

1. INTRODUCCION

El sistema de observación sísmica, donado por el gobierno del Japón al Centro Nacional de Prevención de Desastres, Cenapred, utiliza como referencia primaria de tiempo la señal de onda corta NHK.

Esta señal trasmite en forma codificada el inicio de la hora mediante un tren de 4 tonos, tres de 440 Hz correspondientes a los segundos 57, 58 y 59, y uno de 880Hz, de mayor duración cuyo inicio coincide con la marca de la hora, es decir el segundo 00. La forma idealizada de la señal se presenta en la figura 1. Este código se envía exactamente a las 20:00 y 21:00 horas diariamente después de las cuales se inicia la transmisión radiofónica.

Los acelerógrafos de la red tienen un reloj-fechador interno que se sincroniza diariamente con la señal externa NHK. Dado que se ha detectado durante la operación del sistema consistentemente un retraso de esta señal respecto al tiempo universal, se procedió a investigar la razón de dicha diferencia y a su medición.

De acuerdo con informes no oficiales la señal NHK es transmitida desde Tokyo, Japón, primero mediante un enlace de microondas a una estación terrena desde la cual se envía vía un satélite geostacionario localizado sobre el Oceano Indico a Francia. De allí nuevamente es transmitida a través de un segundo enlace satelital hacia Guayana, Sud América. Finalmente se radía por onda corta a 15325 KHz hacia América del Norte. Evidentemente estos pasos de retrasmisión, especialmente aquellos vía satélite, provocan que la señal llegue retrasada en tiempo a las estaciones sísmicas.

Las preguntas que surgen entonces son: a) cual es el retardo de la señal NHK referente a la hora universal (UTC) y b), es constante este retardo? El objetivo de este informe es presentar algunas pruebas realizadas cuyos resultados puedan contestar estas preguntas.

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de instrumentación sísmica del Instituto de Ingeniería, UNAM, el cual cuenta con los equipos e infraestructura necesaria.

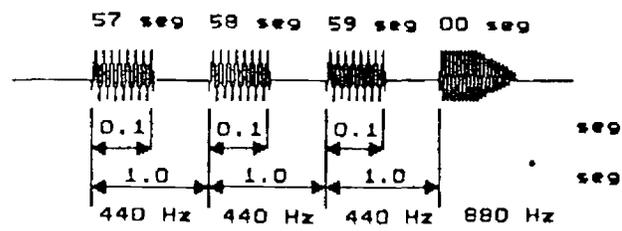


Figura 1. Forma de la señal de tiempo NHK

2. DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS

Los equipos empleados en las pruebas fueron los siguientes:

- Receptor de onda corta, Realistic Modelo 12-779, con antena exterior para la recepción de la señal NHK
- Receptor de la señal WWV, Kinematics, Modelo AR-4, empleada como referencia del tiempo universal (UTC). Esta señal es transmitida por onda corta a 5, 10 y 15 MHz desde Fort Collins, Colorado, E.U. Para la recepción se utilizó una antena externa.
- Reloj-fechador de campo Marca Nanometrics, Modelo 501 F. Este instrumento puede sincronizarse a distintas señales (WWV, OMEGA, pulso externo, etc.) y cuenta con salida de un pulso por minuto, entre otras.
- Registrador sísmico Marca Terra Technology, Modelo DCA-310, sincronizado con la señal WWV y con salida de un pulso por segundo. Este instrumento se emplea para generar una marca de referencia de un segundo. El oscilador interno del DCA-310 tiene una estabilidad de 10^{-6} .
- Osciloscopio digital Gould, Modelo DSO-1605 de cuatro canales con graficador.

2.1 Prueba No.1, realizada el 8 de mayo de 1991

El esquema de la instrumentación utilizada se muestra en la figura 2. La prueba se realizó de la siguiente manera:

- a) Se sincronizó el registrador DCA-310 con la señal WWV, de tal forma que su pulso de salida estuviera sincronizado con el segundo del tiempo universal. Esto se llevó a cabo comparando en el osciloscopio su pulso con la señal de la WWV. Para ajustar (adelantar o atrasar) el segundero, el DCA-310 tiene un control que permite fácilmente realizar con precisión esta calibración.
- b) Se prepararon los receptores NHK y WWV para recibir su señal a las 21:00.
- c) Las tres señales se registraron simultáneamente con el osciloscopio y se reprodujeron en papel.

