

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE
GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL



“Interfaz cerebro-máquina basada en imaginación
motora de miembro inferior”

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Septiembre - 2020

AUTOR: Joaquín Sánchez Martí

DIRECTOR/ES: Eduardo Iáñez Martínez

Mario Ortiz García

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es analizar los registros de las señales cerebrales relacionadas con la imaginación motora de miembro inferior, así como diversas tareas de relajación. Se realizarán estudios de diferentes parámetros del preprocesamiento, extracción de características, clasificadores y selección de electrodos para tratar de mejorar los resultados en la posterior validación cruzada. Finalmente se obtendrán cuáles son las mejores configuraciones específicas para cada par de tareas y de forma global para todos los usuarios.



ABSTRACT

The objective of this project is to analyse the records of brain signals related to lower limb motor imagination, as well as various relaxation tasks. Studies of different parameters of the preprocessing, feature extraction, classifiers and selection of electrodes will be carried out to try to improve the results in the subsequent cross-validation. Finally, the best specific configurations will be obtained for each pair of tasks and globally for all users.





AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a Eduardo Iañez y a Mario Ortiz la oportunidad de trabajar en este proyecto, gracias al cual, he podido entender lo complejo y apasionante que es el mundo de la investigación.

Por otro lado, me gustaría agradecer a mi familia todo el apoyo recibido en estos últimos meses, sin ellos no hubiese sido posible.

También dar las gracias a mis compañeros de la carrera, gracias a los cuales, tanto el desarrollo de este proyecto como de la carrera en general, se ha hecho mucho más llevadero.

Y por último, pero no menos importante, gracias a mí, por haberme demostrado que por muy difícil que parezca, siempre se puede.





ÍNDICE

Resumen	3
Abstract.....	5
Agradecimientos.....	7
Índice	8
Índice de figuras	12
Índice de tablas	13
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Motivación	16
1.2. Objetivos.....	16
1.3. Estructura del proyecto	17
2. ESTADO DEL ARTE	18
2.1. Electroencefalograma	18
2.1.1. Regiones del cerebro	18
2.1.2. Ondas cerebrales	19
2.1.3. Electroodos.....	21
2.1.4. Posicionamiento de electrodos.....	24
2.1.5. Registro de señales cerebrales.....	25
2.1.6. Potenciales cerebrales	26
2.1.7. Imaginación motora y reposo	27
2.2. Interfaces cerebro-máquina.....	28
2.3. Aplicaciones.....	31
3. MATERIAL Y MÉTODOS	34
3.1.- Equipo EEG.....	34
3.1.1.- Gorro EEG	35
3.1.2.- Equipo g.USBamp	36
3.2. Protocolo experimental	37

3.2.1.- Preparación de la prueba.....	37
3.2.2.- Diseño de la prueba.....	38
3.3. Procesamiento y clasificación.....	40
3.3.1.- Registro de los datos	40
3.3.2.- Procesamiento + extracción de características.....	41
3.3.3.- Clasificación	42
3.4.- Metodología.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.-Resultados generales	48
4.1.1.-Extraccion de parámetros.....	48
4.1.1.1.-Características	48
4.1.1.2.-Electrodos.....	53
4.1.1.3.-Filtro laplaciano	57
4.1.1.4.-Ventana + Avance	59
4.1.1.5.-Clasificador	63
4.1.2.-Comprobacion con el resto de los usuarios.....	66
4.1.3.-Comprobación para 3 y 4 tareas.....	71
4.2.-Resultados por parejas de tareas	74
4.2.1.-Diferenciacion tareas de reposo	74
4.2.2.-Diferenciacion pierna derecha y pierna izquierda	76
4.2.3.-Diferenciacion reposo y piernas.....	78
5. CONCLUSIONES.....	82
5.1. Trabajos futuros	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO 1 – Usuarios y tareas.....	92
ANEXO 2 – Tablas de resultados completas	96



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hans Berger y el primer EEG..	18
Figura 2: Lóbulos cerebrales..	19
Figura 3: Tipos de ondas cerebrales.	21
Figura 4: Comparación de los artefactos procedentes del parpadeo en los metodos invasivos frente a los no-invasivos.....	22
Figura 5: Casco con malla y electrodo.	23
Figura 6: Colocación de electrodos en el Sistema Internacional 10-10 y 10-20.....	24
Figura 7: Representación de los electrodos según el Sistema Internacional 10-20.....	25
Figura 8: Ejemplo de onda P300	26
Figura 9: Modelo funcional genérico de una BMI..	28
Figura 10: Equipo utilizado en las pruebas.	34
Figura 11: Distribución de los electrodos siguiendo el SI 10-10. En rojo los electrodos normales y en amarillo el electrodo de tierra.	35
Figura 12: A la izquierda, un electrodo de anillo activo g.LADYbird. A la derecha, electrodo de referencia g.GAMMAearclip.....	36
Figura 13: Equipo amplificador g.USBamp.	37
Figura 14: Protocolo empleado para realizar las pruebas.....	39
Figura 15: Espectro en frecuencia después del pretratamiento.	41
Figura 16: Validación cruzada de 4 iteraciones.....	43
Figura 17: Combinaciones de tareas posibles en función del número de tareas a comparar.....	45
Figura 18: Orden a seguir al realizar las modificaciones.	46
Figura 19: Representación gráfica de las 7 configuraciones de electrodos.....	53
Figura 20: Evolución del porcentaje de acierto de los 4 usuarios principales a lo largo de la selección de parámetros.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado 1 característica por banda de frecuencia y el clasificador knn.	49
Tabla 2: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado 1 característica por banda de frecuencia y el clasificador svm.	50
Tabla 3: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se han utilizado 3 característica por banda de frecuencia y el clasificador knn.	51
Tabla 4: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se han utilizado 3 característica por banda de frecuencia y el clasificador svm.	52
Tabla 5: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador knn.	54
Tabla 6: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador svm.	55
Tabla 7: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador knn.	57
Tabla 8: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador svm.	58
Tabla 9: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 1 segundo. Se ha utilizado el clasificador svm.	60
Tabla 10: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 3 segundo. Se ha utilizado el clasificador svm.	61
Tabla 11: media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 5 segundo. Se ha utilizado el clasificador svm.	62
Tabla 12: media de los resultados de todos los usuarios al variar el tipo de svm y la función de kernel.	64
Tabla 13: media de los resultados de todos los usuarios al variar el parámetro “c” de c-svc y el valor de gamma (g) de la función de kernel.	65
Tabla 14: resultados de los otros 8 usuarios con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 100%	67
Tabla 15: resultados de los otros 8 usuarios con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 100%	68
Tabla 16: resultados de los otros 8 usuarios con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 10%	69

Tabla 17: resultados de los otros 8 usuarios con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 10%	70
Tabla 18: resultados de enfrentar las tareas de 3 en 3. Ventana de 1 segundo y avance del 100%.....	71
Tabla 19: resultados de enfrentar las tareas de 3 en 3. Ventana de 1 segundo y avance del 10%.....	72
Tabla 20: resultados de enfrentar las tareas de 4 en 4. Ventana de 1 segundo y avance del 100%.....	73
Tabla 21: resultados de enfrentar las tareas de 4 en 4. Ventana de 1 segundo y avance del 10%.....	73
Tabla 22: resultados procedentes de variar los electrodos y las bandas de frecuencia para la combinación de tareas de reposo “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” y “abecedario al revés”.....	75
Tabla 23: resultados procedentes de variar los electrodos con el fin de aumentar el porcentaje de acierto del par de tareas de imaginación motora “pierna derecha – pierna izquierda”.....	77
Tabla 24: resultados de los pares de tareas “5-8” y “5-9” al variar los electrodos y las bandas de frecuencia.	78
Tabla 25: resultados de los pares de tareas “20-8” y “20-9” al variar los electrodos y las bandas de frecuencia.	80
Tabla 26: resultados para 2, 3 y 4 tareas de los 12 usuarios con la selección de parámetros final.....	84



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Desde la antigüedad, el ser humano ha mostrado un claro interés por el desarrollo y la tecnología, esa evolución constante le ha llevado a inventar y descubrir nuevos métodos que le han servido para ayudarle a realizar ciertas tareas.

Esa continua evolución, pasa hoy en día, entre otras cosas, por desarrollar interfaces cerebro-máquina, con el fin de ser capaces de controlar diversos dispositivos con la imaginación, lo cual supondrá un gran avance en la relación que existe entre las máquinas y los humanos. Esta tecnología pretende ayudar al ser humano en infinidad de campos, ya sea para rehabilitación, para personas con algún tipo de discapacidad, fábricas, aplicaciones militares, etc...

Por todo esto, la motivación principal de este trabajo es la de contribuir a desarrollar una BMI que permita mejorar la calidad de vida de cientos de personas en un futuro no muy lejano.

1.2. Objetivos

El propósito de este proyecto es diseñar una BMI capaz de detectar, con la máxima precisión posible, la imaginación de movimiento del miembro inferior frente a reposo, con el fin de mejorar la tasa de acierto y extraer las conclusiones oportunas.

La dificultad reside en que las ondas cerebrales del tren inferior presentan mucho ruido y son más difíciles de captar, ya que se encuentran en la corteza interior del cerebro, por lo que el plan a seguir es ir realizando variaciones en algunos parámetros como la selección de electrodos o bandas de frecuencia, para así poder ir aumentando dicho porcentaje de acierto poco a poco.

Otro de los objetivos será determinar que tarea de reposo ofrece un mayor porcentaje de acierto al compararla con las tareas de imaginación motora del miembro inferior, así como determinar cuál es la configuración de parámetros que maximiza dicha comparación.

Para llevar a cabo el proyecto, se utilizarán registros de imaginación motora de trabajos previos.

1.3. Estructura del proyecto

El presente proyecto está dividido en 5 capítulos, la finalidad y los objetivos de cada uno de ellos son los siguientes:

- Capítulo 1. Introducción: Se centra en enmarcar el proyecto, describe los objetivos y la motivación que ha llevado a realizar el proyecto. También explica la estructura del proyecto.
- Capítulo 2. Estado del arte: Se trata de una introducción más técnica, ya que en él se describen los métodos, orígenes y principios utilizados por la comunidad científica para la captación y el análisis de las señales EEG. En este apartado, también se describen las partes en las que está dividido el cerebro humano, así como sus funciones y los fenómenos neurológicos que ocurren en el mismo.
- Capítulo 3. Material y métodos: En este apartado se realiza una descripción tanto de los equipos utilizados para los registros de las señales EEG, como del protocolo seguido en cada una de las pruebas. Asimismo, se explican los procesos de pre-procesamiento, procesamiento y clasificación utilizados en este proyecto.
- Capítulo 4. Resultados y discusión: Este apartado contiene todas las tablas de resultados extraídas a la hora de probar las diferentes combinaciones de parámetros y que han sido la base a la hora de tomar las decisiones. También se muestran los resultados obtenidos al aplicar el conjunto de parámetros seleccionado a otros usuarios diferentes y también al utilizar grupos de 3 y 4 tareas.
- Capítulo 5. Conclusión: En este apartado se detallan las conclusiones extraídas a lo largo del proyecto, así como se plantean trabajos futuros relacionados con el mismo.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Electroencefalograma

La historia del electroencefalograma, de aquí en adelante EEG, se remonta al año 1770, cuando el investigador italiano Luigi Galvani publicó sus observaciones sobre los ritmos eléctricos del cerebro de los animales. Pese a ello, no fue hasta 1924 cuando Hans Berger fue capaz de registrar las oscilaciones rítmicas del cerebro de un joven de 17 años, las cuales se pueden observar en la Figura 1, hecho por el cual se le considera el inventor del EEG [1].

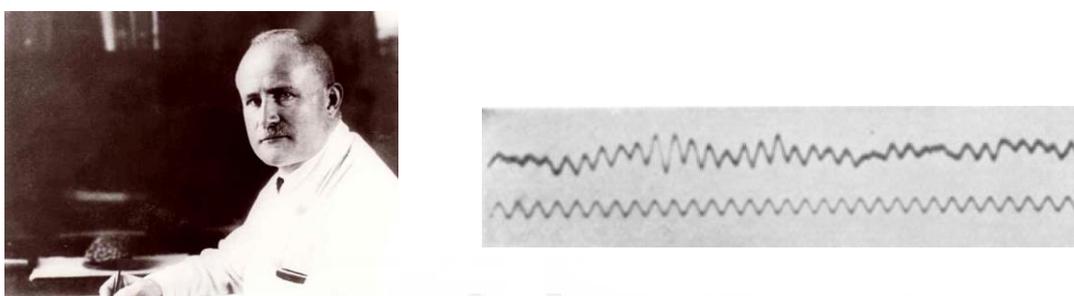


Figura 1: Hans Berger y el primer EEG. Fuente [2].

El EEG consiste en detectar la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos colocados sobre el cuero cabelludo. Esto es posible ya que las neuronas se comunican entre si a través de impulsos eléctricos, los cuales pueden ser captados por dichos electrodos. El conjunto de todas las ondas captadas recibe el nombre de registro electroencefalográfico.

Los EEG tienen distintas aplicaciones en el mundo de la medicina, la más frecuente es detectar trastornos cerebrales como la epilepsia u otros trastornos convulsivos. Pero en este caso, la finalidad del proyecto es captar la imaginación de movimiento, ya sea para controlar un exoesqueleto, videojuegos o ayudar en la rehabilitación de personas que han sufrido algún tipo de accidente.

2.1.1. Regiones del cerebro

El cerebro humano está dividido a lo largo en dos hemisferios, hemisferio derecho y hemisferio izquierdo, separados por la cisura interhemisférica. Ambos hemisferios a su vez están divididos en 4 partes o lóbulos separados entre sí por las cisuras de Rolando, de Silvio y la Parieto-Occipital.

Los lóbulos están situados en el cerebro tal y como se puede observar en la Figura 2 y cada uno de ellos tiene unas funciones determinadas:

- **Lóbulo frontal:** es el más grande y se encuentra en la parte frontal del cerebro. Destaca por realizar las tareas de movimiento, memoria, razonamiento y lenguaje [3].
- **Lóbulo parietal:** es el encargado de procesar las sensaciones táctiles como el dolor, temperatura y presión.
- **Lóbulo temporal:** su función principal está relacionada con la memoria y el procesamiento de estímulos auditivos y olfativos, también está relacionado con el equilibrio y el reconocimiento de caras.
- **Lóbulo occipital:** encargado de percibir e interpretar los estímulos visuales y el reconocimiento espacial [4].

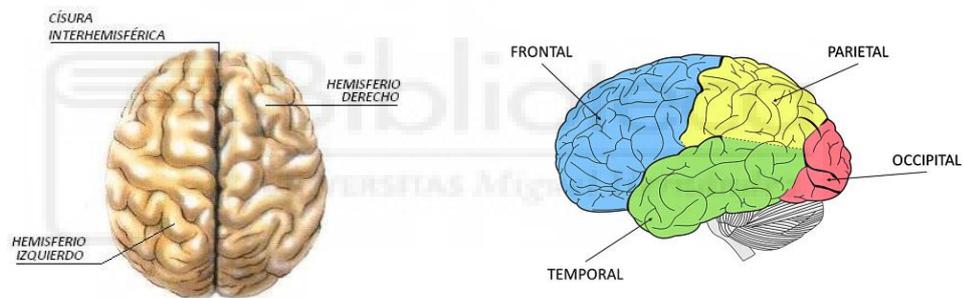


Figura 2: Lóbulos cerebrales. Fuente [4].

2.1.2. Ondas cerebrales

Las funciones cerebrales se basan en la actividad eléctrica que generan las neuronas, esto es posible gracias a los complejos procesos bioquímicos que permiten el paso de impulsos eléctricos de una neurona hacia otra, este fenómeno recibe el nombre de sinapsis. Si bien el potencial eléctrico de una neurona es inapreciable e indetectable, el conjunto de todos los potenciales eléctricos de múltiples neuronas sí que puede ser captado haciendo uso de electrodos.

Mediante dichos electrodos se perciben varios tipos de ondas, las cuales varían en función de su frecuencia y potencia. Mientras que la frecuencia está relacionada con la cantidad de veces por segundo que las neuronas transmiten información, la potencia se

refleja como la suma de una mayor o menor cantidad de neuronas que se ven involucradas en el proceso [5].

Según el rango de las frecuencias, la actividad eléctrica cerebral puede clasificarse en 5 tipos de ondas distintas:

- Ondas Delta (0.5 a 4 Hz): caracterizadas por tener una amplitud alta y rítmica, están asociadas a una actividad cerebral muy baja, son frecuentes en el sueño profundo y bebés recién nacidos. Debido a su gran amplitud, en ocasiones pueden confundirse con ruido producido por el movimiento del cuello, mandíbula u ojos.
- Ondas Theta (4 a 7 Hz): se producen en estados de meditación muy profunda y durante un esfuerzo intelectual asociado al aprendizaje académico. También aparecen en las etapas de sueño profundo o REM.
- Ondas Alfa (7 a 12 Hz): están asociadas con estados de relajación y la memoria. Se suelen encontrar en la parte trasera del cerebro, generalmente en la zona del lóbulo occipital.
- Ondas Beta (13 a 39 Hz): se registran cuando la persona se encuentra despierta y en plena actividad mental. Se pueden diferenciar 2 tipos, ondas beta inferiores (12 a 16 Hz) y ondas beta superiores (17 a 39 Hz). Se suelen encontrar en las regiones frontal y central del cerebro. Se caracterizan porque pueden ser bloqueadas por la actividad motora.
- Ondas Gamma (>30 Hz): se asocian con la resolución de problemas, tanto matemáticos como lógicos. Aparecen en la parte frontal del cerebro.

Como podemos observar en la Figura 3, las ondas no siguen ningún patrón ni son simétricas.

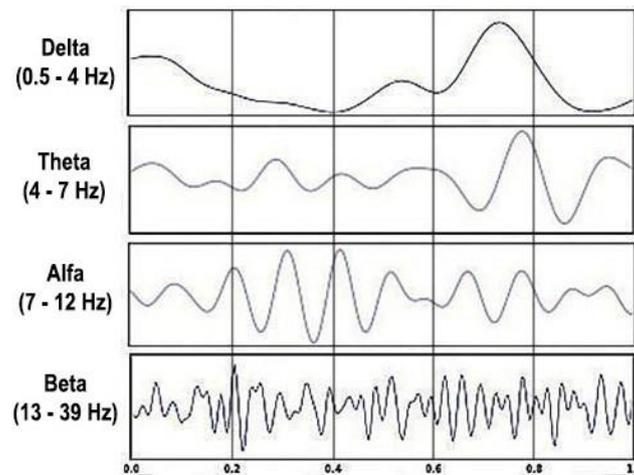


Figura 3: Tipos de ondas cerebrales. Fuente [5].

2.1.3. Electrodo

Para la obtención del EEG, la captación de las ondas cerebrales se realiza mediante unos electrodos colocados de tal forma que cumplan el sistema internacional 10-20, el cual se explicará a continuación, en el apartado 2.1.4.

Existen 3 métodos diferentes referidos a la colocación de los electrodos en la cabeza:

- Invasivo: la colocación de los electrodos precisa de neurocirugía para implantarlos directamente en la materia gris del cerebro, lo que hace que se necesite más tiempo y mucho más material para su colocación, debido a esto, la toma de datos resulta más lenta y cara comparada con otros métodos. En cambio, este método permite obtener unos resultados muy precisos y con mucho menos ruido. Un ejemplo de este método sería la electrocorticografía, también conocida como ECoG.
- Semi-invasivo: los electrodos se colocan dentro del cráneo mediante cirugía, pero sin invadir la materia gris. Esto hace que los resultados sigan teniendo una mayor calidad que los obtenidos mediante técnicas no-invasivas.
- No-invasivo: en este caso, los electrodos son colocados directamente sobre el cuero cabelludo, por lo que no precisan cirugía y el proceso es mucho más rápido. Debido a la mayor distancia entre la materia gris y los electrodos, la señal que se obtiene es muy ruidosa y mucho menos precisa que en los casos anteriores.

Para comparar la aparición de ruido debida al parpadeo de los métodos no-invasivos frente a los invasivos, en el año 2008 se realizó un estudio en el “Hospital Universitario de Freiburg”, en Alemania, en el cual se comparaban los resultados tomados al mismo tiempo de un EEG no-invasivo y una ECoG. Como se puede apreciar en la figura 4, en la gráfica perteneciente al EEG no-invasivo se pueden observar claramente los artefactos provenientes del parpadeo, en cambio, en la ECoG, a simple vista no se puede apreciar el ruido, aunque esto no significa que no exista, ya que puede estar oculto por la actividad cerebral de similar amplitud [11].

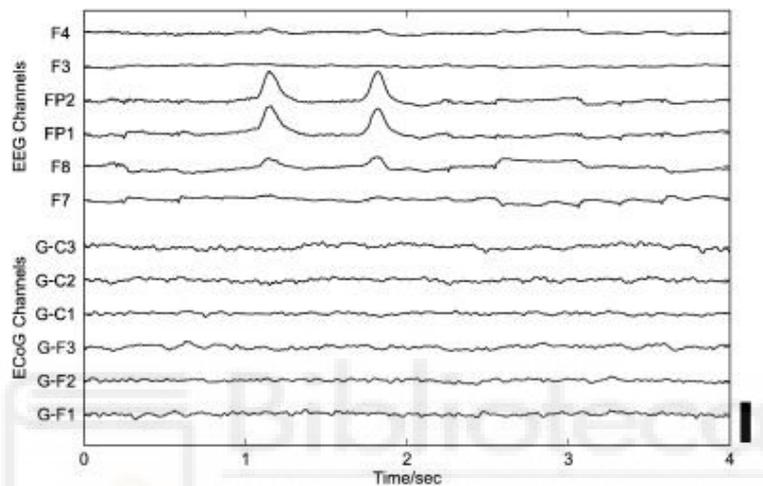


Figura 4: Comparación de los artefactos procedentes del parpadeo en los metodos invasivos frente a los no-invasivos. Fuente [11]

Debido a su facilidad de uso y a la rapidez de su colocación, para este proyecto vamos a utilizar electrodos no-invasivos. Los cuales se colocan en un casco de malla previamente fijado lo máximo posible a la cabeza del usuario para evitar el ruido proveniente del movimiento de los electrodos, tal y como se puede observar en la Figura 5. También se utilizará gel conductor con base salina para aumentar la conductancia entre el cuero cabelludo y dichos electrodos.

La finalidad de los electrodos es medir la actividad eléctrica del cerebro, la cual puede darse en diversos tipos de ondas y en distintas zonas, por eso es muy importante seguir el sistema internacional 10-20, para saber lo más exactamente posible en que zonas se ha producido la actividad cerebral en función de la tarea que se debía realizar.

Los electrodos consisten en pequeños tubos de plata clorurada roscados en soportes de plástico, los cuales irán colocados en el casco previamente mencionado. Existen dos tipos básicos de montajes:

- Bipolar (transversal y longitudinal): registra la diferencia de voltaje entre dos electrodos colocados en áreas de actividad cerebral.
- Monopolar (referencial): registra la diferencia de potencial entre un electrodo ubicado en una zona cerebral activa y otro colocado sobre un área sin actividad o neutra (por ejemplo, el lóbulo de la oreja); o bien, la diferencia de voltaje entre un electrodo colocado en una zona activa y el promedio de todos o algunos de los electrodos activos. [10]

Para comprobar si están bien conectados, se mide su impedancia, si esta es menor de 5-10 kohm significa que están correctamente acoplados y se procede a la toma de datos.



Figura 5: Casco con malla y electrodo. Fuente [21]

2.1.4. Posicionamiento de electrodos

La colocación de los electrodos esta normalizada bajo unos criterios específicos con el fin de unificar y normalizar todas las pruebas, facilitando así la transferencia de resultados, ya que cualquier persona puede analizarlos sabiendo la posición exacta de cada electrodo.

En función de los electrodos necesarios para la prueba, se pueden seguir 2 criterios, el Sistema internacional 10-10 y el 10-20, utilizando hasta 56 electrodos en el primer caso y 19 en el segundo, siempre y cuando se coloquen en todas las posiciones, ya que la distribución de los electrodos puede variar en función de la finalidad de la prueba. En la figura 6 se puede observar la diferencia de la cantidad de electrodos entre ambos criterios.

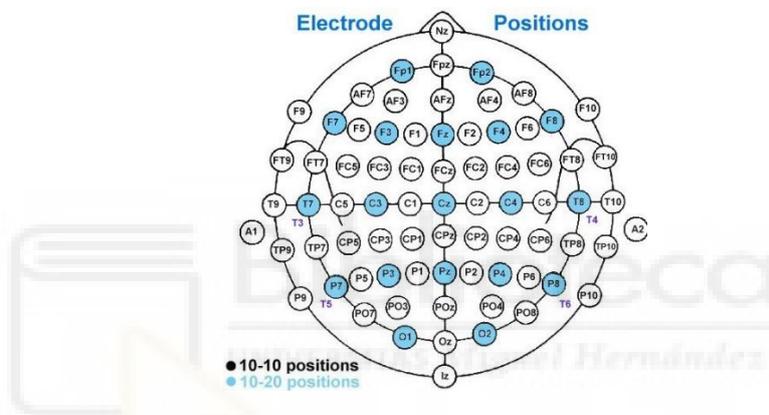


Figura 6: Colocación de electrodos en el Sistema Internacional 10-10 y 10-20.

Para la colocación de los electrodos siguiendo el sistema internacional, debemos dejar una distancia de separación entre ellos del 10% o del 20%, tanto en el eje horizontal como en el vertical, en función del sistema escogido y tomando como referencia la distancia que hay entre el nasion y el inion, tal y como se puede observar en la Figura 7.

Siguiendo el sistema internacional obtendremos 5+1 filas de electrodos:

- Prefrontal (Fp): colocada a una distancia del 10% del nasion.
- Frontal (F): colocada a una distancia del 20% de la fila Fp.
- Central (C): colocada a una distancia del 20% de la fila F y a otro 20% de la P.
- Parietal (P): colocada a una distancia del 20% de la fila O.
- Occipital (O): colocada a una distancia del 10% del inion.
- Temporal (T): colocada entre el punto preauricular y el inion.

2.1.6. Potenciales cerebrales

Existen dos tipos de sistemas para los BMI, espontáneos y evocados. Los sistemas espontáneos se caracterizan porque al usuario no se le pide que realice una tarea determinada, sino que se le pide que realice tareas de forma voluntaria y el sistema tiene que ser capaz de detectarlas y analizarlas. Por otro lado, tenemos los sistemas evocados, en los cuales al usuario se le muestra un estímulo, ya sea visual, sonoro o táctil, y tiene que reaccionar de forma automática para que el sistema sea capaz de detectarlo.

En función de los estímulos externos que se le muestren al usuario, podemos obtener los siguientes potenciales:

- Potencial Visual Evocado (VEP): resultan de los cambios producidos en la actividad bioeléctrica cerebral tras una estimulación luminosa. Se caracterizan por conseguir evocar potenciales grandes y reproducibles. Precisa la colaboración del paciente.
- Potencial Auditivo Evocado (PEA): resultan del registro de la actividad cerebral generada como respuesta a la estimulación acústica. En este caso, también se precisa de la colaboración del paciente.
- Potencial Cognitivo Evocado (P300): se obtiene cuando un estímulo resulta relevante para la tarea que realiza el sujeto, o bien resulta inesperado. Consiste en un pico a los 300ms de mostrar la tarea o estímulo, de ahí su nombre [9]. Este fenómeno se puede apreciar de manera muy clara en la figura 8, en la cual podemos ver como a los 300ms, después del suceso relevante producido en $t=0$, se levanta un pico de una amplitud mayor a los demás.

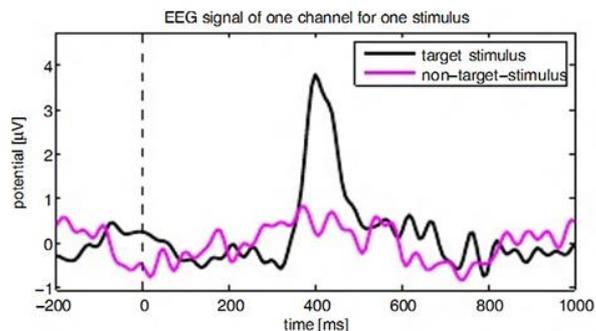


Figura 8: Ejemplo de onda P300. Fuente [9]

2.1.7. Imaginación motora y reposo

El funcionamiento de una BMI se basa principalmente en el análisis de las señales EEG captadas durante la realización de una serie de tareas mentales. Dicha actividad mental se analiza con la finalidad de encontrar patrones comunes en las tareas, para finalmente poder controlar un componente externo. La calidad de la prueba dependerá en gran medida de la capacidad que tenga el sujeto para controlar sus patrones EEG, llegando incluso a ser necesario un entrenamiento previo o proporcionar cierto tipo de retroalimentación (feedback) que le permita conocer si lo está haciendo bien o mal [12].

A la hora de registrar las señales EEG, podemos encontrar 2 tipos de imaginación motora:

- Imaginación motora con movimiento articular: se caracteriza porque a la vez que se imagina la tarea se realiza la acción que estamos imaginando. Por ejemplo: imaginamos que abrimos y cerramos la mano derecha a la vez que realizamos dicho movimiento con la mano.
- Imaginación motora sin movimiento articular: se trata de imaginar el movimiento sin llegar a realizarlo. Este método es ampliamente utilizado ya que, según investigaciones anteriores, en esta imaginación de movimiento se generan las mismas señales e involucra las mismas áreas cerebrales que durante la acción motora de dicho movimiento [13], por lo que este método permite a las personas con movilidad reducida o con algún tipo de parálisis corporal, llegar a controlar dispositivos externos.

Para el estudio de las tareas de imaginación motora se necesita un estado de reposo, el cual se caracteriza por tratar de reducir la actividad cerebral al máximo. La efectividad y calidad de esta prueba dependerá principalmente del usuario y de lo capaz que sea de evitar otros pensamientos. Algunas de las técnicas más utilizadas para ayudar a mejorar los resultados son: realizar una cuenta regresiva, tratar de decir el abecedario al revés o dejar la mente en blanco, entre otras.

2.2. Interfaces cerebro-máquina

Las Interfaces cerebro-maquina (en inglés, Brain Machine Interface, BMI) es el sistema capaz de interpretar nuestros pensamientos para así poder crear una comunicación entre las personas y las máquinas. Para ello es necesario captar las ondas cerebrales por medio de un EEG para poder analizarlas y procesarlas tal y como se puede observar en la Figura 9.

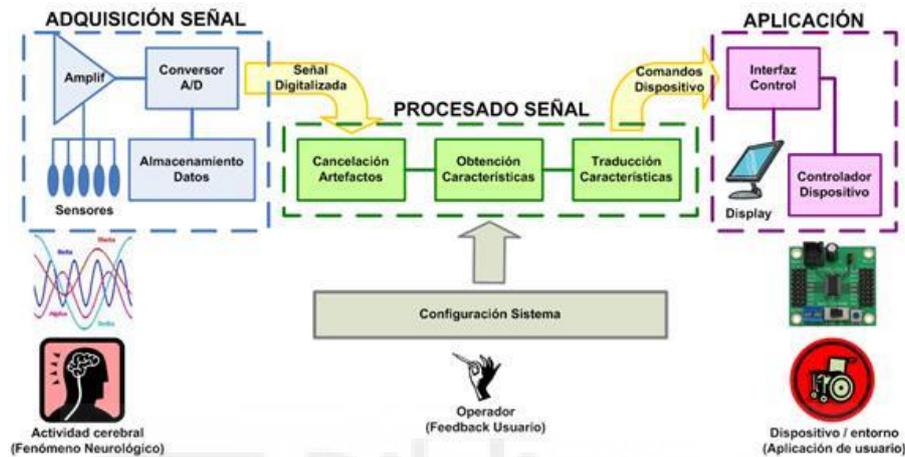


Figura 9: Modelo funcional genérico de una BMI. Fuente [7].

Las partes fundamentales que constituye el funcionamiento de una BMI son:

- Adquisición de la señal: etapa encargada de capturar la señal y amplificarla para a continuación poder realizarle una conversión A/D. Este proceso suele realizarse en tiempo real, pese a ello muchas veces se almacena la información para futuras investigaciones como, por ejemplo, estudiar posibles mejoras para aumentar el porcentaje de acierto.
- Procesado de la señal: recibe la señal digitalizada y la transforma en los comandos que entiende el dispositivo. Este bloque está dividido en 3 subetapas que funcionan de forma secuencial; cancelación de artefactos o preprocesamiento, obtención o extracción de las características y traducción o clasificación de las características.
- Aplicación: recibe los comandos de control y realiza las acciones correspondientes en el dispositivo a través de un controlador.

- Configuración: etapa que permite a un operador establecer los parámetros del sistema. No obstante, el operador puede ser un algoritmo automático que se encargue de ajustar el sistema en función de los resultados que este obteniendo.

Una vez explicadas las partes fundamentales de las que está compuesta una BMI, podemos centrarnos en la etapa de procesado de la señal, la cual, como se ha mencionado anteriormente, está dividida en 3 subetapas, las cuales son:

- Preprocesamiento: subetapa encargada de la eliminación de cualquier potencial eléctrico no deseado (artefacto), ya sea de origen fisiológico o de origen no fisiológico:
 - Artefactos de origen fisiológico: se generan a partir de la actividad eléctrica relacionada con el funcionamiento normal del cuerpo del paciente. Algunos ejemplos son: el parpadeo de los ojos, la respiración, el movimiento de la lengua, los potenciales de la piel, el temblor del cuerpo, la actividad cardiaca, la actividad muscular, las glándulas sudoríparas y el pulso de los tejidos [14].
 - Artefactos de origen no fisiológico: se generan por los campos electromagnéticos de fuera del cuerpo. Algunos ejemplos son: la frecuencia de la red eléctrica (50/60Hz), los electrodos, los diferentes tipos de equipos EEG, los móviles, las luces, etc.. [14].

Para eliminar dichos artefactos se hace uso de una serie de filtros, los cuales pueden combinarse para eliminar el máximo número de artefactos posibles, algunos de ellos son:

- Filtro laplaciano: se trata de un filtro espacial capaz de eliminar el ruido que el resto de los electrodos del casco puedan haber originado en la señal de un electrodo.
- Filtro paso bajo: es un filtro frecuencial cuya función es atenuar todas las frecuencias por encima del umbral establecido en el diseño y permitir el paso de aquellas que estén por debajo de dicho umbral.
- Filtro paso alto: se trata de un filtro frecuencial, el cual atenúa las ondas con una frecuencia inferior a la establecida y permite el paso de todas las que estén por encima de la misma. Hay que destacar que en los primeros

segundos sobre la señal que se ha aplicado este filtro, pueden aparecer sobreoscilaciones.

- Filtro paso banda: se trata de un filtro frecuencial, el cual se caracteriza por ser una combinación de los 2 anteriores, por lo que es capaz de filtrar tanto altas frecuencias como bajas frecuencias. También se puede utilizar para extraer las señales de las diferentes bandas de frecuencia (Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma).
 - Filtro de Notch: se trata de un filtro frecuencial capaz de eliminar el ruido de la red eléctrica, ya sea 50 ó 60 Hz.
- **Procesamiento:** en esta etapa se convierte la señal de entrada en un vector de características relacionado con el fenómeno neurológico asociado a dicha señal. Para ello existen diferentes métodos para extraer las características:
- Transformada de Fourier: también conocida como FFT (del inglés, Fast Fourier Transform), consiste en pasar una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia y viceversa, ya que una de sus ventajas es que es reversible. Por el contrario, encontramos la desventaja de que no podemos localizar en el dominio del tiempo una frecuencia determinada, pero para ello tenemos otros métodos como por ejemplo el Continuous Wavelet Transform o CWT, el cual nos permite representar las variaciones frecuenciales en el dominio del tiempo.
 - Transformada de Stockwell: también llamada ST (del inglés, Stockwell Transform), la cual es una modificación de la Transformada de Fourier con ventana, utilizando una ventana variable según la distribución de frecuencia analizada.

También existen otros métodos como el Método de Burg (Burg's Method, en inglés) o la Transformada de Hilbert Huang (HHT del inglés, Hilbert Huang Transform). Los cuales son menos conocidos, pero también se pueden utilizar para extraer características.

- **Clasificación:** la finalidad de esta etapa es crear un modelo el cual sea capaz de hacer una diferencia entre clases lo más robusta posible. De forma que cuando

reciba un nuevo vector de características, sea capaz de indicar a que clase pertenece con la máxima exactitud posible.

- Clasificador KNN: como indica su nombre, K-Nearest Neighbour, este clasificador se basa en los k vecinos más cercanos para realizar el modelo. Utiliza la suposición de que las características más cercanas tienen una mayor probabilidad de pertenecer a dicha clase que las que están más lejanas [16].
- Clasificador SVM: las máquinas de soporte de vectores o SVM (Support Vector Machine), se basan en una serie de algoritmos de aprendizaje supervisado, propuestos por Vapnik en 1963, que pueden ser utilizados bien para clasificación binaria o para regresión. Es una técnica basada en la determinación del hiperplano o conjuntos de hiperplanos que dan lugar a la máxima distancia de separación entre las diferentes clases a clasificar [15]. Para ello se realiza un mapeo de todos los puntos de entrada a un espacio de características de una dimensión mayor y a continuación se calcula el hiperplano que separe y maximice el margen entre ambas clases.

2.3. Aplicaciones

Una vez procesada la señal, los potenciales eléctricos provenientes de la actividad cerebral pueden utilizarse en una amplia gama de aplicaciones [17], las más comunes son: control de ordenadores, control de robots, rehabilitación y exoesqueletos.

Las aplicaciones relacionadas con el control de ordenadores o dispositivos digitales, se realiza con el fin de controlarlos por medio de la actividad cerebral. Un ejemplo de esto es el proyecto publicado por IEEE en el año 2003 [20], el cual se controlaban una serie de dispositivos relacionados con la domótica del hogar por medio de estímulos visuales analizando los EEG. Algunos de los dispositivos eran: el mando a distancia de la televisión, persianas, luces o el aire acondicionado.

Otra posible aplicación es el control de robots, para los cuales se puede hacer uso de una interfaz gráfica y al analizar las señales EEG, hacer que el robot realice los movimientos que el usuario desea. Un ejemplo de esto es el control de un robot de 2 grados de libertad por medio de una interfaz gráfica [19]. Esto tiene infinidad de aplicaciones, ya

que pueden ir desde trabajar en zonas con un alto peligro, trabajos que precisen de mucha precisión o velocidad, o incluso realizar actividades que el ser humano por sí mismo sería incapaz de realizar.

Otro ámbito de estudio es el de los exoesqueletos, que se pueden definir como un dispositivo mecatrónico colocado sobre las distintas extremidades capaz de asistir o amplificar las capacidades motoras del cuerpo humano. Desde el punto de vista de la medicina se hace una distinción entre las prótesis, que resuelven la carencia de una extremidad imitando el funcionamiento natural de esta, y las ortesis, que son exoesqueletos que asisten a los pacientes con pérdida de movimiento en una o varias articulaciones [18].

Las ortesis se pueden utilizar para aumentar y mejorar la rehabilitación de los pacientes que han sufrido algún tipo de accidente o padecen alguna enfermedad que les impida tener a las articulaciones funcionando con normalidad. Un claro ejemplo es el tratamiento de pacientes que padecen Esclerosis Lateral Múltiple (ELA), que tengan dañada la medula espinal o que hayan sufrido la rotura de alguna de sus extremidades.





