



Universidad de Valladolid

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

Análisis estadístico multivariante de los potenciales evocados de onda P3b en las señales EEG registradas durante la realización de una tarea auditiva para el estudio en el diagnóstico de la esquizofrenia

Autor:

Fernando García Gómez

Tutores:

**Juan Ignacio Arribas Sánchez
Luis Miguel San José Revuelta**

Valladolid, Julio de 2017

TÍTULO: “Análisis estadístico multivariante de los potenciales evocados de onda P3b en las señales EEG registradas durante la realización de una tarea auditiva para el estudio en el diagnóstico de la esquizofrenia”

AUTOR: Fernando García Gómez

TUTOR: Juan Ignacio Arribas Sánchez
TUTOR: Luis Miguel San José Revuelta

DEPARTAMENTO: Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE: Belén Carro Martínez

VOCAL: Luis Miguel San José Revuelta

SECRETARIO: Juan Ignacio Arribas Sánchez

FECHA: Julio de 2017

CALIFICACIÓN:

RESUMEN DEL TFG

La esquizofrenia es una enfermedad mental sin cura conocida que afecta a todo tipo de poblaciones y cuya detección y diagnóstico son fundamentales para permitir un tratamiento temprano y así mitigar sus síntomas más significativos y mejorar la calidad de vida del paciente. La detección de la enfermedad ha dado un salto muy importante gracias a la captación de señales cerebrales a partir del electroencefalograma (EEG) y a la realización de un paradigma “*oddball*” auditivo. De todo el conjunto de señales de EEG la más importante es la onda P300, fundamental de la detección de la enfermedad.

A partir de la realización de un pre-procesado del conjunto de señales de EEG, en concreto de la onda P300, es posible la extracción de una serie de características de gran importancia a la hora de distinguir pacientes sanos (HC) y esquizofrénicos (SZ). Partiendo de una serie de técnicas no paramétricas que van desde la selección de características más discriminantes entre los dos grupos de pacientes a partir de algoritmos de selección hasta la realización de tests de hipótesis para comprobar qué variables poseen mayor influencia en la detección de la esquizofrenia, seremos capaces de realizar una comparativa de criterios de selección y máquinas automáticas que permitan diseñar el proceso más eficiente para realizar un diagnóstico automático de la enfermedad.

PALABRAS CLAVE

Esquizofrenia, paradigma “*oddball*”, onda P300, EEG, análisis no paramétrico, NDA, NWFEE, *Anosim*, *Adonis*, Máquinas de vectores soporte (SVM), Perceptrón Multicapa (MLP).

ABSTRACT

Schizophrenia is a non-treatment mental disease that affects every population and whose detection and diagnosis are so important to reduce the main symptoms and to improve living conditions of patients. The detection of the disease has taken a big step due to the recognition of EEG signals from electroencephalogram and the Oddball Paradigm. The most important EEG all over is the P300 wave which is essential in order to recognize the disease.

The implementation of a pre-preprocessing operation over the whole EEG signals, especially over the P300 wave, makes it possible to obtain a feature set which allows to discriminate healthy subjects (HC) and Schizophrenic subjects (SZ). From a nonparametric techniques collection including a feature selection between the two groups of patients to the implementation of hypothesis testing for comparing the features influence on the diagnosis of Schizophrenia, we will make a comparison between feature selection algorithms and classification machines in order to design the optimal procedure to perform an automatic diagnosis of the disease.

KEYWORDS

Schizophrenia, Oddball Paradigm, P300 wave, EEG, nonparametric analysis, NDA, NWFE, *Anosim*, *Adonis*, Support Vector Machines (SVM), Multilayer Perceptron (MLP).

A mis padres, por su apoyo.
A mis tutores, por su paciencia y ayuda.
A María, por aguantarme y animarme en los buenos y malos momentos.

Si puedes soñarlo, puedes hacerlo.
-Walt Disney-

Lista de Siglas y Acrónimos

- ATAR:** Absolute Total Area Ratio. Área total absoluta
- C:** Matriz central
- CBT:** Terapias cognitivo-conductuales
- EEG:** Electroencefalograma
- F:** Matriz frontal
- HC:** Healthy Control. Sujeto sano o de control
- KNN:** K-Nearest Neighbor
- LAR:** Latency/Amplitude Ratio. Razón Latencia/Amplitud
- LARAbs:** Absolute Latency/Amplitude Ratio. Razón Latencia/Amplitud Absoluta
- LDA:** Linear Discriminant Analysis
- LH:** Left Hemisphere. Matriz hemisferio izquierdo
- MLP:** MultiLayer Perceptron. Perceptrón Multicapa
- NAR:** Negative Area Ratio. Área negativa
- NDA:** Nonparametric Discriminant Analysis
- NWFE:** Nonparametric Weigthed Feature Extraction
- O:** Matriz occipital
- PAR:** Positive Area Ratio. Área positiva
- PSE:** Positive Spectral Entropy. Entropía Espectral
- PT:** Matriz parietal-temporal
- RH:** Right Hemisphere. Matriz hemisferio derecho
- RIC:** Recorrido Intercuartílico
- ROC:** Receiver Operating Characteristics
- SVM:** Support Vector Machines. Máquinas de vectores soporte
- SZ:** Schizophrenic. Sujeto esquizofrénico
- T:** Matriz total
- TAAR:** Total Absolute Area Ratio. Área absoluta total
- TAR:** Total Area Ratio. Área total
- ZC:** Zero Crossing. Número de cruces por cero

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodología	3
1.4. Recursos	3
1.5. Estructura	4
2. La esquizofrenia	7
2.1. La esquizofrenia: enfermedad y síntomas	7
2.1.1. La enfermedad	7
2.1.2. Síntomas	8
2.1.3. Tratamiento	10
2.2. Onda P300	11
2.3. Captacion de señales de electroencefalograma: gorro de electrodos	12
3. Extracción y selección de parámetros para la onda P300	15
3.1. Extracción de parámetros de la onda P300	15
3.1.1. Definición de características	15
Dominio temporal	15
Dominio frecuencial	18
3.2. Selección de características	18
3.2.1. NDA	19
Cálculo de S_w	19
Cálculo de S_b	20
Desarrollo del algoritmo NDA	22
3.2.2. NWFE	23
Cálculo de S_b	23
Cálculo de S_w	24
Desarrollo del algoritmo NWFE	24
3.3. Implementación en el proyecto	25

3.3.1.	Pre-selección	25
3.3.2.	Post-selección	26
4.	Análisis no paramétrico	27
4.1.	Análisis univariante	28
4.1.1.	Metodología de un test de hipótesis univariante	28
4.1.2.	Prueba U de Mann-Whitney	30
4.1.3.	Prueba D de Kolmogorov-Smirnov	32
4.2.	Análisis multivariante	34
4.2.1.	Metodología de un análisis multivariante	36
4.2.2.	Anosim	37
4.2.3.	Adonis	37
5.	Resultados	41
5.1.	Técnicas de análisis de resultados	41
5.1.1.	Topoplot	41
5.1.2.	Boxplot	42
5.1.3.	Curva ROC	43
5.2.	Resultados del análisis univariante: boxplots y topoplots de p-valores	47
5.2.1.	Prueba U de Mann-Whitney	47
5.2.2.	Prueba D de Kolmogorov-Smirnov	56
5.2.3.	Resumen del análisis univariante	64
5.3.	Resultados del análisis multivariante: boxplots y topoplots de p-valores	65
5.3.1.	Análisis de las características	65
5.3.2.	Análisis de los electrodos	67
5.3.3.	Análisis de las agrupaciones	72
5.4.	Clasificación de sujetos: curvas ROC, AUC y boxplots de AUC	75
5.4.1.	Comparación de los algoritmos de selección	78
5.4.2.	Comparación de los filtrados	80
5.4.3.	Comparación de las matrices de características-electrodos	83
5.4.4.	Comparación de los clasificadores	86
5.4.5.	Procesado óptimo para la clasificación	87
6.	Conclusiones y líneas futuras	91
6.1.	Conclusiones	91
6.2.	Líneas futuras	94

A. Implementación de test no paramétricos	99
A.1. Prueba U de Mann-Whitney en SPSS	99
A.2. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov en SPSS	100
A.3. Anosim y Adonis en R	101
A.3.1. Anosim	102
A.3.2. Adonis	103
B. Selección de parámetros de la señal de EEG	105
C. Topoplots de características	109
C.1. Topoplots de características para la prueba U de Mann-Whitney	109
C.2. Topoplot de características para la prueba D de Kolmogorov-Smirnov	112
D. Boxplot de las duplas más significativas	115
D.1. Boxplot de duplas de la prueba U de Mann Whitney	115
D.2. Boxplot de duplas de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov	119
D.3. Conjunto de duplas más significativas para los test univariantes	121
E. Curvas ROC más relevantes	125
F. Tablas de p-valores	129
F.1. Prueba U de Mann-Whitney	129
F.2. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov	135
F.3. Anosim test	140
F.4. Adonis test	164
G. Funciones y <i>Scripts</i> de MATLAB utilizados	191
G.1. Selección de características	191
G.2. Generación de boxplot	194
G.2.1. Boxplot de p-valores	194
G.2.2. Boxplot de AUC	198
G.3. Generación de topoplot	201
G.4. Clasificación de sujetos	203
G.4.1. Máquina de vectores soporte SVM	203
G.4.2. Red Neuronal MLP	204
G.4.3. Generación de resultados: ROC y AUC	205

Índice de figuras

2.1. Onda P300 para sujetos HC (izquierda) y SZ (derecha): Las ondas de la parte superior indican sujetos con medicación y las de la parte inferior sujetos sin medicación.	12
2.2. Gorro de electrodos y su situación según el sistema 10-20	13
2.3. Electrodo pertenecientes a cada agrupación: a) Frontal b) Parietal-Temporal c) Central d) Occipital e) Hemisferio izquierdo f) Hemisferio derecho	14
3.1. Relación entre vectores y medias locales en NDA	21
3.2. Representación del gradiente global v_1 frente a los gradientes locales v_2, \dots, v_6 entre las clases.	22
4.1. Zonas de aceptación y de rechazo para una hipótesis bilateral.	29
4.2. Ejemplo de la asignación de rangos para el test de Mann-Whitney	30
4.3. Función de distribución empírica $S_n(x)$	33
4.4. Representación de las funciones de distribución $S_n(x)$ y $F(x)$	33
4.5. Técnicas de análisis de la dependencia	35
4.6. Técnicas de análisis de la interdependencia	35
4.7. Diagrama para el cálculo de la suma total de los cuadrados de la distancia SS_T	38
4.8. Diagrama para el cálculo de la suma de los cuadrados de las distancias dentro de un mismo grupo SS_W	39
5.1. Ejemplo de topoplot.	42
5.2. Representación gráfica de un boxplot.	43
5.3. Esquema de una matriz de confusión aleatoria.	44
5.4. Ejemplo de curva ROC.	45
5.5. Boxplots de p-valores para las características según la prueba U de Mann-Whitney.	48

5.6. Boxplots de p-valores para los electrodos según la prueba U de Mann-Whitney	48
5.7. {Mean,F3}-15Hz	50
5.8. {Mean,P4}-15Hz	50
5.9. {Mean,P4}-35Hz	50
5.10. {ZC,Fp1}-15Hz	50
5.11. {ZC,P4}-35Hz	51
5.12. {PSE,F3}-15Hz	51
5.13. {PSE,F3}-35Hz	51
5.14. {PSE,F7}-15Hz	51
5.15. {PSE,F7}-35Hz	51
5.16. {PSE,Fp1}-15Hz	51
5.17. {PSE,P4}-15Hz	52
5.18. {PSE,P4}-35Hz	52
5.19. {PSE,Pz}-15Hz	52
5.20. {PSE,Pz}-35Hz	52
5.21. {Mean Freq.,F7}-15Hz	52
5.22. {Mean Freq.,Fp1}-15Hz	52
5.23. {Mean Freq.,P4}-15Hz	53
5.24. {Mean Freq.,P4}-35Hz	53
5.25. {Mode Freq.,F7}-35Hz	53
5.26. {Mode Freq.,P4}-15Hz	53
5.27. Topoplots para la característica Mean según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	54
5.28. Topoplots para la característica ZC según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	54
5.29. Topoplots para la característica PSE según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	55
5.30. Topoplots para la característica Mean Freq. según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	55
5.31. Topoplots para la característica Mode Freq. según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	56
5.32. Topoplots media de características según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	56
5.33. Boxplots de p-valores para las características según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.	57

5.34. Boxplots de p-valores para los electrodos según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.	58
5.35. {Mean,F7}-35Hz	59
5.36. {Mean,P4}-15Hz	59
5.37. {LARAbs,P4}-35Hz	59
5.38. {LARAbs,Pz}-15Hz	59
5.39. {PAR,Fp1}-15Hz	60
5.40. {PAR,P4}-15Hz	60
5.41. {PAR,P4}-35Hz	60
5.42. {ATAR,Fp1}-15Hz	60
5.43. {ATAR,P4}-15Hz	60
5.44. {PSE,F7}-35Hz	60
5.45. {PSE,P4}-15Hz	61
5.46. {PSE,P4}-35Hz	61
5.47. Topoplots para la característica Mean según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	61
5.48. Topoplots para la característica LARAbs según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	62
5.49. Topoplots para la característica PAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	62
5.50. Topoplots para la característica ATAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	63
5.51. Topoplots para la característica PSE según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	63
5.52. Topoplots media de características según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz	64
5.53. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características siguiendo un ordenación aleatoria de las duplas.	66
5.54. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características aplicando el criterio de selección NDA.	66
5.55. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características aplicando el criterio de selección NWFE.	67
5.56. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos siguiendo una ordenación aleatoria de las duplas.	68
5.57. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos siguiendo una ordenación aleatoria según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	68

5.58. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos siguiendo una ordenación aleatoria según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz	69
5.59. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos aplicando el criterio de selección NDA.	69
5.60. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NDA según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	70
5.61. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NDA según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	70
5.62. Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos aplicando el criterio de selección NWFE.	71
5.63. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NWFE según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	71
5.64. Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NWFE según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	72
5.65. Boxplots de p-valores para el test de Anosim para las diferentes agrupaciones aplicando los criterios a) NDA y b) NWFE.	73
5.66. Boxplots de p-valores para el test de Adonis para las diferentes agrupaciones aplicando los criterios a) NDA y b) NWFE.	73
5.67. Boxplots de p-valores para el criterio de selección J5 para los test multivariantes a) Anosim y b) Adonis.	74
5.68. Representación del hiperplano óptimo	76
5.69. Curvas ROC y AUC media para el electrodo $P4$ aplicando un filtrado de a) 15 Hz y b) 35 Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	78
5.70. Curvas ROC y AUC media para el electrodo $T5$ aplicando un filtrado de a) 15 Hz y b) 35 Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	79
5.71. Curvas ROC y AUC media para la matriz de todos los electrodos T aplicando un filtrado de a) 15Hz y b) 35Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	80
5.72. Boxplots de AUC para los criterios de selección NDA, NWFE y J5 en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$	80
5.73. Curvas ROC y AUC media para el electrodo $P4$ aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	81
5.74. Curvas ROC y AUC media para la matriz parietal-temporal PT aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	81

5.75. Curvas ROC y AUC media para la matriz total de electrodos T aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000, n_{rep} = 20$	82
5.76. Boxplots de AUC para los filtros de 15Hz y 35Hz en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$	83
5.77. Curvas ROC y AUC media para los electrodos $Fp1, P3$ y $O1$ aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000, n_{rep} = 20$	84
5.78. Curvas ROC y AUC media para los electrodos $Fp2, P4$ y $O2$ aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000, n_{rep} = 20$	84
5.79. Curvas ROC y AUC media para las matrices de electrodos total (T), hemisferio izquierdo (LH) y hemisferio derecho (RH) aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000, n_{rep} = 20$	85
5.80. Boxplots de AUC para las matrices de características-electrodos en función de a) electrodos individuales y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$	86
5.81. Curvas ROC y AUC media para los clasificadores SVM y MLP aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 para la matriz total de electrodos (T). $n_{cic} = 1000, n_{rep} = 20$	87
5.82. Boxplots de AUC para los clasificadores en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$	87
A.1. Selección de las pruebas no paramétricas para dos muestras independientes a partir del menú <i>Analizar</i> en SPSS.	99
A.2. Ventana de pruebas no paramétricas para dos variables independientes	100
A.3. Tabla de resultados de la prueba U de Mann-Whitney.	100
A.4. Ventana de pruebas no paramétricas para dos variables independientes para la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.	101
A.5. Tabla de resultados de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.	101
A.6. Proceso de carga del paquete <i>vegan</i> en el software estadístico R.	102
A.7. Resultado del test Anosim para la característica variance.	103
A.8. Resultado del test Adonis para la característica variance.	104
C.1. Topoplots para la característica TAAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	109
C.2. Topoplots para la característica NAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	109

C.3. Topoplots para la característica PAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	109
C.4. Topoplots para la característica TAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	109
C.5. Topoplots para la característica ATAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.6. Topoplots para la característica Energy según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.7. Topoplots para la característica LAR según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.8. Topoplots para la característica LARAbs según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.9. Topoplots para la característica Median Freq. según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.10. Topoplots para la característica P300Lat según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	110
C.11. Topoplots para la característica P300LatAbs según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	111
C.12. Topoplots para la característica P300Mean según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	111
C.13. Topoplots para la característica P300Peak según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	111
C.14. Topoplots para la característica P300PeakAbs según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	111
C.15. Topoplots para la característica Variance según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	111
C.16. Topoplots para la característica TAAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112
C.17. Topoplots para la característica NAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112
C.18. Topoplots para la característica TAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112
C.19. Topoplots para la característica Energy según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112
C.20. Topoplots para la característica LAR según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112

C.21. Topoplots para la característica Mean Freq. según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	112
C.22. Topoplots para la característica Median Freq. según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.23. Topoplots para la característica Mode Freq. según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.24. Topoplots para la característica P300Lat según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.25. Topoplots para la característica P300LatAbs según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.26. Topoplots para la característica P300Mean según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.27. Topoplots para la característica P300Peak según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	113
C.28. Topoplots para la característica P300PeakAbs según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	114
C.29. Topoplots para la característica Variance según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	114
C.30. Topoplots para la característica ZC según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.	114
E.1. Curvas ROC para las agrupaciones total, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho según el criterio NWFE aplicando los clasificadores a) MLP y b) SVM. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	125
E.2. Curvas ROC para las agrupaciones total, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho según el criterio NDA aplicando los clasificadores a) MLP y b) SVM. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	126
E.3. Curvas ROC para las agrupaciones parietal-temporal y frontal aplicando los clasificadores MLP y SVM para un filtrado de 15Hz según el criterio a) NWFE y b) NDA. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	126
E.4. Curvas ROC para los electrodos de la zona frontal con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	127
E.5. Curvas ROC para los electrodos de la zona occipital con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	127
E.6. Curvas ROC para los electrodos de la zona parietal-temporal con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$	128

Índice de tablas

5.1. Conjunto de características y electrodos más representativos según la prueba U de Mann-Whitney.	49
5.2. Conjunto de características y electrodos más representativos según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.	58
5.3. Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio J5. $n_{rep} = 20$	88
5.4. Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio NWFE. $n_{rep} = 20$	88
5.5. Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio NDA. $n_{rep} = 20$	88
B.1. Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NDA (filtrado de 15Hz).	105
B.2. Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NDA (filtrado de 35Hz).	106
B.3. Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NWFE (filtrado de 15Hz).	106
B.4. Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NWFE (filtrado de 35Hz).	107
D.1. Número de duplas significativas para los test univariantes no paramétricos en función del electrodo.	122
D.2. Número de duplas significativas para los test univariantes no paramétricos en función de la característica.	123
F.1. p-valores Mann-Whitney de Variance.	129
F.2. p-valores Mann-Whitney de Mean.	129
F.3. p-valores Mann-Whitney de P300Peak.	130
F.4. p-valores Mann-Whitney de P300PeakAbs.	130
F.5. p-valores Mann-Whitney de P300Mean.	130

F.6. p-valores Mann-Whitney de Energy.	130
F.7. p-valores Mann-Whitney de P300Lat.	131
F.8. p-valores Mann-Whitney de P300LatAbs.	131
F.9. p-valores Mann-Whitney de LAR.	131
F.10. p-valores Mann-Whitney de LARAbs.	131
F.11. p-valores Mann-Whitney de PAR.	132
F.12. p-valores Mann-Whitney de NAR.	132
F.13. p-valores Mann-Whitney de TAR.	132
F.14. p-valores Mann-Whitney de ATAR.	132
F.15. p-valores Mann-Whitney de TAAR.	133
F.16. p-valores Mann-Whitney de ZC.	133
F.17. p-valores Mann-Whitney de PSE.	133
F.18. p-valores Mann-Whitney de Median Freq..	133
F.19. p-valores Mann-Whitney de Mean Freq..	134
F.20. p-valores Mann-Whitney de Mode Freq..	134
F.21. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Variance.	135
F.22. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mean.	135
F.23. p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Peak.	136
F.24. p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300PeakAbs.	136
F.25. p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Mean.	136
F.26. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Energy.	136
F.27. p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Lat.	137
F.28. p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300LatAbs.	137
F.29. p-valores Kolmogorov-Smirnov de LAR.	137
F.30. p-valores Kolmogorov-Smirnov de LARAbs.	137
F.31. p-valores Kolmogorov-Smirnov de PAR.	138
F.32. p-valores Kolmogorov-Smirnov de NAR.	138
F.33. p-valores Kolmogorov-Smirnov de TAR.	138
F.34. p-valores Kolmogorov-Smirnov de ATAR.	138
F.35. p-valores Kolmogorov-Smirnov de TAAR.	139
F.36. p-valores Kolmogorov-Smirnov de ZC.	139
F.37. p-valores Kolmogorov-Smirnov PSE.	139
F.38. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Median Freq..	139
F.39. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mean Freq..	140
F.40. p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mode Freq..	140

F.41. Tabla de p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	141
F.42. Tabla de p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	142
F.43. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	143
F.44. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	144
F.45. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	145
F.46. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	146
F.47. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	147
F.48. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	148
F.49. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	149
F.50. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	150
F.51. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	151
F.52. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	151
F.53. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	152

F.54. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	152
F.55. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	153
F.56. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	153
F.57. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim. . .	154
F.58. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	154
F.59. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim. . .	155
F.60. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	155
F.61. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	156
F.62. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	157
F.63. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	158
F.64. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	158
F.65. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	159
F.66. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	159

F.67. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	160
F.68. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	160
F.69. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim. .	161
F.70. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	162
F.71. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim. .	162
F.72. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	163
F.73. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.	163
F.74. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.	164
F.75. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	165
F.76. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	166
F.77. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	167
F.78. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	168
F.79. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	169

F.80. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	170
F.81. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	171
F.82. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis. . . .	172
F.83. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	173
F.84. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis. . . .	174
F.85. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	175
F.86. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	175
F.87. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	176
F.88. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	177
F.89. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	177
F.90. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	178
F.91. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis. . .	178
F.92. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	179
F.93. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis. . .	179

F.94. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	180
F.95. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	181
F.96. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	181
F.97. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	182
F.98. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	183
F.99. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	183
F.100. p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	184
F.101. p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	184
F.102. p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	185
F.103. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	185
F.104. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	186
F.105. p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	186
F.106. p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	187
F.107. p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.	188

F.108p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.	189
---	-----

Capítulo 1

Introducción

La esquizofrenia es una enfermedad mental severa que afecta a todo tipo de poblaciones. La detección de esta enfermedad se suele producir durante la adolescencia y su diagnóstico es complejo debido a la cantidad de variables que intervienen en ella. Por este motivo, es necesario la realización de un exhaustivo estudio de los electroencefalogramas (EEGs) de los pacientes a fin de poder identificar y distinguir aquellos que pertenecen a sujetos esquizofrénicos y concretar su diagnóstico. En este capítulo expondremos la motivación de este proyecto, los objetivos perseguidos, la metodología seguida y los recursos empleados. Por último, presentaremos la estructura a seguir del documento.

1.1. Motivación

Actualmente la esquizofrenia es una enfermedad que no tiene cura y que está entre las diez enfermedades no mortales más comunes. Es una enfermedad muy compleja de diagnosticar ya que posee una gran variedad de síntomas que se suelen presentar durante la etapa de la adolescencia, el principal problema es que los primeros síntomas no tienen por qué ser significativos de la enfermedad, por ejemplo cambio de amigos, bajo rendimiento escolar, irritabilidad o problemas de insomnio. Para realizar un diagnóstico con exactitud debemos centrarnos en un conjunto de factores de riesgo como son el aislamiento, una desconfianza inusual y los antecedentes familiares [1].

Las causas que provocan esta enfermedad son, actualmente, desconocidas pero tras numerosos estudios se han podido relacionar fundamentalmente con tres factores: biológicos, sociales y psicológicos [2]. La esquizofrenia no es una enfermedad mortal en su definición, pero sus síntomas pueden volverse crónicos si no es detectada a tiempo, por eso la eficacia del tratamiento hacia un paciente dependerá de un temprano diagnóstico de la enfermedad.

A la hora de la detección de la esquizofrenia los avances de la medicina han resultado de

gran ayuda, sobretodo la aparición del electroencefalograma. Las diferencias significativas entre las señales obtenidas para un sujeto sano (HC) y un sujeto esquizofrénico (SZ) a través del paradigma auditivo *oddball* nos permitirán realizar test de hipótesis para detectar la enfermedad. En función de las características del test podemos distinguir entre modelos paramétricos y no paramétricos.

Los test paramétricos realizan algunas suposiciones en los datos de manera que se comportan como distribuciones conocidas como por ejemplo las gaussianas, al contrario que los no paramétricos que no realizan ninguna suposición sobre los datos de entrada. Tras numerosos estudios realizados [3], [4] se ha comprobado que la aplicación de un análisis paramétrico de los datos ha proporcionado tasas muy precisas a la hora de detectar la enfermedad. Por lo tanto, la motivación de este proyecto es comprobar los resultados que arrojará la realización de un test no paramétrico sobre los datos, y si a la hora de distinguir entre los dos grupos de sujetos, SZ y HC, podrían tener una precisión alta.

1.2. Objetivos

El objetivo global de este proyecto puede descomponerse en los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar la enfermedad de la esquizofrenia, sus síntomas y su diagnóstico.
- Elaborar un conjunto de datos manipulable a partir de los EEGs filtrados y pre-procesados en [3] basado en un conjunto de características tanto temporales como frecuenciales, y en un grupo de electrodos útiles a la hora de detectar la señal de EEG.
- Desarrollar un *software* en MATLAB que lleve a cabo la extracción de diferentes parámetros característicos de las señales de EEGs teniendo en cuenta que se quiere realizar un análisis no paramétrico.
- Realizar un estudio estadístico, tanto univariante como multivariante, del conjunto de datos a partir de métodos no paramétricos.
- Buscar diferencias significativas entre las poblaciones SZ y HC a partir del análisis univariante del conjunto de datos.
- Comparar los algoritmos de selección de características a partir del análisis multivariante de los datos.

- Comparar los resultados obtenidos a través de clasificadores con el fin de seleccionar el mejor filtrado, el mejor algoritmo de selección de características y el mejor clasificador para nuestro conjunto de datos de estudio.
- Obtener las conclusiones pertinentes a partir de los resultados obtenidos en el proyecto.

1.3. Metodología

El presente trabajo pretende elaborar un estudio sobre la esquizofrenia, partiendo desde la definición de la enfermedad desde un punto de vista médico, y finalizando en un análisis de resultados que nos permita diferenciar entre sujetos sanos y esquizofrénicos. Por lo tanto, la consecución de este objetivo implica el siguiente programa de tareas:

- Revisión bibliográfica de todos los contenidos implicados en este proyecto, desde la enfermedad de la esquizofrenia hasta los diferentes test estadísticos utilizados para generar resultados.
- Cálculo de una serie de características relevantes para la señal pre-procesada en [3] tanto en el dominio temporal como frecuencial que permitirán la creación de unas matrices de datos manipulables.
- Utilización de un criterio de selección de características para obtener aquellas que sean más discriminantes. Probaremos varios criterios de selección para realizar una comparativa de resultados, y teniendo en cuenta que los criterios deben ser no paramétricos.
- Análisis de resultados mediante métodos univariantes no paramétricos para comprobar la influencia de una variable.
- Análisis de resultados mediante métodos multivariantes no paramétricos para comprobar la influencia de un conjunto de varias variables al mismo tiempo.
- Introducción de las características más relevantes en un clasificador para comprobar el comportamiento de los filtros utilizados y de los algoritmos de selección de características empleados.