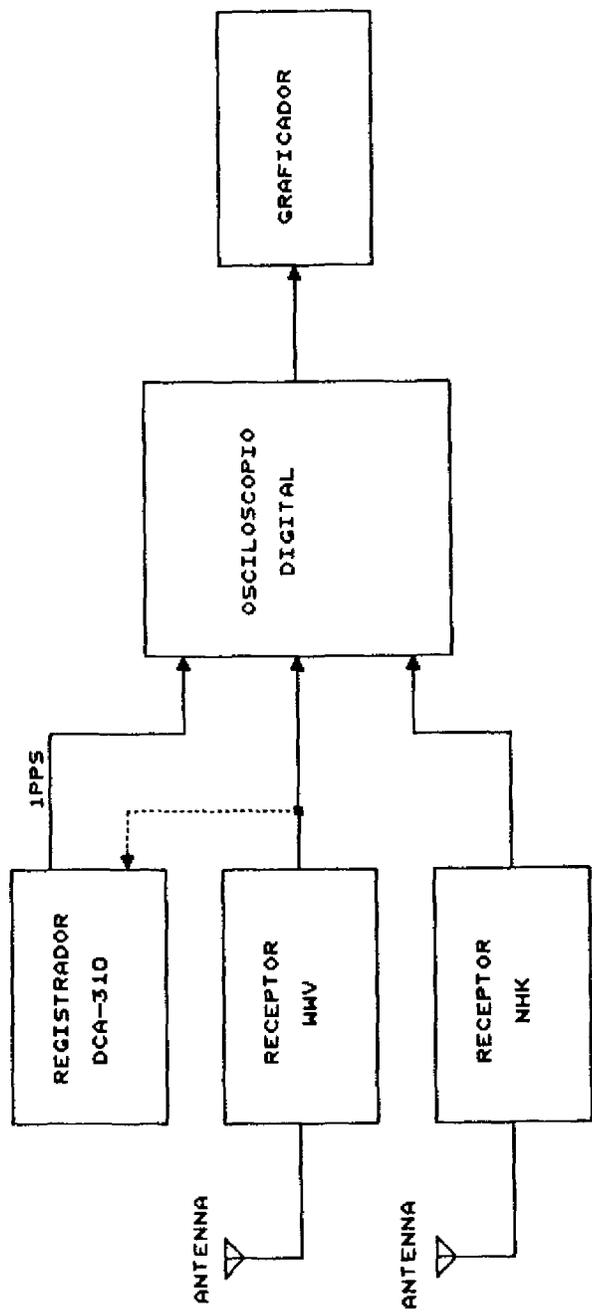


Figura 2. Instrumentación empleada para la prueba No. 1, 2 y 3

El resultado de la prueba se muestra en la figura 3. El canal 1 corresponde al pulso del segundo del DCA-310, el canal 2 a la señal NHK y el tercero a la señal WWV. Esta última, se muestra incompleta y ruidosa, en parte debido al muestreo del osciloscopio, sin embargo se aprecia muy bien su pulso del segundo 1 (21:01), que en realidad es un tono de 5 ciclos de 1000Hz (mostrará en la prueba No.2). La escala horizontal del oscilograma es de 200 ms por división, la vertical está señalada en cada traza.

En la señal NHK se observa con buena definición el pulso (tono de 440Hz) de la señal NHK correspondiente al segundo 59 (20:59) y también el pulso largo de 880Hz del segundo 60 (21:00). Efectivamente se muestra claramente que la señal NHK llega con un considerable retraso respecto a la señal de referencia (WWV) y es aproximadamente:

$$T_{dNHK(1)} = 600 \text{ mseg}$$

La hora indicada en la gráfica corresponde a la hora de su impresión.

2.2 Prueba No.2, realizada el 9 de mayo de 1991 (20:00)

Esta segunda prueba es esencialmente la misma que la No.1 (figura 2).

El resultado de la prueba se muestra en la figura 4.a. Se observa que en esta ocasión la señal NHK, aunque bien definida, se recibió con mucho mas ruido de fondo. De ella se muestran los pulsos del segundo 58 (19:58) y del segundo 59 (19:59). Haciendo uso de los cursores del osciloscopio se midió nuevamente, ahora en forma más precisa, el retardo de la señal NHK referente al pulso sincronizado a la WWV (canal superior). Esta vez el retardo medido, mostrado en la gráfica fue:

$$T_{dNHK(2)} = 608 \text{ mseg}$$

En la figura 4.b (inferior) se muestra en forma ampliada el pulso del segundo del DCA-310) referido a la señal WWV, en la cual se define claramente los 5 ciclos de 100 HZ que marcan el segundo. Como se muestra con el cursor, la diferencia entre ambas es de 1.06 mseg (atraso del pulso de 1 seg referente a la WWV). Con este pequeño error se obtiene un retraso final corregido de la señal NHK de:

$$T_{dNHK(2)} = 608 - 1.06 = 606.94 \text{ mseg}$$

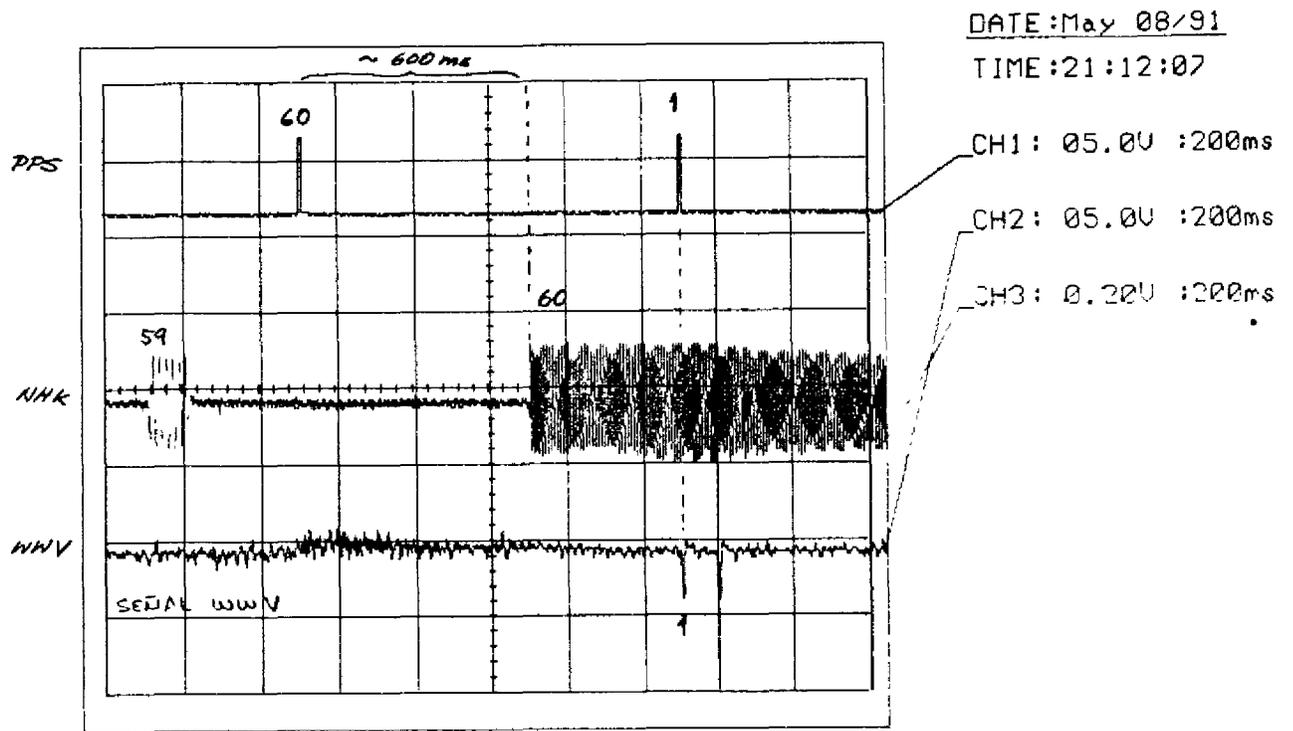


Figura 3. Resultados de