



Universidad de Oviedo

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA WEB

ORIENTACIÓN INVESTIGACIÓN

CRIBADO AUTOMÁTICO DE SUJETOS AFECTADOS POR PSICOSIS DE ESPECTRO ESQUIZOFRÉNICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN CON INTERFACES WEB

Guillermo Dylan Carvajal Aza

Tutor: Daniel Fernández Lanvin

Cotutora: María De Las Mercedes Paino Piñeiro

Curso 2024/2025



Escuela de
Ingeniería
Informática
Universidad de Oviedo

Declaración de autoría y originalidad del Trabajo Fin de Master

De acuerdo con lo establecido en el artículo 8.3 del Acuerdo de 17 de julio de 2020, del Consejo de Gobierno de la Universidad de Oviedo, por el que se aprueba el Reglamento sobre la elaboración y defensa de los trabajos fin de máster en la Universidad de Oviedo (BOPA núm. 153 de 7-viii-2020)

D./Dña. GUILLERMO DYLAN CARVAJAL AZA, con DNI 71683871R

DECLARO QUE:

El Trabajo Fin de Máster titulado (CRIBADO AUTOMÁTICO DE SUJETOS AFECTADOS POR PSICOSIS DE ESPECTRO ESQUIZOFRÉNICO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN CON INTERFACES WEB), que presento para su exposición y defensa, es original y he citado debidamente todas las fuentes de información utilizadas, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía.

En Oviedo, a 9 de junio de 2025.

Agradecimientos

Al tutor y la cotutora de este trabajo, por darme esta oportunidad para comenzar mi carrera en investigación, al grupo de investigación P3 de la Facultad de Psicología de la Universidad de Oviedo y a las personas que participaron voluntariamente en el estudio, sin los cuales este trabajo no habría sido posible.

Índice

1.	Motivación	6
2.	Contexto.....	6
3.	Introducción.....	7
4.	Psicosis.....	9
4.1	Esquizofrenia.....	9
4.2	Psicosis Afectiva.....	11
4.3	Evolución de la psicosis.....	12
4.4	Detección temprana.....	12
5.	Métodos de detección o cribado de psicosis.....	13
5.1	Objetivo.....	14
6.	Trabajo previo.....	14
7.	Propuesta.....	16
8.	Descripción del Sistema.....	17
9.	Metodología de Trabajo.....	17
9.1	Diseño experimental.....	18
9.1.1	Obtención de variables.....	19
9.1.1.1	Planteamiento inicial.....	19
9.1.1.2	División en submovimientos y escenas.....	19
9.1.1.3	Métricas de movimiento.....	20
9.1.1.4	Métricas de clics.....	21
9.1.2	Análisis de datos.....	21
9.2	Estudio preliminar.....	23
9.2.1	Visualización de la muestra.....	23
9.2.2	Limpieza de datos.....	26
9.3	Resultados.....	27
9.4	Discusión.....	30
10.	Conclusiones.....	30
11.	Referencias.....	31

Índice de tablas

Tabla 1.	Riesgo de psicosis por individuos en la muestra.....	24
-----------------	--	----

Tabla 2. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney y la prueba T de Student sobre la muestra obtenida..... 28

Índice de figuras

Figura 1. Participantes del proyecto TEEN-P3 y miembros del grupo de investigación P3..... 7

Figura 2. Prevalencia por grupos quinquenales de edad de la esquizofrenia en 2017 10

Figura 3. Prevalencia en población de 15+ años de esquizofrenia en 2017 10

Figura 4. Prevalencia por grupos quinquenales de edad de Psicosis Afectivas en 2017 11

Figura 5. Prevalencia en población de 15+ años de Psicosis Afectiva en 2017 12

Figura 6. Algoritmo de tres vías de evaluación del estado mental de riesgo 16

Figura 7. Proceso de trabajo propuesto para el estudio..... 17

Figura 8. Componentes de un submovimiento..... 20

Figura 9. Trayectoria con un punto de corte con el eje 20

Figura 10. Área bajo la curva y desviación absoluta máxima de una trayectoria..... 21

Figura 11. Distribución de variables por grupos de riesgo 23

Figura 12. Distribución de edades en la muestra empleada..... 24

Figura 13. Distribución de grupos de riesgo de psicosis..... 25

Figura 14. Distribución de tiempos de ejecución totales (redondeados)..... 25

Figura 15. Distribución de tiempos de ejecución tras limpieza de datos (redondeados) 26

Resumen

Mediante el **análisis de patrones específicos de interacción** de una persona con un ordenador es posible detectar ciertos indicios que en ocasiones pueden llegar a permitir **identificar alteraciones o aberraciones en su comportamiento**, indicativos de determinadas condiciones o trastornos de diversa naturaleza. La psicosis consiste en una serie de estados clínicos en los que se produce una alteración en la percepción de la realidad, pocos estudios han estudiado la aplicabilidad de la búsqueda de patrones de interacción específicos de este conjunto de enfermedades mentales en personas que sean propensas a desarrollar un estado derivado de la psicosis.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la existencia de estos indicadores de interacción en personas con riesgo a la psicosis, y la posibilidad de detectarlos de forma automática con ánimo de desarrollar un sistema de cribado automático que permita o al menos facilite su clasificación. Para ello, se instrumentalizan una serie de cuestionarios psicológicos publicados a través de una interfaz web que evalúan el **nivel de riesgo a la psicosis**. Mediante la captura de las trazas y eventos de interacción, se proceden a extraer patrones de interacción que, posteriormente, se analizan en busca de correlaciones con los resultados de los formularios.

El trabajo incluye una prueba preliminar de concepto desarrollada con una muestra de población general, abarcando el proceso completo de análisis a realizar una vez se tenga acceso a la muestra objetivo a través de la colaboración con los clínicos expertos.

Abstract

By **analysing specific patterns of a subject's interaction** with a computer, it is possible to detect certain signs that may, in some cases, **indicate alterations or abnormalities in their behaviour**, which could be indicative of various conditions or disorders. Psychosis refers to a group of clinical states characterized by a disruption in the perception of reality. Few studies have explored the applicability of identifying specific interaction patterns related to this group of disorders in individuals who are prone to developing a psychotic state.

The aim of this work is to assess the existence of such interaction indicators in individuals at risk of psychosis and the possibility of detecting them automatically, with the goal of developing an automatic screening system that enables or at least facilitates their classification. To this end, a series of psychological questionnaires **assessing the risk of psychosis** are implemented through a web interface. By capturing interaction traces and events, interaction patterns are extracted and later analysed for correlations with the questionnaire results.

The work includes a preliminary proof of concept developed with a general population sample, covering the full analysis process to be conducted once access to the target sample is obtained through collaboration with clinical experts.

1. MOTIVACIÓN

Los métodos actuales para obtener evaluaciones cuantitativas precisas de aberraciones motoras son **esenciales para la investigación** en accesibilidad, diseño de tecnologías adaptables e investigaciones médicas y clínicas. Estas evaluaciones suelen ser llevadas a cabo en laboratorios o entornos clínicos bajo supervisión profesional, haciendo **complejo** llevar a cabo evaluaciones a **gran escala** y con **gran alcance**.

Pese a que otros estudios ya han demostrado la eficacia de realizar evaluaciones con usuarios en entornos no controlados por expertos (**PANDEY ET AL., 2023**), no han profundizado en el uso de estos métodos en otras enfermedades o condiciones mentales como la psicosis.

Este proyecto tiene como principal objetivo el desarrollo de un **método objetivo** para facilitar el **cribado** de sujetos con riesgo de sufrir brotes psicóticos. El trabajo se basa en la detección de patrones específicos de interacción de adolescentes que evidencien alteraciones en el sistema motor habitualmente presentes en personas con esta condición, según concluyen diferentes estudios (**DAMME ET AL., 2019; WANG ET AL., 2020**). Para ello, nos basamos en una herramienta de cribado que recoge datos en formularios psicológicos online, que nos permite analizar los diferentes movimientos de los usuarios para identificar patrones que puedan ser indicadores de psicosis.

Pese a que la propia aplicación de la que se recogen los datos ofrece una evaluación del estado o grado de riesgo a la psicosis del usuario, este proyecto busca no solo facilitar el cribado de los sujetos en base a su interacción, sino que además intentar **aportar datos al algoritmo de evaluación existente** para mejorar su precisión.

Unos resultados positivos en este trabajo podrían significar una **mejora en la detección temprana** de la psicosis en adolescentes en riesgo, permitiendo tratar la enfermedad de manera preventiva.

2. CONTEXTO

El trabajo se enmarca en el **proyecto de investigación** “*TEEN-P3, prototipo Online de prevención primaria indicada de psicosis y otros trastornos mentales graves en los servicios sanitarios* (FISS-23-PI23/00416)”, desarrollado por el **Grupo de Investigación P3**¹ (Programa de Prevención de Psicosis, **FIGURA 1**) de la **Universidad de Oviedo**, en colaboración con el Instituto de Salud Carlos III².

Este grupo de investigación ha desarrollado un **modelo predictivo para la detección temprana del riesgo de psicosis en adolescentes**, basado en una muestra representativa de **más de 1800 adolescentes** seleccionados mediante muestreo probabilístico proporcionado por las Consejerías de Educación de Asturias y Cantabria, y en el que se identificaron sesenta y ocho (3,7%) adolescentes de **alto riesgo de psicosis**.

¹ [Programa de Prevención de Psicosis](#)

² [Instituto de Salud Carlos III](#)

Su investigación (**PAÍNO ET AL., S. F.**) concluye que factores psicopatológicos comunes como la ansiedad, la depresión y el uso disfuncional de estrategias emocionales son los predictores más significativos del riesgo clínico de psicosis, junto con factores ambientales como el trauma temprano o el bajo estatus socioeconómico. El grupo P3 defiende una estrategia combinada de **cribado rápido y derivación temprana como vía más eficaz de prevención** en el ámbito educativo.

En este contexto, se enmarca el **desarrollo de herramientas digitales** como la aplicación web TEEN-P3, con la que se realizan investigaciones como la presente, centradas en **mejorar la detección de indicadores psicóticos mediante medios accesibles y tecnológicos**.

Figura 1. Participantes del proyecto TEEN-P3 y miembros del grupo de investigación P3



3. INTRODUCCIÓN

El término “psicosis” se emplea para denotar una serie de estados clínicos caracterizados por una alteración profunda de la percepción de la realidad, que puede manifestarse mediante alucinaciones, delirios, trastornos en el pensamiento y comportamiento desorganizado (**MURRAY ET AL., 2003**). Aunque puede presentarse como síntoma en múltiples trastornos psiquiátricos – incluyendo la esquizofrenia, trastorno bipolar y la depresión mayor con características psicóticas – también puede aparecer en contextos médicos o inducida por sustancias. La aparición de un episodio psicótico marca un punto de inflexión crítico en la trayectoria vital de un individuo, impactando significativamente su funcionamiento cognitivo, social y ocupacional.

Desde un punto de vista socioeconómico, las **enfermedades de salud mental** son unas de las **más costosas** a nivel **global**. En la Unión Europea representan un **4 % del PIB** (más de 600.000 millones de euros) en costes anuales³ y superan los 60 mil millones de dólares anuales en Estados Unidos (**JIN & MOSWEU, 2017**). Además, se estima que **uno de cada dos jóvenes** en la Unión

³ [Health at a Glance: Europe 2018](#)

Europea declara tener **necesidades de salud mental**, aumentando a su vez la proporción que comunica síntomas de depresión en el doble desde la pandemia⁴.

