

TIEMPO DE RESPUESTA EMPLEADO EN LA COMPARACION DE PARES DE DIGITOS

J. Codnia, A. Sartarelli, A. Saal, E. Izquierdo, C. El Hasi, R. Page.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA. INSTITUTO DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SARMIENTO.
J. M. Gutiérrez entre Verdi y J. L. Suárez, (1613) – Los Polvorines - Buenos Aires - Argentina
e-mail: jcodnia@citefa.gov.ar rpage@ungs.edu.ar

El proceso mental empleado por un ser humano durante una toma de decisión, ha sido materia de mucho interés en las últimas décadas. Una de las formas en que se ha encarado su estudio es a partir de la medición del tiempo requerido por una persona (TR) para comparar números o tamaño de objetos. La evidencia experimental indica que el TR se incrementa cuando los números u objetos comparados son cercanos entre sí, conocido como *Efecto de Distancia*. Típicamente en la literatura se promedian los TR sobre todos los pares de números a igual distancia (Δn) y, para modelar las mediciones, se reporta el valor medio de TR en función de Δn . En esta línea de investigación se diseñó y construyó un sistema de adquisición de datos para la medición de los TR . En este trabajo se presentan los resultados experimentales de dichas mediciones.

The human mental process occurring during a quick decision has been a matter of interest in the last decades. One way to study these processes is through the measurement of the response time (TR) needed to compare numbers or the size of objects. The experimental evidence, known as the *Distance Effect*, indicates that the TR increases as the compared numbers are nearer or the objects are more similar. In the literature, typically, the reported results modelize TR averaged over numbers of equal distance (Δn) as a function of Δn . We developed a data acquisition system to measure TR for digit comparisons. In this work we present our measurements and discuss some experimental implications.

I. INTRODUCCIÓN

Un adulto educado puede responder sin errores apreciables preguntas tales como cuál de dos números es mayor que el otro, cuál es el producto de 7 y 8 o cuál de dos niveles de grises es más claro que el otro. Pese a la simpleza de tales preguntas los procesos mentales involucrados en ellas resultan ser bastante diferentes con carácter esencialmente perceptual en algunos casos y más del tipo cognitivo en otros. En el caso particular de la manipulación de los números por parte de nuestro cerebro excitan situaciones con un alto grado de codificación y acceso a memoria en operaciones tales como las tablas de multiplicación y algunas sumas simples y situaciones menos precisas como en la comparación de magnitudes. Esta es la situación en el caso de la comparación entre la magnitud de dos números. Varios investigadores han trabajado en este tema comparando números de un dígito², y de 2 dígitos^{3,4}.

En esta línea de investigación se diseñó y construyó un sistema de adquisición de datos para la medición de los TR . Se desarrolló un código que presenta dos dígitos (X , Y) simultáneamente en un monitor de la PC; para el experimento se instruyó a los individuos con la consigna de elegir el mayor de ambos. Aquí se presentan los resultados de tales pruebas de comparación.

II- PARTE EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental para la medición de tiempos de respuesta se muestra en la Figura 1 y consiste de un doble temporizador (Timers #1 y #2), dos sensores de tacto (pulsadores), un fotodiodo y una unidad de control; todo controlado desde una PC. Cada temporizador posee una resolución de 1 ms. Inicialmente, en una esquina del monitor donde está montado el fotodiodo, se presenta una pequeña ventana que excita al diodo. El fotodiodo inicia el conteo que el sujeto de la experimentación interrumpe con uno de los pulsadores cuando decide cuál es el mayor de los dígitos en pantalla.