la prueba No. 1. $T_d = 600$ ms

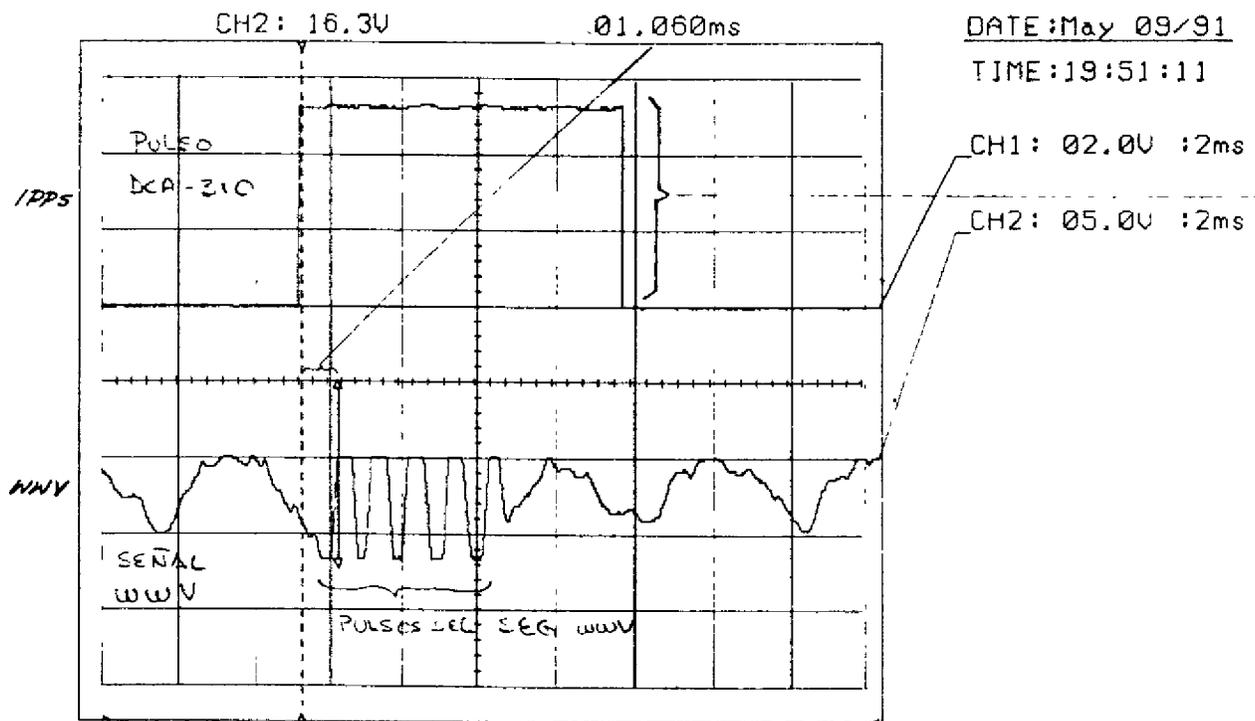
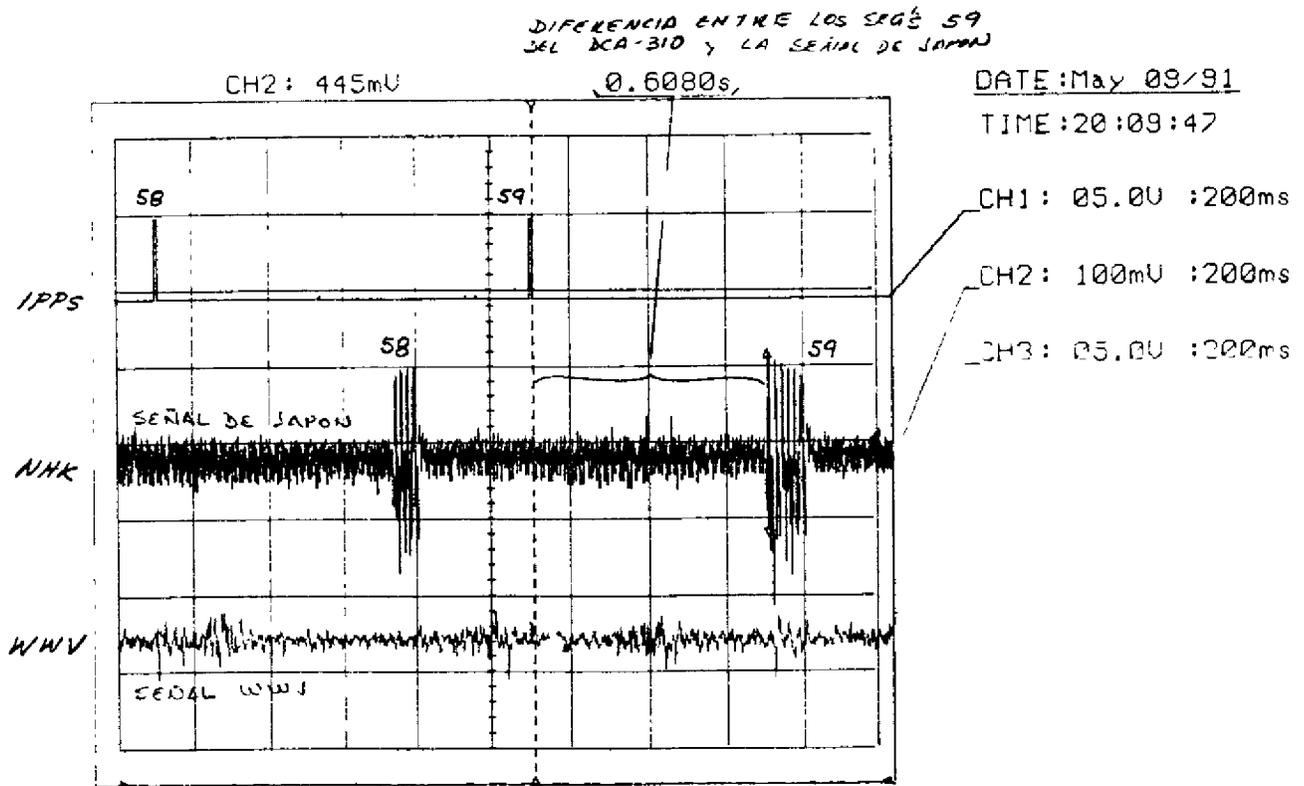