1.4. Recursos

Los medios que se emplearán para llevar a cabo los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Ordenador portátil conectado a Internet con *Windows 10* como sistema operativo.
- Entorno de programación MATLAB R2015b, librería *libsvm 3.22* y uso del *toolbox EEGLAB*.
- Paquete *Microsoft Office*.
- Sistema de composición de textos *LaTeX TexMaker*.
- Software estadístico IBM SPSS en su versión 20.0.0.0.
- Software estadístico R en su versión 3.3.2, y en especial del paquete *Vegan 3.4.3*.
- Banco de datos de electroencefalogramas con un total de 46 sujetos válidos para su posterior procesado y clasificación. De estos 46 sujetos, 16 de ellos pertenecen a EEGs de pacientes esquizofrénicos y 30 a controles.

1.5. Estructura

La estructura del documento será la siguiente:

- **Capítulo 2. La esquizofrenia.** Estudio de la enfermedad, sus síntomas y tratamientos. Por otro lado explicaremos cómo se lleva a cabo el diagnóstico de la esquizofrenia a través del electroencefalograma y la obtención de la onda P300 que ayudará a la distinción entre pacientes HC y SZ.
- **Capítulo 3. Extracción y selección de características para la onda P300.** Extracción de una serie de parámetros característicos de las señales pre-procesadas de origen, en concreto de la onda P300. Una vez obtenidas las características llevaremos a cabo una selección de las más discriminantes a partir de métodos de selección de características no paramétricos.
- **Capítulo 4. Análisis no paramétrico.** En este capítulo describiremos los métodos de análisis no paramétrico, tanto univariantes como multivariantes, que llevaremos a cabo para obtener resultados. El análisis univariante nos permitirá comparar el valor significativo de cada una de las muestras en relación al total de los datos, mientras que el análisis multivariante permitirá conocer la influencia de varias muestras en conjunto y la efectividad de los criterios de selección de características sobre los datos.
- **Capítulo 5. Resultados.** Extracción de gráficos y valores que nos permitan comparar los algoritmos diseñados así como los test no paramétricos utilizados. Por

otro lado se propondrá la utilización de una serie de clasificadores para discernir si los sujetos son HC o SZ, y a su vez comparar entre los distintos criterios de selección de características y filtrados para elegir aquellos que mayor rendimiento final ofrezcan.

- **Capítulo 6. Conclusiones y líneas futuras.** Extracción de las conclusiones más relevantes a partir de los resultados obtenidos y de las líneas futuras posibles para mejorar el presente proyecto.

Capítulo 2

La esquizofrenia

En el siguiente capítulo abordaremos la esquizofrenia y sus síntomas desde un punto de vista médico. Nos centraremos en los potenciales evocados, en concreto, en la onda P300. Para finalizar describiremos la forma de análisis y detección de la esquizofrenia a través del electroencefalograma.

2.1. La esquizofrenia: enfermedad y síntomas

2.1.1. La enfermedad

La esquizofrenia es un trastorno cerebral crónico detectado durante la adolescencia que presenta gran variedad de síntomas que afectan al pensamiento y a la percepción, y que pueden desembocar en comportamientos extraños [2].

En la década de 1890 el psiquiatra alemán Emil Kraepelin (1856-1926) utilizó el término “dementia praecox” para describir un conjunto de síntomas que incluían psicosis y deterioro de las funciones cognitivas. El término “Esquizofrenia” no fue utilizado, sin embargo, hasta 1911 cuando un psiquiatra suizo, Eugen Bleuler (1857-1939) lo utilizó para describir un síndrome de desorden de los conocimientos y las percepciones, sin embargo, el primer diagnóstico no fue propuesto hasta 1959.

El diagnóstico de la enfermedad es complejo ya que no se conocen las causas concretas de la enfermedad. Tres factores influyen principalmente: biológicos, sociales y psicológicos. Aún así, los pacientes tienen unos rasgos comunes que pueden ayudar a un temprano diagnóstico como pueden ser delirios, alucinaciones, trastornos del pensamiento, desórdenes en el habla y el comportamiento o aislamiento.

La enfermedad de la esquizofrenia puede dividirse en varios subtipos en función de sus síntomas y tratamientos. Los principales son:

- Paranoide: delirios paranoicos, alucinaciones auditivas y perturbaciones de la percepción.

- Desorganizada: aislamiento, cambios de humor, comportamiento impredecible, desorden del pensamiento.
- Catatónica: perturbaciones motrices.
- Indiferenciada: cuando los síntomas pertenecen a diversas categorías.
- Depresión post-esquizofrenica: episodio depresivo tras una grave enfermedad. Presentes tanto síntomas positivos como negativos.
- Residual: permanencia de síntomas negativos.
- Simple: comportamientos extraños progresivos, deterioro de la vida cotidiana y de las relaciones sociales, síntomas negativos.

2.1.2. Síntomas

Los principales síntomas de la esquizofrenia se pueden dividir en tres categorías bien diferenciadas: positivos, negativos y cognitivos [1].

Síntomas positivos

Los síntomas positivos engloban todos aquellos comportamientos que no se observan, por lo general, en sujetos sanos. Para muchos sujetos estos síntomas van y vienen pero para otros permanecen durante todo el tiempo, por lo que dependen mucho del sujeto en concreto. En ciertos casos los síntomas pueden ser casi imperceptibles o, al contrario, ser muy notorios, sobre todo en función de si el sujeto recibe medicación o no. Los síntomas positivos incluyen:

- Alucinaciones: experiencias sensoriales que ocurren en ausencia de un estímulo externo. Pueden estar presentes en cualquiera de los sentidos (oído, olfato, gusto, tacto y vista). La forma más común son las “voces”, que pueden ser internas, que provienen del propio pensamiento, o externas si su origen se encuentra en el exterior y parecen tan reales como la voz de otra persona.
- Delirios: son creencias falsas que no forman parte de la cultura de la persona y que pueden persistir hasta el punto de tener evidencias y certeza de que no son reales ni lógicas. Podemos englobar los delirios en dos categorías: delirios paranoicos o persecutorios.
- Trastornos del pensamiento: engloban formas inusuales de pensar. Un ejemplo es el “pensamiento desorganizado” que se manifiesta cuando una persona tiene

dificultades para organizar sus pensamientos o conectarlos de una forma lógica, por ejemplo defecto en el habla que producen la falta de entendimiento de lo que se quiere decir. Otra manifestación es el “bloqueo del pensamiento”, cuando una persona deja de hablar repentinamente en medio de un discurso.

- Trastornos del movimiento: movimientos agitados o muy repetidos del cuerpo. El otro extremo es lo que denominamos “catatonia”, que se produce cuando el sujeto no se mueve ni responde al resto de personas. La catatonia es poco común actualmente y sólo se da en sujetos que no han recibido ningún tipo de tratamiento.

Síntomas negativos

Los síntomas negativos están asociados con la interrupción de las emociones y comportamientos normales que puede tener un individuo sano. Son más difíciles de reconocer ya que pueden ser confundidos con comportamientos depresivos. Estos síntomas incluyen:

- Falta de expresión en las emociones o en el tono de voz.
- Falta de satisfacción en la vida diaria.
- Dificultad para iniciar o continuar actividades planificadas.
- Dificultades en la comunicación con otras personas.

Los individuos que poseen síntomas negativos suelen necesitar ayuda para realizar sus tareas diarias.

Síntomas cognitivos

Los síntomas cognitivos pueden afectar de una manera más severa a unos sujetos que a otros: mientras que para algunos individuos son los síntomas más leves de la enfermedad, para otros pueden producir cambios en la memoria y otros aspectos del comportamiento que provocan una gran angustia emocional. Son difíciles de reconocer, y normalmente son detectados a partir de la realización de alguna prueba específica. Los síntomas cognitivos incluyen:

- Incapacidad para comprender la información y utilizarla para tomar decisiones.
- Déficit de concentración y atención.
- Problemas con la “memoria de trabajo”, es decir, con la habilidad para utilizar información inmediatamente después de haberla aprendido.

2.1.3. Tratamiento

El tratamiento de la esquizofrenia es complejo ya que las causas de la enfermedad son desconocidas y no tiene cura en la actualidad, por eso el principal objetivo es eliminar los síntomas de la enfermedad.

El tratamiento se divide en dos partes: por un lado el uso de medicamentos antipsicóticos, y por otro los tratamientos psicosociales [1].

Tenemos que tener en cuenta que al no tener cura la enfermedad, el tratamiento no será muy efectivo si ésta se encuentra en un proceso muy avanzado, por lo que es conveniente realizar un diagnóstico adecuado de la enfermedad en sus primeras etapas para poder controlarla de la mejor manera posible.

Medicación con antipsicóticos

Los medicamentos antipsicóticos surgieron a mediados de la década de 1950 y han evolucionado hasta la actualidad. La primera generación de antipsicóticos fueron los conocidos como “típicos”, por ejemplo la clorpromazina, el haloperidol, la perfenazina y la flufenazina. En la década de 1990 surgió una nueva generación de antipsicóticos llamados “atípicos” o de segunda generación como la clozapina, la risperidona, la olanzapina, la quetiapina, la ziprasidona, el aripiprazol y la paliperidona.

El efecto de los medicamentos es positivo a la hora de mitigar los síntomas de la enfermedad, pero también produce numerosos efectos secundarios:

- Somnolencia
- Vértigos
- Visión borrosa
- Taquicardias
- Alta sensibilidad a la radiación solar
- Erupciones en la piel
- Desajustes menstruales en las mujeres

Los antipsicóticos típicos además pueden provocar efectos negativos relacionados con el movimiento como rigidez, espasmos musculares, temblores o inquietud. La ingesta prolongada de antipsicóticos atípicos puede provocar un aumento de peso y cambios en el metabolismo del sujeto, lo que puede provocar un aumento del riesgo de padecer diabetes y colesterol alto por lo que el paciente deberá estar controlado durante todo el periodo que siga el tratamiento.

Tratamientos psicosociales

Los tratamientos psicosociales consisten en un conjunto de terapias, que en combinación con la medicación, ayudan a la rehabilitación del paciente. Existen cinco tratamientos distintos que se explican a continuación:

- Técnicas de convivencia con la enfermedad
- Rehabilitación en la comunidad
- Soporte familiar
- Terapias cognitivo-conductuales (CBT)
- Grupos de auto-ayuda

2.2. Onda P300

La onda P300 es un potencial evocado registrado mediante encefalografía que sucede cuando un sujeto detecta un estímulo informativo relevante. El nombre de la onda deriva del hecho de que la latencia del pico de voltaje de la onda es de 300ms.

Las características principales de la onda P300 son la amplitud y la latencia [5]: la amplitud (μV) es la diferencia entre el voltaje base medio de la onda y el pico más alto de la onda en una ventana determinada de tiempo (p.e. 250-500ms). La amplitud de la onda P300 es menor para estímulos rápidos, mientras que para estímulos objetivo que poseen mayor duración la amplitud es mayor. La latencia (ms) es el tiempo que transcurre desde que comienza el estímulo hasta al punto de amplitud positiva máxima en una franja de tiempo determinada. La latencia de la onda P300 es menor en la zona frontal del cerebro y mayor en la zona parietal.

Estas características pueden verse alteradas por una serie de factores biológicos, psicológicos, cognitivos, aspectos médicos, que modificarán la forma de la onda P300 y harán más dificultosa su detección. Algunos de estos factores son la edad, el sexo, la capacidad de reacción, la rapidez mental, el número de parpadeos de los ojos por minuto, la medicación, el consumo de alcohol y drogas, el grado atención, la inteligencia, la audición, etc.

El estudio de la onda P300 para sujetos esquizofrénicos [6] demuestra que la amplitud de la onda de los sujetos SZ es menor que la de los sujetos HC. La reducción de la amplitud se debe, en su gran mayoría, a los síntomas negativos de la enfermedad. Además la onda no es simétrica en la región temporal izquierda lo que sugiere anomalías en el lóbulo temporal de un sujeto SZ.

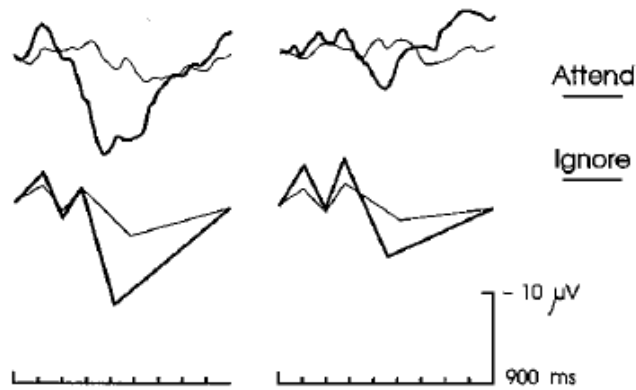


Figura 2.1: Onda P300 para sujetos HC (izquierda) y SZ (derecha): Las ondas de la parte superior indican sujetos con medicación y las de la parte inferior sujetos sin medicación [6].

La onda P300 está formada por dos subcomponentes, la P3a y la P3b. La onda P3a se origina en la actividad frontal asociada con la atención y la memoria de trabajo y se denomina comúnmente como potencial evocado no diana (*non-target*), mientras que la onda P3b tiene origen en la actividad parietal-temporal del cerebro asociada con la atención y el procesamiento de la memoria. Se conoce como potencial evocado diana (*target*). A la hora de generar la onda P300 es necesario un estímulo externo que provoque nuestra atención. El procedimiento más común es el paradigma *oddball* que consiste en una tarea auditiva donde un estímulo objetivo se presenta entre estímulos distractores con mayor frecuencia de aparición. La realización de esta tarea, junto a la influencia de la onda P300, en concreto del potencial P3b, sobre la esquizofrenia, nos ayudará a discernir si un sujeto padece o no la enfermedad.

2.3. Captacion de señales de electroencefalograma: gorro de electrodos

La electroencefalografía es el registro y evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos por medio de electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo. El registro obtenido es lo que se conoce como electroencefalograma (EEG).

La captación del electroencefalograma se puede realizar mediante varios procedimientos:

- Sobre el cuero cabelludo
- En la base del cráneo

- En el cerebro expuesto
- En localizaciones cerebrales profundas

La señal es recogida por los electrodos, piezas metálicas de pequeño tamaño y buenas conductoras que registran los potenciales eléctricos neuronales. Existen varios tipos: superficiales, basales y quirúrgicos.

Los electrodos más utilizados son los superficiales, situados sobre el cuero cabelludo, y en concreto los gorros de electrodos, formados por una malla elástica donde se sitúan los electrodos. Es el método más cómodo en cuanto a su colocación y a realizar registros de larga duración, y también son muy utilizados en estudios comparativos, aunque se precisa de una técnica muy depurada. El sistema de posicionamiento de los electrodos es muy importante a la hora de registrar la actividad cerebral: existen varios sistemas diferentes (*Illinois, Montreal, Aird, Cohn, Lennox...*) pero el más utilizado es el sistema internacional “10-20” [7].

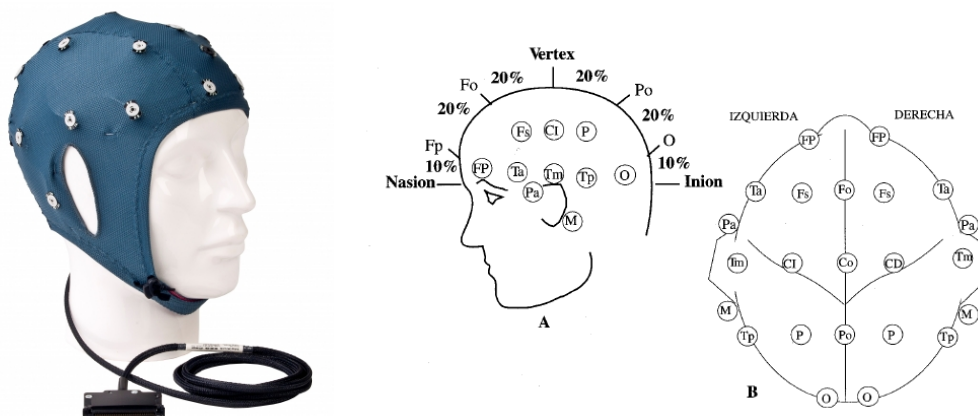


Figura 2.2: Gorro de electrodos y su situación según el sistema 10-20

El objetivo de nuestro estudio es comprobar la influencia de las señales de EEG, en concreto de la onda P300, en cada electrodo, en el conjunto de los electrodos y en diferentes zonas del cerebro, por lo tanto analizaremos las siguientes agrupaciones de electrodos:

- **Frontal:** electrodos *FP1, FP2, F3, F4, F7, F8 y Fz*
- **Parietal-Temporal:** electrodos *P3, P4, Pz, T5 y T6*
- **Central:** electrodos *C3, C4 y Cz*
- **Occipital:** electrodos *O1 y O2*

- **Hemisferio izquierdo:** formado por los 7 electrodos impares situados en la mitad izquierda de la cabeza: *FP1, F3, C3, P3, O1, F7 y T5*
- **Hemisferio derecho:** formado por los 7 electrodos pares situados en la mitad derecha de la cabeza: *FP2, F4, C4, P4, O2, F8 y T6*

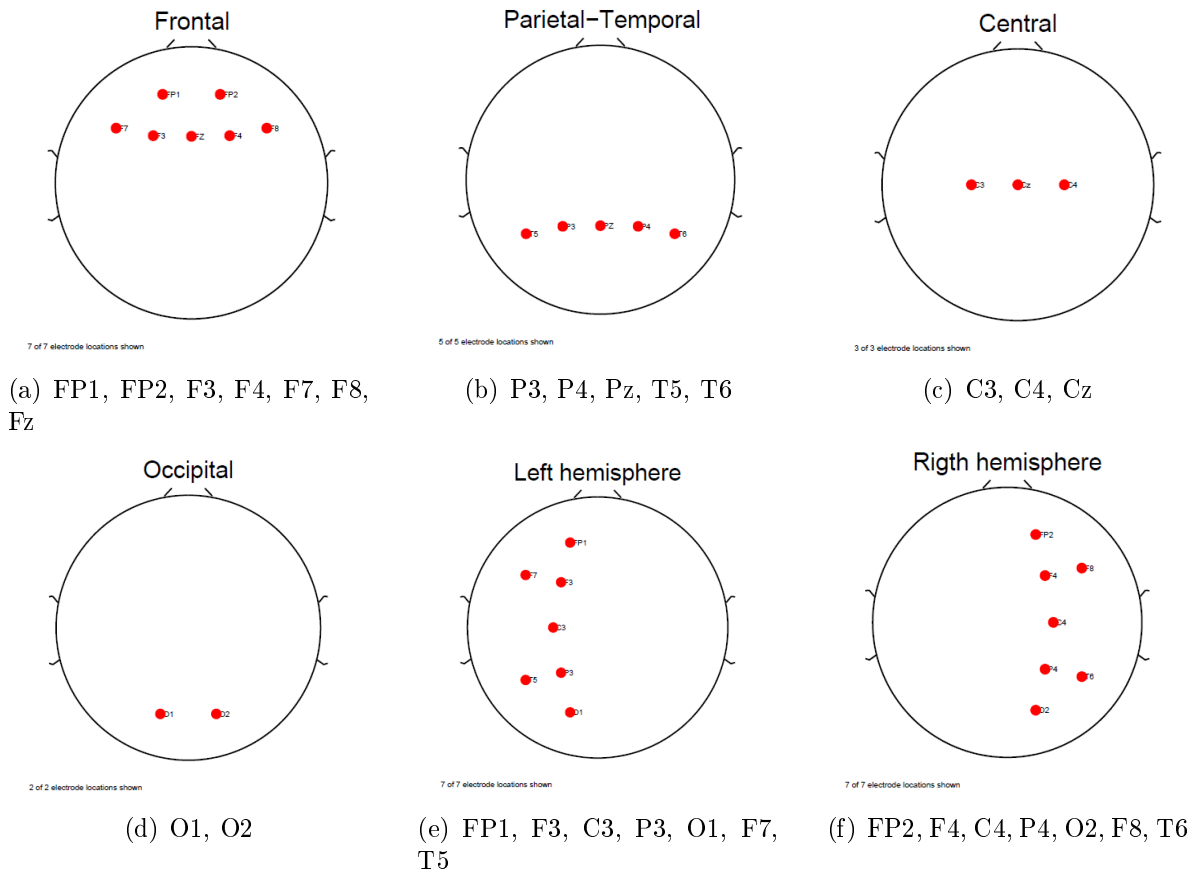


Figura 2.3: Electrodos pertenecientes a cada agrupación: a) Frontal b) Parietal-Temporal c) Central d) Occipital e) Hemisferio izquierdo f) Hemisferio derecho

Capítulo 3

Extracción y selección de parámetros para la onda P300

A la hora de realizar un análisis de un banco de datos de sujetos o una clasificación a partir de una máquina automática es muy importante la selección de las características más discriminantes que caracterizan a la señal de EEG, en concreto a la onda P300 que tras ser pre-procesada nos permitirá extraer alguna información útil a la hora de diferenciar ambos grupos de sujetos.

En este capítulo extraeremos, en primer lugar, una serie de parámetros de interés de las señales pre-procesadas en [3] para después realizar una selección de las características más relevantes a partir de métodos de selección de características no paramétricos.

3.1. Extracción de parámetros de la onda P300

La extracción de parámetros de un EEG es una etapa muy importante a la hora de caracterizar dicho EEG. Si bien un parámetro es dependiente de los electrodos definidos en el capítulo anterior, también lo es de una serie de características que proporciona el EEG. Por lo tanto, nos centraremos en aquellas características que proporcionen un buen rendimiento a la hora de discriminar entre individuos sanos y esquizofrénicos.

3.1.1. Definición de características

Tras la elección de las características óptimas para definir el EEG, estas se pueden dividir en dos grupos: temporales y frecuenciales.

Dominio temporal

Puesto que la señal obtenida después de realizar el pre-procesado ya se encuentra en el dominio temporal, a partir de una señal $x(t)$ extraemos las siguientes características:

1. **Media de la señal (Mean)**: suma de todos los valores que toma la señal dividido entre el número de puntos de los que consta dicha señal (N puntos):

$$Mean = \frac{\int_{-200}^{600} x(t) dt}{800} \quad (3.1)$$

2. **Varianza de la señal (Variance)**: media de las diferencias cuadráticas en los N puntos de señal con respecto a su media aritmética.

$$Variance = \frac{1}{800} \int_{-200}^{600} (x(t) - Mean)^2 dt \quad (3.2)$$

3. **Energía de la señal (Energy)**: energía que posee la señal en toda su extensión:

$$Energy = \int_{-200}^{600} (x(t))^2 dt \quad (3.3)$$

4. **Onda P300 como valor de pico positivo (P300Peak)**: P300 definida como el valor de pico positivo del EEG en el intervalo de tiempos entre 300 y 600ms, que es donde aparece dicha onda:

$$P300Peak = \max(x(t)) \quad \forall \quad t \in (300, 600)ms \quad (3.4)$$

5. **Onda P300 como valor de pico en valor absoluto (P300PeakAbs)**: define la P300 como el valor absoluto máximo de señal encontrada en el intervalo 300-600ms:

$$P300PeakAbs = \max(|x(t)|) \quad \forall \quad t \in (300, 600)ms \quad (3.5)$$

6. **Onda P300 como amplitud media (P300Mean)**: P300 como la amplitud media de la señal en el intervalo 300-600ms:

$$P300Mean = \frac{\int_{300}^{600} x(t)}{600 - 300} \quad (3.6)$$

7. **Latencia de la onda P300 como valor de pico positivo (P300Lat)**: instante temporal en que se encuentra la onda P300 si es definida como el valor de pico positivo en el intervalo 300-600ms.

$$P300Lat = \operatorname{argmax} x(t) \quad \forall \quad t \in (300, 600)ms \quad (3.7)$$

8. **Latencia de la onda P300 como valor de pico en valor absoluto (P300LatAbs)**: instante temporal en que se encuentra la onda P300 si es definida como el valor de pico en valor absoluto en el intervalo 300-600ms.

$$P300LatAbs = \operatorname{argmax} |x(t)| \quad \forall \quad t \in (300, 600)ms \quad (3.8)$$

9. **Razón latencia/amplitud (LAR)**: cociente entre la latencia y la amplitud de la onda P300 definida como el valor de pico positivo en el intervalo 300-600ms:

$$LAR = \frac{P300Lat}{P300Peak} \quad (3.9)$$

10. **Razón latencia/amplitud en valor absoluto (LARAbs)**: cociente entre la latencia y la amplitud de la onda P300 definida como el valor absoluto de pico en el intervalo 300-600ms:

$$LAR = \frac{P300LatAbs}{P300PeakAbs} \quad (3.10)$$

11. **Área positiva en el intervalo 300-600ms (PAR)**: suma de los valores positivos de la señal en el intervalo 300-600ms:

$$PAR = \frac{1}{2} \int_{300}^{600} (x(t) + |x(t)|) dt \quad (3.11)$$

12. **Área negativa en el intervalo 300-600ms (NAR)**: suma de los valores negativos de la señal en el intervalo 300-600ms:

$$NAR = \frac{1}{2} \int_{300}^{600} (x(t) - |x(t)|) dt \quad (3.12)$$

13. **Área total en el intervalo 300-600ms (TAR)**: suma de las áreas positiva y negativa en el intervalo 300-600ms:

$$TAR = PAR + NAR \quad (3.13)$$

14. **Área total absoluta en el intervalo 300-600ms (ATAR)**: valor absoluto del área total:

$$ATAR = |TAR| \quad (3.14)$$

15. **Área absoluta total en el intervalo 300-600ms (TAAR)**: suma del área positiva con la negativa en valor absoluto, ambas en el intervalo 300-600ms:

$$TAAR = PAR + |NAR| \quad (3.15)$$

16. **Cruces por cero en el intervalo 300-600ms (ZC)**: número de veces que la señal pasa por cero en el intervalo 300-600ms:

$$ZC = \int_{300}^{600} \delta_x dt \quad (3.16)$$

Donde δ_x se refiere a $\delta(x(t))$ y, por lo tanto, toma el valor 1 cuando $x(t) = 0$.

Dominio frecuencial

Para calcular las características de la señal en frecuencia tenemos que realizar la Transformada de *Fourier* de $x(t)$ para obtener $X(f)$. Además introducimos el concepto de densidad espectral de potencia $S_x(f)$.

1. **Entropía espectral (PSE):** entropía de la densidad espectral de potencia:

$$PSE = - \int_0^{f_n} S_x(f) \log S_x(f) df \quad (3.17)$$

Donde f_n es la frecuencia de *Nyquist* (la mitad de la frecuencia de muestreo) y $\log S_x(f)$ se refiere al logaritmo en base 2.

2. **Frecuencia mediana (Median Freq.):** frecuencia que separa el espectro de potencia en dos áreas iguales bajo la curva:

$$\int_0^{\text{Median Freq.}} S_x(f) df = \int_{\text{Median Freq.}}^{\infty} S_x(f) df \quad (3.18)$$

3. **Frecuencia media (Mean Freq.):** se calcula a partir del promedio ponderado de las frecuencias en la densidad espectral de potencia:

$$\text{Mean Freq.} = \frac{\int_0^{\infty} f S_x(f) df}{\int_0^{\infty} S_x(f) df} \quad (3.19)$$

4. **Frecuencia moda (Mode Freq.):** frecuencia con mayor concentración de energía en el espectro de la señal, es decir, donde se encuentra la máxima amplitud de la densidad del espectro de potencia de la señal:

$$S_x(\text{Mode Freq.}) = \text{máx}(S_x(f)) \quad (3.20)$$

3.2. Selección de características

Las características extraídas de las señales de EEG son muy numerosas, así que debemos llevar a cabo una selección de las más relevantes con el fin de aumentar la fiabilidad a la hora de realizar un análisis de los sujetos de una base de datos y reducir la carga computacional para permitir el correcto funcionamiento de las máquinas automáticas a la hora de detectar la esquizofrenia. Muchas de estas características pueden ser redundantes o irrelevantes a la hora de diferenciar entre las dos clases de individuos, por eso es importante identificar los subconjuntos de características más relevantes de un banco de datos cualquiera, es decir, realizar una selección de características (*Feature Selection*) [8].