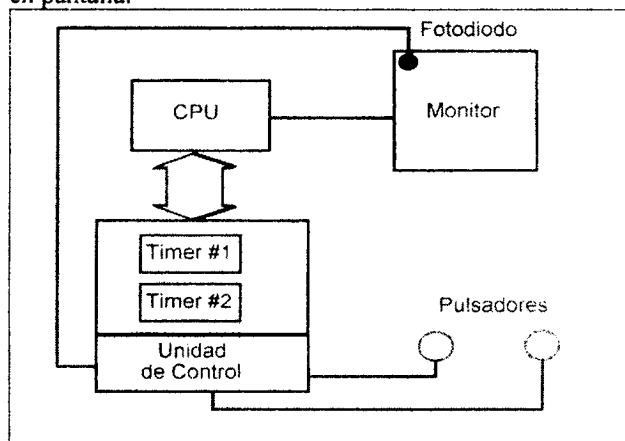


Figura 1: Dispositivo Experimental.

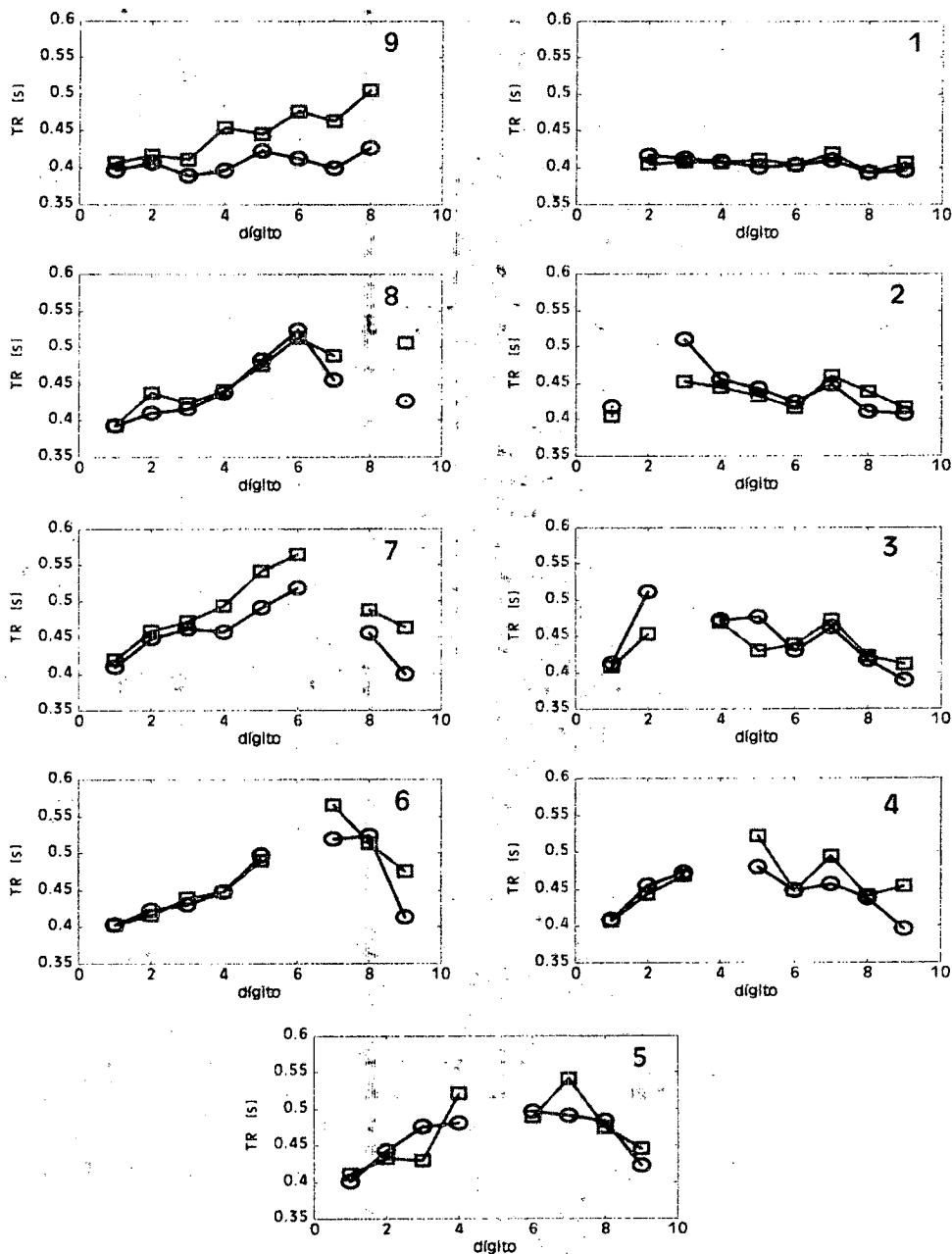


Figura 2: Cada gráfico X representa el TR empleado en la comparación del dígito X (1 al 9) con los 8 restantes para la mano izquierda (cuadrados) y la mano derecha (círculos).

El programa que prepara y presenta en pantalla los estímulos se realizó en Visual Basic. Inicialmente se presentan en forma simultánea dos dígitos de $2,5 \times 2 \text{ cm}^2$ en el centro del monitor alineados horizontalmente. Luego de 1,5 s se borran y se espera durante 0,5 s para volver a iniciar el ciclo. La secuencia de pares de dígitos (X, Y) se presenta aleatoriamente con la restricción de que para cada X la probabilidad $P(Y > X) = P(Y < X)$. De esta manera se espera minimizar el efecto de congruencia³, esto es, la predisposición a decidir por la magnitud de un dígito y no por la comparación. Obviamente se excluyeron de la secuencia los pares de números iguales.

III- RESULTADOS

Se realizaron 15000 comparaciones en tandas de 400 con una duración de 20 minutos por tanda con un solo sujeto, S. A modo de comparación un segundo individuo, E, realizó 2500 mediciones existiendo una muy buena correlación en los TR entre ambos, sin embargo en el análisis presentado aquí se toman únicamente las mediciones de S. Inicialmente se observó una disminución sistemática en los TR hasta la quinta tanda (2000 datos) donde se estabilizó. Los primeros 2000 valores