		-173.3204		-336.011

Tiempo de muestreo de 10 segundos, tiempo inicial: 17:23:10 tiempo final: 17:23:30
10%

Definición contacto *Valores nuevos* *Iniciar proceso*

© Copyright 2007 by Centro Nacional de Metrología All Rights Reserved.

Error



Atención: el canal 14 [Csl_MPS]
esta presentando un cambio en la tendencia de los
datos, por favor revise el canal o revise la
posible falla.

Ok

EsTiV_ Alarmado:



Definición de parametro para relaizar la llamada x

Selección del dispositivo de MODEM:

Motorola SM56 Speakerphone Modem

Identificador del destinatario: Nuevo

Número telefonico del destinatario: Borrar

NUM	Identificador	Num telefonico
1	Mauricio	4423175283
2	Sergio	4421559224
3	Nelida	4421428438

Definición de los datos para el envío del e-mail de alarma x

Datos de comunicación:

Numero de puerto:

HOST:

Usuario:

Password:

Identificador del remitente:

Dirección electronica del remitente:

Identificador del destinatario:

Dirección electronica del destinatario:

Núm	Identificador	Contacto
1	Nelida	ndiaz@cenam.mx
2	Mauricio	jlopez@cenam.mx
3	Sergio	slopez@cenam.mx

EsTiV_Alarmado:



Mensaje

Responder
Responder a todos
Reenviar
Responder

Eliminar
Acciones

Correo electrónico no deseado

Clasificar
Seguimiento
Marcar como no leído
Opciones

Buscar

Enviar a OneNote

Los saltos de línea adicionales de este mensaje se han eliminado.

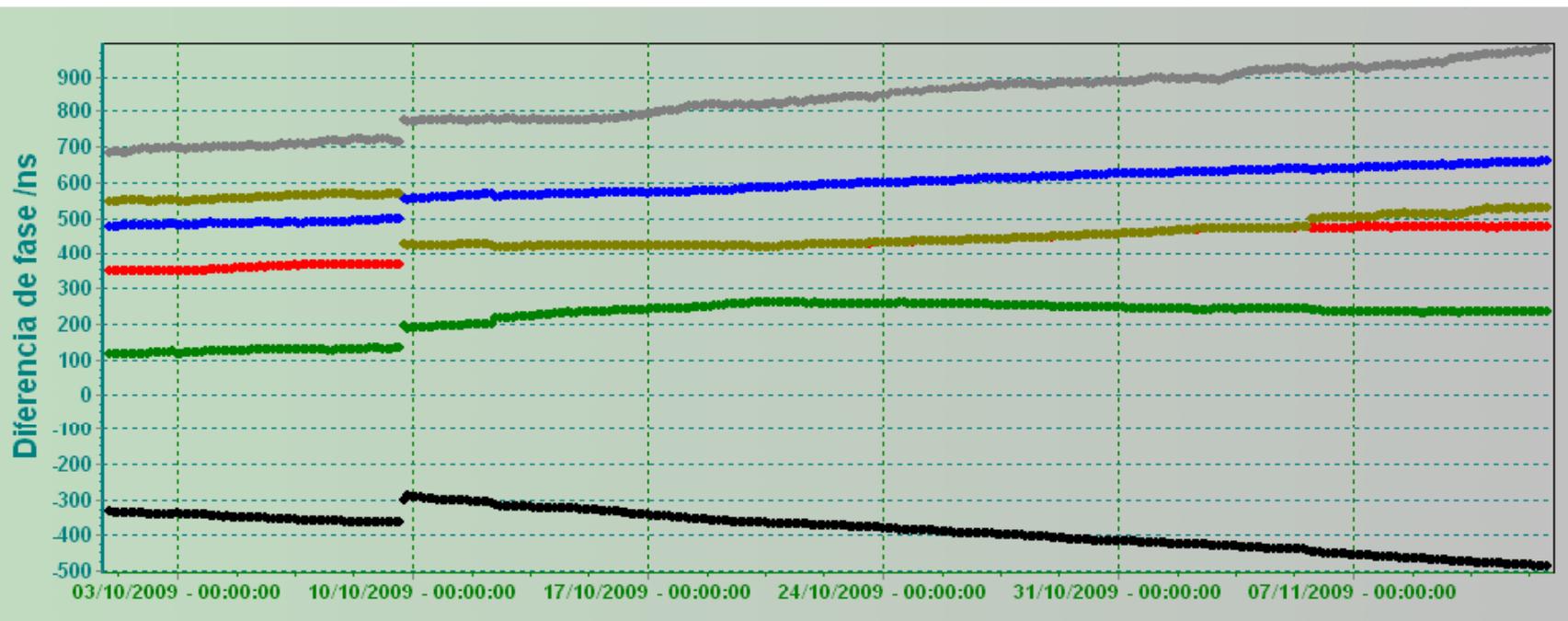
De: Escala Tiempo [escalatiempocenam@gmail.com] Enviado el: Jueves 13/08/2009 11:46 a.m.
Para: Nelida Diaz Muñoz
CC:
Asunto: Aviso: fallo en los datos del comparador

Atención: el canal 53 (Maser_AFG) esta presentando un cambio en la tendencia de los datos, por favor revise el canal o revise la posible falla.

