



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA

Universitat Politècnica de València - Departamento de Matemática Aplicada

Universitat de València - Facultad de Matemáticas

Máster en Investigación Matemática INVESTMAT

Trabajo Fin de Máster

DIAGNÓSTICO DEL DÉFICIT DE ATENCIÓN EN NIÑOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN EX-GAUSSIANA

Fabricio Cevallos Alarcón

Directores:

José Alberto Conejero Casares (UPV)

Esperanza Navarro Pardo (UV)

2014/2015

Resumen

El trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), es una patología que se da con frecuencia en la edad infantil y la adolescencia y, continúa en algunos casos en la adultez, por lo tanto es un problema que requiere atención y, necesita la búsqueda de mecanismos para lograr su diagnóstico oportuno. En esta investigación se ha trabajado con un grupo de 143 niños, de los cuales 19 alumnos (13,28 %) presentaban patologías de diversas clases (diagnosticados previamente por un especialista), considerando al resto como niños con desarrollo normal. A los niños se le aplicó un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «yes/no», almacenando y organizando los valores de tiempo de reacción (RT) utilizando el programa excel. Los datos se analizaron considerando un enfoque ex-gaussiano, para lo cual se utilizó un paquete de instrumentos de MATLAB. El objetivo de este estudio es lograr, utilizando datos obtenidos, una técnica de diagnóstico del TDAH en niños a través del ajuste de datos con la función ex-gaussiana. En ese caso, la investigación ha entregado detalles muy importantes que sirven como base para una investigación más rigurosa para detectar el TDAH, tal es el caso del parámetro *tau* que varía notablemente en los niños con patología.

Palabras clave: Atención; función ex-gaussiana; TDAH.

Abstract

The attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a condition that often occurs in childhood and adolescence and continues into adulthood in some cases, so it is a problem that needs attention and needs search for mechanisms to ensure their timely diagnosis. In this research we worked with a group of 143 children, of which 19 students (13.28 %) had pathologies of various kinds (previously diagnosed by a specialist), considering the rest as children with normal development. Children will be applied a lexical decision test type (yes / no), storing and organizing the values of reaction time (RT) using Excel. Data were analyzed using an ex-Gaussian approach, for which a package of instruments used MATLAB..

The aim of this study is to achieve, using data obtained, a technique of diagnosis of ADHD in children by adjusting data with ex-Gaussian function. In that case, the investigation has provided important details that serve as the basis for a more thorough investigation to detect ADHD, as in the case of the tau parameter that varies markedly in children with pathology.

Keywords: Attention; ex-Gaussian function; ADHD.

Agradecimientos

Haber concluido mis estudios de máster ha sido gracias:

Al apoyo incondicional de mi esposa e hijo.

A la Universitat Politècnica de València por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos para seguir aprendiendo.

A mis directores de Tesis: Alberto Conejero y Esperanza Navarro por haberme direccionado de manera correcta en mi TFM y por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi estudio.

Al profesor Pedro Fernández de Córdoba por haberme orientado en la elección del tema del TFM. A Moisés Hernáiz, a Alejandro Morcillo y al grupo INTERTECH por permitir el uso de su base de datos en mi investigación.

A mis maestros y director del Máster, por sus experiencias y sapiencias impartidas a lo largo de este período lectivo.

Al programa ERAMUS MUNDUS específicamente el proyecto MUNDUS LINDO, por brindarme esta gran oportunidad de crecer en lo académico, lo personal y lo cultural.

Índice general

Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XI
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivo General	3
1.3. Objetivos Específicos	3
1.4. Alcance	3
1.5. Marco Teórico	3
1.5.1. La Atención	4
1.5.1.1. Tipos de Atención	4
1.5.1.2. Proceso psico-neuronal	5
1.5.1.3. Alteración de la atención y causas	6
1.5.1.4. Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad	7
1.5.1.5. Tiempo de Reacción (RT)	9
1.5.2. Herramientas de evaluación y medida de los tiempos de reacción (RT)	11
1.5.2.1. Tareas experimentales	13
1.5.2.2. Descripción del software DMDX	13
1.5.2.3. Otros softwares que miden TR	13
1.5.2.4. Tipos de tests	14
1.5.3. Uso de la distribución ex-gaussiana para estudiar tiempos de reacción en adolescentes con y sin TDAH	16
1.5.4. Tiempos de respuesta lentos	19
2. Experimento	21
2.1. Metodología	21
2.1.1. Diseño y tarea	21
2.1.2. Instrumento	22
2.1.2.1. Experimento 3 (VS)	22
2.1.3. Muestra	23
2.1.4. Análisis de datos	23
2.1.4.1. Análisis de distribución de tiempo de reacción. Modelo ex-gaussiano	24
2.1.5. Máximo verosímil	26
2.2. Uso de MATLAB para ajuste	29
2.2.1. Ajuste ex-gaussiano de los datos del experimento	35
3. Resultados	39
3.1. Comparación entre parámetros de la distribución ex-gaussiana	39
3.2. Errores	39
3.3. Conclusión	40

Anexos	41
3.4. Experimento 1 (ANT)	41
3.5. Experimento 2 (LETRAS)	47
3.6. Experimento 3 (VS)	53

Índice de figuras

1.1. Lóbulos cerebrales. [39]	6
1.2. Distribuciones de RT y función ex-gaussiana	17
2.1. Distribuciones de RT.	24
2.2. Combinación de funciones normal y exponencial [28].	25
2.3. Variación de parámetros [28].	26
2.4. Ajuste de logL [28].	27
2.5. Mínimo local y global [28].	28
2.6. Ajuste de ex-gaussiana a una distribución de RT.	36
2.7. Ajuste de ex-gaussiana a distribuciones de RT de NCP y NSP.	38

Índice de tablas

2.1. Tabla de medias y SD de NCP y NSP	36
2.2. Tabla de parámetros para NCP y NSP	37
2.3. Tabla de parámetros ajustados para NCP y NSP	37
2.4. Tabla de log verosimilitud de los parámetros de la distribución	37

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad resulta difícil conseguir la atención de un niño puesto que éste está expuesto a muchos distractores, tecnológicos o no. En el caso de la tecnología, vivimos una época cibernética en desarrollo de la cual no podemos escapar.

En lo que respecta al aspecto psicológico, podemos encontrar a niños que parecen despistados, que tienen dificultades para concentrarse. ¿Por qué? Esa es la gran pregunta que todos sabemos hacer pero que no podemos y en muchas ocasiones no sabemos contestar.

Los trastornos de falta de atención sugieren un estudio muy profundo para no incurrir en errores. A medida que los niños crecen, van desarrollando múltiples habilidades; para que esto suceda y se consoliden en su cerebro de manera eficaz y eficiente, es necesario que los niveles de atención estén dentro de los rangos normativos de salud mental.

Con esto no se quiere decir que niños con ciertas psicopatologías no puedan aprender y desarrollarse como personas integradas en la sociedad. Más bien se plantea que estudiando los niveles de atención podamos emitir un criterio con el cual estemos seguros de que un niño requiere o no un tratamiento o intervención respecto de los síntomas de falta de atención.

En cualquier caso, la intervención temprana mejora el pronóstico en los déficits de atención y contribuye a optimizar el desarrollo. Para ello, es necesario realizar el diagnóstico en los primeros años de la infancia.

Tanto las herramientas de diagnóstico como las de evaluación deberán estar adaptadas a la edad cronológica y mental del niño.

Si se trata de alguna situación de riesgo a largo plazo, comenzar el tratamiento desde edades tempranas puede ofrecer resultados más favorables. Por otro lado, en general, este proceso de diagnóstico implica invertir tiempo y dinero, puesto que los profesionales en la materia necesitan algunas sesiones para realizar el diagnóstico, razón por la cual, en muchos casos no se completa el proceso adecuadamente. Resultaría interesante, tanto para facilitar la tarea al evaluador como a los niños (actualmente nativos digitales), disponer de algún programa computacional que, mediante el uso de algunos programas sencillos con apariencia de juego, se logre obtener datos de evaluación que logren aproximar con mucha exactitud el diagnóstico de un niño con falta de atención.

Este trabajo pretende desarrollar una herramienta matemática de fácil utilización para el usuario que nos proporcione datos matemáticos fiables para obtener un diagnóstico del déficit de atención en los niños, utilizando el análisis de una función matemática, la ex-gaussiana, con la cual, haciendo

uso de ciertos parámetros, se logra distinguir gráfica y analíticamente los trastornos de atención. Con estos resultados es más fácil tomar una decisión, en el sentido práctico de que puede detectarse alguna alteración de la atención en el niño y realizarse el tratamiento adecuado en cada caso.

Cabe destacar que este trabajo es parte de un consolidado proceso de investigación de la Universitat Politècnica de Valencia y la Universitat de València a través del grupo INTERTECH y que representa el Trabajo de Fin de Máster para la obtención de la maestría Interuniversitaria (UPV-UV) en Investigación Matemática.

1.1. Antecedentes

El estudio de la atención y de las alteraciones de la misma es un ámbito complejo en el que distintos autores han planteado diferentes postulados teóricos de partida. Es tan complejo el estudio de la atención que, para definirla, debe enfocarse en diferentes contextos como el psicológico, neurológico y el físico, entre otros.

Ello significa que no se puede dar una sencilla definición, ni vincularse a estudios anatómicos sencillos o medirse con cualquier evaluación. Se puede decir entonces que la atención es clasificada por selección y cuantificada por intensidad, lo que implica que es una percepción selectiva y dirigida, es el interés por una fuente particular de esfuerzo y concentración sobre una tarea concreta [51].

Se deduce entonces que la atención es uno de los pilares fundamentales del proceso cognitivo y por lo tanto su estudio es un aspecto fundamental tanto en psicología cognitiva, como del desarrollo y clínica. Por otro lado se debe observar con mucho detenimiento el comportamiento de los niños en el aula y su entorno puesto que, en la base de algunos problemas de aprendizaje, podría darse alguna patología de la atención.

En este sentido, se han hecho investigaciones sobre el trastorno conocido como Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Dado que este tipo de problemas se presenta, antes de los 7 años de edad, se estima que el porcentaje de prevalencia del TDAH se sitúa en el 3% y el 5% en los niños de edad escolar [4].

Por esta razón es importante que se realicen diagnósticos a edad temprana puesto que, tanto psicólogos clínicos como neuro-pediatras, consideran el TDAH como una enfermedad crónica que necesita una acción multidisciplinar en el tratamiento y requiere de la máxima objetividad en la evolución y mejoría del niño [33].

En este contexto, se ha realizado un número considerable de estudios que sostienen diferentes planteamientos frente a este trastorno común en los niños. Así podemos decir que los niños con TDAH, tanto en pruebas sostenidas de atención visual como en pruebas de retención de dígitos, se muestran muy lentos en relación al grupo de control, dando respuestas demoradas [47].

Existe una considerable cantidad de investigaciones al respecto, lo que nos invita a reflexionar y a tratar de brindar un mecanismo muy práctico para detectar síntomas de este trastorno, de manera que el niño no se sienta perturbado, sino más bien motivado a participar en algunas pruebas que, realmente, contribuyan a la realización de un diagnóstico fiable.

1.2. Objetivo General

El objetivo de esta investigación es desarrollar una técnica de diagnóstico del TDAH en niños, a través del ajuste de datos con la función ex-gaussiana, para obtener una herramienta fiable de evaluación, contrastando los datos obtenidos con pruebas psicológicas experimentales.

1.3. Objetivos Específicos

1. Desarrollar una técnica de diagnóstico del TDAH en niños

Puesto que el TDAH es uno de los trastornos más prevalentes en la infancia, se ha considerado desarrollar una técnica que consta de un programa computacional que logra de manera muy sutil y con formato de juego, obtener información del niño, en base a tiempos de reacción y tasa de aciertos, errores y omisiones, que conjuntamente determinarán el perfil de atención del mismo.

De esta manera, podría detectarse el trastorno psicológico del TDAH.

2. Ajustar los datos con una determinada función ex-gaussiana

Los datos de tiempo de reacción siguen una distribución ex-gaussiana, la cual se puede considerar como la combinación de dos variables aleatorias, una normal y otra exponencial que depende de tres parámetros: μ , σ y τ .

3. Utilizar una herramienta fiable de evaluación

Es muy importante el resultado de este análisis, puesto que, con el mismo, se podrían plantear las intervenciones necesarias en el aspecto atencional del niño, en caso de que se determine que existe un trastorno en la atención.

1.4. Alcance

Este trabajo puede tener un importante impacto social, sanitario y económico, proporcionando una herramienta de fácil uso en el entorno escolar y clínico.

Debido a los avances tecnológicos, actualmente están desarrollándose distintos programas de computación que contribuyen al diagnóstico de diferentes dolencias, sean éstas físicas o psicológicas, lo que facilita la labor de los especialistas.

Además, el grado de dificultad matemático en este trabajo es moderado, de manera que otros profesionales (informáticos, ingenieros, etc) podrían realizar sus aportaciones.

1.5. Marco Teórico

Para una mejor comprensión del presente trabajo de investigación, es necesario plantear algunos conceptos básicos de la psicología respecto del tema a tratar, en este caso la atención.

La atención es un proceso que evoluciona cuantitativa y cualitativamente con la ontogenia a lo largo del ciclo vital. La atención involuntaria comienza a desarrollarse en las primeras semanas de vida; antes de esto, ya se observa el reflejo de orientación y la capacidad de orientación. En el segundo año de vida la atención se hace más selectiva [30].

1.5.1. La Atención

Como ha señalado anteriormente, definir la atención es una tarea compleja y deben ser considerados diversos enfoques teóricos que justifican la diversidad de abordajes posteriores en el TDAH.

El mundo que nos rodea comprende diversos objetos, individuos, etc, que están al alcance de nuestros sentidos en forma simultánea suministrando alguna información; razón por la cual tenemos que procesar dicha información en forma selectiva, iniciando así el estudio de la atención [12].

El ser humano recibe mucha información de la naturaleza, y para hacerlo necesita utilizar sus sentidos, pero toda esta información no puede ser procesada por su cerebro de forma simultánea puesto que siempre se está haciendo alguna actividad y muchas veces no detecta lo que sucede a al rededor.

Por lo general la atención está relacionada con la percepción y con la memoria de trabajo, evaluándose siempre de forma conjunta, aunque no sean lo mismo; puesto que la atención no solo permite la entrada de información sino que articula y controla la actividad cognitiva superior, teniendo siempre presente las siguientes características: su amplitud, su oscilamiento, su intensidad y su tipo de control [46].

1.5.1.1. Tipos de Atención

En la actualidad se puede decir que existen nueve tipos de atención [15]:

1. Estado de alerta o “*arousal*”, equivale al nivel de consciencia necesaria para mantener el estado de vigilia.
2. “*Span*” o amplitud de atención , coincidente con el span o amplitud de memoria; suele medirse por el número de estímulos (series de golpes rítmicos, de dígitos, de posiciones de cubos en un tablero) que somos capaces de repetir de inmediato. Por su contenido, existen diferentes tipos de span: acústico, auditivo-verbal, visuoespacial.
3. La “atención selectiva o focal”, como todo tipo de atención no automática, es una atención perceptiva regulada. Su paradigma de exploración serían las pruebas de búsqueda visual. Es el proceso por el que se responde a un estímulo o tarea y se ignoran otras.
4. La “atención de desplazamiento” entre hemicampos visuales, que es un prototipo de atención regulada por el sistema atencional posterior, cuyo paradigma de exploración es conocido como paradigma con señal de aviso espacial. Es necesaria para focalizar nuestra atención sobre un área del campo visual.
5. La “atención serial” o mecanismo atencional necesario para llevar a cabo tareas de búsqueda y cancelación de un estímulo repetido entre otros que ejercen como distractores.
6. La “atención dividida o dual” o compartida sucede cuando dos o más tareas deben llevarse a cabo simultáneamente o procesarse en paralelo, como sucede al teclear o “*tapping*” (golpes sucesivos digitales) al mismo tiempo que leemos un texto.
7. La “atención de preparación” o proceso atencional, que sirve para llevar a cabo una operación cognitiva, movilizandolos esquemas o respuestas más apropiadas a la tarea que debemos desempeñar. Implica la activación de las zonas cerebrales donde debe realizarse el proceso neurocognitivo.

8. La “atención sostenida” es la capacidad atencional, de concentración o vigilancia que nos mantiene en estado de alerta en acontecimientos que se suceden en un período prolongado de tiempo. Un buen ejemplo es el test de ejecución continua o *Continuous Performance Test*.
9. La “inhibición” de respuestas automáticas o naturales, como las necesarias para llevar a cabo la prueba de *Stroop*, donde se inhibe la respuesta a la lectura de una palabra, que es el nombre de un color, para dar prioridad al color con el que se halla escrita.

1.5.1.2. Proceso psico-neuronal

También tenemos que señalar en este apartado las estructuras neuroanatómicas cerebrales que subyacen al proceso atencional [16]. ver figura 1.1.

En el funcionamiento del proceso atencional se produce la participación de varias estructuras cerebrales. La atención puede describirse como un proceso de tipo bucle que implica interacciones complejas entre la corteza prefrontal, el tallo cerebral ventral y la corteza posterior. El daño de cualquiera de estas estructuras o de sus conexiones puede interferir con la atención produciendo algún tipo de alteración atencional [30].

A continuación, se explicarán cada una de las estructuras que participan en dicho proceso [30]:

- **La formación reticular** está situada en el centro del tallo cerebral y se asocia con el estado de alerta en las personas, relacionada a su vez con la regulación del sueño-vigilia. Es responsable, en cierto modo, de la atención sostenida. De esta estructura depende el grado en el que se esté alerta y atento.