La **psicosis** consta como una de las enfermedades de mayor coste a nivel europeo, que representaban un coste anual estimado de **7.973 millones de euros anuales** en 2014 (**PARÉS-BADELL ET AL., 2014**) y ha ido aumentando durante los años. Además, ciertas investigaciones han demostrado que un número considerable de **jóvenes** está en **riesgo de desarrollar psicosis** u otro trastorno psicopatológico severo **a lo largo de su vida**, con graves consecuencias en el ámbito personal, educativo, familiar, social, económico y sanitario (**CATALAN ET AL., 2021**; **FUSAR-POLI ET AL., 2020**) y un alto índice de discapacidad asociada.

Esta condición se manifiesta en adolescentes mediante indicios tanto físicos (**WANG ET AL., 2020**) como psicológicos (**FERNÁNDEZ ET AL., 2024**), siendo posible cribar la presencia de psicosis mediante análisis psicológicos como los realizados en Paíno et al. (**PAÍNO ET AL., S. F.**), o del movimiento del paciente, con técnicas como las empleadas en *Damme et al.* (**DAMME ET AL., 2019**).

Trabajos anteriores han marcado el camino para la detección temprana de indicios de psicosis. Por ejemplo, en *Birnbaum et al.* (**BIRNBAUM ET AL., 2017**) se explora el uso de indicadores sociales derivados de la actividad en redes sociales de los usuarios, como pueden ser los patrones lingüísticos o los cambios de frecuencia de interacción. En otro enfoque diferente, *Vail et al.* (**VAIL ET AL., 2017**) investiga señales físicas visibles en el rostro de los pacientes durante una conversación clínica, como expresiones faciales atenuadas o rigidez emocional, valiéndose de herramientas de análisis de imagen para identificar estas características sutiles relacionadas con síntomas negativos de la esquizofrenia. Asimismo, en *Kalinich et al.* (**KALINICH ET AL., 2021**) se explora el uso de un juego móvil como mecanismo de evaluación del comportamiento de sujetos con esquizofrenia.

En estudios más recientes, (**PANDEY ET AL., 2023**), se ha investigado la eficacia de las **evaluaciones no supervisadas** demostrando la viabilidad de este tipo de evaluaciones sobre discapacidades del sistema motor con un grupo de niños con Ataxia-Telangiectasia.

Sin embargo, solo ciertos estudios psicológicos que emplean **sistemas de captura de movimiento** han logrado captar con precisión indicadores motores vinculados a la psicosis, mediante la presencia de irregularidades en el sistema motor (**ALTINOK ET AL., 2024**). Sin embargo, estos hallazgos se obtuvieron empleando equipos de **alta precisión y coste**, con muestras muy reducidas y dirigidas a un público general.

Este trabajo tiene como objetivo **analizar el comportamiento de los sujetos** al interactuar con una interfaz web, con la intención de identificar patrones de interacción específicos que permitan, a ser posible, **identificar sujetos con riesgo de brotes psicóticos** y a su vez **mejorar sistemas de cribado** basados en otros tipos de características típicas de la psicosis. Con esto no solo se mejoraría la prevención temprana del riesgo de psicosis en adolescentes, sino que además se lograría una **alternativa asequible** de cara a tratar la enfermedad de forma temprana.

⁴ [Health at a Glance: Europe 2022](#)

4. PSICOSIS

Los **trastornos del espectro de la esquizofrenia** y otros **trastornos psicóticos** son la esquizofrenia, otros trastornos psicóticos y el trastorno esquizotípico (de la personalidad). Se definen por anomalías en uno o más de los siguientes cinco dominios: delirios, alucinaciones, pensamiento (discurso) desorganizado, comportamiento motor muy desorganizado o anómalo (incluida la catatonía) y síntomas negativos (**AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013B**).

La psicosis no es siempre una condición clínica estable, sino que puede variar significativamente en cada persona que la experimenta. Cuando los síntomas psicóticos surgen o se reactivan, se habla de un "**episodio**" o "**brote psicótico**". Las psicosis más frecuentes son la **Esquizofrenia** y las **Psicosis Afectivas**⁵.

4.1 Esquizofrenia

La **esquizofrenia** es una de las manifestaciones más graves de psicosis, ya que afecta profundamente las funciones psicológicas fundamentales. Se la considera una alteración del sentido común, pues interfiere con la capacidad de razonar lógicamente, mantener un sistema coherente de creencias, interpretar adecuadamente los pensamientos y sentimientos ajenos, y hacer juicios sobre la probabilidad de que ocurran ciertos eventos.

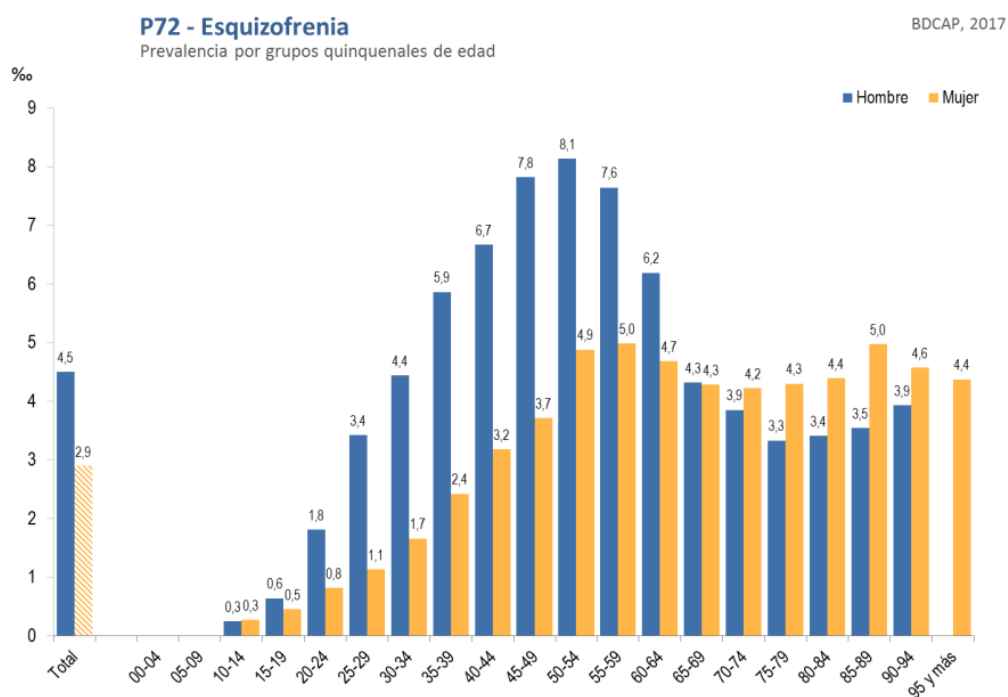
Esta enfermedad impacta funciones esenciales como el **comportamiento espontáneo** en las relaciones sociales, la comunicación con los demás, el sentido del humor y **el uso práctico de los objetos y situaciones cotidianas**.

Se estima que aproximadamente un **3% de la población** general sufrirá un **episodio psicótico** a lo largo de su vida. En torno al **1% de la población** padece **esquizofrenia**, cuyo primer episodio suele presentarse en la **juventud temprana**, especialmente durante la segunda década de vida. Además la esquizofrenia, en cualquiera de sus formas, es más frecuente en los hombres (4,5%) que en las mujeres (2,9%), aunque depende de la edad (como se puede observar en la **FIGURA 2**).

Existe además un gradiente social muy marcado en el que se descubre una alta presencia de esquizofrenia sobre todo en bajos niveles de renta (ver **FIGURA 3**), denotando la necesidad de un sistema de bajo presupuesto que pueda ofrecerse al público para la detección temprana.

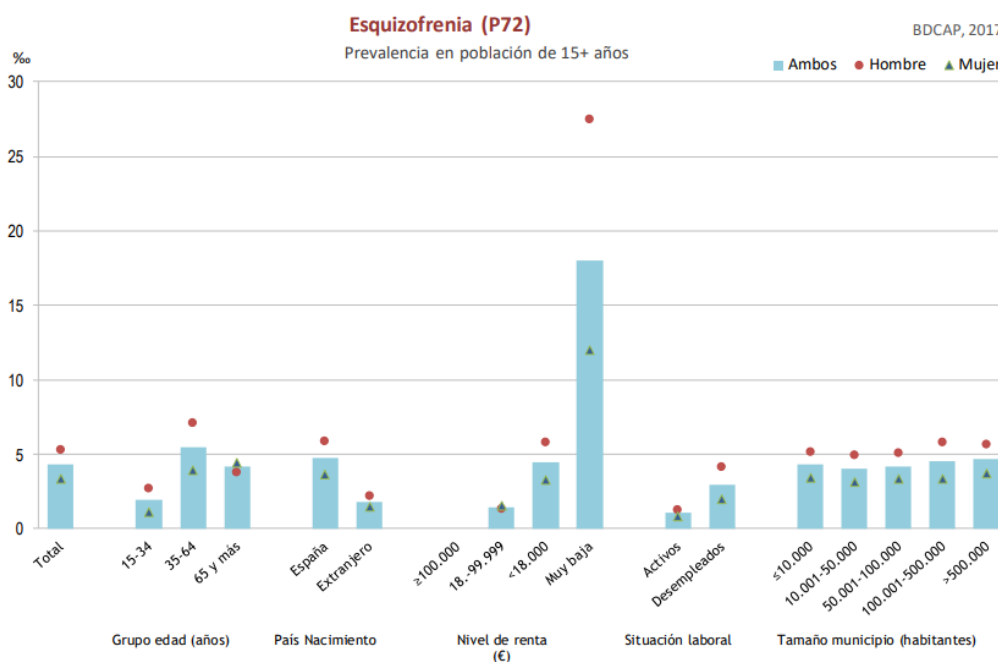
⁵ Obtenido de [P3-Info](#)

Figura 2. Prevalencia por grupos quinquenales de edad de la esquizofrenia en 2017



Fuente: Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP⁶

Figura 3. Prevalencia en población de 15+ años de esquizofrenia en 2017



Fuente: Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP⁷

⁶ Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP : <https://cpage.mpr.gob.es>

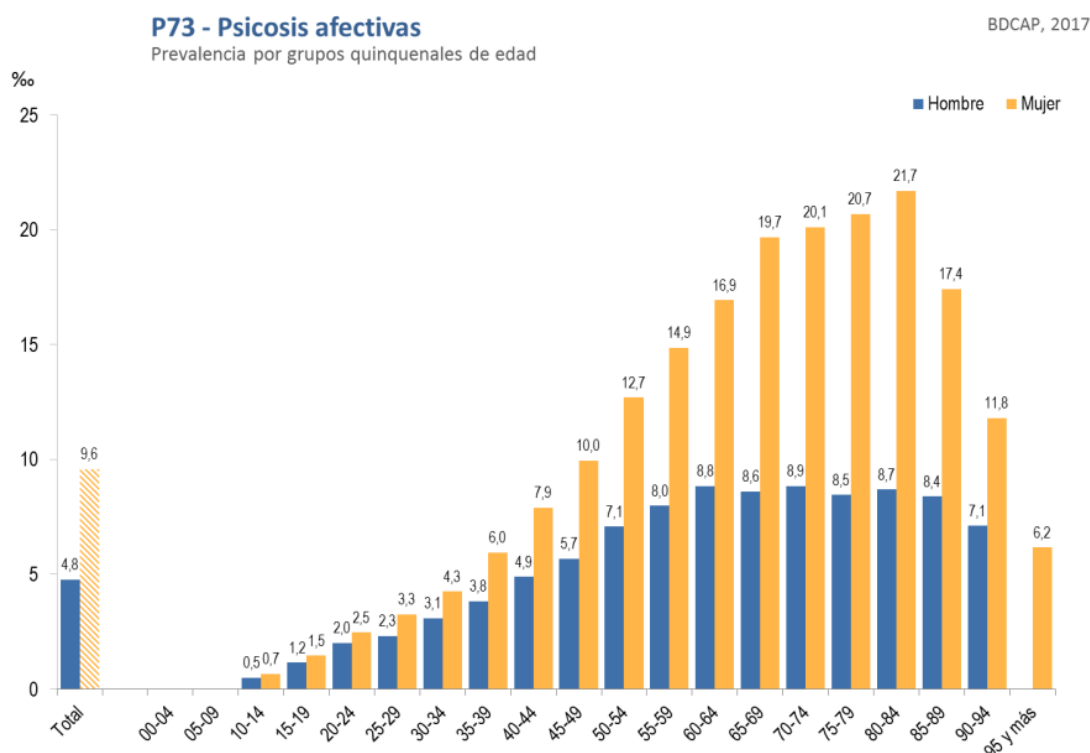
⁷ Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP : <https://cpage.mpr.gob.es>

4.2 Psicosis Afectiva

La psicosis afectiva es una enfermedad mental que se caracteriza por la presencia simultánea de **síntomas psicóticos y síntomas de trastornos del estado de ánimo**. Los síntomas psicóticos pueden incluir alucinaciones, delirios y pensamientos desorganizados, mientras que los síntomas del estado de ánimo pueden variar desde episodios depresivos hasta episodios maníacos.