Resultados:



Diferencias de fase entre la ETP-1 y cada uno de los relojes participantes



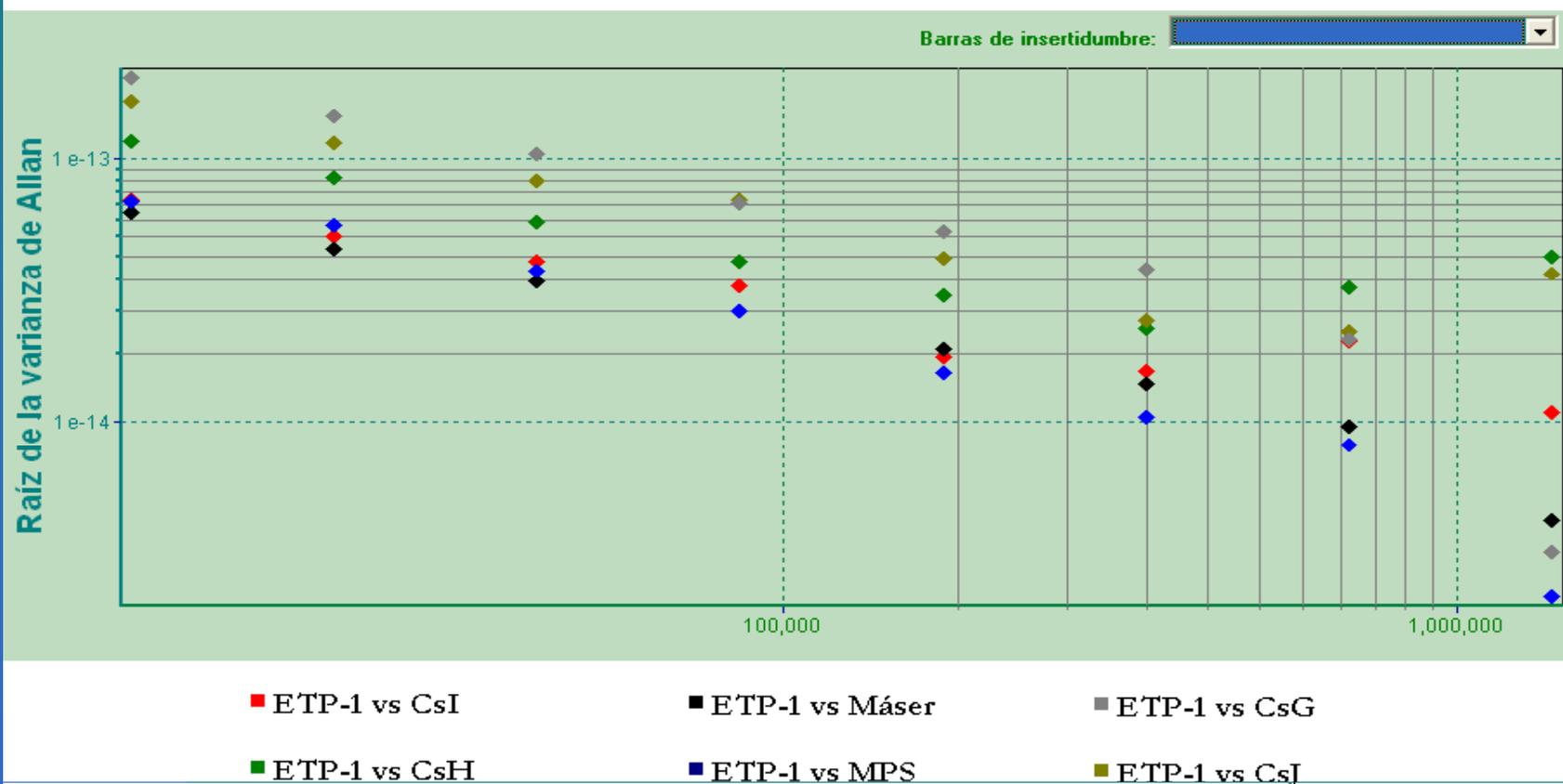
Fecha (MJD)

■ ETP-1 vs CsI	■ ETP-1 vs Máser	■ ETP-1 vs CsG
■ ETP-1 vs CsH	■ ETP-1 vs MPS	■ ETP-1 vs CsJ

Resultados:



Estabilidades de las diferencias de fase de la ETP-1 y cada uno de los relojes paticipantes



Conclusión:



- El desarrollo del software EsTiV permite operar el Reloj Virtual (generación de la escala de tiempo) en el cual sea cimentado la plataforma para generar el UTC(CNM2) en términos de la frecuencia corregida del Máser de Hidrógeno.

Preguntas y comentarios