La formación reticular activadora ascendente conduce hasta la corteza los impulsos y estímulos, y así mantiene la corteza en vigilia. La formación reticular regula la entrada de información sensorial, pasando por las secciones superiores del tronco encefálico y haciendo un relevo en los núcleos del tálamo para llegar luego a la corteza cerebral.

La formación reticular descendente está formada por filamentos que se inician en la corteza cerebral, por las secciones mediales y mediobasales de los lóbulos frontal y temporal, llegando a los núcleos del tronco, así como también a los núcleos motores de la médula espinal.

- **Los colículos superiores**, implicados en la atención visual, ya que ellos permiten al proceso moverse de un objeto a otro. Su función está asociada al control de los movimientos oculares y trasladan los estímulos externos al campo visual. Al parecer, los colículos inferiores cumplen la misma función pero trabajan con la información auditiva.
- **El tálamo**, que contiene una pequeña estructura llamada núcleo pulvinar. También tiene relación con la atención selectiva, y así mismo filtra la información para que después pueda ser procesada por otras estructuras.
- **El giro del cíngulo** es una parte de la corteza cerebral que participa dando un contenido emocional a la información recibida para que, de esta manera, se pueda dar una respuesta adecuada.
- **El lóbulo parietal** participa en el procesamiento y uso de los aspectos espaciales de la atención. También se encuentra al servicio de relaciones espaciales del cuerpo y el espacio en el que se mueve.

- **Los lóbulos frontales** están presentes en la regulación de todos los procesos psicológicos y participan en las respuestas motrices que se dan a un estímulo, el control voluntario de los ojos y las respuestas a estímulos novedosos, caracterizándose por realizar el trabajo más especializado de la atención. La selección atencional visual-espacial es otra función de los lóbulos frontales. Así mismo, la corteza pre frontal interviene en la inhibición de respuestas que provienen de estructuras como el hipotálamo. La región frontal desempeña un papel fundamental en el control voluntario de la atención.
- **El cerebelo** tiene como función regular el tono y los movimientos que son de gran trascendencia en el aprendizaje de tareas motoras y no motoras. Interviene activamente en procesos complejos de orden cognitivo (lenguaje, memoria de trabajo, razonamiento viso espacial y atención selectiva) de forma que actuaría como procesador capaz de adecuar las respuestas a la información del ambiente, anticipar la respuesta y el estado cerebral interno, para adaptar las respuestas y dar fluidez a los procesos cognitivos.

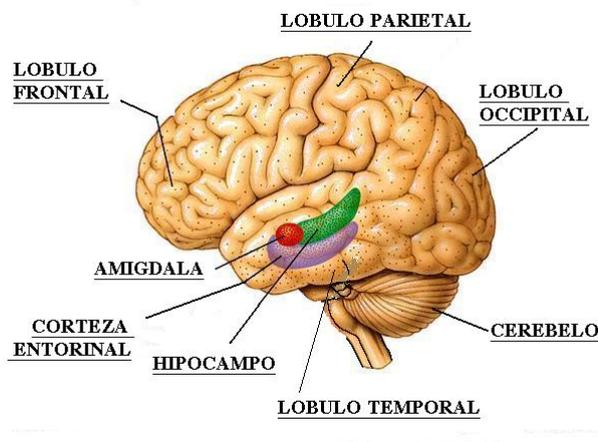


Figura 1.1: Lóbulos cerebrales. [39]

1.5.1.3. Alteración de la atención y causas

Por lo general, podemos apreciar en los niños los cambios repentinos de actividad, es decir, deja de hacer algo para hacer otra cosa, esto quizá se deba a que se distrajo por algo o sencillamente se cansó de realizar esa actividad.

Este cambio de acción, y a veces de comportamiento, es motivo de estudio para algunos investigadores, que llegan a afirmar que a veces las “emociones” también juegan un papel director y organizador sobre la atención. Además, se recuerda mejor aquello en que se pone más atención, por lo tanto, las emociones pueden redirigir dicha atención hacia un estímulo importante y pueden incluso ayudar a una mejor memorización [22].

Por otro lado, la atención como proceso cognitivo se puede alterar por diferentes causas; entre ellas encontramos las derivadas de algún tipo de daño cerebral: accidentes cerebrovasculares, traumatismos craneoencefálicos, deterioro cognitivo, entre otros [30].

Ahora bien, además de las causas citadas, existen muchas más que son de suma importancia. Así tenemos las siguientes [30]:

- **Hipoprosexia** es cuando la persona intenta concentrarse en algo pero no lo consigue más allá de un pequeño intervalo de tiempo porque se focaliza en otros pensamientos; y si intenta concentrarse de nuevo otra vez no consigue resultados favorables. Esto suele pasar con personas que están preocupadas o con niveles altos de ansiedad.
- **Hiperprosexia** es cuando la persona mantiene la atención intensamente focalizada y concentrada en determinados objetos, eventos, pensamientos, recuerdos o sensaciones. Un ejemplo clásico es la concentración que ejercen los jugadores de ajedrez en una partida.
- **Atención distráctil** se da cuando las personas tienen trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Entre otros síntomas, estas personas no se pueden concentrar, no focalizan la atención y no siguen instrucciones.

Como se puede apreciar, en cada persona podríamos encontrar una causa diferente por la que se pueda alterar su atención. Las anteriormente señaladas son algunas de las muchas que existen, aunque muy diversas patologías cursan con alteración de la atención.

1.5.1.4. Trastorno de Déficit de Atención e Hiperactividad

- **Definiciones.**

- El trastorno de hiperactividad con déficit de atención es un problema complejo debido a su aparición en la niñez y por repercusión en la personalidad y funcionamiento del individuo en el contexto que lo rodea. Es considerado un síndrome neurobiológico [35].
- El trastorno por déficit de atención con/sin hiperactividad (TDAH) es una situación clínica que cursa con tres tipos de síntomas: déficit de atención, hiperactividad e impulsividad inapropiados para la edad de desarrollo [1].
- Para que el impacto negativo de las capacidades atencionales deficientes sea mínimo, es necesario que se profundice en el estudio de los mecanismos de la atención en personas con TDAH [47].

Como podemos observar, de una u otra forma, las tres definiciones coinciden en cuanto a que es una dolencia que aparece desde en la edad infantil y puede tener consecuencias negativas tanto en el desarrollo personal como escolar y social, puesto que la atención es un aspecto fundamental.

- **Síntomas**

Los principales síntomas son los siguientes [7]:

1. **Déficit de atención.**

Puede manifestarse en un niño. Es un síntoma que permanece por mucho tiempo y tiene repercusiones negativas en el campo laboral, social y académico. Los niños con TDAH no pueden permanecer en una tarea por tiempo prolongado, puesto que pierden la concentración. Sus trabajos son desordenados, no mantienen el aseo, no escuchan lo que se les dice, cambian de actividad sin haber terminado la anterior, son olvidadizos y sólo siguen reglas si se las repiten constantemente.

2. **Impulsividad.**

Es un estilo de conducta demasiado rápido y precipitado que se opera con una rapidez

excesiva en el proceso de información. Los niños con TDAH son impacientes, no respetan los turnos e interrumpen a los demás; suelen tener problemas sociales y sufren de accidentes constantemente porque no miden el peligro ni las consecuencias que conllevan. Suelen ser propensos a castigos escolares o familiares porque no respetan las normas básicas establecidas en ambos contextos.

3. Hiperactividad.

Es un exceso de actividad o movimiento en situaciones que requieren calma. Los niños hiperactivos tienen niveles superiores de movimiento incluso durante el sueño. El hiperactivo es un sujeto que muestra hiperquinesia, esto es, un aumento de la actividad motora por encima del promedio, que tiene continuamente la necesidad de cambio y que pasa poco tiempo seguido en la misma posición y en la misma actividad; La hiperactividad se detecta habitualmente en edades más precoces que el déficit de atención [38].

Definir la hiperactividad en forma aislada es un poco difícil puesto que sus síntomas, reacciones y manifestaciones vienen acompañados del trastorno de déficit de atención y la impulsividad. Es más es uno de los factores inmersos en el TDAH. Es decir hablar de hiperactividad es hablar de TDAH.

Estos tres síntomas que caracterizan este tipo de trastornos se mantienen a través del tiempo y en distintas situaciones, con desajustes significativos en varios contextos como la escuela, la familia, el trabajo o los compañeros.

- **Criterios para el diagnóstico de TDAH** A continuación se encuentran los criterios principales para el diagnóstico del TDAH, tomado del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* [4].

Criterios para el diagnóstico de trastorno por déficit de atención con hiperactividad

A. (1) o (2):

1. seis (o más) de los siguientes síntomas de desatención han persistido por lo menos durante 6 meses con una intensidad que es desadaptativa e incoherente en relación con el nivel de desarrollo:

Desatención

- a) a menudo no presta atención suficiente a los detalles o incurre en errores por descuido en las tareas escolares, en el trabajo o en otras actividades.
- b) a menudo tiene dificultades para mantener la atención en tareas o en actividades lúdicas.
- c) a menudo parece no escuchar cuando se le habla directamente.
- d) a menudo no sigue instrucciones y no finaliza tareas escolares, encargos, u obligaciones en el centro de trabajo (no se debe a comportamiento negativista o a incapacidad para comprender instrucciones).
- e) a menudo tiene dificultades para organizar tareas y actividades.
- f) a menudo evita, le disgusta o es renuente en cuanto a dedicarse a tareas que requieren un esfuerzo mental sostenido (como trabajos escolares o domésticos).
- g) a menudo extravía objetos necesarios para tareas o actividades (p. ej., juguetes, ejercicios escolares, lápices, libros o herramientas).
- h) a menudo se distrae fácilmente por estímulos irrelevantes.

- i) a menudo es descuidado en las actividades diarias.
2. seis (o más) de los siguientes síntomas de hiperactividad-impulsividad han persistido por lo menos durante 6 meses con una intensidad que es desadaptativa e incoherente en relación con el nivel de desarrollo:

Hiperactividad

- a) a menudo mueve en exceso manos o pies, o se remueve en su asiento.
- b) a menudo abandona su asiento en la clase o en otras situaciones en que se espera que permanezca sentado.
- c) a menudo corre o salta excesivamente en situaciones en que es inapropiado hacerlo (en adolescentes o adultos puede limitarse a sentimientos subjetivos de inquietud).
- d) a menudo tiene dificultades para jugar o dedicarse tranquilamente a actividades de ocio.
- e) a menudo “está en marcha” o suele actuar como si tuviera un motor.
- f) a menudo habla en exceso.

Impulsividad

- g) a menudo precipita respuestas antes de haber sido completadas las preguntas.
- h) a menudo tiene dificultades para guardar turno.
- i) a menudo interrumpe o se inmiscuye en las actividades de otros (p. ej., se entromete en conversaciones o juegos).

B. Algunos síntomas de hiperactividad-impulsividad o desatención que causaban alteraciones estaban presentes antes de los 7 años de edad.

C. Algunas alteraciones provocadas por los síntomas se presentan en dos o más ambientes (p. ej., en la escuela [o en el trabajo] y en casa).

D. Deben existir pruebas claras de un deterioro clínicamente significativo de la actividad social, académica o laboral.

E. Los síntomas no aparecen exclusivamente en el transcurso de un trastorno generalizado del desarrollo, esquizofrenia u otro trastorno psicótico, y no se explican mejor por la presencia de otro trastorno mental (p. ej., trastorno del estado de ánimo, trastorno de ansiedad, trastorno disociativo o un trastorno de la personalidad).

1.5.1.5. Tiempo de Reacción (RT)

Toda actividad mental implica un tratamiento de información. De este modo, toda actividad mental necesita tiempo, por ejemplo, el reconocimiento de una persona a partir de una fotografía [5].

Es lo que llamamos el **tiempo de reacción**. Bonnet [5] describe dos tipos de tiempos de reacción.

■ Tiempo de Reacción Simple (TRS)

En una tarea de tiempo de reacción simple se pide al sujeto que indique, lo más rápidamente que pueda, cuándo aparece un estímulo. Es realmente una tarea de detección. En un experimento de este tipo hay cuatro pasos:

- Se presenta una señal preparatoria que está destinada a atraer la atención del sujeto. La señal puede ser la palabra “atención” u otra señal (como un sonido si el estímulo es auditivo o una luz si el estímulo es visual).
- Después de la señal preparatoria sigue un período de tiempo al que llamamos período preparatorio.
- Este período se termina con la presentación de la señal de respuesta que se considera el estímulo real del experimento.
- El sujeto debe responder tan pronto como detecte la aparición de ese estímulo. Generalmente, la respuesta consiste en presionar una tecla, pero puede ser también una respuesta verbal, la que será registrada.

De este modo, el tiempo de reacción es el tiempo que media entre el inicio del estímulo y la producción de la respuesta. Imaginemos la siguiente situación en la que se usa una computadora:

La señal preparatoria es un sonido de 1000 Hz que aparece durante 500 milisegundos. Al mismo tiempo aparece en el centro de la pantalla un pequeño punto luminoso, llamado punto de fijación, en el que el sujeto debe mantener la mirada.

La duración del período preparatorio, que comienza al finalizar el sonido, puede variar al azar de una prueba a la otra, por ejemplo entre 500 y 1.000 ms.

Al final de este período, aparece a la izquierda o a la derecha del punto de fijación, un disco luminoso que se define como la señal de respuesta. Su duración puede ser constante, por ejemplo 48 ms, o puede terminarse con la respuesta del sujeto.

Como el sujeto tiene una sola tecla para responder, el reloj de la computadora se pone en marcha cuando aparece el estímulo y se detiene cuando el sujeto presiona la tecla.

En este tipo de experimento, el tiempo de reacción más bajo que puede obtener un sujeto bien entrenado está cerca de 180-200 ms para un estímulo visual. Tenemos que recordar que la tarea del sujeto es simplemente detectar la aparición del estímulo y no identificarlo. Volveremos sobre este problema más adelante.

■ **Tiempo de Reacción Complejo (TRC)**

Aquí la tarea del sujeto es un poco más compleja. Debe discriminar si el estímulo aparece a la derecha o a la izquierda del punto de fijación. Para esto tiene una tecla de cada lado, con una que indica que ha visto el estímulo a la izquierda, y con la otra que lo ha visto a la derecha. Con la excepción de la consigna, el procedimiento experimental del tiempo de reacción complejo (TRC) es esencialmente el mismo que el del tiempo de reacción simple.

Como es de esperar, el tiempo de reacción complejo será más largo que el tiempo de reacción simple.

Evaluar los tiempos de respuesta permite medir la demora más leve entre una respuesta habitualmente voluntaria y una incitación inicial o estímulo dado por el evaluador. Los aparatos más comunes para medir el tiempo de reacción están dotados de un sistema de alerta sonora para respuestas a estímulos auditivos y lámparas de estímulo de diferente color para respuestas a

estímulos visuales [30].

El tiempo de reacción es la variable dependiente más empleada a la hora de estudiar los procesos cognitivos, y los investigadores han ideado un buen número de tareas cronométricas a tal efecto. Un fenómeno habitual en los experimentos que emplean el tiempo de reacción como variable dependiente es la existencia de cierto número de puntuaciones atípicas (es decir, puntuaciones que se alejan del resto de los datos), habitualmente producidas por factores externos a los procesos de interés, tales como distracciones de los participantes o fallos en el instrumental. Por la existencia de tales puntuaciones atípicas el empleo de la media aritmética de los tiempos de reacción se verá influida muy fácilmente, lo que añadirá variabilidad falsa a las estimaciones y, en consecuencia, provocará un descenso en la potencia estadística. Es importante señalar que las distribuciones de los tiempos de reacción no sólo suelen contener cierto número de observaciones atípicas, sino que suelen mostrar cierta asimetría positiva [41].

1.5.2. Herramientas de evaluación y medida de los tiempos de reacción (RT)

Las herramientas psicológicas como los tests, pruebas o instrumentos de medición, proporcionan beneficios en la obtención de datos en una investigación y, además, para utilizarlas se debe saber si estas pruebas nos van a brindar la información pertinente, por lo tanto hay que seleccionar el tipo de prueba según la situación, la muestra que se tiene y el objetivo que se plantee [2].

Dado que las pruebas psicológicas deben proporcionar un diagnóstico fiable, es importante que la persona que realiza una investigación tenga presente lo siguiente [2]:

■ ¿ Qué es una prueba psicológica?

Para que una prueba tenga la connotación de psicológica, ya que va dirigida a personas que de una u otra forma tendrán o no algún diagnóstico, debe tener las siguientes características:

Medida de conducta, puesto que es una medida objetiva y estandarizada de la conducta, así el valor de diagnóstico de un test depende del funcionamiento como indicador de un área de conducta. En muchos casos una prueba va a determinar la capacidad que tiene el participante para realizar algo o si es apto para determinada actividad.

Estandarización. Supone uniformidad de los procedimientos en la aplicación y calificación de una prueba, para eso hay que detallar instrucciones en cada instrumento y determinar normas de su uso. Así como validar el instrumento y desarrollar varemos estándares y objetivos para cada población.

Objetividad. Al ser las pruebas psicológicas mediciones objetivas y estandarizadas, su aplicación, calificación e interpretación de resultados deben estar libres de juicios subjetivos por parte del examinador.

Fiabilidad. Para que la prueba sea fiable debe ser una prueba consistente; es decir, que sus resultados sean estables independientemente del evaluador y del momento en que se aplique.