Es la psicosis más frecuente, con una prevalencia de 7,2‰ (9,6‰ en mujeres, 4,8‰ hombres, ver **FIGURA 4**). En la mujer crece con la edad hasta los 84 años y en el hombre se estabiliza a partir de los 60 años. Se observa una reducción progresiva de los casos y gradiente social con mayor prevalencia conforme disminuye el nivel de renta (ver **FIGURA 5**).

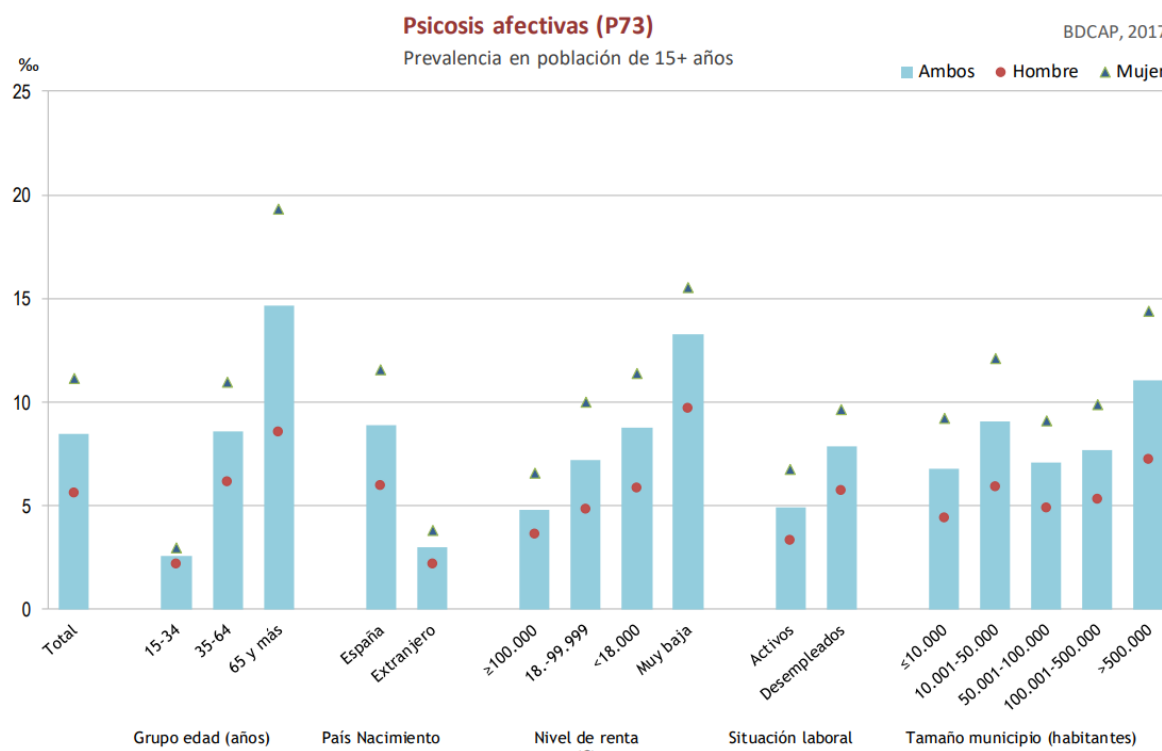
Figura 4. Prevalencia por grupos quinquenales de edad de Psicosis Afectivas en 2017



Fuente: Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP⁸

⁸ Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP : <https://cpage.mpr.gob.es>

Figura 5. Prevalencia en población de 15+ años de Psicosis Afectiva en 2017



Fuente: Base de Datos Clínicos de Atención Primaria-BDCAP

4.3 Evolución de la psicosis

La evolución de la psicosis suele dividirse en cuatro fases:

- **Fase premórbida:** periodo anterior a la aparición de los primeros síntomas.
- **Fase prodrómica:** etapa donde se observan señales atenuadas en varias áreas.
- **Fase aguda:** caracterizada por un episodio psicótico completo.
- Fase residual o de recuperación.

4.4 Detección temprana

Durante las fases premórbida y prodrómica es donde se pone el foco para detectar los primeros signos y síntomas de la psicosis. Estos marcadores son rasgos estables, supuestamente relacionados con la biología del trastorno, siendo estos los siguientes:

- **Anomalías atencionales** en el **seguimiento ocular** y en **funciones neuropsicológicas** fronto-temporales (la memoria operativa y las funciones ejecutivas).
- **Factores prodrómicos** de riesgo (disminución de la concentración y de la motivación, humor depresivo, trastornos del sueño, ansiedad, aislamiento social, suspicacia, deterioro del rol funcional e irritabilidad), a la vez que los criterios del trastorno de la personalidad esquizotípica.
- **Déficit en habilidades sociales**, de inicio típicamente en la adolescencia, que continúa en edades posteriores en forma de aislamiento social y pobre capacidad para procesar señales e información interpersonal.

Diversos estudios (GEBHARDT ET AL., 2008; KENT ET AL., 2012; MITTAL ET AL., 2008; WANG ET AL., 2020) han demostrado que en la esquizofrenia existen **alteraciones en el sistema motor** que se relacionan estrechamente con la gravedad de los **síntomas positivos** (como los delirios o alucinaciones) y **negativos** (como la apatía o el aislamiento social).

Además, según la American Psychiatric Association (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2013A) con relación al comportamiento motor desorganizado y catatónico en los trastornos psicóticos:

*“El comportamiento motor muy desorganizado o anómalo se puede manifestar de diferentes maneras, desde las "tonterías" infantiloides a la **agitación impredecible**. Pueden evidenciarse **problemas para llevar a cabo cualquier tipo de comportamiento dirigido a un objetivo**, con las consiguientes dificultades para realizar las actividades cotidianas.*

*El comportamiento catatónico es una disminución marcada de la reactividad al entorno. Oscila entre la **resistencia a llevar a cabo instrucciones** (negativismo), [...] y la ausencia total de respuestas verbales o motoras (mutismo y estupor). También puede incluir **actividad motora sin finalidad, y excesiva sin causa aparente** (excitación catatónica).”*

La función motora correlaciona a la severidad de los síntomas psicóticos negativos en una magnitud moderada/fuerte, lo que sugiere que el estado motor podría actuar como un marcador físico útil para indicar la progresión de la psicosis. Esta función motora involucra habilidades como la destreza con los dedos (*finger tapping* y la dexteridad manual) además de la coordinación bimanual.

Estos resultados refuerzan la idea de que **la función motora**, más allá de ser un síntoma adicional, **podría ser una manifestación física clave** para la **prevención temprana** de la enfermedad.

5. MÉTODOS DE DETECCIÓN O CRIBADO DE PSICOSIS

El nivel de riesgo de la psicosis es principalmente medido en España suministrando cuestionarios psicométricos al adolescente, más adelante los clínicos o expertos psicólogos emplean un algoritmo para estimar el nivel de riesgo a esta condición en la que el adolescente se puede encontrar (PAÍNO ET AL., S. F.) .

Ciertos estudios sobre irregularidades en el sistema motor causadas por esta patología (DAMME ET AL., 2019; MITTAL ET AL., 2008; WANG ET AL., 2020) podrían ser claves para permitir obtener indicios de correlación entre el riesgo y las diferentes irregularidades en de movimiento de los pacientes, sin embargo ningún estudio abarca la interacción del usuario con una página web, limitándose a pruebas principalmente psicológicas.

En el ámbito de la psicología, estudios sobre los efectos de las irregularidades en el sistema motor de los pacientes han demostrado resultados positivos cuando trabajan con las manos (DAMME ET AL., 2019) utilizando un teclado, con la necesidad de un experto clínico presente.

En relación con el campo del HCI (Interacción Persona-Ordenador) existen diferentes estudios relacionados con la búsqueda de indicadores, ya sea procesando datos obtenidos de las redes sociales (BIRNBAUM ET AL., 2017), de indicadores físicos mediante el análisis del movimiento

ocular (VAIL ET AL., 2017), empleando la gamificación en pacientes con esquizofrenia (KALINICH ET AL., 2021) o de herramientas de motion capture (ALTINOK ET AL., 2024), a excepción de este último, ningún estudio se ve estrechamente relacionado con la búsqueda de indicadores en el movimiento del paciente o que intente detectarlos en adolescentes mediante el análisis de sus patrones de interacción.

En trabajos más relacionados se ha estudiado la detección de diferentes patologías y enfermedades, como en Pandey et al. (PANDEY ET AL., 2023), donde se estudia la confiabilidad de utilizar tecnologías no-monitorizadas de **obtención de datos de trayectorias con el ratón** de un **grupo de niños** con ataxia-telangiectasia, una enfermedad hereditaria que afecta al sistema nervioso e inmunológico. En Lin et al. (LIN ET AL., 2024) profundizan en el uso de estas tecnologías como **apoyo clínico** y sus limitaciones, como el requerimiento de un largo periodo de tiempo para recoger datos o la falta de un grupo de pacientes más diverso. En discapacidades como el TEA⁹ se ha estudiado el uso de una herramienta automática de **reflejos oculares** en pacientes para realizar diagnosis tempranas (FERNANDEZ-LANVIN ET AL., 2024; VECINO ET AL., 2021) y de manera similar, en trastornos como la dispraxia¹⁰ para analizar los patrones de comportamiento en niños utilizando un **sistema de seguimiento visomotor** (LI ET AL., 2023). Pese a que existen diferentes herramientas enfocadas a este tipo de análisis, denominados **fenotipado digital**, y diseñadas para evaluar la cognición en personas con esquizofrenia, como son las recogidas en Guimond et al. (GUIMOND ET AL., 2019), ningún estudio se ha enfocado en **el análisis de las anomalías motoras** que puedan ser indicadoras del riesgo a la **esquizofrenia** u otro estado clínico componente de la **psicosis**.

5.1 Objetivo

Por tanto, la pregunta de investigación principal de este trabajo es la siguiente:

- ¿Es posible **clasificar a los individuos con riesgo de psicosis mediante** un análisis de **su interacción en una web**?

6. TRABAJO PREVIO

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación de la Universidad de Oviedo, patrocinado por el Instituto de Salud Carlos III, que busca desarrollar una aplicación web que permita la realización de cuestionarios psicométricos a pacientes en clínicas de manera online.