Figura 4a y 4b. Resultados de la prueba No. 2. $T_d = 607$ ms

2.3 Prueba No.3 realizada el 9 de mayo de 1991 (21:00)

Esta prueba es idéntica a la No.2, pero realizada con la llegada de la señal NHK a las 21:00. El resultado de la medición se muestra en la figura 5:

$$T_{dNHK}(3) = 598 \text{ mseg}$$

2.4 Prueba No.4 realizada el 16 de mayo de 1991 (21:00)

Para esta prueba se utilizó también el reloj Nanometrics sincronizado previamente con la señal WWV (figura 6). El resultado de la prueba efectuada con la señal NHK de las 21:00 hrs, se presenta en la figura 7. En ella se despliegan las cuatro señales de tiempo, 1PPS, NHK, WWV y 1PPM. Esta última traza corresponde a la marca del minuto del reloj Nanometrics. Se ve claramente la sincronía entre las señales independientes 1PPS y 1PPM, obtenida con aparatos distintos, respecto a la señal de la WWV. El retardo de la señal NHK medido en esta prueba fue de:

$$T_{dNHK}(4) = 604 \text{ mseg}$$

2.5 Prueba No.5 realizada el 22 de mayo de 1991 (21:00)

Esta prueba se llevó a cabo con la instrumentación de la figura 2. Su resultado se muestra en las figuras 8a,b y c. En la primera se distinguen con mucha claridad la señal de la NHK, compuesta de los tres pulsos pequeños y el pulso largo final que marca la hora. También en la señal WWV se distinguen muy bien los pulsos correspondientes a los segundos 58 (20:59:58), 1 (21:00:01) y 2 (21:00:02). Al instante de la hora (21:00:00) se aprecia el tono característico de la WWV de 0.8 segundos de duración y 1500 Hz que identifica al minuto 60 (o cero) de cada hora. Este se reproduce en forma ampliada en la figura 8b. Finalmente en la figura 8c. se detalla la parte del registro correspondiente al segundo 58.

El retardo medido de las gráficas es:

$$T_{dNHK}(5) = 608 \text{ mseg}$$

Llama la atención que el retardo del pulso de la NHK de 58 seg, respecto al de la WWV es de 613 ms, es decir ligeramente mayor.