Validez. Es el grado con que verdaderamente mide lo que pretende medir y comprueba completamente que la prueba cumpla su función. Las pruebas se diseñan para diferentes propósitos y

se validan con un criterio apropiado para cada uno de ellos. Es decir, que el instrumento evalúe lo que se habrá planteado y no otra cosa.

- **Control de las pruebas psicológicas.**

Examinador cualificado. Es la persona calificada para la selección, aplicación, calificación e interpretación del resultado del test. Los evaluadores son personal especializado y están entrenados en el ámbito de que se trate y en la utilización del instrumento concreto.

- **Aplicación de la prueba.**

Preparativos previos a la aplicación por parte de los evaluadores. La preparación de una prueba obliga a preparar su aplicación. Cada prueba tiene una preparación diferente, pero en general hay que memorizar las instrucciones, familiarizarse con el material y conocer bien los procedimientos.

Condiciones de aplicación. Es necesario elegir un espacio adecuado para la prueba, que esté libre de ruido y distracciones; que ofrezca asientos cómodos, excelente iluminación, ventilación y espacio de trabajo, cualquiera que sea el modo de la prueba, a lápiz y papel o computarizada.

Presentación de la prueba: *rapport* y orientación del examinador. *Rapport* es el esfuerzo del examinador por despertar el interés del examinado, lograr su cooperación y animarlo a responder de manera apropiada los objetivos del instrumento. A los niños más pequeños resulta útil plantear las evaluaciones a modo de juego para despertar su interés por la prueba.

- **Examinador y variables situacionales.**

Los niños en general son más susceptibles que los adultos a los efectos de las variables situacionales y del evaluador, razón por la cual este último tiene mayor influencia en el desarrollo y resultado de la prueba.

- **El punto de vista del examinado.**

Ansiedad ante la prueba. Es una de las más frecuentes reacciones que experimentan los evaluados, lo que tiene un efecto nocivo sobre su desempeño y el resultado del test.

En estos casos es influyente la participación del evaluador, que tiene que lograr el *rapport* para tranquilizar al examinado.

- **Efectos del entrenamiento sobre el desempeño de la prueba.**

Las evaluaciones de los sujetos también tienen efectos de entrenamiento en los mismos, por lo que habrá que tener en cuenta si es la primera o sucesivas veces que realiza un cuestionario, test o cualquier prueba psicológica.

Perfeccionamiento de las pruebas. Si se practican y se repiten las pruebas, hay la gran probabilidad de perfeccionarla. En estudios con versiones de la misma prueba se observa una tendencia a que la segunda calificación sea la más alta.

1.5.2.1. Tareas experimentales

La psicología moderna comenzó con la adopción de los métodos experimentales a finales del siglo *XIX*: Wilhelm Wundt estableció el primer laboratorio formal en 1879 [32], el cual junto a otros psicólogos de la época tenían firmemente la idea de que los sentidos eran la clave del entendimiento humano [18].

El diseño experimental es la organización de los diversos aspectos que constituyen un experimento y, a su vez, el procedimiento estadístico que permite interpretar los resultados obtenidos [19].

El programa que se empleó para realizar el experimento en que se basa este trabajo es el DMDX, que se describe a continuación.

1.5.2.2. Descripción del software DMDX

DMDX es un sistema de visualización basado en Win32 utilizada en los laboratorios de psicología en casi todo el mundo para medir los tiempos de reacción a los estímulos visuales y auditivos.

Fue programado por Jonathan y Ken Forster de la Universidad de Arizona. El DMDX es un miembro de la familia DMASTR, y representa una extensión de los programas originales de DOS (MS y DMTG) a un entorno Windows.

El DMASTR (DisplayMaster) es un conjunto de programas escritos para IBM PC compatibles, diseñado para la medición y el análisis de los tiempos de reacción en tareas de procesamiento del lenguaje, como la decisión léxica, denominación, denominación de dibujos, RSVP, priming enmascarado, del mismo diferente a juego, categorización semántica, la lectura a su propio ritmo, etc.

El software fue originalmente escrito en código ensamblador Macro para un PDP-11 que corre bajo RT-11. Este trabajo fue realizado en la Universidad de Monash en Australia, a partir de 1975. Posteriormente, el código fue reescrito en C para una PC / XT, y se añadieron gráficos y capacidades de voz de Jonathan Forster de la universidad antes nombrada.

La versión DMDX tiene todas las características de las versiones de DOS. Contrariamente a la creencia popular, ejecutar en Windows no compromete necesariamente la exactitud de la sincronización. DMDX hace uso de DirectX (que viene como parte de Windows), lo que da al programador un mejor control del hardware [20].

1.5.2.3. Otros softwares que miden TR

Dependiendo del grado de complejidad que representa para el examinador, encontramos los siguientes programas computacionales para medir los tiempos de reacción:

- **PyExPsyN** PyExPsiN (Python para Experimentos en Psicología y Neurociencias) es una multiplataforma Python módulo (Linux / Windows) para una fácil escritura de experimentos psicológicos. Incluye funciones para DMTS (Coincidencia retrasada de la muestra), N-Back, N-Back Spacial, Gramatical, puntos mixtos, Stroop, etc [50].

Funciona en Windows y Linux. Posee ubicación automática de los estímulos, corrección automática de las respuestas, registro automático de las respuestas (guarda los datos necesarios

para cada caso, guarda los resultados al disco al final, guarda un CheckSum SHA1), no se superpone a archivos de resultado existentes, detecta donde guardar los resultados (en Linux en Home y en Windows en Mis Documentos), detecta las resoluciones de pantalla (en Windows utiliza la que usa el usuario), prueba el puerto para sincronía con EEG, detecta y avisa si hay sonido o no (puede exigirse la presencia de soporte de sonido), se pueden realizar N experimentos en un solo ejecutable (pueden llamarse individualmente), empaquetable para Win desde Linux (gracias a Wine, PyInstaller e Inno Setup Compiler).

- **E-Prime** E-Prime es un paquete de software que se utiliza para diseñar y ejecutar experimentos psicológicos, con un enfoque en la ciencia psicológica y cognitiva, y para adquirir y analizar datos. E-Prime consta de una serie de programas con diferentes funciones. En El E-Primer, vamos a discutir E-Studio, E-Basic, E-Merge, E-Recuperación y E-DataAid.

E-Prime es una herramienta de software para la presentación de los estímulos bajo la sincronización exacta y la recolección de datos en tiempo y precisión de reacción de respuestas simples a los estímulos.

Especialmente útil para los experimentos de tiempo de reacción cuando los eventos se presentan rápidamente o cuando los estímulos tienen una duración muy breve. Podría ser utilizado para la recogida de valoraciones de imágenes, respuestas a las preguntas del cuestionario, etc.

- **Presentations** Presentation es un sistema de software de entrega de estímulos y control experimental para la neurociencia. Presentation se ejecuta en Windows y utiliza el hardware del PC estándar. Presentation ha sido diseñado para experimentos conductuales y fisiológicos que recogen fMRI, ERP, MEG, tiempo de reacción y datos electrofisiológicos (por ejemplo, la neurona individual) . Al mismo tiempo, Presentation es muy flexible y tiene muchas características que hacen que sea aplicable a una amplia gama de aplicaciones . Presentation está diseñado para proporcionar la mejor precisión de tiempo y el momento de verificación disponible en el hardware estándar. Presentación también es completamente programable.

1.5.2.4. Tipos de tests

Para tratar de diagnosticar el TDAH en algún niño, es necesario conocer primero el comportamiento del mismo dentro del aula, informe que dará el tutor al psicopedagogo de la institución o al profesional competente; los padres deben ser indagados sobre el historial evolutivo y clínico del niño; se debe hacer una observación directa en el aula y la realización de algunas pruebas para medir el comportamiento, relación social y función ejecutiva [34].

Los tipos de test que generalmente se usan son los siguientes [34]:

Estimación del comportamiento de padres y profesores

- Escala Connors.
- Listado de síntomas del DSM-V.
- Cuestionario de situaciones de la escuela.
- Escala IOWA de hiperactividad y agresividad de Connors para profesores.
- Cuestionario de situaciones en el hogar.
- Escala para la evaluación del TDAH.

- Inventarios de síntomas para niños y adolescentes Stony Brook.

Test y pruebas específicas para la evaluación de la atención

- Test de Caras.
- Test de cancelación de figuras.
- Test de ejecución continua.
- Perfil atencional del WISC-R.
- Pruebas de atención del seminario de pedagogía del seminario pontificio San Pío X.
- Subtest de integración visual del ITPA.

Pruebas de impulsividad

- MFFT.
- Test de ejecución continua CPT (errores de comisión)

Pruebas de control inhibitorio

- Test de Stroop.
- Sun-Moon Stroop.
- Tarea de Stop.
- Tarea del círculo.

Pruebas de organización y planificación

- Test Trail-Making.
- Figura compleja de Rey.
- Torre de Londres.

Pruebas de memoria de trabajo

- Prueba de memoria de conteo.
- Tarea de memoria de trabajo de oraciones.
- Tarea de recuerdo espacio-temporal.

Perseveración en la respuesta

- Test de clasificación de cartas de Wisconsin.

Comorbilidad

- Listado de síntomas de comorbilidad Stony Brook.
- Test CAS.
- Test de lecto-escritura (T.A.L.E., PROLEC, NAC-lengua)-cálculo (Prueba de Canals, TEA, NAC matemáticas)
- Inventario de depresión infantil CDI

El test base para la programación del DMDX que se utilizó fue un test de decisión léxica, implementado por investigadores de INTERTECH.

1.5.3. Uso de la distribución ex-gaussiana para estudiar tiempos de reacción en adolescentes con y sin TDAH

Los tiempos de respuesta siempre son una variable dependiente en psicología. No importa el tipo de tarea que se le ponga a un sujeto, éste siempre se tomará su tiempo para contestar. Por esta razón no se puede ignorar esta medida de tiempo de respuesta ya es conocido que nos revela información acerca de la actividad mental del individuo [31].

Partiendo de ese punto de vista, se han realizado muchos tipos de estudios para tratar de caracterizar dichos tiempos de respuesta, generalizándolos; un caso es el de la función: ex-gaussiana [31] [42].

La cual vamos a utilizar para realizar el ajuste de los datos obtenidos en el experimento, caracterizándolos. A continuación tenemos las funciones de densidad y distribución de la ex-gaussiana y sus momentos, donde μ , σ y τ son los parámetros de la función [11].

Función de Densidad de Probabilidad (PDF) ex-gaussiana

$$f(RT) = \frac{1}{\tau} e^{-\frac{\mu - RT}{\tau}} + \frac{\sigma^2}{2\tau^2} \Phi\left(\frac{RT - \mu}{\sigma} - \frac{\sigma}{\tau}\right)$$

Función de Distribución de Probabilidad ex-gaussiana

$$F(RT) = \Phi\left(\frac{RT - \mu}{\sigma}\right) - e^{\left(\frac{\sigma^2}{2\tau^2} - \frac{RT - \mu}{\tau}\right)} \Phi\left(\frac{RT - \mu}{\sigma} - \frac{\sigma}{\tau}\right)$$

Momentos de la función ex-gaussiana

Los momentos de una distribución son medidas obtenidas a partir de los datos y de sus frecuencias absolutas. Los momentos resumen la información contenida en la función de distribución; así tenemos, las medidas de posición, dispersión, asimetría, curtosis, covarianza y correlación [9].

Para la ex-gaussiana tenemos

$$E(RT) = \mu + \tau$$

$$Var(RT) = \sigma^2 + \tau^2$$

$$Skew(RT) = \frac{2\tau^3}{(\sigma^2 + \tau^2)^{3/2}}$$

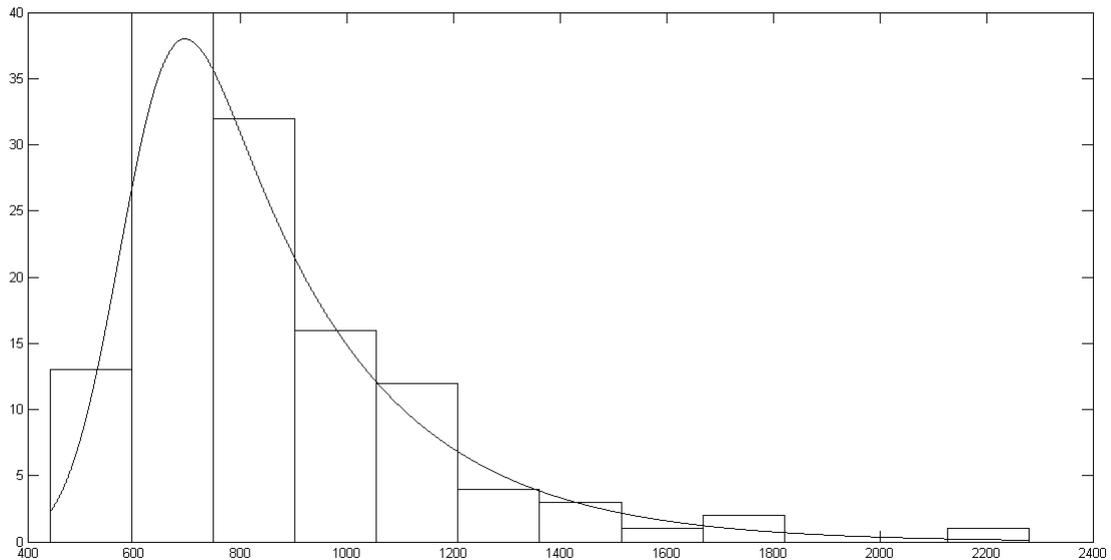


Figura 1.2: Distribuciones de RT y función ex-gaussiana

Las distribuciones de tiempo de reacción son generalmente sesgadas hacia la derecha, lo que significa que las distribuciones aumentan rápidamente y luego caen lentamente con una larga cola sesgada. La distribución que más se acerca a la forma de esta distribución es la ex-gaussiana, que es la convolución de las funciones normal y exponencial [31].

La distribución “ex-gaussiana” se define como la suma de dos variables aleatorias independientes, una que sigue la distribución exponencial (responsable de la asimetría positiva, con un parámetro único τ , que hace a la vez de media y varianza) y otra que sigue la distribución Gaussiana (o normal, con los parámetros μ y σ). De esta manera, estos tres parámetros: μ , σ y τ especifican la forma de la distribución ex-gaussiana y permiten una amplia flexibilidad respecto a su forma [41].

La media de la ex-gaussiana es $\mu + \tau$ y la varianza es $\tau^2 + \sigma^2$, puesto el tamaño de σ por lo general no es más que un cuarto del tamaño de τ . La desviación estándar en la distribución es aproximadamente τ ; además el parámetro σ representa aproximadamente el aumento de la cola izquierda de la distribución, y τ representa aproximadamente la caída de la cola derecha [42].

El método ex-gaussiano se ha aplicado recientemente en estudios de niños con TDAH, analizando su variabilidad, lo que ha ayudado a sacar diferentes conclusiones sobre la intra variabilidad individual (IIV) en el TDAH [6].

El modelo de distribución ex-gaussiano se ha aplicado porque es una forma útil para separar matemáticamente las componentes de las distribuciones del tiempo de respuesta observada en un conjunto de parámetros que tienen algún significado descriptivo intuitivo [29]. Es decir, este modelo nos da los valores de los parámetros con los cuales se puede diferenciar entre niños con cierta patología y niños considerados normales, puesto que con medidas objetivas se puede ayudar en el proceso de diagnóstico. Así, tenemos valores de *mu*, *sigma* y *tau* que, según la prueba que se haga y el problema que se tenga, darán información precisa al respecto.

Esta última apreciación se puede deducir, puesto que algunos estudios que han utilizado memoria

de trabajo [6] y Tareas Go / No Go y [49] mostraron menores μ y grandes σ en personas con TDAH que en los controles, pero otros estudios donde se utilizó elección tareas de RT no se encontró diferencias entre los grupos en ninguno de los parámetros [21] [29].

Por ejemplo, si se hace un experimento a personas que realizan funciones laborales extendidas, μ y σ reflejarían la velocidad y dispersión de una ejecución promedio, en cambio τ las respuestas excesivamente lentas provocadas por un aumento de la variabilidad relacionada con la falta de atención [40]

Este método tiene la ventaja que da información sobre la media μ y la desviación estándar σ (normal), pero más que todo proporciona información sobre el sesgo de la distribución τ , (exponencial). τ contiene información sobre la asimetría positiva, lo que determina el número de respuestas demasiado lentas. Éstas influyen considerablemente en el cálculo de la media y la desviación estándar de la distribución [21].

Estudios anteriores suponían que los RT se distribuían en forma normal, pero actualmente se afirma que los RT son más lentos y variables (con medias y desviaciones estándar más grandes) en los individuos con TDAH que en los controles [3] [14] [8], es por ello que el ajuste mediante ex-gaussianas es más adecuado.

Por lo general los niños con TDAH cometen más errores que los niños del grupo de control, de esta manera, los tiempos de respuesta general de los niños con TDAH suelen ser más lentos y más variables que los de los niños de control [29]. Aunque algunos estudios recientes sobre distribución ex-gaussiana de RT mostraron que niños con TDAH no respondieron más lento [21] [29], pero sí más rápido [24] que los controles cuando la distribución exponencial se incluyó.

Los niños con déficit de atención e hiperactividad (TDAH) poseen variabilidad intra-individual (IIV) que está siempre presente y su incremento es una anomalía altamente constante [8].