Dentro de todos los algoritmos de selección de características implementados, el presente proyecto se ocupará del estudio de los no paramétricos, aquellos que no realizan ningún tipo de suposición sobre los datos de entrada.

El objetivo propuesto en esta sección será realizar la selección de características obtenidas en el apartado anterior mediante el empleo de dos algoritmos de *Feature selection* no paramétricos: NDA y NWF. Estos algoritmos se fundamentan en la teoría de que las diferentes clases ocupan regiones distintas aunque posiblemente solapadas en el espacio de características, lo que se conoce como criterio de separabilidad: vectores de la misma clase se encuentran próximos entre sí, mientras que vectores de distintas clases se encuentran muy separados en el espacio.

A continuación se procede a la descripción de los algoritmos empleados.

3.2.1. NDA

El algoritmo de selección de características NDA (*Nonparametric Discriminant Analysis*) surge por la necesidad de solventar las desventajas del algoritmo lineal paramétrico LDA (*Linear Discriminant Analysis*) [9] que se basa en la realización de suposiciones sobre los datos, en particular considerando que siguen distribuciones gaussianas, por lo que el trabajo con conjuntos de datos aleatorios no proporciona resultados fiables. El algoritmo NDA es más robusto en su modelo matemático y su matriz inter-clases S_b permite un rango de valores más amplio para trabajar con grandes bancos de datos [10], [11].

Como algoritmo basado en el criterio de separabilidad, el objetivo es la maximización del criterio J.

$$J(X) = \frac{S_b}{S_w} \quad (3.21)$$

Por lo tanto, calcularemos la matriz intra-clase S_w e inter-clases S_b .

Cálculo de S_w

Para definir la expresión de la matriz S_w es necesario explicar los conceptos de P_i que denota la probabilidad a priori y de m_i , promedio de los vectores de características del conjunto de entrenamiento pertenecientes a la clase i-ésima. Además denotaremos X_{ik} al k-ésimo vector de características de la clase i-ésima. Así, la probabilidad a priori de que un determinado vector X_{ik} pertenezca a la i-ésima clase se define como:

$$P_i = \frac{n_i}{n} \quad \text{con} \quad n = \sum_{i=1}^C n_i \quad (3.22)$$

donde n_i es el número de vectores de la clase i-ésima existentes en el conjunto de entrenamiento, n el número de vectores totales y C el número de clases.

Por otro lado, el promedio m_i es definido como:

$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} X_{ik} \quad (3.23)$$

La matriz S_w para el algoritmo de selección NDA es igual a la del algoritmo LDA (J5) [9]:

$$S_w = \sum_{i=1}^C \frac{P_i}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (X_{ik} - m_i)(X_{ik} - m_i)^T \quad (3.24)$$

Cálculo de S_b

Para definir la matriz S_b hay que introducir el concepto de *Nearest Neighbor* o vecino más cercano. El algoritmo KNN es uno de los métodos más antiguos y utilizados para clasificar debido a sus buenos resultados [12]. Está basado en el valor de la distancia euclídea entre parejas de datos, que se define como:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{r=1}^P (x_{ri} - x_{rj})^2} \quad (3.25)$$

donde x_i y x_j son los vectores de datos a comparar y P el número de elementos de los vectores. A partir de este valor de la distancia euclídea se realiza la clasificación de los datos, siendo el más significativo el que menor valor de la distancia tenga y así sucesivamente.

En primer lugar definimos la media local de los KNN como:

$$M_j(X_{ik}) = \frac{1}{K} \sum_{p=1}^K NN_p(X_{ik}, j) \quad (3.26)$$

donde $NN_p(X_{ik}, j)$ es el p-ésimo Nearest Neighbor del vector X_{ik} a la clase j , y K es el número de Nearest Neighbours utilizado. La elección del valor de K ofrece numerosas posibilidades así que debemos de seleccionar el valor que se considere más óptimo para el algoritmo: un valor de $K = 1$ indica que se está eligiendo el K-Nearest Neighbor más cercano. El valor óptimo de K dependerá del número de vectores de cada clase y su definición es la siguiente:

$$K = \sqrt{n_i} \quad (3.27)$$

A partir de la media local definimos la función w de la siguiente forma:

$$w(i, k) = \frac{\min(d^\alpha(X_{ik}, NN_K(X_{ik}, i)), d^\alpha(X_{ik}, NN_K(X_{ik}, j)))}{d^\alpha(X_{ik}, NN_K(X_{ik}, i)) + d^\alpha(X_{ik}, NN_K(X_{ik}, j))} \quad (3.28)$$

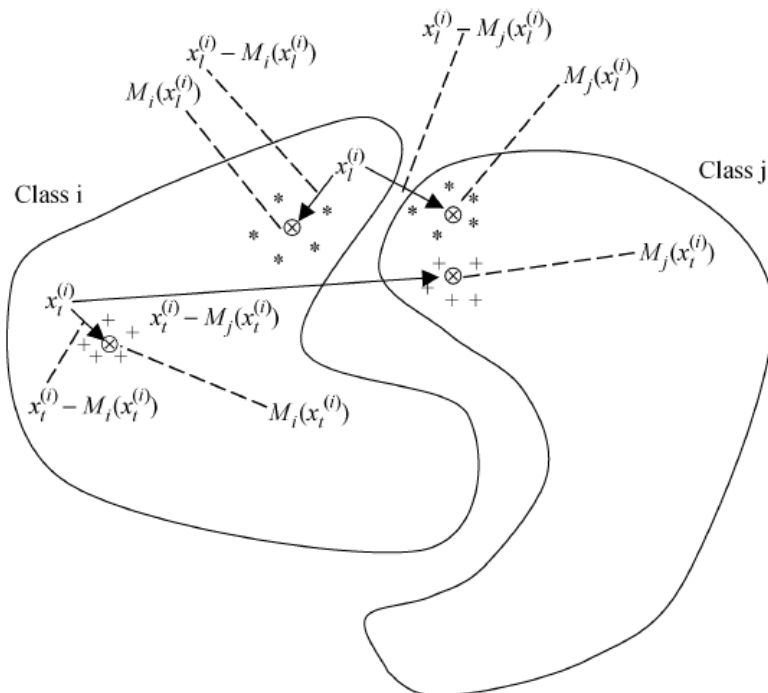


Figura 3.1: Relación entre vectores y medias locales en NDA [13]

donde $d^\alpha(X_{ik}, NN_K(X_{ik}, j))$ es la distancia euclídea desde el vector ξ_{ik} hasta el KNN de la clase j respecto a ese vector, y α es un parámetro de control que mide el cambio de velocidad de w respecto a la distancia euclidiana d y su valor oscila entre cero e infinito.

La matriz inter-clase S_b sigue la siguiente expresión:

$$S_b = \sum_{i=1}^C P_i \sum_{j=1, j \neq i}^C \sum_{k=1}^{n_i} w(i, k) (X_{ik} - M_j(X_{ik})) (X_{ik} - M_j(X_{ik}))^T \quad (3.29)$$

Tenemos que tener en cuenta una serie de consideraciones respecto a la matriz inter-clases S_b en el algoritmo NDA [14]: Primeramente si el número de Nearest Neighbor $K = n_i$ con n_i el número de vectores de la clase i -ésima, la media local de los KNN $M_j(X_{ik})$ será igual al promedio m_j y, por lo tanto, la matriz S_b de NDA será igual que la matriz S_b de LDA, luego nuestro algoritmo no paramétrico será una generalización del algoritmo LDA. Por otro lado, NDA es mucho más efectivo que LDA a la hora de preservar la estructura entre las clases: mientras que LDA únicamente utiliza el gradiente global obtenido a través de los centroides de las dos clases a la hora de desarrollar S_b , el algoritmo NDA utiliza todos los gradientes locales junto con la función $w(i, k)$ para generar S_b .

Tenemos que tener en cuenta que el espacio de características discriminantes es muy amplio y que hay que tener en cuenta todos los posibles subconjuntos contenidos en el inicial, así si el número de características inicial de que disponemos es d , calcularemos el

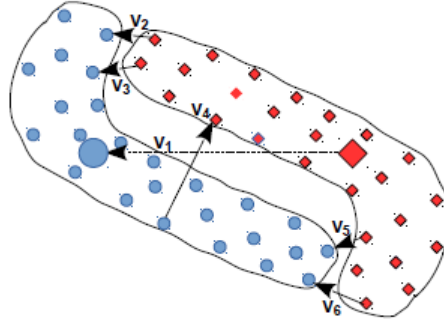


Figura 3.2: Representación del gradiente global v_1 frente a los gradientes locales v_2, \dots, v_6 entre las clases [14].

criterio de separabilidad para los N subconjuntos definidos de la siguiente forma [3]:

$$N = \sum_{i=1}^d \binom{d}{i} = \sum_{i=0}^d \binom{d}{i} 1^i 1^{d-i} - \binom{d}{0} = (1+1)^d - 1 = 2^d - 1 \quad (3.30)$$

por lo que si el número de características es alto el problema es inviable ya que la carga computacional es muy alta. En lugar de buscar la solución óptima, hay que conformarse con la solución subóptima que se puede considerar como válida, siguiendo el siguiente algoritmo:

1. Primero buscamos la característica más discriminante, lo que requerirá un total de d cálculos en el criterio de separabilidad. Como, en este caso, las matrices S_b y S_w tienen un tamaño 1×1 el cálculo es muy rápido.
2. Una vez hemos encontrado la mejor característica, nos quedan $d - 1$. Entre estas, buscamos una segunda tal que el conjunto formado por la primera característica sea el que muestre una mayor separabilidad de entre todos los conjuntos de dos características que incluyan a la primera. Ahora manejamos $d - 1$ matrices de tamaño 2×2 .
3. El mismo proceso se repite hasta agotar todas las características. En cada paso tendremos un conjunto de d' características al que hay que añadir una nueva que sea la que maximice el criterio. Por lo tanto se requieren $d - d'$ cálculos, cada uno de los cuales involucra la inversión de una matriz de tamaño $(d' + 1) \times (d' + 1)$; las matrices son cada vez mayores, pero menos numerosas.

Desarrollo del algoritmo NDA

Los pasos a seguir para la implementación del algoritmo NDA son los siguientes:

1. Calcular el valor de la distancia entre vectores a partir del algoritmo del vecino más cercano o K-Nearest Neighbor (KNN) en función de la clase a la que pertenece cada vector.
2. Calcular la media local de los KNN $M_j(X_{ik})$.
3. Obtener la función $w(i, k)$ que relaciona las distancias de los vectores con los KNN calculados.
4. Obtener las matrices S_b y S_w .
5. Aplicar el criterio de separabilidad $J(X) = \frac{S_b}{S_w}$ para obtener las características más discriminantes.

3.2.2. NWFE

El algoritmo NWFE (Nonparametric Weighed Feature Extraction) es un método de selección de características cuya diferencia con NDA es el cálculo de la media ponderada evaluando cada muestra de forma independiente [15]. Las matrices inter-clase S_b e intra-clase S_w se calcularán bajo esta premisa. Antes de empezar con el desarrollo del criterio tenemos que tener en cuenta que el algoritmo NWFE es un algoritmo subóptimo, como lo es también NDA, ya que el número de características es elevado y la selección, por tanto, inviable por lo que hay que conformarse con una solución subóptima que consideraremos como válida.

En primer lugar calculamos la matriz de distancias W que se define como:

$$W_{lk}^{(i,j)} = \frac{\text{dist}(X_l^{(i)}, X_k^{(j)})^{-1}}{\sum_{t=1}^{n_j} \text{dist}(X_t^{(i)}, X_k^{(j)})^{-1}} \quad (3.31)$$

donde dist representa la distancia euclidiana entre los vectores y n_j el número de vectores de la clase j -ésima. Si la distancia entre los vectores $X_l^{(i)}$ y $X_k^{(j)}$ es pequeña, la función W se acercará a 1; por contra, si la distancia es grande W tenderá a 0.

Cálculo de S_b

La matriz inter-classes S_b del algoritmo NWFE se define de la siguiente forma:

$$S_b = \sum_{i=1}^L P_i \sum_{j=1, j \neq i}^L \sum_{l=1}^{N_i} \lambda_l^{(i,j)} (X_l^{(i)} - M_j(X_l^{(i)}))(X_l^{(i)} - M_j(X_l^{(i)}))^T \quad (3.32)$$

donde L representa el número total de clases y P_i la probabilidad a priori de cada clase definida en (3.22). La ecuación (3.32) es muy similar a (3.29). Las principales diferencias

están las definiciones de la media y de la matriz de medias. La media $M_j(X_l^{(i)})$ sigue la siguiente definición:

$$M_j(X_l^{(i)}) = \sum_{k=1}^{N_i} W_{lk}^{(i,j)} X_k^{(j)} \quad (3.33)$$

Tenemos que tener en consideración que la suma de los valores de $W_{lk}^{(i,j)}$ para $M_j(X_l^{(i)})$ es igual a 1.

Por otro lado, la matriz $\lambda_l^{(i,j)}$ es una función de $X_l^{(i)}$ y de $M_j(X_l^{(i)})$ y se define como:

$$\lambda_l^{(i,j)} = \frac{\text{dist}(X_l^{(i)}, M_j(X_l^{(i)}))^{-1}}{\sum_{t=1}^{N_j} \text{dist}(X_l^{(i)}, M_j(X_l^{(i)}))^{-1}} \quad (3.34)$$

Si la distancia entre $X_l^{(i)}$ y $M_j(X_l^{(i)})$ es pequeña, el valor de $\lambda_l^{(i,j)}$ tenderá hacia 1; por el contrario, si la distancia es grande el valor se acercará a 0. La suma de los valores de $\lambda_l^{(i,j)}$ para la clase i -ésima es 1.

Cálculo de S_w

En este caso la matriz S_w no va a seguir una forma paramétrica como en el algoritmo NDA, sino que tendrá una definición propia no paramétrica:

$$S_w = \sum_{i=1}^L P_i \sum_{l=1}^{N_i} \frac{\lambda_l^{(i,j)}}{n_i} (X_l^{(i)} - M_i(X_l^{(i)}))(X_l^{(i)} - M_i(X_l^{(i)}))^T \quad (3.35)$$

S_w dependerá de $\lambda_l^{(i,j)}$ como de la media ponderada, teniendo en cuenta que la definición de la media no es la misma que la calculada para la matriz S_b :

$$M_i(X_l^{(i)}) = \sum_{k=1}^{N_i} W_{lk}^{(i,j)} X_k^{(i)} \quad (3.36)$$

Para reducir las singularidades y los efectos de los productos vectoriales de las distancias intra-clase regularizamos la matriz como se indica en [13] y así optimizamos los resultados:

$$S_w = 0,5S_w + 0,5S_w \text{diag}(S_w) \quad (3.37)$$

donde $\text{diag}(A)$ engloba los datos de la diagonal principal de la matriz A .

Desarrollo del algoritmo NWFE

Para desarrollar el algoritmo NWFE seguiremos, por tanto, los siguientes pasos:

1. Calcular la distancia entre cada par de vectores teniendo en cuenta la clase a la que pertenece cada vector.

2. Calcular la matriz de distancias $W_{lk}^{(i,j)}$.
3. A partir de $W_{lk}^{(i,j)}$ calcular la media ponderada $M_j(X_l^{(i)})$ y $M_i(X_l^{(i)})$.
4. Obtener la función $\lambda_l^{(i,j)}$.
5. Calcular S_b y regularizar S_w .
6. Aplicar el criterio de separabilidad $J(X) = \frac{S_b}{S_w}$ para obtener las características más discriminantes.

3.3. Implementación en el proyecto

Una vez definidas las características más representativas de la señal de EEG junto con los electrodos, y los dos algoritmos de selección no paramétricos NDA y NWFE, abordaremos la generación de resultados desde dos puntos principales: antes de seleccionar y después de seleccionar.

3.3.1. Pre-selección

A partir de las 20 características definidas, y teniendo en cuenta que el estudio consta de 46 sujetos y que se dispone de 17 electrodos por sujeto, decidimos generar:

1. Una matriz de 340×46 representativa del total de los electrodos cuyas filas incluyen las 340 características (*20 características/electrodo \times 17 electrodos*) y cuyas columnas representan los 46 sujetos incluidos en el estudio.
2. 3 matrices de 140×46 representando la zona frontal, el hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho, cuyas filas incluyen las 140 características (*20 características/electrodo \times 7 electrodos*) y las columnas como los 46 sujetos incluidos en el estudio.
3. Una matriz de 100×46 representativa de la zona parietal-temporal con filas las 100 características (*20 características/electrodo \times 5 electrodos*) y los 46 sujetos como columnas.
4. Una matriz de 60×46 representativa de la zona central cuyas filas incluyen las 60 características (*20 características/electrodo \times 3 electrodos*) y los 46 sujetos del estudio como columnas.
5. Una matriz de 40×46 representativa de la zona occipital con filas las 40 características (*20 características/electrodo \times 2 electrodos*) y las columnas como los 46 sujetos del estudio.

6. 17 matrices de 20×47 , una por cada electrodo, con filas las 20 características de cada electrodo y como columnas los 46 sujetos incluidos en el estudio.

A partir de estas matrices nuestro objetivo consistirá en realizar un análisis estadístico de los datos a fin de encontrar las características y los electrodos más significativos del estudio.

3.3.2. Post-selección

Tras introducir las matrices de resultados definidas anteriormente en los algoritmos de selección de características, obtendremos el conjunto de características más discriminantes: para las agrupaciones se han seleccionado 30 características mientras que para los electrodos la selección ha sido de 17 características. A partir de estos resultados generaremos las siguientes matrices:

1. 7 matrices de 30×46 para las siguientes agrupaciones: total, frontal, central, parietal-temporal, occipital, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho; donde las filas representan las 30 características seleccionadas por el criterio de selección, y cuyas columnas son los 46 sujetos incluidos en el estudio.
2. 17 matrices de 17×46 (una por electrodo) donde las filas representan las 17 características seleccionadas para las matrices de los electrodos individuales y cuyas columnas son los 46 sujetos incluidos en el estudio.

Por lo tanto, con estos resultados estaremos a disposición de realizar un análisis de los datos en función del criterio de selección de características y comparar los resultados de las etapas de pre-selección y post-selección, además de poder utilizar máquinas automáticas de clasificación de patrones con las características seleccionadas y comparar los tipos de filtrado, las matrices de características y los algoritmos de selección de características.

Capítulo 4

Análisis no paramétrico

El análisis de datos a la hora de distinguir entre dos poblaciones ofrece un amplio espectro de posibilidades a la hora de analizar y obtener resultados. Si bien podemos distinguir un test de hipótesis en función de las variables que intervienen en él (una única variable o varias variables), también es importante distinguir entre la distribución de las variables que vamos a contrastar.

En función de la distribución de las variables el análisis puede ser paramétrico o no paramétrico: un análisis paramétrico es aquel en el que los datos dependen de ciertas suposiciones realizadas sobre ellos y la población sigue una distribución conocida y no aleatoria, como por ejemplo una distribución normal en un prueba de hipótesis *t-test*. Por contra, un procedimiento no paramétrico es aquel que no realiza ninguna suposición sobre la población muestreada y sigue una distribución libre y aleatoria [16].

Las principales ventajas de la estadística no paramétrica son las siguientes:

- Uso cuando se desconoce la forma de la población muestreada.
- La carga computacional es menor que en los procedimientos paramétricos.
- Utilización en análisis de datos a partir de clasificaciones de rangos.

En cuanto a sus desventajas:

- Son menos potentes, al no necesitar cumplir ningún requisito previo necesitan un valor del estadístico mayor para rechazar la hipótesis nula que la correspondiente prueba paramétrica.
- La aplicación de test no paramétricos para muestras muy grandes puede ser muy laboriosa.

En este capítulo desarrollaremos un análisis no paramétrico en función de dos vías, mediante métodos univariantes y multivariantes y explicaremos las diferencias que hay entre cada uno de ellos y las situaciones en las que es más conveniente su uso.

4.1. Análisis univariante

El análisis univariante se centra en una única característica o cualidad del individuo. Las características a analizar presentan k modalidades, exhaustivas y mutuamente excluyentes. Dependiendo del tipo de modalidades, las características se pueden considerar como variables y atributos. Los atributos son aquellas características cuyas modalidades no son numéricas. Podemos hablar de atributos ordinales o nominales según admitan una ordenación o no. En cambio, las variables son aquellas características donde las modalidades son numéricas. La realización de un análisis univariante sobre nuestros datos de entrada nos permitirá evaluar cada una de las duplas (par característica-electrodo) que forman las matrices de datos por separado, analizar su nivel significativo y realizar una comparativa de los resultados. Los test seleccionados para llevar a cabo el análisis son la prueba U de Mann-Whitney y la prueba D de Kolmogorov-Smirnov ya que son los que trabajan con clases independientes y esto es lo que se adecua a nuestro estudio.

4.1.1. Metodología de un test de hipótesis univariante

La realización de un test univariante consiste en una serie de etapas que llevan a la consecución de los resultados deseados, en nuestro caso, buscamos el valor del estadístico y del error de la prueba. El desarrollo a seguir se muestra a continuación [4].

Datos, suposiciones y restricciones

A partir de la naturaleza de los datos seleccionamos el tipo de prueba a realizar, para este análisis elegiremos pruebas no paramétricas. Además hay que tener en cuenta una serie de suposiciones y restricciones que tienen que ver con la normalidad de la distribución de la población, la igualdad de varianzas y la independencia de las muestras.

Hipótesis

Distinguimos entre hipótesis nula e hipótesis alternativa: La hipótesis nula es la que debe probarse y se define como H_0 . Se establece con el propósito de ser rechazada. Por contra, la hipótesis alternativa H_A es una proposición que se creará cierta si los datos de la muestra llevan al rechazo de la hipótesis nula. La hipótesis nula es la que debe ser comprobada y debe contener una proposición de igualdad ($=$, $>$ o $<$). Además la hipótesis nula y alternativa son complementarias.

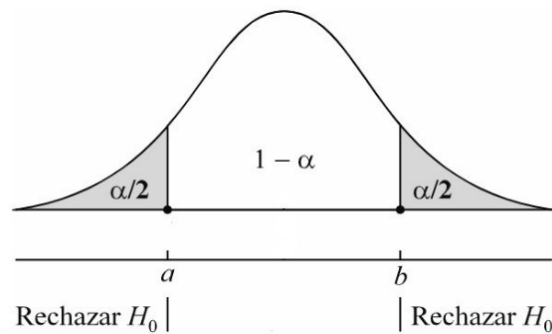


Figura 4.1: Zonas de aceptación y de rechazo para una hipótesis bilateral.

Distribución del estadístico de prueba

El estadístico de prueba se utiliza para rechazar o no la hipótesis nula y sirve para tomar decisiones. Se divide en dos zonas: la región de rechazo, que engloba todos los valores que tienen menor probabilidad de ocurrir y la región de aceptación, formada por los valores con mayor probabilidad de ocurrir.

Cálculo de los valores críticos

Límites entre los cuales se aceptará o rechazará la hipótesis nula. Dependen del nivel significativo α y del número de grados de libertad.

Regla de decisión

Consiste en el rechazo de la hipótesis nula cuando los valores del estadístico de prueba caen en la zona de rechazo y la aceptación cuando caen en la región de aceptación o no rechazo. El nivel significativo α se encarga de decidir qué valores caen en cada región de interés.

Cálculo del estadístico de prueba y decisión

Comparar el estadístico de prueba calculado con las zonas de rechazo y aceptación para comprobar si la hipótesis nula es rechazada. Si el valor del estadístico de prueba cae en la zona de rechazo se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario no se rechaza. Si H_0 se rechaza, se concluye que H_A es verdadera, en cambio si H_0 no se rechaza se concluye que H_A puede ser verdadera.

p-valor

Es el valor más pequeño de α por el que la hipótesis nula se puede rechazar. Dado un p-valor, la hipótesis nula se rechaza para cualquier nivel de $\alpha \geq$ p-valor; por el contrario,

la hipótesis no se rechaza cuando $\alpha < p$ -valor.

4.1.2. Prueba U de Mann-Whitney

La prueba U de Mann-Whitney se utiliza cuando el número de clases es igual a dos y además éstas son independientes entre sí. Como no se cumplen los criterios de normalidad estamos ante un test no paramétrico de dos clases independientes. El test de Mann-Whitney, como la mayoría de test no paramétricos univariantes, se basa en el principio de dar rangos a los datos [17], dentro de nuestro conjunto de datos el valor más pequeño tendrá asignado el valor 1, el siguiente el 2, y así sucesivamente hasta completar todo el conjunto. En el caso de que algunos valores de nuestros datos estén repetidos el rango real será la media de los rangos de estos valores repetidos. En la figura 4.2 vemos un ejemplo de la asignación de rangos a un conjunto de valores.

	Wednesday Data																			
Score	3	5	6	6	7	8	9	10	17	24	27	28	29	30	32	35	35	35	36	39
Potential Rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Actual Rank	1	2	3.5	3.5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	17	17	19	20
Group	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E
	Sum of Ranks for Alcohol (A) = 59										Sum of Ranks for Ecstasy (E) = 151									

	Sunday Data																			
Score	13	13	14	15	15	15	16	16	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	27	35
Potential Rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Actual Rank	1.5	1.5	3	5	5	5	8.5	8.5	8.5	8.5	11	13	13	13	15.5	15.5	17.5	17.5	19	20
Group	A	E	A	A	A	E	A	A	E	E	E	E	A	A	E	A	E	A	E	E
	Sum of Ranks for Alcohol (A) = 90.5										Sum of Ranks for Ecstasy (E) = 119.5									

Figura 4.2: Ejemplo de la asignación de rangos para el test de Mann-Whitney [17].

Datos, suposiciones y restricciones

Disponemos de dos poblaciones o clases, HC y SZ, independientes con unas características biológicas lo suficientemente semejantes como para afirmar que las diferencias entre los dos grupos se basan solamente en sus características cognitivas.

Hipótesis

Las definiciones de las hipótesis nula y alternativa se muestran a continuación [18]:

$$\begin{aligned} H_0 : M_1 - M_2 &= 0 \\ H_A : M_1 - M_2 &\neq 0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

donde M_1 es la mediana de la clase 1 y M_2 la mediana de la clase 2. El test de Mann-Whitney considera como hipótesis nula que las dos clases tengan la misma mediana. Nuestro objetivo es rechazar esta hipótesis y poder decir que las dos clases tienen medianas distintas.

Distribución y definición del estadístico de prueba

La definición del estadístico de prueba es la siguiente:

$$U_i = n_1 n_2 + \frac{n_i(n_i + 1)}{2} - R_i \quad (4.2)$$

donde n_1 y n_2 son el número de muestras de las clases 1 y 2 respectivamente, n_i el número de muestras de la clase i -ésima que queremos evaluar y R_i la suma de los rangos de la clase i -ésima. El estadístico de Mann-Whitney no se distribuye según ninguna función conocida, sino que la distribución está tabulada y sus valores se conocen como *Quantiles of the Mann-Whitney Test Statistic*, por eso está considerado como un test no paramétrico, pero tenemos algunas excepciones: Para números de muestras pequeños la distribución del estadístico U , bajo el supuesto de que la hipótesis nula sea cierta, es discreta y está tabulada. Si los tamaños son suficientemente grandes la distribución del estadístico se aproxima a una normal de parámetros:

$$\mu_U = \frac{n_1 n_2}{2} \quad \sigma_U^2 = \frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} \quad (4.3)$$

El estadístico de prueba es el valor Z :

$$Z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} \quad (4.4)$$

Regla de decisión

La hipótesis nula H_0 se rechaza si el valor de U es menor que α , que es el valor crítico de U calculado de la tabla *Quantiles of the Mann-Whitney Test Statistic*.

p-valor

El p-valor nos indica el nivel de significación del resultado obtenido, el grado de aceptación o rechazo de la hipótesis nula. Valores pequeños denotan el rechazo de que la hipótesis nula sea cierta, mientras que un valor alto indica la situación contraria.