fueron excluidos de los análisis posteriores. Este efecto de aprendizaje por parte del sujeto, sin embargo, no afectó la proporción errores (equivocaciones al decidir cuál es el dígito mayor) que, a lo largo de toda la serie, se mantuvo constante.

En la Figura 2 se muestran los valores de los *TR* medidos para cada par (X,Y). En el gráfico "n" (n=1,2..9) se representa la comparación del dígito n con todos los otros. En cada gráfico los círculos corresponden a los *TR* para los cuales la respuesta motora se realiza con la mano derecha (caso en que $Y>X$) y los cuadrados a la mano izquierda ($Y<X$).

Aquí se ve el efecto de distancia típico en procesos analógicos no codificados, como en el caso de la comparación entre intensidades de sonido, de iluminación, etc. Dicho efecto no se observa en el caso del dígito 1, el cual prácticamente no posee estructura y es la situación más rápida de todas pudiendo deberse esto a un acceso directo a memoria.

En la Figura 3 se muestra el *TR* medio versus la separación entre dígitos, X-Y, notándose con mayor claridad el efecto de distancia. Dicho efecto ocurre también en la tasa de errores como se observa en la Figura 4. Al ser muy próximos los números a comparar se tarda más en responder y se cometen mayor cantidad de errores.

Adicionalmente se observa lateralidad, esto es, la respuesta con la mano izquierda es sistemáticamente más lenta que la derecha y con una proporción de errores ligeramente superior.