Esto se puede notar en las pruebas neuropsicológicas, puesto que los pacientes con TDAH sufren mayor variación en comparación con los controles normales (durante años esta IIV fue percibido como ruido). Hace poco, sin embargo, una considerable parte de la investigación se ha dirigido a la comprensión de la IIV entre los niños con este trastorno [14].

En general en estudios realizados se ha encontrado que, en comparación con los grupos de control, los niños con TDAH muestran una mayor variabilidad tanto en tareas como el Go / No-Go [49] (los niños presionan una determinada tecla cuando ellos decidan que el estímulo es una letra, caso contrario no hacen nada) así como en tareas de memoria de trabajo [6] [49]. Así mismo un gran número de tiempos de reacción anormalmente lentos [6].

En varios estudios que se han hecho con la distribución ex-gaussiana se ha observado que τ es el único indicador de variabilidad de RT que identifica las diferencias de grupo en todas las tareas, lo que significa que τ es la medida más sensible de variabilidad de RT, siendo mayor en los individuos con TDAH; por el contrario, los parámetros μ y σ han variado según la prueba hecha a los grupos, lo que implica que no han sido consistentes [6] [13] [29].

Para comprender la naturaleza de la variabilidad de los RT en el TDAH es necesario investigar las variables que atenúan o agravan la variabilidad de las mismas. Estas variables pueden ser factores contextuales relacionados con la tarea o pueden estar reflejando factores característicos individuales, de aquí se puede deducir que algunos posibles factores que han sido evaluados sobre la variabilidad

de RT incluyen: el tipo de tarea, tipo de evento (ER) y la recompensa [13]. Aún con todo el análisis que han hecho los investigadores del TDAH, la explicación psicopatológica de la cola derecha en la distribución de la RT expresada por los parámetros ex-gaussianos sigue siendo poco clara [26].

Ayudados de estos resultados, los tiempos de reacción infrecuentes lentos en las respuestas representan un importante fenómeno de falta de atención en el TDAH [26]. Además se puede proponer que la **regulación disfuncional** de esfuerzo adecuado destinado a satisfacer las demandas de la tarea está dado por el efecto τ , por lo que una respuesta fluctuante parecería fácilmente ser de un individuo en el estado energético no óptimo según el modelo cognitivo-energético [29].

Por esta razón una de las claves para la comprensión de los fenómenos de comportamiento que muestran los niños con TDAH en las tareas experimentales cognitivas se basa en la determinación de las variables cognitivas subyacentes que conducen a esta gran efecto en τ [29].

Por otro lado el componente τ se considera el más importante porque las fluctuaciones de procesamiento que resultan de la baja capacidad de memoria de trabajo conducen a distribuciones de RT más sesgadas incluso en tareas muy simples; por lo tanto, puede ser hipotético que la varianza común del parámetro τ a través de un conjunto de tareas debería tener una particularmente fuerte relación con la **memoria de trabajo** y el razonamiento [43].

En un estudio realizado por Harvey, se evaluaron datos de RT utilizando el test de rendimiento continuo de Conners [10] en niños con TDAH, llegando a concluir de que los niños con TDAH, que eran más lentos en sus respuestas generales, se asociaban con la porción positivamente sesgada de la curva ex-gaussiana (τ); y se encontró que el RT y la variabilidad de RT aumentaron a medida que aumentó el intervalo inter estímulo (ISI), lo que conllevó a que el parámetro ex gaussianos τ aumentara desproporcionadamente a medida que aumentaba el ISI [24].

Usando diferentes grado de dificultad de las tareas Go / No Go y tareas de memoria de trabajo, algunos estudios no concluyen que τ aumenta significativamente si se aumenta la complejidad de la tarea en el TDAH; con lo que se podría apoyar la hipótesis de que τ se relaciona más a una falta en la asignación de esfuerzo en los estados no óptimos para las personas con TDAH, en lugar de a la capacidad de memoria de trabajo [26].

Según el modelo cognitivo-energético, los intervalos inter estímulos (ISI) y Block (bloque en que se ha dividido el test) son factores contextuales que alteran el estado psicofisiológico tanto por el nivel de excitación (que se define como tiempo-bloqueado, fásico, respuesta fisiológica a los estímulos de entrada) como por el nivel de activación (definido como tónico, disposición voluntaria para la acción motora) [3] [44] [27]. Para justificar como el estado fue cambiado por variables contextuales, el sistema esfuerzos necesitó movilizar energía extra para compensar la discrepancia entre el estado real y el estado requerido [45] [48].

1.5.4. Tiempos de respuesta lentos

Estudios realizados afirma que los RT lentos podrían no ser un estilo de respuesta prudente; sin embargo, pocos estudios han encontrado la posibilidad de asociación entre los parámetros ex-gaussianos y errores de respuesta (errores de comisión y omisión) [26].

Se ha encontrado que los niños con TDAH exhiben patrones más alto de desaceleración de RT y tienen una mayor respuesta de retirada que los controles normales, dado que estos niños demostraron

más errores de omisión en esta tarea; además, se asume que los largos RTs periódicos de los niños con TDAH podrían estar asociados al número de errores de omisión [14].

En investigaciones se indica que niños con TDAH mostraron medias más rápidas en RT en general asociada con la parte normal de la distribución ex-gaussiana, porque a veces los niños con TDAH responden más rápido que los controles; esto se ha podido ver en estudios anteriores utilizando tareas RT, lo que implica que los niños con TDAH tienen un estilo de respuesta impulsiva, aunque en las diferencias entre grupos no se observaron errores de comisión; además, μ y τ están típicamente correlacionados algo negativamente, puesto que τ tiene el potencial para disminuir valores de μ en el proceso de ajuste de la curva ex-gaussiana [24].

Capítulo 2

Experimento

Desde el grupo de investigación InterTech, con sede en la Universidad Politécnica de Valencia, se han diseñado unos experimentos para realizar con niños de Educación Primaria en el marco de un proyecto de investigación sobre procesos atencionales a lo largo del ciclo vital.

El objetivo del trabajo supone realizar una serie de pruebas cognitivas destinadas a niños de un colegio de Primaria cercano a Valencia. El colegio elegido ha sido el Colegio de Educación Infantil y Primaria CEIP La Patacona, situado en el barrio del mismo nombre perteneciente al municipio de Alboraya, del cual se obtuvo el consentimiento de la dirección del colegio. Al tratarse de un colegio público, obtuvimos también la conformidad de la Consellería de Educación y Ciencia.

2.1. Metodología

Se pasaron tres experimentos que constituyen una serie de pruebas cognitivas destinadas a niños. Estas pruebas consisten en tareas atencionales a modo de juego de ordenador (Prueba de Redes Atencionales, ANT, [17]).

2.1.1. Diseño y tarea

Se trata de tareas simples de ordenador donde se registran los tiempos de reacción del sujeto y el total de aciertos/errores tras la presentación de tres tipos de condiciones de referencia (sin señal, señal, de doble referencia, y de referencia espacial) y tres condiciones de destino (congruentes, incongruentes, y neutro). Con ello se obtienen datos sobre los tiempos de reacción de los niños y, por tanto, información sobre su procesamiento cognitivo. La duración de los experimentos era de unos 6-7 minutos cada uno.

El primer experimento se realizó entre los días 30 de abril a 9 de mayo y el segundo y tercer experimento se realizaron de manera conjunta entre los días 28 de mayo a 12 de junio de 2014. Los estímulos en cada experimento se presentan de forma aleatoria.

Los formatos de los tres experimentos se detallan en apartado de anexos (Experimento 1, Experimento 2, Experimento 3).

Experimento 1 (ANT)

El primer experimento es un test de red atencional (ANT) de tipo «yes/no», en que cada estímulo consiste en una fila de 5 peces en horizontal mirando hacia la izquierda o hacia la derecha sobre un fondo blanco. El objetivo de la tarea es identificar, en cada ensayo, la dirección del pez central.

Experimento 2 (LETRAS)

El segundo experimento es un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «go/no-go», los estímulos consisten en letras individuales que aparecen, primero una y luego otra, si son la misma letra los niños debían de pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo) y si no son la misma letra, no deben responder.

Experimento 3 (VS)

El tercer experimento es un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «yes/no», los estímulos consisten en una letra individual o conjunto de letras que aparecen en pantalla, y los niños deben de identificar si entre ellas se encuentra la letra P; si aparece la letra P los niños debían pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo) y si no aparece la letra P los niños debían pulsar la letra Z (se identificó con un trozo de papel amarillo).

2.1.2. Instrumento

El instrumento utilizado en esta investigación es el experimento número tres: (VS).

2.1.2.1. Experimento 3 (VS)

- El tercer experimento es un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «yes/no».
- Los estímulos consisten en una letra individual o conjunto de letras que aparecen en pantalla, y los niños deben de identificar si entre ellas se encuentra la letra P.
 - Si aparece la letra P los niños debían pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo).
 - Si no aparece la letra P los niños debían pulsar la letra Z (se identificó con un trozo de papel amarillo).
- Hay un total de 120 estímulos, que se presentan de forma aleatorizada en cada repetición del experimento.
- En cada ítem, aparece una de las imágenes con distribuciones de letras “B”, que pueden tener o no una “P”.
- El programa registra el tiempo de reacción (TR) según el tiempo que se tarde en responder a cada estímulo. Se obtiene este valor en forma de ms, con 2 decimales. Se empieza a contar este tiempo en cuanto aparece la imagen con letras en pantalla.
- Cada ensayo consiste en dos estímulos:
 1. Aparece un punto de fijación (es decir, el símbolo +) que permanece en pantalla 500ms.
 2. Aparece la imagen en donde aparecen las letras. Ésta permanece en pantalla hasta que se pulse la tecla correspondiente o transcurra el lapso máximo de tiempo (2500ms) y se pase al siguiente ensayo.
- Se pulsa la barra espaciadora para pasar las instrucciones o para empezar el experimento.
- En DMDX, se puede responder de forma positiva o negativa a los estímulos; se ha programado que al responder que sí que hay letra P los ítems sean positivos y aquellos cuya respuesta sea que no hay letra P sean negativos. Se pulsa la letra M para responder de forma positiva

(se identificó con un papel rojo), y para responder de forma negativa se debe pulsar Z (se identificó con un papel amarillo).

- Los estímulos se presentan de forma continua: el programa otorga un lapso de 2500ms para pulsar una tecla, y si no se ha pulsado, al acabar el tiempo se pasa al siguiente estímulo.
- Si se pulsa alguna tecla, también se pasa al siguiente estímulo.
- La demora desde el final de un estímulo hasta el inicio del siguiente es de 68 ticks (1 tick son aproximadamente 17ms).
- No se le da al sujeto ningún tipo de feedback respecto a si ha respondido de forma correcta o incorrecta.
- El fondo de la pantalla es de color blanco (RGB: 255 255 255).
- El tamaño de la fuente es 36, y su color es negro.

2.1.3. Muestra

Se evaluó a 143 niños y niñas (70 niños, 48,95 %) de cursos seleccionados (desde 2º a 6º de Primaria, aproximadamente niños de 7 a 11 años) cuyos padres dieron previamente su consentimiento.

2.1.4. Análisis de datos

Existe un gran interés en el análisis de los tiempos de respuesta de los procesos cognitivos, quizá debido a que muchos programas informáticos permiten llevar a cabo experimentos de forma automática y miden RT con una precisión de milisegundos. Sin embargo los RT son tan complejos que pueden presentar limitaciones al probar modelos de procesos cognitivos, puesto que hay una falta de herramientas estándar para la caracterización de las distribuciones de RT y las estadísticas descriptivas simples, en general, no presentan una caracterización adecuada de los datos. Es por ello que una descripción en términos de funciones probabilísticas es generalmente lo más adecuado [28].

Los datos de RT por lo general están notoriamente sesgados, es decir, las distribuciones de tiempo de respuesta tienen una forma unimodal sesgada positivamente que contiene información que no se puede obtener de la media y la varianza de la distribución; este sesgo se puede dar en dos casos, primero cuando el proceso produce datos sesgados y, por lo tanto, hay que hacer un análisis que tome en cuenta la forma de distribución; y segundo cuando el proceso entrega datos simétricos, en este segundo caso los sesgos reflejan variables que pueden causar problemas, por lo que se recomienda recortar o ajustar los datos [23].

La forma de la distribución de un tiempo de respuesta (RT) puede ser descrita de mejor manera por el modelo ex gaussiano, puesto que los análisis basados en la media de RT no toman en cuenta la forma sesgada y, por lo tanto, pueden oscurecer los aspectos del rendimiento. En resumen, los análisis que no toman en cuenta la forma de las distribuciones de RT puede inducir a error y, por tal motivo, deben evitarse [23].

2.1.4.1. Análisis de distribución de tiempo de reacción. Modelo ex-gaussiano

La función de densidad de probabilidad (PDF) es la distribución de los valores de una variable aleatoria. Su área bajo la curva nos da la probabilidad de la función en un intervalo específico; caracterizar un fenómeno en términos de PDF es muy útil, puesto que permite estimar la probabilidad de que el proceso produce valores en un rango específico.

La distribución del tiempo de respuesta que coincide con la forma de una función exponencial se cree que es característica de los procesos de decisión. La distribución normal en cambio es típica de una gran variedad de actuaciones humanas incluyendo procesos perceptuales y motrices. Finalmente, las distribuciones que siguen la forma de la función ex-gaussiana, son el resultado de dos o más procesos secuenciales constituidos por una mezcla de distribuciones exponenciales y normales, por esta razón es muy útil su empleo en la caracterización de los tiempos de respuesta, pues se justifica teóricamente y proporciona valores de parámetros que son fáciles de interpretar [28].

En la figura (2.1) podemos apreciar los histogramas de las funciones exponencial, normal y ex-gaussiana, los cuales tienen una forma diferente. El cuadro (A) muestra una distribución de una función exponencial. El cuadro (B) muestra una distribución normal y el panel (C) presenta una distribución que corresponde a la función ex-gaussiana. Las tres distribuciones tienen la misma media $\bar{x} = 300$ (μ), variando σ y τ en sus respectivas funciones [28].

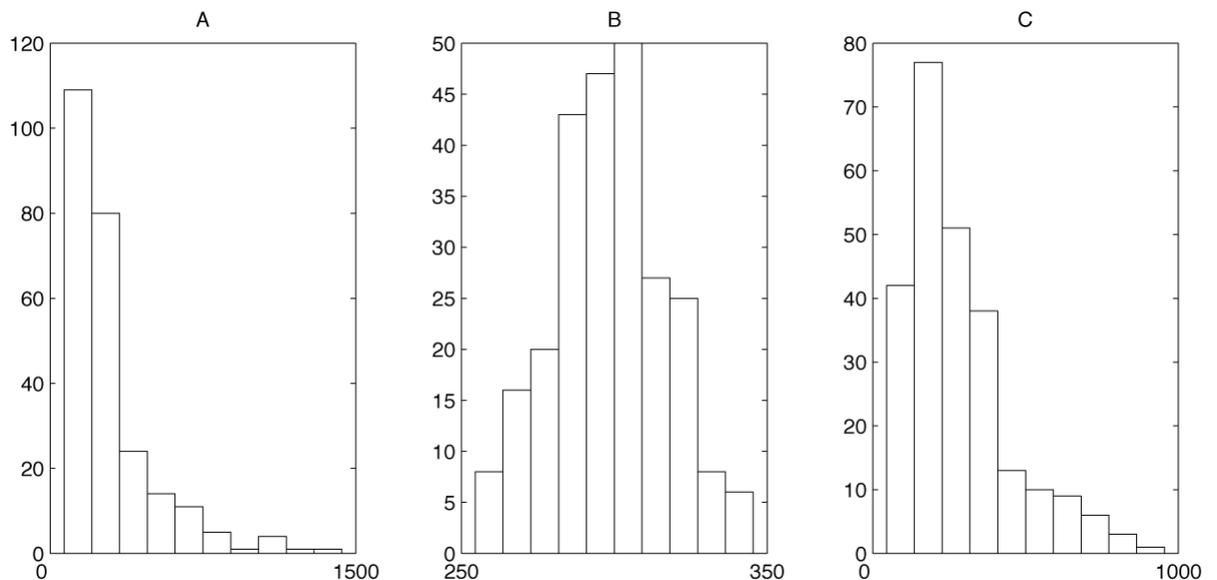


Figura 2.1: Distribuciones de RT.

Función de densidad de probabilidad ex-gaussiana.

Como se planteó anteriormente, la función ex-gaussiana es la combinación de dos procesos aditivos, una función gaussiana (normal) y una función exponencial [28]. Se describe a la ex-gaussiana como un modelo de tiempo de decisión en un proceso cognitivo [31].

La distribución tiene tres parámetros: la media de la normal, μ , la desviación estándar de la normal, σ , y el tercer parámetro es la media de la exponencial, τ . La expresión matemática para la ex-gaussiana

es:

$$f(x | \mu, \sigma, \tau) = \frac{1}{\tau} e^{\left(\frac{\mu}{\tau} + \frac{\sigma^2}{2\tau^2} - \frac{x}{\tau}\right)} \Phi\left(\frac{x - \mu - \frac{\sigma^2}{\tau}}{\sigma}\right) \quad \text{para } \sigma > 0, \tau > 0. \quad (2.1)$$

donde Φ es el valor de la densidad acumulativa de la función ex-gaussiana y

$$\Phi\left(\frac{x - \mu - \frac{\sigma^2}{\tau}}{\sigma}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{x - \mu - \frac{\sigma^2}{\tau}}{\sigma}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (2.2)$$

La parte exponencial de la ex-gaussiana se puede considerar como el componente de decisión, es decir, el tiempo necesario para decidir qué respuesta dar, mientras que el componente gaussiano puede ser visto como el componente de transducción, es decir, la suma del tiempo requerido por el proceso sensorial y el tiempo de requerido para hacer físicamente la respuesta [31].