Este proyecto de investigación, llamado **TEEN-P3** (ver **2. CONTEXTO**), se fundamenta en la detección temprana de la psicosis mediante estos cuestionarios, que son evaluados empleando un **algoritmo de 3 vías de identificación de riesgo** (FIGURA 6), que combina síntomas de los principales enfoques del riesgo, para proporcionar al profesional un **informe rápido del nivel del perfil de riesgo** de cada participante evaluado.

De esta forma, **TEEN-P3** se compone de los siguientes recursos:

⁹ Trastorno del Espectro Autista.

¹⁰ Trastorno del neurodesarrollo que dificulta la coordinación de los movimientos y la secuencia de las acciones.

- La **aplicación web**, a la que tendrán acceso los profesionales sanitarios, y donde podrán resolver sus dudas o sospechas sobre el alto riesgo clínico del joven desde sus propios centros sanitarios.
- Un **recurso web** en P3 que proporcione información práctica, con la inclusión de un Directorio de Servicios (DoS) para mejorar la rápida derivación de los casos de riesgo detectados a los servicios especializados y a otros servicios que cumplan los estándares de calidad de tratamiento
- Un **foro con moderadores expertos** en distintas disciplinas que estarán disponibles en una plataforma diseñada para asesorar a los profesionales sanitarios y resolver sus dudas.

El algoritmo empleado para la evaluación del perfil de riesgo funciona de la siguiente forma:

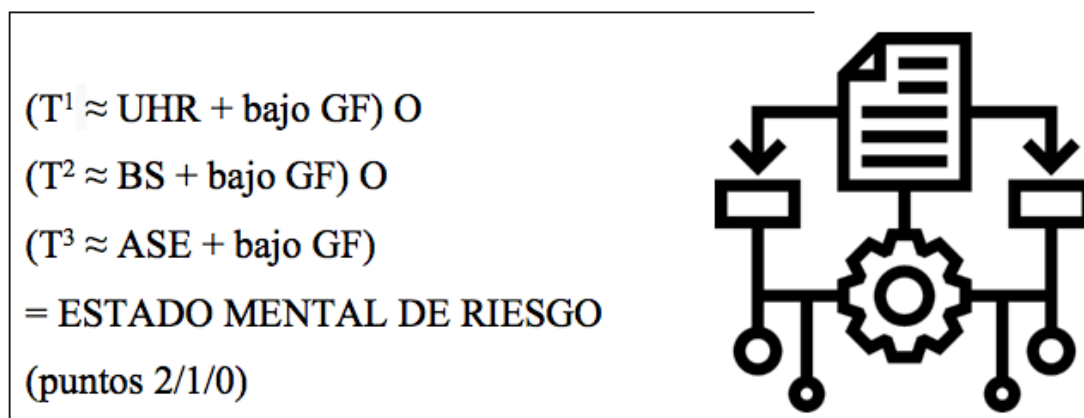
El paciente debe responder a las cuestiones de los cuestionarios psicométricos (ver ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA. ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA.), una vez se tengan sus respuestas, cada cuestionario se pondera en función de su método, teniendo siempre para todos unos puntos de corte que se utilizará para situar al usuario en el nivel de riesgo específico, siendo las tres vías las siguientes:

1. **T¹ = Ruta (Track) 1** \approx Ultra-alto riesgo (UHR) + bajo Funcionamiento Global (GF).
 - a. Niveles de riesgo
 - 2 – Por encima del punto de corte en las tres escalas incluidas
 - 1 – Por encima del punto de corte en [*Esquizotipia* Y bajo *GF*] O [*Esquizotipia* Y *Pródromos*] O [*Pródromos* Y bajo *GF*]
 - 0 – Por debajo del punto de corte en todas las escalas O por encima del punto de corte en sólo una de ellas.
2. **T² = Ruta (Track) 2** \approx *Síntomas Básicos* (BS) + *bajo GF*
 - a. Niveles de riesgo
 - 2 – por encima del punto de corte en [*Escala de Síntomas Básicos* Y *GF Social* Y *GF Rol*]
 - 1 – por encima del punto de corte en una de las tres escalas incluidas
 - 0 – por debajo del punto de corte en todas las escalas)
3. **T³ = Ruta (Track) 3** \approx *Experiencias Anómalas del Self* (ASE) + *bajo GF*
 - a. Niveles de riesgo
 - i. 2 – por encima del punto de corte en [*Escala SELF* de "anomalías en la experiencia del yo" Y *GF Social* Y *GF Rol*]
 - ii. 1 – por encima del punto de corte en una de las tres escalas incluidas
 - iii. 0 – no hay alteración en ninguna de ellas.

Con los resultados de las tres vías, el estado mental de riesgo se clasifica en 3 niveles:

- 2 Puntos: **Alto** riesgo
- 1 Punto: Riesgo moderado o **Medio**
- 0 Riesgo: **Bajo** o ningún riesgo

Figura 6. Algoritmo de tres vías de evaluación del estado mental de riesgo



Los cuestionarios que se utilizan para este algoritmo, los cuales se encuentran desglosados en ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA. ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA., son los siguientes junto con sus puntos de corte:

- **Prime 5 Español:** positivo si al menos una respuesta con puntuación de 6 o 3 o más ítems con puntuación de 5
- **EEFP:** positivo si la suma de todos los ítems es mayor o igual a 10
- **SELF:** positivo si alguna pregunta es ≥ 2 para su angustia y ≥ 3 para su frecuencia
- **Global Functioning de Rol y Social:** positivo si la respuesta es menor o igual a 5 (en su enumeración)

7. PROPUESTA

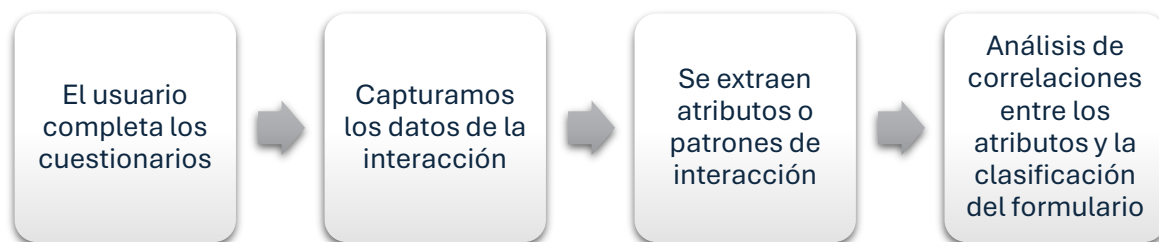
Partiendo del **sistema de evaluación mediante formularios** que se desarrolla en el proyecto de investigación TEEN-P3, se propone realizar un **análisis de los patrones de interacción de los adolescentes** cuando estén respondiendo a las preguntas de los cuestionarios.

El efecto que tiene la psicosis sobre el paciente no se limita a manifestaciones psicológicas, sino que también tiene efecto en el sistema motor del paciente (como se ha visto en **4.4 DETECCIÓN TEMPRANA**), afectando al tronco superior y dificultando los movimientos coordinados con ambas manos en determinadas tareas. Por ello, existen ya pruebas psicológicas definidas para identificar estas aberraciones del sistema motor en los pacientes, como puede ser el *Finger Tapping Test*¹¹, donde al usuario se le pide presionar una tecla repetidas veces con un dedo de cada mano. Sin embargo, ningún estudio ha profundizado en la detección de estos indicios de psicosis físicos mediante el análisis de la interacción del usuario durante una sesión completa con el ordenador.

En este trabajo proponemos realizar el proceso definido en la **FIGURA 7**, con una muestra de población general, con participantes voluntarios de entre 12 y 25 años, cuyos datos son anonimizados durante el proceso.

¹¹ [Finger Tapping Test - an overview | ScienceDirect Topics](#)

Figura 7. Proceso de trabajo propuesto para el estudio



8. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para realizar el estudio se ha empleado una **herramienta de evaluación online**, desarrollada por el alumno dentro de un proyecto de investigación de la Universidad de Oviedo (ver **2. CONTEXTO**), junto con otra de **captura de interacción del usuario** con la interfaz web, registrando los diferentes eventos de este, como pueden ser clics, tecléos o movimientos del ratón a través de la pantalla (**FERNÁNDEZ LANVIN ET AL., 2022**).

Esta herramienta de evaluación está diseñada para obtener una estimación del riesgo de psicosis de los usuarios, estando enfocada principalmente a su uso **clínico de manera preventiva** para permitir tratar los síntomas de manera temprana.

Lo primero que se le presenta al usuario es una pantalla de consentimiento informado, que debe aceptar para poder participar en la prueba. A continuación, se le pide que proporcione una serie de **datos demográficos**, entre ellos su edad, nacionalidad, dominancia manual (zurdo/diestro), género y nacionalidad de los padres, que tendremos en cuenta a la hora de realizar el análisis.

Una vez los haya proporcionado, el paciente es expuesto a una **serie de cuestionarios (ver ANEXO ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA.) de respuesta numérica o de múltiple opción**, donde debe seleccionar en función de una escala (Likert para el ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA. y ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA.) una serie de respuestas preparadas para realizar su evaluación. Este proceso es el mismo para todos los usuarios, y durante su trascurso se recogen principalmente los datos de los movimientos del usuario y de los clics que realiza.

Finalmente, se les pide a los pacientes que **participen en una tarea adicional de narración textual**. En este segundo cuestionario, se le pide al usuario que escriba un **texto de corta/media extensión** respondiendo a una pregunta **sobre un evento importante en su vida** durante un tiempo de **entre 12 y 15 minutos**, permitiendo de esta manera recoger datos del teclado para analizar su movimiento y tiempos de escritura.

9. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para analizar la muestra obtenida, se propone una diseño experimental orientado a identificar aquellas variables que presentan diferencias significativas entre los grupos de riesgo identificados entre los usuarios, estrechamente relacionada con el trabajo realizado en Pandey et al (**PANDEY**

ET AL., 2023). Para comprobar estas diferencias se realizan dos pruebas, una prueba T de Student y una prueba U de Mann-Whitney, descritas más adelante.