3. MATERIAL Y MÉTODOS

Este apartado está dividido en 3 partes, en primer lugar, se describen los materiales utilizados durante el proyecto para la adquisición de las señales EEG a los distintos usuarios. En segundo lugar, se detalla el protocolo experimental que se ha seguido a la hora de realizar dichas pruebas. Por último, se describe tanto el procesamiento como la extracción de las características y su posterior clasificación.

3.1.- Equipo EEG

El material utilizado para capturar las señales EEG está compuesto por el equipo amplificador g.USBamp de la compañía g.Tec, un gorro con electrodos de la marca Guger Technologies, gel conductor y gel abrasivo. Todos estos materiales se pueden observar en la figura 10. Su funcionamiento y las características de cada uno de ellos se detallará más adelante.

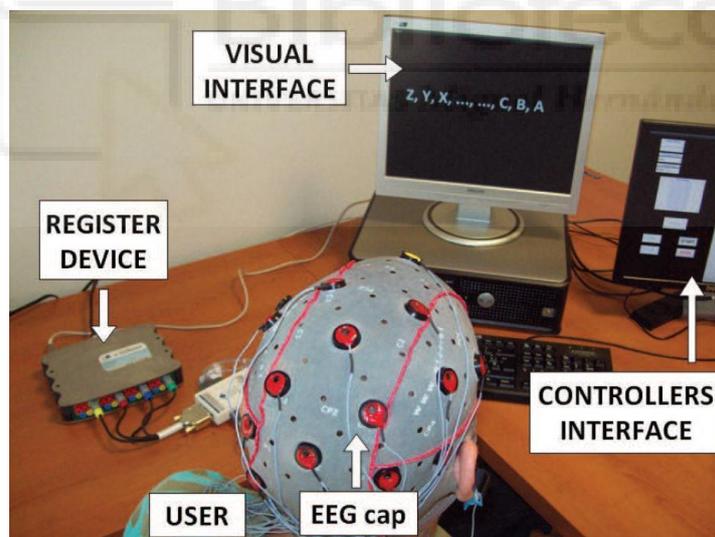


Figura 10: Equipo utilizado en las pruebas. Fuente [22]

Para el pretratamiento de las señales captadas por los materiales anteriormente mencionados, se ha hecho uso de software Matlab, con el cual se han aplicado un filtro paso banda entre 0 y 100 Hz y un filtro Notch para eliminar el ruido proveniente de la red eléctrica a 50 hercios.

3.1.1.- Gorro EEG

El gorro sirve para reducir los artefactos producidos por el movimiento de los electrodos, a la vez que ayuda a colocarlos siguiendo el Sistema Internacional de manera sencilla y precisa.

Para este proyecto se ha utilizado el Sistema Internacional 10-10 ya que al disponerse solamente de 16+1 electrodos, se decidió colocarlos en las zonas de más interés para su posterior estudio, optimizando así las señales y mejorando los resultados. Los electrodos se han colocado en las siguientes posiciones: FC5, FC1, FC2, FC6, C3, CZ, C4, CP5, CP1, CP2, CP6, P3, PZ, P4, PO3 y PO4, dicha distribución se puede observar en la figura 11.

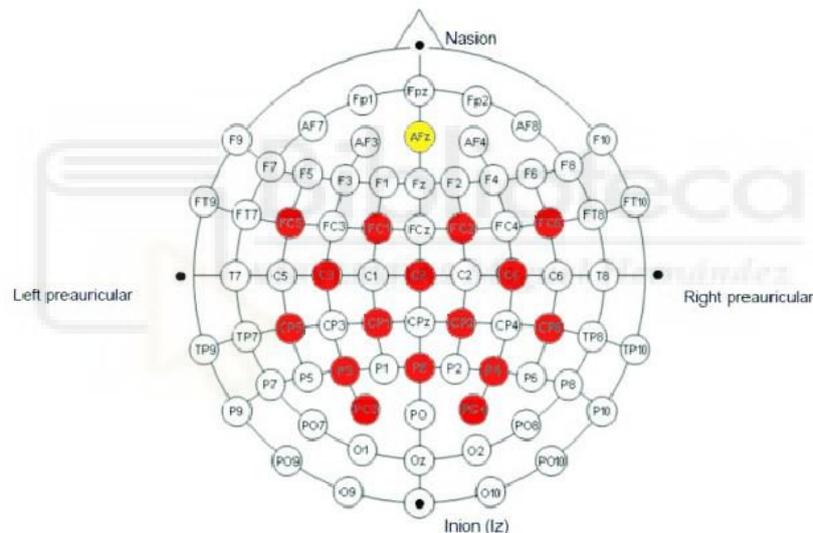


Figura 11: Distribución de los electrodos siguiendo el SI 10-10. En rojo los electrodos normales y en amarillo el electrodo de tierra.

Los electrodos utilizados son los g.LADYbird, de la empresa Guger Technologies (figura 12). Se trata de electrodos activos válidos para todo tipo de pruebas no invasivas (EEG, EMG, ECG, EOG), en cuyo interior tienen un preamplificador con ruido ultra-bajo. Pueden trabajar tanto con DC como con AC, siendo sus rangos de frecuencia de 0-10kHz y 0.1-10kHz, respectivamente.



Figura 12: A la izquierda, un electrodo de anillo activo g.LADYbird. A la derecha, electrodo de referencia g.GAMMAearclip

Los electrodos activos de g.Tec están equipados con conectores de seguridad "touch-proof" de 2 pines, que se conectan al pre-amplificador g.GAMMAbox que a su vez, este se conecta al amplificador g.USBamp a través del cable conector apropiado.

Como electrodo de referencia se ha utilizado la pinza g.GAMMAearclip (figura 12), la cual va conectada en la oreja derecha del usuario, para tener una referencia de potencial cero. Por otro lado, tenemos el electrodo de tierra, el cual se puede observar en la figura 10 (electrodo amarillo), normalmente va en la posición AFz.

3.1.2.- Equipo g.USBamp

Una vez obtenidas las señales cerebrales mediante el gorro EEG, se ha utilizado el equipo g.USBamp de la compañía g.Tec para amplificarlas y registrarlas. Dicho equipo admite hasta 16 canales de señales diferentes, muestreadas simultáneamente con una resolución de 24 bits por canal y una frecuencia interna de hasta 38400 Hz por canal. Su ancho de banda va de los 0Hz a los 2400Hz. Para evitar interferencias entre las señales grabadas, utiliza 4 tierras independientes. El g.USBamp tiene un rango de entrada de ± 250 mV, lo que le permite la grabación de señales de corriente continua sin saturación. Cuenta también con un sobre muestreo y filtrado en tiempo real de los datos. En la figura 13 podemos observar el amplificador en cuestión.



Figura 13: Equipo amplificador g.USBamp.

Para este proyecto se han utilizado los 16 canales que ofrece el amplificador, y la frecuencia de muestreo ha sido de 1200 Hz.

3.2. Protocolo experimental

En este apartado se realiza una explicación detallada tanto de la preparación como del diseño de la prueba.

3.2.1.- Preparación de la prueba

Esta parte es una de las más importantes para obtener resultados de buena calidad. Lo primero será seleccionar al usuario, al cual se le explicará en que consiste la prueba, de que partes está compuesto el vídeo y que solo debe imaginar los movimientos, sin llegar a realizarlos.

Lo siguiente será colocarle el casco, para lo cual es muy importante que el usuario venga con la cabeza lavada, sin aplicarse ningún tipo de gomina, laca o crema, ya que esto puede afectar a la conductividad de los electrodos.

Una vez colocado, se procederá a colocar un electrolito en forma de gel electroconductor debajo de cada electrodo, con el fin de reducir la impedancia entre el cuero cabelludo del usuario y los electrodos.

Seguidamente se colocará el electrodo de referencia con una pinza en el lóbulo de la oreja, pero antes se aplicará gel abrasivo en la zona para eliminar la grasa de la piel y aumentar la conductividad.

Una vez están todos los electrodos correctamente colocados, se procederá a realizar las conexiones entre los diferentes equipos.

A continuación, se medirá la impedancia que tiene cada electrodo para comprobar que todos están haciendo un correcto contacto. Estarán correctamente acoplados si la impedancia es menor de 5-10 Kohm, en caso de haber algún electrodo con una impedancia superior, se tratará de solucionar el problema.

Una vez que el usuario se encuentre cómodo y relajado, se procederá a iniciar la prueba.

3.2.2.- Diseño de la prueba

El objetivo de este proyecto es realizar una diferenciación entre dos o más tareas de imaginación motora o de reposo. Para ello es necesario desarrollar un modelo que sea capaz de identificar que señales corresponden a una tarea y cuales a otra, esto se hace con una serie de datos de entrenamiento, los cuales se extraen de voluntarios a los que se les pidió que observasen un vídeo, el cual les indicaba que tareas tenían que imaginar en cada momento. Mientras que visualizaban el video y se imaginaban las tareas, se iban registrando todas las señales cerebrales para su posterior análisis, sabiendo en todo momento que señales pertenecen a cada tarea.

En función de las tareas mentales que se pretenden estudiar, el vídeo cambia, no obstante, la dinámica del vídeo es siempre la misma, lo único que varía son las tareas mentales que se le pide al usuario que imagine.

La dinámica del video, tal y como se puede observar en la figura 14, es la siguiente:

- Cada tarea que el usuario debe imaginar está dividida en 3 partes, la primera consiste en reposo, es decir, durante aproximadamente 4 segundos se muestra por pantalla una X. Esta información se registrará con una etiqueta de valor de 0. La segunda parte es cuando se muestra por pantalla la imagen que simboliza que tarea se debe imaginar, dicha imagen aparecerá en pantalla 3 segundos y se registrará la información con una etiqueta con un valor entre 1 y 99, cada valor corresponde a una tarea determinada. En tercer lugar, se muestra un punto por pantalla durante 8-10 segundos (el tiempo varía para que el usuario no sepa cuando va a acabar la prueba), durante este tiempo el usuario debe imaginar la tarea que se le ha pedido

en la parte 2 y se registrará la información con una etiqueta de valor entre 101 y 199, es decir, se le sumará 100 al valor de la etiqueta puesta en la parte 2.

- Una vez acabada la tercera parte, se repite el ciclo con otra tarea aleatoria, colocándole las etiquetas pertinentes a cada registro. Esto se realiza un total de 15 veces por cada tarea que se quiere analizar, es decir, si se quieren registrar las señales cerebrales correspondientes a 12 tareas, el ciclo se repetirá un total de 180 veces.

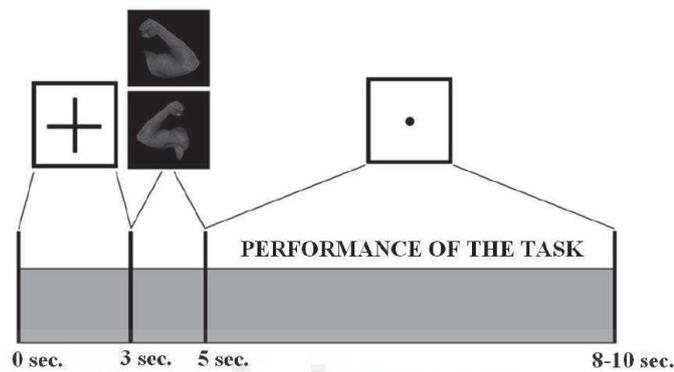


Figura 14: Protocolo empleado para realizar las pruebas. Fuente [1]

El registro de la información, captada por el equipo EEG mientras que se visualiza el video anteriormente explicado, se realizará siguiendo el siguiente patrón:

- Para cada usuario se crean tantos registros como tareas se van a analizar.
- Las tareas que debe imaginar el usuario se dividen en grupos de 3. Cada 3 pruebas se realizan 3 registros, en los cuales se cambia el orden de aparición de las tareas.

En el “Anexo 1” se puede observar el número de registros que tiene cada prueba y las tareas que imaginaron cada uno de los usuarios. Como se puede observar, no todas las tareas tienen el mismo número de registros, esto puede ser por 2 motivos: El primero es que, en caso de salir mal alguna prueba, este registro automáticamente se elimina y se repite. El segundo motivo es que algunos usuarios imaginaron más tareas de las que se van a estudiar en este proyecto, esto es debido a que para este proyecto se han reutilizado las pruebas realizadas para otros proyectos.

3.3. Procesamiento y clasificación

En este apartado se realiza una explicación detallada tanto de procesamiento como de la clasificación de los resultados.

3.3.1.- Registro de los datos

Para este proyecto se han utilizado las pruebas realizadas por diferentes pacientes, con el fin de tener diferentes muestras para analizarlas y extraer conclusiones lo más robustas posibles.

Debido a las consecuencias del covid-19, las pruebas en el laboratorio no las he realizado yo, sino que se han seleccionado pruebas de proyectos anteriores que contenían información acerca de las diferentes tareas de imaginación motora que se estudian en este proyecto.

Se han seleccionado un total de 12 pruebas realizadas a diferentes usuarios, las cuales se han dividido en 2 grupos:

- Pruebas principales: Son las pertenecientes a los usuarios 1, 2, 3 y 4, estas pruebas serán las utilizadas para determinar la mejor configuración.
- Pruebas secundarias: Corresponden a los usuarios 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, estas pruebas se utilizarán para comprobar la configuración extraída a partir de las pruebas principales.

En el ANEXO 1 se puede encontrar más información acerca de las tareas que tiene cada prueba, así como de su estructura.

Las pruebas, al pertenecer a otros proyectos, contienen información o tareas no deseadas, por lo que antes de comenzar a analizar y extraer resultados, hay que realizar una preselección de las señales que nos interesan. Esto se hará mediante un bucle, de forma que extraiga de todos los registros de un mismo usuario las tareas que nos interesan estudiar. En un principio las tareas se estudiarán comparándolas de 2 en 2, pero a medida que se extraigan conclusiones, se compararán las tareas de 3 en 3 y de 4 en 4.

3.3.2.- Procesamiento + extracción de características

Las señales procedentes de las pruebas previamente mencionadas ya vienen con un preprocesamiento muy básico, el cual consiste en un filtro paso-banda entre 0-100 Hz y un filtro Notch entre 48-52 Hz.

En la figura 15, se muestra el espectro en frecuencia de uno de los sensores de un usuario después del preprocesado. En él se puede observar como actúa el filtro Notch a 50Hz eliminando dicha componente, como la amplitud comienza a decaer a partir de los 100 Hz y que prácticamente no hay nivel de corriente continua.

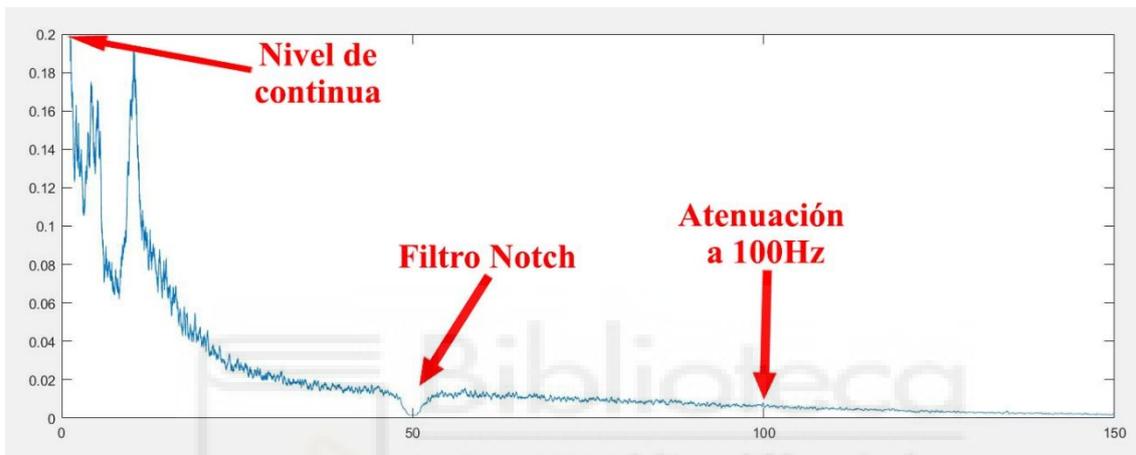


Figura 15: Espectro en frecuencia después del pretratamiento.

Los resultados y conclusiones de este proyecto se determinarán de cara a una futura aplicación en tiempo real, por lo que tanto los filtros como la extracción de características solo se han aplicado sobre la ventana de tiempo que se está analizando, ya que en tiempo real, no se dispondrá de toda la señal, sino solo de pequeñas ventanas tiempo.

Para llevar a cabo la extracción de características, se han creado una serie de parámetros que pueden ser modificados y de los cuales dependerá el porcentaje de acierto en la futura clasificación. Estos parámetros son:

- Ventana: margen de tiempo que se analiza en cada iteración. Los tamaños de ventana que se han analizado son de 1, 3 y 5 segundos.
- Avance: margen de tiempo que se avanza entre una iteración y la siguiente. Se analizarán los porcentajes de avance del 10, 50 y 100%. Se comprobarán todas las posibles combinaciones de los diferentes tamaños de ventana y avance.

- Filtros: se aplican con la finalidad de eliminar el máximo número de artefactos posibles. En concreto se va a aplicar el filtro laplaciano, el cual se aplicará antes de realizar la selección de los electrodos, ya que, al tratarse de un filtro espacial, cuanto mayor sea el número de electros mayor será su efectividad.
- FFT: método utilizado para extraer las características de las ventanas. Esta diseñado de tal forma que se puedan seleccionar unas bandas de frecuencia u otras y también el número de características que se extraen por banda. Se analizarán todas las bandas de frecuencia, haciendo especial énfasis en la combinación Alfa-Beta. También se comprobará si es mejor extraer un resultado por banda o más de uno.
- Electrodo: en función de las tareas que se estén analizando, se seleccionarán unos electrodos u otros. Se analizarán sobre todo las zonas frontal, central y occipital, así como algunas combinaciones específicas de electrodos.
- Tiempo previo que se elimina: corresponde a la cantidad de datos que se eliminan al inicio de cada ciclo de imaginación motora, ya que los primeros segundos pueden estar alterados por otros pensamientos.

3.3.3.- Clasificación

Una vez extraídas las características y almacenadas en un vector, se procede a comprobar su calidad. Esto se hace creando un modelo con dichas características y posteriormente calculando el porcentaje de acierto del modelo utilizando las que no habían sido utilizadas.

Para tener unos resultados lo más robustos posibles. Se ha utilizado la técnica de la validación cruzada, que sirve para evaluar los resultados garantizando que son independientes de la división realizada entre los datos de entrenamiento y los de prueba.

En concreto, se ha realizado una validación cruzada de 4 iteraciones, la cual consiste en dividir el vector de características en 4 partes y a continuación alternar esas partes para hacer el modelo y el testeo. Su funcionamiento es el siguiente, para la primera iteración se utilizarán las 3 primeras partes para realizar el modelo y la cuarta parte para testarlo extrayendo el porcentaje de acierto. Para la segunda iteración se utilizará la tercera parte para testear y las partes 1, 2 y 4 para realizar el modelo. En la siguiente iteración se utilizará la segunda parte para test y las partes 1, 3 y 4 para el modelo. Por último, se

utilizará la primera parte para testear y las partes 2, 3 y 4 para el modelo. Una vez extraídos los porcentajes de aciertos de cada iteración se procederá a realizar la media y la desviación estándar que hay entre ellos, obteniéndose así un porcentaje de acierto muy robusto. El funcionamiento se puede observar de forma gráfica en la figura 16.

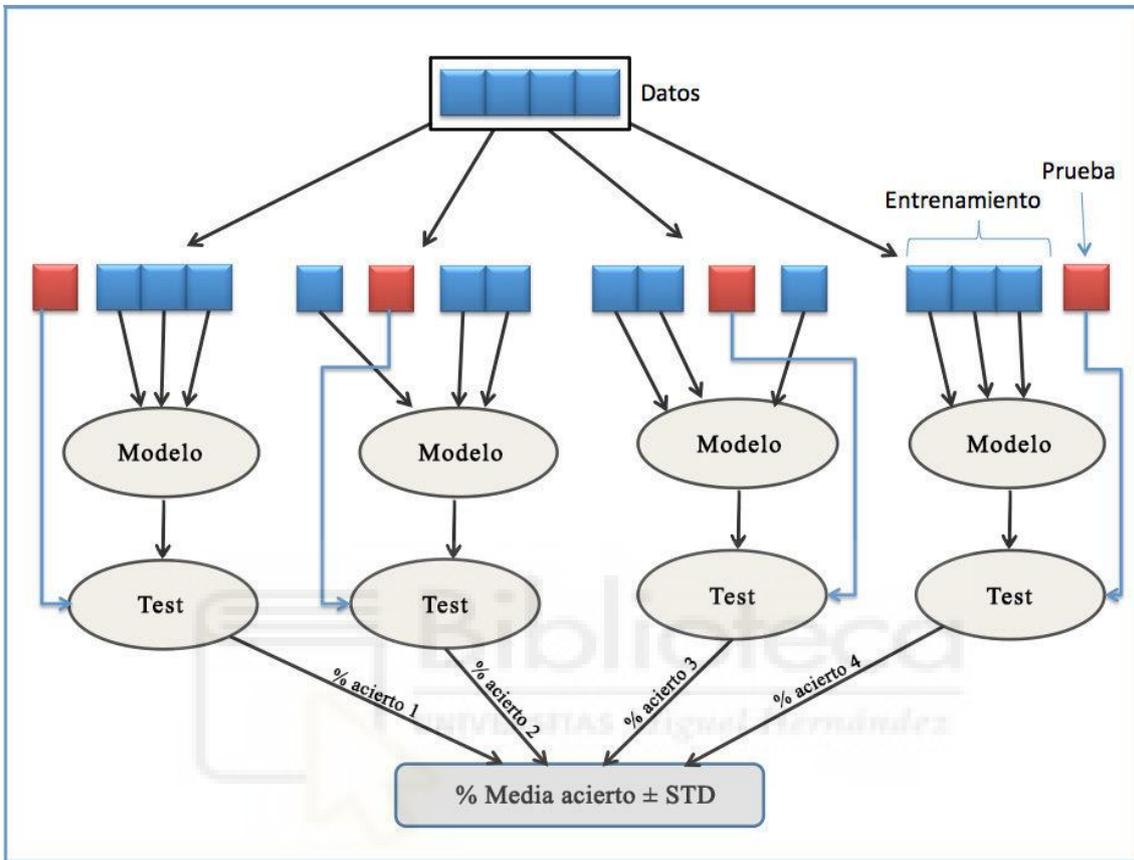


Figura 16: Validación cruzada de 4 iteraciones.

En concreto, para cada iteración se extraen 3 porcentajes de acierto, estos son:

- El porcentaje de cierto global.
- El porcentaje de acierto de la tarea 1.
- El porcentaje de acierto de la tarea 2.

Una vez tenga todos los porcentajes de las 4 iteraciones, se procederá a hacer la media de cada uno de ellos y a calcular la desviación estándar que hay entre los cuatro valores. De esta forma se podrá realizar un mejor análisis a la hora de sacar los resultados.

Tanto la realización del modelo como del testeo, se llevará a cabo por medio de 2 clasificadores, los cuales son KNN y SVM, cuya explicación y funcionamiento están explicados en el estado del arte en el apartado 2.2. Dicho lo cual, para cada uno de ellos existen varios parámetros de calibración, los cuales son:

- Clasificador KNN:
 - K = indica el número de veces seguidas que debe clasificarse una ventana como clase 1 para considerarse de dicha clase. Los valores de K pueden ir de 1 a 5.
- Clasificador SVM [23]:
 - t = establece el tipo de función de Kernel.
 - s = establece el tipo de SVM.
 - c = establecer el parámetro C de C-SVC, épsilon-SVR y nu-SVR.
 - g = establecer gamma en la función de Kernel.
 - h = si usar o no la heurística de reducción.

3.4.- Metodología

Para este proyecto se van a comparar y analizar un total de 4 tareas:

- Imaginación movimiento pierna derecha.
- Imaginación movimiento pierna izquierda.
- Imaginación cuenta regresiva de 20 a 0.
- Imaginación del abecedario al revés (Z, Y, X, ..., C, B, A)

De las cuales las 2 primeras pertenecen a tareas de imaginación motora, mientras que las 2 segundas se consideran estados de reposo, ya que dejar la mente en blanco durante la prueba es muy difícil para algunas personas, por eso mismo, se les pide que imaginen tareas que no tienen nada que ver con la imaginación de movimiento y se consideren estados de reposo.

A la hora de comparar las tareas entre sí, primero se extraerán conclusiones al comparar las tareas de 2 en 2. Una vez que se haya determinado la mejor combinación de parámetros al comparar tareas de 2 en 2, se comprobará su efectividad a la hora de clasificar las tareas de 3 en 3 y de 4 en 4 (utilizando la selección de parámetros extraídos de

comparar las tareas de 2 en 2). A la hora de comparar las tareas se seguirá el esquema mostrado en la figura 17:

Comparación de las tareas de 2 en 2	
t - 20	abecedario al revés
t - 20	pierna derecha
t - 20	pierna izquierda
pierna derecha	pierna izquierda
pierna derecha	abecedario al revés
pierna izquierda	abecedario al revés

Comparación de las tareas de 3 en 3		
t - 20	pierna derecha	pierna izquierda
t - 20	pierna derecha	abecedario al revés
t - 20	pierna izquierda	abecedario al revés
pierna derecha	pierna izquierda	abecedario al revés

Comparación de las tareas de 4 en 4			
t - 20	pierna derecha	pierna izquierda	abecedario al revés

Figura 17: Combinaciones de tareas posibles en función del número de tareas a comparar

Para determinar la mejor combinación de parámetros, se van a realizar diferentes pruebas con diferentes combinaciones, extrayendo para cada una de ellas los porcentajes de acierto. De esta forma se comprobará que combinación de parámetros es la mejor en cada caso. Las conclusiones se extraerán para estos 2 casos:

- A nivel global: determinar la combinación de parámetros que permite tener una mayor probabilidad de acierto para todos los usuarios y todas las tareas.
- A nivel de tarea: determinar la combinación de parámetros que permite tener una mayor probabilidad de acierto para una misma tarea en todos los usuarios.

Para ir realizando las diferentes combinaciones de los parámetros, se seguirá la siguiente tabla:

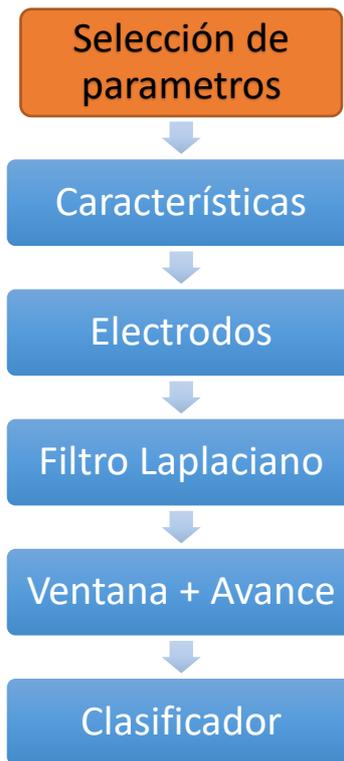


Figura 18: Orden a seguir al realizar las pruebas para seleccionar los mejores parámetros en cada caso.

La figura 18 indica el orden en el que se van a ir realizando las modificaciones en los parámetros, para cada uno de los pasos se verá cuáles son los mejores parámetros.

El primer bloque corresponde a las características, en él se determinará tanto las bandas de frecuencia como el número de características que se extraen por banda que dan mejores resultados. Una vez analizados estos resultados se procederá a realizar una selección de los electrodos para continuar mejorando los resultados. En el bloque del filtro laplaciano se determinará si es necesario aplicar dicho filtro o no. Una vez comprobado todo esto se verá tanto que tamaño de ventana como que avance da mejores resultados. Por último, no solo se determinará que clasificador es mejor, sino que también se comprobarán que parámetros son los mejores para cada uno de ellos.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo de la memoria se exponen los resultados extraídos de todas las pruebas realizadas. Hay que aclarar que los resultados están basados en el acierto del clasificador, por lo que será mejor cuanto mayor sea.

Cabe destacar que, en este capítulo, con el fin de abreviarlo y agilizar su lectura, solo se muestran las tablas con la media de los resultados, las tablas con todos los resultados se muestran en el Anexo 2.

A medida que se vayan mostrando los resultados, se hará una discusión sobre ellos, con el fin de encontrar la mejor combinación posible.

4.1.-Resultados generales

En este apartado se van a extraer los porcentajes de acierto de los clasificadores a la vez que se van variando los parámetros, con la finalidad de encontrar el mejor conjunto de estos a nivel general, es decir, para todos los usuarios y para todas las combinaciones de tareas que se estudian en este proyecto.

Una vez se haya determinado una configuración de parámetros específica, está se aplicará a otros usuarios diferentes a los utilizados para extraerla, con el fin de comprobar su eficacia, estos usuarios se pueden ver en el anexo 1. También se analizarán los resultados al comparar las tareas de 3 en 3 y de 4 en 4 utilizando dicha configuración.

4.1.1.-Extracción de parámetros

Para determinar la mejor combinación de los parámetros, se van a ir realizando pruebas siguiendo el esquema de la figura 18, a la vez que se discuten los resultados extrayendo las conclusiones oportunas.

4.1.1.1.-Características

En primer lugar, se va a determinar el mejor conjunto de bandas de frecuencias y también el número de características óptimo por banda.

Para todas estas pruebas se ha utilizado un tamaño de ventana de 2 segundos y un avance de 0.5 segundos. También se han sacado características de todos los electrodos, ya que estos se analizarán en el siguiente apartado de la memoria. Por último, hay que destacar que no se ha aplicado el filtrado laplaciano y que todos los resultados se han sacado para ambos clasificadores (KNN y SVM) pero con unos parámetros fijos, ya que estos se analizarán en los siguientes apartados.

En la siguiente tabla de resultados (tabla 1), se puede observar la media de todos los usuarios para cada par de tareas y para cada conjunto de bandas de frecuencia. En este caso se han extraído los porcentajes de acierto del clasificador KNN al utilizar 1 característica por banda de frecuencia.

Como recordatorio, cada número representa una tarea de imaginación determinada, es decir:

- 5: Imaginación de una cuenta regresiva de 20 hasta 0.
- 8: Imaginación del movimiento de la pierna derecha.
- 9: Imaginación del movimiento de la pierna izquierda.
- 20: Imaginación del abecedario al revés.

La tabla completa con todos los resultados es la tabla 30 (anexo 2).

Tabla 1: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado 1 característica por banda de frecuencia y el clasificador KNN.

TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIA	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	77,6% ±3,4	75,6% ±6,1	79,5% ±3,3
	Theta/Alfa/Beta	57,4% ±3,8	48,8% ±8,2	66,0% ±4,2
	Alfa/Beta	52,9% ±4,9	50,5% ±9,3	55,3% ±7,2
	Media	62,6 %		
5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	74,8% ±8,2	74,0% ±13,4	75,8% ±8,
	Theta/Alfa/Beta	55,9% ±3,7	53,1% ±9,3	58,8% ±6,6
	Alfa/Beta	56,9% ±3,7	55,4% ±7,8	58,4% ±7,7
	Media	62,6 %		
5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	75,0% ±4,9	74,7% ±7,2	75,3% ±8,6
	Theta/Alfa/Beta	55,7% ±3,7	52,2% ±6,0	59,2% ±7,1
	Alfa/Beta	58,0% ±4,7	56,1% ±8,6	59,7% ±4,00
	Media	62,9 %		
8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	55,3% ±6,4	59,6% ±23,1	51,0% ±22,1
	Theta/Alfa/Beta	52,4% ±6,3	53,5% ±6,4	51,3% ±8,0
	Alfa/Beta	51,7% ±5,3	49,8% ±6,5	53,6% ±6,6
	Media	53,2 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	73,2% ±3,9	70,9% ±5,4	75,5% ±4,7
	Theta/Alfa/Beta	57,4% ±4,0	54,0% ±8,9	60,8% ±8,5
	Alfa/Beta	56,3% ±5,1	53,8% ±10,3	58,8% ±9,1
	Media	62,3 %		

9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	72,0% ±2,2	68,9% ±4,0	74,9% ±1,9
	Theta/Alfa/Beta	55,7% ±5,0	49,8% ±6,1	61,6% ±8,3
	Alfa/Beta	58,6% ±6,4	58,0% ±7,6	59,4% ±9,9
Media		62,1 %		

La tabla 2 también consiste en un resumen de la tabla 31, la cual se encuentra en el Anexo 2. En este caso se han extraído los porcentajes de acierto del clasificador SVM al utilizar 1 característica por banda de frecuencia.

Tabla 2: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado 1 característica por banda de frecuencia y el clasificador SVM.

TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIA	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,1% ±2,1	53,5% ±14,3	52,4% ±14,7
	Theta/Alfa/Beta	62,0% ±6,2	58,6% ±7,1	65,4% ±13,4
	Alfa/Beta	61,9% ±6,6	63,7% ±9,8	60,2% ±13,4
Media		59,0 %		
5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,1% ±3,1	53,2% ±24,7	52,7% ±24,0
	Theta/Alfa/Beta	59,8% ±3,9	55,5% ±8,7	64,1% ±10,5
	Alfa/Beta	59,1% ±3,5	59,0% ±14,0	59,1% ±16,7
Media		57,3 %		
5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,4% ±3,2	52,9% ±25,2	51,2% ±22,6
	Theta/Alfa/Beta	63,1% ±3,9	58,7% ±10,2	67,5% ±6,7
	Alfa/Beta	63,3% ±3,6	64,5% ±11,3	61,9% ±8,0
Media		59,6 %		
8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	54,0% ±3,0	20,0% ±4,8	88,1% ±7,3
	Theta/Alfa/Beta	54,2% ±4,9	56,1% ±10,1	52,3% ±13,1
	Alfa/Beta	52,8% ±5,7	49,2% ±12,9	56,5% ±14,8
Media		53,7 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,5% ±3,0	45,9% ±14,4	56,4% ±14,1
	Theta/Alfa/Beta	58,5% ±5,4	62,4% ±12,6	54,5% ±11,2
	Alfa/Beta	59,9% ±7,1	56,9% ±15,3	62,6% ±11,3
Media		56,6 %		
9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,0% ±3,4	44,6% ±11,2	56,5% ±11,9
	Theta/Alfa/Beta	60,7% ±6,3	61,5% ±12,6	59,8% ±10,3
	Alfa/Beta	63,0% ±6,5	61,3% ±13,3	64,3% ±11,8
Media		58,2 %		

Observando ambas tablas de resultados, se puede comprobar que la combinación de bandas Delta-Teta-Alfa-Beta, pese a tener un porcentaje de acierto muy alto en algunos pares de tareas, no es la más adecuada, ya que como se puede observar en las tablas 30 y 31 del anexo 2, este alto porcentaje de acierto es debido a que en algunos casos el acierto es del 100%, esto solo pasa cuando se utiliza la banda delta para extraer características, ya que al utilizar la combinación de bandas Teta-Alfa-Beta esto no ocurre, por lo que el

problema está en que la banda delta es muy propensa a artefactos, haciendo que el clasificador no funcione correctamente. Dicho esto, se puede deducir que el mejor conjunto de bandas de frecuencia cuando se extrae 1 característica por banda es Alfa-Beta, ya que por regla general, presenta unos resultados mucho más estables y mejores para todos los usuarios y todas las tareas.

Respecto al clasificador, el SVM ha dado mejores resultados que el KNN.

Para la tabla 3 se han extraído los porcentajes de acierto del clasificador KNN al utilizar 3 características por banda de frecuencia. Esta tabla también consiste en un resumen de la tabla 32 del anexo 2.

Tabla 3: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se han utilizado 3 características por banda de frecuencia y el clasificador KNN.

TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIA	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	77,6% ±2,7	73,9% ±3,7	81,3% ±4,2
	Theta/Alfa/Beta	55,3% ±5,5	47,7% ±7,7	62,9% ±10,1
	Alfa/Beta	55,0% ±3,5	49,6% ±6,6	60,3% ±5,5
	Media	62,6 %		
5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	76,3% ±7,0	73,2% ±13,4	79,5% ±7,8
	Theta/Alfa/Beta	56,9% ±4,4	54,7% ±12,3	59,1% ±8,6
	Alfa/Beta	57,1% ±3,6	54,2% ±9,8	59,8% ±8,8
	Media	63,4 %		
5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	76,1% ±4,8	75,2% ±8,2	76,9% ±9,4
	Theta/Alfa/Beta	54,6% ±4,5	51,5% ±8,2	57,6% ±4,5
	Alfa/Beta	55,5% ±3,6	51,2% ±8,0	59,6% ±6,7
	Media	62,1 %		
8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	55,6% ±7,5	59,6% ±23,5	51,6% ±21,9
	Theta/Alfa/Beta	47,6% ±6,4	48,2% ±9,4	47,0% ±6,1
	Alfa/Beta	50,5% ±4,9	48,9% ±6,8	52,2% ±7,9
	Media	51,2 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	75,0% ±2,3	72,5% ±6,4	77,5% ±4,6
	Theta/Alfa/Beta	54,7% ±4,4	50,2% ±8,1	59,1% ±6,3
	Alfa/Beta	56,1% ±3,2	53,0% ±6,6	59,1% ±6,5
	Media	61,9 %		
9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	72,5% ±2,8	69,6% ±5,4	75,4% ±1,6
	Theta/Alfa/Beta	52,5% ±4,6	47,4% ±5,9	57,3% ±10,6
	Alfa/Beta	56,8% ±4,8	55,5% ±5,5	58,0% ±8,8
	Media	60,6 %		

Para la tabla 4 se han extraído los porcentajes de acierto del clasificador SVM al utilizar 3 características por banda de frecuencia. Al igual que en las tablas anteriores, esta tabla también consiste en un resumen de la tabla 33 del anexo 2.

Tabla 4: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se han utilizado 3 características por banda de frecuencia y el clasificador SVM.

TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIA	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,4% ±2,0	42,6% ±1,9	63,8% ±2,5
	Theta/Alfa/Beta	63,7% ±5,1	63,5% ±6,6	63,9% ±7,9
	Alfa/Beta	62,3% ±7,0	61,3% ±9,4	63,4% ±11,1
	Media	59,8 %		
5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,2% ±2,0	18,4% ±4,3	87,4% ±2,0
	Theta/Alfa/Beta	59,5% ±2,8	57,3% ±3,5	61,7% ±6,2
	Alfa/Beta	60,8% ±4,9	57,6% ±9,0	63,8% ±9,4
	Media	57,8 %		
5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,2% ±2,5	41,7% ±3,9	63,7% ±1,7
	Theta/Alfa/Beta	62,2% ±5,5	59,2% ±9,6	65,2% ±8,8
	Alfa/Beta	60,2% ±4,0	58,6% ±8,3	61,7% ±8,9
	Media	58,5 %		
8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,9% ±1,8	40,7% ±2,8	64,6% ±3,5
	Theta/Alfa/Beta	53,3% ±4,0	54,9% ±8,9	51,8% ±7,9
	Alfa/Beta	51,7% ±4,2	53,0% ±6,6	50,5% ±8,6
	Media	52,7 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,7% ±1,6	63,8% ±2,9	40,6% ±1,9
	Theta/Alfa/Beta	61,0% ±3,7	64,1% ±10,6	57,9% ±9,6
	Alfa/Beta	60,3% ±4,9	62,0% ±9,4	58,6% ±11,5
	Media	58,0 %		
9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,9% ±1,1	39,7% ±3,2	64,6% ±3,6
	Theta/Alfa/Beta	60,8% ±6,7	62,4% ±7,2	59,3% ±8,7
	Alfa/Beta	59,1% ±4,5	61,2% ±7,1	57,0% ±6,9
	Media	57,6 %		

En las tablas 3 y 4 ocurre lo mismo que en las tablas 1 y 2, por lo que se puede establecer que cuando se utilizan 3 características por banda de frecuencias, la mejor agrupación de bandas, por regla general es Alfa-Beta. El clasificador SVM ha vuelto a dar mejores resultados también.