En la Figura 2.2 observamos la función de probabilidad ex-gaussiana con parámetros $\mu = 500$, $\sigma = 100$ y $\tau = 250$ (Cuadro C) como resultado de la convolución de una función de probabilidad gaussiana (Cuadro A) con una función exponencial (Cuadro B).

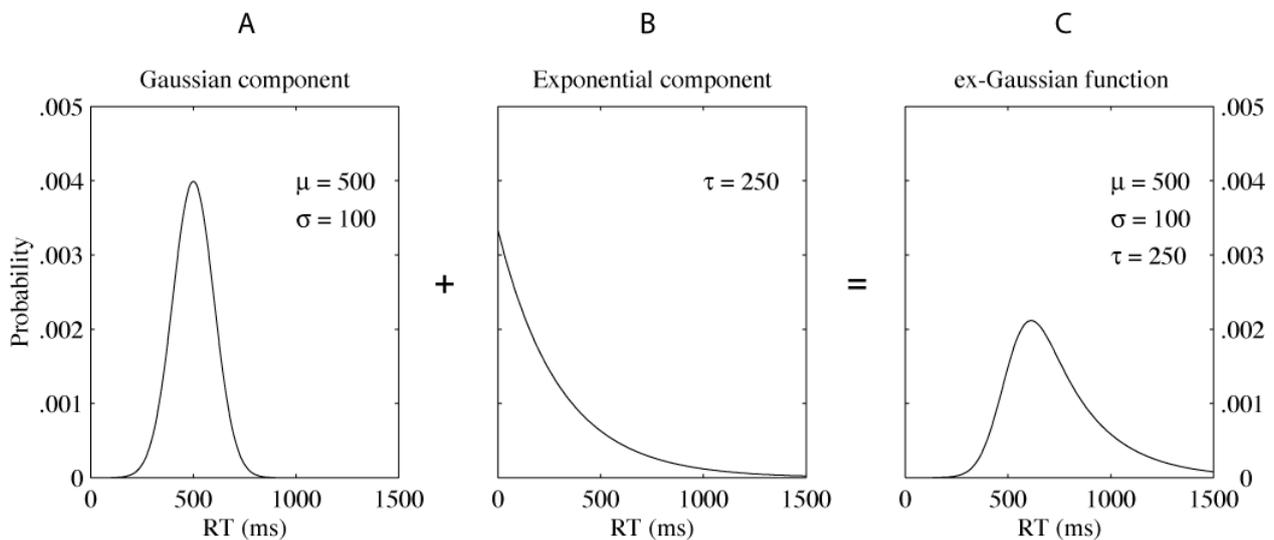


Figura 2.2: Combinación de funciones normal y exponencial [28].

La función ex-gaussiana es tan versátil que si variamos los parámetros de la misma, nos conduce a formas netamente normales o exponenciales. En la figura 2.3 notamos los cambios de forma según los parámetros. Así, con una $\mu = 0$ y una $\sigma = 0$, la ex-gaussiana produce una función exponencial y, con un $\tau = 0$, la ex-gaussiana se convierte una función normal.

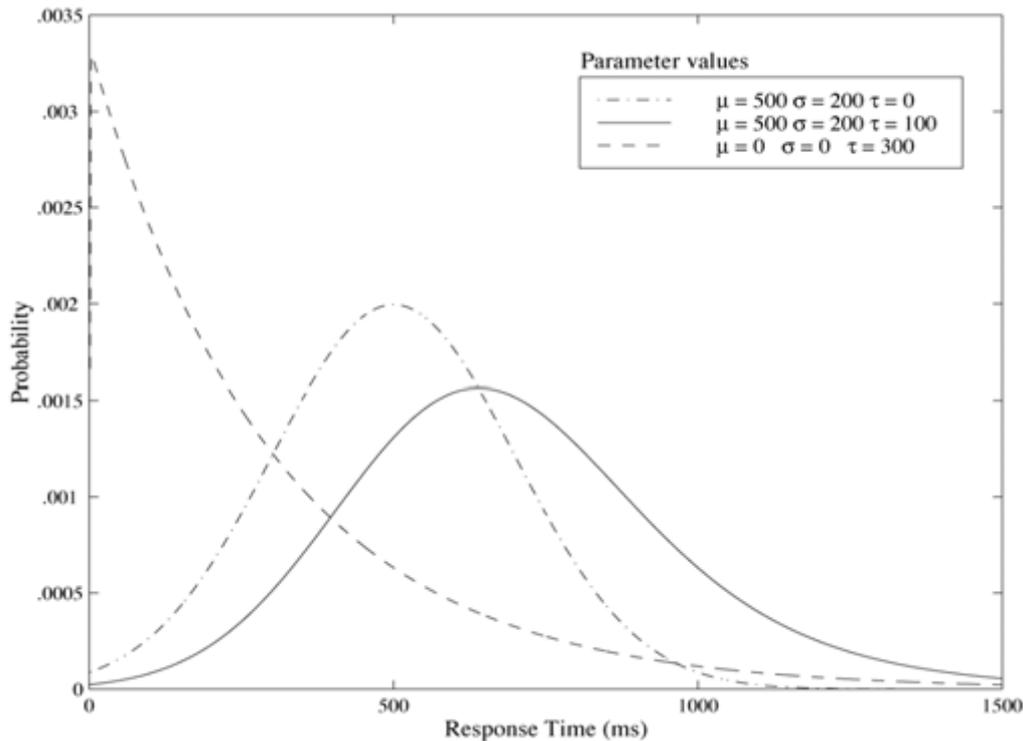


Figura 2.3: Variación de parámetros [28].

2.1.5. Máximo verosímil

Por lo general se suele utilizar la función normal para la distribución de datos de un experimento porque es muy fácil el cálculo de los estimadores y, además los entrega con una buena precisión, es decir obtenemos los estimadores de la media y de la desviación estándar muy cercanos a la realidad.

Pero, en funciones no tan sencillas como la ex-gaussiana hay que utilizar un enfoque iterativo que permita buscar el espacio de parámetros y estimar los valores de los parámetros que mejor se ajustan a una distribución de frecuencias. Para ello, al ajustar la función de probabilidad a los datos se evalúa utilizando el criterio de la bondad de ajuste (o error).

Uno de los criterios de ajuste más utilizado por su eficiencia y potencia es el del valor de verosimilitud [36].

Función verosimilitud

Dado un conjunto de valores de parámetros, la correspondiente PDF mostrará que algunos datos son más probables que otros, por lo tanto nos enfrentamos a un problema inverso; es decir, dados los datos observados y un modelo de interés, encontrar, de entre todas las densidades de probabilidad que pueden dar lugar al modelo, la más probable de haber producido estos datos. Para resolver este problema inverso, se define la función de verosimilitud mediante la inversión de los roles del vector de datos x , y el vector de parámetros θ en $f(x|\theta)$, es decir $L(\theta|x) = f(x|\theta)$, por lo tanto $L(\theta|x)$ representa la verosimilitud del parámetro θ dados los datos observados; y como tal es una función de x [36].

Dado que los valores de los parámetros que mejor se ajustan se asocian con la mayor probabilidad, este enfoque estadístico se conoce como estimación de máxima verosimilitud [28].

Como se dijo anteriormente, dada una PDF $f(x|\theta)$, con k parámetros $\theta[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k]$ y un conjunto X de datos compuesto de N observaciones $x_i, i = 1, \dots, N$, la función de verosimilitud es

$$L(\theta|X) = \prod_{i=1}^N f(x_i|\theta) \quad (2.3)$$

Debido a que la función verosimilitud entrega valores cercanos a cero cuando el conjunto de datos es grande, lo que provoca errores, a menudo se trabaja mejor con el *logaritmo de la verosimilitud* ($\log L$); de modo que el operador de producto se cambia por el operador sumatorio, estando de esta manera menos propensos a cometer errores de desbordamiento. Además, se suele utilizar la minimización del menos log-verosimilitud en vez de su maximización, de esta manera obtenemos la nueva función de verosimilitud

$$L(\theta|X) = - \sum_{i=1}^N \ln[f(x_i|\theta)] \quad (2.4)$$

En la figura (2.4) se puede observar cómo el criterio $\log L$ se minimiza cuando los valores de los parámetros de una función de probabilidad se ajustan mejor una distribución empírica. En este caso tenemos una distribución Gaussiana calculada para diversos valores del parámetro μ , en donde la gráfica izquierda muestra la correspondencia entre la distribución de frecuencias y las funciones PDF con los parámetros $\mu_A = 750$, $\mu_B = 1250$, y $\mu_C = 1750$ y la de la derecha muestra cómo los valores $\log L$ cambian de acuerdo con el valor del parámetro μ .

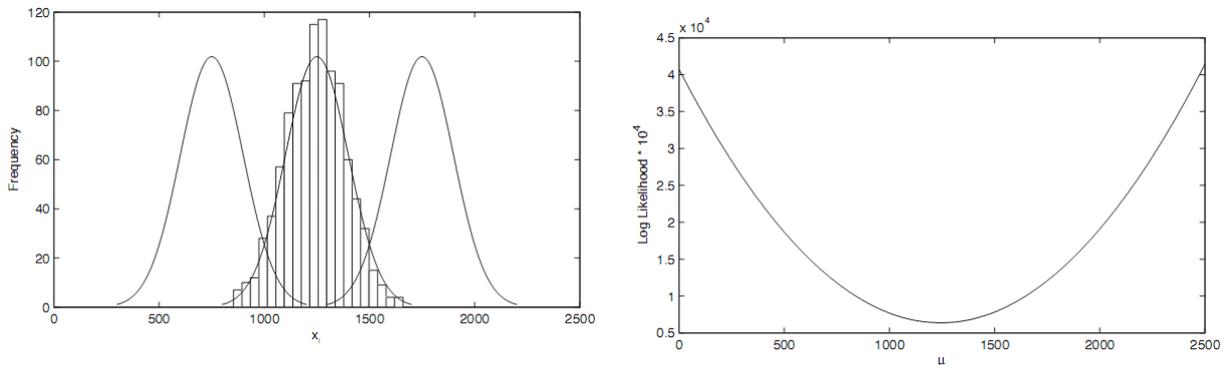


Figura 2.4: Ajuste de $\log L$ [28].

Método simplex

Esta rutina libre de derivadas construye un polígono d -dimensional que tiene $d - 1$ vértices (donde d es el número de parámetros a ser minimizado) en el espacio de parámetros. Por ejemplo, en un espacio tridimensional, el simplex es una pirámide; el valor de la función objetivo se calcula en cada esquina y el simplex se reorienta alrededor de la esquina, con el valor más bajo, que se aproxima de manera efectiva el gradiente, este procedimiento se repite hasta que el simplex se reduce a un volumen muy pequeño en torno a un mínimo [11].

Es un método que se utiliza para la minimización de una función de n variables, que depende de la comparación de los valores de la función en el $(n - 1)$ vértices de un simplex general, seguido por la sustitución del vértice con el valor más alto por otro punto. El método es eficaz y robusto, se adapta al formato local alargándose hasta planos inclinados largos, cambiando de dirección al encontrarse con un valle en ángulo y adjudicándose la vecindad de un mínimo [37].

El criterio logL define un ajuste de superficie en un espacio multiparamétrico a partir de valores de estos parámetros predeterminados. El método Simplex utiliza el gradiente más pronunciado en la superficie de ajuste para determinar cómo los valores de los parámetros se deben cambiar para mejorar el ajuste de la función. Esto funciona bien siempre que la superficie de ajuste sea continua y suave, esto suele suceder cuando se utiliza el criterio logL con un conjunto grande de datos. No obstante, este proceso tiene un tope o criterios de parada que se denominan tolerancias y, se alcanza la convergencia cuando ambos, tanto la mejora en la bondad de ajuste como el cambio en valores de los parámetros es menor que la función tolerancia [28].

Aunque el método simplex es un método muy eficaz pueden haber fallos al ver que después de muchas iteraciones no se llega al valor de tolerancia, quizá porque la superficie de ajuste no es lo suficientemente suave para un buen ajuste de los valores de los parámetros o es posible que la búsqueda se quede atascada en un mínimo local (figura 2.5). Para contrarrestar esto se suele empezar el proceso utilizando valores de los parámetros que se consideren cercanos a los valores reales, pero incluso utilizando esta técnica se puede cometer algún error, por lo que para estos casos en el que se necesita encontrar un mínimo global se debe proceder incrementando el número de iteraciones, iniciar la búsqueda con nuevos valores iniciales de los parámetros o aumentando las tolerancias [28].

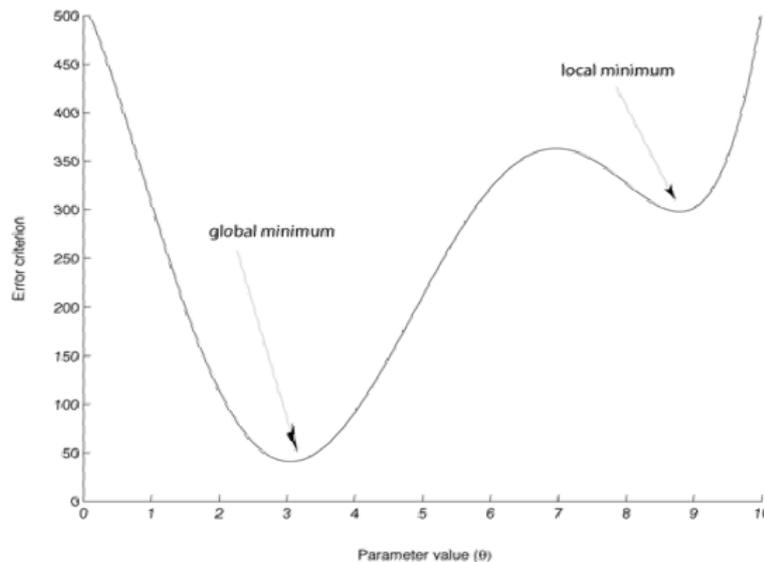


Figura 2.5: Mínimo local y global [28].

Criterio de información de Akaike (AIC)

Debido a que el criterio logL no permite las adecuaciones de las diferentes funciones de probabilidad que tienen diferente número de parámetros; por ejemplo, la función ex-gaussiana tiene tres parámetros (μ , σ , τ), la Gaussiana dos (μ , σ), y la función exponencial sólo uno (τ), se tiene en cuenta que la función de mejor ajuste es el que produce el valor más pequeño de logL con el menor número de parámetros [28].

Para esto se han propuesto varios criterios de idoneidad que permiten comparar el ajuste de las funciones que tienen diferente número de parámetros y lograr valores confiables [25].

Entre los criterios de idoneidad, el criterio de información de Akaike (AIC) es un indicador de bondad de ajuste muy usado que tiene en cuenta el número de parámetros, está dado por:

$$AIC = 2\text{Log}L(\theta|X) + 2k \quad (2.5)$$

donde $\text{Log}L$ es el valor menos log-verosimilitud obtenido con un cierto ajuste y k es el número de parámetros de la función obtenida para ajustar, AIC es más pequeño para funciones de probabilidad con mejores ajustes [25] [28].

2.2. Uso de MATLAB para ajuste

Para caracterizar distribuciones RT en términos de funciones de densidad de probabilidad (ex-gaussiana) utilizaremos el software MATLAB.

Muchas características clave hacen de MATLAB la mejor opción como un paquete de simulación y una herramienta de análisis; puesto que el software es ejecutable en varias de plataformas como: Windows, Mac OS, Linux y UNIX, además las implementaciones de software desarrollados para una plataforma fácilmente pueden trasladarse a otras; todo esto gracias a que MATLAB proporciona un entorno computacional sofisticado con un lenguaje de programación sencillo pero potente con herramientas de depuración y una interfaz gráfica sofisticada, siendo computacionalmente muy eficiente [28].

En esta investigación se ha implementado las herramientas de MATLAB, pero para fijar la función ex-gaussiana a la distribución, se requiere de las tres funciones de MATLAB siguientes:

1. Una función que implementa la PDF ex-gaussiana.
2. Una función que implemente el cálculo del criterio de $\log L$ (logaritmo de la función verosimilitud) para la ex-gaussiana.
3. Un algoritmo de búsqueda para encontrar los valores de los parámetros de mejor ajuste.

En MATLAB tenemos DISTRIB que es una caja de herramientas que comprende las funciones necesarias para ajustarse a la PDF ex-gaussiana.

A continuación se muestran las funciones que se han utilizado en esta investigación con sus respectivos algoritmos en MATLAB:

Todos los algoritmos y la explicación de los mismos han sido realizados por sus creadores Yves Lacouture (Université Laval) y Denis Cousineau (Université de Montréal) [28].

■ Función `exgausspdf`

```
function f=exgausspdf(mu,sig,tau, x)
% given parameter mu, sig and tau,
% returns density at x for the ex-gaussian.
% mu, sig, tau are scalars
% x is either a scalar, vector or matrix
% f has the same shape as x
% version 2.0 2/10/99
% (c) Yves Lacouture, Université Laval
arg1=(mu./tau)+((sig.*sig)./(2.*tau.*tau))-(x/tau);
arg2=((x-mu)-((sig.*sig)./tau))./sig;
f=(1./tau)*(exp(arg1).*pnf(arg2));
```

Detalle

1. En la función `exgausspdf` se ingresan cuatro argumentos y devuelve la densidad de la PDF ex-gaussiana con parámetros μ , σ y τ , dado el valor del dato x .
2. los argumentos μ , $\sigma > 0$ y $\tau > 0$ son escalares (números) y el argumento x puede ser un escalar, vector o matriz.
3. La función devuelve un vector de probabilidades f que tenga el mismo tamaño que los datos.