9.1 Diseño experimental

Para poder realizar el análisis de la interacción, se han obtenido una serie de variables en base a los datos que se han obtenido de la interacción de cada usuario, siendo estas las siguientes:

- **Tiempo total de ejecución:** el tiempo total en el que el usuario ha tardado en realizar todos los cuestionarios
- **Número total de clics:** el número total de clics que el usuario realiza durante la sesión.
- **Media de desviaciones de clics:**
- **Número total de pausas:** el número de pausas que realiza el usuario durante la interacción, tomamos 100ms como el mínimo tiempo entre dos eventos para ser considerados como un descanso.
- **Media de tiempo de pausas:** la media del tiempo de pausas del usuario (≥ 100 ms).
- **Pausa más larga:** la pausa de mayor tiempo del usuario (≥ 100 ms)
- **Pausa más corta:** la pausa de menor tiempo del usuario
- **Distancia total recorrida:** la distancia total que el usuario realiza a lo largo de la sesión, siendo calculada como la suma cumulativa de distancias cuadráticas entre los puntos de los eventos de movimiento.
- **Velocidad media:** calculada como la media de velocidades de movimiento del usuario
- **Velocidad máxima:** la velocidad máxima de entre las velocidades del usuario, sin suavizar.
- **Velocidad mínima:** la velocidad mínima de entre las velocidades del usuario
- **Aceleración media:** la media de aceleraciones del usuario
- **Aceleración máxima:** la aceleración máxima del usuario de entre las aceleraciones del usuario
- **Aceleración mínima:** la aceleración mínima de entre las aceleraciones del usuario
- **Media de “arranques” (jerk):** la media de arranques del usuario en su movimiento, un arranque consiste en un cambio de aceleración.
- **Arranque máximo:** el cambio máximo en las aceleraciones del usuario.
- **Ratio de diferencia con área óptima:** la diferencia entre el área óptima de la trayectoria y el área real.
- **Área bajo la curva:** el área bajo la curva de la trayectoria.
- **Desviación absoluta máxima:** la desviación absoluta más grande de la trayectoria óptima
- **Número de teclas presionadas:** el número de teclas presionadas por el usuario
- **Número de correcciones de teclado:** el número de veces que el usuario presiona la tecla de eliminar o retroceso

Los datos recogidos de la interacción consistían en eventos, registrados con un Script de JavaScript que recoge en JSON los siguientes datos:

- **sceneId:** el identificador de la escena en la que el usuario se encuentra (una escena se considera como una o varias pantallas en las que el usuario realiza una serie de acciones)
- **eventType:** el tipo de evento registrado, con un identificador numérico

- **elementId**: el id del elemento sobre el que ha hecho clic, si es que hay uno, si no es -1
- **timeStamp**: el tiempo en el que se registra el evento, como timeStamp en milisegundos
- **x**: la coordenada X del evento en la pantalla
- **y**: la coordenada Y del evento en la pantalla
- **sessionId**: el identificador de la sesión del usuario
- **keyValueEvent**: el valor del evento, en eventos de teclado es el carácter presionado
- **keyCodeEvent**: el código del evento

```
{"sceneId":"Test_Psico","eventType":0,"elementId":"-1","timeStamp":1749030614967,"x":1520,"y":864,"sessionId":"WJY8467920438481748975455947632025","keyValueEvent":"-1","keyCodeEvent":-1}
```

9.1.1 Obtención de variables

A continuación, se explica el cálculo realizado para obtener algunas de las variables de la interacción de los usuarios.

9.1.1.1 Planteamiento inicial

En un comienzo, se planteó la posibilidad de analizar la interacción del usuario de manera general, tomando métricas generales sobre la velocidad o aceleración tomando todos los eventos de movimiento del usuario de manera continua.

Para esto se propuso en un inicio calcular la velocidad media a la que el usuario se desplazaba por el sistema empleado la derivada parcial de la velocidad (ver **FÓRMULA 1**), es decir la velocidad instantánea entre dos eventos consecutivos.

$$v_i = \frac{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}{t_{i+1} - t_i}$$

Fórmula 1. Derivada parcial de la velocidad

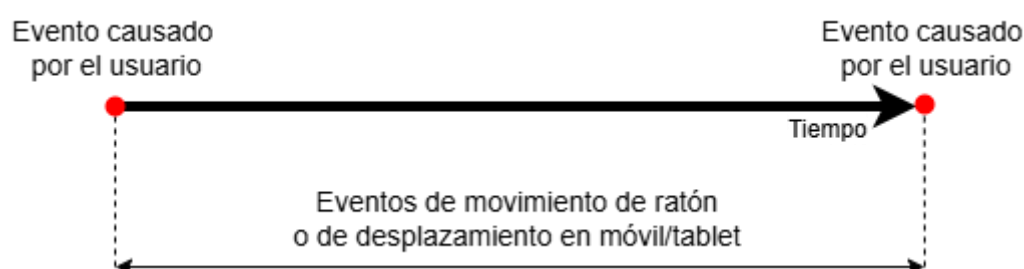
Sin embargo, este cálculo daba lugar a la aparición de valores extremos de velocidad y aceleración, esto se debe a que eventos que fuesen muy cercanos y que se hubiesen realizado en una diferencia de pocos milisegundos, haciendo que las velocidades resultasen ser de más de 1 millón de píxeles/segundo para algunos usuarios.

9.1.1.2 División en submovimientos y escenas

Por lo tanto, se decidió pasar a un enfoque más específico, partiendo de los trabajos realizados en Gajos et al y Pandey et al (**GAJOS ET AL., 2012; PANDEY ET AL., 2023**), se buscó partir las trayectorias de los usuarios en submovimientos que permitiesen analizar más variables de su interacción y obtener velocidades más adecuadas.

Pese a que en estos estudios se dividen las trayectorias en subtrayectorias basándose en la propia tarea que el usuario debe realizar (tareas como “point and click”, donde al usuario se le pide hacer clic en diferentes círculos que aparecen en la pantalla), en este trabajo no podíamos aplicar este mismo método de partición de tareas al no tener una manera definida de identificar cuándo un usuario estaba interactuando con uno de los componentes de la aplicación (un botón, un campo de texto, etc.).

Figura 8. Componentes de un submovimiento



Se optó entonces por dividir como submovimientos aquellos conjuntos de eventos de movimiento (de ratón o de desplazamiento en un dispositivo móvil) que se encontrasen entre dos eventos que no fuesen de movimiento, como se ilustra en la **FIGURA 8**.

Además de esta división en submovimientos, se analizaron por separado las variables para cada escena en la que el usuario interactuaba con el sistema, obteniendo así tanto variables generales de la interacción del usuario como variables particulares para cada una de las 3 escenas.

9.1.1.3 Métricas de movimiento

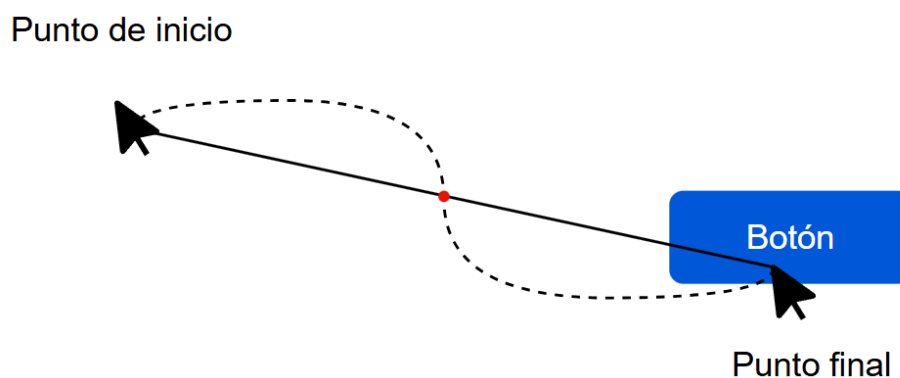
Para el cálculo de la velocidad se tomó la distancia agregada de todos los puntos de la trayectoria y el tiempo entre el primer y último evento de la trayectoria.

De esta manera se obtuvieron las velocidades de todos los submovimientos, lo que permite calcular métricas como la velocidad media (de todos los submovimientos) del usuario para cada escena, la velocidad máxima, la mínima y la desviación estándar, siguiendo un enfoque similar al realizado en los trabajos de Gajos et al y Pandey et al. (**GAJOS ET AL., 2012; PANDEY ET AL., 2023**).

De igual manera, se calcularon las mismas métricas para la aceleración y los arranques (*jerk* en inglés) del usuario.

En el proceso de análisis de submovimientos es posible calcular el número de veces que el usuario realiza un movimiento que corta la trayectoria con menor distancia desde el punto inicial al final, como se por ejemplo en la **FIGURA 9**, donde la trayectoria del ratón desde el punto de inicio al final tiene un punto de corte con el eje del recorrido óptimo.

Figura 9. Trayectoria con un punto de corte con el eje



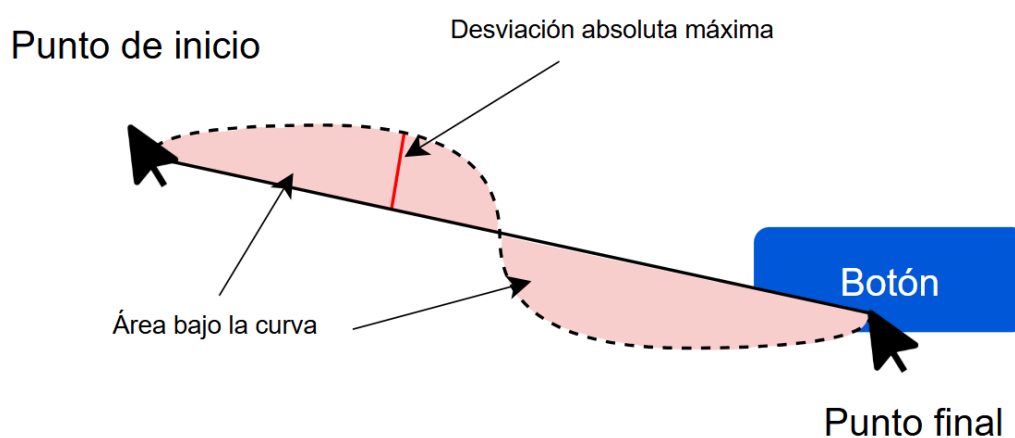
Para hacer esto, se calcula para cada submovimiento el vector de dirección entre el primer y último punto tras esto se normaliza y se calcula su vector perpendicular. Una vez hecho esto, se calcula

para cada punto de la trayectoria $P_i = (x_i, y_i)$ el vector relativo al punto inicial $r_i = P_i - start$ y se proyecta cada uno de estos vectores relativos sobre el vector perpendicular a la recta entre principio y fin. Cada vez que el signo de una de estas proyecciones cambia, significa que la curva que traza el usuario con el ratón cruzó la línea de principio a fin.

$$p_i \cdot p_{i+1} < 0$$

Otra de las variables calculadas siguiendo los submovimientos del usuario ha sido el Área Bajo la Curva (AUC) de cada submovimiento (agregada para cada escena), calculada como la integral de la trayectoria desde el punto inicial al final. Junto con esta área, es posible calcular la desviación absoluta máxima de la trayectoria como el punto más alejado de la trayectoria óptima del recorrido, como se ilustra en la **FIGURA 10**.

Figura 10. Área bajo la curva y desviación absoluta máxima de una trayectoria



9.1.1.4 Métricas de clics

Pese a que algunos usuarios realizaron la tarea a través de un móvil o Tablet, para aquellos usuarios que realizaron la prueba a través de un ordenador se pudieron calcular diferentes métricas relacionadas con los clics del usuario.

El número total de clics se obtuvo como la suma agregada de clics en la sesión del usuario. Otra de las métricas obtenidas es el “desliz del clic”, que consiste en la distancia recorrida entre el momento en el que se presiona el ratón y el momento en el que se levanta el dedo del mismo.

9.1.2 Análisis de datos

Para comprobar si existen diferencias significativas entre los dos grupos de usuarios identificados (aquellos con un riesgo **Bajo** y **Medio** de psicosis), se lleva a cabo en primer lugar un análisis de la distribución de los datos mediante la **prueba de Shapiro-Wilk**. Esta prueba permite verificar si las variables analizadas siguen una distribución normal.

En los casos en que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, se aplica una **prueba T de Student para muestras independientes**, que permite comparar las medias de ambos grupos. Esta prueba asume, además de normalidad, la homogeneidad de varianzas.