Una vez analizados por separado los porcentajes de acierto de ambos clasificadores al utilizar diferente número de características, toca determinar cuál es la mejor opción, si 1 ó 3 características por banda de frecuencia.

Analizando los resultados, se puede comprobar que los clasificadores funcionan mejor cuanto menor sea el número de características. Por lo tanto, el conjunto de parámetros que se va a utilizar para las siguientes pruebas, va a ser de 1 característica por banda y el rango de frecuencias comprendido entre las bandas Alfa-Beta. Respecto al clasificador, de momento el SVM ha dado mejores resultados en ambos casos, pero se decidirá más adelante cual es el mejor.

4.1.1.2.-Electrodos

En este apartado se va a determinar el mejor conjunto de electrodos para obtener un mayor porcentaje de acierto.

Para todas estas pruebas se ha utilizado un tamaño de ventana de 2 segundos, un avance de 0.5 segundos y la banda de frecuencias Alfa-Beta. El filtro laplaciano no se ha aplicado ya que este se analizará en el siguiente apartado. Hay que destacar que al igual que en el apartado anterior, los resultados se han sacado para ambos clasificadores (KNN y SVM) con unos parámetros fijos, ya que estos se analizarán en los siguientes apartados.

La selección de los electrodos se ha hecho en base a las áreas cerebrales que tienen una mayor actividad en lo momento de llevar a cabo tareas motoras. Tal y como se demuestra en este artículo [24], las áreas cerebrales con mayor actividad durante esta clase de imaginación son las correspondientes a los lóbulos central y la parietal, por lo que estas son las principales zonas que se han analizado en este proyecto. También se han analizado los conjuntos de electrodos utilizados en el proyecto [25] para comprobar su efectividad, ya que dicho proyecto analiza tareas similares a las de este, obteniendo unos resultados de acierto muy elevados. En la figura 19 se muestra de forma gráfica las 7 combinaciones de electrodos que se han utilizado en este apartado.

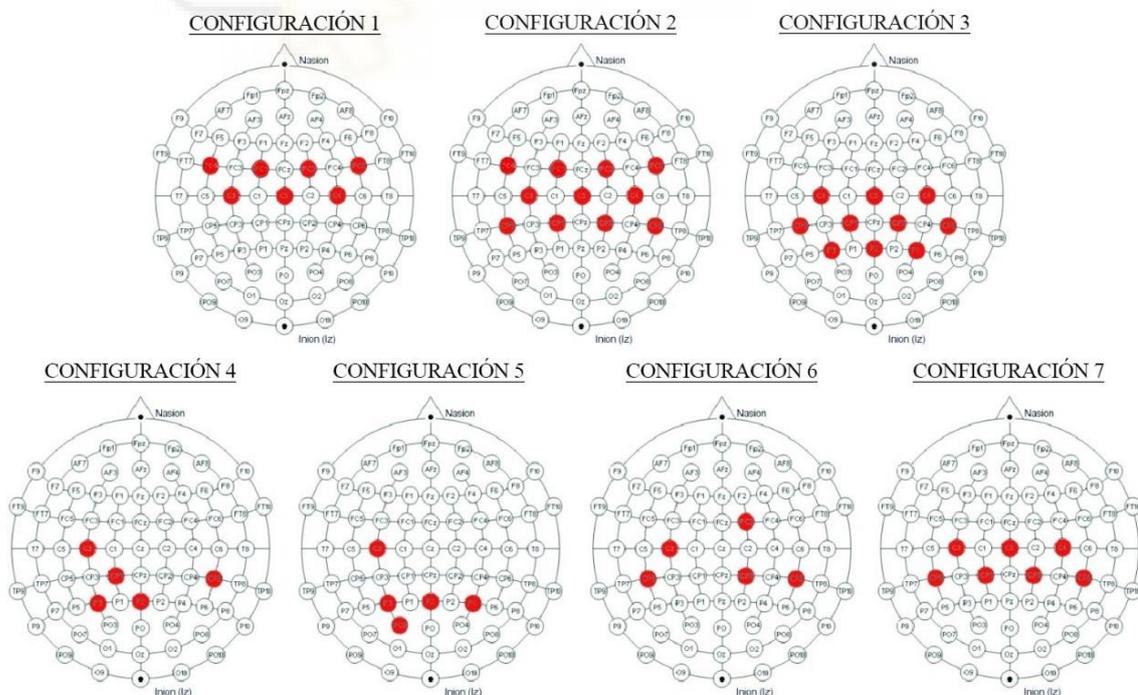


Figura 19: Representación gráfica de las 7 configuraciones de electrodos.

La siguiente tabla de resultados (tabla 5), muestra la media del porcentaje de acierto y la desviación estándar de todos los usuarios para cada par de tareas, utilizando el clasificador KNN.

Los porcentajes de acierto de cada usuario por separado se pueden observar en la tabla 34 del anexo 2.

Tabla 5: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador KNN.

TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	54,7% ±3,2	51,9% ±6,1	57,6% ±5,6
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	56,1% ±6,2	51,8% ±8,3	60,5% ±9,3
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	54,9% ±6,3	54,4% ±8,9	55,4% ±7,7
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	53,7% ±5,6	53,7% ±11,1	53,8% ±8,9
	C3-P3-PZ-P4-PO3	55,1% ±6,0	56,5% ±8,6	53,7% ±8,9
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	54,7% ±4,8	51,9% ±8,6	57,4% ±7,3
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	54,0% ±5,6	50,4% ±5,7	57,7% ±7,3
	Media	54,7 %		
5-8	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,5% ±4,6	51,3% ±6,6	59,5% ±6,7
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	53,4% ±5,0	49,3% ±6,6	57,4% ±6,2
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	57,6% ±5,2	57,9% ±10,9	57,3% ±7,9
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	52,5% ±6,0	50,5% ±8,6	54,5% ±8,0
	C3-P3-PZ-P4-PO3	54,3% ±4,0	54,1% ±7,1	54,4% ±6,2
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	51,5% ±3,4	49,2% ±5,6	53,7% ±6,9
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	54,3% ±3,6	51,7% ±8,1	56,8% ±6,6
	Media	54,2 %		
5-9	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	58,6% ±5,0	55,1% ±5,8	62,0% ±9,2
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	56,9% ±4,4	54,0% ±5,3	59,7% ±7,8
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	57,5% ±5,7	57,2% ±8,6	57,6% ±6,6
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	54,0% ±5,4	53,5% ±8,7	54,4% ±7,2
	C3-P3-PZ-P4-PO3	58,5% ±3,6	58,9% ±7,3	58,2% ±7,3
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	55,7% ±6,9	54,5% ±6,8	56,8% ±10,2
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	54,9% ±5,6	53,2% ±6,3	56,5% ±8,1
	Media	56,6 %		
8-9	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	53,5% ±3,1	53,6% ±8,6	53,3% ±8,0
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	52,2% ±4,0	52,8% ±7,5	51,5% ±6,6
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	51,7% ±4,1	51,4% ±5,8	52,0% ±7,4
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	51,8% ±5,5	52,8% ±8,7	50,8% ±7,7
	C3-P3-PZ-P4-PO3	52,0% ±6,1	53,6% ±8,0	50,5% ±7,6
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	52,5% ±4,1	54,5% ±7,4	50,4% ±7,9
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	53,7% ±3,6	55,6% ±4,9	51,7% ±6,9
	Media	52,5 %		
8-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,1% ±4,4	54,2% ±9,8	55,9% ±8,0
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	53,5% ±3,1	50,3% ±5,4	56,9% ±6,4
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	56,3% ±5,7	56,2% ±10,1	56,4% ±8,2
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	52,4% ±5,6	53,6% ±10,2	51,3% ±9,8
	C3-P3-PZ-P4-PO3	55,2% ±4,3	54,2% ±6,9	56,1% ±7,2

	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	53,5% ±4,3	52,8% ±8,2	54,2% ±7,0
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	55,4% ±4,3	54,3% ±6,5	56,4% ±5,6
	Media	54,5 %		
9-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	57,7% ±3,2	57,4% ±8,7	58,0% ±9,9
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	57,1% ±6,5	56,0% ±9,1	58,3% ±6,7
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	58,2% ±4,5	56,2% ±7,2	60,1% ±8,2
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	55,9% ±5,8	55,9% ±9,4	56,0% ±9,1
	C3-P3-PZ-P4-PO3	57,2% ±4,8	55,8% ±10,5	58,7% ±5,8
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	57,7% ±4,9	57,8% ±10,4	57,6% ±7,3
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	55,5% ±6,0	54,0% ±7,9	56,9% ±8,7
	Media	57,1 %		

Comprobando los resultados, se puede observar un mayor índice de acierto cuando se utiliza la primera combinación de electrodos (FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4) para todos los pares de tareas, dicho acierto siempre es superior a la media. Pese a ser la mejor combinación, los resultados muestran un porcentaje muy cercano al 50%, que es la probabilidad teoría que tiene de acertar el clasificador, ya que son solo 2 tareas.

Al comparar los resultados de acierto de este conjunto de electrodos con el acierto cuando se utilizan todos los electrodos (el cual se puede observar en la tabla 1, bandas Alfa-Beta), se ve que los resultados se han incrementado ligeramente en todos los casos.

En la tabla 6, se muestra la media de los resultados procedentes de todos los usuarios y aplicando las mismas combinaciones de electrodos que en la tabla anterior, pero esta vez utilizando el clasificador SVM. Los resultados completos se pueden observar en la tabla 35 del anexo 2.

Tabla 6: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador SVM.

TA-REAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	58,7% ±5,4	49,9% ±14,1	67,5% ±17,8
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	58,0% ±6,3	52,0% ±10,6	64,1% ±16,1
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	56,1% ±5,1	49,6% ±12,5	62,5% ±12,3
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	55,3% ±5,9	47,6% ±16,4	62,9% ±14,8
	C3-P3-PZ-P4-PO3	58,6% ±5,2	60,0% ±13,4	57,2% ±17,0
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	56,6% ±4,4	45,3% ±14,3	67,9% ±13,9
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	56,1% ±6,0	46,1% ±11,4	66,0% ±14,4
	Media	57,0 %		
5-8	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,5% ±6,1	34,6% ±18,5	76,1% ±14,9
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	55,9% ±4,7	49,0% ±18,2	62,6% ±18,8
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	56,9% ±4,7	50,9% ±16,3	62,7% ±19,2
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	53,8% ±4,3	43,3% ±18,0	64,0% ±17,5
	C3-P3-PZ-P4-PO3	55,3% ±5,1	57,3% ±14,0	53,1% ±16,2
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	54,7% ±4,8	43,8% ±16,0	65,5% ±20,0

	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	54,8% ±4,7	46,2% ±17,2	63,1% ±18,6
	Media	55,3 %		
5-9	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	60,1% ±5,3	57,8% ±12,6	62,3% ±11,0
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	61,4% ±4,9	61,2% ±11,4	61,5% ±12,8
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	61,9% ±4,8	61,3% ±12,8	62,4% ±10,6
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	56,0% ±2,6	49,4% ±15,9	62,3% ±15,0
	C3-P3-PZ-P4-PO3	59,5% ±4,8	58,1% ±16,1	60,5% ±15,5
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	59,4% ±6,6	63,2% ±11,7	55,5% ±9,9
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	58,7% ±5,9	56,7% ±13,1	60,5% ±14,3
	Media	59,6 %		
8-9	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	52,8% ±3,2	59,8% ±9,1	45,4% ±13,0
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	52,1% ±5,4	54,8% ±13,8	49,3% ±14,1
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	51,6% ±5,7	46,6% ±16,2	56,7% ±16,8
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	51,6% ±2,8	52,7% ±22,7	50,4% ±22,7
	C3-P3-PZ-P4-PO3	50,0% ±3,5	43,0% ±17,3	57,1% ±19,2
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	52,7% ±6,3	57,3% ±19,6	47,8% ±18,4
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	52,3% ±5,9	50,7% ±16,0	53,9% ±18,3
	Media	51,9 %		
8-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,6% ±4,0	61,6% ±14,3	49,4% ±12,3
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	56,7% ±6,3	57,9% ±15,0	55,3% ±13,9
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	59,6% ±8,5	56,9% ±13,5	62,2% ±16,8
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	56,5% ±4,4	56,2% ±17,2	56,5% ±15,4
	C3-P3-PZ-P4-PO3	56,8% ±7,1	52,3% ±20,5	61,1% ±18,1
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	57,0% ±5,4	54,2% ±16,6	59,7% ±12,6
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	57,1% ±5,9	57,0% ±17,0	57,0% ±16,2
	Media	57,0 %		
9-20	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	57,4% ±5,9	48,0% ±17,2	66,4% ±14,3
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	58,9% ±7,9	52,5% ±16,6	65,0% ±10,8
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	61,5% ±7,6	56,9% ±13,6	65,7% ±13,7
	C3-CP1-CP6-P3-PZ	59,2% ±5,2	54,8% ±20,9	63,3% ±17,3
	C3-P3-PZ-P4-PO3	59,8% ±6,0	56,1% ±17,8	63,2% ±17,3
	FC2-C3-CP5-CP2-CP6	58,8% ±6,0	45,2% ±11,1	72,1% ±11,5
	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	59,3% ±5,7	48,6% ±15,4	69,7% ±12,6
	Media	59,3 %		

Al igual que en el apartado anterior, al utilizar el clasificador SVM, los resultados nos muestran un porcentaje de acierto superior al encontrado cuando se utiliza el clasificador KNN.

Respecto al conjunto de electrodos que ha dado mejores resultados, en este caso se aprecia una cierta igualdad entre la primera (FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4) y la tercera (C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4) combinación de electrodos, ya que ambas presentan resultados por encima de la media para la casi todos los pares de tareas. Pese a ello, la tercera combinación presenta un ligero aumento en el porcentaje de acierto respecto a la primera combinación de electrodos, por lo que de aquí en adelante, se pasará

a utilizar la combinación de electrodos C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4 para el resto de pruebas.

En ambos casos, el porcentaje de acierto ha sido superior a los encontrados en clasificador KNN, por lo que nos centraremos en el estudio de estos dos pares de electrodos para el clasificador SVM.

4.1.1.3.-Filtro laplaciano

En este apartado se va a determinar si el filtro laplaciano mejora la probabilidad de acertar una tarea.

Para obtener los resultados se han utilizado las bandas de frecuencia Alfa-Beta y el conjunto de electrodos que mejores resultados dio en el apartado anterior, es decir, C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4. Respecto a la ventana y al avance, se han utilizado 2 segundos y un 1 segundo, respectivamente. Por último, al igual que en las pruebas anteriores, se han obtenido dos tablas diferentes, primero utilizando el clasificador KNN y segundo utilizando el clasificador SVM.

Tabla 7: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador KNN.

TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Sin filtro	54,9% ±6,3	54,4% ±8,9	55,4% ±7,7
	Con filtro	56,5% ±4,	55,7% ±7,7	57,3% ±10,1
	Media	55,7 %		
5-8	Sin filtro	57,6% ±5,2	57,9% ±10,9	57,3% ±7,9
	Con filtro	57,7% ±4,2	59,1% ±9,0	56,4% ±9,4
	Media	57,7 %		
5-9	Sin filtro	57,5% ±5,7	57,2% ±8,6	57,6% ±6,6
	Con filtro	57,1% ±4,8	57,9% ±10,4	56,3% ±9,5
	Media	57,3 %		
8-9	Sin filtro	51,7% ±4,1	51,4% ±5,8	52,0% ±7,4
	Con filtro	51,0% ±4,9	51,2% ±10,4	50,8% ±7,4
	Media	51,3 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	56,3% ±5,7	56,2% ±10,1	56,4% ±8,2
	Alfa/Beta	58,2% ±5,1	56,5% ±8,9	59,9% ±11,2
	Media	57,3 %		
9-20	Sin filtro	58,2% ±4,5	56,2% ±7,2	60,1% ±8,2
	Con filtro	56,0% ±4,5	52,0% ±8,4	60,0% ±6,0
	Media	57,1 %		

Las tablas 7 y 8 consisten en la media de los resultados de todos los usuarios. En el anexo 2 se encuentran las tablas concretas (tablas 36 y 37).

Tabla 8: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios. Se ha utilizado el clasificador SVM.

TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Sin filtro	56,1% ±5,1	49,6% ±12,5	62,5% ±12,3
	Con filtro	57,4% ±5,9	40,4% ±12,6	74,4% ±16,2
	Media	56,7 %		
5-8	Sin filtro	56,9% ±4,7	50,9% ±16,3	62,7% ±19,2
	Con filtro	57,9% ±6,3	47,3% ±13,4	68,1% ±9,6
	Media	57,4 %		
5-9	Sin filtro	61,9% ±4,8	61,3% ±12,8	62,4% ±10,6
	Con filtro	60,2% ±6,9	62,5% ±14,8	57,8% ±15,8
	Media	61,1 %		
8-9	Sin filtro	51,6% ±5,7	46,6% ±16,2	56,7% ±16,8
	Con filtro	48,9% ±4,4	62,4% ±18,0	35,1% ±14,8
	Media	50,3 %		
8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	59,6% ±8,5	56,9% ±13,5	62,2% ±16,8
	Alfa/Beta	56,3% ±6,7	55,6% ±18,5	56,6% ±20,1
	Media	58,0 %		
9-20	Sin filtro	61,5% ±7,6	56,9% ±13,6	65,7% ±13,7
	Con filtro	59,6% ±7,0	39,8% ±9,0	79,0% ±8,0
	Media	60,6 %		

Como se puede comprobar en las tablas 7 y 8, al aplicar el filtro laplaciano aumenta ligeramente el porcentaje de acierto respecto a cuando no se aplica este filtro, por lo que, de aquí en adelante, se utilizará para la realización de las pruebas.

Al igual que en los apartados anteriores, el clasificador SVM ha dado unos resultados mejores que el clasificador KNN, por lo que, a partir de ahora, para la realización del resto de pruebas, se va a usar solamente el clasificador SVM.

4.1.1.4.-Ventana y Avance

En este apartado se van a analizar diferentes tamaños de ventanas y avances, con el fin de determinar que combinación ofrece el mayor porcentaje de acierto.

Para estas pruebas se han seleccionado las bandas de frecuencia y los electrodos que en los apartados anteriores han dado mejores resultados, es decir, las bandas de frecuencia Alfa-Beta junto con la combinación de electrodos C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4, también se ha aplicado un filtro laplaciano.

Las tablas constan de 9 combinaciones de ventanas y avances, en concreto, se han probado 3 tamaños de ventana (1, 3 y 5 segundos) y 3 porcentajes de avance (10%, 50% y 100%), los cuales se han combinado entre ellos con el fin de sacar la mejor combinación.

Los resultados se muestran en 3 tablas diferentes, en las cuales se ha aplicado un tamaño de ventana de 1, 3 y 5 segundos, respectivamente. En cada una de las tablas, se han aplicado diferentes porcentajes de avance para cada par de tareas, en concreto del 10%, 50% y 100%, esto se ha realizado con el fin de determinar que combinación de ventana y avance ofrece un mayor porcentaje de acierto.

El avance, al tratarse de un porcentaje, variará su tamaño en función del tamaño de la ventana, en otras palabras, el avance del 10% será de 0.1 segundos cuando se le aplique a la ventana de 1 segundo y de 0.5 segundos cuando se aplique a la ventana de 5 segundos. Por otro lado, el avance del 100% significa que no hay solapamiento entre ventanas, ya que el avance es igual al tamaño de la ventana.

En este apartado, las pruebas se han realizado únicamente para el clasificador SVM, ya que en todos los apartados anteriores ha dado mejores resultados en las pruebas.

La tabla 9 muestra un resumen de los porcentajes de acierto de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 1 segundo, la tabla completa, desglosada por usuarios, es la tabla 38 del anexo 2.

Tabla 9: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 1 segundo. Se ha utilizado el clasificador SVM.

TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Vent=1s + Avan=10%	65,1% ±4,6	65,6% ±13,4	64,5% ±17,2
	Vent=1s + Avan=50%	63,5% ±5,2	64,4% ±13,9	62,5% ±16,9
	Vent=1s + Avan=100%	60,3% ±6,2	57,0% ±16,4	63,7% ±16,8
	Media	63,0 %		
5-8	Vent=1s + Avan=10%	66,5% ±5,3	68,5% ±20,5	64,5% ±16,8
	Vent=1s + Avan=50%	65,4% ±6,2	69,5% ±18,6	61,2% ±15,6
	Vent=1s + Avan=100%	64,2% ±6,1	67,9% ±15,8	60,5% ±13,4
	Media	65,4 %		
5-9	Vent=1s + Avan=10%	71,7% ±5,9	75,2% ±14,9	68,2% ±11,4
	Vent=1s + Avan=50%	69,4% ±5,2	70,7% ±13,7	68,1% ±11,6
	Vent=1s + Avan=100%	68,3% ±4,5	69,7% ±11,1	67,0% ±9,3
	Media	69,8 %		
8-9	Vent=1s + Avan=10%	52,5% ±2,7	50,8% ±13,0	54,1% ±10,4
	Vent=1s + Avan=50%	51,6% ±3,8	52,0% ±13,9	51,4% ±14,9
	Vent=1s + Avan=100%	54,3% ±2,9	59,8% ±12,6	48,7% ±11,2
	Media	52,8 %		
8-20	Vent=1s + Avan=10%	62,8% ±7,4	60,4% ±10,9	64,9% ±13,3
	Vent=1s + Avan=50%	59,2% ±7,9	51,4% ±10,4	66,7% ±14,0
	Vent=1s + Avan=100%	58,0% ±7,5	51,4% ±13,4	64,4% ±14,7
	Media	60,0 %		
9-20	Vent=1s + Avan=10%	62,2% ±6,7	57,5% ±11,6	66,7% ±11,2
	Vent=1s + Avan=50%	60,6% ±5,1	54,2% ±9,8	66,8% ±9,2
	Vent=1s + Avan=100%	62,8% ±6,9	54,3% ±11,4	71,0% ±10,5
	Media	61,9 %		

La tabla 10 muestra un resumen de los porcentajes de acierto de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 3 segundos, la tabla completa, desglosada por usuarios, es la tabla 39 del anexo 2.

Tabla 10: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 3 segundos. Se ha utilizado el clasificador SVM.

TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Vent=3s + Avan=10%	56,7% ±4,8	28,0% ±12,4	85,5% ±16,8
	Vent=3s + Avan=50%	57,0% ±5,4	22,4% ±8,6	90,8% ±11,6
	Vent=3s + Avan=100%	56,3% ±2,3	37,2% ±6,1	70,9% ±2,8
	Media	56,7 %		
5-8	Vent=3s + Avan=10%	54,1% ±4,7	37,7% ±12,3	69,9% ±13,6
	Vent=3s + Avan=50%	56,1% ±3,6	19,6% ±7,3	90,9% ±8,0
	Vent=3s + Avan=100%	54,6% ±2,3	50,6% ±7,3	52,5% ±8,6
	Media	54,9 %		
5-9	Vent=3s + Avan=10%	56,2% ±6,1	66,1% ±10,2	45,9% ±11,4
	Vent=3s + Avan=50%	54,8% ±5,8	45,9% ±15,1	62,1% ±21,0
	Vent=3s + Avan=100%	54,4% ±6,5	66,8% ±11,1	36,6% ±18,1
	Media	55,1 %		
8-9	Vent=3s + Avan=10%	48,4% ±4,5	62,6% ±16,8	33,8% ±14,1
	Vent=3s + Avan=50%	51,6% ±3,5	61,4% ±19,1	39,9% ±15,8
	Vent=3s + Avan=100%	52,7% ±6,2	57,8% ±17,7	43,5% ±23,4
	Media	50,9 %		
8-20	Vent=3s + Avan=10%	55,9% ±4,2	62,4% ±7,9	48,4% ±10,0
	Vent=3s + Avan=50%	54,2% ±3,1	57,6% ±16,8	49,9% ±15,5
	Vent=3s + Avan=100%	51,4% ±4,7	32,2% ±29,4	71,3% ±28,9
	Media	53,8 %		
9-20	Vent=3s + Avan=10%	58,7% ±7,2	39,1% ±9,1	77,5% ±9,3
	Vent=3s + Avan=50%	56,3% ±5,9	41,8% ±18,2	69,7% ±18,0
	Vent=3s + Avan=100%	56,4% ±8,7	37,0% ±17,0	73,5% ±14,1
	Media	57,1 %		

La tabla 11 muestra un resumen de los porcentajes de acierto de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 5 segundos, la tabla completa, desglosada por usuarios, es la tabla 40 del anexo 2.

Tabla 11: Media de acierto y de desviación estándar de todos los usuarios para un tamaño de ventana de 5 segundos. Se ha utilizado el clasificador SVM.

TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	Vent=5s + Avan=10%	52,6% ±7,3	33,5% ±25,8	71,8% ±22,6
	Vent=5s + Avan=50%	50,7% ±10,0	54,2% ±19,2	43,2% ±23,0
	Vent=5s + Avan=100%	48,8% ±7,5	63,5% ±22,0	30,2% ±23,7
	Media	50,7 %		
5-8	Vent=5s + Avan=10%	50,9% ±1,8	38,5% ±10,5	61,4% ±8,2
	Vent=5s + Avan=50%	46,6% ±11,7	27,6% ±23,3	65,6% ±19,8
	Vent=5s + Avan=100%	45,8% ±13,4	56,3% ±26,9	35,4% ±28,7
	Media	47,8 %		
5-9	Vent=5s + Avan=10%	52,4% ±5,0	62,2% ±16,3	41,3% ±13,3
	Vent=5s + Avan=50%	55,2% ±12,0	65,6% ±24,4	44,8% ±21,8
	Vent=5s + Avan=100%	54,7% ±8,2	74,5% ±17,7	34,9% ±22,1
	Media	54,1 %		
8-9	Vent=5s + Avan=10%	50,4% ±1,4	45,4% ±10,8	54,4% ±10,2
	Vent=5s + Avan=50%	55,7% ±10,9	57,8% ±16,3	53,6% ±20,4
	Vent=5s + Avan=100%	51,6% ±9,3	52,1% ±27,5	51,0% ±26,1
	Media	52,6 %		
8-20	Vent=5s + Avan=10%	52,3% ±2,0	54,5% ±4,6	47,6% ±3,6
	Vent=5s + Avan=50%	54,0% ±10,0	48,4% ±25,8	55,7% ±26,0
	Vent=5s + Avan=100%	56,9% ±10,5	47,4% ±26,0	62,5% ±21,6
	Media	54,4 %		
9-20	Vent=5s + Avan=10%	52,8% ±4,7	36,9% ±14,2	66,9% ±14,7
	Vent=5s + Avan=50%	53,3% ±9,2	58,9% ±23,7	43,8% ±19,1
	Vent=5s + Avan=100%	54,3% ±7,8	46,9% ±17,9	57,8% ±15,1
	Media	53,5 %		

En las 3 tablas anteriores, se observa claramente que los mejores resultados se encuentran en la primera combinación de la tabla 9 (ventana = 1 segundo y avance = 10%), mientras que los peores resultados se encuentran en la tabla 11 (ventana = 5 segundos). Otro detalle a destacar es, que a medida que se reduce el solapamiento, va disminuyendo el porcentaje de acierto. Esto puede deberse a que, al utilizar ventanas o avances muy grandes, se reduce el número de características con las cuales se alimenta el clasifi-

cador, por lo que a la hora de realizar las predicciones, le faltan datos. Esto puede apreciarse en las tablas 38, 39 y 40 del anexo 2, en la cual se observa como en algunos casos, el clasificador marca todas las tareas de test como iguales.

Por lo tanto, de aquí en adelante se utilizarán ventanas de 1 segundo y un avance del 10%, ya que es la combinación que mejores resultados ha dado. Pese a ello, también se utilizará la combinación de 1 segundo y avance del 100%, ya que ofrece unos resultados muy similares y la simulación se reduce muchísimo en el tiempo.

4.1.1.5.-Clasificador

En este apartado se va a tratar de buscar la configuración óptima para el clasificador SVM. Para ello se realizarán una serie de pruebas con una ventana de 1 segundo y avance del 100%, esto es debido a que el usar una ventana de 1 segundo y avance del 10%, las pruebas se alargan muchísimo y probar muchas combinaciones se hace prácticamente imposible.

En todas las pruebas de los apartados anteriores se ha utilizado un clasificador SVM de tipo C-SVC y con una función de Kernel radial (RBF del inglés, Radial Basis Function) cuya función es “ $\exp(-\gamma * |u-v|^2)$ ”, en dichas pruebas se usó un valor de γ de 0.0020 y un valor de c (del C-SVC) de 512.

Para encontrar la mejor combinación, primero se ha comenzado probando tanto los distintos tipos de SVM que nos ofrece la librería que se está utilizando como los diferentes tipos de la función de Kernel. Respecto a los tipos de SVM, se han probado 2, C-SVC y nu-SVC, ya que son los que mejores resultados dan. En cuanto al tipo de la función de Kernel, se ha probado la función de tipo lineal ($u \cdot v$) y la función de base radial o RBF.

Los resultados de las pruebas anteriormente mencionadas se pueden observar en la tabla 12, la cual contiene el valor medio de los resultados de los 4 usuarios. En la tabla 41 del anexo 2, se pueden observar los resultados de cada usuario por separado.

Tabla 12: Media de los resultados de todos los usuarios al variar el tipo de SVM y la función de Kernel.

TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	C-SVC - RBF	60,3% ±6,2	57,0% ±16,4	63,7% ±16,8
	nu-SVC - RBF	62,0% ±8,8	59,4% ±19,3	64,6% ±18,8
	C-SVC - lineal	67,7% ±5,7	68,3% ±12,7	67,2% ±18,6
	nu-SVC - lineal	66,7% ±7,0	68,8% ±12,2	64,5% ±16,2
	Media	64,2 %		
5-8	C-SVC - RBF	64,2% ±6,1	67,9% ±15,8	60,5% ±13,4
	nu-SVC - RBF	62,3% ±9,7	62,6% ±20,4	61,9% ±17,4
	C-SVC - lineal	67,2% ±7,3	68,4% ±19,8	66,1% ±17,2
	nu-SVC - lineal	68,3% ±7,7	68,3% ±19,3	68,3% ±13,6
	Media	65,5 %		
5-9	C-SVC - RBF	68,3% ±4,5	69,7% ±11,1	67,0% ±9,3
	nu-SVC - RBF	65,5% ±5,6	63,6% ±22,1	67,5% ±19,3
	C-SVC - lineal	71,0% ±6,0	75,5% ±18,8	66,6% ±14,5
	nu-SVC - lineal	67,9% ±6,5	67,3% ±17,8	68,4% ±14,1
	Media	68,2 %		
8-9	C-SVC - RBF	54,3% ±2,9	59,8% ±12,6	48,7% ±11,2
	nu-SVC - RBF	50,7% ±3,5	57,1% ±17,8	44,4% ±19,0
	C-SVC - lineal	51,9% ±8,2	57,6% ±16,3	46,2% ±16,5
	nu-SVC - lineal	44,6% ±6,9	48,1% ±16,7	41,1% ±10,4
	Media	50,4 %		
8-20	C-SVC - RBF	58,0% ±7,5	51,4% ±13,4	64,4% ±14,7
	nu-SVC - RBF	60,1% ±6,1	60,8% ±15,7	59,3% ±18,5
	C-SVC - lineal	59,8% ±5,9	59,1% ±12,9	60,3% ±15,2
	nu-SVC - lineal	59,9% ±4,1	62,8% ±12,7	57,0% ±15,7
	Media	59,5 %		
9-20	C-SVC - RBF	62,8% ±6,9	54,3% ±11,4	71,0% ±10,5
	nu-SVC - RBF	58,9% ±4,8	50,8% ±18,6	66,9% ±13,8
	C-SVC - lineal	61,3% ±6,2	62,3% ±10,9	60,1% ±16,7
	nu-SVC - lineal	58,9% ±7,3	64,0% ±13,8	53,7% ±18,0
	Media	60,5 %		

La combinación que mejores resultados da es la correspondiente a la combinación de SVM del tipo C-SVC con una función de Kernel lineal, ya que da un acierto medio para cada uno de los usuarios de 62.2%, 56.0%, 75.0%, 59.4% respectivamente. Por otro lado, la combinación de C-SVC con una función de Kernel de tipo RBF, ofrece unos resultados muy parecidos (65.1%, 54.0%, 70.0%, 56.2%, respectivamente), pero al ser la configuración que se ha estado utilizando en todas las demás pruebas, en la tabla 11 se va a tratar de mejorar esta combinación variando algunos de sus parámetros. La finalidad es

mejorar los resultados del C-SVC lineal utilizando el clasificador C-SVC con una función de Kernel de tipo RBF.

Para tratar de mejorar el porcentaje de acierto del clasificador C-SVC con Kernel RBF, se van a variar los parámetros de g (gamma en la ecuación de RBF) y c (la C de C-SVC), para ello se han fijado los parámetros $h=0$ (shrinking) y $e=2$ (épsilon o tolerancia de terminación).

En la tabla 13, se pueden observar los resultados procedentes de variar c y g para el SVM de tipo C-SVC con una función de Kernel de tipo RBF. En la tabla 42 del anexo 2 se muestran los resultados separados por usuarios.

Tabla 13: Media de los resultados de todos los usuarios al variar el parámetro “C” de C-SVC y el valor de gamma (g) de la función de Kernel.

TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5-20	$c=512 / g=0,002$	60,3% $\pm 6,2$	57,0% $\pm 16,4$	63,7% $\pm 16,8$
	$c=1000 / g=0,002$	60,0% $\pm 7,2$	54,2% $\pm 16,0$	65,8% $\pm 15,3$
	$c=10000 / g=1$	63,4% $\pm 5,7$	67,9% $\pm 14,9$	58,9% $\pm 14,2$
	$c=10000 / g=0,1$	64,3% $\pm 6,7$	65,3% $\pm 11,6$	63,3% $\pm 16,5$
	$c=10000 / g=0,05$	65,0% $\pm 7,2$	65,9% $\pm 11,3$	64,1% $\pm 17,9$
	$c=10000 / g=0,0005$	64,7% $\pm 7,2$	60,0% $\pm 14,9$	69,5% $\pm 18,9$
	Media	62,9 %		
5-8	$c=512 / g=0,002$	64,2% $\pm 6,1$	67,9% $\pm 15,8$	60,5% $\pm 13,4$
	$c=1000 / g=0,002$	65,5% $\pm 4,5$	68,8% $\pm 17,8$	62,2% $\pm 14,6$
	$c=10000 / g=1$	59,8% $\pm 4,7$	64,5% $\pm 19,8$	55,0% $\pm 12,0$
	$c=10000 / g=0,1$	62,0% $\pm 4,4$	61,7% $\pm 14,6$	62,2% $\pm 13,9$
	$c=10000 / g=0,05$	62,2% $\pm 5,2$	62,4% $\pm 14,3$	62,1% $\pm 11,4$
	$c=10000 / g=0,0005$	66,8% $\pm 6,5$	70,2% $\pm 20,0$	63,4% $\pm 18,4$
	Media	63,4 %		
5-9	$c=512 / g=0,002$	68,3% $\pm 4,5$	69,7% $\pm 11,1$	67,0% $\pm 9,3$
	$c=1000 / g=0,002$	67,1% $\pm 7,0$	67,1% $\pm 15,7$	67,0% $\pm 10,4$
	$c=10000 / g=1$	58,5% $\pm 7,6$	55,0% $\pm 19,5$	62,2% $\pm 17,2$
	$c=10000 / g=0,1$	67,2% $\pm 7,0$	66,8% $\pm 14,6$	67,6% $\pm 9,2$
	$c=10000 / g=0,05$	67,4% $\pm 5,0$	66,3% $\pm 10,8$	68,5% $\pm 10,1$
	$c=10000 / g=0,0005$	70,3% $\pm 7,1$	70,8% $\pm 18,6$	69,8% $\pm 12,3$
	Media	66,5 %		
8-9	$c=512 / g=0,002$	54,3% $\pm 2,9$	59,8% $\pm 12,6$	48,7% $\pm 11,2$
	$c=1000 / g=0,002$	54,2% $\pm 4,2$	44,6% $\pm 12,4$	64,1% $\pm 10,6$
	$c=10000 / g=1$	54,7% $\pm 5,3$	52,8% $\pm 10,6$	56,5% $\pm 9,2$
	$c=10000 / g=0,1$	54,3% $\pm 6,0$	54,4% $\pm 9,2$	54,2% $\pm 10,1$
	$c=10000 / g=0,05$	53,7% $\pm 5,3$	56,3% $\pm 12,2$	51,1% $\pm 10,8$
	$c=10000 / g=0,0005$	54,4% $\pm 2,5$	55,5% $\pm 13,5$	53,4% $\pm 14,9$
	Media	54,3 %		
8-20	$c=512 / g=0,002$	58,0% $\pm 7,5$	51,4% $\pm 13,4$	64,4% $\pm 14,7$
	$c=1000 / g=0,002$	58,3% $\pm 6,2$	46,8% $\pm 8,4$	69,8% $\pm 10,9$

	c=10000 / g=1	59,9% ±8,2	64,6% ±10,3	55,2% ±13,5
	c=10000 / g=0,1	61,0% ±6,7	62,2% ±12,6	59,8% ±15,0
	c=10000 / g=0,05	61,7% ±6,0	62,8% ±12,6	60,5% ±13,8
	c=10000 / g=0,0005	58,7% ±5,0	58,4% ±11,3	58,7% ±14,1
	Media	59,6 %		
9-20	c=512 / g=0,002	62,8% ±6,9	54,3% ±11,4	71,0% ±10,5
	c=1000 / g=0,002	61,6% ±5,9	56,6% ±15,4	66,2% ±11,7
	c=10000 / g=1	61,3% ±8,1	66,6% ±13,2	56,1% ±10,6
	c=10000 / g=0,1	62,9% ±8,4	64,8% ±12,4	61,0% ±15,6
	c=10000 / g=0,05	62,8% ±8,1	66,2% ±12,2	59,2% ±16,4
	c=10000 / g=0,0005	63,1% ±5,9	59,6% ±15,9	66,3% ±15,0
	Media	62,4 %		

En la tabla 13 se puede observar que en todos los casos los porcentajes de acierto son muy parecidos, pese a ello, en la tabla 42 del anexo 2 sí que se pueden identificar diferencias entre las diferentes configuraciones. En concreto, la combinación de $c=0.0005$ y $g=10000$, cuya media de acierto por usuario (para todas las tareas) es 65.3%, 54.4%, 74.4%, 58.0%, esta media de acierto, son muy parecidas a las medias de acierto de la mejor combinación de la tabla 12. Por lo que, de aquí en adelante, se utilizará esta combinación para el resto de las pruebas.