■ Función `simple_egfit`

```
function R=simple_egfit(data)
% version 2.1 26/02/07
% (c) Yves Lacouture, Universite Laval

tau=std(data).*0.8;           % valor inicial razonable para tau
mu=mean(data)-tau;           % valor inicial razonable para mu
sig=sqrt(var(data)-(tau.^2)); % valor inicial razonable para sig

pinit = [mu sig tau]; % pone los valores iniciales en una matriz
R=fminsearch(@(params) eglike(params,data),pinit);
% dados los datos , y parámetros de partida en
% pinit, encuentra los valores de los parámetros que minimiza eglike,
% the function returns R=[mu, sig, tau]
```

Esta función es una aplicación que realiza búsquedas de parámetros utilizando el método Simplex. **Detalle**

1. Se ingresa un solo argumento (un vector columna de datos).
2. Devuelve un vector de tres elementos $R = [\mu, \sigma, \tau]$ hecho de los valores de los parámetros mejor ajustados de la ex-gaussiana.
3. La búsqueda se realiza utilizando la función `fminsearch` de MATLAB que implementa el método de búsqueda Simplex y la función `eglike` que es el criterio de ajuste en el proceso de búsqueda.

■ Función `eglike`

```
function logL=eglike(params, data)
% version 2.0 21/01/03
% (c) Yves Lacouture, Universite Laval
% return minus log-likelihood value for the ex-Gaussian given
% params=[mu sigma tau], an array of parameters and
% data: a row or a colum vector of data
[n,m]=size(data);
if n == 1 % case of a row vector
    data = data';
    n = m;
end
x=exgausspdf(params(1),params(2),params(3),data)+eps;
logL=-sum(log(x));
```

Detalles

1. Se ingresa el argumento: Params = Argumento [μ , σ , τ], siendo éste un vector de tres elementos que especifica los valores de los parámetros de la función ex-gaussiana.
2. El segundo argumento es un vector de datos para el que se calcula el valor $\log L$.
3. La función `eglike.m` devuelve el valor de probabilidad calculada para la PDF ex-gaussiana dados los valores de parámetros específicos y un conjunto de datos.
4. La función devuelve el menos logaritmo de verosimilitud para la ex-gaussiana dados los valores de los parámetros y datos.

5. Función `aic.m`

```
function y=aic(logl,k)
y=2.*logl+(2.*k);      % calcula el criterio de información de
                        % Akaike (AIC)
```

Detalles

1. Se ingresa el menos log verosimilitud ($\log L$).
2. Se ingresa el número de parámetros k .
3. Devuelve el criterio de información de Akaike (AIC).

■ Función `egfit`

```
function R=egfit(data, params, options)
% version 2.2 27/02/07
% uses fminsearch instead of fmins
% (c) Yves Lacouture, Universite Laval

[n,m]=size(data);
if min(n,m) > 1
    error('First argument must be a vector');
end
if n == 1          % caso de un vector fila de datos.
    data = data';
    n = m;
end
if min(data) <= 0  % para deshacerse de los ceros y los números
                  % negativos.
    warning('data include zero(s) and/or negative number(s)');
    nc=length(find(data<=0));
    fprintf('%d values out of %d are truncated\n', nc, n);
    data=data(find(data>0));
end
if (nargin > 1 & ~isempty(params)) % valores explícitos de los
                                    % parámetros de partida
                                    % establecidos por el usuario.
    mu=params(1);
```

```

sig=params(2);
tau=params(3);
else
tau=std(data).*0.8;           % conjunto predeterminado de los
                             % parámetros iniciales, si no
                             % se especifica

mu=mean(data)-tau;           % usa valores heurísticos
sig=sqrt(var(data)-(tau^2));
end
if (nargin > 2 & ~isempty(options)) % valores de opciones explícitas
                                     % configurada por el usuario
                                     % y pasan a fmins
opts(1:3)=options(1:3);         % terminación, tolerancias de la
                                     % función y el número máximo
                                     % de iteraciones.

else
opts=[ 1.e-4,1.e-4];           % valores por defecto de terminación
                                     % y tolerancias de la función.

    opts(3)=200*length(data);     % valores por defecto de máximo
end

%optionsfmin=optimset('TolX',opts(1),'TolFun',opts(2),'MaxIter',
opts(3));
% was in version 2.2; should be MaxFunEvals

optionsfmin=optimset('TolX',opts(1),'TolFun',opts(2),'MaxFunEvals',
opts(3));

pinit = [mu sig tau];           % pone valores iniciales de los
                                     % parámetros en una matriz.

% [R,opt] = fmins('eglike',pinit,opts,[],data);
% basado en la antigua función fmins.

[R,fval,outf,op]=fminsearch(@(params)eglike(params,data),
pinit,optionsfmin);

if (outf<1)
    disp(op)
end

```

Para ajustar la ex-gaussiana a una distribución de frecuencia, la Egfit es la función más flexible y robusta. **Detalles**

1. Esta función requiere por lo menos el argumento *data*, que es un vector que contiene los datos para ajustar la ex-gaussiana.

2. El argumento *Params* = [mu, sigma, tau] asigna los valores de los parámetros de partida para que se especifique el proceso de búsqueda.
3. Las *opciones* = [tolerance, ftolerance, niter] asigna los controles opcionales para que fminsearch se ajuste. Los valores de tolerancia opcionales controlan la tolerancia de terminación (ttolerance) y la tolerancia funcional (ftolerance) del método Simplex. Los valores por defecto son 0.0001.
4. Por último, el argumento opcional niter controla el número máximo de iteraciones en el proceso de búsqueda. El valor predeterminado es niter = 200 * longitud (datos).

■ Función exppdf

```
function y = exppdf(x, mu)
% exponential pdf
if nargin==1
y=exp(-x);
else
y=(1/mu).*exp(-x./mu);
end
```

Detalles

1. En esta función se ingresa el parámetro media μ
2. Se ingresan los valores en X.
3. Esta función devuelve la probabilidad a los valores de x de la función de densidad para la distribución exponencial con parámetro mu.

4. Función plotegfit

```
function plotegfit(data, params, nbins)
% Traza un histograma de datos y cubre la PDF ex-gaussiana
% con los parámetros params = [mu sigma tau]
% los datos deben ser un vector
% nbins es opcional and permite establecer
% explícitamente el número de contenedores
% (c) Yves Lacouture, Universite Laval
% Version 2.0 27/02/03
[n,m]=size(data);
if min(n,m) > 1
    error('First argument must be a vector');
end
if n == 1 % caso de un vector de datos
data = data';
n = m;
end
if nargin < 2
    error('Second argument must be parameter values [mu sigma tau]');
end

if nargin < 3
```

```

    nbins = ceil(sqrt(n));      % número predeterminado de intervalos
end

x=(min(data):0.1:max(data))'; % valores de x uniformemente
                                % espaciados para el trazo
[nb, xb]=hist(data,nbins);     %calcula los valores de los intervalos
hand=bar(xb,nb,1,'w');        % grafica histograma, sin espacios,
                                % llena en blanco

set(gca,'NextPlot','add');

xd=get(hand,'Xdata');          % obtiene los valores de x
                                % para el histograma

rangex=max(xd(:)) - min(xd(:));
bw=rangex/nbins;              % calcula el ancho del intervalo

egp=exgausspdf(params(1),params(2),params(3),x);
% obtiene densidad de la ex-Gaussiana
egp=n*(egp*bw);
% normaliza egp
plot(x,egp,'k-');

```

Detalles

1. Se ingresa el argumento `params = [mu, sigma, tau]`.
2. Esta función traza un histograma del vector de datos con la superposición de la función ex-gaussiana

■ Función pnf

```

function p=pnf(x)
% cumulative probability for the normalized Gaussian
% x is scalar, vector or matrix
% f has the same shape as x
% version 1.0 2/10/99
% (c) Yves Lacouture, Université Laval
a=find(x<0);
b=find(x>=0);
p=x;
m_sqrt2=sqrt(2);
p(b)=(1+erf(x(b)./m_sqrt2))./(2);
p(a)=(erfc(-x(a)./m_sqrt2))./(2);

```

Detalles

1. Se ingresa el argumento `data (x)`.
2. La función devuelve el valor acumulado para la función de densidad de la distribución gaussiana con parámetros μ y σ .

2.2.1. Ajuste ex-gaussiano de los datos del experimento

Puestos de manifiesto todos los métodos, algoritmos y funciones que se han utilizado en la realización del experimento, el siguiente paso es aplicar los procesos en los datos obtenidos en el test realizado a los niños que son el objeto de estudio.

Una vez que se cuenta con las herramientas y los conceptos necesarios para un buen ajuste, se procede a analizar los datos obtenidos en el experimento tres, que es la base de esta investigación.

A continuación se realiza un resumen del proceso del experimento, explicando cada paso que se ha seguido.

Método

En el experimento tres (VS), se tomó una muestra de 143 alumnos de una escuela de la ciudad de Valencia (70 niños, 48,95 %, edad media de 09,53 años y $SD = 1,31$ de cursos seleccionados) cuyos padres dieron previamente su consentimiento.

De esta muestra, 19 alumnos (13,28 %) presentaban patologías de diversas clases, que se habían diagnosticado previamente por un especialista; de los cuales, 3 (2,09 %) con TDA, 1 (0,70 %) con TDH y 2 (1,39 %) con TDAH. El resto de alumnos presentaban un desarrollo típico.

Material de medición y procedimiento

El test base que se utilizó fue un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «yes/no», el cual se procesó mediante el programa computacional DMDX.

La tarea fue presentada a cada niño de forma individual, los mismos que utilizaron un ordenador portátil. El tiempo de duración de la prueba fue entre 6 a 7 minutos.

Los niños fueron instruidos para: pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo) si aparecía la letra P, pulsar la letra Z (se identificó con un trozo de papel amarillo) si no aparecía la letra P, pulsar la barra espaciadora para pasar las instrucciones o para empezar el experimento y saber que si se pulsa alguna tecla, también se pasa al siguiente estímulo.

Los estímulos consisten en una letra individual o conjunto de letras que aparecen en pantalla, y los niños deben de identificar si entre ellas se encuentra la letra P.

La prueba incluye 120 estímulos, que se presentan de forma aleatoria en cada repetición del experimento. Cada ensayo consiste en dos estímulos que se presentan de forma continua: primero aparece un punto de fijación (el símbolo +) que permanece en pantalla 500ms; luego se pasa al siguiente estímulo, que es la imagen en donde aparecen las letras, ésta permanece en pantalla hasta que se pulse la tecla correspondiente o transcurra el lapso máximo de tiempo (2500ms) y se pase al siguiente ensayo.

En DMDX, se puede responder de forma positiva o negativa a los estímulos; se ha programado que al responder que sí hay letra P los ítems sean positivos y aquellos cuya respuesta sea que no hay letra P sean negativos. El programa registra el tiempo de reacción (TR) según el tiempo que se tarde en responder a cada estímulo. Se obtiene este valor en forma de ms, con 2 decimales. Se empieza a contar este tiempo en cuanto aparece la imagen con letras en pantalla.

Análisis de Datos

Para el análisis de los datos obtenidos en el test de decisión léxica, todos los valores menores que $100ms$ fueron descartados para evitar errores anticipados.

Luego tenemos el cálculo de las variables descriptivas, en este caso los valores de la *media* y *desviación estándar* de los conjuntos de tiempo de respuesta de niños con patología (NCP) y niños sin patología (NSP), como observamos en la tabla (2.1) .

Niños	Media	Desviación Estándar (SD)
NCP Aciertos	870.69	361.92
NCP Errores	-1389.70	894.72
NSP Aciertos	811.79	303.41
NSP Errores	-1119.40	733.93

Tabla 2.1: Tabla de medias y SD de NCP y NSP

El análisis ex-gaussiano se hizo implementando la herramienta DISTRIB de MATLAB [28]. Los datos antes de ser exportados a MATLAB, se organizaron en Excel.

Como se mencionó anteriormente la distribución ex-gaussiana tiene tres parámetros μ , σ y τ , cuyas estimaciones de se obtuvieron mediante el ajuste de esta distribución a la distribución de frecuencias de las respuestas correctas del test para cada niño. Figura 2.6.

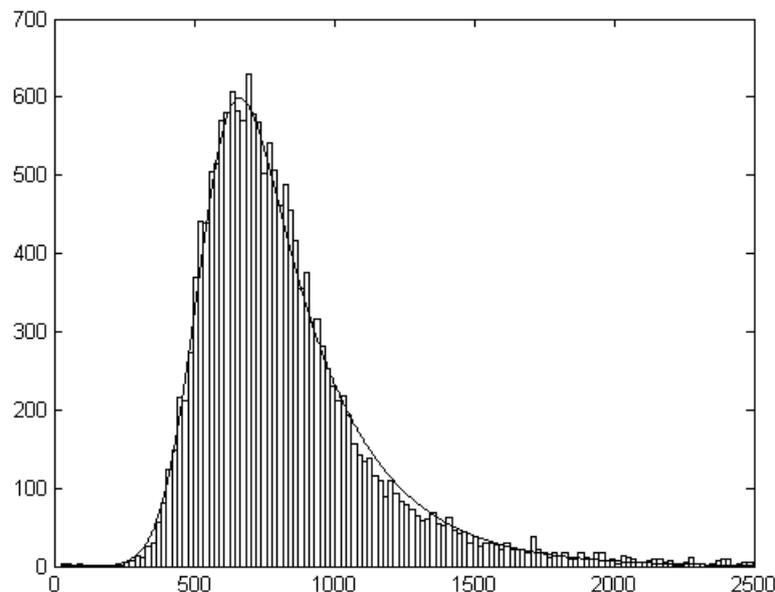


Figura 2.6: Ajuste de ex-gaussiana a una distribución de RT.

El ajuste se ha hecho primero, buscando los valores estimados de los parámetros μ , σ y τ , utilizando la función *simple_egfit*, la cual es una implementación del método de búsqueda *Simplex* en

la que se ingresan los datos y entrega los valores de los parámetros estimados con máxima verosimilitud. Tabla 2.2.

Niños	Mu	Sigma	Tau
NCP Aciertos	548.93	144.64	321.75
NCP Errores	-1406.1	898.8	24.6
NSP Aciertos	537.16	106.29	274.63
NSP Errores	-1142.00	731.80	20.40

Tabla 2.2: Tabla de parámetros para NCP y NSP

Una vez obtenidos los parámetros de salida, hubo que ajustarlos con la herramienta de *Matlab*, *egfit*, que también es un método de búsqueda *Simplex* en la que se ingresan los datos y hace una busca de parámetros que mejor ajuste a la ex-gaussiana. En este ajuste vamos a utilizar las respuestas correctas del test. Tabla 2.3.

Niños	Mu	Sigma	Tau
NCP Aciertos	548.93	144.64	321.75
NSP Aciertos	537.16	106.29	274.63

Tabla 2.3: Tabla de parámetros ajustados para NCP y NSP

Estos valores coinciden con los valores de los NCP y NSP de la tabla 2.2, lo que significa que se ha hecho un buen ajuste de los parámetros ex-gaussianos.

La función *eglike* se utilizó para calcular los valores de log-verosimilitud para todos los parámetros. Tabla 2.4.

Niños	Menor log verosimilitud de los parámetros
NCP Aciertos	$1,4572e + 04$
NSP Aciertos	$1,0316e + 05$

Tabla 2.4: Tabla de log verosimilitud de los parámetros de la distribución

Para apreciar el ajuste de la función de probabilidad ex-gaussiana con la distribución, se utilizó la herramienta de *Matlab*, *plotegfit* que es la superposición de la función en el histograma de la distribución, como se aprecia en la figura 2.7

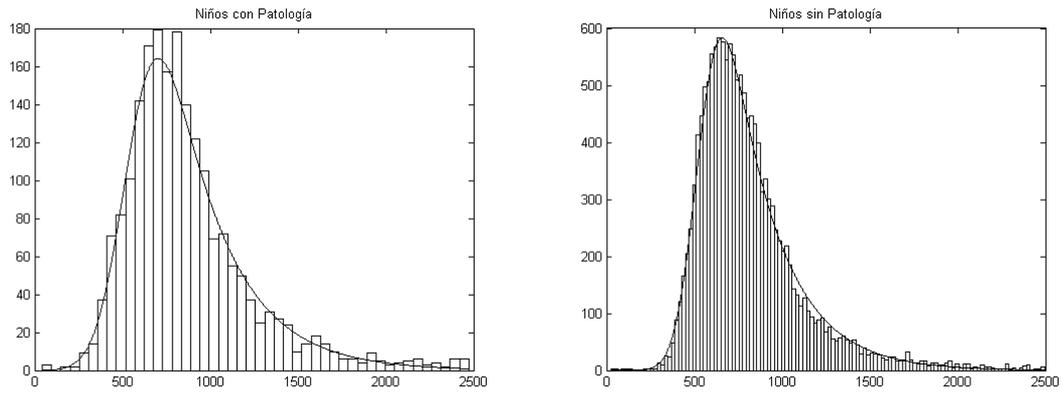


Figura 2.7: Ajuste de ex-gaussiana a distribuciones de RT de NCP y NSP.