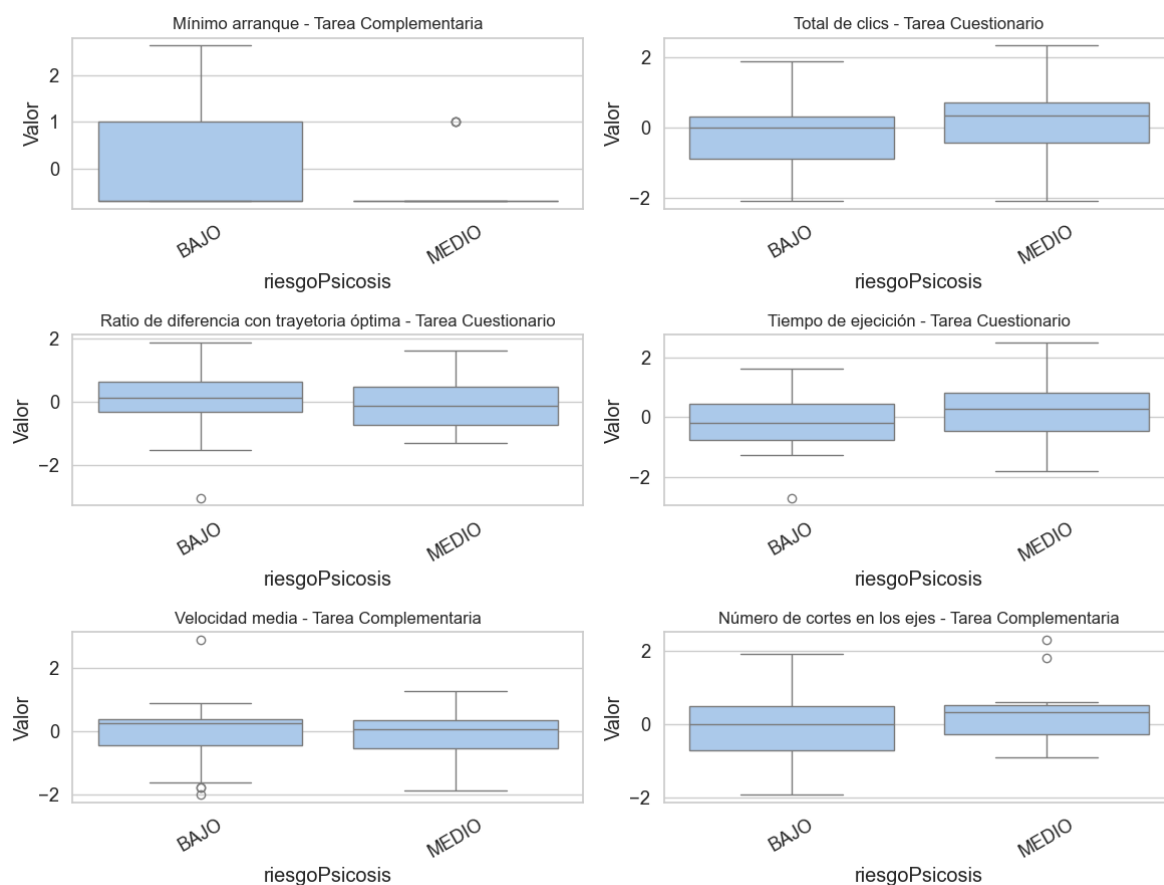
También, se utiliza la **prueba no paramétrica U de Mann-Whitney**, adecuada para comparar dos grupos independientes sin necesidad de asumir normalidad ni igualdad de varianzas y para dar

robustez al resultado de la prueba T de Student. Esta prueba evalúa si existe una diferencia significativa en la distribución de los valores entre ambos grupos.

El resultado principal de esta prueba es el **estadístico U**, que mide el grado de solapamiento entre las distribuciones. A partir de este valor, y cuando el tamaño muestral lo permite, se calcula una **variable Z**, que representa una estandarización del estadístico U bajo la hipótesis nula. Esta transformación permite utilizar la distribución normal estándar para interpretar los resultados.

Tanto en la prueba T como en la prueba U, se calcula un **valor p**, que indica la probabilidad de observar los resultados obtenidos si la hipótesis nula fuera cierta (es decir, si no existieran diferencias reales entre los grupos). En este trabajo, se considera que existe una diferencia estadísticamente significativa cuando **$p < 0.005$** .

Figura 11. Distribución de variables por grupos de riesgo



9.2 Estudio preliminar

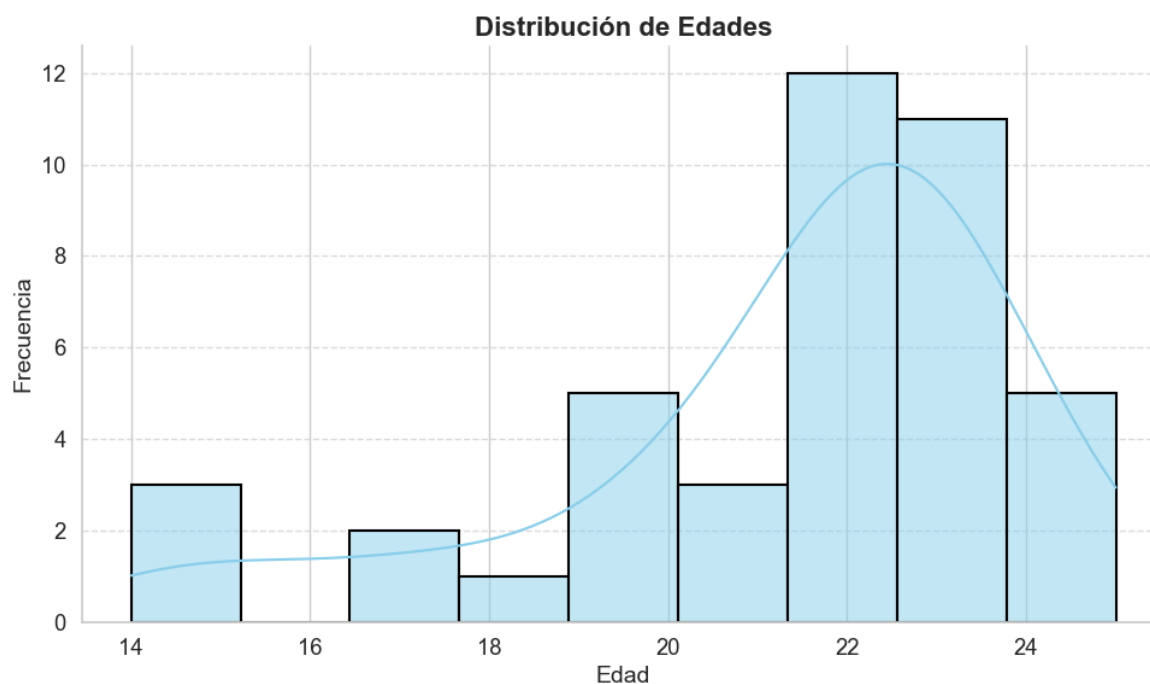
La evaluación de la propuesta requiere de la **colaboración de centros clínicos** que faciliten la toma de datos de la población objetivo, de forma que se cuente con un tamaño muestral suficiente de los distintos grupos de clasificación. Dado que este proceso no se prevé que se pueda desarrollar antes de la fecha de fin de este trabajo fin de máster, se realiza un estudio preliminar con el objetivo de **desarrollar el ciclo completo de análisis y anticipar posibles problemas** en el proceso una vez se disponga del conjunto sujetos objetivo.

Para ello, se ha distribuido una versión modificada de los formularios (ver [ANEXO ¡ERROR! NO SE ENCUENTRA EL ORIGEN DE LA REFERENCIA.](#)) a través de la web y redes sociales solicitando la colaboración en el experimento. Las modificaciones han sido necesarias para **cumplir con la ley de protección de datos** en lo relativo a la recogida de información de usuarios en aplicaciones Web.

9.2.1 Visualización de la muestra

La muestra empleada consta de 41 usuarios, distribuidos en edades de entre 14 y 25 años siguiendo el rango de entre 12 y 25 años que se emplea para la validez del test psicométrico.

Figura 12. Distribución de edades en la muestra empleada

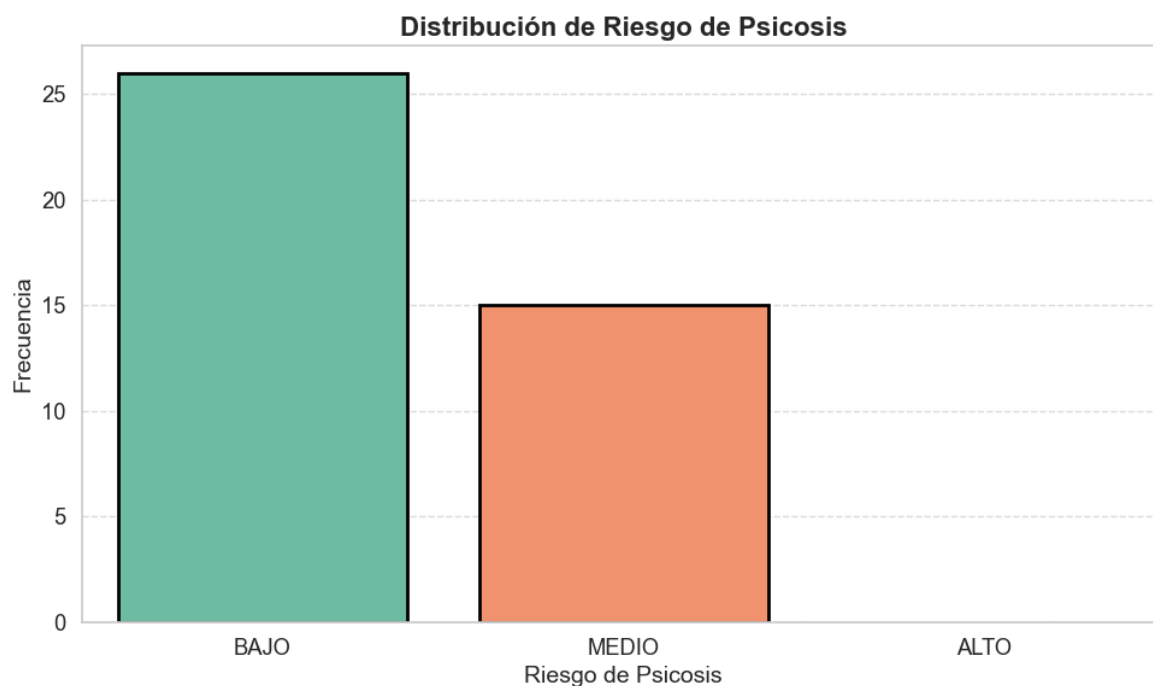


La distribución del riesgo de psicosis en usuarios para los 41 usuarios de la muestra es de 26 de riesgo bajo y 15 de riesgo medio (ver **TABLA 1** y **FIGURA 13**). Esta desproporción se puede explicar debido a que la muestra fue recogida de manera online con usuarios de población general, no tratándose de un entorno clínico.

Tabla 1. Riesgo de psicosis por individuos en la muestra

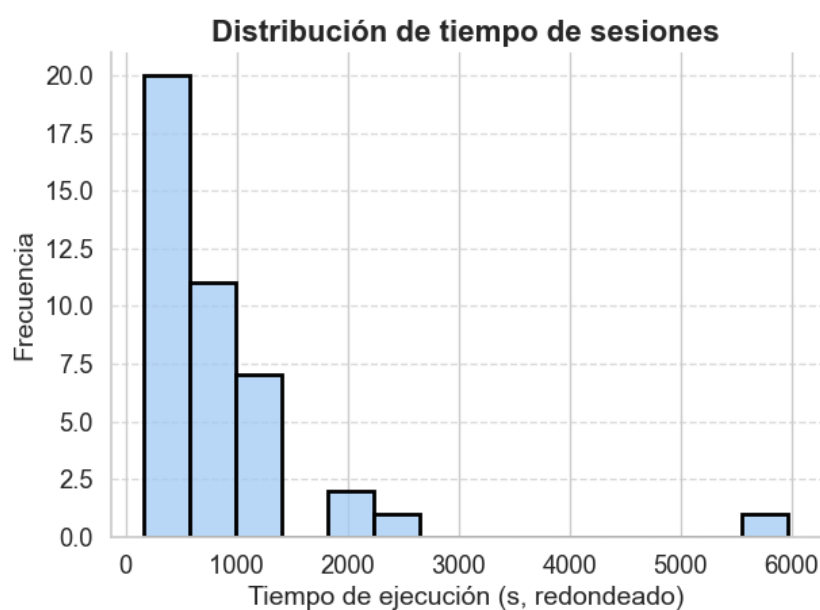
Riesgo de psicosis	Número de individuos identificados
Bajo	26
Medio	15
Alto	0

Figura 13. Distribución de grupos de riesgo de psicosis



Las sesiones de los usuarios tienen una duración media de entre 3 y 20 minutos, agrupándose la mayoría entre los 3 y los 10 minutos. Sin embargo, existen casos en los que la duración toma valores excesivos, como se puede ver en la FIGURA 14, esto se debe a que algunos usuarios hayan dejado la ventana de la aplicación abierta sin efectuar ninguna actividad durante un tiempo, retomando la interacción tras una pausa longeva.