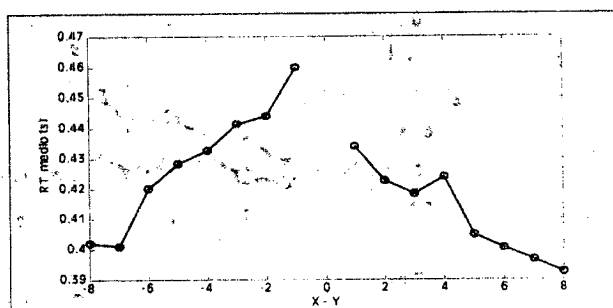


Figura 3: Efecto de distancia en los *TR*

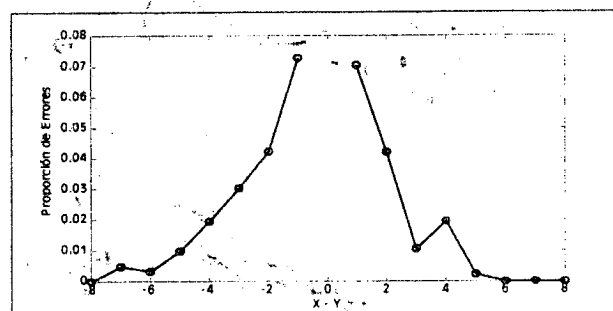


Figura 4: Efecto de distancia en la Proporción de errores.

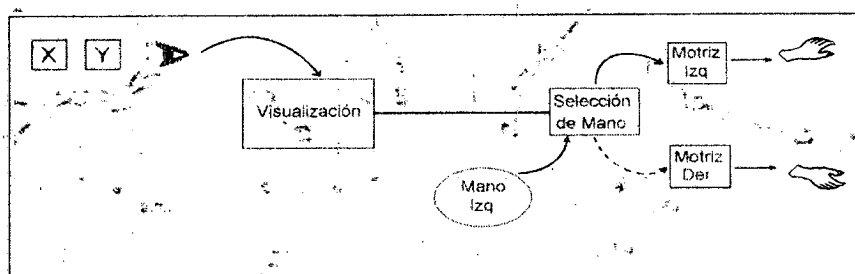


Figura 5a: Esquema de la Experiencia 1

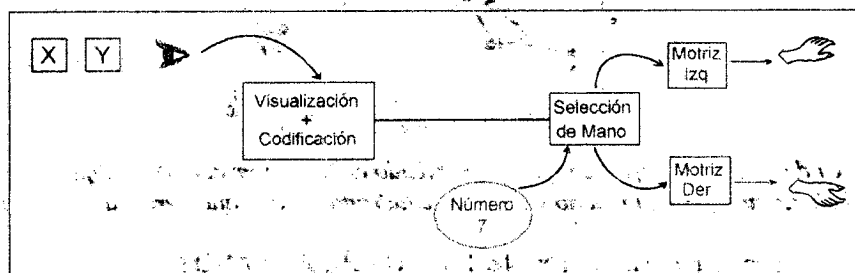


Figura 5b: Esquema de la Experiencia 2

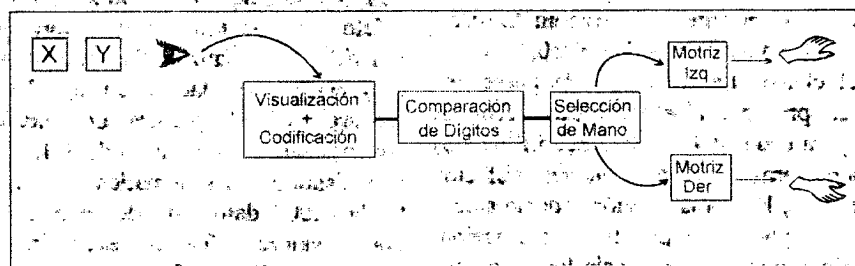


Figura 5c: Esquema de la Experiencia 3

Es claro que el simple hecho de comparar dos dígitos esta compuesto por una serie de procesos distintos. Las distintas contribuciones al TR medido provienen de una cascada de procesos compuestos que involucran la visualización del par de números, el reconocimiento de los mismos con su correspondiente codificación, la comparación en sí, la selección de la mano y finalmente la respuesta muscular.

Con el fin de identificar y cuantificar las distintas contribuciones de estos procesos se realizaron dos tipos de experiencias adicionales a la de comparación de dos dígitos:

1. Visualización y respuesta muscular.

En esta experiencia se instruyó al individuo a responder lo más rápidamente posible al observar un cambio en la pantalla sin necesidad de reconocer ningún número. Se realizaron series de 600 mediciones para cada mano separadamente.