Capítulo 3

Resultados

En el estudio realizado se confirma que la función que mejor se ajusta a una distribución de RT es la función ex-gaussiana. Función en que la media y la desviación estándar dejan de ser μ y σ , respectivamente; por lo tanto la media gaussiana es $\bar{M} = \mu + \tau$.

3.1. Comparación entre parámetros de la distribución ex-gaussiana

Comparando los resultados de los parámetros, μ no difirió significativamente entre los niños con y sin patología. Sin embargo, se encontró diferencias considerables en los parámetros σ y τ que indican una mayor variabilidad alrededor de la media y un mayor número de tiempos de reacción lentos ocasionales en un paciente con TDAH. Tabla 2.3.

En un estudio anterior donde también se se compararon parámetros, se llegó a determinar que los RT de niños con TDAH proporcionaban μ y σ más grandes que en los controles [3] [14] [8].

En otros estudios que se han hecho empleando también la función ex-gaussiana, solo ha variado τ , lo que hace pensar que este parámetro es el más sensible indicador que determina la presencia de TDAH en los niños, puesto que en ellos se presenta con mayor intensidad [6] [13] [29] .

Los resultados obtenidos en esta y en otras investigaciones difieren en lo que respecta a μ y σ , sin embargo τ es el indicador esencial que conduce siempre a la conclusión de que existe en pequeña o gran proporción la patología del TDAH.

Ahora bien, debido a la puntuación elevada del τ en los diferentes experimentos (incluido el presente trabajo), ya se puede tomar como referente este parámetro para dar un diagnóstico de TDAH en los niños. Los valores de μ y σ varían entre uno y otro experimento, quizá porque los test para la evaluación de los niños es diferente en cada caso o porque los grupos de control varían (edad), pero de alguna estos parámetros han de determina situaciones psicológicas en el individuo.

3.2. Errores

Los errores representan los fallos ocurridos en el desarrollo del test, estos ocurren cuando responden en forma incorrecta (error de comisión) o cuando dejan pasar la respuesta aún sabiéndola (error de omisión). En el presente estudio, los errores presentan poca diferencia entre los parámetros de la función de ajuste.

Al comparar la *media* y la *desviación estándar* de la muestra con el μ y el σ de la función ex-gaussiana ajustada, se determina que en los aciertos difieren notablemente, puesto que la media cambia a $\bar{M} = \mu + \tau$ y la desviación estándar a $\tau^2 + \sigma^2$; pero en los errores no sucede exactamente igual, puesto que aunque la *media* y la μ presentan notable diferencia, no pasa lo mismo con la *desviación estándar* y σ .

3.3. Conclusión

Un estudio de tiempos de reacción, ajustando la función ex-gaussiana a la distribución de tiempos de reacción, podría ser muy útil en el diagnóstico del TDAH en un niño. Inicialmente sería un punto de partida muy importante, puesto que los parámetros de la función (*mu*, *sigma* y *tau*) darían un indicativo confiable, con el que se tendría una base segura para futuros tratamientos.

En lo que respecta a los parámetros estudiados, el parámetro τ parece tener relación directa con la patología del TDAH, lo que invita a pensar que sería interesante hacer múltiples experimentos con diferentes tipos de tests, para ver sus variaciones y el tipo de relación que pueda presentar.

Anexos

3.4. Experimento 1 (ANT)

- El primer experimento es un test de red atencional (ANT) de tipo «yes/no».
- Cada estímulo consiste en una fila de 5 peces en horizontal, mirando hacia la izquierda o hacia la derecha, sobre un fondo blanco.
- El objetivo de la tarea es identificar, en cada ensayo, la dirección del pez central. Por tanto, los peces a los lados del pez central variarán, creándose condiciones congruentes (los peces adyacentes miran hacia el mismo lado que el central) o incongruentes (los peces adyacentes miran hacia lados opuestos que el central).
- La tarea de los participantes es identificar la dirección del pez central pulsando un botón concreto del ordenador empleado.
- El mensaje de presentación del experimento a los niños es el siguiente:

A continuación se presentará una fila de cinco peces o peces de forma aislada.

Cuando el pez medial mire hacia la derecha, pulse la tecla M.

Si el pez medial mira a la izquierda, pulse la tecla Z.

Ejemplo:



Responde tan rápido como puedas, pero ...no tan rápido como para cometer errores.

Cuando estés listo pulsa ESPACIO para comenzar

- Las condiciones son:
 - Congruente 1



- Congruente 2



- Incongruente 1



- Incongruente 2



- Neutral 1



- Neutral 2



- Las condiciones de referencia que aparecen antes de cada estímulo son (varían dependiendo del estímulo):

- No cue



- Central cue



- Spatial cue

*

+

- Double cue

*

+

*

- Hay un total de 144 estímulos, que se presentan de forma aleatorizada en cada repetición del experimento.
- De estos estímulos, hay las siguientes combinaciones:
 - ITEMS 1-6: 6 ítems congruentes (congruente1) hacia la derecha, “no cue”.
 - ITEMS 7-12: 6 ítems congruentes (congruente1) hacia la derecha, “double cue”.
 - ITEMS 13-18: 6 ítems congruentes (congruente1) hacia la derecha, “spatial cue”.
 - ITEMS 19-24: 6 ítems congruentes (congruente1) hacia la derecha, “central cue”.
 - ITEMS 25-30: 6 ítems congruentes (congruente2) hacia la izquierda, “no cue”.
 - ITEMS 31-36: 6 ítems congruentes (congruente2) hacia la izquierda, “double cue”.
 - ITEMS 37-42: 6 ítems congruentes (congruente2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 - ITEMS 43-48: 6 ítems congruentes (congruente2) hacia la izquierda, “central cue”.
 - ITEMS 49-54: 6 ítems incongruentes (incongruente1) hacia la derecha, “no cue”.
 - ITEMS 55-60: 6 ítems incongruentes (incongruente1) hacia la derecha, “double cue”.
 - ITEMS 61-66: 6 ítems incongruentes (incongruente1) hacia la derecha, “spatial cue”.
 - ITEMS 67-72: 6 ítems incongruentes (incongruente1) hacia la derecha, “central cue”.
 - ITEMS 73-78: 6 ítems incongruentes (incongruente2) hacia la izquierda, “no cue”.
 - ITEMS 79-84: 6 ítems incongruentes (incongruente2) hacia la izquierda, “double cue”.

ITEMS 85-90: 6 ítems incongruentes (incongruente2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 ITEMS 91-96: 6 ítems incongruentes (incongruente2) hacia la izquierda, “central cue”.
 ITEMS 97-102: 6 ítems neutrales (neutral1) hacia la derecha, “no cue”.
 ITEMS 103-108: 6 ítems neutrales (neutral1) hacia la derecha, “double cue”.
 ITEMS 109-114: 6 ítems neutrales (neutral1) hacia la derecha, “spatial cue”.
 ITEMS 115-120: 6 ítems neutrales (neutral1) hacia la derecha, “central cue”.
 ITEMS 121-126: 6 ítems neutrales (neutral2) hacia la izquierda, “no cue”.
 ITEMS 127-132: 6 ítems neutrales (neutral2) hacia la izquierda, “double cue”.
 ITEMS 133-138: 6 ítems neutrales (neutral2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 ITEMS 139-144: 6 ítems neutrales (neutral2) hacia la izquierda, “central cue”.

ITEMS 1002-1004: 3 ítems congruentes (congruente1) hacia la derecha, “no cue”.
 ITEM 1005: 1 ítem incongruente (incongruente1) hacia la derecha, “no cue”.
 ITEMS 1007-1008: 2 ítems incongruentes (incongruente1) a la derecha, “double cue”.
 ITEMS 1009-1012: 4 ítems neutrales (neutral1) hacia la derecha, “double cue”.
 ITEM 1013: 1 ítem congruente (congruente2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 ITEM 1014: 1 ítem neutral (neutral2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 ITEMS 1015-1016: 2 ítems congruentes (congruente2) hacia la izquierda, “spatial cue”.
 ITEMS 1017-1018: 2 ítems incongruentes (incongruente2) a la izquierda, “spatial cue”.
 ITEMS 1019-1020: 2 ítems incongruentes (incongruente2) a la izquierda, “central cue”.
 ITEMS 1021-1024: 4 ítems neutral (neutral2) hacia la izquierda, “central cue”.

- El programa registra el tiempo de reacción (TR) según el tiempo que se tarde en responder a cada estímulo. Se obtiene este valor en forma de ms, sin decimales. Se empieza a contar este tiempo en cuanto aparece la imagen de los peces.
- Se pulsa la barra espaciadora para pasar las instrucciones o para empezar el experimento.
- En DMDX, se puede responder de forma positiva o negativa a los estímulos, se ha programado en este caso que los ítems cuya respuesta sea “derecha” sean positivos, y aquellos cuya respuesta sea “izquierda” sean negativos. Se pulsa la letra M para responder de forma positiva, y la letra Z para responder de forma negativa a los estímulos.
- El fondo de la pantalla es de color blanco (RGB: 255 255 255).
- El tamaño de la fuente es 36, y su color es negro.
- Los estímulos se presentan de forma continua: al aparecer la imagen, el programa otorga un lapso de 2500ms para pulsar una tecla, y si no se ha pulsado, al acabar el tiempo se pasa al siguiente estímulo. La imagen con los peces permanece en pantalla hasta que se pulse una de las teclas o finalice este lapso de tiempo.
- La demora desde el final de un estímulo hasta el inicio del siguiente es de 68 ticks (1 tick son aproximadamente 17ms). (Intervalo de tiempo entre estímulos)
- Antes de cada imagen con peces, aparecen las “cues”. La presentación de estas referencias (cues) dura 3 ticks. Es muy fugaz, con lo cual no llega a percibirse.
- Cuando el sujeto responde de forma correcta, aparece un mensaje en pantalla que pone “CORRECTO”, y si responde de forma errónea, aparece el mensaje “ERROR” en pantalla. Si no responde y pasa el lapso de tiempo otorgado, aparece el mensaje “No response”. La presentación del feedback: “CORRECTO” o “ERROR” dura 500ms.

- Al terminar el experimento, sale en pantalla el mensaje:

*Haz terminado.
Muchas gracias por tu colaboración.*

3.5. Experimento 2 (LETRAS)

- El segundo experimento es un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «go/no-go».
- Los estímulos consisten en letras individuales que aparecen, primero una y luego otra:
 - Si son la misma letra (independientemente de si una era mayúscula y la otra minúscula), los niños debían de pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo).
 - Si no son la misma letra, no deben responder.
- El mensaje de presentación del experimento a los niños es el siguiente:

INSTRUCCIONES
*Si ambos estímulos son iguales, pulsa SÍ.
Si son diferentes, no haga nada.
Responde tan rápido como puedas procurando cometer pocos errores.
Cuando estés preparado/a, pulsa BARRA ESPACIADORA*

- Hay un total de 128 estímulos, que se presentan de forma aleatorizada en cada repetición del experimento.
- En cada ítem, aparece en el centro de la pantalla una línea de 5 numerales: # # # # # .
Y encima de estos numerales, una letra. Ambos estímulos permanecen en pantalla 2000ms.
A continuación, aparece en el mismo sitio donde estaba la línea de numerales, durante una duración de 1 tick, la segunda letra. Esta puede ser igual o no, y sirve a modo de distracción, ya que su aparición es fugaz.
Y por último, vuelve a aparecer una tercera letra en pantalla, también en el sitio donde antes se encontraban los numerales y permanece en pantalla hasta que el sujeto responda o finalice el lapso de tiempo otorgado para responder (2500ms). Esta letra es a la que el sujeto responde si es igual o no a la primera presentada. Al aparecer esta tercera letra se activa el temporizador del TR.

Ejemplo de la primera parte del ítem:

B
#####

Ejemplo de la segunda parte del ítem:

b

Ejemplo de la tercera parte del ítem:

r

- De estos estímulos, hay 64 positivos y 64 a los que no hay que dar respuesta:

ITEMS 1-8: 8 ítems positivos, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 1: B, b y b
- Item 2: A, a y a
- Item 3: M, m y m
- Item 4: R, r y r
- Item 5: C, c y c
- Item 6: O, o y o
- Item 7: V, v y v
- Item 8: X, x y x

ITEMS 9-16: 8 ítems a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 9: B, b y r
- Item 10: A, a y m
- Item 11: M, m y a
- Item 12: R, r y b
- Item 13: C, c y V
- Item 14: O, o y x
- Item 15: V, v y o
- Item 16: X, x y c

ITEMS 17-24: 8 ítems positivos, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 17: b, B y B
- Item 18: a, A y A

- Item 19: m, M y M
- Item 20: r, R y R
- Item 21: c, C y C
- Item 22: o, o y O
- Item 23: v, V y V
- Item 24: x, X y X

ITEMS 25-32: 8 items a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 25: b, B y M
- Item 26: a, A y B
- Item 27: m, M y R
- Item 28: r, R y A
- Item 29: c, C y V
- Item 30: o, o y X
- Item 31: V, v y O
- Item 32: x, X y C

ITEMS 33-40: 8 items positivos, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 33: B, r y b
- Item 34: A, m y a
- Item 35: M, a y m
- Item 36: R, b y r
- Item 37: C, x y c
- Item 38: O, v y o
- Item 39: V, o y v
- Item 40: X, c y x

ITEMS 41-48: 8 items a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 41: B, a y m
- Item 42: A, b y r
- Item 43: M, r y b
- Item 44: R, m y a
- Item 45: C, x y o
- Item 46: O, v y x
- Item 47: V, o y c
- Item 48: X, c y v

ITEMS 49-56: 8 items positivos, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 49: b, A y B
- Item 50: a, R y A
- Item 51: m, B y M
- Item 52: r, M y R
- Item 53: c, X y C
- Item 54: o, V y O
- Item 55: v, O y V
- Item 56: x, C y X

ITEMS 57-64: 8 items a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 57: b, M y R
- Item 58: a, R y M
- Item 59: m, B y A
- Item 60: r, A y B
- Item 61: c, X y O
- Item 62: o, V y X
- Item 63: v, O y C
- Item 64: x, C y V

ITEMS 65-72: 8 items positivos, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 65: B, b y b
- Item 66: A, a y a
- Item 67: M, m y m
- Item 68: R, r y r
- Item 69: C, c y c
- Item 70: O, o y o
- Item 71: V, v y v
- Item 72: X, x y x

ITEMS 73-80: 8 items a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 73: B, b y r
- Item 74: A, a y m
- Item 75: M, m y a
- Item 76: R, r y b
- Item 77: C, c y V
- Item 78: O, o y x
- Item 79: V, v y o

- Item 80: X, x y c

ITEMS 81-88: 8 ítems positivos, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 81: b, B y B
- Item 82: a, A y A
- Item 83: m, M y M
- Item 84: r, R y R
- Item 85: c, C y C
- Item 86: o, o y O
- Item 87: v, V y V
- Item 24: x, X y X

ITEMS 89-96: 8 ítems a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 89: b, B y M
- Item 90: a, A y B
- Item 91: m, M y R
- Item 92: r, R y A
- Item 93: c, C y V
- Item 94: o, o y X
- Item 95: V, v y O
- Item 96: x, X y C

ITEMS 97-104: 8 ítems positivos, la primera letra es mayúscula y la segunda y tercera minúsculas.

- Item 97: B, r y b
- Item 98: A, m y a
- Item 99: M, a y m
- Item 100: R, b y r
- Item 101: C, x y c
- Item 102: O, v y o
- Item 103: V, o y v
- Item 104: X, c y x

ITEMS 105-112: 8 ítems a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 105: B, a y m
- Item 106: A, b y r
- Item 107: M, r y b
- Item 108: R, m y a

- Item 109: C, x y o
- Item 110: O, v y x
- Item 111: V, o y c
- Item 112: X, c y v

ITEMS 113-120: 8 items positivos, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 113: b, A y B
- Item 114: a, R y A
- Item 115: m, B y M
- Item 116: r, M y R
- Item 117: c, X y C
- Item 118: o, V y O
- Item 119: v, O y V
- Item 120: x, C y X

ITEMS 121-128: 8 items a los que no hay que responder, las letras son distintas, la primera letra es minúscula y la segunda y tercera mayúsculas.

- Item 121: b, M y R
- Item 122: a, R y M
- Item 123: m, B y A
- Item 124: r, A y B
- Item 125: c, X y O
- Item 126: o, V y X
- Item 127: v, O y C
- Item 128: x, C y V

- El programa registra el tiempo de reacción (TR) según el tiempo que se tarde en responder a cada estímulo. Se obtiene este valor en forma de ms, con 2 decimales. Se empieza a contar este tiempo en cuanto aparece la segunda letra en pantalla.
- Se pulsa la barra espaciadora para pasar las instrucciones o para empezar el experimento.
- En DMDX, se puede responder de forma positiva o negativa a los estímulos, se ha programado en este caso que los ítems cuya respuesta sea “Sí” sean positivos (es decir, cuando ambas letras son iguales), y aquellos cuya respuesta sea “No” sean negativos (es decir, cuando las letras son diferentes). Se pulsa la letra M para responder de forma positiva (se identificó con un papel rojo), y en este caso, aunque se ha programado que si son diferentes se debe pulsar Z, se les ha dado la instrucción de no pulsar ninguna tecla cuando las letras sean distintas, con lo cual las respuestas negativas siempre obtendrán un TR máximo (en este caso, 2500ms).