Figura 14. Distribución de tiempos de ejecución totales (redondeados)



9.2.2 Limpieza de datos

Tras obtener las variables descritas en **9.1.1 OBTENCIÓN DE VARIABLES**, se han eliminado las sesiones que no presentaban el Identificador de ningún usuario o la de aquellos usuarios cuya edad era menor de 12 o mayor de 25. También se eliminaron las sesiones de menos de 60 segundos, siendo estas consideradas como inválidas por no contar con el tiempo suficiente como para haber contestado el test, lo cual constituyó alrededor de 20 sesiones de las recogidas.

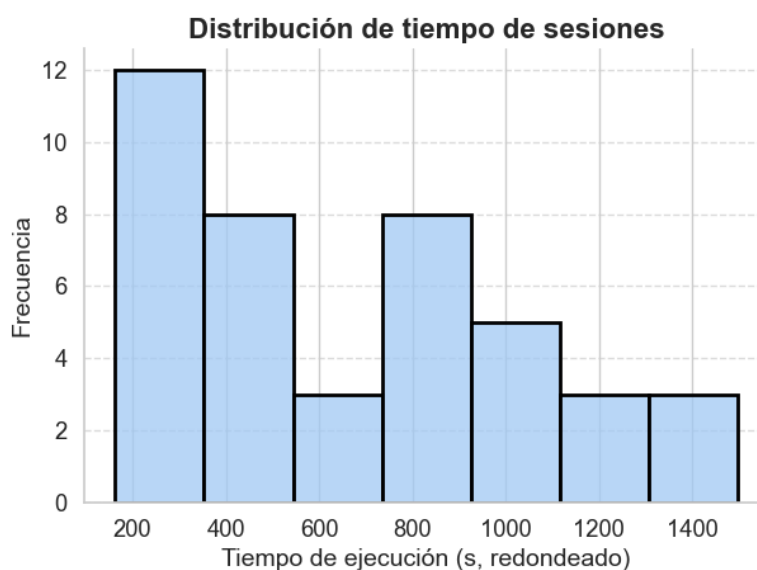
Para todas las sesiones recogidas de los usuarios faltaban datos demográficos que, por cuestiones técnicas de la herramienta, no se recogieron en el momento de registrar sus eventos. Sin embargo, estos mismos se pudieron completar a través de la base de datos de la propia aplicación TEEN-P3.

Los eventos recogidos con la herramienta de interacción de HCI tuvieron que ser formateados y limpiados antes de poder ser procesados correctamente, principalmente por la forma en que son recogidos por el navegador.

- Se tuvieron que reemplazar eventos que tuviesen el mismo timeStamp por un solo evento que tuviese como tipo aquel más propio para el cálculo, (los cálculos de velocidad con el de movimiento de ratón, los de clic con eventos de clic), en caso de que los eventos fuesen de tipos diferentes, en caso contrario se conservaba el primer evento.
- Eventos en los que el usuario no interactúa con el ratón, como puede ser al escribir con el teclado o al hacer *scroll* en la pantalla, tienen como coordenadas X e Y 0 o -1, por lo que para los cálculos de velocidad se tuvo que emplear un sistema de reemplazo para mantener las coordenadas del último evento de movimiento.

Para las sesiones con duración excesiva, se **recalculó** su tiempo de ejecución y las pausas eliminando aquellas “pausas” que fuesen superiores al percentil 99 en sesiones superiores a 15 minutos en la tarea complementaria. Finalmente la distribución del tiempo de ejecución y de las pausas agrupó valores de entre los 3 y 23 minutos.

Figura 15. Distribución de tiempos de ejecución tras limpieza de datos (redondeados)



Tras realizar el procesamiento de las variables vistas anteriormente en **9.1.1 OBTENCIÓN DE VARIABLES**, se eliminaron aquellas que presentaban un 50% de datos faltantes en sus columnas, eliminando completamente las variables para la escena de recogida de datos demográficos, e imputando aquellas otras columnas con valores faltantes utilizando la media.

Estos valores faltantes, principalmente para variables como el tiempo de ejecución, se dieron principalmente por los diferentes errores que pudo tener el script de interacción a la hora de recoger los eventos del usuario o porque el mismo usuario dejó la tarea adicional sin responder.

Para finalizar la limpieza de datos, se transformaron las variables utilizaron logaritmos neperianos para reducir la asimetría y se empleó Box-Cox para aproximarlas transformar las variables posibles a una distribución normal.

9.3 Resultados

Tras realizar el análisis (ver apartado **9.1.2**) sobre la muestra, se ha observado que algunos de los datos no seguían una distribución normal. Por ello, se optó por utilizar también la prueba **U de Mann-Whitney**, una prueba no paramétrica que permite comparar dos grupos independientes sin asumir que siguen una distribución normal. Por tanto, se aplicaron tanto la prueba U como una prueba T de Student, recogiendo los resultados en la **TABLA 2**.

El **estadístico U** de la prueba Mann-Whitney mide el número de veces que los valores de un grupo preceden a los del otro en el orden de rangos, es decir, **cuantifica el grado de solapamiento** entre las dos distribuciones. Cuanto menor es el valor de U, mayor es la diferencia entre los grupos. Este valor se utiliza para calcular el valor p, que permite contrastar la hipótesis nula de que ambas muestras proceden de la misma población (es decir, que no hay diferencias significativas entre los grupos), considerando *que*, si p es menor de 0.005, se rechaza dicha hipótesis con un alto grado de confianza.

La **variable Z** indica cuántas desviaciones estándar se encuentra el valor observado (U) por encima o por debajo de lo que se esperaría bajo la hipótesis nula. Cuanto mayor es el valor absoluto de z, mayor es la evidencia contra la hipótesis nula. Al igual que en otras pruebas estadísticas, si dicho valor es menor de 0.005, se considera que existe una diferencia significativa entre los grupos comparados.

La **prueba T de Student** permite comparar las medias de dos grupos para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

El **valor p** obtenido a partir del estadístico de la prueba T de Student indica la probabilidad de observar una diferencia entre las medias si la **hipótesis nula** fuera cierta, es decir, si no hubiera diferencias reales entre los grupos. Al igual que en la prueba U, si este valor p es **menor de 0.005**, se considera que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y concluir que existe una diferencia significativa entre los grupos comparados.

La **TABLA 2** se ordena por significancia (primero de la prueba U y luego de la prueba T), aquellas variables sin escena son las que se han calculado de manera global a toda la trayectoria. Para las variables que, tras aplicar el test de **Shapiro-Wilk**, no seguían una distribución normal, se presenta igualmente el estadístico de la prueba T de Student, dando el de la prueba U como muestra de robustez y anotando en la última columna el resultado de la prueba de normalidad.

Tabla 2. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney y la prueba T de Student sobre la muestra obtenida

<i>Variable</i>	<i>Escena</i>	<i>P de la prueba U</i>	<i>P de la prueba T</i>	<i>Z</i>	<i>Distr. Normal</i>
<i>Tiempo de ejecución</i>		0.542525	0.587796	0.622532	Si
<i>Número total de clics</i>		0.605571	0.646898	0.527799	Si
<i>Pausa mínima</i>		0.673272	0.985967	0.419532	No
<i>Distancia total (px)</i>		0.694714	0.756545	0.405999	No
<i>Pausa media</i>		0.797076	0.635382	0.270666	Si
<i>Pausa más larga</i>		1.000000	0.900505	0.013533	No
<i>Número total de pausas</i>		0.860317	0.677833	0.189466	Si
<i>Número de correcciones de teclado</i>		0.902331	0.991731	0.135333	No
<i>Número de teclas presionadas</i>		0.945917	0.940954	0.081199	No
<i>Media de desliz de clic (px)</i>		1.000000	0.758878	0.013533	No
<i>Número total de clics</i>	Cuestionario	0.181061	0.290816	1.339800	Si
<i>Pausa más larga</i>	Cuestionario	0.236082	0.326347	1.055600	No
<i>Tiempo total de ejecución (s)</i>	Cuestionario	0.272992	0.205945	1.109730	Si
<i>Media del ratio de diferencia con área óptima</i>	Cuestionario	0.393882	0.716651	0.866131	Si
<i>Número total de clics</i>	Cuestionario	0.457361	0.290816	1.339800	Si
<i>Desviación absoluta máxima</i>	Cuestionario	0.578987	0.977557	0.568399	No
<i>Arranque mínimo</i>	Cuestionario	0.581007	0.401737	0.054133	No
<i>Número total de pausas</i>	Cuestionario	0.597511	0.615550	0.541332	Si
<i>Área Bajo la Curva</i>	Cuestionario	0.597639	0.675291	0.541332	No
<i>Arranque estándar</i>	Cuestionario	0.655165	0.578035	0.460132	Si
<i>Número de cortes en los ejes</i>	Cuestionario	0.674800	0.624658	0.433066	Si
<i>Velocidad máxima</i>	Cuestionario	0.755599	0.811581	0.054133	No
<i>Arranque máximo</i>	Cuestionario	0.776258	0.723113	0.297733	Si
<i>Aceleración máxima</i>	Cuestionario	0.818040	0.826566	0.243599	Si
<i>Arranque medio</i>	Cuestionario	0.818040	0.854695	0.243599	Si
<i>Aceleración estándar</i>	Cuestionario	0.839135	0.831738	0.216533	Si
<i>Aceleración media</i>	Cuestionario	0.839135	0.955652	0.216533	Si
<i>Aceleración mínima</i>	Cuestionario	0.839135	0.955652	0.955652	Si
<i>Velocidad mínima</i>	Cuestionario	0.853097	0.625542	0.162400	No
<i>Distancia total (px)</i>	Cuestionario	0.860347	0.865930	0.189466	Si