4.1.3. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov

El test de Kolmogorov-Smirnov es un procedimiento no paramétrico basado en la comparación de dos clases independientes entre sí que permite la medición del grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos (muestra) y una distribución teórica específica [19]. Al igual que el test de Mann-Whitney, se basa en el principio de los rangos.

Datos, suposiciones y restricciones

Disponemos de dos poblaciones o clases, HC y SZ, independientes con unas características biológicas lo suficientemente semejantes como para afirmar que las diferencias entre los dos grupos se basan solamente en sus características cognitivas.

Hipótesis y distribución

La definición de las dos hipótesis, la nula y la alternativa dependen de una función de distribución $F(x)$ de frecuencias:

$$\begin{aligned} H_0 : F(x) &= F_0(x) \\ H_A : F(x) &\neq F_0(x) \end{aligned} \quad (4.5)$$

Para obtener la expresión de $F(x)$ tenemos que desarrollar la función de distribución empírica $S_n(x)$:

$$\hat{F}(x) = S_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_{(1)} \\ \frac{i}{n}, & x_{(i)} \leq x_{(i+1)} \\ 1, & x \geq x_n \end{cases} \quad (4.6)$$

donde n es el número de muestras de la clase. Atendiendo a la ecuación podemos observar que la función de distribución se comporta como una distribución de Bernoulli de parámetro p [20] y que se aplica a situaciones en las que un cierto atributo aparece con una probabilidad p de éxito, y la ausencia de este mismo atributo con probabilidad $q = 1 - p$, y cuya ecuación es:

$$p[X = x] = p^x(1 - p)^{1-x} \quad (4.7)$$

Así sin más que sustituir términos y plantear la probabilidad de que $S_n(x) = \frac{i}{n}$ obtenemos la ecuación de la distribución:

$$P(S_n(x) = \frac{i}{n}) = \binom{n}{i} F(x)^i (1 - F(x))^{n-i}, \quad j = 0, 1, \dots, n \quad (4.8)$$

A partir de aquí estamos en disposición de obtener $F(x)$ a partir de la media y la varianza de $S_n(x)$ cuyas definiciones para una distribución de Bernoulli son:

$$E(S_n(x)) = F(x) \quad (4.9)$$

$$V(S_n(x)) = \frac{F(x)(1 - F(x))}{n} \quad (4.10)$$

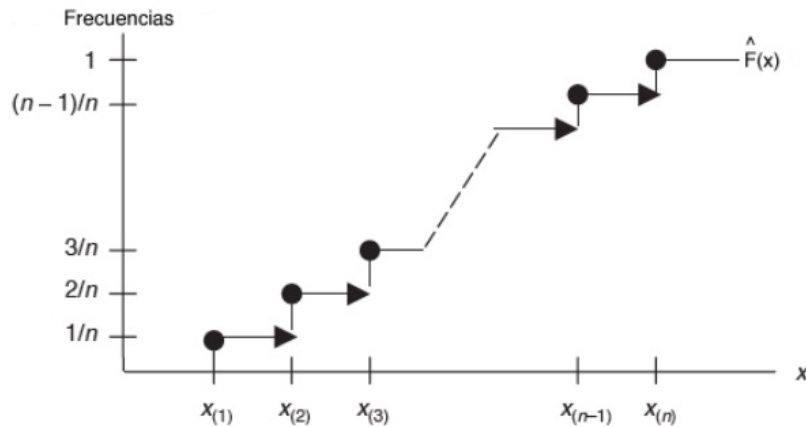


Figura 4.3: Función de distribución empírica $S_n(x)$.

Definición del estadístico de prueba

El estadístico de prueba del test de Kolmogorov-Smirnov se obtiene a partir de la función de distribución empírica $S_n(x)$ y la función de distribución real $F(x)$. La figura 4.4 muestra la representación de las dos distribuciones. La clave para formular el estadístico de prueba es el análisis de dos distancias:

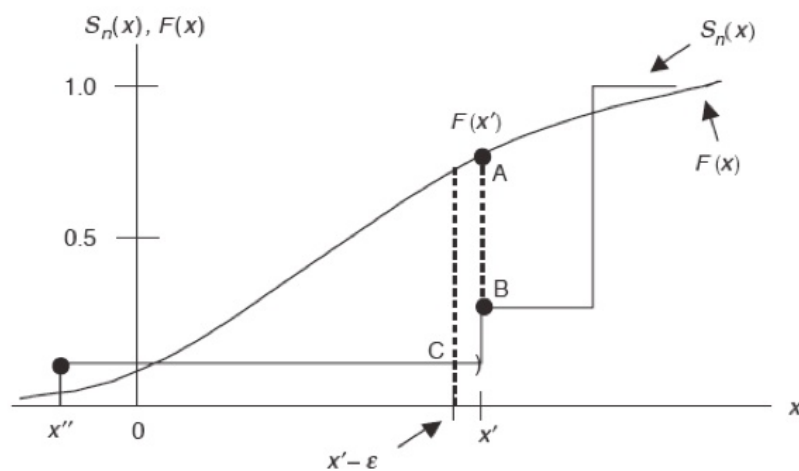


Figura 4.4: Representación de las funciones de distribución $S_n(x)$ y $F(x)$.

$$AB = |S_n(x') - F(x')| \tag{4.11}$$

$$AC = |S_n(x' - \epsilon) - F(x')| \tag{4.12}$$

El estadístico D_n será el máximo de las distancias:

$$D_n = \max\{|S_n(x) - F(x)|, |S_n(x - \epsilon) - F(x)|\} \tag{4.13}$$

Regla de decisión

Al estar la distribución teórica especificada en H_0 , debemos encontrar el valor de la probabilidad F_0 para cada valor ordenado de x . La hipótesis H_0 será rechazada siempre y cuando el valor del estadístico D_n sea menor que el valor significativo α de la tabla *Critical values of the Kolmogorov-Smirnov test*.

p-valor

El p-valor será indicativo a la hora de aceptar o rechazar la hipótesis nula. Este resultado cambiará en función del nivel significativo α de la prueba.

4.2. Análisis multivariante

El análisis multivariante [21] engloba el conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente varias variables para un mismo sujeto de estudio. Para considerar que un análisis es multivariante las variables empleadas deben ser aleatorias y relacionadas de tal manera que el efecto que produzcan no pueda ser interpretado de forma individual. Los objetivos principales del análisis multivariante son: proporcionar métodos estadísticos cuya finalidad sea el estudio de un conjunto de datos que un análisis univariante no sea capaz de evaluar, es decir, desarrollar un modelo de predicción basado en múltiples variables, y hallar las relaciones causa-efecto entre variables. Existen tres grupos de técnicas multivariantes a la hora de realizar un análisis estadístico [22]. Cada una de estas técnicas viene clasificada en función de la naturaleza de las variables: métricas, aquellas en las que los valores tomados por diferentes individuos tienen un significado propio; y no métricas, en las que las distintas características de los elementos estudiados son cualidades o categorías alfabéticas:

- **Métodos de dependencia:** en el conjunto de variables dependientes e independientes, alguna de ellas destaca como dependiente principal. El objetivo consiste en determinar si el conjunto de variables independientes afecta al conjunto de variables dependientes y de qué forma.
- **Métodos de interdependencia:** todas las variables tienen una importancia equivalente, es decir, ninguna variable destaca como dependiente principal. No distinguimos entre variables dependientes e independientes.
- **Métodos estructurales:** suponen que las variables están divididas en dos grupos: dependientes e independientes. El objetivo es analizar no sólo cómo las variables independientes afectan a las dependientes, sino también cómo están relacionadas las variables de los dos grupos entre sí.

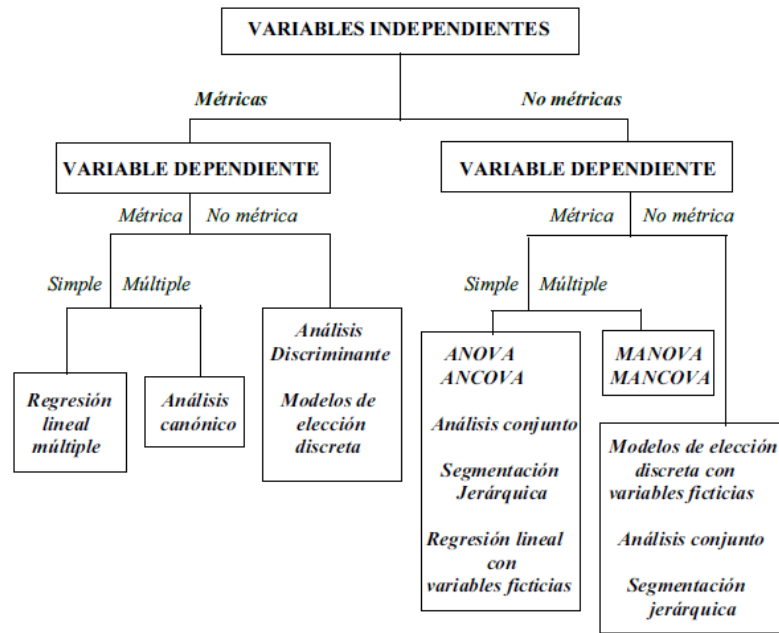


Figura 4.5: Técnicas de análisis de la dependencia [22].

Para nuestro caso de estudio, el análisis multivariante nos permitirá analizar la influencia de unas duplas sobre las otras, teniendo en cuenta que las duplas más significativas tendrán más influencia sobre los datos que las menos significativas, luego la importancia de éstas en el proceso será mayor. Además tenemos que considerar que nuestro análisis es no paramétrico por lo que habrá que seleccionar las técnicas adecuadas. Los test seleccionados para llevar a cabo el estudio han sido dos: *Anosim* y *Adonis*, implementados en el entorno estadístico *R*, ambos multivariantes y basados en la realización de permutaciones.

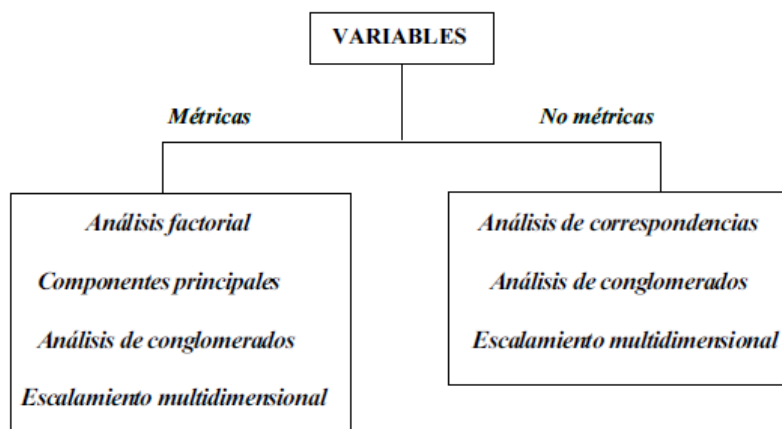


Figura 4.6: Técnicas de análisis de la interdependencia [22].

4.2.1. Metodología de un análisis multivariante

Definir el problema de investigación, objetivos y técnica multivariante conveniente

Definimos los conceptos y relaciones a investigar del problema planteado. Si se propone un modelo de dependencia debemos especificar los conceptos de dependencia e independencia. Si se propone una técnica de interdependencia debemos determinar las dimensiones de la estructura o similitud.

Desarrollar el proyecto de análisis poniendo en práctica la técnica multivariante

Desarrollamos un plan de análisis para la técnica especificada que dirija el conjunto de supuestos que subyacen en la aplicación de la técnica. Estos supuestos pueden ser el tamaño de muestra mínimo deseado, los tipos de variables permitidas, métodos de estimación, etc.

Evaluación de los supuestos básicos de la técnica multivariante

El objetivo es comprobar que se cumplan los requisitos establecidos para la técnica a implementar.

Estimación del modelo multivariante y la valoración del ajuste del modelo

Estimación efectiva del modelo una vez satisfechos todos los supuestos, y valoración global del ajuste del modelo (parámetros significativos individual y globalmente, capacidad de predicción del modelo...)

Interpretación de los valores obtenidos

Una vez estimado el modelo será necesario interpretar los resultados de acuerdo a los valores teóricos posibles. Hasta que no se cumpla esta condición, no existe evidencia empírica de que las relaciones multivariantes de los datos muestrales puedan generalizarse para toda la población.

Validación del modelo multivariante

Aceptar los resultados con un alto grado de fiabilidad mediante la aplicación de contrastes específicos de cada técnica.

4.2.2. Anosim

La función *anosim* del paquete del software estadístico R *vegan* [23] permite comprobar si existen diferencias entre dos o más muestras entre conjuntos de datos. Realizamos un análisis de las similitudes: el objetivo es saber cómo se agrupan entre sí dos grupos diferentes de muestras. Se asume que las distancias deben ser mayores entre las muestras de grupos diferentes que entre las del mismo grupo.

Para la ejecución del test Anosim debemos tener en cuenta que disponemos de dos grupos diferentes: sujetos SZ y HC, que serán comparados a partir de la distancia de “mahalanobis” por el hecho de tener buenos resultados en el ámbito de la discriminación multivariante de poblaciones.

El estadístico de prueba del test Anosim se define como:

$$R = \frac{(r_B - r_W)}{N(N - 1)/4} \quad (4.14)$$

donde N es el número total de muestras, r_B es la media de las disimilitudes entre los grupos y r_W la media de las disimilitudes de las muestras dentro del mismo grupo. Anosim está basado en el método de las permutaciones en el que se van cambiando las muestras de un grupo a otro de manera aleatoria. A partir de estas permutaciones se consigue comprobar el nivel significativo de los datos, así la definición del p-valor para el método Anosim es la siguiente:

$$P = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de } R^\pi \geq R)}{(\text{Total N}^\circ \text{ de } R^\pi)} \quad (4.15)$$

El hecho de realizar permutaciones con las muestras provoca que se obtenga un nuevo valor de R en cada permutación, R^π . El nivel significativo α dependerá, por tanto, del número de permutaciones realizadas: si el número de permutaciones es de 1000, α equivale a 0.05, por el contrario si el número de permutaciones realizadas es de 5000 el nivel significativo disminuirá hasta 0.01.

Anosim es una técnica muy robusta y con buen funcionamiento para muestras de datos pequeñas, y que además no realiza suposiciones sobre los datos como las técnicas paramétricas. Debido a su gran similitud con el test MANOVA se puede considerar como su versión mejorada y no paramétrica.

4.2.3. Adonis

El método Adonis permite realizar un análisis multivariante y no paramétrico [24] que analiza la respuesta simultánea de una o más variables a partir de una distancia, utilizando métodos de permutación.

Disponemos de dos grupos diferenciados, HC y SZ, evaluados a partir de la distancia de “mahalanobis” como en el apartado 4.2.2.

Los objetivos principales del test son: la construcción de un estadístico de prueba F y la obtención de un p-valor mediante una técnica de permutaciones. El cálculo del estadístico es similar al de MANOVA, partiendo del número de grupos a y con N el número de total de muestras, calculamos la suma de los cuadrados de las distancias entre dos conjuntos, i y j . La suma total de los cuadrados de las distancias se define como:

$$SS_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij}^2 \quad (4.16)$$

donde d_{ij} es la distancia entre el conjunto $i = 1, \dots, N$ y el conjunto $j = 1, \dots, N$. Por lo tanto, sumamos todos los cuadrados de las distancias que se sitúan por encima o por debajo de la diagonal principal (sin incluirla) y dividimos entre N .

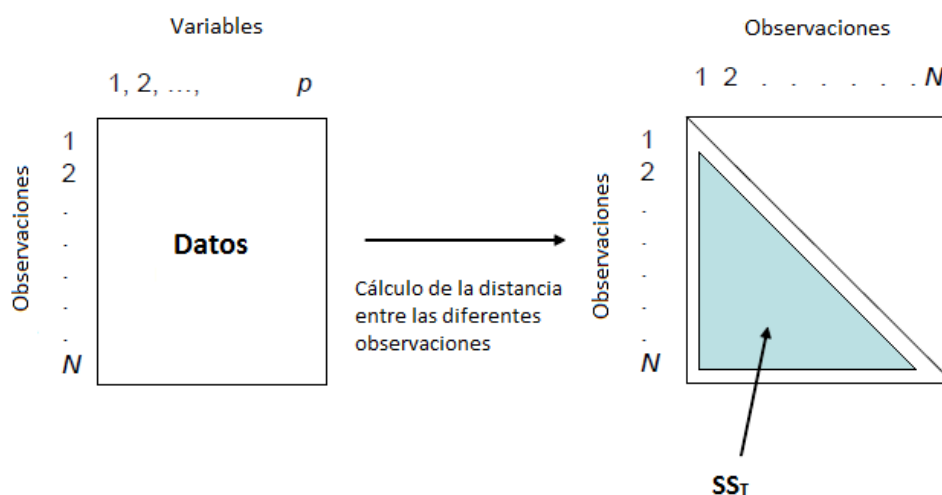


Figura 4.7: Diagrama para el cálculo de la suma total de los cuadrados de la distancia SS_T [25].

Siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente calculamos la suma de los cuadrados de las distancias dentro de un mismo grupo:

$$SS_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij}^2 \varepsilon_{ij} \quad (4.17)$$

con ε_{ij} igual a 1 si el conjunto i y el conjunto j están en el mismo grupo, y 0 en caso contrario. Calculamos la suma de los cuadrados de las distancias y dividimos entre el número de muestras por grupo n .

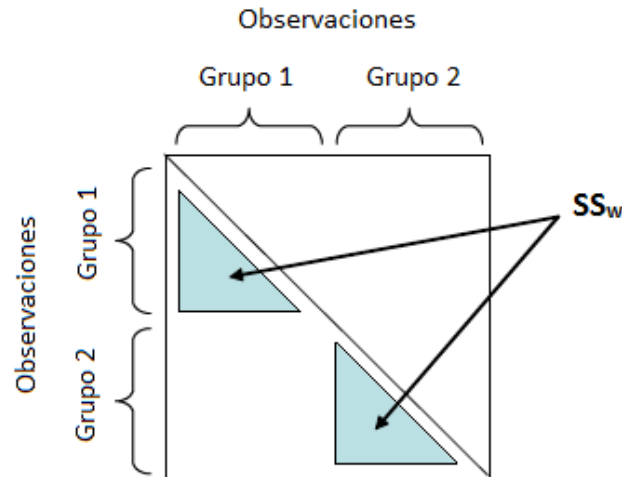


Figura 4.8: Diagrama para el cálculo de la suma de los cuadrados de las distancias dentro de un mismo grupo SS_W [25].

A partir de las dos sumas de distancias podemos definir el estadístico de prueba F como:

$$F = \frac{SS_A/(a - 1)}{SS_W/(N - a)} \quad (4.18)$$

donde $SS_A = SS_T - SS_W$, la suma de los cuadrados de las distancias para muestras de distintos grupos, es decir, si el conjunto i y el conjunto j no pertenecen al mismo grupo. El cálculo del p-valor para Adonis se basa en la realización de permutaciones sobre las muestras, al igual que en Anosim. La definición, por lo tanto, seguirá la misma ecuación pero con un estadístico de prueba diferente:

$$P = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de } F^\pi \geq F) + 1}{(\text{Total N}^\circ \text{ de } F^\pi) + 1} \quad (4.19)$$

A partir del número de permutaciones realizadas sobre los datos se define el nivel significativo α . El valor típico de $\alpha = 0,05$ se consigue con un número de permutaciones igual a 999.

Adonis es mucho más robusto que MANOVA y Anosim, por eso en muchos modelos de muestras que pueden ser implementados con Anosim, se utiliza también Adonis. El test Adonis se conoce habitualmente como MANOVA permutacional porque el estadístico de prueba F es el mismo que el del test paramétrico pero la diferencia más significativa es el uso de permutaciones a la hora de calcular el nivel significativo y los p-valores.

Capítulo 5

Resultados

La implementación de algoritmos de selección de características y de test de hipótesis sobre los datos arrojan una serie de resultados que tenemos que interpretar correctamente para así poder comparar y decidir cuáles son los más eficientes. Para ello haremos uso de diferentes técnicas de análisis que nos permitirán realizar comparaciones entre los criterios de selección y los métodos, tanto univariantes como multivariantes, utilizados. Nuestro objetivo será, por tanto, evaluar los resultados en función del filtrado utilizado, el algoritmo de selección de características elegido y el test de hipótesis seleccionado. Posteriormente se comprobará el rendimiento de una serie de clasificadores sobre los datos de partida a partir de la generación de las curvas ROC.

5.1. Técnicas de análisis de resultados

La presentación de resultados admite un gran número de métodos y muy variados, podemos representar los datos mediante gráficos o generar tablas con unos valores determinados. Es muy importante elegir una técnica de presentación adecuada para un determinado conjunto de datos ya que si no lo hacemos los resultados pueden ser inconcluyentes y no válidos. En el presente proyecto abordaremos varias formas de presentar los resultados en función de los datos de partida: primeramente analizaremos los diferentes test de hipótesis planteados a partir de gráficos (*topoplot* y *boxplot*) y de tablas de p-valores. Por otro lado analizaremos los clasificadores a través de curvas ROC y de boxplot para representar su AUC.

5.1.1. Topoplot

Un topoplot es una representación de valores en función de los electrodos propuestos en el sistema internacional 10-20 del capítulo 2. El gráfico está formado por un círculo que representa la cabeza de una persona desde una vista cenital con los 17 electrodos situados, y una escala de colores que indica el valor que se presenta en el gráfico.

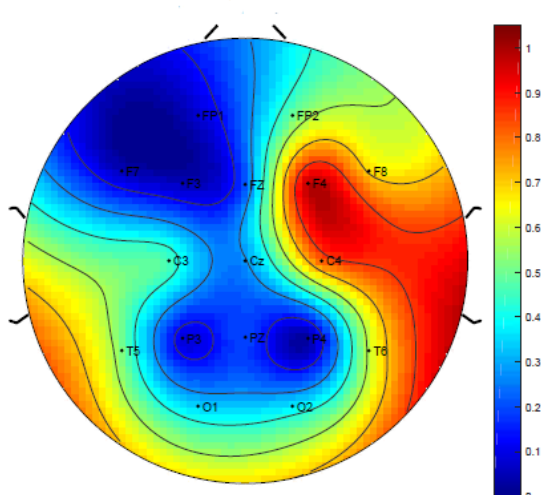


Figura 5.1: Ejemplo de topoplot.

5.1.2. Boxplot

Es un gráfico basado en cuartiles en el que se presenta una distribución de una o más series de datos cuantitativos. Este tipo de representación utiliza una sola escala, que es la correspondiente a la variable de los datos que se presentan.

Los elementos que constituyen el boxplot son los siguientes:

- Cuartil inferior: representa el valor mayor que el 25% de los valores de la distribución.
- Cuartil superior: representa el valor que sobrepasa al 75% de los valores de la distribución.
- Caja: rectángulo que presenta el recorrido intercuartílico (RIC) de la distribución, es decir, el conjunto de valores que van desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior.
- Mediana: línea horizontal dibujada dentro de la caja que corresponde al valor de esta medida.
- Bigotes (*Whiskers*): líneas verticales que salen de los costados de la caja y que sirven como referencia para ubicar todas aquellas observaciones que están fuera del 50% central de la distribución.
- Outlier: representación de aquellos valores que se encuentran fuera del conjunto RIC y los bigotes de la distribución. Se considera un outlier el valor que supera en un factor de $3/2$ el valor de los cuartiles.

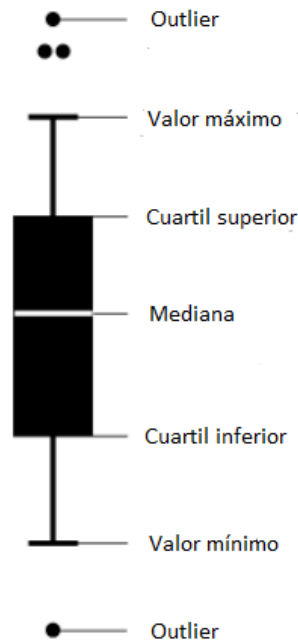


Figura 5.2: Representación gráfica de un boxplot [26].

- Valores máximo y mínimo: valores extremos de la distribución excluyendo los outliers.

En función de la distribución de los valores del boxplot podemos distinguir entre tres tipos de gráficos: si los datos siguen una distribución normal la mediana se situará en el centro de la caja y cada bigote tendrá una longitud de 1.5 veces la caja. Si la distribución es asimétrica podemos distinguir entre distribuciones con sesgo negativo (mediana más cercana al cuartil superior y bigote inferior más largo que el superior) y con sesgo positivo (mediana más cercana al cuartil inferior y bigote superior más largo que el inferior).

5.1.3. Curva ROC

Las curvas ROC (*Receiver Operating Characteristics*) son un modelo de gráfico muy útil a la hora de visualizar, organizar y seleccionar clasificadores basándonos en su rendimiento [27]. La representación de la gráfica se basa en la distinción de dos clases, positiva (HC) y negativa (SZ). El clasificador se define como un esquema de comparación entre las clases reales y la decisión del clasificador a partir de un umbral, esto se conoce como matriz de confusión; hay cuatro posibles opciones de clasificación:

- Si la instancia es positiva y el clasificador la considera como tal estamos ante un Verdadero Positivo. El sujeto HC se clasifica como HC.

- Si la instancia es negativa y es clasificada como negativa estamos ante un Verdadero Negativo. El sujeto SZ se clasifica como SZ.
- Si la instancia es positiva y es clasificada como negativa estamos ante un Falso Negativo. El sujeto HC se clasifica como SZ.
- Si la instancia es negativa y es clasificada como positiva estamos ante un Falso Positivo. El sujeto SZ se clasifica como HC.

Salida predicha	1	Verdadero positivo 446 63.8%	Falso positivo 5 0.7%	98.9% 1.1%
	2	Falso negativo 12 1.7%	Verdadero negativo 236 33.8%	95.2% 4.8%
		97.4% 2.6%	97.9% 2.1%	97.6% 2.4%
		1	2	
		Salida real		

Figura 5.3: Esquema de una matriz de confusión aleatoria.

A partir de los resultados obtenidos con la matriz de confusión de un clasificador determinado podemos definir un conjunto de *ratios* relativos:

- **Sensibilidad.** Ratio de verdaderos positivos:

$$Sensibilidad = \frac{n^{\circ} \text{ de verdaderos positivos}}{n^{\circ} \text{ de positivos real total}} = 1 - \frac{n^{\circ} \text{ de falsos negativos}}{n^{\circ} \text{ de positivos real total}} \quad (5.1)$$

- **Especificidad.** Ratio de verdaderos negativos:

$$Especificidad = \frac{n^{\circ} \text{ de verdaderos negativos}}{n^{\circ} \text{ de negativos real total}} = 1 - \frac{n^{\circ} \text{ de falsos positivos}}{n^{\circ} \text{ de negativos real total}} \quad (5.2)$$

Una vez conocidas las cuatro opciones de clasificación podemos representar la curva ROC: en el eje de abscisas X presentamos la tasa de Falsos Positivos o 1 - Especificidad, y en el eje de ordenadas Y la tasa de Verdaderos Positivos o Sensibilidad.

Las curvas ROC cumplen las siguientes propiedades:

- Función monótona creciente en el primer cuadrante.
- No se ven afectadas si experimentan una transformación estrictamente creciente en los resultados de clasificación. Por tanto, no varía su resultado en el proceso de normalización de clasificadores.
- Dado un umbral $T = t$, la pendiente de la curva ROC para dicho umbral será $\frac{dy}{dx} = \frac{P(t|positivo)}{P(t|negativo)}$, donde el numerador representa la probabilidad de que el umbral se considere como una instancia positiva, y el denominador la probabilidad de que el umbral se considere como una instancia negativa.

La curva ROC posee por definición un número infinito de umbrales de decisión, lo que nos lleva al resultado de que es imposible plantear todos los umbrales de decisión posibles para un clasificador concreto, por eso la solución más adecuada es normalizar el clasificador previamente variando el umbral únicamente entre 0 y 1 [28].