4.1.2.-Comprobacion con el resto de los usuarios

En este apartado se va a determinar la efectividad de la combinación de parámetros seleccionada. Para ello se han extraído los porcentajes de acierto a otros usuarios que no han sido utilizados a la hora de tomar las decisiones (estos usuarios se pueden ver en el anexo 1).

Los parámetros que se han utilizado para la extracción de los porcentajes de las tablas de este apartado son:

- Bandas de frecuencia: Alfa-Beta (1 característica por banda).
- Electrodo: C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4.
- Clasificador: SVM del tipo C-SCV con función de Kernel del tipo RBF ($g=0.0005$ y $c=10000$).
- Ventana: 1 segundo en ambas tablas.

- Avance: 100% en las tablas 14 y 15 (sin solapamiento) y del 10% en las tablas 16 y 17.

Debido a la cantidad de datos que se muestran en estas pruebas, se ha decidido dividir las tablas en dos, con el fin de tener unas tablas mucho más manejables que faciliten la lectura y comprensión de los datos mostrados en las mismas. Por ello, las tablas 14 y 15 muestran los resultados obtenidos para 8 usuarios diferentes a los utilizados en los apartados anteriores y para todos los pares de tareas que se han analizado en este proyecto. Para estas tablas se ha utilizado un tamaño de ventana de 1 segundo y un avance 100%.

Los resultados procedentes del usuario 5 son solo 3 en vez de 6, esto es debido a que este usuario no realizó la tarea 20 (imaginación del abecedario al revés), por lo tanto, el número de combinaciones posibles es menor.

Tabla 14: Resultados de 4 usuarios diferentes a los utilizados en las pruebas anteriores con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 100%

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5	5-8	96,2% ±3,7	94,8% ±8,2	97,5% ±3,2
	5-9	96,6% ±4,0	96,6% ±4,0	96,6% ±4,0
	8-9	53,4% ±1,0	65,7% ±15,0	40,7% ±15,0
	Media	82,1 %		
6	5-20	80,9% ±5,0	80,3% ±15,5	81,6% ±14,4
	5-8	76,7% ±13,1	75,8% ±13,0	77,6% ±16,3
	5-9	78,9% ±8,3	79,4% ±13,7	78,4% ±11,6
	8-9	47,4% ±6,4	48,6% ±13,8	46,3% ±16,5
	8-20	61,2% ±12,6	52,9% ±19,8	69,6% ±24,9
	9-20	61,7% ±21,5	55,4% ±25,6	67,9% ±29,2
	Media	67,8 %		
7	5-20	73,1% ±6,8	72,3% ±8,7	73,9% ±5,9
	5-8	60,2% ±5,8	66,3% ±21,4	53,9% ±13,5
	5-9	57,9% ±11,5	58,5% ±22,1	57,3% ±10,1
	8-9	61,5% ±4,2	58,5% ±13,6	64,3% ±7,1
	8-20	70,4% ±7,8	63,1% ±6,7	77,5% ±16,0
	9-20	69,2% ±4,8	67,9% ±7,3	70,4% ±7,1
	Media	65,4 %		
8	5-20	76,5% ±6,8	71,2% ±13,4	81,4% ±8,3
	5-8	60,4% ±12,3	58,4% ±24,5	62,4% ±18,8
	5-9	65,3% ±12,9	68,2% ±28,5	62,6% ±7,2
	8-9	48,7% ±7,9	47,7% ±8,4	49,7% ±18,7
	8-20	67,0% ±8,0	70,3% ±5,8	63,9% ±12,5
	9-20	60,7% ±6,9	64,3% ±3,3	57,2% ±11,7
	Media	63,1 %		

Tabla 15: Resultados de 4 usuarios diferentes a los utilizados en las pruebas anteriores con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 100%

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
9	5-20	59,1% ±4,5	59,5% ±7,1	58,8% ±3,6
	5-8	85,7% ±6,3	79,3% ±4,6	91,6% ±10,4
	5-9	89,1% ±3,5	82,8% ±6,5	94,9% ±2,0
	8-9	48,4% ±3,7	55,5% ±17,1	41,2% ±15,9
	8-20	77,8% ±10,9	84,0% ±13,7	71,6% ±18,1
	9-20	80,4% ±11,8	89,9% ±2,7	70,8% ±23,0
	Media	73,4 %		
10	5-20	81,8% ±4,4	75,8% ±14,0	87,7% ±6,3
	5-8	67,9% ±5,8	65,3% ±13,3	70,5% ±13,4
	5-9	66,2% ±11,4	72,2% ±4,9	60,4% ±18,0
	8-9	54,2% ±3,3	66,5% ±17,7	42,0% ±18,1
	8-20	67,0% ±12,1	54,5% ±19,9	79,9% ±6,3
	9-20	70,0% ±11,4	58,7% ±18,0	81,6% ±9,6
	Media	67,9 %		
11	5-20	93,8% ±6,1	98,1% ±3,7	89,8% ±8,9
	5-8	95,6% ±3,7	98,2% ±3,6	93,2% ±8,4
	5-9	95,6% ±3,4	92,7% ±6,7	98,3% ±2,0
	8-9	49,7% ±6,4	35,4% ±10,3	63,9% ±5,4
	8-20	51,3% ±6,0	36,3% ±21,8	66,4% ±22,2
	9-20	50,8% ±1,0	68,6% ±24,8	33,0% ±23,3
	Media	72,8 %		
12	5-20	79,1% ±6,7	82,6% ±10,2	75,6% ±7,5
	5-8	82,7% ±6,5	80,0% ±11,4	85,4% ±12,4
	5-9	87,2% ±2,5	88,6% ±9,6	85,7% ±10,5
	8-9	41,4% ±7,2	38,8% ±14,9	44,0% ±26,3
	8-20	59,4% ±7,5	58,8% ±25,0	59,9% ±24,8
	9-20	61,1% ±4,2	59,5% ±27,1	62,7% ±27,6
	Media	68,5 %		

En las tablas 14 y 15 se pueden observar unos resultados bastante elevados en general, la media global de todos los usuarios para todas las tareas es 70.1%, la cual es superior al 50%, que sería la media de acierto si la clasificación se hiciese de forma aleatoria. Cabe destacar el porcentaje de acierto extraordinariamente bajo que presenta el par de tareas 8-9 (imaginación pierna derecha - imaginación pierna izquierda), pero este par de tareas en concreto se analizará específicamente en el apartado 4.2.2.

Por otro lado, en las tablas también se puede apreciar que, sorprendentemente, el par de tareas que mejor resultado ha dado es 5-20 (cuenta regresiva de 20 a 0 – abecedario al revés), esto es algo sorprendente ya que ambas tareas están consideradas como de reposo, por lo que hacer una diferenciación entre ellas a primera vista parecía más difícil.

Como se ha mencionado anteriormente, para las tablas 16 y 17 se ha utilizado una ventana de 1 segundo y un avance del 10%. Esto se ha hecho para comprobar si los resultados mejoraban o empeoraban.

Tabla 16: Resultados de 4 usuarios diferentes a los utilizados en las pruebas anteriores con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 10%

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
5	5-8	98,1% ±0,5	98,1% ±2,5	98,0% ±1,6
	5-9	97,3% ±3,4	96,3% ±5,6	98,3% ±1,5
	8-9	53,7% ±3,4	46,0% ±6,7	61,5% ±7,4
	Media	83,0 %		
6	5-20	83,9% ±2,7	84,6% ±8,6	83,2% ±7,3
	5-8	80,6% ±8,3	80,9% ±11,5	80,2% ±9,6
	5-9	79,1% ±9,9	82,6% ±11,2	75,9% ±11,5
	8-9	43,7% ±7,2	42,9% ±12,7	44,6% ±18,0
	8-20	58,7% ±14,9	50,5% ±16,9	66,9% ±27,4
	9-20	62,9% ±16,6	57,3% ±20,9	68,6% ±23,4
	Media	68,2 %		
7	5-20	73,9% ±5,7	73,7% ±6,6	74,0% ±6,2
	5-8	66,8% ±5,0	64,6% ±17,9	68,9% ±10,4
	5-9	64,3% ±13,7	60,9% ±17,3	67,7% ±15,9
	8-9	57,5% ±5,4	54,3% ±10,7	60,7% ±4,8
	8-20	69,8% ±10,2	66,4% ±12,6	73,3% ±18,2
	9-20	75,3% ±5,9	73,5% ±2,2	77,2% ±10,1
	Media	67,9 %		
8	5-20	76,2% ±7,5	76,2% ±11,5	76,2% ±9,3
	5-8	66,6% ±5,9	68,7% ±19,8	64,5% ±24,7
	5-9	69,1% ±7,7	67,6% ±25,4	70,4% ±9,6
	8-9	49,3% ±7,3	38,0% ±8,0	59,7% ±14,2
	8-20	68,7% ±10,9	72,7% ±16,5	65,0% ±9,8
	9-20	65,7% ±8,4	69,0% ±5,9	62,3% ±15,7
	Media	65,9 %		

Tabla 17: Resultados de 4 usuarios diferentes a los utilizados en las pruebas anteriores con su respectivo valor medio. Ventana de 1 segundo y avance del 10%

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
9	5-20	64,2% ±3,3	58,8% ±4,3	69,3% ±9,0
	5-8	88,4% ±6,5	87,3% ±6,1	89,4% ±11,7
	5-9	93,3% ±2,2	90,0% ±5,8	96,3% ±2,5
	8-9	51,6% ±6,7	41,1% ±17,	62,1% ±4,3
	8-20	80,4% ±10,3	86,8% ±8,9	73,8% ±19,3
	9-20	84,8% ±8,1	92,5% ±1,5	77,2% ±17,5
Media		77,1 %		
10	5-20	82,7% ±0,7	80,1% ±10,7	85,4% ±9,9
	5-8	69,2% ±3,3	65,1% ±4,6	73,2% ±7,4
	5-9	71,9% ±3,3	69,0% ±3,3	74,6% ±4,9
	8-9	53,8% ±4,4	64,1% ±16,4	43,4% ±16,1
	8-20	65,2% ±16,1	53,9% ±25,1	77,5% ±10,5
	9-20	75,6% ±12,3	69,1% ±18,5	82,5% ±11,9
Media		69,7 %		
11	5-20	95,8% ±6,2	96,3% ±5,0	95,3% ±7,6
	5-8	98,0% ±1,2	97,1% ±2,2	98,7% ±0,6
	5-9	95,8% ±2,6	96,0% ±4,5	95,6% ±4,9
	8-9	51,3% ±3,3	31,4% ±15,9	71,5% ±10,0
	8-20	54,1% ±7,2	48,7% ±23,5	59,5% ±9,8
	9-20	50,4% ±6,2	35,2% ±10,2	65,6% ±14,5
Media		74,2 %		
12	5-20	80,7% ±3,7	77,8% ±14,6	83,6% ±10,0
	5-8	85,1% ±6,8	85,7% ±8,9	84,4% ±12,7
	5-9	87,8% ±2,8	85,5% ±8,5	90,2% ±6,3
	8-9	46,8% ±8,3	45,4% ±16,4	48,2% ±18,9
	8-20	66,4% ±9,3	70,8% ±20,1	62,1% ±23,8
	9-20	68,4% ±7,3	70,7% ±14,4	66,2% ±23,9
Media		72,5 %		

Las tablas 16 y 17 presenta un acierto medio de los 8 usuarios de 72.3%, el cual es ligeramente superior al encontrado en las tablas 14 y 15, que es de 70.1%. Por lo tanto, en este caso también la combinación de ventana de 1 segundo y avance del 10% ha dado mejores resultados que la combinación ventana de 1 segundo y avance del 100%.

En estas tablas, el par de tareas 8-9 ha dado unos resultados muy cercanos al 50% en la mayoría de los casos.

4.1.3.-Comprobación para 3 y 4 tareas

En este apartado, al igual que en el anterior, se va a comprobar la efectividad de la combinación de parámetros escogida. En concreto, primero se van a comprobar los resultados para grupos de 3 tareas, y a continuación con las 4 tareas a la vez.

Para las pruebas se ha aplicado la misma combinación de parámetros que en el apartado anterior. En ambos casos (para grupos de 3 tareas y para las 4 a la vez), primero se realizarán las pruebas con ventanas de 1 segundo y avance del 100% y después ventana de 1 segundo y avance del 10%. Esto se hará con el fin de determinar que combinación es mejor.

En la tabla 18 se pueden observar los resultados de los 4 usuarios principales, pero combinando las tareas de 3 en 3.

Tabla 18: Resultados de enfrentar las tareas de 3 en 3. Ventana de 1 segundo y avance del 100%.

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	ACIERTO TAREA 3
1	5-8-9	46,2% ±4,4	58,1% ±15,9	43,4% ±13,5	36,8% ±10,3
	5-8-20	50,9% ±8,6	47,7% ±14,6	45,1% ±6,8	59,9% ±12,7
	5-9-20	50,7% ±5,	55,5% ±15,1	37,0% ±15,1	59,1% ±14,2
	8-9-20	45,1% ±5,4	42,4% ±5,1	25,1% ±12,6	66,9% ±8,5
	Media	48,2 %			
2	5-8-9	35,5% ±6,2	67,6% ±19,4	13,0% ±10,2	26,0% ±7,9
	5-8-20	37,9% ±6,6	49,7% ±8,1	17,8% ±13,0	46,2% ±15,1
	5-9-20	43,1% ±5,7	53,7% ±11,2	23,6% ±6,9	51,9% ±21,2
	8-9-20	39,9% ±2,4	38,3% ±8,9	21,2% ±6,3	60,1% ±5,1
	Media	39,1 %			
3	5-8-9	61,5% ±2,5	80,8% ±6,1	36,0% ±14,8	68,2% ±13,3
	5-8-20	63,4% ±3,4	75,5% ±15,0	68,1% ±8,1	45,9% ±5,6
	5-9-20	69,0% ±1,6	74,6% ±14,8	80,8% ±8,7	50,5% ±5,9
	8-9-20	49,0% ±5,1	33,6% ±6,9	66,5% ±17,7	46,8% ±6,0
	Media	60,7 %			
4	5-8-9	46,0% ±2,1	54,9% ±29,2	33,1% ±25,4	50,3% ±11,2
	5-8-20	39,9% ±4,4	48,9% ±30,2	34,8% ±20,0	36,0% ±29,5
	5-9-20	45,6% ±5,1	41,3% ±21,8	55,3% ±22,8	40,3% ±25,7
	8-9-20	37,7% ±1,6	34,3% ±16,9	46,1% ±25,9	32,7% ±27,5
	Media	42,3 %			

La tabla 18 presenta un valor medio global del 47.6%, el cual es bastante superior al 33%, que sería el porcentaje de realizar las pruebas de forma aleatoria. Como se puede observar, todos los usuarios tienen un acierto por encima de ese valor, además de que los usuarios 1 y 3 tienen una media de acierto notablemente más alta que los usuarios 2 y 4.

La tabla 19 es igual a la tabla 18, pero con la diferencia de que esta vez se ha aplicado una ventana de 1 segundo y un avance del 10%.

Tabla 19: Resultados de enfrentar las tareas de 3 en 3. Ventana de 1 segundo y avance del 10%.

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	ACIERTO TAREA 3
1	5-8-9	45,0% ±3,8	59,0% ±23,2	31,7% ±15,0	44,2% ±5,3
	5-8-20	51,8% ±4,6	51,3% ±14,6	48,4% ±10,3	55,6% ±9,5
	5-9-20	50,6% ±8,0	50,1% ±16,0	45,3% ±12,2	56,2% ±9,4
	8-9-20	41,9% ±5,5	32,2% ±11,0	30,1% ±5,9	62,7% ±13,0
	Media	47,3 %			
2	5-8-9	37,0% ±4,8	50,5% ±16,4	28,2% ±14,4	32,3% ±6,5
	5-8-20	40,8% ±4,5	39,1% ±10,2	31,3% ±16,7	52,1% ±8,8
	5-9-20	43,8% ±3,6	50,2% ±13,6	28,5% ±2,8	52,6% ±11,6
	8-9-20	44,2% ±0,5	50,7% ±7,0	22,6% ±2,7	59,4% ±7,8
	Media	41,5 %			
3	5-8-9	62,2% ±4,0	84,4% ±5,9	45,1% ±9,8	58,1% ±15,2
	5-8-20	66,9% ±2,0	78,8% ±10,5	68,0% ±7,0	53,5% ±13,9
	5-9-20	70,2% ±2,8	79,5% ±9,1	71,8% ±9,7	58,8% ±10,0
	8-9-20	50,7% ±4,6	44,4% ±8,8	52,2% ±18,6	56,0% ±12,7
	Media	62,5 %			
4	5-8-9	44,2% ±6,5	59,0% ±29,8	25,2% ±17,3	48,5% ±20,4
	5-8-20	44,7% ±5,4	52,8% ±28,4	40,8% ±12,9	40,5% ±31,5
	5-9-20	46,4% ±1,3	55,0% ±27,0	46,6% ±9,7	37,7% ±27,3
	8-9-20	34,4% ±2,6	31,0% ±18,4	32,8% ±14,8	39,5% ±24,0
	Media	42,4 %			

Para la tabla 19, la media global es 48.4%. Dicho valor es ligeramente superior al encontrado en la tabla 18, que es 47.6. En este caso no hay prácticamente diferencia entre las tablas, pese a ello, en la que se aplica un avance del 10% continúa dando mejores resultados.

Cabe destacar que, en estas pruebas, el porcentaje de acierto para las diferentes combinaciones de tareas dentro de un mismo usuario es muy similar.

A continuación, se van a realizar las mismas pruebas, pero para las 4 tareas a la vez que se analizan en este proyecto. Para ello se va a utilizar la misma combinación de parámetros que en los casos anteriores y también se van a realizar las pruebas para un avance del 100% y del 10%.

Tabla 20: Resultados de enfrentar las tareas de 4 en 4. Ventana de 1 segundo y avance del 100%.

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	ACIERTO TAREA 3	ACIERTO TAREA 4
1	5-8-9-20	38,2% ±5,0	45,1% ±11,5	34,4% ±11,0	18,0% ±12,3	54,7% ±11,3
2	5-8-9-20	31,5% ±5,9	48,8% ±10,2	13,0% ±10,2	19,5% ±6,0	44,6% ±16,0
3	5-8-9-20	51,7% ±1,6	72,9% ±13,3	29,4% ±5,4	64,% ±16,4	40,5% ±1,7
4	5-8-9-20	33,9% ±4,9	43,9% ±27,9	21,0% ±11,8	41,1% ±20,2	30,1% ±29,1

Para las pruebas con 4 tareas a la vez, el porcentaje de acierto si se hiciese de forma aleatoria seria del 25%. En este caso, para la tabla 20, se tiene un porcentaje de acierto global de 38.8%, el cual es bastante superior al 25%. En esta tabla cabe destacar al usuario 3, el cual tiene un porcentaje de acierto del 51,7%.

Para la tabla 21, se ha aplicado el mismo procedimiento que en la anterior, pero aplicando un avance del 10% en vez del 100%.

Tabla 21: Resultados de enfrentar las tareas de 4 en 4. Ventana de 1 segundo y avance del 10%.

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	ACIERTO TAREA 3	ACIERTO TAREA 4
1	5-8-9-20	37,1% ±5,5	47,4% ±18,6	25,3% ±9,8	25,1% ±4,3	50,0% ±9,4
2	5-8-9-20	32,3% ±2,8	36,9% ±9,5	22,2% ±13,3	21,3% ±2,0	48,7% ±9,7
3	5-8-9-20	53,7% ±1,9	77,9% ±9,7	40,9% ±6,4	48,8% ±17,2	48,0% ±11,4
4	5-8-9-20	34,1% ±2,8	50,9% ±28,5	23,0% ±15,8	27,7% ±10,2	34,9% ±26,1

La media global de esta tabla es de 39.3%, en este caso, también es superior a la media global extraída de hacer las pruebas aplicando un avance del 100%. Por esto mismo, de aquí en adelante se procederá a realizar las pruebas solamente con un avance del 10%.

4.2.-Resultados por parejas de tareas

En este apartado se va a tratar de encontrar la mejor combinación de parámetros para los distintos pares de tareas por separado.

Para ello se van a utilizar todos los parámetros establecidos en las pruebas anteriores, menos las bandas de frecuencia y los electrodos, que son los que se van a variar con el fin de mejorar el acierto.

Las pruebas se le van a realizar a los 4 usuarios principales, es decir, los que se utilizaron para extraer los mejores parámetros a nivel global.

4.2.1.-Diferenciación tareas de reposo

En este apartado, se va a tratar de determinar la mejor combinación de electrodos y bandas de frecuencia, con el fin de obtener el máximo porcentaje de acierto posible en el par de tareas de reposo formado por “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” y “abecedario al revés” (5-20 respectivamente).

Para tratar de mejorar los resultados obtenidos en los apartados anteriores para este par de tareas, se van a variar los siguientes parámetros:

- Bandas de frecuencia: debido a que ambas tareas son consideradas de reposo o relajación, se va a tratar de dar prioridad a la banda de frecuencia que es más frecuente durante estos estados, esta es, tal y como se vio en el apartado 2.1.2 en material y métodos, la banda Alfa, por lo tanto, esta banda estará presente en todas las pruebas. Las otras dos bandas con las cuales se tratará de mejorar el porcentaje de acierto serán las bandas Beta y Gamma, que se caracterizan por estar presente durante la resolución de problemas o en periodos de actividad cerebral, por lo tanto, para la tarea del abecedario al revés, estas frecuencias pueden hacernos mejorar los resultados.
- Electrodo: las pruebas se centrarán en las zonas cerebrales donde más se aparezcan las ondas que se estén probando en ese momento.

La tabla 22 muestra los resultados extraídos de cada combinación de parámetros para cada uno de los usuarios.

Tabla 22: Resultados procedentes de variar los electrodos y las bandas de frecuencia para la combinación de tareas de reposo “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” y “abecedario al revés”.

USUARIO	PARAMETROS (electrodos/bandas de frecuencia)	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	[C3 CZ C4 CP5 CP1 CP2 CP6 P3 PZ P4] ALFA-BETA	70,2% ±4,2	67,9% ±8,6	72,6% ±9,2
	[P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	63,0% ±3,7	46,8% ±11,0	79,2% ±11,8
	[FC5 FC1 FC2 FC6 C3 C4 CP5 CP6] ALFA	64,0% ±3,1	57,9% ±4,8	70,0% ±7,8
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	67,7% ±4,8	59,4% ±10,7	76,1% ±10,6
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA-GAMMA	70,1% ±6,0	63,6% ±8,6	76,6% ±17,3
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-GAMMA	69,4% ±5,0	59,5% ±8,4	79,3% ±15,3
	Media	67,4 %		
2	[C3 CZ C4 CP5 CP1 CP2 CP6 P3 PZ P4] ALFA-BETA	56,5% ±6,3	55,0% ±14,6	58,0% ±13,4
	[P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	63,0% ±5,9	57,2% ±13,4	68,8% ±7,7
	[FC5 FC1 FC2 FC6 C3 C4 CP5 CP6] ALFA	55,8% ±8,0	51,4% ±9,7	60,2% ±15,0
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	62,2% ±8,7	59,7% ±16,7	64,7% ±8,9
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA-GAMMA	63,4% ±11,3	57,2% ±12,7	69,5% ±12,0
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-GAMMA	57,4% ±7,6	56,0% ±14,2	58,8% ±11,0
	Media	59,7 %		
3	[C3 CZ C4 CP5 CP1 CP2 CP6 P3 PZ P4] ALFA-BETA	80,7% ±5,8	81,0% ±11,0	80,4% ±10,2
	[P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	72,1% ±13,1	64,9% ±23,8	79,5% ±15,4
	[FC5 FC1 FC2 FC6 C3 C4 CP5 CP6] ALFA	84,2% ±10,8	84,1% ±13,5	84,4% ±13,0
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	85,2% ±13,9	84,1% ±15,9	86,3% ±14,8
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA-GAMMA	88,1% ±12,5	86,7% ±16,1	89,6% ±12,3
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-GAMMA	88,1% ±10,9	86,7% ±13,2	89,5% ±12,5
	Media	83,1 %		
4	[C3 CZ C4 CP5 CP1 CP2 CP6 P3 PZ P4] ALFA-BETA	59,2% ±7,5	62,0% ±25,1	56,4% ±37,0
	[P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	66,9% ±10,1	73,8% ±13,1	59,9% ±30,9
	[FC5 FC1 FC2 FC6 C3 C4 CP5 CP6] ALFA	51,8% ±9,0	50,6% ±26,6	52,9% ±25,9
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA	61,1% ±8,1	70,5% ±17,4	51,6% ±32,7
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-BETA-GAMMA	61,1% ±7,8	72,7% ±22,7	49,4% ±38,1
	[FC5 FC1 FC2 FC6 P3 PZ P4 PO3 PO4] ALFA-GAMMA	59,0% ±5,8	69,0% ±23,8	48,9% ±35,1
	Media	59,8 %		

Tal y como se puede observar en la tabla 22, se han hecho las mismas 6 pruebas a los 4 usuarios, con el fin de determinar cuál de ellas da mejores resultados. Para poder comparar mejor estos resultados con los extraídos a partir de la combinación de parámetros globales, la primera combinación de esta tabla se ha realizado con dichos parámetros.

Los resultados muestran una gran variedad de porcentajes de acierto, pese a ello, la media de acierto para cada una de las combinaciones (66.7%, 66.3%, 63.9%, 69.0% 70.7% 68.5%, respectivamente), nos muestra un claro porcentaje de acierto mayor para la quinta combinación, es decir, que la combinación que mejores resultados ha dado es en la que se ha utilizado la combinación de bandas de frecuencia Alfa-Beta-Gamma y los electrodos pertenecientes a las zonas frontal y parietal.

Con una media de acierto de 70.7% para todos los usuarios, este valor es superior al encontrado en las pruebas realizadas a nivel global, para las cuales el porcentaje de acierto para esta tarea era del 64.7%.

4.2.2.-Diferenciación pierna derecha y pierna izquierda

En este apartado, se va a tratar de realizar una mejor diferenciación entre las tareas de imaginación motora “pierna derecha” y “pierna izquierda” (8-9, respectivamente). En las pruebas anteriores, este par de tareas ha sido uno de los más problemáticos, ya que en todas las pruebas presentaba porcentajes de acierto muy cercanos al 50%.

En las tablas 9, 10 y 11 del apartado 4.1.1.4, en la cual se variaba el tamaño de la ventana y el avance, se puede observar que las dos combinaciones que mayores porcentajes de acierto daban para este par de tareas eran “Ventana=1 segundo y avance=100%” y “Ventana= 5 segundos y avance=50%” siendo los porcentajes de acierto “54.3% \pm 2.9” y “55.7% \pm 10.9”, respectivamente. Observando estos resultados, se puede ver que la desviación típica del primero es mucho menor a la del segundo, lo que significa que, en el primer caso, el porcentaje de acierto para todos los usuarios ha sido superior al 50%, mientras que para la segunda combinación no, por lo tanto, las pruebas de este apartado se van a realizar para una ventana de 1 segundo y un avance del 100%.

Las bandas de frecuencia que se van a utilizar son Alfa-Beta, ya que estas bandas son las que están más presentes en los estados de imaginación motora, sobre todo la banda beta.

Respecto a los electrodos, se van a analizar sobre todo las zonas correspondientes a los lóbulos frontal y central, ya que es donde suelen aparecer las ondas beta, que son las que más nos interesan para esta clase de tareas. También se va a aprobar con los electrodos correspondientes a la zona occipital, ya que, según este estudio [26], para las tareas de imaginación del tren inferior, los electrodos situados en dicha zona son los que más cambios presentan [26].

La primera combinación de electrodos corresponde a la extraída en las pruebas a nivel global, esto se hace para determinar si el resto de las pruebas consiguen superar dicho porcentaje de acierto.

Tabla 23: Resultados procedentes de variar los electrodos con el fin de aumentar el porcentaje de acierto del par de tareas de imaginación motora “pierna derecha – pierna izquierda”.

USUARIO	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	53,1% ±3,0	57,8% ±13,4	48,4% ±16,7
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	46,8% ±6,5	39,1% ±29,0	54,5% ±34,0
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	49,5% ±2,7	56,7% ±10,5	42,3% ±10,6
	FC1-FC2-C3-CZ-C4-CP1-CP2	52,3% ±6,8	45,1% ±11,7	59,5% ±5,6
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4	47,8% ±8,9	51,5% ±7,9	44,1% ±19,7
	Media	49,9 %		
2	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	50,8% ±3,9	70,0% ±10,8	31,7% ±10,5
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	54,1% ±6,8	35,6% ±34,0	72,6% ±26,7
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	52,5% ±4,1	78,7% ±13,6	26,2% ±18,1
	FC1-FC2-C3-CZ-C4-CP1-CP2	54,9% ±5,5	87,8% ±13,8	22,0% ±3,2
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4	52,5% ±8,2	69,2% ±12,9	35,9% ±10,7
	Media	53,0 %		
3	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	59,2% ±1,6	44,5% ±15,8	74,0% ±18,1
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,5% ±6,2	20,4% ±21,8	90,7% ±9,5
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	55,9% ±1,8	46,3% ±21,5	65,5% ±21,1
	FC1-FC2-C3-CZ-C4-CP1-CP2	56,3% ±2,6	43,9% ±16,4	68,8% ±13,4
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4	55,0% ±4,7	47,0% ±13,8	63,1% ±15,5
	Media	56,4 %		
4	C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4	54,5% ±1,5	49,6% ±14,2	59,6% ±14,4
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4	55,3% ±6,8	65,2% ±29,6	45,1% ±38,7
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6	50,8% ±2,3	61,0% ±17,6	40,3% ±15,5
	FC1-FC2-C3-CZ-C4-CP1-CP2	47,9% ±9,7	56,1% ±29,0	39,4% ±12,3
	FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4	53,2% ±7,7	51,2% ±4,3	55,3% ±17,0
	Media	52,4 %		

En total se han realizado 5 pruebas distintas variando la selección de electrodos, no obstante, la media para cada combinación de estas pruebas ha sido 54.5%, 52.9%, 52.4, 52.9% y 52.1%. Teniendo en cuenta que la primera media es la correspondiente a la utilización de los parámetros a nivel global, significa que en este caso no se ha logrado mejorar los porcentajes de aciertos para este par de tareas. Esto puede ser debido a que, para sacar los mejores parámetros a nivel global, se utilizaron los electrodos correspondientes a las zonas central y parietal.

4.2.3.-Diferenciación reposo y piernas

En este apartado se va a tratar de determinar dos cosas. La primera será encontrar la mejor combinación de parámetros posible para tener un mayor porcentaje de acierto, la segunda será determinar que tarea de reposo ofrece mejores resultados al compararla con las tareas de imaginación motora de la pierna derecha e izquierda.

A la hora de mostrar los resultados se va a hacer en dos tablas diferentes, tabla 24 y tabla 25, en la primera se compararán los resultados de la tarea “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” (5), con las tareas “imaginación movimiento pierna derecha” (8) e “imaginación movimiento pierna izquierda” (9).

Con el fin de mejorar los porcentajes de acierto, se van a variar tanto las bandas de frecuencia como los electrodos, en concreto, se va a probar con las bandas Alfa y Beta mientras que se varían los electrodos en función de las zonas cerebrales.

Tabla 24: Resultados de los pares de tareas “5-8” y “5-9” al variar los electrodos y las bandas de frecuencia.

USUARIO	PARAMETROS (electrodos/bandas de frecuencia)	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	5-8	67,8% ±10,0	64,0% ±21,3	71,8% ±15,6
		5-9	70,0% ±4,7	64,2% ±20,0	76,0% ±13,4
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	76,8% ±6,0	79,0% ±9,0	74,5% ±12,1
		5-9	74,9% ±6,3	75,7% ±11,5	74,2% ±11,4
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	5-8	80,8% ±2,2	84,0% ±10,4	77,5% ±6,8
		5-9	74,8% ±5,2	72,8% ±15,9	76,9% ±12,0
	[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	67,9% ±1,7	73,2% ±5,3	62,6% ±7,5
		5-9	71,9% ±1,1	72,7% ±7,2	71,0% ±9,2
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	5-8	73,8% ±9,9	74,2% ±14,4	73,4% ±7,6
		5-9	72,8% ±5,9	70,2% ±14,1	75,4% ±13,9

		Media	73,1 %						
2	[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	5-8	49,1%	±3,8	54,0%	±18,7	44,1%	±17,8	
		5-9	58,2%	±6,2	69,7%	±15,6	46,6%	±9,5	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	53,5%	±9,6	59,2%	±24,0	47,8%	±13,6	
		5-9	60,7%	±7,3	69,5%	±16,7	51,8%	±10,3	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	5-8	50,4%	±3,1	25,8%	±11,4	75,1%	±16,4	
		5-9	56,3%	±7,3	44,1%	±29,8	68,4%	±23,0	
	[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	54,6%	±3,0	55,4%	±12,0	53,8%	±13,7	
		5-9	59,9%	±6,0	68,2%	±19,3	51,5%	±13,5	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	5-8	47,6%	±6,8	57,0%	±21,1	38,3%	±11,3	
		5-9	55,5%	±8,7	68,7%	±19,6	42,1%	±11,7	
			Media	54,6 %					
	3	[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	5-8	85,2%	±3,3	87,3%	±7,4	83,3%	±6,9
5-9			91,5%	±5,3	92,9%	±6,4	90,2%	±6,2	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta		5-8	86,2%	±3,3	87,9%	±4,6	84,6%	±7,6	
		5-9	90,6%	±6,5	91,5%	±7,4	89,7%	±5,8	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta		5-8	82,4%	±6,7	85,1%	±18,8	79,8%	±19,0	
		5-9	91,1%	±5,9	86,3%	±12,6	95,6%	±1,7	
[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta		5-8	79,2%	±8,3	75,5%	±14,9	82,7%	±2,6	
		5-9	74,2%	±3,8	68,3%	±14,8	79,7%	±13,9	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta		5-8	85,7%	±5,9	83,1%	±14,3	88,1%	±5,6	
		5-9	88,5%	±7,7	87,9%	±12,5	89,1%	±5,0	
		Media	85,5 %						
4		[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	5-8	68,1%	±1,0	68,3%	±23,9	68,0%	±22,9
	5-9		68,6%	±7,5	62,9%	±29,2	74,2%	±19,9	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	65,8%	±6,3	66,8%	±30,4	64,8%	±23,3	
		5-9	68,5%	±7,5	68,2%	±30,1	68,7%	±18,3	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	5-8	67,2%	±7,6	51,4%	±29,2	83,0%	±14,8	
		5-9	68,3%	±6,8	61,1%	±30,8	75,4%	±18,0	
	[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	5-8	62,5%	±10,7	72,4%	±13,3	52,7%	±24,6	
		5-9	61,2%	±9,1	68,6%	±10,8	53,8%	±27,0	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	5-8	68,9%	±9,3	61,9%	±28,1	75,8%	±14,2	
		5-9	69,9%	±11,8	65,1%	±27,0	74,7%	±9,1	
			Media	66,9 %					

La primera combinación que se ha probado es la que se ha utilizado para tener los mejores resultados globales. Se ha puesto para tener un punto de referencia y saber cuándo se han mejorado los resultados.

La media de cada combinación para todos los usuarios es 69.8%, 72.1%, 71.4%, 66.4% y 70.3%, por esto y por los resultados que se pueden apreciar en la tabla 24, la segunda combinación de electrodos y bandas de frecuencia ([FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-

C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta) es la que mejores resultados ha dado.

En la tabla 25, se van a mostrar los resultados para las mismas combinaciones de parámetros, pero esta vez utilizando la tarea de reposo “abecedario al revés”.

Tabla 25: Resultados de los pares de tareas “20-8” y “20-9” al variar los electrodos y las bandas de frecuencia.

USUARIO	PARAMETROS (electrodos/bandas de frecuencia)	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	20-8	67,2% ±6,7	63,5% ±10,5	70,8% ±11,5	
		20-9	63,8% ±9,5	56,7% ±13,4	70,7% ±14,0	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	63,9% ±11,6	61,8% ±7,3	66,0% ±19,1	
		20-9	60,7% ±12,4	52,9% ±14,5	68,2% ±20,7	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	20-8	62,4% ±6,2	65,1% ±17,4	59,8% ±19,6	
		20-9	56,6% ±10,4	56,0% ±23,6	57,2% ±16,3	
	[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	61,6% ±6,9	52,2% ±19,7	70,7% ±17,7	
		20-9	61,6% ±8,9	43,4% ±11,2	79,2% ±9,6	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	20-8	64,7% ±9,2	64,7% ±11,6	64,7% ±8,3	
		20-9	61,9% ±7,5	63,1% ±9,2	60,8% ±16,1	
	Media		62,4 %			
	2	[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	20-8	64,0% ±6,3	61,7% ±8,3	66,3% ±5,1
20-9			61,0% ±2,9	51,5% ±13,7	70,4% ±11,9	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta		20-8	61,8% ±3,5	64,0% ±8,5	59,6% ±2,4	
		20-9	62,6% ±4,4	56,1% ±6,0	69,0% ±12,6	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta		20-8	56,3% ±4,1	19,7% ±9,6	92,9% ±3,9	
		20-9	57,2% ±4,0	33,1% ±10,9	81,2% ±7,0	
[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta		20-8	63,0% ±3,4	59,5% ±6,9	66,4% ±5,9	
		20-9	60,0% ±1,8	48,6% ±9,2	71,3% ±9,0	
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta		20-8	60,9% ±3,9	51,7% ±12,4	70,1% ±15,9	
		20-9	60,5% ±2,0	48,4% ±3,8	72,5% ±3,9	
Media		60,7 %				
3		[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	20-8	68,9% ±7,9	75,0% ±7,1	62,4% ±14,8
	20-9		73,7% ±4,4	77,6% ±10,7	69,5% ±14,4	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	73,3% ±3,4	76,7% ±9,0	69,6% ±8,2	
		20-9	77,6% ±1,1	81,2% ±10,1	73,7% ±11,3	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	20-8	58,3% ±5,3	31,8% ±16,6	86,9% ±13,6	
		20-9	66,3% ±7,8	56,1% ±14,6	77,4% ±19,0	
	[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	67,0% ±7,4	77,8% ±10,7	55,3% ±12,9	
		20-9	70,4% ±3,4	79,8% ±7,4	60,3% ±4,6	
	[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	20-8	65,5% ±5,2	73,4% ±3,6	56,9% ±13,8	
		20-9	70,4% ±7,5	74,5% ±14,8	66,1% ±18,2	
	Media		69,1 %			
	4		20-8	53,1% ±8,3	57,1% ±20,6	49,1% ±27,4

[C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] Alfa-Beta	20-9	52,8%	±3,9	61,5%	±15,2	44,0%	±22,4
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	49,2%	±13,7	57,1%	±16,1	41,3%	±26,9
	20-9	47,1%	±13,6	55,0%	±12,6	39,2%	±25,1
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Beta	20-8	46,6%	±7,6	42,0%	±28,7	51,2%	±36,6
	20-9	43,9%	±18,9	38,2%	±18,2	49,5%	±32,4
[CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta	20-8	54,9%	±5,2	57,7%	±27,9	52,0%	±29,5
	20-9	56,5%	±2,8	60,5%	±30,6	52,4%	±30,4
[FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6] Alfa-Beta	20-8	43,8%	±13,9	51,6%	±10,7	35,9%	±22,8
	20-9	41,8%	±14,6	51,9%	±13,3	31,6%	±19,7
Media				49,0 %			

En este caso, al utilizar la tarea de “abecedario al revés” (20), la media de cada combinación para todos los usuarios es 63.1%, 62.0%, 55.9%, 61.9% y 58.7%, por lo que ninguna prueba a logrado superar el porcentaje de acierto de la primera (que es la que se extrajo para todos los pares de tareas a nivel global). Pese a ello, al igual que en la tabla anterior, la segunda combinación ha sido la que ha dado mejores resultados (sin contar la primera).