<i>Velocidad media</i>	Cuestionario	0.881659	0.931376	0.162400	No
<i>Número total de pausas</i>	Cuestionario	0.891629	0.615550	0.541332	Si
<i>Pausa media</i>	Cuestionario	0.989202	0.993777	0.027066	Si
<i>Velocidad estándar</i>	Cuestionario	1.000000	0.853381	0.000000	No
<i>Aceleración media</i>	Tarea complementaria	0.733770	0.993668	0.135333	No
<i>Pausa media (s)</i>	Tarea complementaria	0.733770	0.586651	0.351866	Si
<i>Distancia total (px)</i>	Tarea complementaria	0.838300	0.915810	0.216533	No
<i>Arranque medio</i>	Tarea complementaria	0.902550	0.946603	0.135333	No
<i>Velocidad máxima</i>	Tarea complementaria	0.902550	0.452700	0.135333	No
<i>Arranque estándar</i>	Tarea complementaria	0.924130	0.963190	0.108266	No
<i>Arranque medio</i>	Tarea complementaria	0.106356	0.946603	0.135333	No
<i>Número total de clics</i>	Tarea complementaria	0.314947	0.450547	0.974398	No
<i>Número de cortes en los ejes</i>	Tarea complementaria	0.353889	0.255587	0.933798	Si
<i>Desviación absoluta máxima</i>	Tarea complementaria	0.422165	0.445919	0.422165	No
<i>Tiempo total de ejecución (s)</i>	Tarea complementaria	0.543434	0.574482	0.608998	No
<i>Área bajo la curva</i>	Tarea complementaria	0.576989	0.602994	0.568399	No
<i>Aceleración mínima</i>	Tarea complementaria	0.599143	0.883759	0.405999	No
<i>Número total de pausas</i>	Tarea complementaria	0.624239	0.715293	0.500732	No
<i>Media del ratio de diferencia con área óptima</i>	Tarea complementaria	0.693187	0.687662	0.405999	Si
<i>Velocidad media</i>	Tarea complementaria	0.754352	0.712813	0.324799	No
<i>Aceleración estándar</i>	Tarea complementaria	0.924130	0.969432	0.108266	No
<i>Velocidad mínima</i>	Tarea complementaria	0.935731	0.712813	0.081199	No
<i>Pausa máxima</i>	Tarea complementaria	0.941677	0.820239	0.081199	No

<i>Arranque máximo</i>	Tarea complementaria	0.967444	0.99391	0.054133	No
<i>Velocidad estándar</i>	Tarea complementaria	0.967444	0.533571	0.054133	No
<i>Aceleración media</i>	Tarea complementaria	0.989145	0.993668	0.027066	Si

9.4 Discusión

Los resultados de esta prueba muestran que **ninguna variable** de la interacción de los usuarios **demonstró significancia estadística**. Además, el análisis del tamaño del efecto mediante el coeficiente r (calculado para cada variable como $r = \left| \frac{z}{\sqrt{N}} \right|$, donde N es el número total de observaciones de la variable) indicó valores pequeños en todos los casos ($r < 0.3$), lo cual sugiere que, incluso en aquellas variables con menor p-valor, la magnitud de la diferencia entre los grupos fue pequeña. Esto indica que las **diferencias** observadas **no son relevantes desde el punto de vista práctico o clínico**.

10. CONCLUSIONES

Debido a los plazos con los que se contaba en este trabajo, y al no poder contar con casos clínicos, se ha trabajado con una muestra de población general. Esta **limitación** puede haber dado lugar a **resultados condicionados** al no pertenecer a sujetos del entorno clínico, (siendo el algoritmo empleando para evaluar el nivel de riesgo uno específicamente enfocado al uso clínico), y más aún ya que de los tres grupos de riesgo posible, no se dio con ningún caso de riesgo alto entre los usuarios.

Es también notable recalcar que, pese a que el tiempo para la tarea complementaria que se les había recomendado a los usuarios era de entre 12 y 15 minutos, la mayoría de los usuarios realizaron la tarea **en menos tiempo del recomendado**, pudiendo condicionar asimismo los resultados.

Pese a que estas limitaciones han dado lugar a unos resultados poco concluyentes, el trabajo aquí realizado ha **determinado la metodología y procesos** a seguir para obtener un método objetivo de cribado en un futuro, cuando se cuente con una muestra más representativa de usuarios.

Actualmente, en el proyecto de investigación en el que se enmarca el proyecto (ver **2. CONTEXTO**) se está desarrollando un sistema para evaluar el perfil psicológico (estado social, emocional, etc.) de cada paciente en función de sus respuestas al cuestionario y su nivel de riesgo. Este perfil no se ha podido tener en cuenta para este trabajo, por lo que en estudios futuros sería conveniente atender a los diferentes perfiles psicológicos para detectar los indicadores de interacción en función de estos.

Trabajos futuros deberán partir de una metodología como la aplicada en este trabajo, profundizando en más métricas de interacción del usuario con el sistema y evaluando a los pacientes tanto por su nivel de riesgo como por su perfil psicológico completo.

11. REFERENCIAS

Altinok, D. C. A., Ohl, K., Volkmer, S., Brandt, G. A., Fritze, S., & Hirjak, D. (2024). 3D-optical motion capturing examination of sensori- and psychomotor abnormalities in mental disorders: Progress and perspectives. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 167. <https://doi.org/10.1016/J.NEUBIOREV.2024.105917>

American Psychiatric Association. (2013a). Comportamiento motor muy desorganizado o anómalo (incluida la catatonía). En *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5o Edición, p. 88). American Psychiatric Publishing.

American Psychiatric Association. (2013b). Espectro de la esquizofrenia y otros trastornos psicóticos. En *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5o Edición, p. 87). American Psychiatric Publishing.

Birnbaum, M. L., Ernala, S. K., Rizvi, A. F., De Choudhury, M., & Kane, J. M. (2017). A collaborative approach to identifying social media markers of schizophrenia by employing machine learning and clinical appraisals. *Journal of Medical Internet Research*, 19(8), e7956. <https://doi.org/10.2196/jmir.7956>

Catalan, A., Salazar de Pablo, G., Vaquerizo Serrano, J., Mosillo, P., Baldwin, H., Fernández-Rivas, A., Moreno, C., Arango, C., Correll, C. U., Bonoldi, I., & Fusar-Poli, P. (2021). Annual Research Review: Prevention of psychosis in adolescents – systematic review and meta-analysis of advances in detection, prognosis and intervention. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 62(5), 657-673. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13322>

Damme, K. S. F., Osborne, K. J., Gold, J. M., & Mittal, V. A. (2019). Detecting Motor Slowing in Clinical High-Risk for Psychosis in a Computerized Finger Tapping Model. *European archives of psychiatry and clinical neuroscience*, 270(3), 393. <https://doi.org/10.1007/S00406-019-01059-0>

Fernández, I., Juncal-Ruiz, M., González-Menéndez, A. M., & Paino, M. (2024). Environmental and psychopathological predictors of clinical high-risk of psychosis in adolescence. *Journal of Clinical Psychology*, 80(9), 2063-2076. <https://doi.org/10.1002/JCLP.23723>

Fernández Lanvin, D., Andrés Suárez, J., González Rodríguez, B. M., & García Torre, P. (2022). Interaction lab: web user interaction tracking and analysis tool. *Scopus*. <http://hdl.handle.net/10651/68029>

Fernandez-Lanvin, D., Gonzalez-Rodriguez, M., De-Andres, J., & Camero, R. (2024). Towards an automatic early screening system for autism spectrum disorder in toddlers based on eye-tracking. *Multimedia Tools and Applications*, 83(18), 55319-55350. <https://doi.org/10.1007/S11042-023-17694-8/TABLES/7>

Fusar-Poli, P., Lai, S., Di Forti, M., Iacoponi, E., Thornicroft, G., McGuire, P., & Jauhar, S. (2020). Early Intervention Services for First Episode of Psychosis in South London and the Maudsley (SLaM): 20 Years of Care and Research for Young People. *Frontiers in Psychiatry*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.577110>

- Gajos, K. Z., Reinecke, K., & Herrmann, C. (2012). Accurate measurements of pointing performance from in situ observations. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 3157-3166. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208733>;CSUBTYPE:STRING:CONFERENCE
- Gebhardt, S., Härtling, F., Hanke, M., Theisen, F. M., von Georgi, R., Grant, P., Mittendorf, M., Martin, M., Fleischhaker, C., Schulz, E., & Remschmidt, H. (2008). Relations between movement disorders and psychopathology under predominantly atypical antipsychotic treatment in adolescent patients with schizophrenia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 17(1), 44-53. <https://doi.org/10.1007/s00787-007-0633-0>
- Guimond, S., Keshavan, M. S., & Torous, J. B. (2019). Towards remote digital phenotyping of cognition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 208, 36-38. <https://doi.org/10.1016/J.SCHRES.2019.04.016>
- Jin, H., & Mosweu, I. (2017). The Societal Cost of Schizophrenia: A Systematic Review. *Pharmacoeconomics*, 35(1), 25-42. <https://doi.org/10.1007/S40273-016-0444-6>/METRICS
- Kalinich, M., Ebrahim, S., Hays, R., Melcher, J., Vaidyam, A., & Torous, J. (2021). Applying machine learning to smartphone based cognitive and sleep assessments in schizophrenia. *Schizophrenia Research: Cognition*, 27, 100216. <https://doi.org/10.1016/J.SCOG.2021.100216>
- Kent, J. S., Hong, S. L., Bolbecker, A. R., Klaunig, M. J., Forsyth, J. K., O'Donnell, B. F., & Hetrick, W. P. (2012). Motor deficits in Schizophrenia quantified by nonlinear analysis of postural sway. *PLoS ONE*, 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041808>
- Li, R., Fu, H., Zheng, Y., Gou, S., Yu, J. J., Kong, X., & Wang, H. (2023). Behavior Analysis with Integrated Visual-Motor Tracking for Developmental Coordination Disorder. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 31, 2164-2173. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2023.3270287>
- Lin, H., Han, T., Gajos, K. Z., & Gupta, A. S. (2024). Hevelius Report: Visualizing Web-Based Mobility Test Data For Clinical Decision and Learning Support. <https://doi.org/10.1145/3663548.3688490>
- Mittal, V. A., Neumann, C., Saczawa, M., & Walker, E. F. (2008). Longitudinal Progression of Movement Abnormalities in Relation to Psychotic Symptoms in Adolescents at High Risk of Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 65(2), 165-171. <https://doi.org/10.1001/ARCHGENPSYCHIATRY.2007.23>
- Murray, R. M., Jones, P. B., Susser, E., Van Os, J., & Cannon, M. (2003). *The Epidemiology of Schizophrenia Edited by*. www.cambridge.org
- Paíno, M., María González-Menéndez¹, A., Vallina-Fernández², Ó., & Rus-Calafell³, M. (s. f.). *A new Algorithm for Detecting Clinical High Risk of Psychosis in Adolescents*. <https://doi.org/10.7334/psicothema2022.10>

Pandey, V., Khan, N. C., Gupta, A. S., & Gajos, K. Z. (2023). Accuracy and Reliability of At-Home Quantification of Motor Impairments Using a Computer-Based Pointing Task with Children with Ataxia-Telangiectasia. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 16(1). <https://doi.org/10.1145/3581790>

Parés-Badell, O., Barbaglia, G., Jerinic, P., Gustavsson, A., Salvador-Carulla, L., & Alonso, J. (2014). Cost of Disorders of the Brain in Spain. *PLOS ONE*, 9(8), e105471. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0105471>

Vail, A. K., Liebson, E., Baltrušaitis, T., Baker, J., Pennant, L., & Morency, L.-P. (2017). Visual Attention in Schizophrenia: Eye Contact and Gaze Aversion during Clinical Interactions. 2017 SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON AFFECTIVE COMPUTING AND INTELLIGENT INTERACTION (ACII), 490-497. https://akvail.github.io/pubs/vail_acii2017.pdf

Vecino, S., Gonzalez-Rodriguez, M., de Andres-Suarez, J., & Fernandez-Lanvin, D. (2021). Web Tool based on Machine Learning for the Early Diagnosis of ASD through the Analysis of the Subject's Gaze. *International Conference on Web Information Systems and Technologies, WEBIST - Proceedings, 2021-October*, 167-173. <https://doi.org/10.5220/0010715800003058>

Wang, S. M., Ouyang, W. C., Wu, M. Y., & Kuo, L. C. (2020). Relationship between motor function and psychotic symptomatology in young–adult patients with schizophrenia. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 270(3), 373-382. <https://doi.org/10.1007/s00406-019-01004-1>