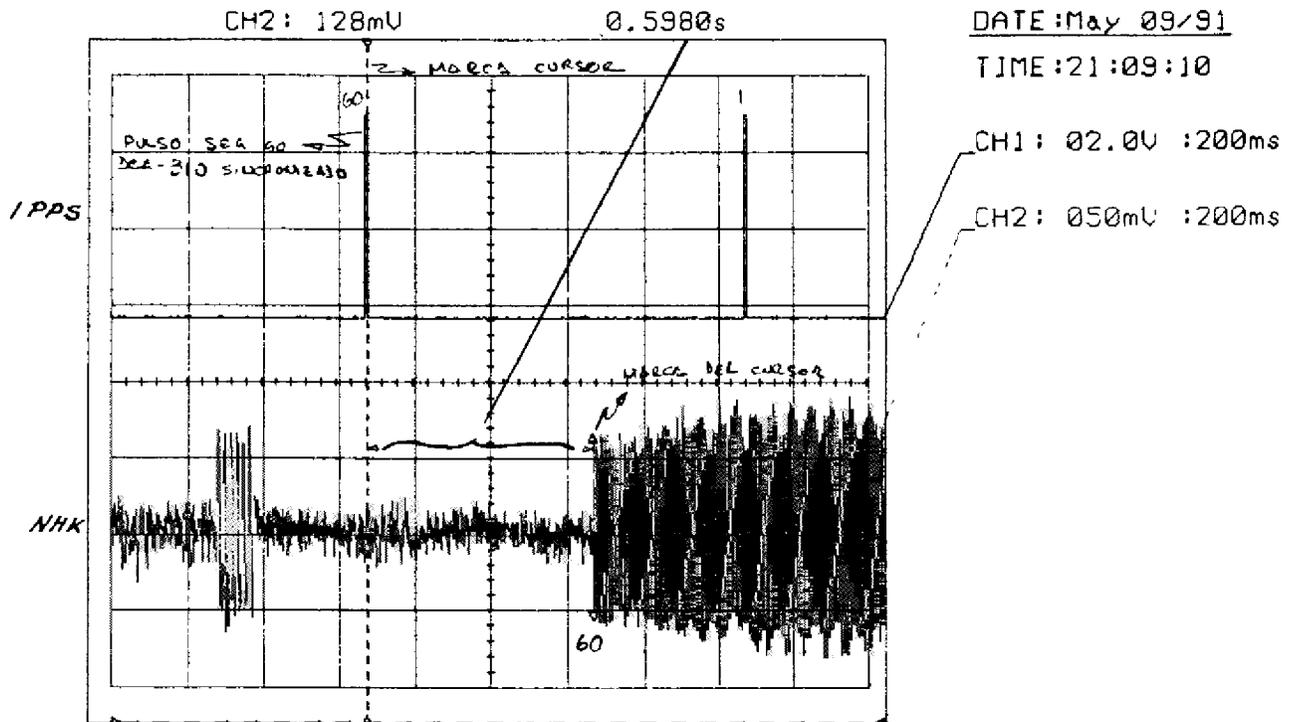


Figura 5. Resultados de la prueba No. 3. $T_d = 598$ ms

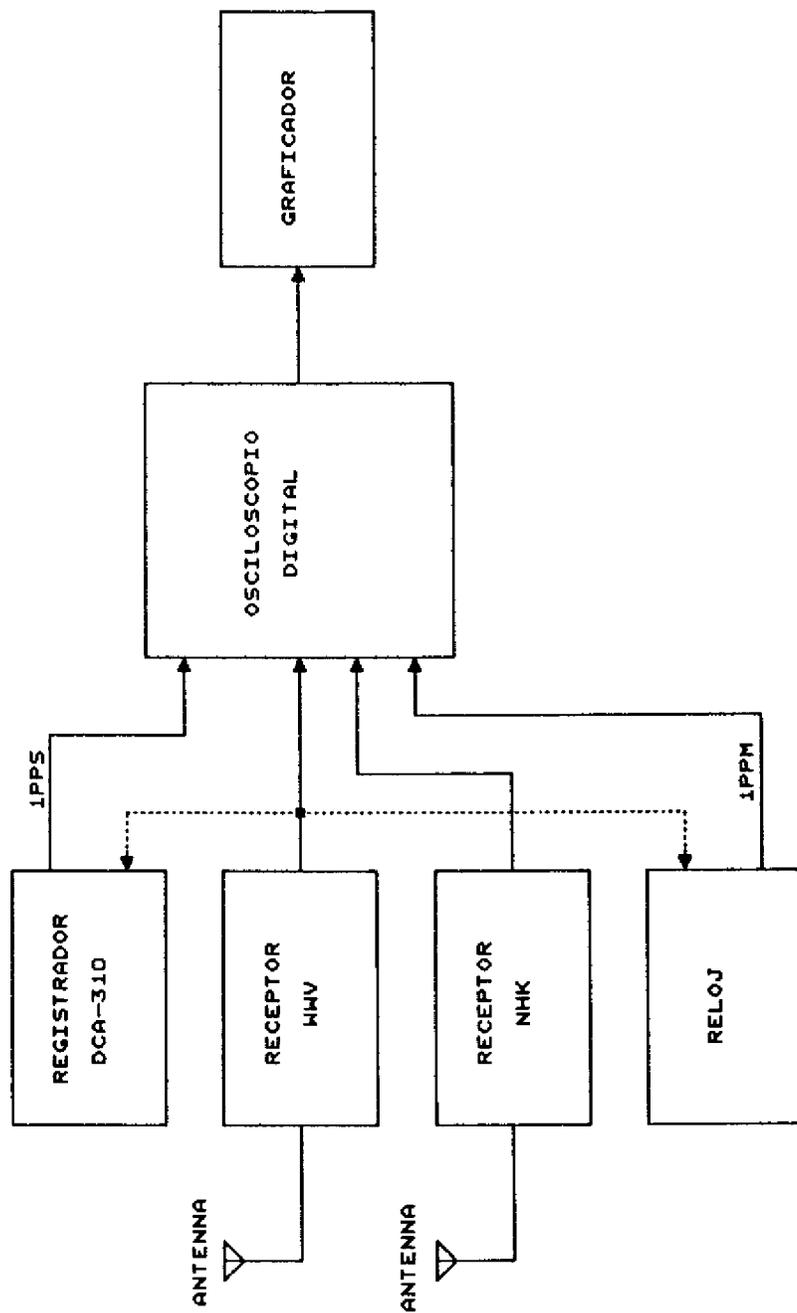


Figura 6. Instrumentación empleada en la prueba No. 4

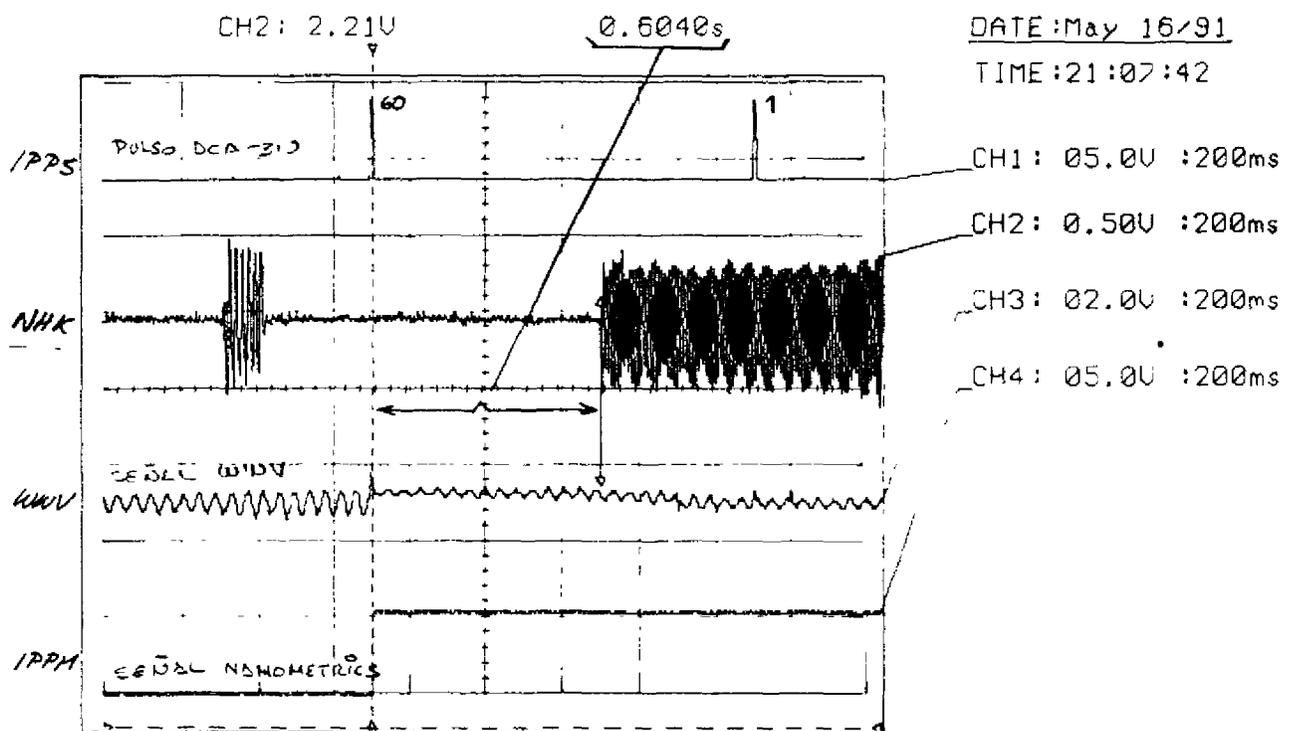


Figura 7. Resultados de la prueba No. 4. $T_d = 604$ ms

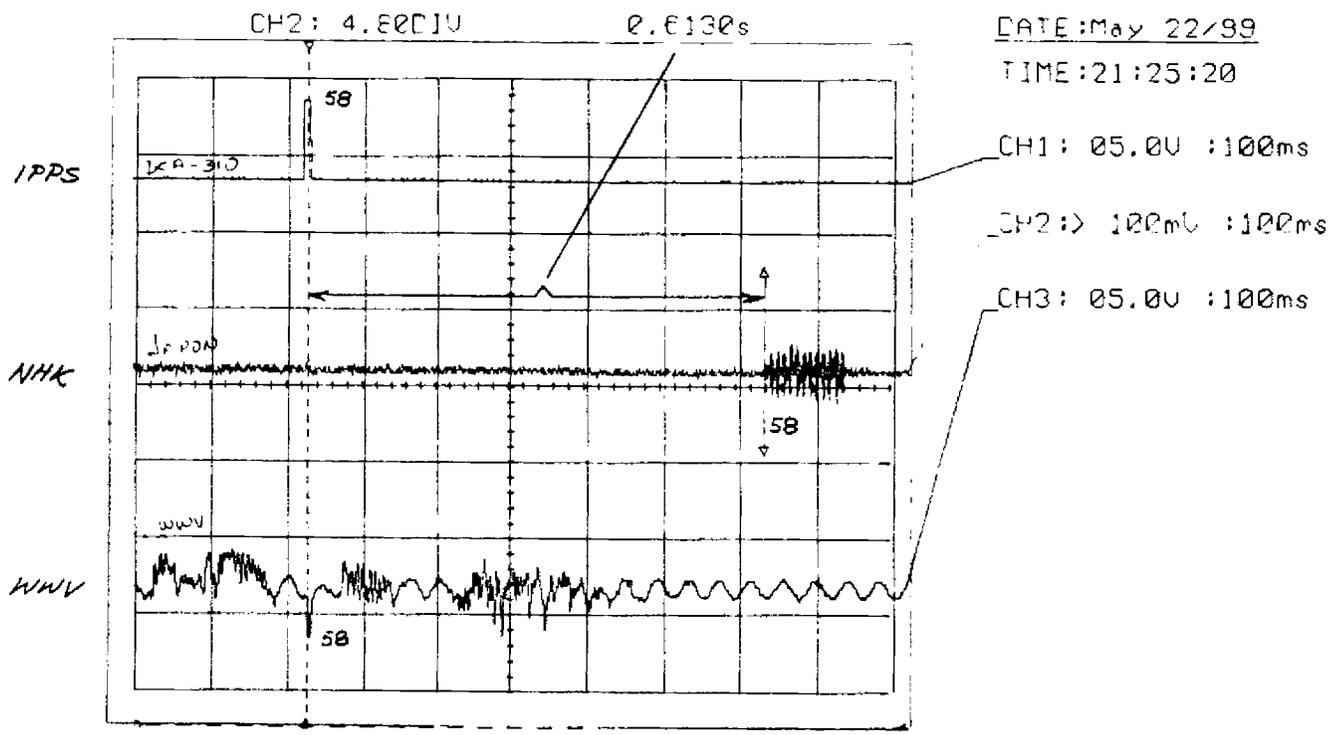


Figura 8c. Deatalle de gráfica de la figura 8a.

3. CONCLUSIONES

Las pruebas y mediciones efectuadas en el Instituto de Ingeniería, confirman claramente un retardo de la señal NHK respecto a la señal WWV (tiempo UTC). Las pruebas efectuadas en distintas ocasiones, horas y equipos, señalan que este retardo fue esencialmente constante durante las cinco pruebas realizadas entre mayo 8 y mayo 22 de 1991:

FECHA Y HORA	RETARDO (mseg)
mayo 8, 1991, 21:00	600
mayo 9, 1991, 20:00	607
mayo 9, 1991, 21:00	598
mayo 16, 1991, 21:00	604