2. Reconocimiento de un dígito.

En esta etapa el individuo debía reconocer un número predeterminado del par y presionar el pulsador asociado. En este caso se hicieron 3 series de 600 valores cada una para reconocer el número 1, el 4 y el 7, respectivamente. Esto se esquematiza en las Figuras 5a, 5b y 5c.

En la Figura 5a se muestra el esquema de la experiencia 1. El individuo visualiza un cambio en el monitor y responde siempre con la misma mano, elegida antes de comenzar la experiencia y guardada, de alguna manera, en memoria.

En la experiencia 2, Figura 5b, el individuo visualiza un cambio en el monitor pero debe además reconocer un número predeterminado y decidir que pulsador

presionar. En este caso el dato en memoria es el número a reconocer.

El proceso de comparación se muestra en la Figura 5c y posee los pasos de la experiencia de visualización con el agregado de la comparación y la diferencia en que el mecanismo de elección de mano viene dado como resultado de la comparación y no por un dato de la memoria. Existe, sin embargo, la necesidad de un registro de memoria con la consigna *elija el mayor*.

A partir de los datos se realizaron los histogramas de los TR para cada una de las experiencias las cuales se ajustaron con una función de distribución gamma. En la Figura 6 se muestra la distribución acumulada de los TR medidos para el reconocimiento del número 7 con la mano izquierda, la distribución gamma que se obtuvo del ajuste y la diferencia (residuos) de ambas.

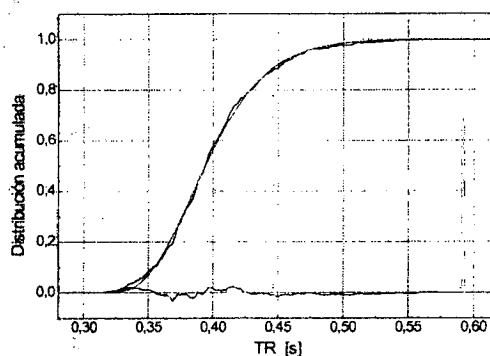


Figura 6: Función de distribución acumulada, ajuste y residuo.

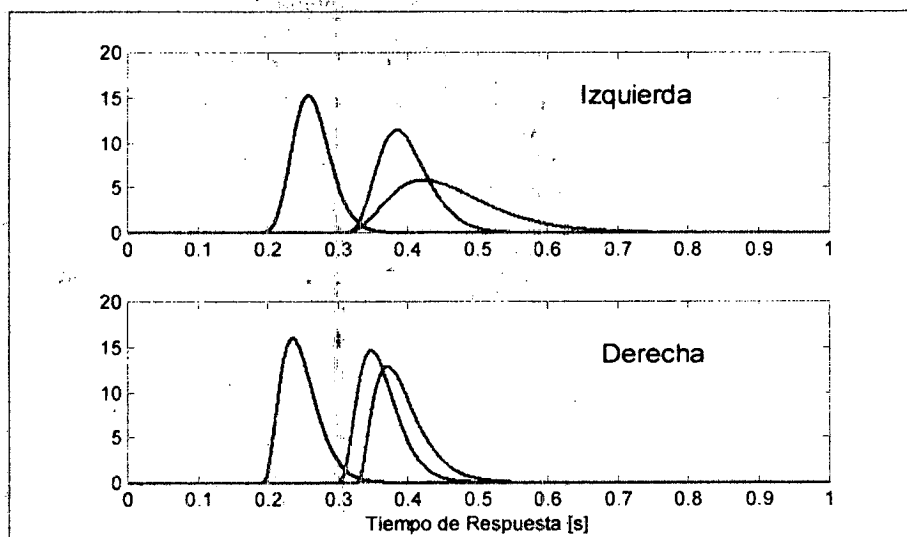


Figura 7: Funciones de distribución de los TR típicas para las Experiencias 1, 2 y 3 (ver texto).