Al comparar ambas tablas, se puede determinar que los resultados procedentes de la tabla 24 son mayores que los procedentes de la tabla 25, por lo tanto, se puede concluir, que la tarea de reposo “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” ofrece mejores resultados que la tarea de reposo “abecedario al revés”.

5. CONCLUSIONES

En este proyecto se han realizado diferentes pruebas con el fin de determinar la mejor combinación de parámetros posibles para los diferentes pares de tareas. Para ello, se han analizado los registros de 4 personas para determinar la mejor configuración de los parámetros, y a continuación se ha comprobado su efectividad con los registros de otras 8 personas diferentes. También se han estudiado los pares de tareas por separado, con el fin de encontrar la mejor combinación de parámetros para cada una de ellas. Por último, se ha determinado que tarea de relajación ofrece mejores resultados frente a tareas de imaginación motora del miembro inferior.

Las conclusiones se pueden dividir en dos grupos, conclusiones a nivel general y conclusiones por pares de tareas. Tras el análisis y discusión de los resultados obtenidos en el apartado anterior, podemos concluir lo siguiente:

Conclusiones generales para 2 tareas

Después de todas las pruebas realizadas, podemos afirmar que hay una combinación de parámetros que ha ofrecido unos resultados superiores al resto:

- FFT y bandas de frecuencia: El conjunto de bandas de frecuencia que mejores resultados ha dado, ha sido el par formado por las bandas Alfa y Beta, es decir, se ha seleccionado el rango de frecuencias entre 7-39Hz. También se determinó, que la mejor opción era extraer una característica por banda de frecuencia, es decir, 2 en total, una para la banda alfa y otra para la banda beta.
- Electrodo: Tras realizar varias pruebas seleccionando diferentes grupos de electrodos, los que mejores resultados dieron a nivel global fueron los electrodos situados sobre las zonas central y parietal, en concreto C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4.
- Filtro laplaciano: Se observó una notable mejora en los resultados cuando se aplicaba respecto a cuando no se aplicaba.
- Ventana y Avance: Tras realizar varias pruebas con diversos tamaños de ventana y avance, se determinó que, si la ventana es muy grande, la falta de datos hacía que el clasificador obtuviese un menor índice de acierto, por eso mismo, se com-

probó que la combinación que mejores resultados daba era la ventana de 1 segundo con un avance del 10%, es decir, de 0.1 segundos. Pese a ello, la combinación de un tamaño de ventana de 1 segundo y un avance del 100% (es decir, sin solapamiento) daba unos resultados muy similares y, al reducir el número de ventanas, hace que la simulación sea mucho más rápida, por eso mismo se ha decidido establecer esta combinación como la final.

- Clasificador: Tras descartar el clasificador KNN frente al SVM debido a que siempre entregaba unos porcentajes de acierto inferiores, se procedió a determinar la mejor combinación de parámetros para el clasificador SVM. Se determinó que, pese a los buenos resultados que entregaba el clasificador de tipo C-SVC con función de Kernel de tipo lineal, el clasificador de tipo C-SVC pero con función de Kernel de tipo RBF ofrecía mejores resultados al utilizar los parámetros $c=10000$, $g=0.0005$, $h=0$ y $e=2$.

Tras las diversas pruebas realizadas para determinar los parámetros anteriormente citados, se observó que no todos los usuarios ofrecían los mismos porcentajes de acierto, sino que mientras que algunos crecían a medida que se iban optimizando los parámetros, otros crecían de forma mucho más lenta.

También se observó que algunos parámetros incrementaban mucho más que otros el porcentaje de acierto. Esto y el crecimiento desigual de los usuarios se puede observar en la siguiente figura.

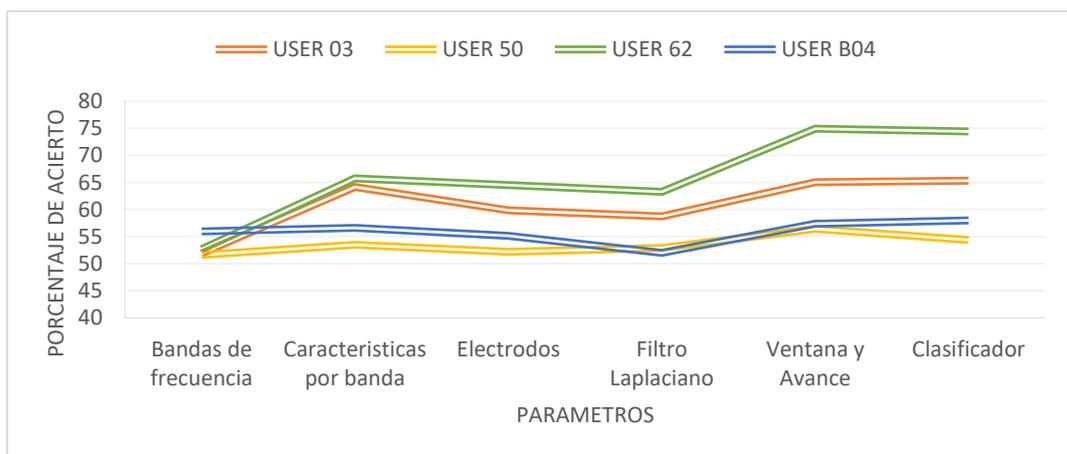


Figura 20: Evolución del porcentaje de acierto de los 4 usuarios principales a lo largo de la selección de parámetros.

La siguiente tabla muestra un resumen de todos los resultados extraídos en este proyecto, en ella se pueden observar los porcentajes de acierto para 2, 3 y 4 tareas de todos los usuarios, a excepción del usuario 5, el cual no realizó la tarea 20 (abecedario al revés) y por lo tanto no se pueden hacer las mismas combinaciones.

Tabla 26: Resultados para 2, 3 y 4 tareas de los 12 usuarios con la selección de parámetros final.

USUARIO	TAREAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	ACIERTO TAREA 3	ACIERTO TAREA 4
1	5-20	67,8% ±7,1	66,1% ±7,2	69,5% ±16,4		
	5-8	69,8% ±12,7	62,4% ±17,2	77,5% ±12,1		
	5-9	69,0% ±4,6	66,7% ±18,5	71,3% ±14,7		
	8-9	53,1% ±3,0	57,8% ±13,4	48,4% ±16,7		
	8-20	69,0% ±9,2	58,6% ±8,9	79,0% ±12,1		
	9-20	63,2% ±8,2	52,2% ±15,0	73,9% ±10,5		
	5-8-9	46,2% ±4,4	58,1% ±15,9	43,4% ±13,5	36,8% ±10,3	
	5-8-20	50,9% ±8,6	47,7% ±14,6	45,1% ±6,8	59,9% ±12,7	
	5-9-20	50,7% ±5,0	55,5% ±15,1	37,0% ±15,1	59,1% ±14,2	
	8-9-20	45,1% ±5,4	42,4% ±5,1	25,1% ±12,6	66,9% ±8,5	
5-8-9-20	38,2% ±5,0	45,1% ±11,5	34,4% ±11,0	18,0% ±12,3	54,7% ±11,3	
2	5-20	56,1% ±5,1	54,5% ±10,8	57,6% ±19,7		
	5-8	49,6% ±5,5	70,1% ±20,5	29,1% ±22,1		
	5-9	57,0% ±7,1	76,5% ±15,4	37,5% ±7,3		
	8-9	50,8% ±3,9	70,0% ±10,8	31,7% ±10,5		
	8-20	53,7% ±3,0	43,1% ±9,8	64,2% ±7,2		
	9-20	59,0% ±8,2	36,7% ±15,3	81,3% ±13,2		
	5-8-9	35,5% ±6,2	67,6% ±19,4	13,0% ±10,2	26,0% ±7,9	
	5-8-20	37,9% ±6,6	49,7% ±8,1	17,8% ±13,0	46,2% ±15,1	
	5-9-20	43,1% ±5,7	53,7% ±11,2	23,6% ±6,9	51,9% ±21,2	
	8-9-20	39,9% ±2,4	38,3% ±8,9	21,2% ±6,3	60,1% ±5,1	
5-8-9-20	31,5% ±5,9	48,8% ±10,2	13,0% ±10,2	19,5% ±6,0	44,6% ±16,	
3	5-20	78,3% ±7,7	73,8% ±16,5	83,0% ±9,3		
	5-8	84,2% ±2,7	85,2% ±6,1	83,2% ±3,7		
	5-9	87,6% ±6,9	82,6% ±7,6	92,5% ±8,8		
	8-9	59,2% ±1,6	44,5% ±15,8	74,0% ±18,1		
	8-20	65,2% ±4,3	76,5% ±4,4	53,1% ±9,3		
	9-20	71,8% ±5,8	83,3% ±7,1	59,4% ±11,4		
	5-8-9	61,5% ±2,5	80,8% ±6,1	36,0% ±14,8	68,2% ±13,3	
	5-8-20	63,4% ±3,4	75,5% ±15,0	68,1% ±8,1	45,9% ±5,6	
	5-9-20	69,0% ±1,6	74,6% ±14,8	80,8% ±8,7	50,5% ±5,9	
	8-9-20	49,0% ±5,1	33,6% ±6,9	66,5% ±17,7	46,8% ±6,0	
5-8-9-20	51,7% ±1,6	72,9% ±13,3	29,4% ±5,4	64,0% ±16,4	40,5% ±1,7	
4	5-20	56,6% ±8,9	45,5% ±25,0	67,8% ±30,3		
	5-8	63,6% ±5,3	63,3% ±36,2	63,9% ±35,8		
	5-9	67,7% ±9,6	57,4% ±33,0	77,9% ±18,3		
	8-9	54,5% ±1,5	49,6% ±14,2	59,6% ±14,4		
	8-20	47,1% ±3,7	55,4% ±22,2	38,5% ±27,7		

	9-20	58,4% ±1,3	66,2% ±26,1	50,5% ±24,8		
	5-8-9	46,0% ±2,1	54,9% ±29,2	33,1% ±25,4	50,3% ±11,2	
	5-8-20	39,9% ±4,4	48,9% ±30,2	34,8% ±20,0	36,0% ±29,5	
	5-9-20	45,6% ±5,1	41,3% ±21,8	55,3% ±22,8	40,3% ±25,7	
	8-9-20	37,7% ±1,6	34,3% ±16,9	46,1% ±25,9	32,7% ±27,5	
	5-8-9-20	33,9% ±4,9	43,9% ±27,9	21,0% ±11,8	41,1% ±20,2	30,1% ±29,1
5	5-8	96,2% ±3,7	94,8% ±8,2	97,5% ±3,2		
	5-9	96,6% ±4,0	96,6% ±4,0	96,6% ±4,0		
	8-9	53,4% ±1,0	65,7% ±15,0	40,7% ±15,0		
	5-8-9	66,2% ±2,4	94,8% ±6,6	64,8% ±13,8	39,0% ±13,0	
6	5-20	80,9% ±5,0	80,3% ±15,5	81,6% ±14,4		
	5-8	76,7% ±13,1	75,8% ±13,0	77,6% ±16,3		
	5-9	78,9% ±8,3	79,4% ±13,7	78,4% ±11,6		
	8-9	47,4% ±6,4	48,6% ±13,8	46,3% ±16,5		
	8-20	61,2% ±12,6	52,9% ±19,8	69,6% ±24,9		
	9-20	61,7% ±21,5	55,4% ±25,6	67,9% ±29,2		
	5-8-9	52,0% ±10,1	73,1% ±13,7	39,1% ±4,3	44,6% ±18,	
	5-8-20	56,3% ±5,4	71,3% ±15,0	39,1% ±13,1	59,1% ±22,9	
	5-9-20	57,5% ±10,6	73,1% ±19,3	41,6% ±12,8	58,3% ±24,1	
	8-9-20	40,0% ±6,5	36,5% ±11,2	22,6% ±6,4	61,0% ±27,7	
	5-8-9-20	43,5% ±4,2	68,7% ±17,9	29,6% ±1,8	22,6% ±5,8	53,9% ±25,4
7	5-20	73,1% ±6,8	72,3% ±8,7	73,9% ±5,9		
	5-8	60,2% ±5,8	66,3% ±21,4	53,9% ±13,5		
	5-9	57,9% ±11,5	58,5% ±22,1	57,3% ±10,1		
	8-9	61,5% ±4,2	58,5% ±13,6	64,3% ±7,1		
	8-20	70,4% ±7,8	63,1% ±6,7	77,5% ±16,0		
	9-20	69,2% ±4,8	67,9% ±7,3	70,4% ±7,1		
	5-8-9	45,2% ±7,4	56,7% ±21,1	36,9% ±9,1	41,7% ±13,8	
	5-8-20	54,9% ±5,7	60,1% ±17,9	38,6% ±12,2	65,3% ±9,9	
	5-9-20	52,2% ±9,0	55,8% ±22,9	40,% ±5,9	60,9% ±6,5	
	8-9-20	51,9% ±4,5	46,8% ±12,4	46,2% ±9,4	62,7% ±12,1	
	5-8-9-20	41,3% ±6,5	48,9% ±23,1	32,3% ±12,5	27,8% ±10,2	55,7% ±9,6
8	5-20	76,5% ±6,8	71,2% ±13,4	81,4% ±8,3		
	5-8	60,4% ±12,3	58,4% ±24,5	62,4% ±18,8		
	5-9	65,3% ±12,9	68,2% ±28,5	62,6% ±7,2		
	8-9	48,7% ±7,9	47,7% ±8,4	49,7% ±18,7		
	8-20	67,0% ±8,0	70,3% ±5,8	63,9% ±12,5		
	9-20	60,7% ±6,9	64,3% ±3,3	57,2% ±11,7		
	5-8-9	39,7% ±6,8	54,7% ±28,0	27,1% ±12,3	37,4% ±18,1	
	5-8-20	53,4% ±9,3	56,7% ±19,0	47,9% ±15,6	55,5% ±10,5	
	5-9-20	52,4% ±8,7	58,3% ±20,6	48,7% ±0,9	50,4% ±9,9	
	8-9-20	42,6% ±2,7	42,2% ±8,4	36,6% ±14,5	48,8% ±13,1	
	5-8-9-20	38,2% ±6,5	50,3% ±26,6	27,1% ±9,5	31,4% ±14,5	43,8% ±11,6
9	5-20	59,1% ±4,5	59,5% ±7,1	58,8% ±3,6		
	5-8	85,7% ±6,3	79,3% ±4,6	91,6% ±10,4		
	5-9	89,1% ±3,5	82,8% ±6,5	94,9% ±2,0		
	8-9	48,4% ±3,7	55,5% ±17,1	41,2% ±15,9		

	8-20	77,8% ±10,9	84,0% ±13,7	71,6% ±18,1		
	9-20	80,4% ±11,8	89,9% ±2,7	70,8% ±23,0		
	5-8-9	54,5% ±4,8	77,5% ±7,3	48,0% ±15,7	39,5% ±16,6	
	5-8-20	60,8% ±6,7	55,9% ±5,0	84,% ±13,7	42,1% ±8,6	
	5-9-20	63,1% ±5,1	58,6% ±7,4	88,2% ±4,5	42,1% ±13,5	
	8-9-20	49,7% ±10,4	45,5% ±14,4	37,8% ±17,6	65,8% ±23,3	
	5-8-9-20	43,8% ±6,3	55,9% ±5,0	45,5% ±14,4	36,9% ±17,9	37,9% ±13,4
10	5-20	81,8% ±4,4	75,8% ±14,	87,7% ±6,3		
	5-8	67,9% ±5,8	65,3% ±13,3	70,5% ±13,4		
	5-9	66,2% ±11,4	72,2% ±4,9	60,4% ±18,0		
	8-9	54,2% ±3,3	66,5% ±17,7	42,0% ±18,1		
	8-20	67,0% ±12,1	54,5% ±19,9	79,9% ±6,3		
	9-20	70,0% ±11,4	58,7% ±18,0	81,6% ±9,6		
	5-8-9	49,3% ±4,5	62,7% ±13,0	51,3% ±11,0	34,4% ±11,6	
	5-8-20	59,3% ±4,0	62,7% ±12,4	38,5% ±12,6	77,3% ±7,1	
	5-9-20	61,0% ±5,7	61,0% ±8,2	46,1% ±18,0	76,4% ±8,0	
	8-9-20	49,0% ±6,1	35,3% ±7,7	36,9% ±14,0	75,6% ±6,1	
	5-8-9-20	47,9% ±3,3	60,1% ±11,4	26,8% ±7,9	31,1% ±9,1	74,7% ±6,3
11	5-20	93,8% ±6,1	98,1% ±3,7	89,8% ±8,9		
	5-8	95,6% ±3,7	98,2% ±3,6	93,2% ±8,4		
	5-9	95,6% ±3,4	92,7% ±6,7	98,3% ±2,0		
	8-9	49,7% ±6,4	35,4% ±10,3	63,9% ±5,4		
	8-20	51,3% ±6,0	36,3% ±21,8	66,4% ±22,2		
	9-20	50,8% ±1,0	68,6% ±24,8	33,0% ±23,3		
	5-8-9	62,5% ±2,8	94,5% ±7,1	32,0% ±8,4	63,0% ±4,5	
	5-8-20	63,6% ±2,5	96,4% ±4,2	30,3% ±21,0	66,4% ±22,2	
	5-9-20	63,3% ±2,6	92,7% ±6,7	66,9% ±26,1	32,2% ±24,5	
	8-9-20	33,9% ±3,0	31,1% ±8,2	46,0% ±19,4	24,6% ±18,6	
	5-8-9-20	47,0% ±3,5	94,5% ±7,1	26,9% ±7,2	45,1% ±20,9	24,6% ±18,6
12	5-20	79,1% ±6,7	82,6% ±10,2	75,6% ±7,5		
	5-8	82,7% ±6,5	80,0% ±11,4	85,4% ±12,4		
	5-9	87,2% ±2,5	88,6% ±9,6	85,7% ±10,5		
	8-9	41,4% ±7,2	38,8% ±14,9	44,0% ±26,3		
	8-20	59,4% ±7,5	58,8% ±25,0	59,9% ±24,8		
	9-20	61,1% ±4,2	59,5% ±27,1	62,7% ±27,6		
	5-8-9	52,2% ±4,8	82,6% ±10,2	30,7% ±13,3	42,2% ±28,1	
	5-8-20	58,1% ±4,9	76,5% ±14,7	50,5% ±17,6	47,0% ±14,0	
	5-9-20	59,9% ±5,8	81,7% ±10,4	52,3% ±27,1	45,4% ±20,0	
	8-9-20	35,3% ±3,8	24,5% ±21,0	31,4% ±31,8	49,6% ±29,3	
	5-8-9-20	41,2% ±4,8	77,4% ±13,9	19,9% ±15,9	29,6% ±32,8	36,6% ±19,9

Al comparar los resultados obtenidos en este proyecto con los resultados obtenidos en el proyecto [25], se puede observar una clara diferencia entre los porcentajes de acierto, esto es porque en este proyecto se han comparado tareas de imaginación motora las cuales son muy problemáticas, ya que diferenciarlas resulta una tarea muy complicada,

en cambio. Pese a ello, los porcentajes de este proyecto podrían mejorarse utilizando un mayor número de electrodos o aumentando el número de registros para estos pares de tareas, pero todo esto se mencionará más adelante, en el apartado de trabajos futuros.

Conclusiones para pares de tareas individuales

En este proyecto, aparte de determinar la mejor combinación de parámetros a nivel global, es decir, para todos los pares de tareas a la vez, también se ha determinado a nivel individual para cada par de tareas.

- Diferenciación de las tareas de reposo: Se determinó que, para mejorar el porcentaje de acierto de las tareas de “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” y “abecedario al revés” era mejor la utilización de la combinación de bandas de frecuencia Alfa-Beta-Gamma y los electrodos pertenecientes a las zonas frontal y parietal.
- Diferenciación de las tareas de imaginación motora: En este apartado, no se consiguieron mejorar los porcentajes de acierto obtenidos con los parámetros extraídos de las pruebas a nivel global. Además, este par de tareas ha resultado ser el que presenta una tasa de acierto menor.
- Diferenciación de reposo frente a imaginación motora: Se determinó que la tarea de reposo “cuenta regresiva desde 20 hasta 0” ofrecía mejores resultados que la tarea de reposo “abecedario al revés” al enfrentarla con las tareas de imaginación motora “pierna derecha” o “pierna izquierda”. Además, la combinación de parámetros [FC5-FC1-FC2-FC6-C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4-PO3-PO4] Alfa-Beta, consiguió mejorar el porcentaje de acierto obtenido en las pruebas a nivel global.

5.1. Trabajos futuros

Algunos de los trabajos futuros, relacionados con este proyecto serían:

- Optimizar los parámetros del clasificador SVM con el fin de lograr un mayor índice de acierto en las futuras pruebas.

- Realizar las pruebas con más electrodos, para así tener un mayor registro de ondas cerebrales y cubrir mejor algunas zonas.
- Mejorar la realización de las pruebas con el fin de evitar que las pruebas de algunos usuarios tengan resultados tan malos. Una posibilidad sería utilizar algún método de “feedback”, para que el usuario sepa en todo momento como lo está haciendo.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Palacios, L. (2002). Breve historia de la electroencefalografía. Bogotá, Colombia: Acta Neurol Colomb.
- [2] Berger, H. (1969). On the Electroencephalogram of Man. Alemania: Electroencephalogr Clin Neurophysiol.
- [3] Lázaro, J. C. F., & Solís, F. O. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias, 8(1), 47-58.
- [4] Neurofisiología. (s.f.). Obtenido de <https://neurofisiologia10.jimdofree.com/sistema-nervioso/partes-del-sistema-nervioso/los-1%C3%B3bulos-cerebrales/>
- [5] Sciotto, E. A. (2018). ONDAS CEREBRALES, CONCIENCIA Y COGNICIÓN. . Salud & Educación.
- [6] Novo-Olivas, C., Guitiérrez, L., & Bribiesca, J. (2010). Mapeo Electroencefalográfico y Neurofeedback.
- [7] MERCHÁN, D. G. (2008, Diciembre 15). Recuperado 15 de julio de 2020. La Cofa. Retrieved from <https://web.archive.org/web/20110925040808/http://www.lacofa.es/index.php/general/introduccion-a-los-sistemas-brain-computer-interface>
- [8] O Gosseries 1, A. D. (2008). Functional Neuroimaging (fMRI, PET and MEG): What Do We Measure? Francia.
- [9] Y. Li et al., "An EEG-Based BCI System for 2-D Cursor Control by Combining Mu/Beta Rhythm and P300 Potential," in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 57, no. 10, pp. 2495-2505, Oct. 2010.
- [10] Ramos-Argüelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, R., & Alonso, M. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones. Pamplona: An. Sist. Sanit.
- [11] Ball, T., Kern, M., Mutschler, I., Aertsen, A., & Schulze-Bonhage, A. (2009). Signal quality of simultaneously recorded invasive and non-invasive EEG. Neuroimage, 46(3), 708-716.

- [12] Rubén I. CARINO-ESCOBAR, Jessica CANTILLO-NEGRETE, Josefina GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, & Roberto A. VÁZQUEZ. (2016). Decodificación de imaginación motora en la señal de electroencefalografía mediante mapas auto-organizados. *Revista Del Centro de Investigación. Universidad La Salle*, 12(45), 107–125. <https://doi.org/10.26457/recein.v12i45.705>
- [13] Decety J, Lindgren M. Sensation of effort and duration of mentally executed actions. *Scandinavian Journal of Psychology*. 1991;(32):97-104.
- [14] Rincón, A. Q., Risk, M., & Liberczuk, S. (2012). Preprocesamiento de EEG con Filtros Hampel. *IEEE Latin American Transactions*.
- [15] E. Hortal Quesada, “Interfaces cerebro-máquina para asistencia y rehabilitación de personas con movilidad [tesis doctoral],” Univ. Miguel H, 2015.
- [16] Mur, R. A. Clasificadores Knn-I.
- [17] Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T. M. (2002). Brain-computer interfaces for communication and control. *Clinical neurophysiology*, 113(6), 767-791.
- [18] Riaño, J. H. V. (2014). Estudio del Control de un Exoesqueleto Para Miembros Inferiores.
- [19] Hortal, E., Úbeda, A., Iáñez, E., & Azorín, J. M. (2014). Control of a 2 DoF robot using a Brain-Machine Interface. *Computer methods and programs in biomedicine*, 116(2), 169-176.
- [20] Gao, X., Xu, D., Cheng, M., & Gao, S. (2003). A BCI-based environmental controller for the motion-disabled. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 11(2), 137-140.
- [21] ActiCHamp. (2 de Mayo de 2016). Brain Products. (Document version 006, Ed.) Obtenido de http://sites.bu.edu/reinhartlab/files/2017/06/actiCHamp_OI.pdf
- [22] Iáñez, E., Úbeda, A., Hortal, E., & Azorín, J. M. (2013, April). Mental tasks selection method for a SVM-based BCI system. In *2013 IEEE international systems conference (SysCon)* (pp. 767-771). IEEE.

[23] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin (19 de Septiembre de 2019). Recuperado 20 de agosto de 2020. LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines. Obtenido de <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>

[24] Cantillo-Negrete, J., Gutiérrez-Martínez, J., Flores-Rodríguez, T. B., Cariño-Esco-bar, R. I., & Elías-Viñas, D. (2014). Caracterización de la actividad eléctrica cerebral relacionada con la imaginación del movimiento de la mano en sujetos sano. *Rev. Inves. Clin*, 66(1), 111-121.

[25] Hortal, E., Iáñez, E., Úbeda, A., Planelles, D., Costa, Á., & Azorín, J. M. (2014, October). Selection of the best mental tasks for a svm-based bci system. In 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1483-1488). IEEE.

[26] Rodríguez-Ugarte, M., Iáñez, E., Ortiz, M., Cano, J. M., Flores, J. A., & Azorín, J. M. (2018). Influencia del exoesqueleto de miembro inferior en señales EEG. In XXXIX Jornadas de Automática (pp. 28-33). Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Extremadura.



ANEXO 1 – USUARIOS Y TAREAS

En este anexo se muestran los distintos usuarios que se han utilizado en las diferentes partes de este proyecto, así como el número de registros con sus respectivas tareas que realizó cada uno en el momento de las pruebas.

La tabla 26 está compuesta por los 4 usuarios que se han utilizado para extraer la mejor combinación de parámetros posible, con el fin de mejorar la probabilidad de acierto. Los parámetros que se han variado en cada una de las pruebas son:

- Características
- Electrodo
- Filtro Laplaciano
- Ventana y Avance
- Clasificador SVM ó KNN

Como se puede observar en esta tabla y la siguiente, cada registro está formado por 3 tareas totalmente distintas, las cuales están expresadas mediante un número, cada número corresponde a una tarea diferente, en la tabla 28 se muestra la tarea de imaginación motora que corresponde a cada número.

Tabla 27: Conjunto de usuarios utilizados para extraer el mejor conjunto de parámetros.

USUARIO 1		USUARIO 2		USUARIO 3		USUARIO 4	
Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas
1	[3 4 10]	1	[3 4 10]	1	[3 4 10]	1	[3 4 10]
2	[3 4 10]	2	[3 4 10]	2	[3 4 10]	2	[3 4 10]
3	[3 4 10]	3	[3 4 10]	3	[3 4 10]	3	[3 4 10]
4	[5 6 7]	4	[5 6 7]	4	[5 6 7]	4	[5 6 7]
5	[5 6 7]	5	[5 6 7]	5	[5 6 7]	5	[5 6 7]
6	[5 6 7]	6	[5 6 7]	6	[5 6 7]	6	[5 6 7]
7	[8 9 15]	7	[8 9 15]	7	[8 9 15]	7	[8 9 15]
8	[8 9 15]	8	[8 9 15]	8	[8 9 15]	8	[8 9 15]
9	[8 9 15]	9	[8 9 15]	9	[8 9 15]	9	[8 9 15]
10	[18 19 20]	10	[18 19 20]	10	[18 19 20]	10	[18 19 20]
11	[18 19 20]	11	[18 19 20]	11	[18 19 20]	11	[18 19 20]
12	[18 19 20]	12	[18 19 20]	12	[18 19 20]	12	[18 19 20]

Una vez elegida una combinación, se ha comprobado su efectividad aplicándola a los usuarios que se muestran en la tabla 27. Dichos usuarios son diferentes a los utilizados para extraer los parámetros.

Tabla 28: Conjunto de usuarios utilizados para comprobar la efectividad del conjunto de parámetros extraído con los 4 usuarios anteriores.

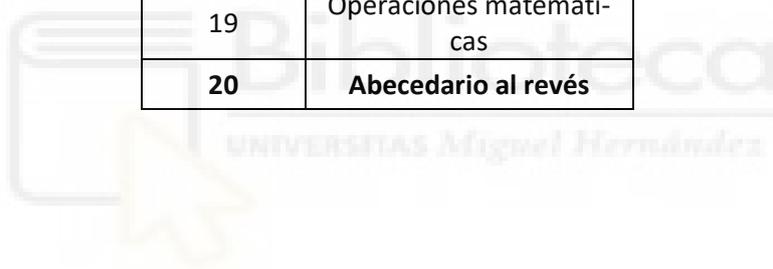
USUARIO 5		USUARIO 6		USUARIO 7		USUARIO 8	
Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas
1	[3 4 10]	1	[18 19 20]	1	[3 4 10]	1	[3 4 10]
2	[3 4 10]	2	[18 19 20]	2	[3 4 10]	2	[3 4 10]
3	[3 4 10]	3	[18 19 20]	3	[3 4 10]	3	[3 4 10]
4	[5 6 7]	4	[8 9 15]	4	[5 6 7]	4	[5 6 7]
5	[5 6 7]	5	[8 9 15]	5	[5 6 7]	5	[5 6 7]
6	[5 6 7]	6	[8 9 15]	6	[5 6 7]	6	[5 6 7]
7	[0 1]	7	[0 1]	7	[0 1]	7	[0 1]
8	[0 1]	8	[0 1]	8	[0 1]	8	[0 1]
9	[0 1]	9	[0 1]	9	[0 1]	9	[0 1]
10	[0 1]	10	[0 1]	10	[0 1]	10	[0 1]
11	[0 1]	11	[0 1]	11	[0 1]	11	[0 1]
12	[8 9 15]	12	[3 4 10]	12	[8 9 15]	12	[8 9 15]
13	[8 9 15]	13	[3 4 10]	13	[8 9 15]	13	[8 9 15]
14	[8 9 15]	14	[3 4 10]	14	[8 9 15]	14	[8 9 15]
15	-	15	[5 6 7]	15	[18 19 20]	15	[18 19 20]
16	-	16	[5 6 7]	16	[18 19 20]	16	[18 19 20]
17	-	17	[5 6 7]	17	[18 19 20]	17	[18 19 20]

USUARIO 9		USUARIO 10		USUARIO 11		USUARIO 12	
Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas	Registro	Tareas
1	[3 4 10]	1	[3 4 10]	1	[3 4 10]	1	[3 4 10]
2	[3 4 10]	2	[3 4 10]	2	[3 4 10]	2	[3 4 10]
3	[3 4 10]	3	[3 4 10]	3	[3 4 10]	3	[3 4 10]
4	[5 6 7]	4	[5 6 7]	4	[5 6 7]	4	[5 6 7]
5	[5 6 7]	5	[5 6 7]	5	[5 6 7]	5	[5 6 7]
6	[5 6 7]	6	[5 6 7]	6	[5 6 7]	6	[5 6 7]
7	[0 1]	7	[0 1]	7	[0 1]	7	[0 1]
8	[0 1]	8	[0 1]	8	[0 1]	8	[0 1]
9	[0 1]	9	[0 1]	9	[0 1]	9	[0 1]
10	[0 1]	10	[0 1]	10	[0 1]	10	[0 1]
11	[0 1]	11	[0 1]	11	[0 1]	11	[0 1]
12	[8 9 15]	12	[8 9 15]	12	[8 9 15]	12	[8 9 15]
13	[8 9 15]	13	[8 9 15]	13	[8 9 15]	13	[8 9 15]
14	[8 9 15]	14	[8 9 15]	14	[8 9 15]	14	[8 9 15]
15	[18 19 20]	15	[18 19 20]	15	[18 19 20]	15	[18 19 20]
16	[18 19 20]	16	[18 19 20]	16	[18 19 20]	16	[18 19 20]
17	[18 19 20]	17	[18 19 20]	17	[18 19 20]	17	[18 19 20]

Como se ha explicado anteriormente, en la tabla 28 se muestra el número respectivo a cada tarea de imaginación motora, resaltándose en negrita las que se han utilizado en este proyecto.

Tabla 29: Todas las tareas mentales con su respectivo número. En negrita las que se utilizan en este proyecto.