mayo 22, 1991, 21:00	608

El valor promedio de las mediciones es:

$$T_{\text{dNHK}} \text{ promedio} = 603.4 \text{ mseg}$$

Se considera que los resultados de las pruebas son confiables y contundentes, ya que la medición se llevó a cabo por comparación directa de las señales analógicas de la NHK y de la WWV sin utilizar ningún equipo decodificador o detector automático que pudiese dar lugar a dudas. Las ligeras diferencias en las mediciones se atribuyen a la selección del punto de inicio del código o señal, los cuales no siempre están claramente definidos.

El hecho de que durante todas estas pruebas se haya observado un retardo constante, sin embargo, no es garantía de que éste sea un valor permanente y se necesitará efectuar aun más pruebas. Por ejemplo existen indicaciones de que, por mantenimiento del sistema de transmisión de la señal NHK, ésta se transmite esporádicamente a través de cable transoceánico, lo cual implicaría evidentemente un retardo menor respecto al enlace vía satélite. Dado que la cuantificación del retardo es vital para corregir numéricamente el registro del tiempo de los aparatos SMAC-MD de la red de observación sísmica, será necesario conocer con precisión su valor.

De las pruebas también se desprende que la señal NHK pudo recibirse con buena amplitud y forma, a diferencia de la señal WWV que varía continuamente en amplitud y nivel de ruido y fue difícil su uso para sincronizar, a determinadas horas, confiablemente los relojes.

4. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto de Ingeniería, UNAM, y en particular a la Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica, el haber puesto a disposición del Cenapred sus laboratorios y equipos. También se agradece la valiosa apoyo recibido de Juan M. Velasco.