NOTA 1

HAY QUE TENER ESTO EN CUENTA AL ANALIZAR LOS DATOS: los TR altos en los ítems donde no hay que responder, indicarían buenos resultados, y los TR bajos, serían errores, ya que habrían respondido, por lo tanto indicarían falta de inhibición y posible TDAH. En este experimento en concreto, es adecuado observar también los errores, y no descartarlos a la hora de realizar las curvas.

- Los estímulos se presentan de forma continua: el programa otorga un lapso de 2500ms para pulsar una tecla cuando aparece la tercera letra, y si no se ha pulsado, al acabar el tiempo se pasa al siguiente estímulo.
- Si se pulsa alguna tecla, también se pasa al siguiente estímulo.
- La demora desde el final de un estímulo hasta el inicio del siguiente es de 68 ticks (1 tick son aproximadamente 17ms). (Intervalo de tiempo entre estímulos)
- No se le da al sujeto ningún tipo de feedback respecto a si ha respondido de forma correcta o incorrecta.
- El fondo de la pantalla es de color blanco (RGB: 255 255 255).
- El tamaño de la fuente es 36, y su color es negro.
- Al acabar el experimento sale en pantalla el mensaje:

*Has terminado.
¡Muchas gracias!*

3.6. Experimento 3 (VS)

- El tercer experimento es un test de decisión léxica (Lexical Decision Test, LDT) de tipo «yes/no».
- Los estímulos consisten en una letra individual o conjunto de letras que aparecen en pantalla, y los niños deben de identificar si entre ellas se encuentra la letra P.
 - Si aparece la letra P los niños debían pulsar la letra M (se identificó con un trozo de papel rojo).
 - Si no aparece la letra P los niños debían pulsar la letra Z (se identificó con un trozo de papel amarillo).
- El mensaje de presentación del experimento a los niños es el siguiente:

*Si aparece la letra P, pulsa la tecla Roja.
Si no aparece la letra P, pulsa la Amarilla.*

Por ejemplo:

B B B
P B B

- Hay un total de 120 estímulos, que se presentan de forma aleatorizada en cada repetición del experimento.
- En cada ítem, aparece una de las imágenes con distribuciones de letras “B”, que pueden tener o no una “P”.
- El programa registra el tiempo de reacción (TR) según el tiempo que se tarde en responder a cada estímulo. Se obtiene este valor en forma de ms, con 2 decimales. Se empieza a contar este tiempo en cuanto aparece la imagen con letras en pantalla.
- Los distintos ítems que hay disponibles son los siguientes:
 - Estímulos con 5 B y 1 P:

1P.bmp



1P2.bmp



1P3.bmp



1P4.bmp



1P5.bmp



1P6.bmp



- Estímulo con 6 B:

6b.bmp



- Estímulos con 1 B:

b.bmp



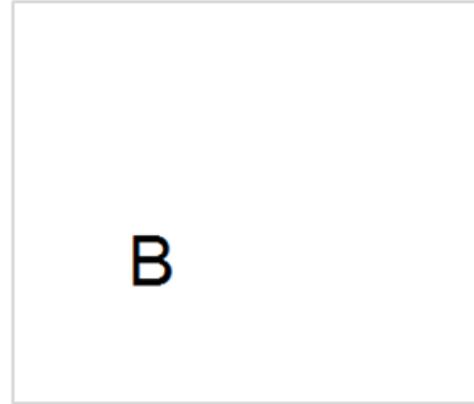
B2.bmp



b3.bmp



b4.bmp



b5.bmp



b6.bmp



- Estímulos con 1 P:

p.bmp



p2.bmp



p3.bmp



p4.bmp



p5.bmp



p6.bmp



- Cada ensayo consiste en dos estímulos:
Primero aparece un punto de fijación (es decir, el símbolo +) que permanece en pantalla 500ms.

A continuación se pasa al siguiente estímulo, que es la imagen en donde aparecen las letras. Ésta permanece en pantalla hasta que se pulse la tecla correspondiente o transcurra el lapso máximo de tiempo (2500ms) y se pase al siguiente ensayo.

- La lista completa de ítems es la siguiente:

ITEMS 1-30: 30 ítems negativos de seis letras B (6b), sin letra P.

ITEMS 31-35: 5 ítems negativos de una letra B (b), sin letra P.

ITEMS 36-40: 5 ítems negativos de una letra B (B2), sin letra P.

ITEMS 41-45: 5 ítems negativos de una letra B (b3), sin letra P.

ITEMS 46-50: 5 ítems negativos de una letra B (b4), sin letra P.

ITEMS 51-55: 5 ítems negativos de una letra B (b5), sin letra P.

ITEMS 56-60: 5 ítems negativos de una letra B (b6), sin letra P.

ITEMS 61-65: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P), y una letra P.

ITEMS 66-70: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P2), y una letra P.

ITEMS 71-75: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P3), y una letra P.

ITEMS 76-80: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P4), y una letra P.

ITEMS 81-85: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P5), y una letra P.

ITEMS 86-90: 5 ítems positivos de cinco letras B (1P6), y una letra P.

ITEMS 91-95: 5 ítems positivos de una letra P (p).

ITEMS 96-100: 5 ítems positivos de una letra P (p2).

ITEMS 101-105: 5 ítems positivos de una letra P (p3).

ITEMS 106-110: 5 ítems positivos de una letra P (p4).

ITEMS 111-115: 5 ítems positivos de una letra P (p5).

ITEMS 116-120: 5 ítems positivos de una letra P (p6).

ITEMS 1001, 1007 y 1010: 3 ítems negativos de una letra B (b6), sin letra P.

ITEM 1002: 1 ítem negativo de una letra B (b5), sin letra P.

ITEM 1003: 1 ítem positivo de cinco letras B (1P5), y una letra P.

ITEM 1004: 1 ítem positivo de una letra P (p4).

ITEMS 1005 y 1006: 2 ítems negativos de una letra B (B2), sin letra P.

ITEMS 1008 y 1009: 2 ítems positivos de cinco letras B (1P), y una letra P.

- Se pulsa la barra espaciadora para pasar las instrucciones o para empezar el experimento.
- En DMDX, se puede responder de forma positiva o negativa a los estímulos; se ha programado que al responder que sí que hay letra P los ítems sean positivos y aquellos cuya respuesta sea que no hay letra P sean negativos. Se pulsa la letra M para responder de forma positiva (se identificó con un papel rojo), y para responder de forma negativa se debe pulsar Z (se identificó con un papel amarillo).
- Los estímulos se presentan de forma continua: el programa otorga un lapso de 2500ms para pulsar una tecla, y si no se ha pulsado, al acabar el tiempo se pasa al siguiente estímulo.
- Si se pulsa alguna tecla, también se pasa al siguiente estímulo.
- La demora desde el final de un estímulo hasta el inicio del siguiente es de 68 ticks (1 tick son aproximadamente 17ms).
- No se le da al sujeto ningún tipo de feedback respecto a si ha respondido de forma correcta o incorrecta.

- El fondo de la pantalla es de color blanco (RGB: 255 255 255).
- El tamaño de la fuente es 36, y su color es negro.
- Al acabar el experimento sale en pantalla el mensaje:

*Has terminado.
Muchas gracias por tu colaboración.*

Bibliografía

- [1] Agirrezabala J., Aizpurua I., Albizuri M., Alfonso I., Armendáriz M., Barrondo S., Bengoa A., Domingo S., Etxeberria A., Fernández A., Fernández S., Giménez A., Gómez N., Iglesias J., Iribar J., Iturralde J., Jaio N., Lekue I., López M., Martínez J., Mendizabal A., Mozo C., Olloquiegi E., Ruiz de Velasco E., Sainz de Rozas R., and Valverde E., *Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (tdah): ¿ infra o sobre diagnosticado? ¿ infra o sobremedicalizado? una reflexión*, Información farmacoterapéutica de la Comarca(País Vasco) **21** (2013), no. 5.
- [2] Anastasi A. and Urbina S., *Tests psicológicos*, Pearson Educación, 1998.
- [3] Andreou P., Neale B., Chen W., Christiansen H., Gabriels I., Heise A., Meidad S., Muller U., Uebel H., Banaschewski T., et al., *Reaction time performance in adhd: improvement under fast-incentive condition and familial effects*, Psychological medicine **37** (2007), no. 12, 1703–1715.
- [4] American Psychiatric Association et al., *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (dsm-5®)*, American Psychiatric Pub, 2013.
- [5] Bonnet C., *Psicofísica de los tiempos de reacción: teorías y métodos*, Revista Latinoamericana de Psicología **26** (1994), no. 3, 431–444.
- [6] Buzy W., Medoff D., and Schweitzer J., *Intra-individual variability among children with adhd on a working memory task: an ex-gaussian approach*, Child Neuropsychology **15** (2009), no. 5, 441–459.
- [7] Casas A., *El niño hiperactivo (tda-h): intervención en el aula: un programa de formación para profesores*, Universitat Jaume I, 1999.
- [8] Castellanos F., Sonuga-Barke E., Scheres A., Di Martino A., Hyde C., and Walters J., *Varieties of attention-deficit/hyperactivity disorder-related intra-individual variability*, Biological psychiatry **57** (2005), no. 11, 1416–1423.
- [9] Cáceres Hernández J., *Conceptos básicos de estadística para ciencias sociales*, Delta Publicaciones, 2007.
- [10] Conners C. and Sitarenios G., *Conners' continuous performance test (cpt)*, Encyclopedia of Clinical Neuropsychology, Springer, 2011, pp. 681–683.
- [11] Cousineau D., Brown S., and Heathcote A., *Fitting distributions using maximum likelihood: Methods and packages*, Behavior Research Methods, Instruments, & Computers **36** (2004), no. 4, 742–756.
- [12] Darley J., Glucksberg S., Kinchla R., Cuevas Mesa G., and García González E., *Psicología*, Prentice-Hall Hispanoamericana, 1990.

- [13] Epstein J., Langberg J., Rosen P., Graham A., Narad M., Antonini T., Brinkman W., Froehlich T., Simon J., and Altaye M., *Evidence for higher reaction time variability for children with adhd on a range of cognitive tasks including reward and event rate manipulations.*, *Neuropsychology* **25** (2011), no. 4, 427.
- [14] Epstein J., Hwang M., Antonini T., Langberg J., Altaye M., and Arnold L., *Examining predictors of reaction times in children with adhd and normal controls*, *Journal of the International Neuropsychological Society* **16** (2010), no. 01, 138–147.
- [15] Estévez-González A., García-Sánchez C., and Junqué C., *La atención: una compleja función cerebral*, *Revista de neurología* **25** (1997), no. 148, 1989–1997.
- [16] Etchepareborda M. and Abad-Mas L., *Sustrato biológico y evaluación de la atención*, *Revista de Neurología Clínica* **2** (2001), no. 1, 113–124.
- [17] Fan J., McCandliss B., Sommer T., Raz A., and Posner M., *Testing the efficiency and independence of attentional networks*, *Journal of cognitive neuroscience* **14** (2002), no. 3, 340–347.
- [18] Farr R., *Wilhelm wundt (1832–1920) and the origins of psychology as an experimental and social science*, *British Journal of Social Psychology* **22** (1983), no. 4, 289–301.
- [19] Fisher Sir Ronald, *The design of experiments*, vol. 12, Oliver and Boyd Edinburgh, 1960.
- [20] Forster K. and Forster J., *Dmdx: A windows display program with millisecond accuracy*, *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* **35** (2003), no. 1, 116–124.
- [21] Geurts H., Grasman R., Verté S., Oosterlaan J., Roeyers H., van Kammen S., and Sergeant J., *Intra-individual variability in adhd, autism spectrum disorders and tourette's syndrome*, *Neuropsychologia* **46** (2008), no. 13, 3030–3041.
- [22] González Garrido A., Ramos Loyo J., and Márquez Orta E., *La atención y sus alteraciones: del cerebro a la conducta*, Unam, 2006.
- [23] Heathcote A., Popiel S., and Mewhort D., *Analysis of response time distributions: an example using the stroop task.*, *Psychological Bulletin* **109** (1991), no. 2, 340.
- [24] Hervey A., Epstein J., Curry J., Tonev S., Eugene Arnold L., Keith Conners C., Hinshaw S., Swanson J., and Hechtman L., *Reaction time distribution analysis of neuropsychological performance in an adhd sample*, *Child Neuropsychology* **12** (2006), no. 2, 125–140.
- [25] Hélie S. et al., *An introduction to model selection: Tools and algorithms*, *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology* **2** (2006), no. 1, 1–10.
- [26] Hwang Gu S., Shur-Fen Gau S., Tzang S., and Hsu W., *The ex-gaussian distribution of reaction times in adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder*, *Research in developmental disabilities* **34** (2013), no. 11, 3709–3719.
- [27] Kuntsi J., Wood A., Van Der Meere J., and Asherson P., *Why cognitive performance in adhd may not reveal true potential: findings from a large population-based sample*, *Journal of the International Neuropsychological Society* **15** (2009), no. 04, 570–579.
- [28] Lacouture Y. and Cousineau D., *How to use matlab to fit the ex-gaussian and other probability functions to a distribution of response times*, *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology* **4** (2008), no. 1, 35–45.

- [29] Leth-Steensen C., King Elbaz Z., and Douglas V., *Mean response times, variability, and skew in the responding of adhd children: a response time distributional approach*, *Acta psychologica* **104** (2000), no. 2, 167–190.
- [30] Londoño Ocampo L., López Chamorro I., Romay Morales M., and Pérez Cordero C., *La atención: un proceso psicológico básico*, Abstracts. European sociological Association Third Conferencia. Inclusions Exclusions, vol. 9, p. 10.
- [31] Luce R., *Response times*, no. 8, Oxford University Press, 1986.
- [32] Mandler G., *A history of modern experimental psychology: From james and wundt to cognitive science*, Mit Press Cambridge, MA, 2007.
- [33] Martínez-Bermejo A., Moreno-Pardillo D., and Soler-López B., *Evaluación del diagnóstico y tratamiento de los niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad en españa mediante la técnica achievable benchmarks of care (abc)*, *Rev neurol* **47** (2008), 451–6.
- [34] Mateo V., *Recursos para el diagnóstico psicopedagógico del tdah y comorbilidades*, *Electronic Journal of Research in Educational Psychology* **4** (2006), no. 10, 623–642.
- [35] Miranda A. and Jarque S. and Soriano M., *Trastorno de hiperactividad con déficit de atención: polémicas actuales acerca de su definición, epidemiología, bases etiológicas y aproximaciones a la intervención*, *Revista de neurología* **28** (1999), no. 2, 182–188.
- [36] Myung I., *Tutorial on maximum likelihood estimation*, *Journal of mathematical Psychology* **47** (2003), no. 1, 90–100.
- [37] Nelder J. and Mead R., *A simplex method for function minimization*, *The computer journal* **7** (1965), no. 4, 308–313.
- [38] Orozco Santacruz M., <http://hdl.handle.net/10819/1152>, 22 de Febrero de 2013.
- [39] Pastrana A., <http://www.sistemanervioso9d.blogspot.com.es>, 22 de Agosto de 2013.
- [40] Peñalver Galán L., Amador Romero F., and Caballero Poutou E., *Efecto de la jornada laboral extendida sobre la dinámica cognitiva en trabajadores de un centro de operaciones ferroviarias*, *Revista Cubana de Salud y Trabajo* **11** (2010), no. 3, 14–27.
- [41] Perea M. and Algarabel González S., *Puntuaciones atípicas y potencia estadística con diferentes procedimientos de análisis de los tiempos de reacción: Un estudio de simulación*, *Psicológica: Revista de metodología y psicología experimental* **20** (1999), no. 3, 211–226.
- [42] Ratcliff R., *Methods for dealing with reaction time outliers.*, *Psychological bulletin* **114** (1993), no. 3, 510.
- [43] Schmiedek F., Oberauer K., Wilhelm O., Suss H., and Wittmann W., *Individual differences in components of reaction time distributions and their relations to working memory and intelligence.*, *Journal of Experimental Psychology: General* **136** (2007), no. 3, 414.
- [44] Sergeant J., *Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model*, *Biological psychiatry* **57** (2005), no. 11, 1248–1255.
- [45] Sergeant J. and Van der Meere J., *Additive factor method applied to psychopathology with special reference to childhood hyperactivity*, *Acta Psychologica* **74** (1990), no. 2, 277–295.

- [46] Servera M. and Llabrés J., *Tarea de atención sostenida en la infancia*, TEA Ediciones, 2004.
- [47] Soroa M., Iraola J., Balluerka N., and Soroa G., *Evaluación de la atención sostenida de niños con trastorno por déficit de atención con hiperactividad*, *Revista de psicodidáctica* **14** (2009), no. 1, 13–27.
- [48] Van der Meere J., *The role of attention*, *Hyperactivity and attention disorders of childhood* (2002), 162–213.
- [49] Vaurio R., Simmonds D., and Mostofsky S., *Increased intra-individual reaction time variability in attention-deficit/hyperactivity disorder across response inhibition tasks with different cognitive demands*, *Neuropsychologia* **47** (2009), no. 12, 2389–2396.
- [50] Vernis S., <http://jornadas.cafelug.org.ar/8/es/filminas/primer%20dia/PyExPsiN:%20Python%20para%20Experimentos%20en%20Psicolog%C3%ADa%20y%20Neurociencias.odp.>, 20 de Agosto de 2008.
- [51] Zomerén A. and Brouwer W., *Clinical neuropsychology of attention*, Oxford University Press, 1994.