Número	Tareas
3	Mano derecha
4	Mano izquierda
5	t - 20
6	Brazo derecho
7	Brazo izquierdo
8	Pierna derecha
9	Pierna izquierda
10	Lengua
15	Cabeza
18	Rotación de un cubo
19	Operaciones matemáticas
20	Abecedario al revés





ANEXO 2 – TABLAS DE RESULTADOS COMPLETAS

Índice Anexo

1.-Características	98
Tabla 30: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador KNN (k=5)	98
Tabla 31: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0)	98
Tabla 32: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 3 característica x banda // Bandas Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador KNN (k=5)	98
Tabla 33: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 3 característica banda // Bandas Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0)	98
2.-Electrodos	104
Tabla 34: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador KNN (k=5)	104
Tabla 35: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0)	104
3.-Filtro laplaciano	112
Tabla 36: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador KNN (k=5)	112
Tabla 37: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0)	112
4.-Ventana y Avance	115
Tabla 38: Todos los resultados para ventana de 1 segundo y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-	

PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0.....	115
Tabla 39: Todos los resultados para ventana de 3 segundos y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2- CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0.....	115
Tabla 40: Todos los resultados para ventana de 5 segundos y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2- CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas Alfa-Beta // Clasificador SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0.....	115
5.-Clasificador	121
Tabla 41: resultados de todos los usuarios al variar el tipo de SVM y la función de Kernel.	121
Tabla 42: resultados de todos los usuarios al variar el parámetro “C” de C-SVC y el valor de gam-ma (g) de la función de Kernel.....	121



1.-Características

Tabla 30: Ventana= $2*fn$ // Avance= $fn/2$ // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas: Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador: KNN (k=5)

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	59,9% $\pm 7,7$	48,2% $\pm 13,6$	71,7% $\pm 4,6$	
		Theta/Alfa/Beta	61,1% $\pm 3,9$	45,0% $\pm 8,3$	77,3% $\pm 2,7$	
		Alfa/Beta	56,6% $\pm 2,8$	47,4% $\pm 8,8$	65,8% $\pm 5,5$	
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	59,5% $\pm 8,6$	49,4% $\pm 8,$	69,7% $\pm 9,7$	
		Theta/Alfa/Beta	59,3% $\pm 3,9$	52,5% $\pm 12,5$	66,2% $\pm 4,9$	
		Alfa/Beta	59,8% $\pm 6,7$	58,0% $\pm 7,9$	61,6% $\pm 13,7$	
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,5% $\pm 8,1$	50,8% $\pm 10,$	52,1% $\pm 18,2$	
		Theta/Alfa/Beta	59,3% $\pm 3,7$	54,1% $\pm 8,4$	64,6% $\pm 4,4$	
		Alfa/Beta	63,1% $\pm 3,6$	58,2% $\pm 6,7$	68,3% $\pm 2,7$	
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	47,5% $\pm 3,8$	57,4% $\pm 7,$	37,5% $\pm 1,1$	
		Theta/Alfa/Beta	48,5% $\pm 7,1$	52,3% $\pm 8,5$	44,7% $\pm 8,8$	
		Alfa/Beta	54,5% $\pm 5,9$	48,2% $\pm 9,6$	60,9% $\pm 3,3$	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,7% $\pm 4,6$	50,7% $\pm 9,5$	52,5% $\pm 5,$	
		Theta/Alfa/Beta	62,6% $\pm 2,8$	53,8% $\pm 7,$	71,4% $\pm 11,7$	
		Alfa/Beta	59,0% $\pm 7,8$	51,3% $\pm 16,6$	66,6% $\pm 6,4$	
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	35,4% $\pm 4,2$	22,4% $\pm 5,1$	47,9% $\pm 4,2$	
		Theta/Alfa/Beta	48,4% $\pm 4,2$	34,4% $\pm 5,4$	62,0% $\pm 8,7$	
		Alfa/Beta	55,3% $\pm 5,3$	55,8% $\pm 8,9$	54,9% $\pm 8,8$	
	2	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$
			Theta/Alfa/Beta	52,4% $\pm 4,3$	46,3% $\pm 7,5$	58,4% $\pm 5,0$
			Alfa/Beta	45,7% $\pm 5,5$	44,1% $\pm 5,8$	47,4% $\pm 7,4$
		5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	88,2% $\pm 14,5$	85,5% $\pm 28,9$	91,0% $\pm 17,9$
			Theta/Alfa/Beta	54,2% $\pm 4,2$	54,3% $\pm 15,7$	54,1% $\pm 7,6$
			Alfa/Beta	50,3% $\pm 3,2$	52,0% $\pm 8,2$	48,6% $\pm 6,$
		5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	93,6% $\pm 7,4$	93,9% $\pm 12,3$	93,4% $\pm 13,2$
			Theta/Alfa/Beta	57,3% $\pm 3,6$	55,1% $\pm 4,8$	59,4% $\pm 7,7$
			Alfa/Beta	53,9% $\pm 4,8$	58,9% $\pm 9,6$	48,9% $\pm 0,9$
8-9		Delta/Theta/Alfa/Beta	59,7% $\pm 7,0$	65,7% $\pm 45,3$	53,3% $\pm 33,4$	
		Theta/Alfa/Beta	57,0% $\pm 9,4$	57,9% $\pm 4,8$	56,2% $\pm 14,7$	
		Alfa/Beta	53,6% $\pm 6,1$	55,5% $\pm 6,1$	51,7% $\pm 7,7$	
8-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	
		Theta/Alfa/Beta	56,1% $\pm 4,3$	53,8% $\pm 10,8$	58,4% $\pm 6,5$	
		Alfa/Beta	50,1% $\pm 4,2$	45,9% $\pm 9,5$	54,3% $\pm 11,1$	
9-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	
		Theta/Alfa/Beta	60,5% $\pm 8,1$	56,7% $\pm 7,6$	64,3% $\pm 13,8$	
		Alfa/Beta	59,1% $\pm 10,5$	53,1% $\pm 10,7$	65,2% $\pm 15,3$	
3		5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$
			Theta/Alfa/Beta	61,0% $\pm 4,4$	50,2% $\pm 11,9$	72,1% $\pm 3,5$
			Alfa/Beta	56,7% $\pm 7,3$	48,2% $\pm 10,9$	65,3% $\pm 6,9$
		5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$
			Theta/Alfa/Beta	58,1% $\pm 3,4$	50,2% $\pm 7,5$	65,5% $\pm 6,0$
			Alfa/Beta	62,3% $\pm 3,4$	53,8% $\pm 6,8$	70,3% $\pm 5,1$
		5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$	100,0% $\pm 0,0$
			Theta/Alfa/Beta	56,0% $\pm 4,3$	46,6% $\pm 6,6$	64,8% $\pm 11,1$
			Alfa/Beta	59,5% $\pm 4,1$	50,3% $\pm 7,9$	68,2% $\pm 5,8$
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	60,7% $\pm 12,4$	65,8% $\pm 29,3$	55,8% $\pm 40,2$	
		Theta/Alfa/Beta	51,0% $\pm 5,2$	49,0% $\pm 4,8$	53,1% $\pm 6,8$	
		Alfa/Beta	48,7% $\pm 5,9$	45,2% $\pm 4,5$	52,2% $\pm 9,$	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	97,8% $\pm 4,3$	95,8% $\pm 8,3$	100,0% $\pm 0,0$	
		Theta/Alfa/Beta	60,1% $\pm 5,5$	58,9% $\pm 12,2$	61,5% $\pm 9,4$	
		Alfa/Beta	61,1% $\pm 5,3$	58,4% $\pm 10,9$	64,1% $\pm 10,7$	
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	98,5% $\pm 2,9$	97,1% $\pm 5,8$	100,0% $\pm 0,0$	
		Theta/Alfa/Beta	63,3% $\pm 5,6$	59,5% $\pm 6,6$	67,5% $\pm 8,$	
		Alfa/Beta	64,5% $\pm 5,2$	62,3% $\pm 7,4$	66,9% $\pm 5,8$	
	4	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	50,4% $\pm 5,7$	54,4% $\pm 10,9$	46,5% $\pm 8,7$

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-8	Theta/Alfa/Beta	54,9% ±2,7	53,6% ±5,2	56,3% ±5,5
		Alfa/Beta	52,7% ±4,0	62,4% ±11,5	42,9% ±9,0
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,7% ±9,9	61,1% ±16,7	42,6% ±4,5
	5-9	Theta/Alfa/Beta	52,2% ±3,2	55,4% ±1,6	49,2% ±7,7
		Alfa/Beta	55,3% ±1,7	57,6% ±8,4	53,0% ±6,0
		Delta/Theta/Alfa/Beta	54,9% ±4,2	54,1% ±6,4	55,8% ±2,8
	8-9	Theta/Alfa/Beta	50,5% ±3,3	53,2% ±4,3	47,8% ±5,0
		Alfa/Beta	55,4% ±6,3	57,2% ±10,2	53,6% ±6,6
		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,5% ±2,3	49,7% ±10,7	57,5% ±13,7
	8-20	Theta/Alfa/Beta	53,1% ±3,3	54,9% ±7,3	51,3% ±1,5
		Alfa/Beta	50,0% ±3,3	50,5% ±5,7	49,6% ±6,5
		Delta/Theta/Alfa/Beta	43,1% ±6,5	36,9% ±3,9	49,5% ±13,8
	9-20	Theta/Alfa/Beta	50,6% ±3,4	49,5% ±5,5	51,8% ±6,4
		Alfa/Beta	54,9% ±3,1	59,6% ±4,1	50,1% ±8,2
		Delta/Theta/Alfa/Beta	54,0% ±1,5	56,2% ±5,0	51,8% ±3,2
		Theta/Alfa/Beta	50,7% ±2,0	48,6% ±4,7	52,7% ±2,7
		Alfa/Beta	55,6% ±4,7	60,7% ±3,5	50,6% ±9,7

Tabla 31: Ventana= $2 \cdot f_m$ // Avance= $f_m/2$ // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas: Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador: SVM ($t=2$; $s=0$; $c=512$; $h=0$; $g=0,0020$)

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	50,7% ±3,3	53,2% ±46,	48,3% ±47,2
		Theta/Alfa/Beta	68,3% ±4,5	67,2% ±3,1	69,5% ±9,3
		Alfa/Beta	71,6% ±4,3	64,0% ±7,4	79,3% ±1,6
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,6% ±6,2	75,2% ±38,9	32,7% ±44,0
		Theta/Alfa/Beta	61,9% ±3,2	55,5% ±8,4	68,3% ±12,8
		Alfa/Beta	66,6% ±2,5	66,6% ±9,7	66,7% ±13,1
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	47,9% ±4,4	73,1% ±36,6	22,5% ±35,4
		Theta/Alfa/Beta	69,5% ±10,0	64,1% ±15,8	75,0% ±4,9
		Alfa/Beta	69,5% ±3,8	67,6% ±6,3	71,3% ±2,7
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,2% ±2,1	15,3% ±11,7	91,8% ±11,2
		Theta/Alfa/Beta	52,9% ±3,3	52,3% ±7,2	53,6% ±9,6
		Alfa/Beta	50,8% ±7,4	47,2% ±10,3	54,5% ±15,2
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	50,9% ±3,0	30,6% ±43,6	71,8% ±43,1
		Theta/Alfa/Beta	64,7% ±3,1	69,3% ±19,3	60,0% ±14,2
		Alfa/Beta	64,7% ±7,3	53,4% ±14,6	75,9% ±8,4
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	46,0% ±6,5	23,1% ±35,1	68,7% ±41,9
		Theta/Alfa/Beta	54,8% ±5,4	57,3% ±14,1	52,2% ±16,6
		Alfa/Beta	61,8% ±10,3	47,9% ±15,4	75,1% ±9,3
2	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,5% ±1,1	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0
		Theta/Alfa/Beta	50,5% ±8,2	37,6% ±10,2	63,4% ±19,8
		Alfa/Beta	48,7% ±9,0	46,8% ±7,7	50,6% ±12,9
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,2% ±0,9	75,4% ±49,1	27,3% ±48,5
		Theta/Alfa/Beta	48,6% ±7,0	41,5% ±11,0	55,9% ±12,7
		Alfa/Beta	44,7% ±3,3	50,0% ±19,7	39,6% ±20,5
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,3% ±0,7	75,4% ±49,1	27,3% ±48,5

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
		Theta/Alfa/Beta	60,7% ±3,4	56,6% ±10,8	64,9% ±9,4	
		Alfa/Beta	58,9% ±3,1	78,0% ±11,0	39,6% ±6,6	
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,5% ±4	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	55,0% ±3,4	62,9% ±14,7	47,0% ±8,6	
		Alfa/Beta	56,4% ±2,7	66,7% ±14,0	46,1% ±8,6	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,7% ±0,7	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	51,5% ±6,9	52,8% ±7,7	50,2% ±8,9	
		Alfa/Beta	54,4% ±8,9	44,5% ±19,0	64,3% ±17,7	
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,6% ±0,9	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	57,6% ±4,3	54,5% ±13,0	60,7% ±11,4	
		Alfa/Beta	57,8% ±1,9	47,6% ±16,5	67,9% ±19,9	
	3	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,8% ±1,0	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2
Theta/Alfa/Beta			72,4% ±6,1	73,3% ±9,2	71,7% ±11,8	
Alfa/Beta			73,3% ±7,8	77,4% ±9,6	69,2% ±17,1	
5-8		Delta/Theta/Alfa/Beta	52,9% ±0,6	3,1% ±1,2	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	66,6% ±1,6	59,0% ±4,2	73,8% ±4,	
		Alfa/Beta	65,1% ±1,4	54,9% ±8,3	74,7% ±7,1	
5-9		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,0% ±0,6	3,1% ±1,2	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	64,7% ±1,4	55,4% ±5,2	73,4% ±4,2	
		Alfa/Beta	68,9% ±5,3	56,5% ±5,5	80,7% ±5,1	
8-9		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,6% ±1,1	2,9% ±1,2	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	50,4% ±3,2	51,3% ±12,2	49,3% ±17,1	
		Alfa/Beta	48,1% ±3,2	36,2% ±15,0	60,3% ±20,6	
8-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,1% ±0,5	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2	
		Theta/Alfa/Beta	65,0% ±2,7	76,8% ±13,4	52,3% ±10,7	
		Alfa/Beta	66,6% ±3,1	80,1% ±11,9	52,2% ±14,2	
9-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,3% ±1,0	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2	
		Theta/Alfa/Beta	71,3% ±6,2	77,3% ±10,7	64,8% ±3,7	
		Alfa/Beta	72,3% ±7,4	81,2% ±11,5	62,8% ±5,3	
4		5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	58,2% ±2,9	58,1% ±10,0	58,4% ±10,3
			Theta/Alfa/Beta	56,6% ±6,1	56,2% ±6,0	57,0% ±12,7
			Alfa/Beta	54,2% ±5,1	66,6% ±14,5	41,8% ±22,0
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	54,9% ±4,5	58,9% ±9,6	50,9% ±3,6	
		Theta/Alfa/Beta	62,1% ±3,6	66,1% ±11,0	58,3% ±12,3	
		Alfa/Beta	59,9% ±7,0	64,4% ±18,4	55,5% ±26,0	
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	57,4% ±7,3	59,8% ±13,9	54,9% ±6,6	
		Theta/Alfa/Beta	57,6% ±0,6	58,5% ±9,0	56,6% ±8,3	
		Alfa/Beta	56,0% ±2,4	56,0% ±22,4	56,1% ±17,8	
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	59,6% ±8,2	58,8% ±5,4	60,5% ±18,2	
		Theta/Alfa/Beta	58,5% ±9,7	57,9% ±6,5	59,2% ±17,3	
		Alfa/Beta	55,9% ±9,3	46,9% ±12,2	65,0% ±14,6	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	50,4% ±8,0	50,0% ±13,2	50,8% ±11,9	
		Theta/Alfa/Beta	53,1% ±8,8	50,5% ±10,2	55,7% ±11,1	
		Alfa/Beta	53,7% ±9,0	49,5% ±15,6	58,0% ±5,0	
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,3% ±5,2	52,6% ±8,6	54,0% ±4,4	
		Theta/Alfa/Beta	59,3% ±9,4	57,0% ±12,5	61,6% ±9,3	
		Alfa/Beta	60,0% ±6,4	68,3% ±10,0	51,7% ±12,5	

Tabla 32: Ventana= $2*fm$ // Avance= $fm/2$ // filtro laplaciano no // 3 característica x banda // Bandas: Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador: KNN (k=5)

USUARIO	TA-REAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	56,6% \pm 6,6	42,5% \pm 5,0	70,8% \pm 13,3	
		Theta/Alfa/Beta	58,2% \pm 3,6	39,5% \pm 4,8	77,0% \pm 9,1	
		Alfa/Beta	56,7% \pm 2,4	40,5% \pm 3,0	72,8% \pm 2,9	
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	60,7% \pm 7,7	49,7% \pm 11,6	71,8% \pm 5,1	
		Theta/Alfa/Beta	57,4% \pm 3,8	51,8% \pm 16,0	63,1% \pm 11,6	
		Alfa/Beta	57,2% \pm 2,9	54,8% \pm 8,7	59,6% \pm 9,1	
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	47,9% \pm 4,4	73,1% \pm 36,6	22,5% \pm 35,4	
		Theta/Alfa/Beta	69,5% \pm 10,0	64,1% \pm 15,8	75,0% \pm 4,9	
		Alfa/Beta	69,5% \pm 3,8	67,6% \pm 6,3	71,3% \pm 2,7	
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	50,3% \pm 6,0	63,6% \pm 8,7	36,6% \pm 7,6	
		Theta/Alfa/Beta	43,5% \pm 3,5	49,2% \pm 4,8	37,7% \pm 4,2	
		Alfa/Beta	48,9% \pm 4,4	49,7% \pm 5,1	48,1% \pm 9,5	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,3% \pm 2,7	50,8% \pm 9,5	53,8% \pm 13,4	
		Theta/Alfa/Beta	53,6% \pm 7,7	42,0% \pm 13,7	65,1% \pm 6,2	
		Alfa/Beta	58,0% \pm 2,9	45,7% \pm 8,7	70,2% \pm 4,1	
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	38,0% \pm 5,0	26,1% \pm 8,5	49,7% \pm 3,9	
		Theta/Alfa/Beta	44,8% \pm 3,2	26,2% \pm 6,5	63,0% \pm 10,9	
		Alfa/Beta	55,2% \pm 2,0	45,0% \pm 7,0	65,1% \pm 7,0	
	2	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0
			Theta/Alfa/Beta	54,8% \pm 8,6	50,3% \pm 10,	59,3% \pm 15,6
			Alfa/Beta	53,0% \pm 5,9	50,7% \pm 7,6	55,2% \pm 5,8
5-8		Delta/Theta/Alfa/Beta	88,8% \pm 13,7	86,1% \pm 27,8	91,5% \pm 17,0	
		Theta/Alfa/Beta	53,3% \pm 4,7	55,4% \pm 11,7	51,2% \pm 7,1	
		Alfa/Beta	51,2% \pm 4,5	53,0% \pm 8,3	49,3% \pm 6,3	
5-9		Delta/Theta/Alfa/Beta	94,2% \pm 6,9	94,9% \pm 10,2	93,4% \pm 13,2	
		Theta/Alfa/Beta	52,3% \pm 4,8	53,0% \pm 9,2	51,6% \pm 3,4	
		Alfa/Beta	47,7% \pm 3,6	47,9% \pm 9,6	47,4% \pm 5,4	
8-9		Delta/Theta/Alfa/Beta	59,5% \pm 7,2	65,7% \pm 45,3	53,3% \pm 33,4	
		Theta/Alfa/Beta	51,4% \pm 7,1	48,3% \pm 15,6	54,4% \pm 3,8	
		Alfa/Beta	51,8% \pm 6,2	51,6% \pm 12,1	52,1% \pm 8,2	
8-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	
		Theta/Alfa/Beta	56,7% \pm 1,2	48,9% \pm 5,3	64,4% \pm 3,4	
		Alfa/Beta	54,1% \pm 2,4	48,8% \pm 4,9	59,4% \pm 2,5	
9-20		Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	
		Theta/Alfa/Beta	55,2% \pm 8,2	48,4% \pm 4,3	62,0% \pm 19,4	
		Alfa/Beta	53,7% \pm 6,0	45,1% \pm 3,5	62,0% \pm 12,4	
3		5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0
			Theta/Alfa/Beta	54,7% \pm 2,2	50,8% \pm 2,5	58,6% \pm 5,8
			Alfa/Beta	57,2% \pm 2,4	53,9% \pm 3,9	60,7% \pm 5,6
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	
		Theta/Alfa/Beta	61,1% \pm 3,4	53,8% \pm 13,0	68,0% \pm 11,3	
		Alfa/Beta	60,3% \pm 3,1	49,2% \pm 7,3	71,0% \pm 6,3	
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	100,0% \pm 0,0	
		Theta/Alfa/Beta	63,2% \pm 2,2	53,8% \pm 9,0	72,0% \pm 6,4	
		Alfa/Beta	60,9% \pm 2,5	50,7% \pm 5,3	70,6% \pm 7,3	
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	61,1% \pm 12,5	66,6% \pm 28,8	55,8% \pm 40,2	
		Theta/Alfa/Beta	47,6% \pm 8,3	47,3% \pm 9,8	47,8% \pm 8,3	
		Alfa/Beta	50,9% \pm 4,4	48,7% \pm 8,1	53,1% \pm 7,1	
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	98,5% \pm 3,0	97,1% \pm 5,9	100,0% \pm 0,0	
		Theta/Alfa/Beta	56,6% \pm 5,6	60,7% \pm 10,0	52,3% \pm 10,2	

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	9-20	Alfa/Beta	56,6% ±5,0	59,7% ±7,1	53,4% ±12,1
		Delta/Theta/Alfa/Beta	98,5% ±3,0	97,1% ±5,8	100,0% ±0,0
		Theta/Alfa/Beta	63,3% ±4,5	66,7% ±5,5	59,7% ±4,0
		Alfa/Beta	65,6% ±4,	69,1% ±6,5	61,8% ±2,4
4	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,6% ±4,1	52,9% ±9,9	54,3% ±3,5
		Theta/Alfa/Beta	53,3% ±7,3	50,1% ±13,7	56,5% ±10,1
		Alfa/Beta	52,9% ±3,5	53,3% ±11,7	52,5% ±7,6
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	55,8% ±6,5	57,0% ±14,0	54,7% ±8,9
		Theta/Alfa/Beta	56,0% ±5,9	57,8% ±8,4	54,2% ±4,6
		Alfa/Beta	59,5% ±3,7	59,6% ±14,8	59,5% ±13,7
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	58,3% ±3,2	51,2% ±5,8	65,5% ±5,5
		Theta/Alfa/Beta	50,0% ±2,6	47,1% ±3,0	52,9% ±3,0
		Alfa/Beta	55,4% ±4,8	48,9% ±9,5	61,9% ±8,0
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,3% ±4,4	42,3% ±11,2	60,5% ±6,6
		Theta/Alfa/Beta	48,0% ±6,7	48,0% ±7,4	47,9% ±8,1
		Alfa/Beta	50,4% ±4,4	45,4% ±1,9	55,6% ±6,9
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	49,1% ±3,4	42,4% ±10,1	56,0% ±5,0
		Theta/Alfa/Beta	52,0% ±3,2	49,3% ±3,4	54,7% ±5,6
		Alfa/Beta	55,6% ±2,6	57,7% ±5,5	53,4% ±7,4
	9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	53,6% ±3,0	55,2% ±7,5	52,0% ±2,6
		Theta/Alfa/Beta	46,4% ±2,4	48,4% ±7,1	44,4% ±8,2
		Alfa/Beta	52,9% ±7,3	62,8% ±4,9	43,1% ±13,4



Tabla 33: Ventana= $2*fn$ // Avance= $fm/2$ // filtro laplaciano no // 3 característica x banda // Bandas: Delta-Teta-Alfa-Beta // Todos los electrodos // Clasificador: SVM ($t=2$; $s=0$; $c=512$; $h=0$; $g=0,0020$)

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,3% ±0,5	5,1% ±1,2	99,5% ±1,0
		Theta/Alfa/Beta	66,7% ±2,9	68,2% ±6,5	65,1% ±2,6
		Alfa/Beta	63,3% ±6,6	61,0% ±8,7	65,6% ±6,0
	5-8	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,3% ±0,5	5,1% ±1,2	99,5% ±1,0
		Theta/Alfa/Beta	58,2% ±3,0	56,4% ±2,8	60,0% ±8,7
		Alfa/Beta	64,4% ±8,4	67,2% ±7,6	61,6% ±10,3
	5-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,1% ±0,6	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2
		Theta/Alfa/Beta	57,7% ±8,1	51,7% ±15,2	63,9% ±13,7
		Alfa/Beta	52,1% ±4,8	55,3% ±11,9	48,7% ±8,
	8-9	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,6% ±0,0	99,0% ±1,2	3,1% ±1,2
		Theta/Alfa/Beta	48,9% ±5,3	53,8% ±4,7	43,9% ±7,1
		Alfa/Beta	46,8% ±6,2	50,3% ±1,9	43,4% ±12,4
	8-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	52,1% ±8	99,0% ±2,0	5,1% ±1,2
		Theta/Alfa/Beta	62,0% ±5,1	67,2% ±11,8	56,9% ±11,3
		Alfa/Beta	62,6% ±5,2	61,0% ±9,5	64,1% ±6,7
9-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,0% ±1,3	3,1% ±1,2	97,9% ±2,9	
	Theta/Alfa/Beta	58,8% ±6,7	61,7% ±11,8	55,9% ±5,9	
	Alfa/Beta	53,4% ±4,5	51,8% ±7,9	54,9% ±3,6	
2	5-20	Delta/Theta/Alfa/Beta	51,8% ±,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0
		Theta/Alfa/Beta	59,7% ±8,2	57,6% ±7,4	61,7% ±13,6

USUARIO	TAREAS	BANDAS DE FRECUENCIAS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
	5-8	Alfa/Beta	54,8% ±5,9	49,3% ±6,9	60,3% ±15,1	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,4% ±0,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	51,9% ±1,7	47,9% ±5,7	55,8% ±4,	
	5-9	Alfa/Beta	47,9% ±5,4	45,1% ±8,2	50,6% ±12,3	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,4% ±0,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	57,9% ±1,6	56,7% ±6,6	59,1% ±4,5	
	8-9	Alfa/Beta	54,6% ±5,0	51,1% ±6,5	58,1% ±10,1	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,4% ±0,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	52,8% ±3,3	52,1% ±6,6	53,5% ±7,0	
	8-20	Alfa/Beta	54,6% ±3,6	53,9% ±10,3	55,4% ±3,8	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,8% ±0,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	56,0% ±3,8	59,1% ±10,5	52,9% ±7,2	
	9-20	Alfa/Beta	59,9% ±2,9	57,3% ±9,7	62,5% ±5,6	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	51,8% ±0,5	2,8% ±1,1	100,0% ±0,0	
		Theta/Alfa/Beta	56,9% ±4,4	57,2% ±3,7	56,6% ±8,0	
	3	5-20	Alfa/Beta	57,4% ±1,6	55,9% ±8,2	58,9% ±6,6
			Delta/Theta/Alfa/Beta	52,1% ±0,6	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2
			Theta/Alfa/Beta	70,2% ±2,0	65,6% ±5,7	74,9% ±5,6
		5-8	Alfa/Beta	75,2% ±7,6	73,9% ±11,1	76,5% ±8,1
			Delta/Theta/Alfa/Beta	52,5% ±0,6	3,1% ±1,2	100,0% ±0,0
			Theta/Alfa/Beta	65,8% ±2,9	62,1% ±1,9	69,4% ±5,3
		5-9	Alfa/Beta	70,9% ±3,6	62,1% ±6,1	79,3% ±3,5
			Delta/Theta/Alfa/Beta	53,0% ±0,6	3,1% ±1,2	100,0% ±0,0
			Theta/Alfa/Beta	73,7% ±6,7	71,3% ±8,3	75,9% ±9,6
		8-9	Alfa/Beta	73,2% ±3,7	68,7% ±1,4	77,3% ±8,3
			Delta/Theta/Alfa/Beta	51,9% ±,6	3,0% ±1,1	100,0% ±0,0
			Theta/Alfa/Beta	49,0% ±3,0	54,2% ±11,9	43,9% ±7,0
8-20		Alfa/Beta	46,8% ±3,8	47,8% ±4,5	45,8% ±9,6	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,0% ±0,6	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2	
		Theta/Alfa/Beta	63,0% ±1,8	67,1% ±14,3	58,6% ±15,4	
9-20		Alfa/Beta	64,0% ±3,1	71,0% ±9,9	56,5% ±16,7	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,5% ±0,6	100,0% ±0,0	3,1% ±1,2	
		Theta/Alfa/Beta	72,1% ±5,0	71,0% ±4,2	73,3% ±6,9	
4		5-20	Alfa/Beta	71,4% ±6,4	74,4% ±7,6	68,1% ±7,8
			Delta/Theta/Alfa/Beta	57,4% ±6,2	62,3% ±5,3	52,4% ±7,7
			Theta/Alfa/Beta	58,3% ±7,2	62,7% ±6,9	53,8% ±9,9
		5-8	Alfa/Beta	56,0% ±8,0	61,0% ±10,8	51,1% ±15,1
			Delta/Theta/Alfa/Beta	56,4% ±6,6	62,7% ±13,6	50,3% ±6,9
			Theta/Alfa/Beta	62,2% ±3,4	62,8% ±3,4	61,7% ±6,9
		5-9	Alfa/Beta	60,0% ±2,2	56,1% ±14,0	63,9% ±11,7
			Delta/Theta/Alfa/Beta	56,3% ±8,3	61,0% ±13,4	51,6% ±5,5
			Theta/Alfa/Beta	59,4% ±5,7	56,9% ±8,5	61,9% ±7,2
	8-9	Alfa/Beta	61,0% ±2,7	59,2% ±13,5	62,8% ±9,1	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	56,7% ±6,2	58,2% ±7,8	55,1% ±12,7	
		Theta/Alfa/Beta	62,7% ±4,6	59,5% ±12,2	65,9% ±10,6	
	8-20	Alfa/Beta	58,7% ±3,3	60,0% ±9,8	57,4% ±8,5	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	53,8% ±4,5	53,4% ±8,5	54,3% ±5,2	
		Theta/Alfa/Beta	63,1% ±4,2	63,0% ±5,8	63,2% ±4,5	
	9-20	Alfa/Beta	54,9% ±8,3	58,6% ±8,7	51,2% ±17,1	
		Delta/Theta/Alfa/Beta	55,2% ±1,8	52,8% ±10,6	57,5% ±10,3	
		Theta/Alfa/Beta	55,6% ±10,7	59,6% ±9,0	51,5% ±14,0	
			Alfa/Beta	54,5% ±5,5	62,8% ±4,6	46,2% ±9,8

2.-Electrodos

Tabla 34: Ventana= $2*fn$ // Avance= $fn/2$ // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: KNN (k=5)

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	[1 2 3 4 5 6 7]	59,5% ±2,7	55,9% ±1,5	63,1% ±5,0
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	59,0% ±4,9	52,3% ±5,1	65,6% ±8,8
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	60,8% ±3,9	55,9% ±9,0	65,6% ±5,6
		[5 9 11 12 13]	58,2% ±4,1	56,4% ±2,2	60,0% ±7,4
		[5 12 13 14 15]	62,5% ±2,7	60,5% ±5,8	64,6% ±2,2
		[3 5 8 10 11]	54,4% ±2,5	53,4% ±4,2	55,4% ±4,6
		[5 6 7 8 9 10 11]	60,3% ±3,5	57,5% ±3,2	63,1% ±6,
	5-8	[1 2 3 4 5 6 7]	53,6% ±6,2	46,7% ±4,6	60,5% ±8,5
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	49,0% ±5,9	40,5% ±7,3	57,5% ±6,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	55,1% ±4,8	52,8% ±14,	57,5% ±5,2
		[5 9 11 12 13]	51,0% ±5,7	49,7% ±8,1	52,3% ±14,1
		[5 12 13 14 15]	54,1% ±2,8	56,4% ±6,	51,8% ±9,5
		[3 5 8 10 11]	45,2% ±3,9	45,1% ±2,7	45,2% ±8,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	47,4% ±2,5	42,5% ±9,1	52,3% ±5,8
	5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	56,2% ±5,7	51,3% ±4,1	61,2% ±9,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	55,7% ±5,1	52,3% ±6,2	59,1% ±8,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	58,3% ±5,1	58,4% ±4,6	58,1% ±5,5
		[5 9 11 12 13]	57,0% ±5,6	57,9% ±6,3	56,0% ±5,5
		[5 12 13 14 15]	64,8% ±2,9	63,0% ±9,6	66,5% ±4,9
		[3 5 8 10 11]	53,9% ±7,1	55,9% ±8,	51,8% ±9,2
		[5 6 7 8 9 10 11]	52,3% ±4,8	51,8% ±5,2	52,8% ±5,8
	8-9	[1 2 3 4 5 6 7]	50,5% ±4,4	54,3% ±7,2	46,6% ±8,2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	51,5% ±7,4	53,8% ±10,	49,2% ±6,5
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	48,7% ±3,7	46,7% ±5,4	50,8% ±3,1
		[5 9 11 12 13]	51,3% ±4,8	52,8% ±7,7	49,8% ±6,6
		[5 12 13 14 15]	53,1% ±7,7	52,8% ±11,0	53,5% ±8,3
		[3 5 8 10 11]	50,8% ±4,2	53,8% ±10,2	47,6% ±4,7
		[5 6 7 8 9 10 11]	53,9% ±4,	57,4% ±4,6	50,2% ±4,1
	8-20	[1 2 3 4 5 6 7]	56,4% ±4,7	56,4% ±7,7	56,4% ±10,
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	53,1% ±3,9	51,8% ±6,5	54,3% ±7,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	56,4% ±6,	53,8% ±10,7	58,9% ±5,3
		[5 9 11 12 13]	52,6% ±6,5	48,7% ±5,8	56,4% ±7,5
		[5 12 13 14 15]	54,6% ±5,4	46,1% ±5,7	63,1% ±5,4
		[3 5 8 10 11]	53,6% ±3,1	51,3% ±7,	55,9% ±3,5
		[5 6 7 8 9 10 11]	57,4% ±1,7	59,5% ±4,1	55,4% ±4,9
	9-20	[1 2 3 4 5 6 7]	53,8% ±5,7	48,1% ±5,8	59,4% ±9,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	55,6% ±9,7	53,3% ±12,5	57,9% ±7,4
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	56,7% ±7,2	55,0% ±8,6	58,4% ±9,9
		[5 9 11 12 13]	58,5% ±6,1	59,2% ±9,7	57,9% ±10,2
		[5 12 13 14 15]	60,1% ±6,1	57,0% ±13,8	63,1% ±3,5
		[3 5 8 10 11]	55,4% ±4,9	54,4% ±8,6	56,4% ±4,7
		[5 6 7 8 9 10 11]	54,6% ±8,9	51,3% ±12,6	58,0% ±5,9
2	5-20	[1 2 3 4 5 6 7]	54,1% ±2,1	47,5% ±5,6	60,7% ±7,1

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	51,8% ±5,9	44,7% ±10,3	58,9% ±10,8
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	46,3% ±4,5	42,3% ±4,4	50,2% ±11,6
		[5 9 11 12 13]	47,5% ±4,0	45,2% ±13,1	49,7% ±8,0
		[5 12 13 14 15]	45,6% ±4,2	45,6% ±4,7	45,6% ±6,6
		[3 5 8 10 11]	50,7% ±2,8	45,6% ±8,7	55,7% ±8,1
		[5 6 7 8 9 10 11]	48,1% ±4,7	40,0% ±3,	56,1% ±8,0
	5-8	[1 2 3 4 5 6 7]	52,4% ±5,7	53,1% ±10,	51,6% ±3,6
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	49,5% ±4,8	50,3% ±4,8	48,8% ±5,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	51,7% ±6,2	54,1% ±14,6	49,3% ±9,9
		[5 9 11 12 13]	49,1% ±6,5	47,5% ±6,6	50,7% ±9,0
		[5 12 13 14 15]	49,8% ±5,8	51,2% ±8,2	48,4% ±4,9
		[3 5 8 10 11]	51,4% ±1,2	51,1% ±4,1	51,7% ±5,2
	5-9	[5 6 7 8 9 10 11]	50,0% ±2,0	50,7% ±5,8	49,3% ±6,2
		[1 2 3 4 5 6 7]	60,2% ±2,7	58,6% ±8,3	61,9% ±5,5
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	56,8% ±2,0	57,7% ±3,6	55,8% ±3,2
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	55,1% ±4,2	58,6% ±7,7	51,7% ±6,2
		[5 9 11 12 13]	52,3% ±3,9	54,5% ±7,9	50,2% ±8,7
		[5 12 13 14 15]	55,8% ±1,9	60,4% ±5,8	51,2% ±6,2
	8-9	[3 5 8 10 11]	59,5% ±3,3	59,1% ±3,0	60,0% ±4,8
		[5 6 7 8 9 10 11]	52,3% ±7,6	54,9% ±6,8	49,8% ±9,0
		[1 2 3 4 5 6 7]	61,4% ±1,6	60,4% ±9,0	62,4% ±9,0
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	55,4% ±1,4	57,6% ±4,6	53,1% ±6,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	51,2% ±4,9	53,9% ±7,0	48,4% ±10,1
		[5 9 11 12 13]	50,9% ±5,6	53,0% ±11,9	48,8% ±5,3
	8-20	[5 12 13 14 15]	51,2% ±4,7	54,9% ±6,9	47,4% ±2,5
		[3 5 8 10 11]	54,4% ±3,1	54,8% ±9,	54,0% ±5,2
		[5 6 7 8 9 10 11]	54,9% ±1,9	59,0% ±3,7	50,7% ±7,5
		[1 2 3 4 5 6 7]	57,6% ±5,9	55,9% ±11,6	59,3% ±7,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	54,8% ±5,2	47,5% ±6,4	62,1% ±7,9
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	48,6% ±3,4	46,5% ±9,5	50,6% ±10,7
	9-20	[5 9 11 12 13]	47,0% ±3,3	46,1% ±12,8	47,9% ±10,3
		[5 12 13 14 15]	50,0% ±2,9	47,0% ±6,	52,9% ±10,9
		[3 5 8 10 11]	51,8% ±4,1	46,6% ±11,5	57,0% ±11,2
[5 6 7 8 9 10 11]		51,8% ±4,3	43,7% ±5,9	59,8% ±7,2	
[1 2 3 4 5 6 7]		62,4% ±2,5	59,6% ±8,4	65,2% ±7,8	
[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]		59,7% ±2,0	52,6% ±7,5	66,6% ±4,3	
3	5-20	[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	51,8% ±3,7	44,7% ±4,3	58,8% ±9,6
		[5 9 11 12 13]	51,4% ±3,8	48,9% ±6,3	53,8% ±9,4
		[5 12 13 14 15]	53,7% ±4,1	49,3% ±12,3	57,9% ±8,9
		[3 5 8 10 11]	58,3% ±2,6	56,8% ±13,1	59,7% ±14,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	53,7% ±3,1	45,6% ±5,3	61,6% ±6,4
		[1 2 3 4 5 6 7]	56,2% ±6,0	50,7% ±10,0	61,8% ±2,0
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	60,4% ±9,6	49,8% ±10,5	71,2% ±10,0
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	57,0% ±8,1	51,8% ±10,5	62,3% ±6,8
		[5 9 11 12 13]	56,7% ±3,5	51,2% ±14,7	62,4% ±11,5
		[5 12 13 14 15]	58,8% ±8,8	56,3% ±16,3	61,4% ±14,1
		[3 5 8 10 11]	59,6% ±5,9	53,3% ±9,0	66,0% ±9,7

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-8	[5 6 7 8 9 10 11]	56,0% ±8,1	47,7% ±8,2	64,4% ±8,1
		[1 2 3 4 5 6 7]	60,5% ±3,1	48,7% ±6,6	72,0% ±5,5
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	58,0% ±6,2	48,7% ±8,4	67,0% ±6,8
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	65,6% ±4,2	60,0% ±8,2	71,0% ±5,0
		[5 9 11 12 13]	60,1% ±6,1	56,4% ±9,6	63,6% ±4,9
		[5 12 13 14 15]	60,6% ±3,4	52,8% ±6,7	68,0% ±8,4
		[3 5 8 10 11]	55,8% ±1,7	48,2% ±6,7	63,1% ±7,4
	5-9	[5 6 7 8 9 10 11]	61,0% ±5,1	51,8% ±8,2	69,9% ±6,7
		[1 2 3 4 5 6 7]	57,7% ±6,1	50,7% ±6,6	64,3% ±8,9
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	58,5% ±6,2	47,7% ±4,2	68,7% ±11,
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	63,5% ±4,3	55,4% ±5,2	71,1% ±8,2
		[5 9 11 12 13]	61,5% ±5,2	56,9% ±10,4	65,8% ±11,2
		[5 12 13 14 15]	58,5% ±5,1	57,4% ±6,4	59,5% ±10,8
		[3 5 8 10 11]	57,0% ±7,2	48,2% ±5,4	65,2% ±14,8
	8-9	[5 6 7 8 9 10 11]	59,2% ±6,0	49,7% ±6,0	68,2% ±12,6
		[1 2 3 4 5 6 7]	52,2% ±5,1	50,3% ±12,7	54,1% ±7,4
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	50,3% ±4,3	46,4% ±7,2	54,1% ±5,8
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	54,2% ±4,9	53,7% ±6,9	54,6% ±9,9
		[5 9 11 12 13]	54,6% ±6,8	56,2% ±7,1	53,1% ±9,1
		[5 12 13 14 15]	52,4% ±7,6	52,8% ±9,5	52,1% ±10,8
		[3 5 8 10 11]	50,2% ±2,9	50,3% ±5,0	50,2% ±7,7
	8-20	[5 6 7 8 9 10 11]	56,1% ±5,6	55,2% ±9,2	57,0% ±9,0
		[1 2 3 4 5 6 7]	58,9% ±4,0	55,7% ±10,6	62,3% ±4,6
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	57,4% ±1,3	50,3% ±5,5	64,9% ±6,1
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	65,8% ±5,7	63,6% ±11,1	68,0% ±8,8
		[5 9 11 12 13]	64,2% ±7,0	63,1% ±8,7	65,5% ±11,9
		[5 12 13 14 15]	63,0% ±7,5	63,1% ±13,0	62,8% ±9,7
		[3 5 8 10 11]	55,6% ±3,0	54,7% ±4,8	56,5% ±3,6
	9-20	[5 6 7 8 9 10 11]	60,4% ±5,3	57,7% ±7,4	63,4% ±3,6
		[1 2 3 4 5 6 7]	63,3% ±2,9	65,7% ±13,2	60,7% ±11,8
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	62,3% ±5,8	62,8% ±10,2	61,8% ±2,4
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	66,1% ±6,0	63,8% ±11,2	68,6% ±6,7
		[5 9 11 12 13]	62,1% ±9,8	61,4% ±13,9	62,9% ±6,0
		[5 12 13 14 15]	62,1% ±4,3	59,5% ±8,5	64,9% ±2,9
		[3 5 8 10 11]	63,1% ±4,5	64,8% ±8,2	61,3% ±2,4
	4	5-20	[5 6 7 8 9 10 11]	60,3% ±7,2	59,9% ±9,8
[1 2 3 4 5 6 7]			49,1% ±2,2	53,4% ±7,4	44,8% ±8,5
[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]			53,4% ±4,6	60,5% ±7,3	46,2% ±7,5
[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]			55,6% ±8,8	67,7% ±11,6	43,5% ±6,6
[5 9 11 12 13]			52,4% ±11,	61,9% ±14,2	43,0% ±8,6
[5 12 13 14 15]			53,4% ±8,2	63,7% ±7,7	43,0% ±12,9
[3 5 8 10 11]			54,0% ±8,0	55,5% ±12,8	52,5% ±6,7
5-8		[5 6 7 8 9 10 11]	51,8% ±6,3	56,5% ±8,2	47,1% ±7,3
		[1 2 3 4 5 6 7]	55,3% ±3,3	56,9% ±5,3	53,8% ±9,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	57,1% ±3,2	57,8% ±5,8	56,4% ±6,0
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	58,2% ±5,8	65,0% ±6,9	51,5% ±11,4
		[5 9 11 12 13]	50,0% ±5,6	48,4% ±10,2	51,6% ±4,0