Análisis de la curva ROC

A la hora de analizar una curva ROC determinada tenemos que tener en cuenta ciertas regiones de interés en el plano sabiendo que el eje X representa los errores y el eje Y los aciertos:

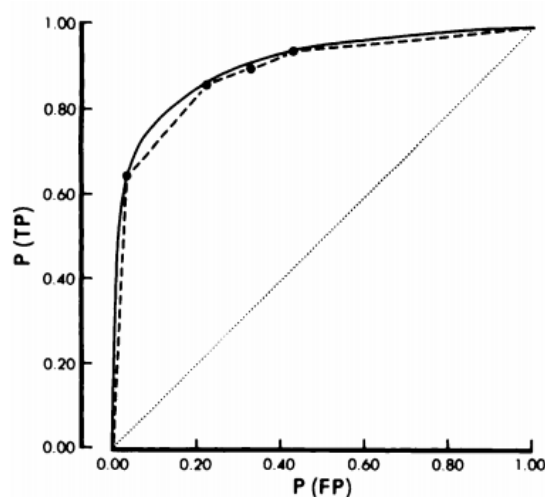


Figura 5.4: Ejemplo de curva ROC [29].

- Los extremos de la gráfica, los puntos (0,0) y (1,1), representan las situaciones límite fijadas por los umbrales de decisión: el punto (0,0) representa la clasificación negativa de todas las muestras ya que el valor del umbral es muy elevado. No se cometerán errores para los datos de clase negativa, pero todos los que pertenezcan a la clase positiva serán erróneos. El punto (1,1) propone la situación contraria, el umbral es muy bajo y la clasificación será positiva.
- El punto (0,1) representa la clasificación óptima ya que las muestras serán clasificadas correctamente independientemente de que pertenezcan a la clase positiva o negativa. La efectividad es del 100 %.
- La diagonal $Y = X$ del punto (0,0) al punto (1,1) representa el comportamiento aleatorio de la curva ROC. Todos los puntos que estén sobre la diagonal poseen la misma cantidad de acierto que de error. La diagonal separa dos regiones bien diferenciadas: una zona por debajo de la diagonal principal y otra por encima. Si el clasificador se encuentra por debajo de la diagonal de comportamiento aleatorio estamos en un caso donde la probabilidad de acierto es menor del 50 %. En esta situación la hipótesis contraria obtendría una mayor tasa de acierto. Normalmente esta región no suele tener muestras de las curvas ROC. Por el contrario, si el clasificador se encuentra por encima de la diagonal de comportamiento aleatorio las muestras tienen una probabilidad de acierto mayor que el 50 %. Aquellos puntos que se sitúen cercanos a la esquina superior izquierda serán los que mayor probabilidad de acierto tendrán ya que la tasa de verdaderos positivos es alta mientras que la tasa de falsos positivos es baja.

Área bajo la curva AUC

El área bajo la curva ROC (*AUC*, *Area Under the Curve*) se utiliza para comparar el rendimiento de los clasificadores en una curva ROC determinada. Es una medida muy útil ya que reducimos toda la complejidad gráfica de la curva ROC a un valor escalar comprendido entre 0 y 1. En función del valor del AUC distinguimos entre estas tres situaciones:

- Si el valor es próximo a 0 el clasificador tendrá una tasa de errores mayor que la de aciertos, luego si el criterio de elección fuese el contrario se obtendrían mejores resultados.
- Si el valor es cercano a 0.5 el clasificador se encuentra en la zona de probabilidad aleatoria lo que equivale a una clasificación al azar similar a lanzar una moneda al

aire para decidir si una muestra pertenece a una clase o a otra, por lo que no será útil.

- Si el valor es cercano a 1 el clasificador tendrá un buen funcionamiento y proporcionará una alta tasa de aciertos.

5.2. Resultados del análisis univariante: boxplots y topoplots de p-valores

El análisis univariante se encarga evaluar una única característica y extraer las conclusiones oportunas sobre ella. La realización de los test no paramétricos de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov nos permitirá analizar el conjunto de duplas que forman nuestros datos de partida.

El objetivo del análisis univariante es averiguar qué duplas son las más significativas para los dos test univariantes a partir del p-valor y de la representación del conjunto de características y electrodos para los dos filtrados.

5.2.1. Prueba U de Mann-Whitney

En la sección 4.1.2 se introdujeron los principios básicos de la prueba U de Mann-Whitney. A partir de los boxplots de p-valores tanto de características como de electrodos obtenemos el conjunto de características y electrodos más representativos del test.

Boxplots de p-valores

Por un lado analizaremos los boxplots de las características y por otro los de los electrodos. Primeramente realizamos el estudio de las 20 características extraídas de la señal de EEG para los los filtrados de 15 Hz y 35 Hz.

La figura 5.5 muestra los boxplots de cada una de las características en función del test de Mann-Whitney, donde cada uno de ellos esta formado por los 17 p-valores de cada dupla de dicha característica. En función del filtrado el boxplot es diferente para una misma característica, así aplicando el filtro de 15 Hz las características más representativas son *PSE*, *Mean Frequency*, *Mean* y *ZC*. Por otro lado, el filtro de 35 Hz tiene como características más significativas *PSE*, *Mean Frequency*, *Mode Frequency* y *Mean*.

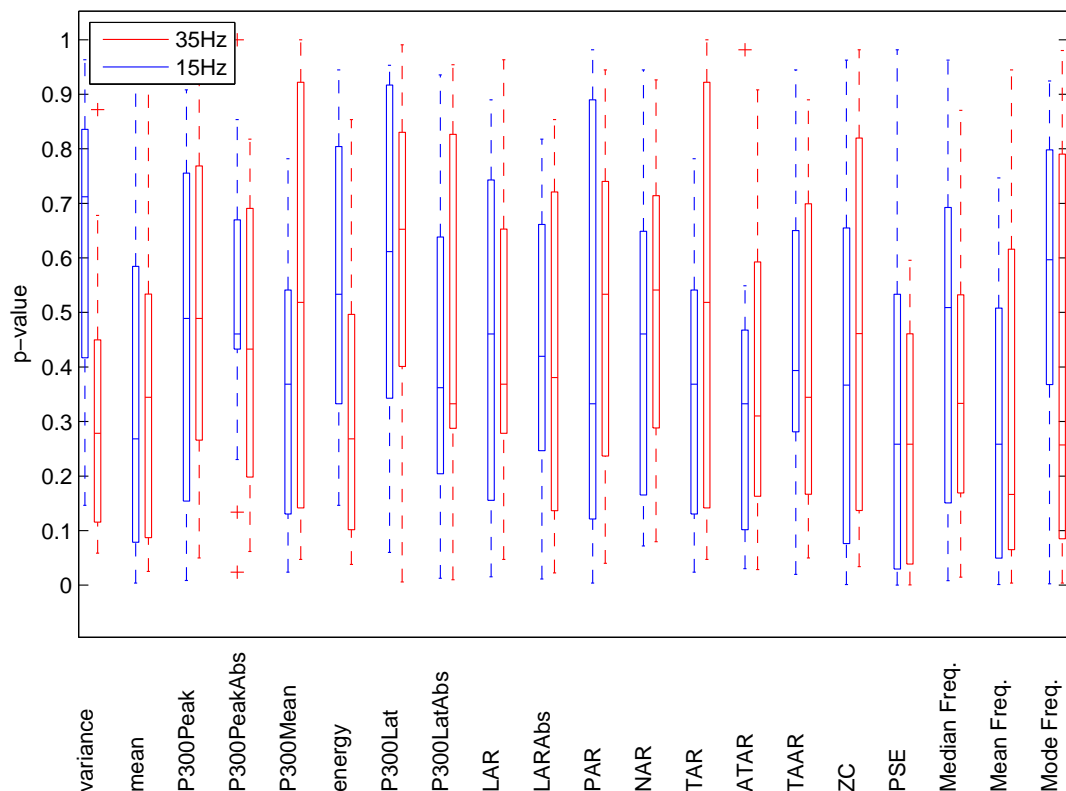


Figura 5.5: Boxplots de p-valores para las características según la prueba U de Mann-Whitney.

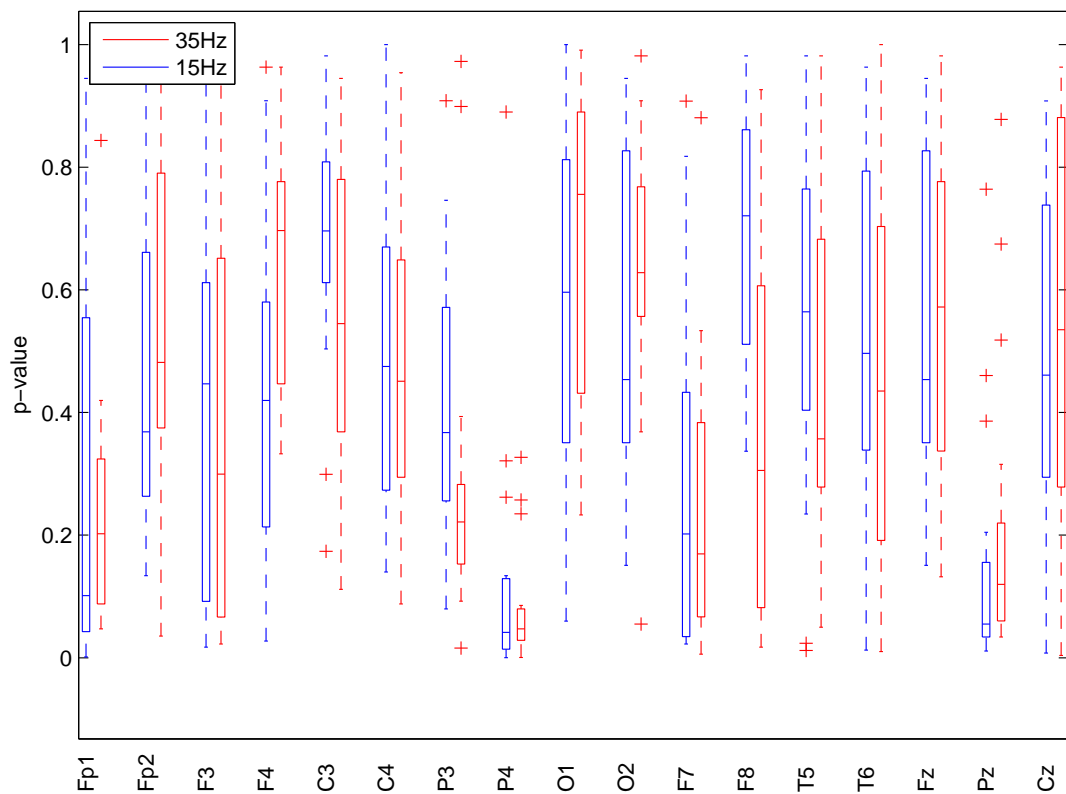


Figura 5.6: Boxplots de p-valores para los electrodos según la prueba U de Mann-Whitney.

En la figura 5.6, los boxplots de electrodos están formados por los 20 p-valores de las duplas que forman cada electrodo. Los electrodos más significativos para el filtrado de 15 Hz son $P4$, Pz , $F7$ y $Fp1$. Para el filtrado de 35 Hz los electrodos más importantes son $P4$, $F3$ y Pz .

Mann-Whitney			
Características		Electrodos	
15Hz	35Hz	15Hz	35Hz
PSE	PSE	P4	P4
Mean Freq.	Mean Freq.	Pz	F3
Mean	Mean	F7	Pz
ZC	Mode Freq.	Fp1	

Tabla 5.1: Conjunto de características y electrodos más representativos según la prueba U de Mann-Whitney.

A partir de este breve análisis hemos conseguido seleccionar un conjunto de electrodos y características que se suponen representativos para el test realizado (Tabla 5.1). Al igual que en [4], el par característica-electrodo más representativo es PSE y $P4$.

Boxplots de duplas

El conjunto de duplas de los datos de entrada es muy amplio (340 duplas x 2 filtros) por eso hemos establecido un baremo y representaremos sólo aquellas que son significativas, aquellas cuyo p-valor es menor que 0.05 tras realizar la prueba U de Mann-Whitney. A la hora de dibujar el boxplot hay que tener en cuenta el nivel del p-valor representado, el número de asteriscos:

- $p \leq 0,0001 \Rightarrow 10^*$
- $p \leq 0,0005 \Rightarrow 9^*$
- $p \leq 0,001 \Rightarrow 8^*$
- $p \leq 0,0025 \Rightarrow 7^*$
- $p \leq 0,005 \Rightarrow 6^*$
- $p \leq 0,01 \Rightarrow 5^*$
- $p \leq 0,02 \Rightarrow 4^*$
- $p \leq 0,03 \Rightarrow * * *$
- $p \leq 0,04 \Rightarrow * *$

- $p \leq 0,05 \Rightarrow *$

El objetivo es el estudio de todas aquellas duplas significativas de las características y electrodos más representativos de la prueba U de Mann-Whitney (ver Tabla 5.1) y comparar los resultados obtenidos para los dos grupos de pacientes, HC y SZ. El resto de duplas no representadas se pueden consultar en el apéndice D.1 del proyecto.

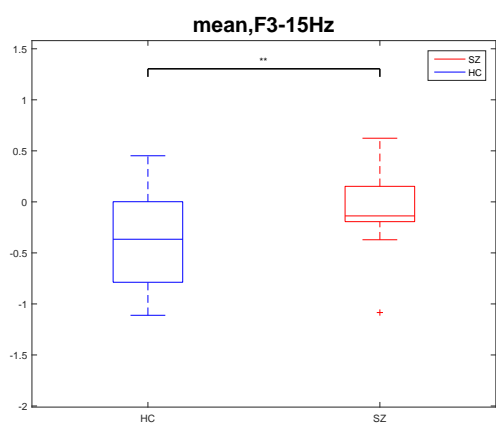


Figura 5.7: {Mean,F3}-15Hz

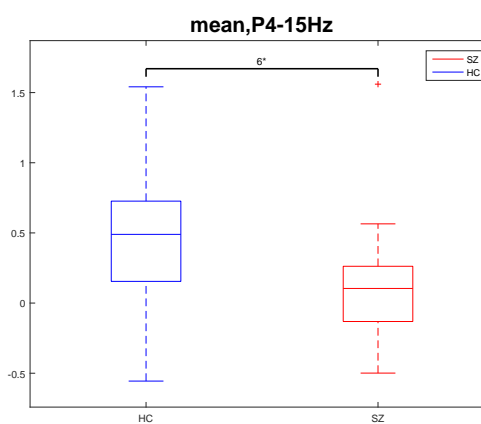


Figura 5.8: {Mean,P4}-15Hz

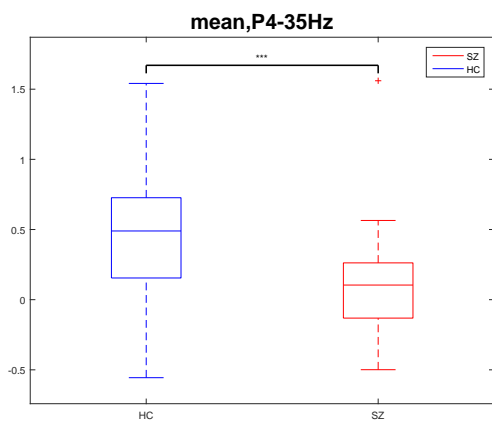


Figura 5.9: {Mean,P4}-35Hz

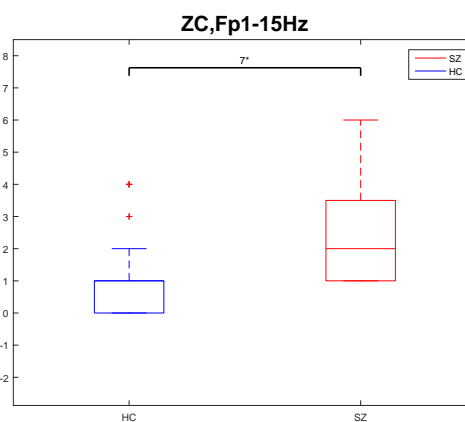


Figura 5.10: {ZC,Fp1}-15Hz

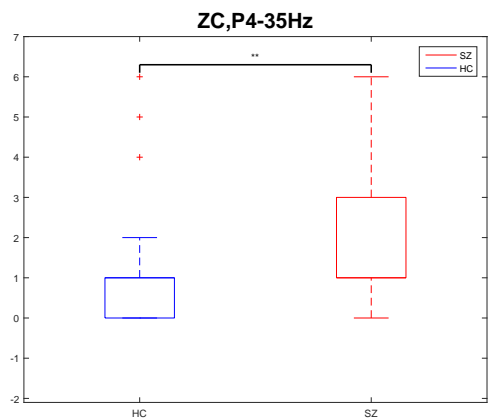


Figura 5.11: {ZC,P4}-35Hz

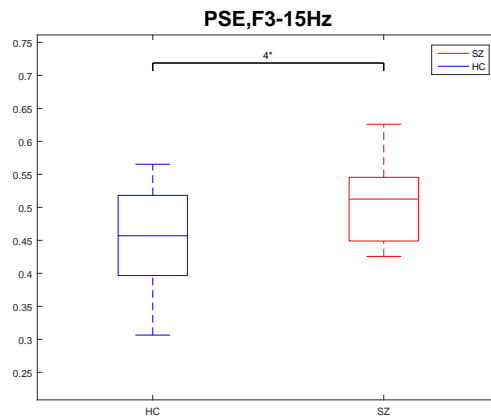


Figura 5.12: {PSE,F3}-15Hz

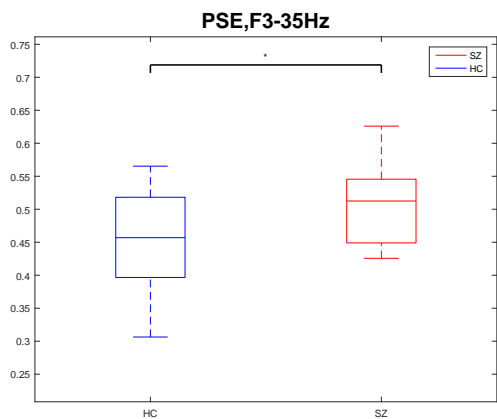


Figura 5.13: {PSE,F3}-35Hz

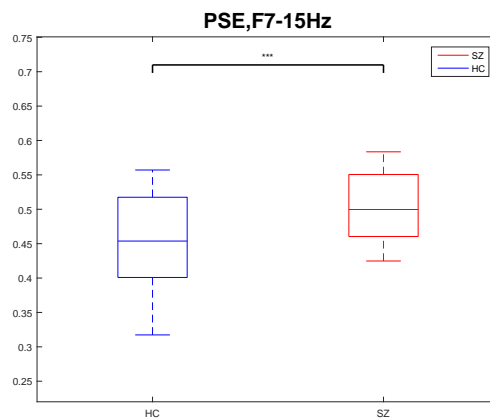


Figura 5.14: {PSE,F7}-15Hz

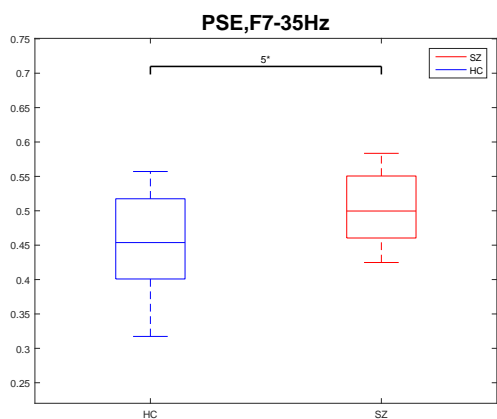


Figura 5.15: {PSE,F7}-35Hz

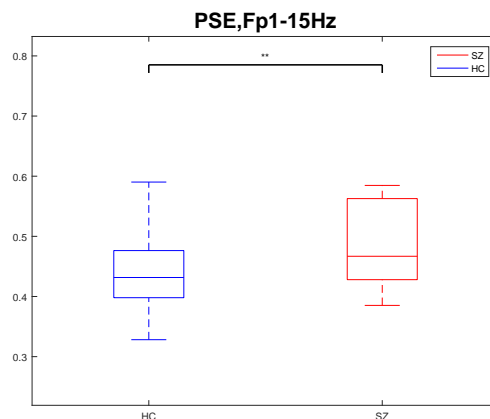


Figura 5.16: {PSE,Fp1}-15Hz

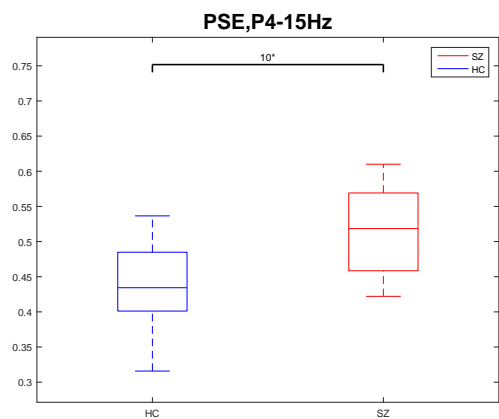


Figura 5.17: {PSE,P4}-15Hz

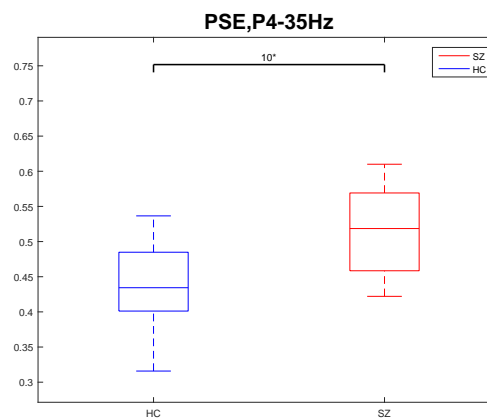


Figura 5.18: {PSE,P4}-35Hz

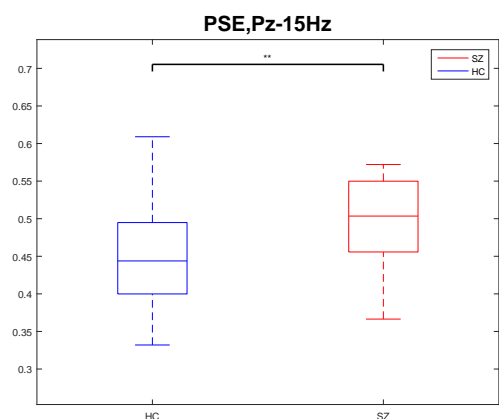


Figura 5.19: {PSE,Pz}-15Hz

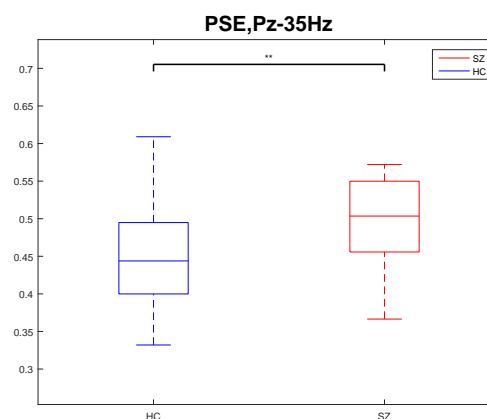


Figura 5.20: {PSE,Pz}-35Hz

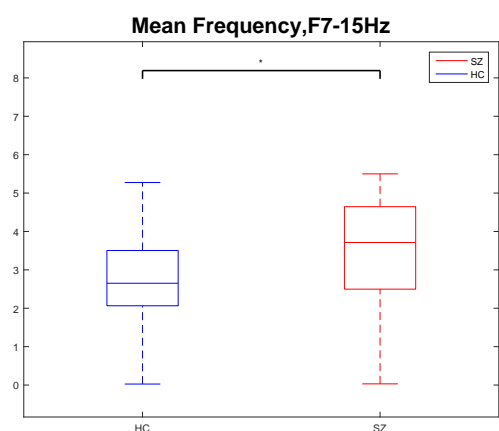


Figura 5.21: {Mean Freq.,F7}-15Hz

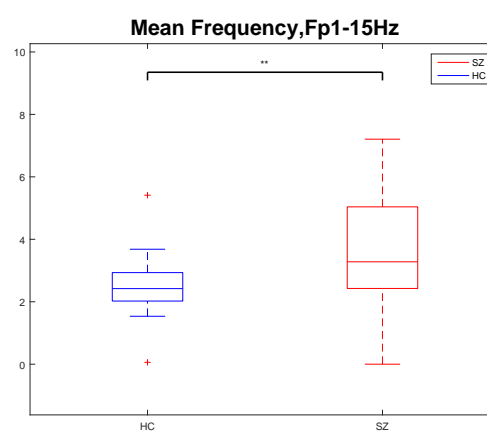


Figura 5.22: {Mean Freq.,Fp1}-15Hz

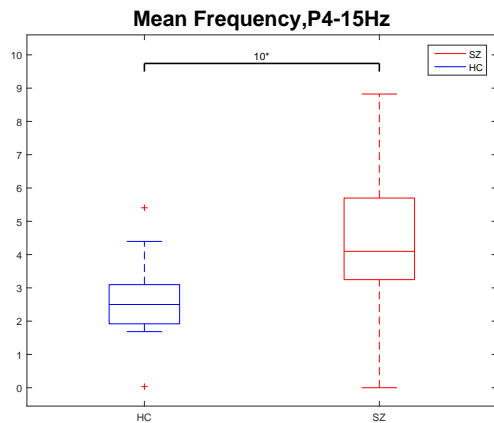


Figura 5.23: {Mean Freq.,P4}-15Hz

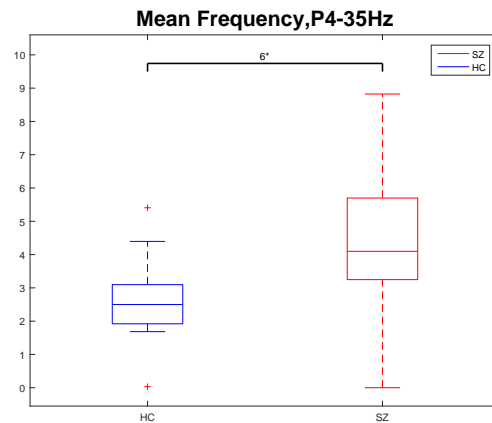


Figura 5.24: {Mean Freq.,P4}-35Hz

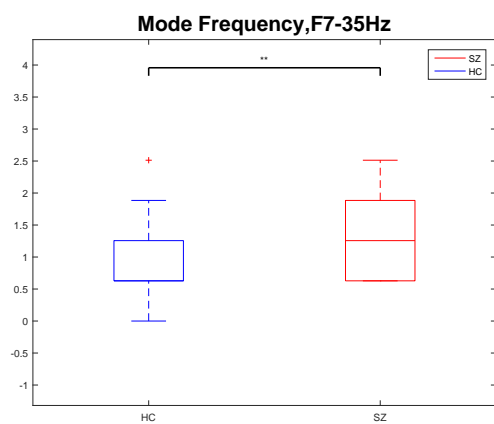


Figura 5.25: {Mode Freq.,F7}-35Hz

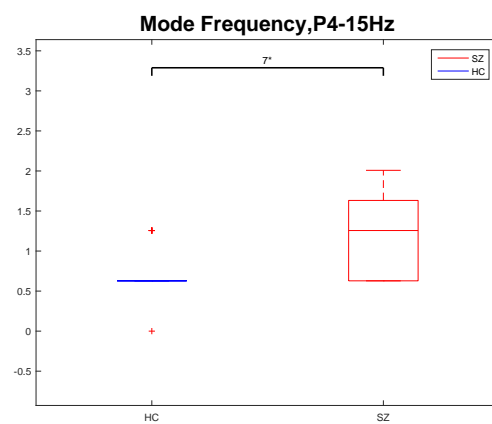


Figura 5.26: {Mode Freq.,P4}-15Hz

Topoplot de características

La representación de los p-valores de cada característica a través del topoplot nos permitirá ver la influencia de cada electrodo y de la zona de la cabeza en los p-valores obtenidos. El gráfico se basa en un esquema de colores donde los tonos azules indican p-valores bajos y los tonos rojos p-valores altos. El número de topoplots realizados es de dos por característica: uno para el filtro de 15 Hz y otro para el de 35 Hz, luego el número total es de 40 topoplots. Estudiaremos los topoplots de las características más representativas para los dos filtrados así como la media general de todas las características en conjunto, el resto de representaciones se pueden consultar en el apéndice C.1 del proyecto. A partir de los gráficos extraeremos las oportunas conclusiones (sección 5.2.3) sobre los mejores electrodos y las zonas de la cabeza que proporcionan menores p-valores de todo el conjunto.