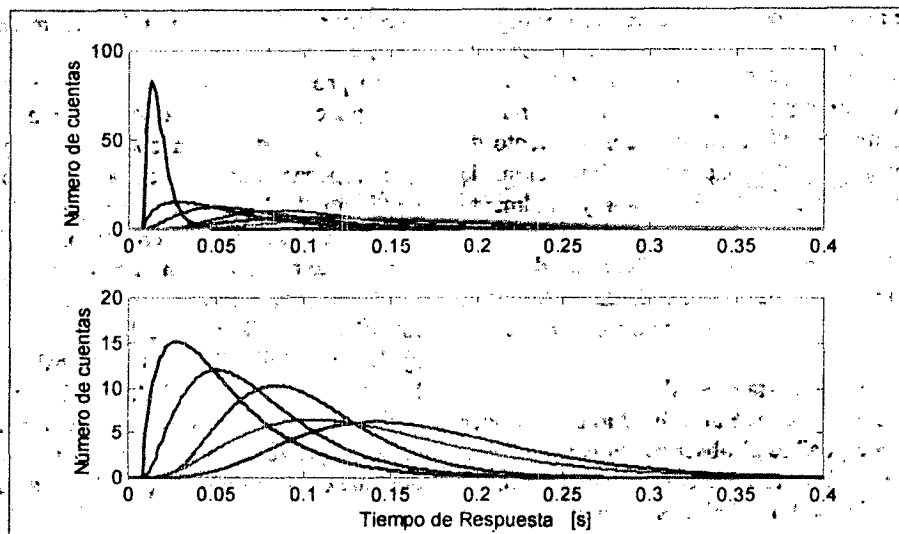


Figura 8: distribuciones de los RT en la comparación del dígito 7 con los dígitos 1 al 6 (arriba) y 2 al 6 (abajo)

En la Figura 7 se muestran las distribuciones obtenidas con cada mano. Estas son, en orden creciente de TR , la respuesta visual-motriz (experiencia 1), reconocimiento del dígito 7 (experiencia 2) y la de comparación entre el 7 y el 9.

Al considerar procesos en cascada la distribución de los TR obtenida en la comparación de dos dígitos corresponde a la convolución entre las distribuciones asociadas al reconocimiento de los dígitos y la comparación en sí. Deconvolucionando los datos se obtuvo la función de distribución correspondiente a la comparación propiamente dicha, libre de interferencias motrices, visuales y de reconocimiento. Las distribuciones obtenidas para la comparación del 7 con el 1, 2, 3, 4, 5, y 6 se muestran en la Figura 7 notándose un crecimiento en el TR medio y en el ancho de la distribución al ir disminuyendo la distancia entre los dígitos. En particular la comparación entre el 1 y el 7 posee una distribución muy angosta indicando que prácticamente no existe diferencia con el reconocimiento de los dígitos.

CONCLUSIONES

El efecto de distancia es notable tanto en el TR como en la porcentaje de errores cometidos, coherente con los trabajos publicados en la literatura, excepto en el caso del N° 1 el cual prácticamente no posee estructura.

Las distribuciones de los TR obtenidas resultaron muy angostas y asimétricas en el caso de reconocimiento visual de un número y en el caso de las comparaciones con el número 1 mientras que eran anchas y simétricas para las comparaciones entre dígitos cercanos. Más aún dichas distribuciones se ensanchan al aumentar el grado de complejidad del test coherente con la idea de procesos en cascada.

Las distribuciones deconvolucionadas también crecen monótonamente en valor medio y en ancho al acortarse la distancia entre los dígitos.

Referencias

- 1 - S. Dehaene, L. Cohen, *Mathematical Cognition*, **1**, (1), 83-120, (1995).
- 2 - R.S. Moyer, T.K. Landauer, *Nature*, Vol **215**, 1519-1520, (1967).
- 3 - S. Dehaene, *Perception and Psychophysics*, **45**, (6), 557-566, (1989).
- 4 - S. Link, *Journal of Mathematical Psychology*, **34**, 2-41, (1990).