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
		[5 12 13 14 15]	52,6% ±4,1	56,0% ±7,4	49,3% ±1,8
		[3 5 8 10 11]	53,7% ±7,0	52,4% ±8,8	55,0% ±6,8
		[5 6 7 8 9 10 11]	58,6% ±4,7	61,8% ±9,1	55,5% ±7,9
	5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	60,1% ±5,5	59,7% ±4,1	60,6% ±13,3
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	56,7% ±4,3	58,3% ±7,1	55,2% ±8,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	53,1% ±9,4	56,5% ±17,0	49,7% ±6,5
		[5 9 11 12 13]	45,3% ±6,7	44,8% ±10,0	45,7% ±3,4
		[5 12 13 14 15]	55,1% ±4,6	54,7% ±7,6	55,6% ±7,2
		[3 5 8 10 11]	52,4% ±10,0	54,7% ±10,6	50,2% ±12,0
		[5 6 7 8 9 10 11]	55,8% ±4,2	56,5% ±7,3	55,2% ±5,0
	8-9	[1 2 3 4 5 6 7]	49,8% ±1,3	49,4% ±5,4	50,2% ±7,2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	51,6% ±2,9	53,4% ±8,4	49,7% ±7,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	52,6% ±2,8	51,1% ±3,8	54,2% ±6,4
		[5 9 11 12 13]	50,5% ±4,9	49,4% ±8,1	51,5% ±9,8
		[5 12 13 14 15]	51,3% ±4,4	53,7% ±4,7	48,9% ±8,8
		[3 5 8 10 11]	54,4% ±6,2	59,0% ±5,5	49,7% ±13,8
		[5 6 7 8 9 10 11]	49,8% ±3,0	50,7% ±2,1	48,8% ±7,0
	8-20	[1 2 3 4 5 6 7]	47,3% ±2,9	48,9% ±9,5	45,8% ±10,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	48,9% ±2,0	51,5% ±3,3	46,2% ±4,4
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	54,5% ±7,9	60,8% ±9,0	48,0% ±8,1
		[5 9 11 12 13]	46,0% ±5,5	56,5% ±13,6	35,4% ±9,3
		[5 12 13 14 15]	53,1% ±1,3	60,4% ±2,9	45,7% ±2,9
		[3 5 8 10 11]	53,1% ±7,2	58,5% ±9,6	47,5% ±9,5
		[5 6 7 8 9 10 11]	51,8% ±5,7	56,3% ±8,7	47,1% ±6,7
	9-20	[1 2 3 4 5 6 7]	51,4% ±1,7	56,0% ±7,5	46,7% ±10,7
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	50,9% ±8,5	55,1% ±6,1	46,7% ±12,7
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	58,1% ±1,2	61,4% ±4,8	54,7% ±6,7
		[5 9 11 12 13]	51,8% ±3,6	54,3% ±7,8	49,3% ±10,7
		[5 12 13 14 15]	53,1% ±4,7	57,4% ±7,4	48,8% ±7,9
		[3 5 8 10 11]	54,1% ±7,5	55,2% ±11,6	52,9% ±7,6
[5 6 7 8 9 10 11]		53,2% ±5,0	59,2% ±4,0	47,2% ±13,6	

Tabla 35: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano no // 1 característica x banda // Bandas:
Alfa-Beta // Clasificador: SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0 ; g=0,0020)

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	[1 2 3 4 5 6 7]	63,0% ±5,7	51,2% ±7,3	74,9% ±10,2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	66,1% ±5,5	61,5% ±9,4	70,8% ±4,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	64,1% ±5,2	55,4% ±5,7	72,8% ±7,7
		[5 9 11 12 13]	62,0% ±5,9	52,2% ±10,0	71,8% ±2,8
		[5 12 13 14 15]	64,8% ±4,4	54,9% ±5,0	74,8% ±12,5
		[3 5 8 10 11]	59,2% ±5,7	48,7% ±9,9	69,7% ±6,2
		[5 6 7 8 9 10 11]	64,1% ±4,8	52,3% ±6,6	75,9% ±4,7
	5-8	[1 2 3 4 5 6 7]	59,7% ±5,3	46,6% ±14,3	72,9% ±7,2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	60,8% ±5,6	52,3% ±12,1	69,2% ±3,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	57,2% ±4,9	53,3% ±12,3	61,1% ±14,1
		[5 9 11 12 13]	56,7% ±4,8	51,3% ±10,8	62,1% ±8,1
		[5 12 13 14 15]	67,7% ±4,3	76,9% ±3,5	58,5% ±11,6
		[3 5 8 10 11]	57,9% ±2,5	47,1% ±10,7	68,8% ±10,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	57,2% ±4,8	47,1% ±14,4	67,2% ±5,5
	5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	63,7% ±7,3	56,9% ±10,0	70,7% ±5,0
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	63,7% ±6,6	58,4% ±8,7	69,1% ±11,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	60,8% ±6,0	57,4% ±9,2	64,4% ±8,2
		[5 9 11 12 13]	56,2% ±6	51,3% ±4,2	61,2% ±3,9
		[5 12 13 14 15]	68,4% ±5,3	74,4% ±8,6	62,4% ±12,1
		[3 5 8 10 11]	65,0% ±10,3	57,3% ±13,7	72,8% ±11,1
		[5 6 7 8 9 10 11]	56,7% ±8,1	52,2% ±9,4	61,2% ±12,1
	8-9	[1 2 3 4 5 6 7]	47,6% ±7,6	36,0% ±13,2	59,5% ±22,5
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	47,7% ±5,5	43,7% ±9,9	51,7% ±16,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	46,9% ±6,4	42,1% ±11,9	51,8% ±10,6
		[5 9 11 12 13]	45,8% ±3,5	45,3% ±23,4	46,4% ±26,7
		[5 12 13 14 15]	46,6% ±0,5	47,9% ±24,8	45,4% ±25,8
		[3 5 8 10 11]	48,2% ±9,8	57,0% ±30,5	39,1% ±25,5
		[5 6 7 8 9 10 11]	46,8% ±8,8	35,4% ±5,4	58,5% ±19,2
	8-20	[1 2 3 4 5 6 7]	60,2% ±3,0	46,1% ±10,3	74,3% ±8,0
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	59,0% ±5,7	51,8% ±8,5	66,1% ±12,3
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	66,4% ±5,9	59,5% ±8,6	73,2% ±13,2
		[5 9 11 12 13]	62,1% ±4,9	51,3% ±9,9	72,8% ±3,3
		[5 12 13 14 15]	64,4% ±7,2	47,2% ±12,9	81,5% ±3,0
		[3 5 8 10 11]	57,9% ±3,2	45,1% ±7,7	70,7% ±9,8
		[5 6 7 8 9 10 11]	61,3% ±2,7	51,3% ±7,1	71,2% ±8,6
	9-20	[1 2 3 4 5 6 7]	55,1% ±4,8	34,5% ±12,2	75,4% ±6,9
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	59,3% ±10,8	44,9% ±19,7	73,3% ±3,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	63,9% ±10,1	49,7% ±12,8	77,9% ±11,6
		[5 9 11 12 13]	63,2% ±4,9	51,3% ±13,3	74,9% ±3,8
		[5 12 13 14 15]	64,7% ±8,6	51,8% ±14,1	77,4% ±3,8
		[3 5 8 10 11]	61,4% ±6,5	40,8% ±8,3	81,5% ±8,5
		[5 6 7 8 9 10 11]	60,8% ±8,0	42,9% ±14,5	78,4% ±6,4
2	5-20	[1 2 3 4 5 6 7]	51,6% ±4,9	51,2% ±33,1	51,9% ±33,9
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	50,9% ±9,6	47,5% ±12,5	54,2% ±23,4
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	44,4% ±5,2	35,8% ±17,1	52,9% ±19,5

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
		[5 9 11 12 13]	45,1% ±7,5	39,1% ±20,	51,0% ±29,8
		[5 12 13 14 15]	44,9% ±6,7	39,1% ±16,3	50,6% ±20,1
		[3 5 8 10 11]	51,3% ±8,3	48,5% ±27,	54,2% ±31,9
		[5 6 7 8 9 10 11]	50,4% ±8,1	45,2% ±26,2	55,6% ±26,7
	5-8	[1 2 3 4 5 6 7]	45,1% ±7,5	24,6% ±31,	65,7% ±38,4
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	41,4% ±5,6	39,2% ±28,9	43,6% ±35,8
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	45,6% ±6,4	45,7% ±26,	45,4% ±33,3
		[5 9 11 12 13]	47,7% ±4,8	45,7% ±29,3	49,7% ±27,6
		[5 12 13 14 15]	42,8% ±3,5	42,4% ±23,9	43,1% ±30,1
		[3 5 8 10 11]	42,1% ±6,2	35,4% ±24,3	48,8% ±35,2
		[5 6 7 8 9 10 11]	41,4% ±5,5	40,6% ±30,3	42,2% ±37,5
		5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	57,2% ±5,4	77,6% ±10,2
	[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]		57,9% ±7,4	79,0% ±12,4	36,7% ±12,0
	[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]		59,7% ±4,4	78,6% ±12,4	40,9% ±6,6
	[5 9 11 12 13]		55,1% ±3,1	77,6% ±14,4	32,6% ±8,5
	[5 12 13 14 15]		57,7% ±2,1	79,9% ±14,1	35,4% ±10,9
	[3 5 8 10 11]		57,2% ±4,2	82,3% ±8,2	32,1% ±9,8
	[5 6 7 8 9 10 11]		57,2% ±4,9	80,4% ±12,8	34,0% ±9,2
	8-9	[1 2 3 4 5 6 7]	57,9% ±1,2	81,4% ±10,6	34,4% ±10,8
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	56,0% ±2,4	75,3% ±8,0	36,7% ±9,1
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	54,4% ±1,6	68,0% ±21,7	40,9% ±19,2
		[5 9 11 12 13]	55,6% ±1,3	79,5% ±9,9	31,6% ±11,2
		[5 12 13 14 15]	54,6% ±2,4	71,2% ±12,9	38,1% ±10,7
		[3 5 8 10 11]	55,8% ±2,1	77,2% ±10,8	34,4% ±11,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	57,7% ±3,1	80,5% ±9,9	34,9% ±11,9
	8-20	[1 2 3 4 5 6 7]	49,3% ±4,9	70,3% ±18,3	28,7% ±11,5
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	49,8% ±5,6	60,1% ±31,2	39,6% ±24,1
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	53,0% ±8,2	47,0% ±19,9	58,8% ±21,4
		[5 9 11 12 13]	48,9% ±3,5	49,9% ±21,9	47,8% ±16,4
		[5 12 13 14 15]	51,3% ±12,9	42,8% ±20,8	59,7% ±21,3
		[3 5 8 10 11]	48,8% ±6,2	56,4% ±36,	41,4% ±28,1
		[5 6 7 8 9 10 11]	49,8% ±4,6	57,8% ±35,6	41,9% ±29,8
	9-20	[1 2 3 4 5 6 7]	54,8% ±3,5	42,0% ±22,2	67,4% ±24,4
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	56,5% ±4,3	45,2% ±19,5	67,5% ±15,0
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	56,2% ±4,1	43,9% ±20,3	68,3% ±26,5
		[5 9 11 12 13]	52,3% ±3,4	30,4% ±25,6	73,8% ±26,5
		[5 12 13 14 15]	53,4% ±2,8	38,3% ±21,7	68,3% ±26,5
		[3 5 8 10 11]	54,6% ±5,3	36,8% ±16,1	72,0% ±20,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	55,7% ±3,3	40,1% ±18,5	71,1% ±20,3
	3	5-20	[1 2 3 4 5 6 7]	71,0% ±7,1	76,4% ±9,0
[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]			69,7% ±2,6	74,8% ±7,3	64,5% ±9,8
[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]			67,4% ±1,5	68,7% ±8,5	66,0% ±7,3
[5 9 11 12 13]			64,0% ±7,1	70,7% ±13,1	57,1% ±7,7
[5 12 13 14 15]			67,1% ±5,1	73,2% ±18,7	60,8% ±15,2
[3 5 8 10 11]			65,8% ±1,2	69,2% ±11,6	62,4% ±9,5
[5 6 7 8 9 10 11]			65,8% ±4,4	72,3% ±6,5	59,2% ±7,4
5-8		[1 2 3 4 5 6 7]	61,3% ±4,5	45,0% ±10,6	76,9% ±7,0

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	62,6% ±3,7	50,8% ±7,1	73,9% ±5,8	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	66,1% ±3,1	52,3% ±6,7	79,3% ±3,3	
		[5 9 11 12 13]	55,5% ±4,7	28,2% ±7,1	81,8% ±5,5	
		[5 12 13 14 15]	57,2% ±7,3	31,7% ±12,1	81,7% ±8,1	
		[3 5 8 10 11]	62,0% ±3,7	38,4% ±12,8	84,8% ±5,6	
		[5 6 7 8 9 10 11]	61,8% ±4,3	45,1% ±5,4	77,9% ±5,3	
	5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	65,5% ±4,3	49,2% ±4,4	80,7% ±9,5	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	67,7% ±4,5	52,3% ±4,7	82,2% ±7,5	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	67,7% ±4,1	56,4% ±4,8	78,3% ±4,4	
		[5 9 11 12 13]	62,7% ±4,8	43,1% ±7,3	81,2% ±7,5	
		[5 12 13 14 15]	61,2% ±3,	37,4% ±11,8	83,6% ±7,9	
		[3 5 8 10 11]	62,5% ±5,	44,1% ±9,	79,8% ±9,2	
	8-9	[5 6 7 8 9 10 11]	65,5% ±6,1	51,3% ±4,	78,8% ±10,2	
		[1 2 3 4 5 6 7]	53,9% ±1,9	27,1% ±10,2	80,2% ±12,4	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	50,0% ±3,4	33,5% ±13,3	66,2% ±14,9	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	51,7% ±6,	33,5% ±15,9	69,6% ±23,8	
		[5 9 11 12 13]	51,2% ±3,1	32,2% ±20,9	70,0% ±17,3	
		[5 12 13 14 15]	50,2% ±7,	30,6% ±14,6	69,5% ±21,3	
	8-20	[3 5 8 10 11]	50,5% ±3,3	25,1% ±12,5	75,4% ±15,4	
		[5 6 7 8 9 10 11]	52,9% ±3,3	36,5% ±19,	69,1% ±16,5	
		[1 2 3 4 5 6 7]	63,2% ±2,7	78,9% ±9,6	46,6% ±6,1	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	66,5% ±3,6	79,8% ±6,6	52,3% ±7,4	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	64,2% ±7,5	76,4% ±10,4	51,2% ±21,9	
		[5 9 11 12 13]	64,2% ±5,2	79,9% ±13,	47,6% ±16,3	
	9-20	[5 12 13 14 15]	64,2% ±6,5	79,9% ±12,2	47,6% ±14,3	
		[3 5 8 10 11]	64,0% ±3,9	76,9% ±7,8	50,2% ±6,4	
		[5 6 7 8 9 10 11]	63,0% ±4,4	78,4% ±10,9	46,5% ±11,6	
		[1 2 3 4 5 6 7]	67,6% ±8,6	80,3% ±18,3	54,0% ±10,7	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	69,4% ±7,6	82,2% ±15,0	55,5% ±4,0	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	69,9% ±8,1	79,8% ±11,1	59,2% ±5,4	
	4	5-20	[5 9 11 12 13]	70,1% ±8,9	81,7% ±13,	57,6% ±5,5
			[5 12 13 14 15]	67,4% ±8,0	80,2% ±11,8	53,4% ±6,5
			[3 5 8 10 11]	65,6% ±8,0	75,9% ±10,1	54,5% ±5,6
			[5 6 7 8 9 10 11]	65,6% ±7,2	74,5% ±9,6	56,0% ±4,9
			[1 2 3 4 5 6 7]	49,1% ±4,0	20,6% ±6,9	77,5% ±13,0
			[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	45,5% ±7,7	24,2% ±13,	66,8% ±26,6
5-8		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	48,4% ±8,7	38,5% ±18,6	58,3% ±14,7	
		[5 9 11 12 13]	50,0% ±2,8	28,2% ±22,4	71,7% ±18,8	
		[5 12 13 14 15]	57,6% ±4,6	72,6% ±13,8	42,6% ±20,4	
		[3 5 8 10 11]	50,0% ±2,3	14,8% ±8,9	85,2% ±7,7	
		[5 6 7 8 9 10 11]	44,2% ±6,7	14,8% ±6,4	73,6% ±18,6	
		[1 2 3 4 5 6 7]	56,0% ±7,2	22,4% ±18,1	89,0% ±7,2	
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	58,9% ±3,9	53,8% ±24,9	63,9% ±30,3	
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	58,7% ±4,4	52,5% ±20,3	64,8% ±26,1	
		[5 9 11 12 13]	55,3% ±2,8	48,0% ±24,9	62,6% ±28,9	
		[5 12 13 14 15]	53,3% ±5,2	78,1% ±16,5	29,0% ±15,2	
		[3 5 8 10 11]	56,9% ±6,9	54,2% ±16,2	59,5% ±28,8	

USUARIO	TAREAS	ELECTRODOS	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
		[5 6 7 8 9 10 11]	58,7% ±4,3	52,0% ±18,7	65,2% ±25,9
	5-9	[1 2 3 4 5 6 7]	54,3% ±4,1	47,6% ±26,	61,0% ±19,1
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	56,5% ±1,1	55,2% ±19,9	57,8% ±20,2
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	59,4% ±4,9	52,9% ±25,	65,9% ±23,2
		[5 9 11 12 13]	49,8% ±2,1	25,5% ±37,9	74,1% ±40,0
		[5 12 13 14 15]	50,6% ±8,7	40,7% ±29,7	60,6% ±31,1
		[3 5 8 10 11]	53,1% ±7,1	69,0% ±16,1	37,2% ±9,6
		[5 6 7 8 9 10 11]	55,6% ±4,5	43,0% ±26,3	68,1% ±25,6
	8-9	[1 2 3 4 5 6 7]	51,5% ±2,2	94,7% ±2,5	7,6% ±6,6
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	54,8% ±10,2	66,8% ±23,9	42,6% ±16,
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	53,5% ±8,8	42,7% ±15,4	64,5% ±13,8
		[5 9 11 12 13]	53,6% ±3,4	53,6% ±36,6	53,5% ±35,4
		[5 12 13 14 15]	48,6% ±4,1	22,4% ±16,9	75,3% ±19,1
		[3 5 8 10 11]	56,2% ±10,1	69,9% ±24,6	42,2% ±21,3
		[5 6 7 8 9 10 11]	51,9% ±8,3	50,6% ±29,8	53,4% ±25,6
	8-20	[1 2 3 4 5 6 7]	49,6% ±5,5	51,0% ±19,	48,1% ±23,4
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	51,5% ±10,5	40,0% ±13,6	63,3% ±11,7
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	54,9% ±12,2	44,5% ±15,2	65,5% ±10,6
		[5 9 11 12 13]	50,7% ±4,1	43,6% ±23,8	57,9% ±25,6
		[5 12 13 14 15]	47,3% ±1,7	39,1% ±36,2	55,7% ±33,7
		[3 5 8 10 11]	57,1% ±8,4	38,3% ±14,9	76,2% ±6,2
		[5 6 7 8 9 10 11]	54,2% ±11,8	40,5% ±14,2	68,2% ±14,8
	9-20	[1 2 3 4 5 6 7]	52,0% ±6,6	35,4% ±16,1	68,7% ±15,2
		[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]	50,7% ±8,9	37,6% ±12,	63,7% ±20,6
		[5 6 7 8 9 10 11 12 13 14]	55,8% ±7,9	54,3% ±9,9	57,4% ±11,4
		[5 9 11 12 13]	51,3% ±3,7	55,7% ±31,7	46,9% ±33,7
		[5 12 13 14 15]	53,8% ±4,4	53,9% ±23,5	53,7% ±32,2
		[3 5 8 10 11]	53,8% ±4,2	27,3% ±9,7	80,3% ±11,7
		[5 6 7 8 9 10 11]	55,1% ±4,3	37,1% ±19,2	73,2% ±18,8

3.-Filtro laplaciano

Tabla 36: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: KNN (k=5)

USUARIO	TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Sin filtro	60,8% ±3,9	55,9% ±9,	65,6% ±5,6	
		Con filtro	66,6% ±5,5	61,6% ±7,2	71,7% ±11,8	
	5-8	Sin filtro	55,1% ±4,8	52,8% ±14,	57,5% ±5,2	
		Con filtro	48,5% ±4,	46,6% ±9,	50,3% ±9,8	
	5-9	Sin filtro	58,3% ±5,1	58,4% ±4,6	58,1% ±5,5	
		Con filtro	52,1% ±3,4	56,9% ±6,1	47,1% ±3,1	
	8-9	Sin filtro	48,7% ±3,7	46,7% ±5,4	50,8% ±3,1	
		Con filtro	55,7% ±4,1	56,4% ±5,	55,0% ±8,	
	8-20	Sin filtro	56,4% ±6,	53,8% ±10,7	58,9% ±5,3	
		Con filtro	64,3% ±4,3	57,5% ±10,	71,2% ±12,	
	9-20	Sin filtro	56,7% ±7,2	55,0% ±8,6	58,4% ±9,9	
		Con filtro	58,3% ±1,9	49,3% ±6,	67,1% ±7,3	
	2	5-20	Sin filtro	46,3% ±4,5	42,3% ±4,4	50,2% ±11,6
			Con filtro	50,5% ±3,1	46,1% ±5,2	54,8% ±5,2
5-8		Sin filtro	51,7% ±6,2	54,1% ±14,6	49,3% ±9,9	
		Con filtro	50,9% ±5,	55,4% ±6,7	46,5% ±7,8	
5-9		Sin filtro	55,1% ±4,2	58,6% ±7,7	51,7% ±6,2	
		Con filtro	53,5% ±5,9	54,9% ±12,6	52,1% ±2,9	
8-9		Sin filtro	51,2% ±4,9	53,9% ±7,	48,4% ±10,1	
		Con filtro	47,0% ±4,1	47,5% ±11,6	46,5% ±7,4	
8-20		Sin filtro	48,6% ±3,4	46,5% ±9,5	50,6% ±10,7	
		Con filtro	56,0% ±3,3	52,1% ±9,	59,8% ±5,6	
9-20		Sin filtro	51,8% ±3,7	44,7% ±4,3	58,8% ±9,6	
		Con filtro	51,2% ±4,7	44,7% ±7,1	57,6% ±3,8	
3		5-20	Sin filtro	57,0% ±8,1	51,8% ±10,5	62,3% ±6,8
			Con filtro	56,7% ±1,9	56,4% ±4,7	57,1% ±7,8
	5-8	Sin filtro	65,6% ±4,2	60,0% ±8,2	71,0% ±5,0	
		Con filtro	73,1% ±4,3	73,3% ±4,0	72,9% ±8,4	
	5-9	Sin filtro	63,5% ±4,3	55,4% ±5,2	71,1% ±8,2	
		Con filtro	69,4% ±4,5	69,7% ±11,5	69,2% ±16,6	
	8-9	Sin filtro	54,2% ±4,9	53,7% ±6,9	54,6% ±9,9	
		Con filtro	51,2% ±5,5	55,2% ±14,	47,4% ±7,3	
	8-20	Sin filtro	65,8% ±5,7	63,6% ±11,1	68,0% ±8,8	
		Con filtro	64,2% ±2,7	62,6% ±8,7	65,9% ±13,1	
	9-20	Sin filtro	66,1% ±6,0	63,8% ±11,2	68,6% ±6,7	
		Con filtro	63,9% ±7,3	58,1% ±16,4	70,1% ±4,8	
	4	5-20	Sin filtro	55,6% ±8,8	67,7% ±11,6	43,5% ±6,6
			Con filtro	52,2% ±5,6	58,8% ±13,6	45,7% ±15,4
5-8		Sin filtro	58,2% ±5,8	65,0% ±6,9	51,5% ±11,4	
		Con filtro	58,5% ±3,4	61,0% ±16,2	56,0% ±11,6	

USUARIO	TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-9	Sin filtro	53,1% ±9,4	56,5% ±17,0	49,7% ±6,5
		Con filtro	53,6% ±5,2	50,2% ±11,2	56,9% ±15,4
	8-9	Sin filtro	52,6% ±2,8	51,1% ±3,8	54,2% ±6,4
		Con filtro	50,0% ±6,1	45,8% ±10,9	54,3% ±7,0
	8-20	Sin filtro	54,5% ±7,9	60,8% ±9,0	48,0% ±8,1
		Con filtro	48,2% ±10,3	53,7% ±8,0	42,6% ±14,1
	9-20	Sin filtro	58,1% ±1,2	61,4% ±4,8	54,7% ±6,7
		Con filtro	50,7% ±4,2	56,1% ±4,1	45,3% ±8,1

Tabla 37: Ventana=2*fm // Avance=fm/2 // filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0 ; g=0,0020)

USUARIO	TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Sin filtro	64,1% ±5,2	55,4% ±5,7	72,8% ±7,7	
		Con filtro	69,2% ±5,2	60,6% ±9,8	77,9% ±14,2	
	5-8	Sin filtro	57,2% ±4,9	53,3% ±12,3	61,1% ±14,1	
		Con filtro	58,2% ±7,7	45,5% ±18,2	70,8% ±12,5	
	5-9	Sin filtro	60,8% ±6,	57,4% ±9,2	64,4% ±8,2	
		Con filtro	55,2% ±7,6	42,5% ±11,8	68,1% ±12,3	
	8-9	Sin filtro	46,9% ±6,4	42,1% ±11,9	51,8% ±10,6	
		Con filtro	43,0% ±5,5	44,8% ±33,	41,2% ±31,4	
	8-20	Sin filtro	66,4% ±5,9	59,5% ±8,6	73,2% ±13,2	
		Con filtro	64,6% ±9,8	52,9% ±17,6	76,3% ±15,3	
	9-20	Sin filtro	63,9% ±10,1	49,7% ±12,8	77,9% ±11,6	
		Con filtro	62,1% ±10,4	42,4% ±12,3	81,5% ±9,4	
	2	5-20	Sin filtro	44,4% ±5,2	35,8% ±17,1	52,9% ±19,5
			Con filtro	45,0% ±3,4	43,4% ±30,9	46,5% ±24,
5-8		Sin filtro	45,6% ±6,4	45,7% ±26,	45,4% ±33,3	
		Con filtro	51,6% ±6,9	80,1% ±18,9	23,2% ±16,6	
5-9		Sin filtro	59,7% ±4,4	78,6% ±12,4	40,9% ±6,6	
		Con filtro	59,3% ±6,	82,8% ±13,7	35,8% ±3,4	
8-9		Sin filtro	54,4% ±1,6	68,0% ±21,7	40,9% ±19,2	
		Con filtro	50,0% ±9,2	80,1% ±22,5	20,0% ±7,8	
8-20		Sin filtro	53,0% ±8,2	47,0% ±19,9	58,8% ±21,4	
		Con filtro	52,3% ±4,7	19,0% ±9,1	85,0% ±8,7	
9-20		Sin filtro	56,2% ±4,1	43,9% ±20,3	68,3% ±26,5	
		Con filtro	59,2% ±6,3	29,8% ±4,3	88,2% ±8,7	
3		5-20	Sin filtro	67,4% ±1,5	68,7% ±8,5	66,0% ±7,3
			Con filtro	64,0% ±5,4	42,5% ±6,5	85,9% ±9,3

USUARIO	TAREAS	FILTRO LAPLACIANO	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
	5-8	Sin filtro	66,1% ±3,1	52,3% ±6,7	79,3% ±3,3	
		Con filtro	68,3% ±6,0	55,4% ±7,2	80,8% ±6,7	
	5-9	Sin filtro	67,7% ±4,1	56,4% ±4,8	78,3% ±4,4	
		Con filtro	67,9% ±4,6	49,7% ±3,7	85,1% ±10,2	
	8-9	Sin filtro	51,7% ±6,0	33,5% ±15,9	69,6% ±23,8	
		Con filtro	52,7% ±2,4	26,1% ±14,6	78,8% ±19,1	
	8-20	Sin filtro	64,2% ±7,5	76,4% ±10,4	51,2% ±21,9	
		Con filtro	61,2% ±8,5	75,9% ±4,2	45,5% ±18,4	
	9-20	Sin filtro	69,9% ±8,1	79,8% ±11,1	59,2% ±5,4	
		Con filtro	65,6% ±9,4	78,4% ±15,2	51,8% ±7,4	
	4	5-20	Sin filtro	48,4% ±8,7	38,5% ±18,6	58,3% ±14,7
			Con filtro	51,3% ±9,5	15,2% ±3,4	87,3% ±17,4
5-8		Sin filtro	58,7% ±4,4	52,5% ±20,3	64,8% ±26,1	
		Con filtro	53,3% ±4,5	8,1% ±9,3	97,8% ±2,6	
5-9		Sin filtro	59,4% ±4,9	52,9% ±25,0	65,9% ±23,2	
		Con filtro	58,5% ±9,2	75,0% ±29,9	42,00% ±37,1	
8-9		Sin filtro	53,5% ±8,8	42,7% ±15,4	64,5% ±13,8	
		Con filtro	50,0% ±,5	98,7% ±1,7	,4% ±0,9	
8-20		Sin filtro	54,9% ±12,2	44,5% ±15,2	65,5% ±10,6	
		Con filtro	47,3% ±3,7	74,6% ±43,	19,5% ±37,9	
9-20		Sin filtro	55,8% ±7,9	54,3% ±9,9	57,4% ±11,4	
		Con filtro	51,6% ±1,8	8,5% ±4,2	94,6% ±6,4	

4.-Ventana y Avance

Tabla 38: Todos los resultados para ventana de 1 segundo y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0 ; g=0,0020)

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Vent=1s + Avan=10%	68,7% ±2,4	65,9% ±8,8	71,4% ±8,6	
		Vent=1s + Avan=50%	68,2% ±5,3	65,6% ±6,	70,9% ±14,1	
		Vent=1s + Avan=100%	65,6% ±3,7	57,5% ±9,9	73,8% ±14,3	
	5-8	Vent=1s + Avan=10%	67,3% ±10,3	64,7% ±18,8	69,9% ±13,9	
		Vent=1s + Avan=50%	66,4% ±10,6	59,4% ±18,9	73,6% ±13,4	
		Vent=1s + Avan=100%	65,8% ±6,4	59,8% ±16,4	72,1% ±5,8	
	5-9	Vent=1s + Avan=10%	70,8% ±4,1	66,2% ±15,3	75,6% ±11,3	
		Vent=1s + Avan=50%	69,1% ±3,5	63,4% ±13,4	75,0% ±15,	
		Vent=1s + Avan=100%	67,7% ±0,9	60,7% ±11,1	74,9% ±11,9	
	8-9	Vent=1s + Avan=10%	51,4% ±3,4	47,1% ±12,4	55,8% ±7,0	
		Vent=1s + Avan=50%	51,6% ±1,1	53,0% ±7,9	50,2% ±9,4	
		Vent=1s + Avan=100%	57,3% ±3,8	54,2% ±14,6	60,3% ±8,3	
	8-20	Vent=1s + Avan=10%	67,3% ±9,7	60,2% ±12,7	74,3% ±14,7	
		Vent=1s + Avan=50%	63,5% ±9,4	52,5% ±8,9	74,3% ±18,1	
		Vent=1s + Avan=100%	67,2% ±9,0	56,0% ±13,1	78,1% ±15,1	
	9-20	Vent=1s + Avan=10%	64,9% ±12,8	51,0% ±14,0	78,2% ±14,0	
		Vent=1s + Avan=50%	63,4% ±9,3	47,5% ±8,2	78,8% ±13,0	
		Vent=1s + Avan=100%	67,2% ±10,3	48,6% ±13,6	85,1% ±9,8	
	2	5-20	Vent=1s + Avan=10%	54,1% ±3,5	51,8% ±7,1	56,5% ±13,0
			Vent=1s + Avan=50%	52,2% ±1,8	53,1% ±10,6	51,4% ±12,4
			Vent=1s + Avan=100%	47,2% ±4,3	46,5% ±18,9	47,9% ±15,8
5-8		Vent=1s + Avan=10%	49,3% ±3,4	58,4% ±25,7	40,1% ±21,3	
		Vent=1s + Avan=50%	49,4% ±4,4	74,5% ±21,6	23,8% ±19,7	
		Vent=1s + Avan=100%	52,8% ±7,7	81,4% ±16,3	24,3% ±20,7	
5-9		Vent=1s + Avan=10%	59,3% ±7,0	79,6% ±14,7	38,9% ±6,0	
		Vent=1s + Avan=50%	58,7% ±5,0	80,2% ±14,1	37,3% ±8,8	
		Vent=1s + Avan=100%	59,4% ±3,7	86,2% ±9,7	32,6% ±6,4	
8-9		Vent=1s + Avan=10%	52,7% ±4,4	72,0% ±12,1	33,3% ±7,2	

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
		Vent=1s + Avan=50%	53,3% ±5,4	74,5% ±13,7	32,4% ±7,6	
		Vent=1s + Avan=100%	50,4% ±4,5	77,3% ±11,1	23,6% ±9,5	
	8-20	Vent=1s + Avan=10%	62,9% ±5,0	51,7% ±11,8	74,0% ±3,3	
		Vent=1s + Avan=50%	56,9% ±4,9	32,5% ±14,5	81,0% ±4,9	
		Vent=1s + Avan=100%	56,1% ±6,1	27,5% ±16,8	84,6% ±8,4	
	9-20	Vent=1s + Avan=10%	60,3% ±4,9	40,5% ±9,1	79,9% ±4,5	
		Vent=1s + Avan=50%	58,9% ±4,0	34,5% ±9,0	83,4% ±3,3	
		Vent=1s + Avan=100%	58,2% ±5,2	30,1% ±5,0	86,2% ±10,3	
	3	5-20	Vent=1s + Avan=10%	78,8% ±6,1	74,2% ±9,8	83,6% ±10,3
			Vent=1s + Avan=50%	75,6% ±6,1	68,1% ±8,6	83,0% ±8,5
Vent=1s + Avan=100%			73,4% ±8,7	63,4% ±11,2	83,9% ±10,6	
5-8		Vent=1s + Avan=10%	83,1% ±5,	81,8% ±7,	84,5% ±6,3	
		Vent=1s + Avan=50%	78,4% ±3,5	74,9% ±4,1	81,7% ±5,9	
		Vent=1s + Avan=100%	74,8% ±3,4	71,3% ±1,6	78,1% ±6,1	
5-9		Vent=1s + Avan=10%	87,2% ±5,9	85,7% ±2,5	88,6% ±11,5	
		Vent=1s + Avan=50%	79,7% ±4,8	73,1% ±3,1	86,0% ±11,9	
		Vent=1s + Avan=100%	77,4% ±4,6	66,9% ±2,4	87,5% ±11,	
8-9		Vent=1s + Avan=10%	58,7% ±1,1	42,4% ±12,4	74,7% ±13,6	
		Vent=1s + Avan=50%	56,8% ±4,5	38,3% ±12,9	75,3% ±18,4	
		Vent=1s + Avan=100%	56,8% ±2,5	37,9% ±14,5	75,6% ±15,0	
8-20		Vent=1s + Avan=10%	69,1% ±6,6	74,0% ±6,	63,8% ±12,0	
		Vent=1s + Avan=50%	68,5% ±7,1	74,1% ±7,4	62,7% ±11,2	
		Vent=1s + Avan=100%	65,6% ±8,0	78,2% ±3,2	52,1% ±14,5	
9-20		Vent=1s + Avan=10%	72,6% ±4,5	76,9% ±14,	67,9% ±10,2	
		Vent=1s + Avan=50%	71,0% ±3,8	78,4% ±12,6	63,2% ±7,2	
		Vent=1s + Avan=100%	72,2% ±7,6	80,8% ±11,9	63,0% ±8,1	
4		5-20	Vent=1s + Avan=10%	58,6% ±6,4	70,6% ±27,8	46,6% ±36,8
			Vent=1s + Avan=50%	57,9% ±7,5	71,0% ±30,5	44,9% ±32,8
			Vent=1s + Avan=100%	55,0% ±8,3	60,5% ±25,5	49,4% ±26,5
		5-8	Vent=1s + Avan=10%	66,3% ±2,7	69,0% ±30,7	63,6% ±25,5
			Vent=1s + Avan=50%	67,6% ±6,3	69,4% ±29,9	65,8% ±23,3
			Vent=1s + Avan=100%	63,3% ±6,8	59,0% ±29,1	67,4% ±21,1

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-9	Vent=1s + Avan=10%	69,4% ±6,6	69,2% ±27,	69,6% ±16,7
		Vent=1s + Avan=50%	70,1% ±7,4	66,2% ±24,	74,1% ±10,7
		Vent=1s + Avan=100%	68,9% ±8,6	64,8% ±21,2	73,0% ±8,
	8-9	Vent=1s + Avan=10%	47,1% ±1,9	41,6% ±15,2	52,6% ±13,7
		Vent=1s + Avan=50%	44,9% ±4,3	42,3% ±21,3	47,5% ±24,3
		Vent=1s + Avan=100%	52,9% ±8,	70,0% ±10,2	35,2% ±12,1
	8-20	Vent=1s + Avan=10%	51,8% ±8,4	55,8% ±13,2	47,7% ±23,2
		Vent=1s + Avan=50%	47,8% ±10,1	46,7% ±11,	49,0% ±21,8
		Vent=1s + Avan=100%	43,3% ±7,1	43,8% ±20,4	42,9% ±20,8
	9-20	Vent=1s + Avan=10%	51,1% ±4,6	61,4% ±9,5	40,7% ±16,
		Vent=1s + Avan=50%	49,2% ±3,4	56,6% ±9,2	41,8% ±13,3
		Vent=1s + Avan=100%	53,8% ±4,4	57,9% ±15,	49,6% ±13,9

Tabla 39: Todos los resultados para ventana de 3 segundos y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: SVM ($t=2$; $s=0$; $c=512$; $h=0$; $g=0,0020$)

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	Vent=3s + Avan=10%	70,3% ±5,6	59,8% ±9,6	80,7% ±17,8
		Vent=3s + Avan=50%	68,5% ±5,4	49,2% ±12,5	87,8% ±14,6
		Vent=3s + Avan=100%	63,1% ±4,7	42,5% ±17,1	83,8% ±11,1
	5-8	Vent=3s + Avan=10%	50,4% ±4,2	42,7% ±26,2	58,3% ±25,8
		Vent=3s + Avan=50%	62,9% ±6,4	47,1% ±16,7	78,7% ±15,7
		Vent=3s + Avan=100%	54,8% ±0,5	15,0% ±19,1	87,5% ±16,0
	5-9	Vent=3s + Avan=10%	50,2% ±5,6	43,2% ±13,7	57,4% ±22,3
		Vent=3s + Avan=50%	50,9% ±6,2	58,8% ±29,0	42,2% ±30,0
		Vent=3s + Avan=100%	57,9% ±17,1	83,8% ±11,1	25,0% ±35,4
	8-9	Vent=3s + Avan=10%	42,9% ±6,1	50,7% ±36,2	35,0% ±29,9
		Vent=3s + Avan=50%	48,0% ±5,7	61,1% ±33,5	33,7% ±29,4
		Vent=3s + Avan=100%	65,6% ±5,2	95,8% ±8,3	18,8% ±23,9
	8-20	Vent=3s + Avan=10%	64,4% ±7,8	48,3% ±14,2	80,0% ±18,7
		Vent=3s + Avan=50%	61,8% ±0,5	33,7% ±11,5	89,9% ±10,6
		Vent=3s + Avan=100%	52,5% ±4,7	39,2% ±43,7	68,8% ±47,3
9-20	Vent=3s + Avan=10%	61,6% ±12,6	41,7% ±9,3	80,7% ±16,7	
	Vent=3s + Avan=50%	61,0% ±12,8	34,1% ±23,6	85,9% ±12,8	
	Vent=3s + Avan=100%	60,7% ±15,0	18,8% ±23,9	93,8% ±12,5	
2	5-20	Vent=3s + Avan=10%	48,3% ±4,0	1,0% ±2,0	95,1% ±9,9
		Vent=3s + Avan=50%	51,8% ±0,1	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0
		Vent=3s + Avan=100%	54,0% ±,3	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0
	5-8	Vent=3s + Avan=10%	54,1% ±9,2	74,0% ±17,0	34,6% ±18,9
		Vent=3s + Avan=50%	50,9% ±1,7	1,8% ±3,6	96,7% ±6,7
		Vent=3s + Avan=100%	54,0% ±,3	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0
	5-9	Vent=3s + Avan=10%	56,9% ±9,4	80,3% ±18,3	33,5% ±5,3
		Vent=3s + Avan=50%	51,8% ±0,1	3,6% ±7,1	96,7% ±6,7
		Vent=3s + Avan=100%	54,0% ±0,3	0,0% ±0,0	0,0% ±0,0