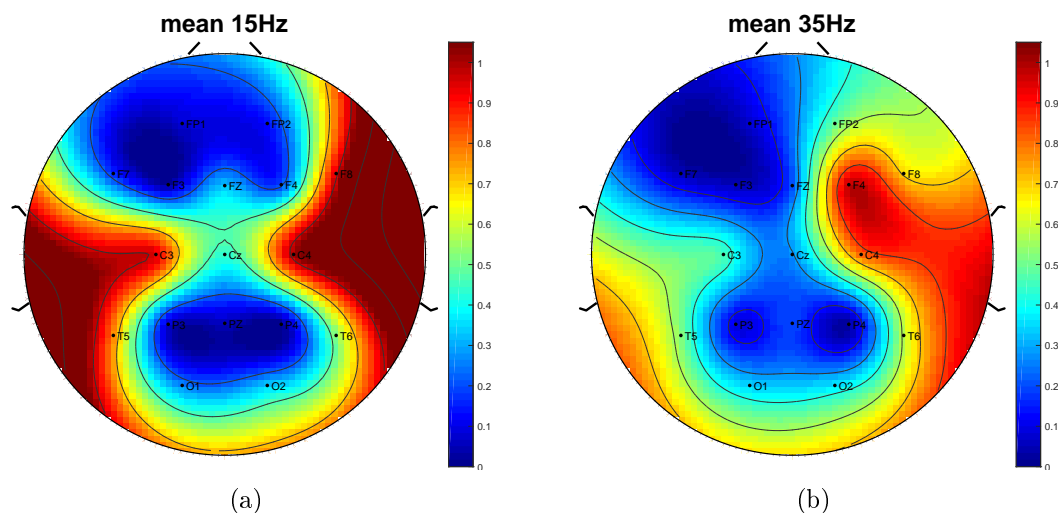


Figura 5.27: Topoplots para la característica **Mean** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son P_4 , F_3 , Pz y $Fp1$, y para el filtro de 35 Hz son P_4 , F_3 , $Fp1$ y P_3 . La característica se presenta con una tasa de error menor en las zonas parietal y frontal de la cabeza.

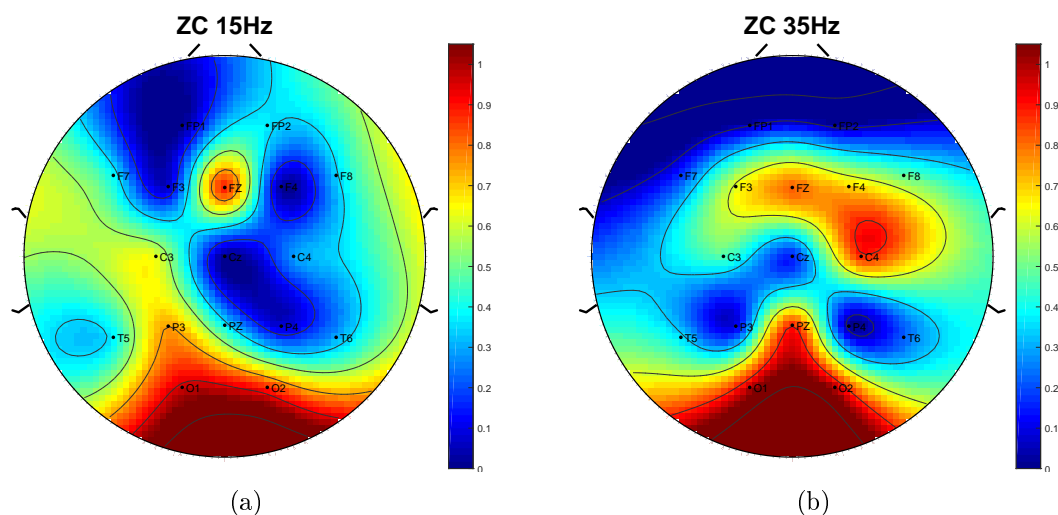


Figura 5.28: Topoplots para la característica **ZC** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: los 4 electrodos con menor p-valor para el filtro de 15 Hz son $Fp1$, F_4 , Cz y F_3 , y para el filtro de 35 Hz, P_4 , $Fp2$, $Fp1$ y F_3 . Las menores tasas de error para ZC se consiguen por tanto, en la zona frontal de la cabeza.

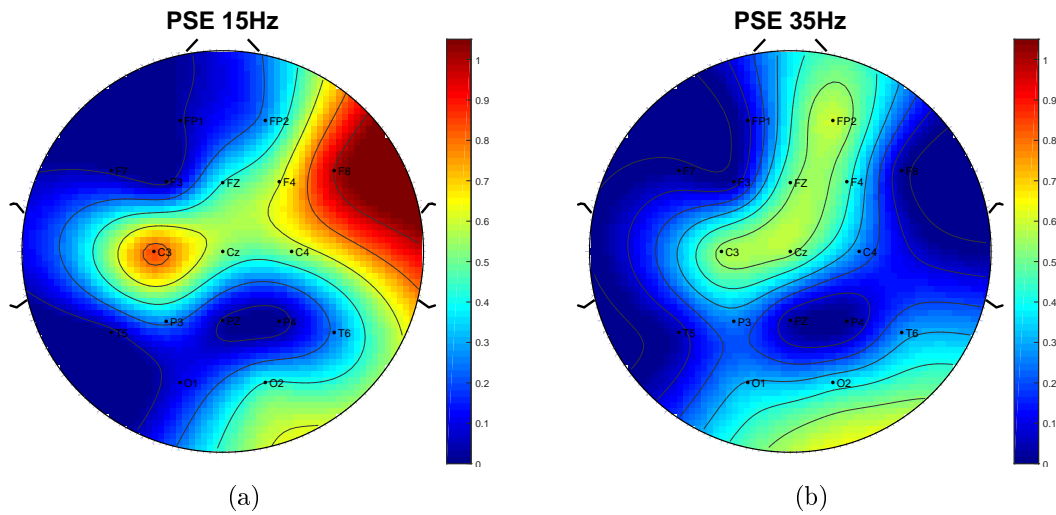


Figura 5.29: Topoplots para la característica **PSE** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos de menor p-valor son P_4 , T_5 , F_3 y F_7 , mientras que para el filtro de 35 Hz son P_4 , F_7 , F_8 y P_z . Las menores tasas de error de PSE se consiguen en la zona parietal-temporal y frontal de la cabeza.

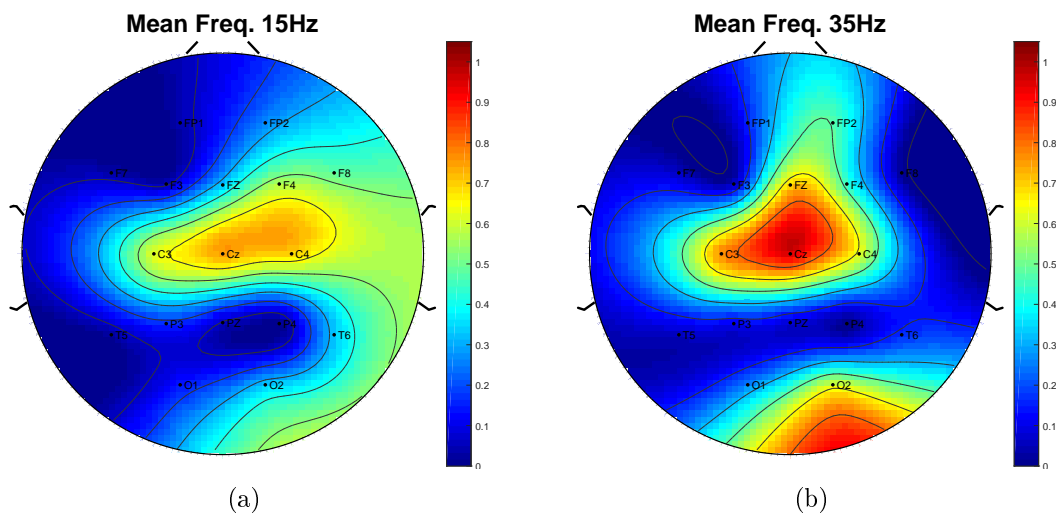


Figura 5.30: Topoplots para la característica **Mean Freq.** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: los 4 electrodos con menor p-valor para el filtro de 15 Hz son P_4 , T_5 , $Fp1$ y F_7 , con una tasa de error baja en las zonas frontal y parietal-temporal, mientras que para el filtro de 35 Hz los mejores electrodos son P_4 , F_8 , F_3 y F_7 , con tasas de error bajas en la zona frontal de la cabeza.

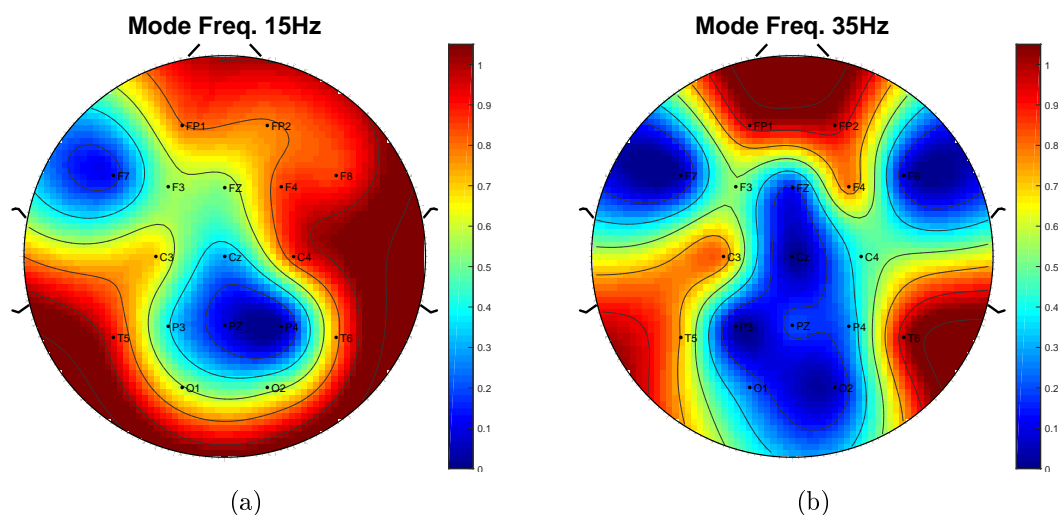


Figura 5.31: Topoplots para la característica **Mode Freq.** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: los 4 electrodos con menor p-valor para un filtrado de 15 Hz son P_4 , Pz , $F7$ y Cz , con tasas de error bajas en la zona parietal; para el filtro de 35 Hz los 4 electrodos son $P3$, $F7$, Fz y Pz , con tasas de error bajas en la zona frontal y parietal.

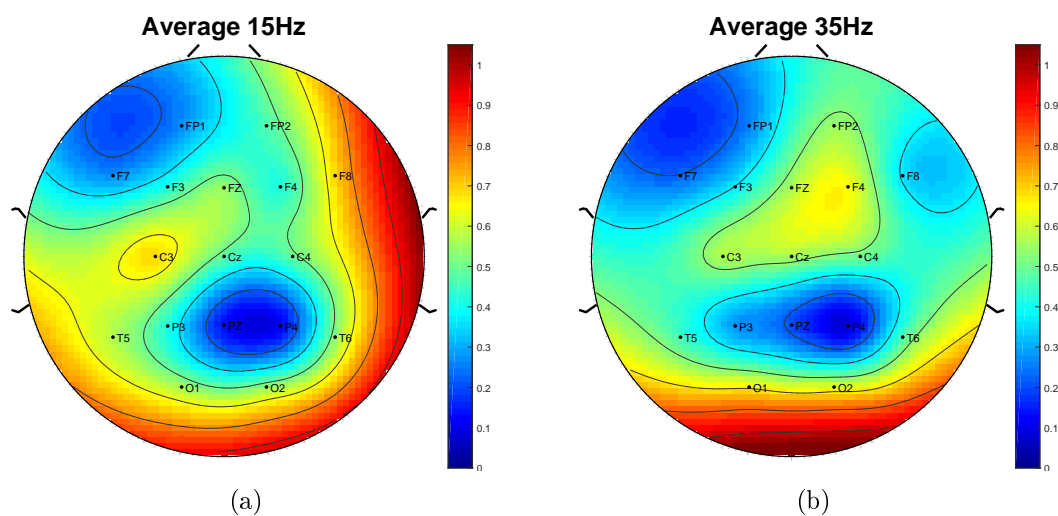


Figura 5.32: Topoplots media de características según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz: el conjunto de todas las características resulta en una influencia alta de los electrodos P_4 y $Fp1$, y de la zona parietal-temporal de la cabeza a la hora de conseguir p-valores bajos.

5.2.2. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov

Al igual que en la prueba U de Mann-Whitney anteriormente realizada, a partir de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov detallada en la sección 4.1.3 obtenemos las características y electrodos más representativos así como su duplas más importantes.

Boxplots de p-valores

Analizamos las 20 características a través de los boxplot de p-valores obtenidos para los filtros de 15 Hz y 35 Hz.

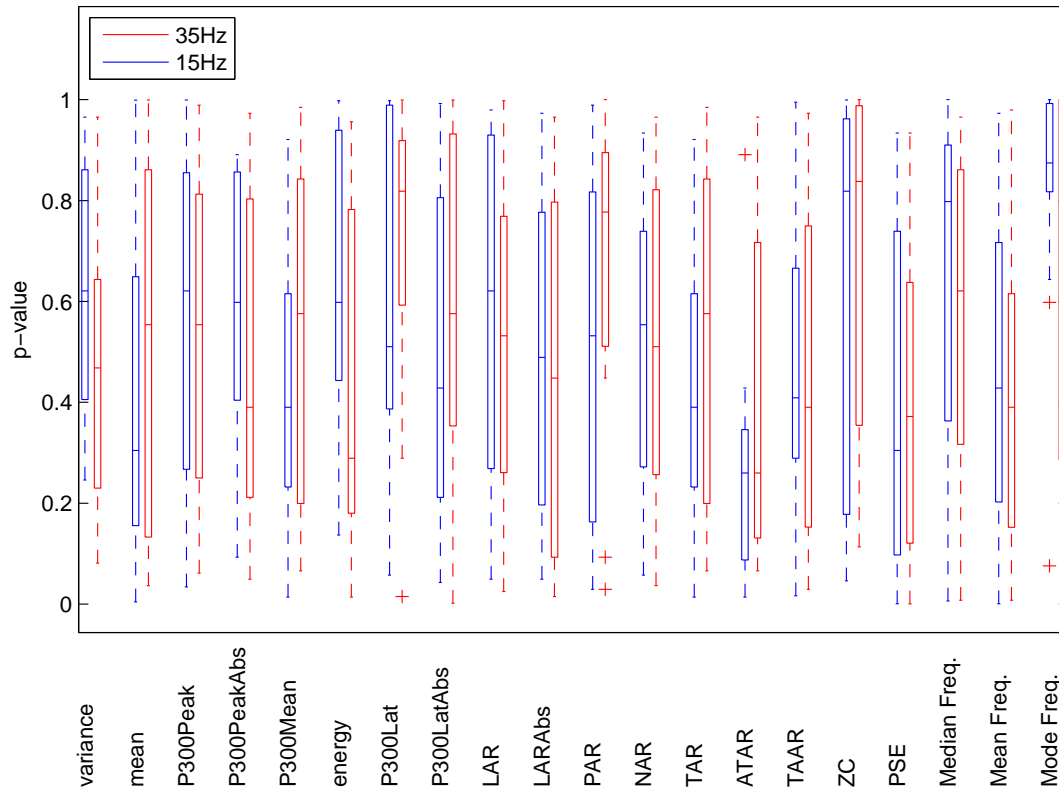


Figura 5.33: Boxplots de p-valores para las características según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.

Cada uno de los boxplot está formado por los 17 p-valores de las duplas de la característica en concreto. Distinguiendo entre dos filtrados, 15 Hz y 35 Hz, las características más representativas en función del filtro de 15 Hz son *ATAR*, *PSE*, *Mean* y *PAR*, mientras que para el filtro de 35 Hz son *LARAbs*, *PSE*, *ATAR* y *Mean*.

En cuanto a los electodos, representamos los boxplot de p-valores de los 17 electodos captadores de señales de EEG para los dos filtrados.

Los boxplot de los 17 electodos se muestran en la figura 5.34, donde cada boxplot está formado por los p-valores de las 20 duplas relativas al electodo en concreto. Para el filtro de 15 Hz los electodos más significativos son *P4*, *Fp1* y *Pz*, mientras que para el filtro de 35 Hz los electodos más significativos son *P4*, *F7* y *P3*.

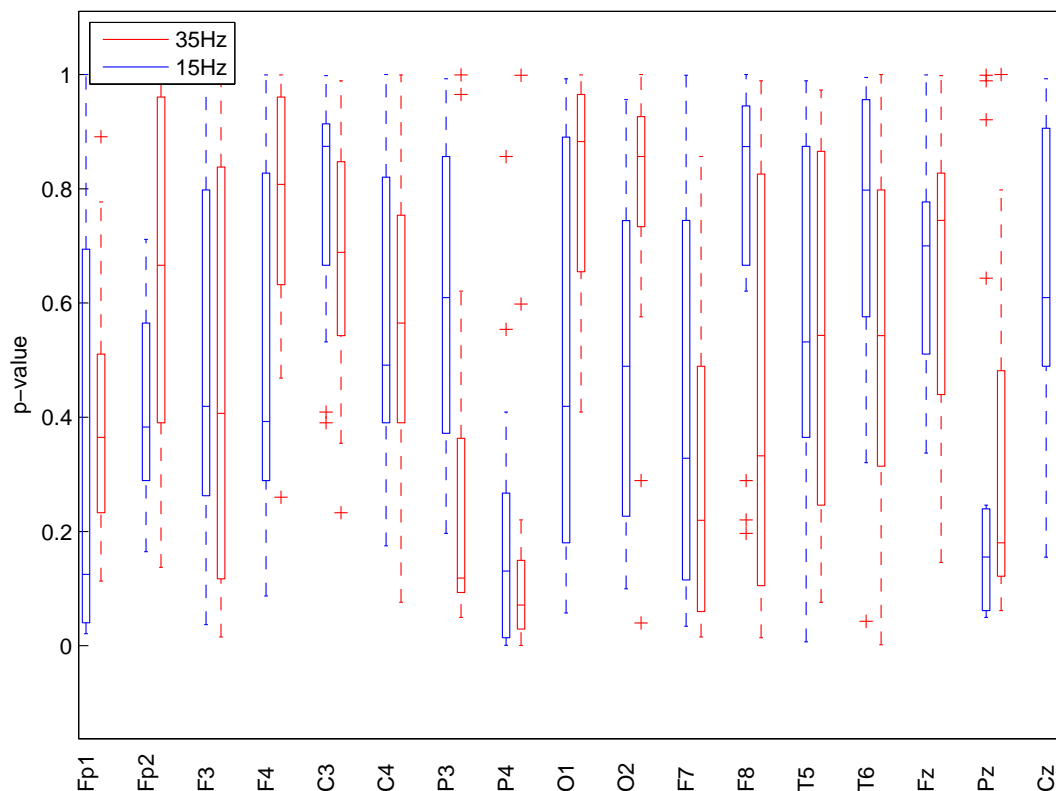


Figura 5.34: Boxplots de p-valores para los electrodos según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.

Kolmogorov-Smirnov			
Características		Electrodos	
15Hz	35Hz	15Hz	35Hz
ATAR	LARAbs	P4	P4
PSE	PSE	Fp1	F7
Mean	Mean	Pz	P3
PAR	ATAR		

Tabla 5.2: Conjunto de características y electrodos más representativos según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.

A partir del conjunto de características y electrodos obtenidos (ver Tabla 5.2) estamos en disposición de analizar las duplas más significativas obtenidas por el test de Kolmogorov-Smirnov así como los topoplots de las características más representativas y la influencia de cada electrodo.

Boxplots de duplas

Al igual que en la prueba U de Mann-Whitney el conjunto de duplas de los datos de entrada es muy amplio (340 duplas x 2 filtros) así que representaremos las más

significativas ($p\text{-valor} \leq 0,05$) tras realizar el test de Kolmogorov-Smirnov.

El objetivo es representar todas aquellas duplas significativas de las características y electrodos más representativos de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov (ver Tabla 5.2) y comparar los resultados obtenidos para los dos grupos de pacientes, HC y SZ. El resto de duplas no representadas se pueden visualizar en el apéndice D.2 del proyecto.

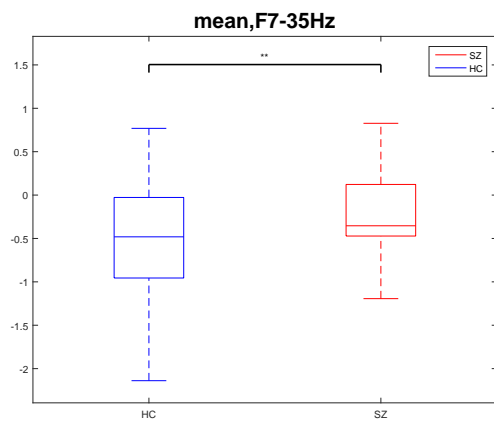


Figura 5.35: {Mean,F7}-35Hz

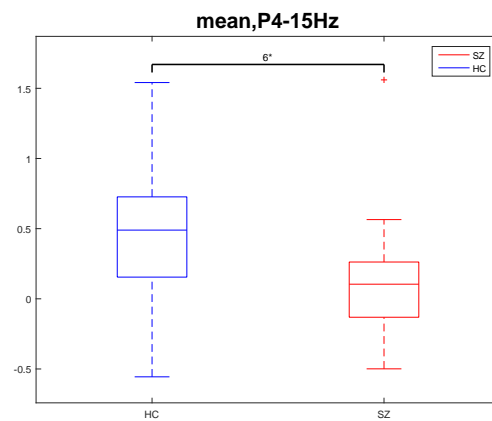


Figura 5.36: {Mean,P4}-15Hz

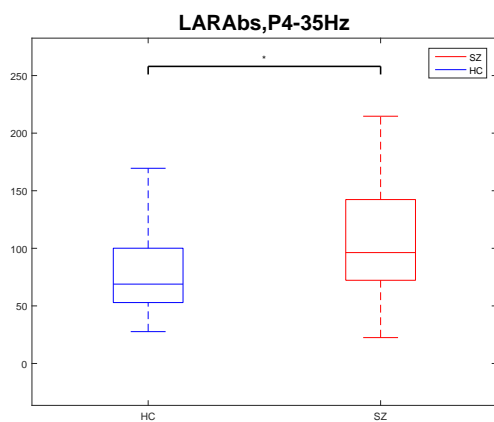


Figura 5.37: {LARAbs,P4}-35Hz

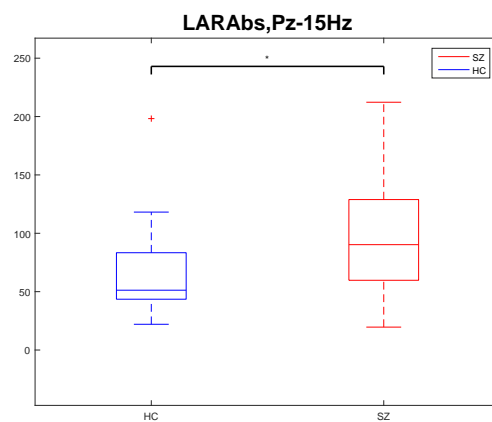


Figura 5.38: {LARAbs,Pz}-15Hz

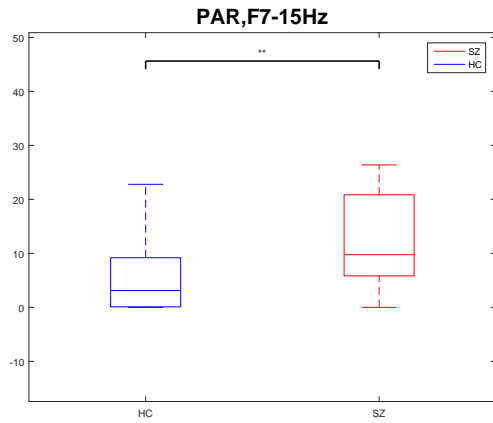


Figura 5.39: {PAR,Fp1}-15Hz

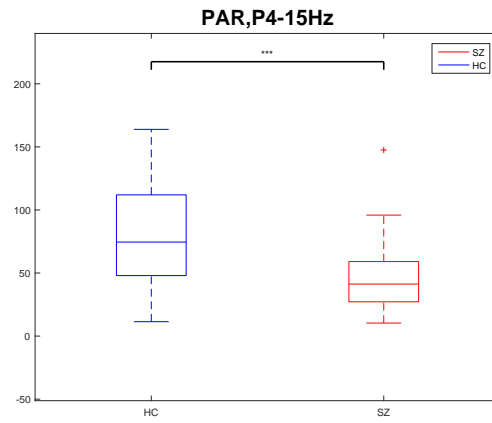


Figura 5.40: {PAR,P4}-15Hz

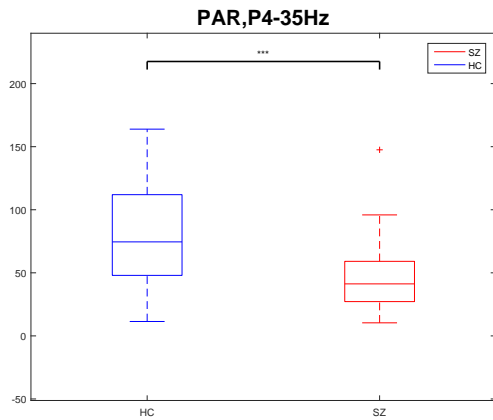


Figura 5.41: {PAR,P4}-35Hz

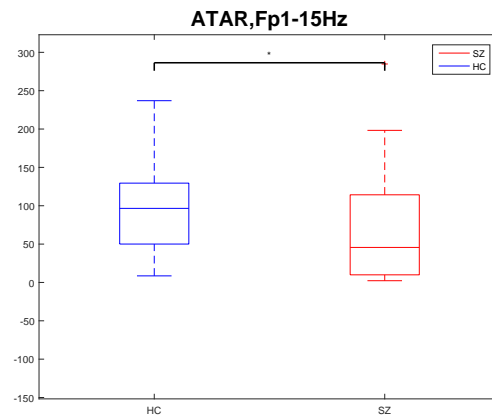


Figura 5.42: {ATAR,Fp1}-15Hz

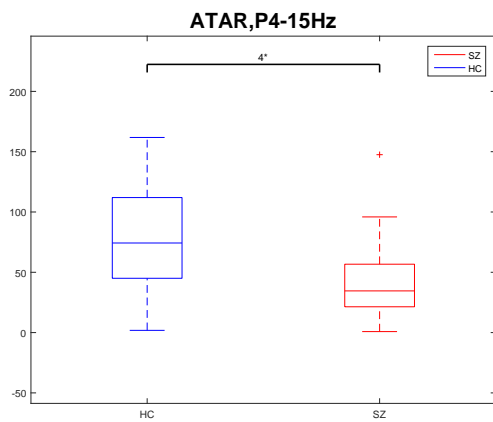


Figura 5.43: {ATAR,P4}-15Hz

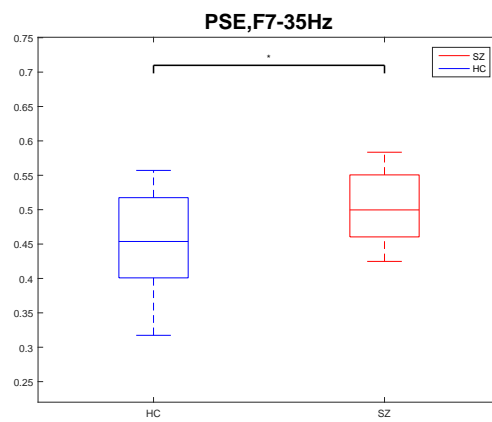


Figura 5.44: {PSE,F7}-35Hz

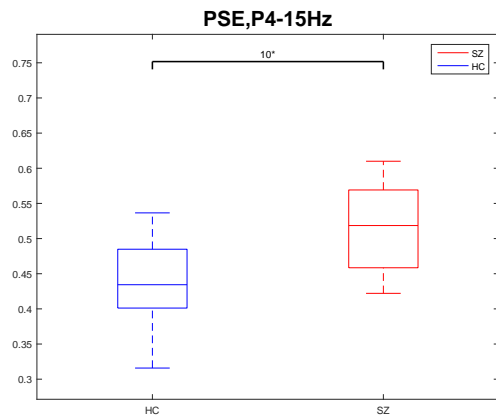


Figura 5.45: {PSE,P4}-15Hz

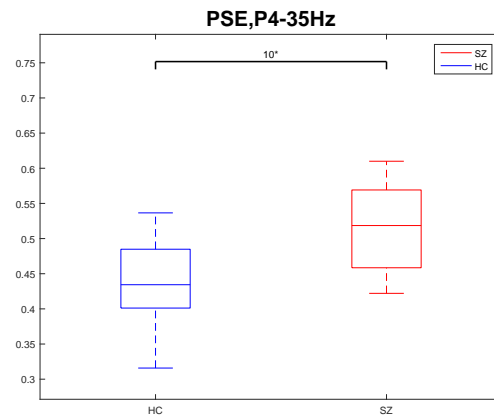


Figura 5.46: {PSE,P4}-35Hz

Topoplot de características

A partir del topoplot de características analizaremos la influencia de cada electrodo en la obtención de duplas significativas. el procedimiento a seguir será el mismo que en la sección 5.2.1, con 40 topoplots totales, representaremos las características más significativas así como la media del conjunto, mientras que el resto de gráficas se podrán consultar en el apéndice C.2 del presente proyecto.

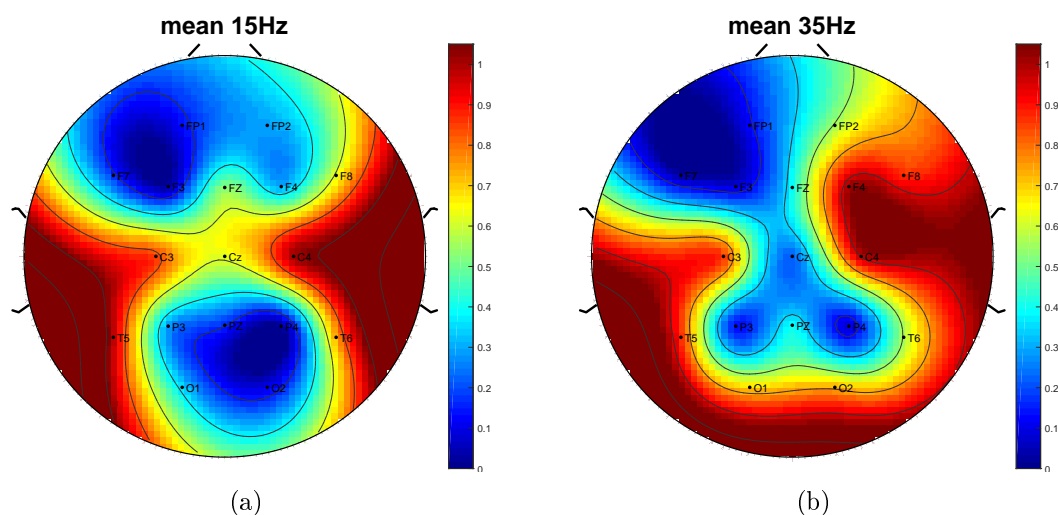


Figura 5.47: Topoplots para la característica **Mean** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son P_4 , F_3 , O_2 y $Fp1$, y para el filtro de 35 Hz son F_7 , P_4 , F_3 y $Fp1$. La característica se presenta con una tasa de error menor en las zonas parietal y frontal de la cabeza.

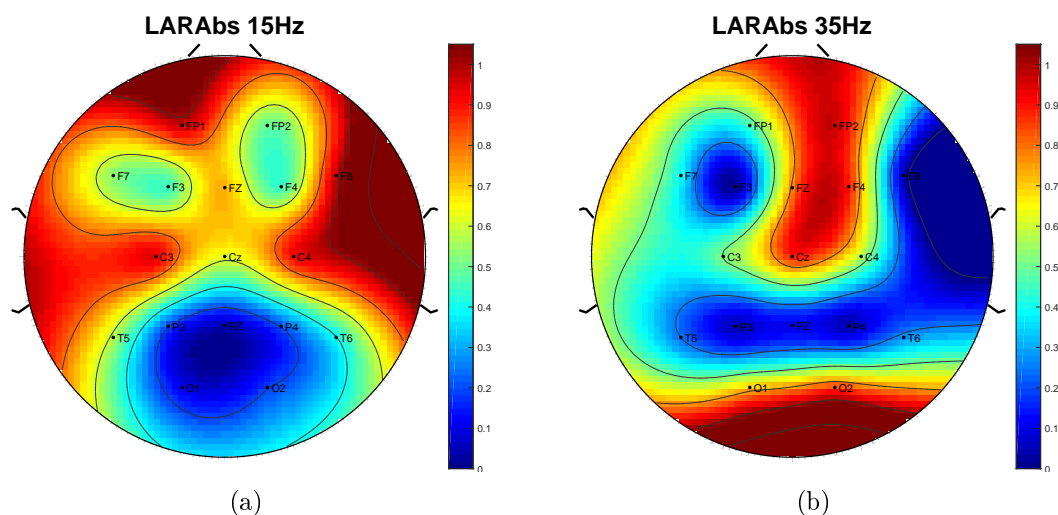


Figura 5.48: Topoplots para la característica **LARAbs** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son $O1$, $O2$, $P3$ y $P4$, teniendo mucha influencia las zonas parietal y occipital, y para el filtro de 35 Hz son $F3$, $P4$, $F8$ y Pz , donde la zona parietal proporciona las menores tasas de error.

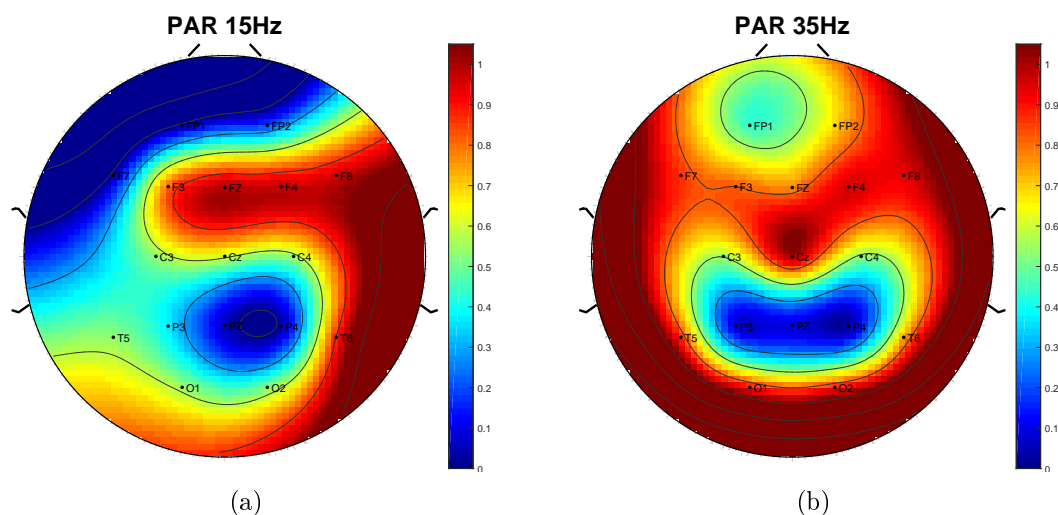


Figura 5.49: Topoplots para la característica **PAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son $P4$, $Fp1$, $F7$ y Pz , y las zonas parietal y frontal las de mayor influencia, mientras que para el filtro de 35 Hz son $P4$, $P3$, Pz y $Fp1$, predominando la zona parietal.

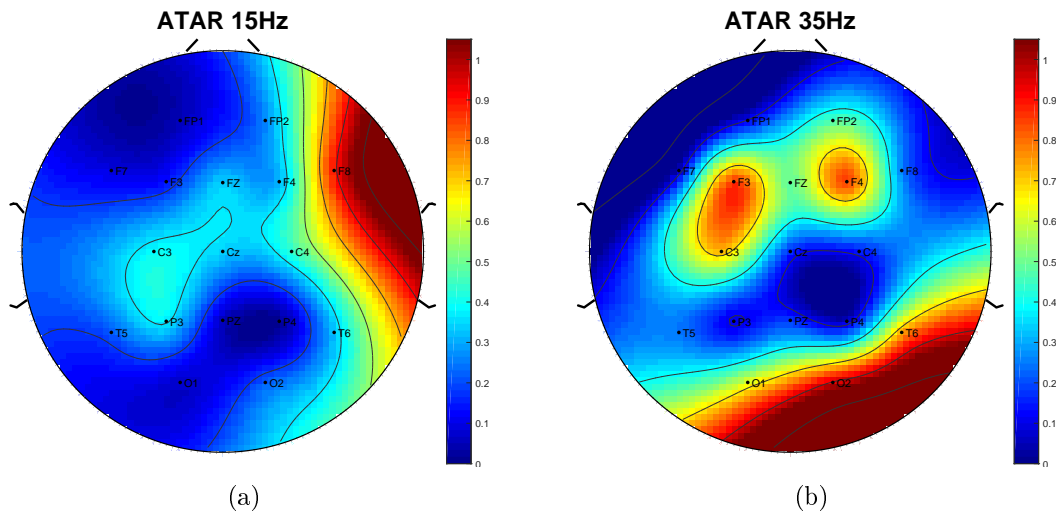


Figura 5.50: Topoplots para la característica **ATAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son P_4 , $Fp1$, $O1$ y $F7$, y para el filtro de 35 Hz son P_4 , $F7$, $P3$ y $Fp1$. La característica es detectada con tasas de error bajas en el total de zonas que forman la cabeza.

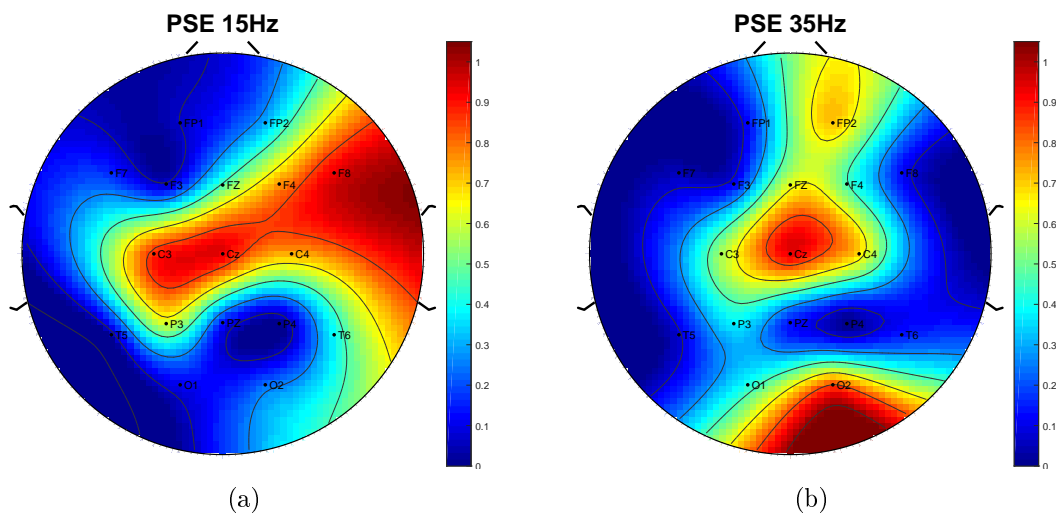


Figura 5.51: Topoplots para la característica **PSE** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: para el filtro de 15 Hz los 4 electrodos con menor p-valor son P_4 , $T5$, $Fp1$ y $F3$, y para el filtro de 35 Hz son P_4 , $F7$, $T5$ y $Fp1$. La característica se presenta con una tasa de error menor en las zonas parietal y frontal de la cabeza.

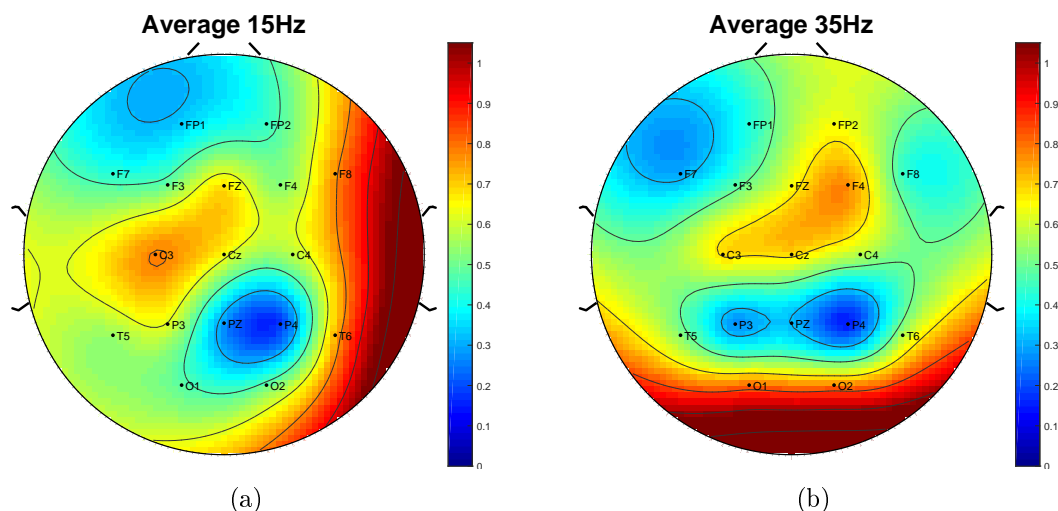


Figura 5.52: Topoplots media de características según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz: el conjunto de todas las características resulta en una influencia alta del electrodo P_4 , y de la zona parietal-temporal de la cabeza a la hora de conseguir p-valores bajos.

5.2.3. Resumen del análisis univariante

Los resultados obtenidos a partir de los test univariantes no paramétricos de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov nos llevan a extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, atendiendo a las características, tanto la prueba U de Mann-Whitney como la prueba D de Kolmogorov-Smirnov coinciden en que la característica más representativa del análisis es la PSE al ser la que menores p-valores presenta para ambos filtrados. Las siguientes características para cada uno de los test son $Mean Frec.$ para Mann-Whitney y $ATAR$ para Kolmogorov-Smirnov, lo que nos lleva a concluir que no podemos discernir con claridad si son más efectivas las características temporales o las frecuenciales.

En el caso de los electrodos, el más representativo para los dos test univariantes es el P_4 para ambos filtrados. A partir de las tablas 5.1 y 5.2 vemos que los electrodos representativos pertenecen a las zonas frontal y parietal de la cabeza, luego estas dos zonas serán las que más influencia tengan a la hora de obtener duplas con p-valores bajos para los dos filtros empleados. La representación de los topoplots de características confirma la influencia de las zonas parietal-temporal y frontal al igual que en [4].

A partir de las dos conclusiones anteriores, deducimos que la dupla más significativa de ambos análisis es la dupla $\{PSE, P_4\}$.

El conjunto de duplas significativas de los test de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov nos permitirá averiguar cuál tiene un mejor comportamiento frente a los datos de entrada. A partir del apéndice D cuantificaremos el número de duplas significativas

($p \leq 0,05$) de cada test en función de la característica y del electrodo. El conjunto de duplas significativas puede comprobarse en las tablas D.1 y D.2 del apéndice D.

La característica con mayor número de duplas significativas para la prueba U de Mann-Whitney es la *PSE* para ambos filtrados, mientras que para la prueba D de Kolmogorov-Smirnov es *PAR* para el filtro de 15 Hz, y *Mean Frec.* para ambos filtrados. En cuanto a los electrodos, los dos test coinciden en que el electrodo con mayor número de duplas significativas es el *P4* para ambos filtrados.

Por último, a la vista del número total de duplas significativas para cada filtro, podemos concluir que el comportamiento del filtro de 15 Hz es mejor que el de 35 Hz ya que posee un mayor número de duplas significativas para ambos test univariantes como sucedía en [4] para la prueba U de Mann-Whitney.

5.3. Resultados del análisis multivariante: boxplots y topoplots de p-valores

El análisis multivariante tiene como objetivo la evaluación de un conjunto de características, dos o más, para extraer conclusiones de un determinado banco de datos de entrada. A partir de dos test multivariantes no paramétricos implementados en R, *Anosim* y *Adonis*, realizaremos un análisis del comportamiento de las características y electrodos cuando sus duplas actúan conjuntamente. Por otro lado comprobaremos si se produce una mejora en los resultados al aplicar un criterio de selección de características sobre los datos que distinga las duplas que son más discriminantes en el conjunto de entrada. Por último compararemos los resultados obtenidos a partir del criterio de selección paramétrico *J5* empleado en [4] para ver si se produce una mejora de los resultados utilizando criterios de selección no paramétricos.

Así, con estas premisas, estaremos en disposición de comparar los dos test multivariantes y seleccionar cuál tiene mejor comportamiento, de la misma forma que comprobaremos qué criterio de selección de características de los utilizados, *NDA* o *NWFE*, es el más eficiente y discriminante.

5.3.1. Análisis de las características

El objetivo del análisis de características es seleccionar las más representativas entre las 20 posibles a partir de dos procedimientos: primero a partir de una ordenación aleatoria de las duplas que involucran a cada característica y, posteriormente, aplicando los algoritmos de selección implementados para comprobar si hay alguna mejora en los resultados.

Mediante la ordenación aleatoria de las duplas para cada una de las características generamos los boxplots de p-valores, formados por los 17 p-valores de las duplas que involucran una característica en concreto y para dos iteraciones aleatorias realizadas luego disponemos de 34 p-valores por característica. Las características más representativas de Anosim son *P300LatAbs* y *ZC* para el filtro de 15 Hz, y *Median Freq.* y *Mean Freq.* para el de 35 Hz. Mientras que para Adonis *PSE* y *Mean Freq.* son las características más representativas para ambos filtrados. El comportamiento respecto al filtrado utilizado en ambos métodos indica que el filtro de 15 Hz ofrece menores p-valores que el de 35 Hz.

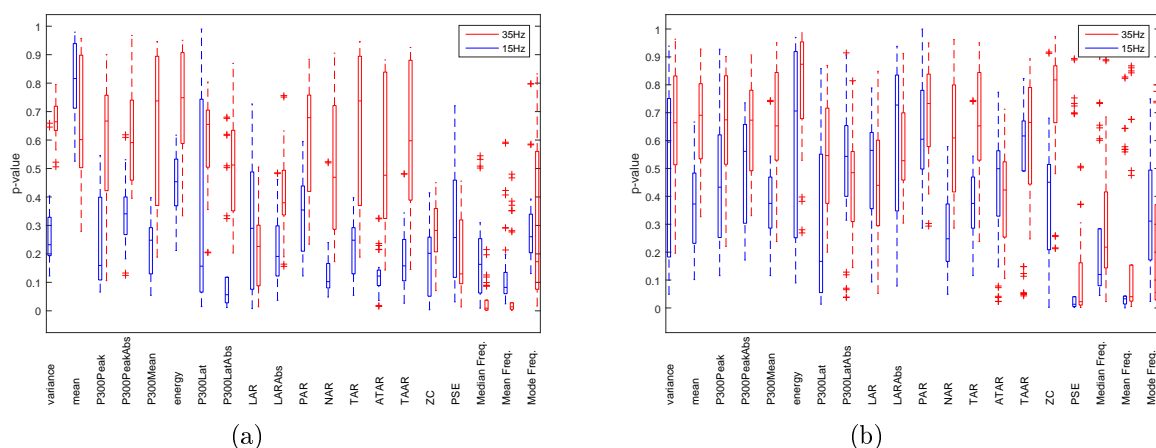


Figura 5.53: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características siguiendo un ordenación aleatoria de las duplas (n° de permutaciones = 9999).

Criterios de selección

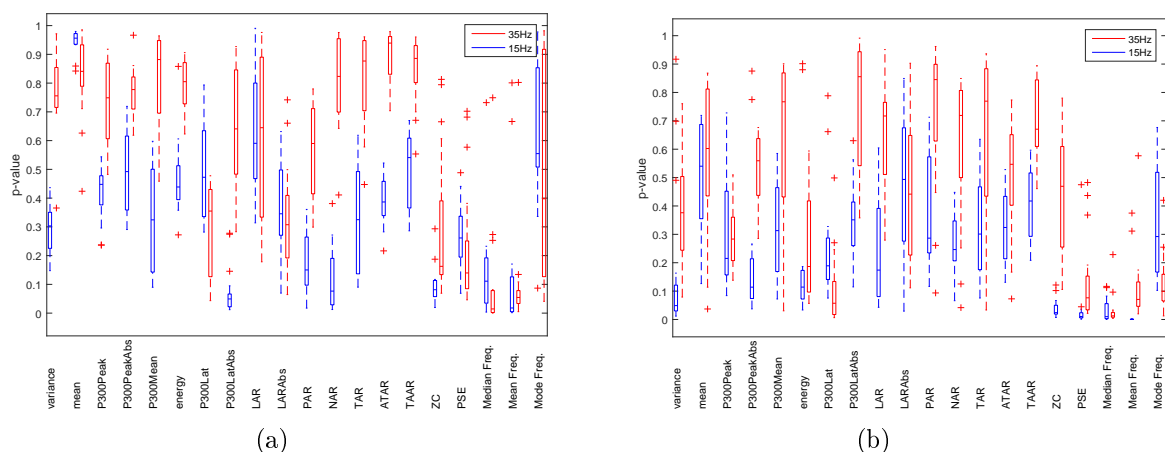


Figura 5.54: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características aplicando el criterio de selección NDA (n° de permutaciones = 9999).

Según el criterio NDA, para Anosim destacan las características *P300LatAbs*, *Median Freq.* y *Mean Freq.* para el filtro de 15 Hz, mientras que para el filtro de 35 Hz las características *Median Freq.* y *Mean Freq.* son las más relevantes. Para Adonis las características más representativas son *PSE*, *Mean Freq.* y *Median Freq.* para ambos filtrados. La tendencia al aplicar el criterio NDA es que la influencia de las características frecuenciales es mayor que en la ordenación aleatoria, y el comportamiento del filtro de 15 Hz es mejor al ofrecer p-valores más bajos para el global de características.

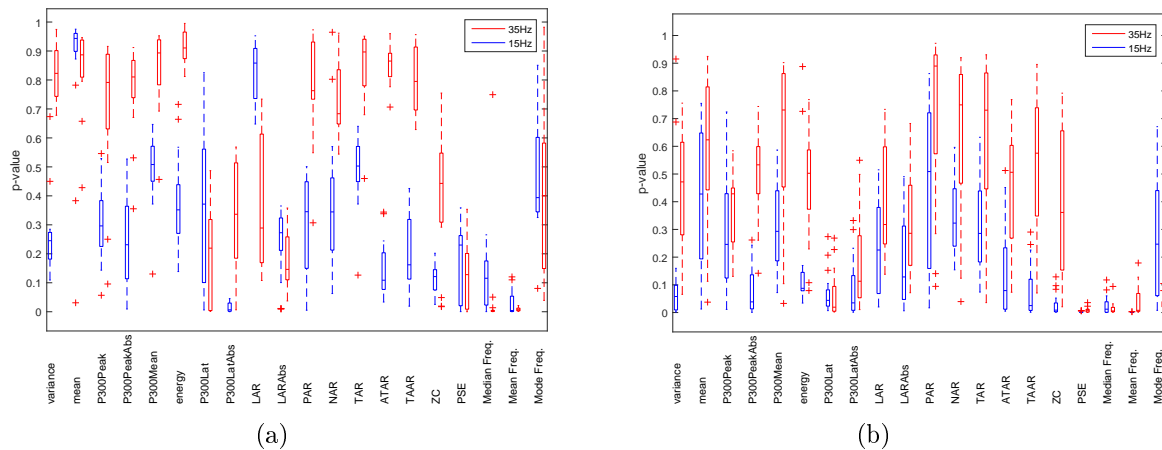


Figura 5.55: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes características aplicando el criterio de selección NWFE (n^0 de permutaciones = 9999).

Para el criterio NWFE en el test Anosim destacan las características *P300LatAbs*, *PSE*, *Median Freq.* y *Mean Freq.* para el filtro de 15 Hz, y *PSE*, *Mean Freq.* y *Median Freq.* para el filtro de 35 Hz. Para el test Adonis el conjunto de las características frecuenciales presenta un buen comportamiento para ambos filtrados.

Los p-valores para el criterio NWFE son mucho menores que para el criterio NDA, se aprecia una gran mejora en las características frecuenciales. La tendencia en el filtrado es similar a los resultados anteriores.

Por lo tanto, el conjunto de características frecuenciales unido a la utilización del criterio de selección de características no paramétrico NWFE proporciona los p-valores más bajos del análisis.

5.3.2. Análisis de los electrodos

Al igual que en el análisis de características, nuestro objetivo es elegir cuáles de los 17 electrodos disponibles tienen los menores p-valores en función del filtrado y de los criterios de ordenación aleatoria, NDA y NWFE.

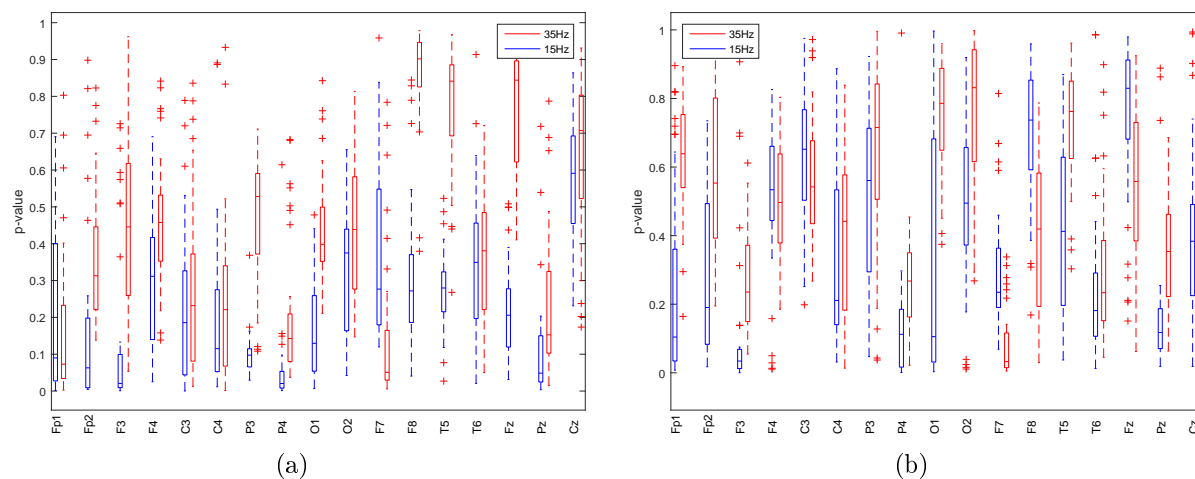


Figura 5.56: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos siguiendo una ordenación aleatoria de las duplas (n° de permutaciones = 9999).

La figura 5.56 muestra los boxplot de p-values en función de los electrodos para una ordenación aleatoria de las duplas en función de cada electrodo. Los boxplots de p-valores están formados por los 20 p-valores de las duplas que involucran a cada electrodo en concreto, y que tras dos iteraciones aleatorias realizadas contendrán un total de 40 p-valores por electrodo. Para Anosim los electrodos con menor p-valor son P_4 , $Fp1$, $Fp2$ y $F3$ para un filtrado de 15 Hz, y $Fp1$ y $F7$ para un filtrado de 35 Hz. En cuanto al test de Adonis destacan P_4 , $Fp1$ y $F3$ para el filtro de 15 Hz y $F7$ para el de 35 Hz.