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
3	8-9	Vent=3s + Avan=10%	49,5% ±7,3	84,9% ±19,8	13,7% ±11,3	
		Vent=3s + Avan=50%	49,1% ±5,7	67,0% ±33,3	31,2% ±27,	
		Vent=3s +Avan=100%	50,3% ±8,6	29,8% ±20,3	70,8% ±19,7	
	8-20	Vent=3s + Avan=10%	53,1% ±5,6	17,8% ±9,2	88,5% ±13,1	
		Vent=3s + Avan=50%	55,1% ±7,	23,7% ±16,7	86,5% ±5,3	
		Vent=3s +Avan=100%	55,7% ±3,8	18,5% ±13,5	92,9% ±8,2	
	9-20	Vent=3s + Avan=10%	59,3% ±5,6	31,4% ±3,6	86,8% ±9,	
		Vent=3s + Avan=50%	60,2% ±3,1	34,2% ±11,	86,3% ±6,	
		Vent=3s +Avan=100%	49,4% ±12,7	29,8% ±11,9	69,0% ±24,7	
	3	5-20	Vent=3s + Avan=10%	60,2% ±4,8	35,7% ±8,9	85,5% ±,8
			Vent=3s + Avan=50%	59,9% ±5,1	23,6% ±6,4	96,2% ±7,7
			Vent=3s +Avan=100%	54,8% ±,5	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		5-8	Vent=3s + Avan=10%	61,6% ±5,4	34,2% ±6,1	86,9% ±9,9
			Vent=3s + Avan=50%	59,0% ±6,3	29,6% ±8,8	88,3% ±9,9
			Vent=3s +Avan=100%	54,8% ±,5	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		5-9	Vent=3s + Avan=10%	63,9% ±7,7	43,4% ±6,5	82,6% ±13,7
			Vent=3s + Avan=50%	61,4% ±6,8	29,5% ±7,7	91,1% ±10,7
			Vent=3s +Avan=100%	52,5% ±4,7	83,3% ±33,3	15,0% ±30,0
8-9		Vent=3s + Avan=10%	50,9% ±4,7	14,8% ±11,2	86,5% ±15,	
		Vent=3s + Avan=50%	57,6% ±2,4	17,6% ±9,6	94,6% ±6,8	
		Vent=3s +Avan=100%	45,0% ±5,8	15,0% ±30,0	75,0% ±37,9	
8-20		Vent=3s + Avan=10%	55,8% ±3,5	83,4% ±8,3	25,1% ±8,1	
		Vent=3s + Avan=50%	48,1% ±5,0	73,1% ±39,0	23,1% ±46,2	
		Vent=3s +Avan=100%	44,4% ±6,6	58,8% ±42,5	30,0% ±47,6	
9-20		Vent=3s + Avan=10%	60,5% ±8,0	76,7% ±18,0	42,3% ±11,4	
		Vent=3s + Avan=50%	55,6% ±4,2	85,7% ±11,7	23,1% ±19,9	
		Vent=3s +Avan=100%	60,6% ±1,3	90,0% ±20,0	31,3% ±19,3	
4	5-20	Vent=3s + Avan=10%	48,1% ±4,8	15,5% ±29,1	80,6% ±38,7	
		Vent=3s + Avan=50%	48,0% ±10,9	16,8% ±15,8	79,3% ±23,9	
		Vent=3s +Avan=100%	53,1% ±3,6	6,3% ±7,2	100,0% ±0,0	
	5-8	Vent=3s + Avan=10%	50,4% ±,	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0	
		Vent=3s + Avan=50%	51,6% ±,1	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0	
		Vent=3s +Avan=100%	54,9% ±7,9	87,5% ±10,2	22,3% ±18,5	
	5-9	Vent=3s + Avan=10%	53,7% ±1,7	97,5% ±2,4	9,9% ±4,4	
		Vent=3s + Avan=50%	55,0% ±10,	91,7% ±16,7	18,3% ±36,7	
		Vent=3s +Avan=100%	53,1% ±3,6	100,0% ±0,0	6,3% ±7,2	
	8-9	Vent=3s + Avan=10%	50,4% ±,	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0	
		Vent=3s + Avan=50%	51,6% ±,1	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0	
		Vent=3s +Avan=100%	50,0% ±5,1	90,6% ±12,	9,4% ±12,0	
	8-20	Vent=3s + Avan=10%	50,4% ±0,0	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0	
		Vent=3s + Avan=50%	51,6% ±0,1	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0	
		Vent=3s +Avan=100%	53,1% ±3,6	12,5% ±17,7	93,8% ±12,5	
	9-20	Vent=3s + Avan=10%	53,2% ±2,7	6,3% ±5,3	100,0% ±0,0	
		Vent=3s + Avan=50%	48,3% ±3,3	13,3% ±26,7	83,3% ±33,3	
		Vent=3s +Avan=100%	54,7% ±6,0	9,4% ±12,0	100,0% ±0,0	

Tabla 40: Todos los resultados para ventana de 5 segundos y avance de 10%, 50% y 100%. Filtro laplaciano si// electrodos [C3-CZ-C4-CP5-CP1-CP2-CP6-P3-PZ-P4] // 1 característica x banda // Bandas: Alfa-Beta // Clasificador: SVM (t=2 ; s=0 ; c=512 ; h=0 ; g=0,0020)

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
1	5-20	Vent=5s + Avan=10%	57,0% ±1,8	26,4% ±17,7	87,6% ±15,5	
		Vent=5s + Avan=50%	47,9% ±21,9	25,0% ±31,9	70,8% ±21,	
		Vent=5s +Avan=100%	40,6% ±12,0	62,5% ±43,3	18,8% ±23,9	
	5-8	Vent=5s + Avan=10%	45,3% ±5,3	43,2% ±37,4	47,4% ±30,8	
		Vent=5s + Avan=50%	50,0% ±0,0	16,7% ±19,2	83,3% ±19,2	
		Vent=5s +Avan=100%	59,4% ±12,0	100,0% ±0,0	18,8% ±23,9	
	5-9	Vent=5s + Avan=10%	41,7% ±7,0	51,6% ±42,1	31,0% ±35,8	
		Vent=5s + Avan=50%	58,3% ±16,7	25,0% ±31,9	91,7% ±16,7	
		Vent=5s +Avan=100%	56,3% ±7,2	93,8% ±12,5	18,8% ±23,9	
	8-9	Vent=5s + Avan=10%	46,1% ±3,4	71,1% ±40,4	20,0% ±37,4	
		Vent=5s + Avan=50%	54,2% ±8,3	16,7% ±19,2	91,7% ±16,7	
		Vent=5s +Avan=100%	46,9% ±6,3	62,5% ±47,9	31,3% ±47,3	
	8-20	Vent=5s + Avan=10%	55,7% ±6,2	19,5% ±15,1	90,5% ±14,3	
		Vent=5s + Avan=50%	41,7% ±9,6	29,2% ±34,4	54,2% ±41,7	
		Vent=5s +Avan=100%	53,1% ±12,	25,0% ±35,4	81,3% ±23,9	
	9-20	Vent=5s + Avan=10%	46,6% ±6,6	19,1% ±30,1	72,0% ±39,4	
		Vent=5s + Avan=50%	52,1% ±21,9	66,7% ±47,1	37,5% ±28,5	
		Vent=5s +Avan=100%	56,3% ±16,1	18,8% ±23,9	93,8% ±12,5	
	2	5-20	Vent=5s + Avan=10%	46,1% ±6,3	57,8% ±41,5	34,5% ±37,7
			Vent=5s + Avan=50%	46,9% ±6,3	18,8% ±23,9	75,0% ±35,4
			Vent=5s +Avan=100%	46,9% ±6,3	18,8% ±23,9	75,0% ±35,4
		5-8	Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
			Vent=5s + Avan=50%	36,5% ±10,4	6,3% ±12,5	66,7% ±23,6
			Vent=5s +Avan=100%	36,5% ±10,4	6,3% ±12,5	66,7% ±23,6
		5-9	Vent=5s + Avan=10%	60,3% ±8,7	92,2% ±9,4	28,4% ±8,0
			Vent=5s + Avan=50%	56,3% ±7,2	93,8% ±12,5	18,8% ±12,5
			Vent=5s +Avan=100%	56,3% ±7,2	93,8% ±12,5	18,8% ±12,5
8-9		Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0	
		Vent=5s + Avan=50%	56,3% ±7,2	93,8% ±12,5	18,8% ±12,5	
		Vent=5s +Avan=100%	56,3% ±7,2	93,8% ±12,5	18,8% ±12,5	
8-20		Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0	
		Vent=5s + Avan=50%	57,3% ±16,8	27,1% ±20,8	87,5% ±25,	
		Vent=5s +Avan=100%	57,3% ±16,8	27,1% ±20,8	87,5% ±25,	
9-20		Vent=5s + Avan=10%	59,1% ±6,	24,5% ±8,5	93,7% ±4,4	
		Vent=5s + Avan=50%	59,4% ±6,3	18,8% ±12,5	100,0% ±0,0	
		Vent=5s +Avan=100%	59,4% ±6,3	18,8% ±12,5	100,0% ±0,0	
3		5-20	Vent=5s + Avan=10%	56,7% ±8,7	13,5% ±17,3	100,0% ±0,0
			Vent=5s + Avan=50%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
			Vent=5s +Avan=100%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		5-8	Vent=5s + Avan=10%	56,9% ±1,7	10,6% ±4,8	98,3% ±2,
			Vent=5s + Avan=50%	56,3% ±12,5	18,8% ±23,9	93,8% ±12,5
			Vent=5s +Avan=100%	43,8% ±7,2	50,0% ±57,7	37,5% ±43,3

USUARIO	TAREAS	VENTANA + AVANCE	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-9	Vent=5s + Avan=10%	57,3% ±3,4	12,5% ±6,5	97,4% ±3,3
		Vent=5s + Avan=50%	46,9% ±12,0	50,0% ±40,8	43,8% ±37,5
		Vent=5s +Avan=100%	46,9% ±6,3	16,7% ±33,3	77,1% ±31,5
	8-9	Vent=5s + Avan=10%	53,9% ±2,2	10,4% ±2,7	97,4% ±3,3
		Vent=5s + Avan=50%	62,5% ±10,2	93,8% ±12,5	31,3% ±31,5
		Vent=5s +Avan=100%	53,1% ±6,3	25,0% ±28,9	81,3% ±23,9
	8-20	Vent=5s + Avan=10%	51,8% ±1,8	98,3% ±3,4	0,0% ±0,0
		Vent=5s + Avan=50%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		Vent=5s +Avan=100%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
	9-20	Vent=5s + Avan=10%	53,7% ±2,3	96,6% ±2,8	5,8% ±7,4
		Vent=5s + Avan=50%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		Vent=5s +Avan=100%	57,9% ±1,4	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
4	5-20	Vent=5s + Avan=10%	50,7% ±12,5	36,5% ±26,9	64,9% ±37,
		Vent=5s + Avan=50%	50,0% ±10,2	72,9% ±20,8	27,1% ±35,6
		Vent=5s +Avan=100%	50,0% ±10,2	72,9% ±20,8	27,1% ±35,6
	5-8	Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	0,0% ±0,0	100,0% ±0,0
		Vent=5s + Avan=50%	43,8% ±23,9	68,8% ±37,5	18,8% ±23,9
		Vent=5s +Avan=100%	43,8% ±23,9	68,8% ±37,5	18,8% ±23,9
	5-9	Vent=5s + Avan=10%	50,4% ±0,8	92,4% ±7,2	8,4% ±6,2
		Vent=5s + Avan=50%	59,4% ±12,0	93,8% ±12,5	25,0% ±20,4
		Vent=5s +Avan=100%	59,4% ±12,0	93,8% ±12,5	25,0% ±20,4
	8-9	Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		Vent=5s + Avan=50%	50,0% ±17,7	27,1% ±20,8	72,9% ±20,8
		Vent=5s +Avan=100%	50,0% ±17,7	27,1% ±20,8	72,9% ±20,8
	8-20	Vent=5s + Avan=10%	50,8% ±0,0	100,0% ±0,0	0,0% ±0,0
		Vent=5s + Avan=50%	59,4% ±12,0	37,5% ±47,9	81,3% ±37,5
		Vent=5s +Avan=100%	59,4% ±12,0	37,5% ±47,9	81,3% ±37,5
	9-20	Vent=5s + Avan=10%	51,9% ±3,8	7,6% ±15,2	96,2% ±7,6
		Vent=5s + Avan=50%	43,8% ±7,2	50,0% ±35,4	37,5% ±47,9
		Vent=5s +Avan=100%	43,8% ±7,2	50,0% ±35,4	37,5% ±47,9

5.-Clasificador

Tabla 41: resultados de todos los usuarios al variar el tipo de SVM y la función de Kernel.

USUARIO	TAREAS	CLASIFICA-DOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	C-SVC - RBF	65,6% ±3,7	57,5% ±9,9	73,8% ±14,3
		nu-SVC - RBF	67,4% ±5,4	59,2% ±7,2	75,6% ±16,7
		C-SVC - lineal	64,4% ±5,2	64,3% ±5,0	64,4% ±11,5
		nu-SVC - lineal	65,7% ±5,9	66,9% ±6,4	64,4% ±12,1
	5-8	C-SVC - RBF	65,8% ±6,4	59,8% ±16,4	72,1% ±5,8
		nu-SVC - RBF	69,4% ±7,6	63,2% ±18,6	75,7% ±7,2
		C-SVC - lineal	69,4% ±9,0	61,6% ±13,8	77,6% ±16,2
		nu-SVC - lineal	67,2% ±10,8	64,1% ±21,7	70,4% ±17,7
	5-9	C-SVC - RBF	67,7% ±0,9	60,7% ±11,1	74,9% ±11,9
		nu-SVC - RBF	66,8% ±4,8	60,7% ±16,9	73,1% ±10,1
		C-SVC - lineal	65,4% ±5,9	62,3% ±25,2	68,7% ±19,1
		nu-SVC - lineal	64,5% ±4,9	60,6% ±22,5	68,7% ±17,9
	8-9	C-SVC - RBF	57,3% ±3,8	54,2% ±14,6	60,3% ±8,3
		nu-SVC - RBF	55,4% ±1,4	64,1% ±11,7	46,7% ±14,1
		C-SVC - lineal	47,7% ±9,2	42,5% ±18,6	52,9% ±16,6
		nu-SVC - lineal	44,7% ±5,7	53,3% ±14,4	36,0% ±11,2
	8-20	C-SVC - RBF	67,2% ±9,0	56,0% ±13,1	78,1% ±15,1
		nu-SVC - RBF	64,6% ±5,0	54,2% ±15,2	74,6% ±12,4
		C-SVC - lineal	68,1% ±7,6	68,5% ±8,2	67,8% ±15,2
		nu-SVC - lineal	65,9% ±1,7	69,4% ±4,3	62,6% ±5,6
9-20	C-SVC - RBF	67,2% ±10,3	48,6% ±13,6	85,1% ±9,8	
	nu-SVC - RBF	65,9% ±8,3	53,1% ±14,9	78,2% ±8,4	
	C-SVC - lineal	58,0% ±6,9	50,4% ±7,5	65,3% ±18,7	
	nu-SVC - lineal	50,0% ±6,5	49,5% ±7,8	50,5% ±14,0	
2	5-20	C-SVC - RBF	47,2% ±4,3	46,5% ±18,9	47,9% ±15,8
		nu-SVC - RBF	52,8% ±12,0	57,6% ±15,4	48,0% ±13,7
		C-SVC - lineal	58,6% ±6,0	54,6% ±16,3	62,6% ±15,1
		nu-SVC - lineal	56,1% ±6,6	57,0% ±8,2	55,3% ±7,0
	5-8	C-SVC - RBF	52,8% ±7,7	81,4% ±16,3	24,3% ±20,7
		nu-SVC - RBF	45,9% ±3,3	56,2% ±27,5	35,7% ±23,9
		C-SVC - lineal	48,7% ±6,4	57,8% ±23,5	39,7% ±25,0
		nu-SVC - lineal	52,4% ±4,3	58,5% ±13,6	46,3% ±13,7
	5-9	C-SVC - RBF	59,4% ±3,7	86,2% ±9,7	32,6% ±6,4
		nu-SVC - RBF	53,6% ±4,2	59,8% ±36,9	47,5% ±33,3
		C-SVC - lineal	58,1% ±6,6	77,3% ±19,5	39,0% ±18,3
		nu-SVC - lineal	51,6% ±5,1	56,1% ±13,5	47,1% ±15,2
	8-9	C-SVC - RBF	50,4% ±4,5	77,3% ±11,1	23,6% ±9,5
		nu-SVC - RBF	51,2% ±2,8	63,3% ±14,8	39,1% ±13,7
		C-SVC - lineal	54,1% ±8,3	72,3% ±15,5	35,9% ±12,8
		nu-SVC - lineal	45,5% ±7,0	44,7% ±11,9	46,3% ±2,5
	8-20	C-SVC - RBF	56,1% ±6,1	27,5% ±16,8	84,6% ±8,4

USUARIO	TAREAS	CLASIFICA-DOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
		nu-SVC - RBF	51,6% ±6,1	57,7% ±3,4	45,4% ±14,8	
		C-SVC - lineal	58,5% ±4,2	47,9% ±13,5	69,1% ±7,5	
		nu-SVC - lineal	58,1% ±3,5	59,3% ±11,7	57,0% ±12,7	
	9-20	C-SVC - RBF	58,2% ±5,2	30,1% ±5,	86,2% ±10,3	
		nu-SVC - RBF	43,9% ±3,3	41,7% ±19,4	46,2% ±12,9	
		C-SVC - lineal	57,8% ±4,4	45,6% ±6,5	69,9% ±11,	
		nu-SVC - lineal	58,9% ±6,8	63,4% ±9,2	54,4% ±16,3	
3	5-20	C-SVC - RBF	73,4% ±8,7	63,4% ±11,2	83,9% ±10,6	
		nu-SVC - RBF	77,0% ±9,1	73,0% ±15,7	81,2% ±8,3	
		C-SVC - lineal	85,0% ±3,2	84,3% ±7,5	85,7% ±9,7	
		nu-SVC - lineal	81,9% ±8,	79,0% ±13,5	84,8% ±11,1	
	5-8	C-SVC - RBF	74,8% ±3,4	71,3% ±1,6	78,1% ±6,1	
		nu-SVC - RBF	79,4% ±6,3	82,6% ±8,5	76,4% ±7,7	
		C-SVC - lineal	83,8% ±5,2	86,1% ±9,8	81,5% ±1,8	
		nu-SVC - lineal	85,4% ±6,5	83,4% ±11,7	87,4% ±6,9	
	5-9	C-SVC - RBF	77,4% ±4,6	66,9% ±2,4	87,5% ±11,0	
		nu-SVC - RBF	79,6% ±9,2	73,1% ±6,9	85,8% ±12,6	
		C-SVC - lineal	94,1% ±5,9	94,8% ±6,6	93,3% ±7,2	
		nu-SVC - lineal	87,2% ±9,6	83,5% ±11,4	90,8% ±8,7	
	8-9	C-SVC - RBF	56,8% ±2,5	37,9% ±14,5	75,6% ±15,	
		nu-SVC - RBF	50,5% ±6,7	56,2% ±9,5	44,7% ±16,1	
		C-SVC - lineal	56,3% ±5,5	62,1% ±20,9	50,5% ±25,7	
		nu-SVC - lineal	44,1% ±10,0	52,0% ±25,1	36,1% ±9,9	
	8-20	C-SVC - RBF	65,6% ±8,0	78,2% ±3,2	52,1% ±14,5	
		nu-SVC - RBF	67,4% ±8,7	70,7% ±8,5	64,0% ±10,5	
		C-SVC - lineal	60,0% ±4,2	61,5% ±14,5	58,3% ±21,8	
		nu-SVC - lineal	60,4% ±1,4	63,2% ±17,6	57,5% ±17,2	
	9-20	C-SVC - RBF	72,2% ±7,6	80,8% ±11,9	63,0% ±8,1	
		nu-SVC - RBF	68,3% ±4,3	66,6% ±23,	70,1% ±16,	
		C-SVC - lineal	70,9% ±6,9	76,6% ±15,6	64,8% ±23,	
		nu-SVC - lineal	69,6% ±5,2	73,3% ±17,8	65,6% ±24,9	
	4	5-20	C-SVC - RBF	55,0% ±8,3	60,5% ±25,5	49,4% ±26,5
			nu-SVC - RBF	50,8% ±8,8	48,0% ±38,8	53,6% ±36,4
			C-SVC - lineal	62,9% ±8,5	70,0% ±21,7	55,9% ±38,3
			nu-SVC - lineal	62,9% ±7,7	72,5% ±20,8	53,4% ±34,6
5-8		C-SVC - RBF	63,3% ±6,8	59,0% ±29,1	67,4% ±21,1	
		nu-SVC - RBF	54,3% ±21,7	48,5% ±27,	59,9% ±30,7	
		C-SVC - lineal	66,9% ±8,4	68,2% ±32,3	65,6% ±25,8	
		nu-SVC - lineal	68,2% ±9,2	67,4% ±30,	69,1% ±16,2	
5-9		C-SVC - RBF	68,9% ±8,6	64,8% ±21,2	73,0% ±8,0	
		nu-SVC - RBF	62,2% ±4,1	60,7% ±27,8	63,7% ±21,1	
		C-SVC - lineal	66,4% ±5,7	67,4% ±24,	65,4% ±13,4	
		nu-SVC - lineal	68,1% ±6,3	69,0% ±24,0	67,1% ±14,5	
8-9		C-SVC - RBF	52,9% ±0,8	70,0% ±10,2	35,2% ±12,1	

USUARIO	TAREAS	CLASIFICA-DOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
		nu-SVC - RBF	45,9% ±3,0	44,8% ±35,3	47,0% ±32,0	
		C-SVC - lineal	49,5% ±9,8	53,5% ±10,1	45,3% ±10,8	
		nu-SVC - lineal	44,2% ±5,0	42,4% ±15,5	46,0% ±18,2	
	8-20	C-SVC - RBF	43,3% ±7,1	43,8% ±20,4	42,9% ±20,8	
		nu-SVC - RBF	57,0% ±4,9	60,6% ±35,9	53,3% ±36,4	
		C-SVC - lineal	52,5% ±7,7	58,7% ±15,4	46,0% ±16,3	
	9-20	nu-SVC - lineal	55,3% ±9,7	59,5% ±17,3	50,9% ±27,2	
		C-SVC - RBF	53,8% ±4,4	57,9% ±15,0	49,6% ±13,9	
		nu-SVC - RBF	57,5% ±3,4	42,0% ±17,2	73,1% ±17,9	
		C-SVC - lineal	58,4% ±6,8	76,6% ±14,0	40,2% ±14,1	
			nu-SVC - lineal	57,1% ±10,6	69,9% ±20,6	44,3% ±16,8

Tabla 42: resultados de todos los usuarios al variar el parámetro "C" de C-SVC y el valor de gamma (g) de la función de Kernel.

USUARIO	TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
1	5-20	c=512 / g=0,002	65,6% ±3,7	57,5% ±9,9	73,8% ±14,3
		c=1000 / g=0,002	65,2% ±1,5	61,9% ±10,9	68,6% ±13,5
		c=10000 / g=1	68,7% ±2,9	87,0% ±4,2	50,4% ±8,7
		c=10000 / g=0,1	63,4% ±6,3	62,4% ±14,2	64,4% ±8,9
		c=10000 / g=0,05	66,5% ±2,8	67,9% ±7,4	65,1% ±12,3
		c=10000 / g=0,0005	67,8% ±7,1	66,1% ±7,2	69,5% ±16,4
	5-8	c=512 / g=0,002	65,8% ±6,4	59,8% ±16,4	72,1% ±5,8
		c=1000 / g=0,002	69,4% ±3,4	65,9% ±14,	73,0% ±8,3
		c=10000 / g=1	52,2% ±6,6	62,6% ±27,2	41,4% ±15,4
		c=10000 / g=0,1	58,4% ±3,3	64,3% ±12,5	52,2% ±18,7
		c=10000 / g=0,05	60,6% ±5,4	58,1% ±10,3	63,2% ±15,3
		c=10000 / g=0,0005	69,8% ±12,7	62,4% ±17,2	77,5% ±12,1
	5-9	c=512 / g=0,002	67,7% ±0,9	60,7% ±11,1	74,9% ±11,9
		c=1000 / g=0,002	67,2% ±4,5	68,5% ±12,5	65,9% ±11,9
		c=10000 / g=1	48,6% ±10,8	36,3% ±32,6	61,3% ±28,7
		c=10000 / g=0,1	66,0% ±7,1	67,1% ±13,1	64,9% ±10,1
		c=10000 / g=0,05	62,9% ±7,0	63,5% ±6,1	62,3% ±18,8
		c=10000 / g=0,0005	69,0% ±4,6	66,7% ±18,5	71,3% ±14,7
	8-9	c=512 / g=0,002	57,3% ±3,8	54,2% ±14,6	60,3% ±8,3
		c=1000 / g=0,002	56,3% ±2,3	55,0% ±4,1	57,6% ±3,6
		c=10000 / g=1	46,3% ±4,7	27,1% ±9,7	65,5% ±18,8
		c=10000 / g=0,1	51,8% ±6,0	51,5% ±12,7	52,1% ±14,3
		c=10000 / g=0,05	52,3% ±6,8	62,3% ±15,6	42,3% ±12,8

USUARIO	TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2	
	8-20	c=10000 / g=0,0005	53,1% ±3,0	57,8% ±13,4	48,4% ±16,7	
		c=512 / g=0,002	67,2% ±9,0	56,0% ±13,1	78,1% ±15,1	
		c=1000 / g=0,002	64,2% ±5,8	49,6% ±12,3	78,2% ±7,1	
		c=10000 / g=1	62,8% ±3,5	77,5% ±4,3	48,6% ±10,8	
		c=10000 / g=0,1	66,3% ±4,4	67,7% ±21,5	65,0% ±22,6	
		c=10000 / g=0,05	65,9% ±5,7	67,7% ±15,0	64,2% ±16,6	
	9-20	c=10000 / g=0,0005	69,0% ±9,2	58,6% ±8,9	79,0% ±12,1	
		c=512 / g=0,002	67,2% ±10,3	48,6% ±13,6	85,1% ±9,8	
		c=1000 / g=0,002	62,3% ±5,9	52,2% ±15,8	72,1% ±6,5	
		c=10000 / g=1	62,7% ±9,4	79,1% ±14,3	46,9% ±5,3	
		c=10000 / g=0,1	62,7% ±9,7	65,7% ±8,8	59,9% ±14,5	
		c=10000 / g=0,05	66,2% ±13,2	65,7% ±11,9	66,7% ±20,1	
	2	5-20	c=10000 / g=0,0005	63,2% ±8,2	52,2% ±15,0	73,9% ±10,5
			c=512 / g=0,002	47,2% ±4,3	46,5% ±18,9	47,9% ±15,8
			c=1000 / g=0,002	50,0% ±5,6	57,1% ±16,6	42,9% ±14,2
			c=10000 / g=1	60,1% ±5,6	53,6% ±10,9	66,6% ±14,1
			c=10000 / g=0,1	61,7% ±8,1	60,9% ±8,1	62,5% ±15,6
			c=10000 / g=0,05	60,5% ±11,9	56,9% ±8,1	64,1% ±16,6
5-8		c=10000 / g=0,0005	56,1% ±5,1	54,5% ±10,8	57,6% ±19,7	
		c=512 / g=0,002	52,8% ±7,7	81,4% ±16,3	24,3% ±20,7	
		c=1000 / g=0,002	51,6% ±5,9	73,2% ±15,4	29,9% ±19,3	
		c=10000 / g=1	56,9% ±3,3	68,3% ±11,2	45,5% ±7,6	
		c=10000 / g=0,1	57,3% ±3,1	55,3% ±3,5	59,3% ±7,8	
		c=10000 / g=0,05	54,5% ±4,6	61,0% ±7,0	48,0% ±2,8	
5-9		c=10000 / g=0,0005	49,6% ±5,5	70,1% ±20,5	29,1% ±22,1	
		c=512 / g=0,002	59,4% ±3,7	86,2% ±9,7	32,6% ±6,4	
		c=1000 / g=0,002	54,5% ±9,0	75,7% ±18,3	33,4% ±9,0	
		c=10000 / g=1	51,2% ±7,2	56,1% ±7,8	46,3% ±12,8	
		c=10000 / g=0,1	55,3% ±11,9	56,1% ±16,2	54,4% ±9,2	
		c=10000 / g=0,05	56,5% ±5,4	56,9% ±9,5	56,0% ±4,8	
8-9	c=10000 / g=0,0005	57,0% ±7,1	76,5% ±15,4	37,5% ±7,3		
	c=512 / g=0,002	50,4% ±4,5	77,3% ±11,1	23,6% ±9,5		
	c=1000 / g=0,002	49,2% ±3,1	65,0% ±15,0	33,4% ±12,7		
	c=10000 / g=1	56,5% ±4,9	58,5% ±8,0	54,5% ±6,4		
	c=10000 / g=0,1	55,4% ±8,4	54,6% ±10,4	56,1% ±9,8		
	c=10000 / g=0,05	54,1% ±2,2	50,5% ±11,8	57,7% ±10,4		
8-20	c=10000 / g=0,0005	50,8% ±3,9	70,0% ±10,8	31,7% ±10,5		
	c=512 / g=0,002	56,1% ±6,1	27,5% ±16,8	84,6% ±8,4		
	c=1000 / g=0,002	56,9% ±4,6	42,3% ±11,5	71,5% ±4,2		
	c=10000 / g=1	54,9% ±4,9	52,0% ±7,9	57,8% ±7,9		
	c=10000 / g=0,1	59,0% ±3,2	60,2% ±4,5	57,7% ±5,7		
	c=10000 / g=0,05	59,8% ±5,9	60,2% ±7,6	59,4% ±11,8		
9-20	c=10000 / g=0,0005	53,7% ±3,0	43,1% ±9,8	64,2% ±7,2		
	c=512 / g=0,002	58,2% ±5,2	30,1% ±5,0	86,2% ±10,3		
		c=1000 / g=0,002	59,0% ±4,7	36,6% ±14,5	81,3% ±15,9	

USUARIO	TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
		c=10000 / g=1	56,9% ±6,7	55,3% ±9,5	58,5% ±5,3
		c=10000 / g=0,1	59,8% ±10,0	57,0% ±14,0	62,6% ±9,9
		c=10000 / g=0,05	58,6% ±9,9	57,8% ±9,2	59,4% ±11,0
		c=10000 / g=0,0005	59,0% ±8,2	36,7% ±15,3	81,3% ±13,2
3	5-20	c=512 / g=0,002	73,4% ±8,7	63,4% ±11,2	83,9% ±10,6
		c=1000 / g=0,002	75,2% ±9,8	67,6% ±20,0	83,0% ±7,8
		c=10000 / g=1	65,1% ±10,1	65,3% ±20,7	64,9% ±5,0
		c=10000 / g=0,1	71,7% ±4,1	73,0% ±5,5	70,4% ±8,1
		c=10000 / g=0,05	72,2% ±7,9	74,8% ±7,8	69,5% ±10,9
		c=10000 / g=0,0005	78,3% ±7,7	73,8% ±16,5	83,0% ±9,3
	5-8	c=512 / g=0,002	74,8% ±3,4	71,3% ±1,6	78,1% ±6,1
		c=1000 / g=0,002	78,2% ±3,0	73,0% ±5,5	83,2% ±2,5
		c=10000 / g=1	69,7% ±6,0	70,5% ±19,9	68,9% ±8,5
		c=10000 / g=0,1	71,4% ±5,3	68,8% ±12,7	73,8% ±10,3
		c=10000 / g=0,05	71,4% ±4,1	70,5% ±6,9	72,2% ±7,9
		c=10000 / g=0,0005	84,2% ±2,7	85,2% ±6,1	83,2% ±3,7
	5-9	c=512 / g=0,002	77,4% ±4,6	66,9% ±2,4	87,5% ±11,0
		c=1000 / g=0,002	82,1% ±4,3	80,9% ±4,4	83,3% ±10,5
		c=10000 / g=1	73,1% ±6,4	70,4% ±18,1	75,7% ±9,0
		c=10000 / g=0,1	83,3% ±2,2	83,4% ±9,3	83,2% ±6,0
		c=10000 / g=0,05	83,8% ±1,6	80,8% ±6,2	86,6% ±4,6
		c=10000 / g=0,0005	87,6% ±6,9	82,6% ±7,6	92,5% ±8,8
	8-9	c=512 / g=0,002	56,8% ±2,5	37,9% ±14,5	75,6% ±15,0
		c=1000 / g=0,002	58,0% ±4,6	38,7% ±11,1	77,3% ±16,4
		c=10000 / g=1	54,9% ±8,6	62,0% ±18,0	47,9% ±8,3
		c=10000 / g=0,1	52,1% ±3,3	53,8% ±5,8	50,5% ±10,5
		c=10000 / g=0,05	52,5% ±6,5	55,3% ±17,8	49,7% ±11,7
		c=10000 / g=0,0005	59,2% ±1,6	44,5% ±15,8	74,0% ±18,1
8-20	c=512 / g=0,002	65,6% ±8,0	78,2% ±3,2	52,1% ±14,5	
	c=1000 / g=0,002	66,5% ±8,2	76,5% ±2,4	55,8% ±16,2	
	c=10000 / g=1	63,5% ±10,3	67,2% ±12,5	59,4% ±11,4	
	c=10000 / g=0,1	63,5% ±5,2	64,0% ±7,9	63,1% ±6,7	
	c=10000 / g=0,05	64,4% ±5,9	60,7% ±17,1	68,4% ±6,7	
	c=10000 / g=0,0005	65,2% ±4,3	76,5% ±4,4	53,1% ±9,3	
9-20	c=512 / g=0,002	72,2% ±7,6	80,8% ±11,9	63,0% ±8,1	
	c=1000 / g=0,002	70,0% ±5,4	79,1% ±9,0	60,3% ±9,2	
	c=10000 / g=1	66,5% ±4,3	69,9% ±14,0	62,9% ±10,3	
	c=10000 / g=0,1	66,6% ±4,4	69,0% ±13,2	63,9% ±16,4	
	c=10000 / g=0,05	66,6% ±3,9	72,4% ±15,4	60,4% ±18,2	
	c=10000 / g=0,0005	71,8% ±5,8	83,3% ±7,1	59,4% ±11,4	
4	5-20	c=512 / g=0,002	55,0% ±8,3	60,5% ±25,5	49,4% ±26,5
		c=1000 / g=0,002	49,5% ±11,7	30,3% ±16,5	68,6% ±25,7
		c=10000 / g=1	59,7% ±4,2	65,8% ±23,7	53,6% ±29,2
		c=10000 / g=0,1	60,4% ±8,2	64,9% ±18,4	56,0% ±33,6
		c=10000 / g=0,05	60,8% ±6,4	64,0% ±21,8	57,7% ±31,8

USUARIO	TAREAS	CLASIFICADOR	ACIERTO GLOBAL	ACIERTO TAREA 1	ACIERTO TAREA 2
	5-8	c=10000 / g=0,0005	56,6% ±8,9	45,5% ±25,0	67,8% ±30,3
		c=512 / g=0,002	63,3% ±6,8	59,0% ±29,1	67,4% ±21,1
		c=1000 / g=0,002	62,8% ±5,5	63,2% ±36,2	62,4% ±28,3
		c=10000 / g=1	60,4% ±3,0	56,4% ±21,0	64,2% ±16,6
		c=10000 / g=0,1	60,8% ±6,1	58,2% ±29,8	63,3% ±18,8
		c=10000 / g=0,05	62,5% ±6,6	59,9% ±33,0	64,9% ±19,5
	5-9	c=10000 / g=0,0005	63,6% ±5,3	63,3% ±36,2	63,9% ±35,8
		c=512 / g=0,002	68,9% ±8,6	64,8% ±21,2	73,0% ±8,0
		c=1000 / g=0,002	64,4% ±10,1	43,2% ±27,9	85,6% ±10,2
		c=10000 / g=1	61,3% ±5,9	57,2% ±19,7	65,5% ±18,1
		c=10000 / g=0,1	64,2% ±6,8	60,5% ±19,7	68,0% ±11,4
		c=10000 / g=0,05	66,4% ±5,8	63,9% ±21,3	68,9% ±12,2
	8-9	c=10000 / g=0,0005	67,7% ±9,6	57,4% ±33,0	77,9% ±18,3
		c=512 / g=0,002	52,9% ±0,8	70,0% ±10,2	35,2% ±12,1
		c=1000 / g=0,002	53,4% ±6,7	19,6% ±19,2	88,2% ±9,7
		c=10000 / g=1	60,8% ±2,9	63,5% ±6,8	58,0% ±3,2
		c=10000 / g=0,1	57,9% ±6,3	57,8% ±7,9	58,0% ±5,7
		c=10000 / g=0,05	55,8% ±5,7	56,9% ±3,7	54,6% ±8,3
	8-20	c=10000 / g=0,0005	54,5% ±1,5	49,6% ±14,2	59,6% ±14,4
		c=512 / g=0,002	43,3% ±7,1	43,8% ±20,4	42,9% ±20,8
		c=1000 / g=0,002	45,8% ±6,0	18,7% ±7,3	73,8% ±16,0
		c=10000 / g=1	58,5% ±14,1	61,7% ±16,4	55,2% ±24,1
		c=10000 / g=0,1	55,3% ±14,1	57,0% ±16,6	53,5% ±24,8
		c=10000 / g=0,05	56,5% ±6,4	62,7% ±10,7	50,2% ±20,2
9-20	c=10000 / g=0,0005	47,1% ±3,7	55,4% ±22,2	38,5% ±27,7	
	c=512 / g=0,002	53,8% ±4,4	57,9% ±15,0	49,6% ±13,9	
	c=1000 / g=0,002	55,0% ±7,7	58,7% ±22,3	51,2% ±15,1	
	c=10000 / g=1	59,1% ±11,8	62,2% ±14,8	56,0% ±21,4	
	c=10000 / g=0,1	62,5% ±9,6	67,4% ±13,5	57,7% ±21,7	
	c=10000 / g=0,05	59,6% ±5,5	69,1% ±12,4	50,2% ±16,1	
		c=10000 / g=0,0005	58,4% ±1,3	66,2% ±26,1	50,5% ±24,8