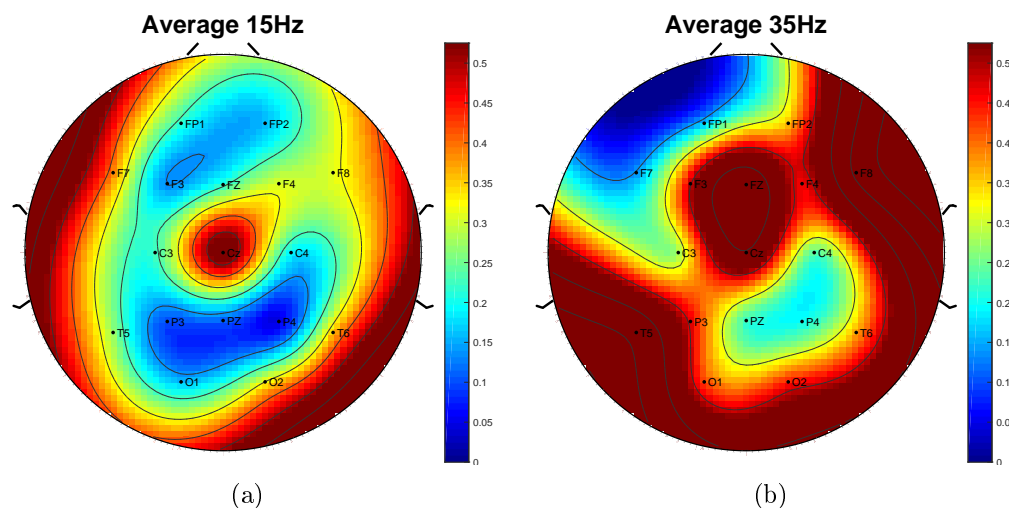


Figura 5.57: Topoplots representativos de la influencia de los electrodos siguiendo una ordenación aleatoria según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n° de permutaciones = 9999).

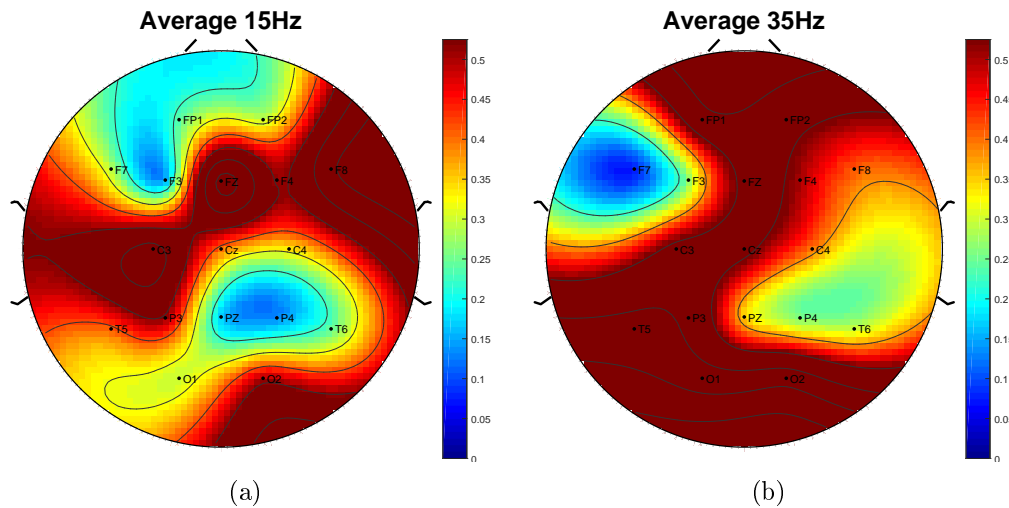


Figura 5.58: Topoplots representivos de la influencia de los electrodos siguiendo una ordenación aleatoria según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n^0 de permutaciones = 9999).

La representación de los topoplots de electrodos para una ordenación aleatoria teniendo en cuenta que la escala de valores oscila entre 0 y 0.5, muestran un conjunto general de p-valores bajos en todas las regiones de la cabeza, pero en especial para las zonas parietal-temporal y frontal tanto en Anosim como en Adonis, obteniendo p-valores más bajos para el filtro de 15 Hz, pero siendo difícil discernir un mejor comportamiento en general de un filtro en concreto.

Criterios de selección

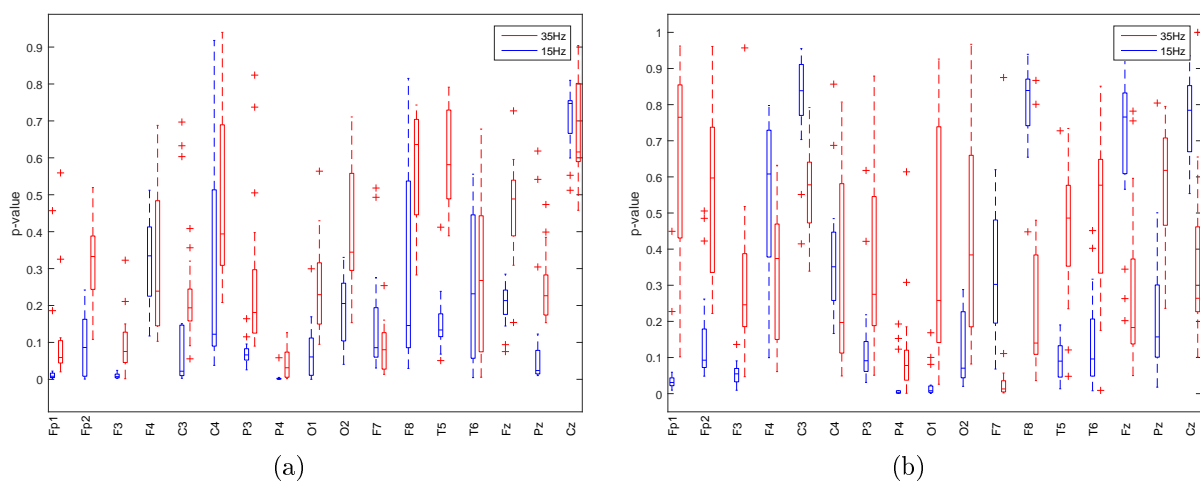


Figura 5.59: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos aplicando el criterio de selección NDA (n^0 de permutaciones = 9999).

Aplicando el criterio NDA los p-valores de los electrodos para ambos filtrados disminuyen respecto a la ordenación aleatoria de las duplas. Para Anosim los electrodos con menor p-valor son P_4 , $Fp1$ y $F3$ para ambos filtrados y, además $F7$ para 35Hz, mientras que para Adonis los electrodos $Fp1$, P_4 y $O1$ tienen un buen comportamiento a 15 Hz, mientras que para el filtrado de 35 Hz los menores p-valores son los del electrodo $F7$.

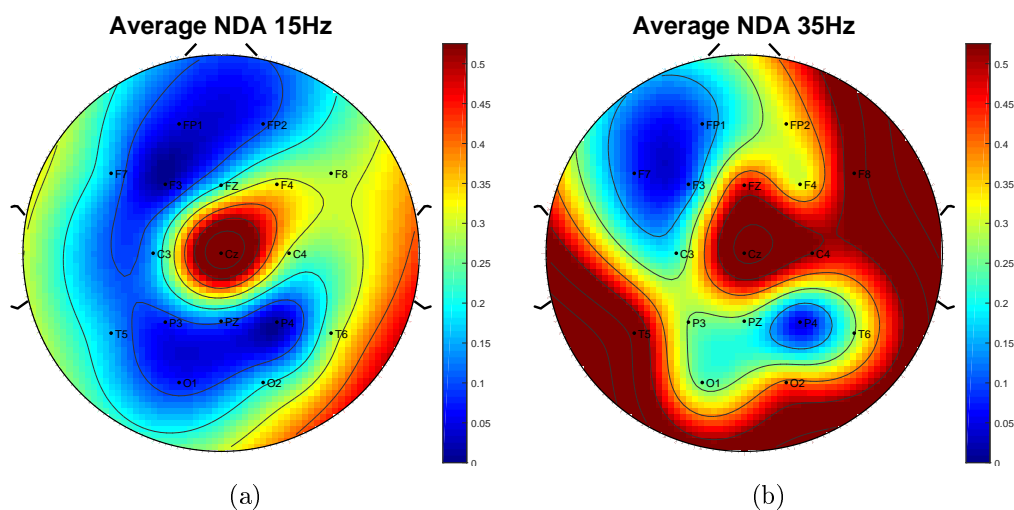


Figura 5.60: Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NDA según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n^0 de permutaciones = 9999).

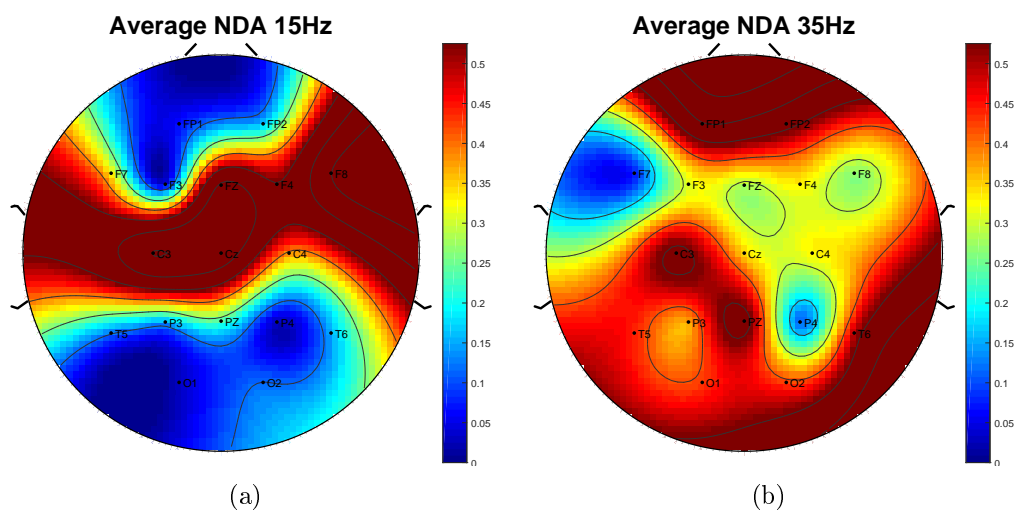


Figura 5.61: Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NDA según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n^0 de permutaciones = 9999).

Los topoplots de electrodos para el criterio NDA, 5.60 y 5.61 están representados bajo una escala que oscila entre 0 y 0.5 como valores mínimo y máximo del p-valor. La influencia de las zonas parietal-temporal y frontal tanto en Anosim como Adonis es muy

representativa en el filtro de 15 Hz, y no tan palpable en el de 35 Hz, por lo que sí que podemos atisbar un mejor comportamiento del filtro de 15 Hz para el criterio NDA, al igual que la obtención de p-valores menores que para una ordenación aleatoria de los electrodos.

Para el criterio de selección NWFE representado en la figura 5.62 Los electrodos con menores p-valores para Anosim son *Fp1*, *Fp2*, *F3* y *P4* para un filtrado de 15 Hz, y *Fp1* y *P4* para 35 Hz. En cuanto a Adonis para el filtro de 15 Hz destacan *Fp1*, *Fp2*, *F3*, *P4* y *O1*, mientras que para el filtro de 35 Hz los mejores electrodos son *P4* y *F7*.

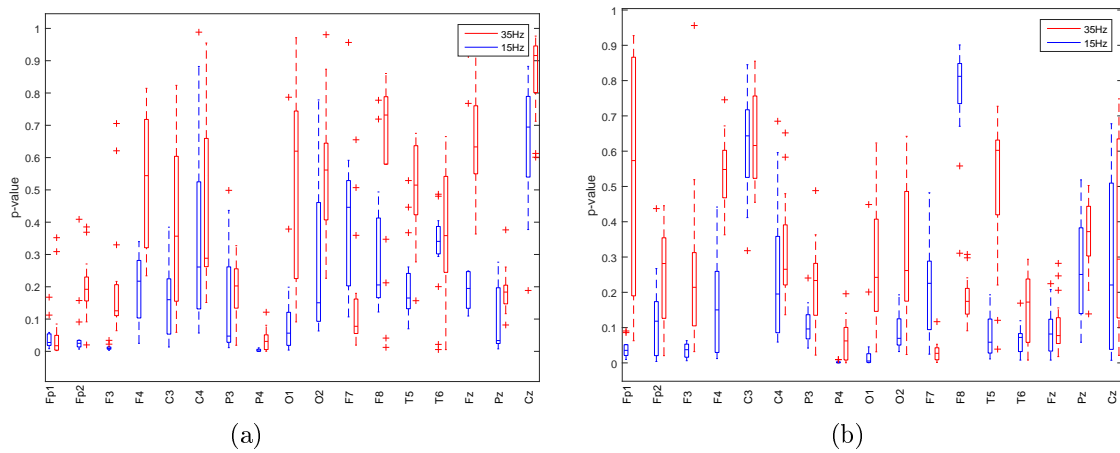


Figura 5.62: Boxplots de p-valores para los test de a) Anosim y b) Adonis para diferentes electrodos aplicando el criterio de selección NWFE (n^0 de permutaciones = 9999).

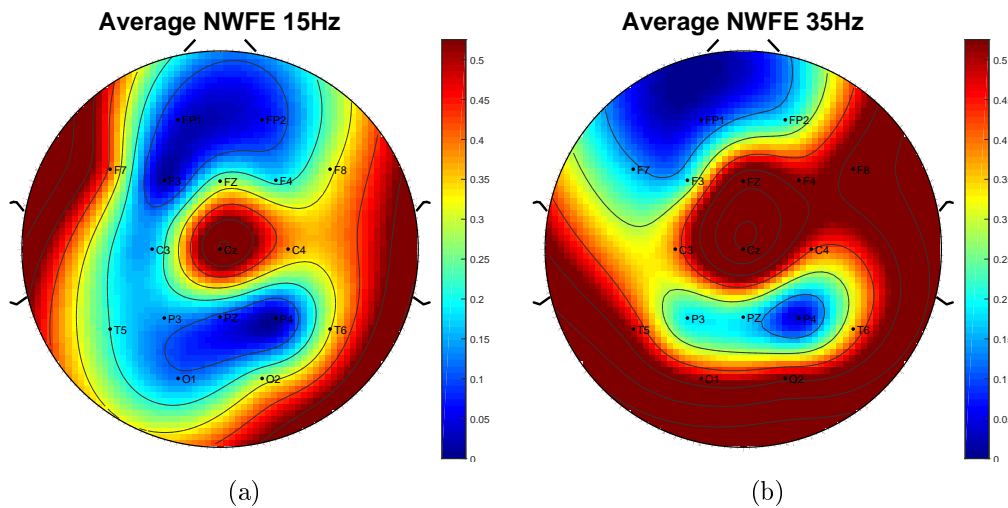


Figura 5.63: Topoplots representativos de la influencia de los electrodos para el criterio NWFE según el test Anosim para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n^0 de permutaciones = 9999).

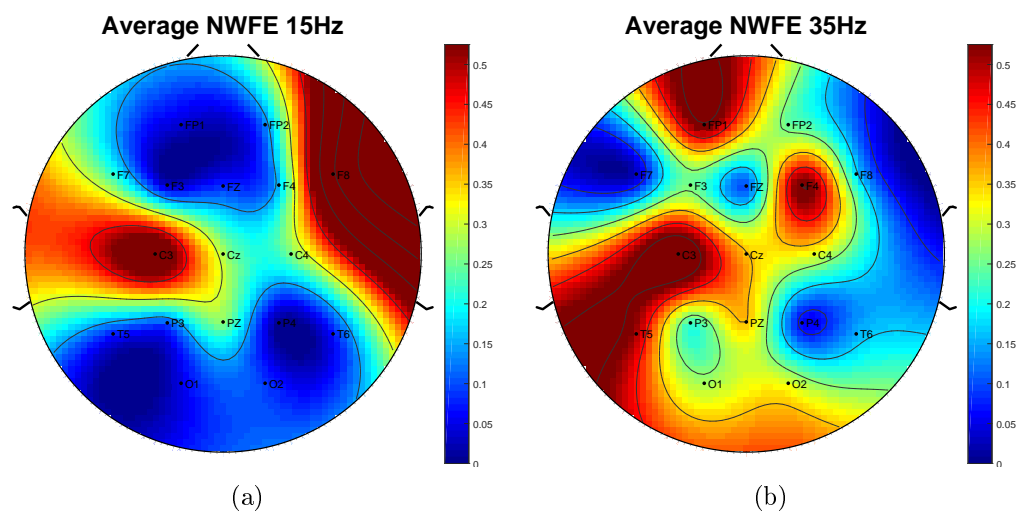


Figura 5.64: Topoplots representivos de la influencia de los electrodos para el criterio NWFE según el test Adonis para a) 15 Hz y b) 35 Hz (n^0 de permutaciones = 9999).

Los topoplots de electrodos para el criterio NWFE, representados en una escala del p-valor de 0 a 0.5, como en el criterio NDA, destacan las zonas parietal-temporal y frontal de la cabeza al tener los menores p-valores de todo el conjunto. El filtro de 15 Hz proporciona valores más significativos que el de 35 Hz como se ha comprobado en estudios anteriores [4], sobre todo para el test Adonis.

El comportamiento de los filtros para los dos criterios de selección no es uniforme en la mayoría de los electrodos, existen variaciones en el valor de los p-valores en función del electrodo, pero observamos menores p-valores por lo general en el filtro de 15 Hz como en [4].

Respecto a los criterios de selección los p-valores ofrecidos son bajos en los dos casos por lo que estimar cuál de los dos es más eficiente en la selección no es evidente si nos fijamos en el conjunto total de los electrodos. Estudiando los más representativos, véase P_4 , $Fp1$, $Fp2$ y $F3$, los p-valores obtenidos para NWFE son menores que los obtenidos por el criterio NDA.

Por último, del conjunto total de los electrodos los más significativos se corresponden con la zona frontal ($Fp1$, $Fp2$ y $F3$) y la parietal (P_4) de la cabeza.

5.3.3. Análisis de las agrupaciones

Una agrupación está formada por un conjunto de electrodos que definen una zona determinada de la cabeza. La utilización de agrupaciones permite determinar la influencia de las diferentes regiones de la cabeza a la hora de obtener p-valores bajos. A partir de la selección de características mediante los criterios de selección realizaremos una evaluación de 7 agrupaciones diferentes de electrodos que representan las siguientes

zonas: total, frontal, parietal-temporal, central, occipital, y los hemisferios izquierdo y derecho, formadas por los p-valores de todas aquellas duplas que involucran los electrodos pertenecientes a cada agrupación.

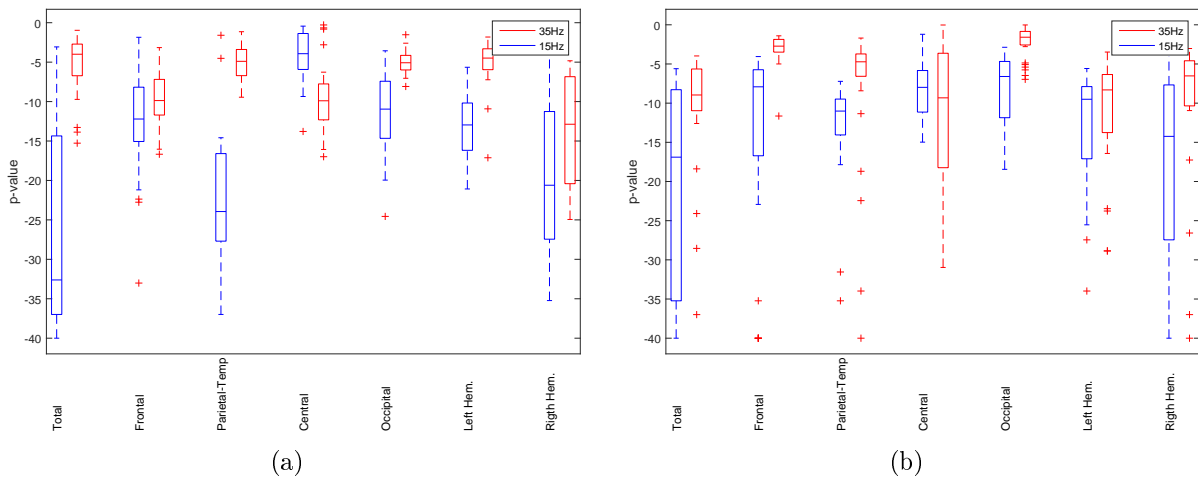


Figura 5.65: Boxplots de p-valores para el test de Anosim para las diferentes agrupaciones aplicando los criterios a) NDA y b) NWFE (n° de permutaciones = 49999).

La figura 5.65 muestra los boxplot de p-valores para las diferentes agrupaciones en función de los dos criterios de selección de características propuestos para el test Anosim. Los p-valores más bajos corresponden a las agrupaciones total, parietal-temporal, frontal y al hemisferio derecho para el filtro de 15 Hz, mientras que la agrupación central es la única que ofrece mejores resultados para el filtro de 35 Hz.

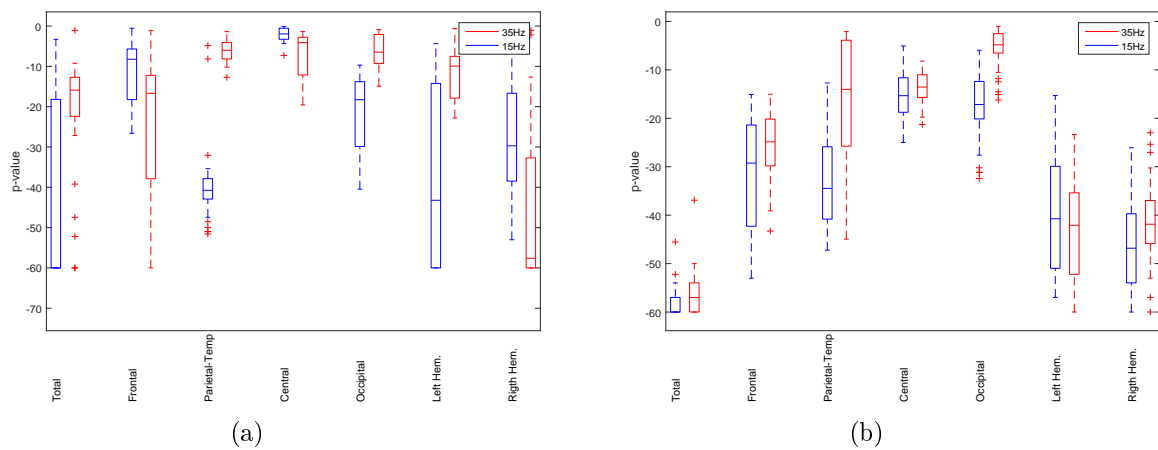


Figura 5.66: Boxplots de p-valores para el test de Adonis para las diferentes agrupaciones aplicando los criterios a) NDA y b) NWFE (n° de permutaciones = 999999).

Los boxplot de p-valores para Adonis de la figura 5.66 muestran una reducción significativa de todos los p-valores respecto al test multivariante Anosim. Las agrupaciones

con menores p-valores para el filtro de 15 Hz son total, parietal-temporal y los dos hemisferios, tanto el izquierdo como el derecho, mientras que para el filtro de 35 Hz, cuyos p-valores son significativamente menores en el criterio NWFE, las mejores agrupaciones son total, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho.

Por lo tanto, relacionando los diferentes resultados de las pruebas multivariantes, las agrupaciones proporcionan p-valores mucho menores que los electrodos y las características individuales.

Por otro lado, el comportamiento de las agrupaciones a la hora de obtener p-valores bajos está muy relacionado con la selección de las características más discriminantes.

La agrupación con p-valores más significativos y más reducidos es la total, formada por todo el conjunto de los electrodos. La razón fundamental es que la selección de características realizada involucra todas las duplas posibles por lo que serán seleccionadas las más discriminantes.

El criterio de selección paramétrico J5 empleado en los estudios [3] y [4] puede ayudarnos a ver las diferencias entre los algoritmos de selección paramétricos y no paramétricos. Destacan las agrupaciones total, y los hemisferios izquierdo y derecho para el filtro de 15 Hz, y la agrupación central para el de 35 Hz. Los resultados más significativos son los del test Adonis, donde todas las agrupaciones excepto la occipital y la central poseen p-valores muy bajos. Estos valores de los boxplots se deben a que el test Adonis está limitado por el número de permutaciones realizadas y el p-valor depende de ellas, por lo que trunca los valores hasta un valor límite de $1 \cdot 10^{-6}$. Esto quiere decir que al aumentar el número de permutaciones podemos conseguir mayor precisión en el p-valor pero a costa de aumentar la carga computacional de la ejecución.

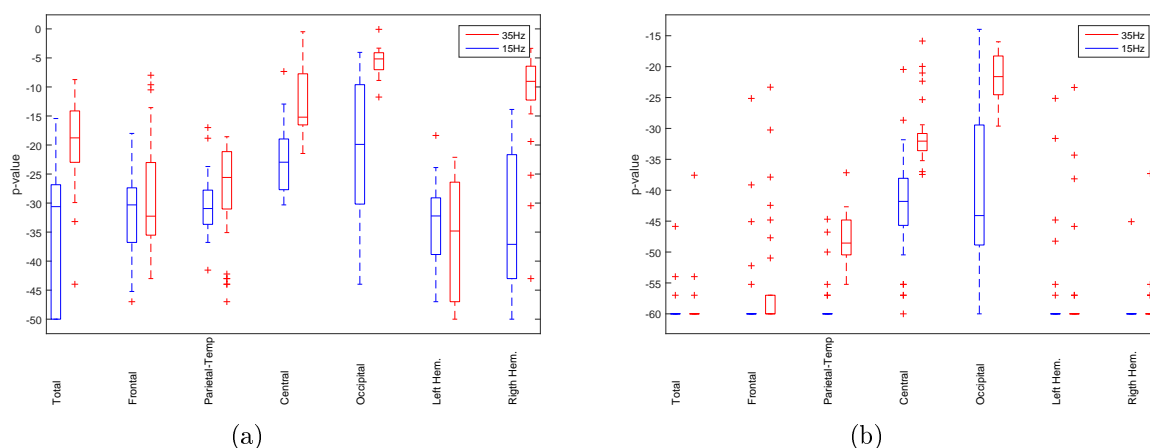


Figura 5.67: Boxplots de p-valores para el criterio de selección J5 para los test multivariantes a) Anosim y b) Adonis (n^0 de permutaciones = 999999).

5.4. Clasificación de sujetos: curvas ROC, AUC y boxplots de AUC

Un clasificador es una herramienta utilizada para dividir un conjunto de datos en diferentes grupos en función de un criterio determinado. El objetivo de nuestro estudio es diferenciar los sujetos de una base de datos entre sanos y esquizofrénicos con una tasa de error lo menor posible, para lo que vamos a emplear dos clasificadores implementados en [30]: SVM y MLP.

Clasificadores

Las Máquinas de Soporte de Vectores (*Support Vector Machine*, SVM) son unos sistemas de aprendizaje que pertenecen a la rama de clasificadores lineales generalizados, aplicables tanto en problemas de clasificación como de regresión. Se basan en una red estática de núcleos que operan sobre vectores de características que han sido transformados a un espacio de dimensión mayor a la del espacio de características original [31].

La principal ventaja de este tipo de clasificadores es su buena capacidad de generalización, basada en la determinación del hiperplano que da lugar a la máxima distancia de separación entre los vectores transformados. Esta distancia se obtiene mediante la construcción de dos hiperplanos paralelos al de separación óptima, localizados a ambos lados del mismo y que contengan al menos a uno de los vectores transformados, al que denominamos vector soporte. Cuanto mayor sea la distancia, mejor será la capacidad de generalización del clasificador. Otra ventaja fundamental de las SVM es su capacidad para minimizar el efecto del sobre-aprendizaje del conjunto de entrenamiento ya que en el entrenamiento sólo se aprenden los vectores soporte.

El perceptrón multicapa (*MultiLayer Perceptron*, MLP) es una red neuronal estática de aprendizaje supervisado formado por varias capas de perceptrones denominados neuronas o nodos: una capa de entrada, una serie de capas ocultas y una capa de salida. Estas capas poseen una conectividad total, es decir, que la entrada a una neurona está conectada con la salida de todas las neuronas de la capa anterior [33].

El algoritmo de aprendizaje más característico de MLP se denomina *backpropagation* o propagación hacia atrás: consiste en la presentación de patrones, donde un patrón de entrada se corresponde con un patrón de salida deseada. En cada presentación, los pesos de la red neuronal son ajustados de forma que disminuya el error entre la salida deseada y la respuesta de la red. Dos fases diferenciadas:

- Fase de propagación hacia adelante. Se inicia cuando se presenta un patrón en la capa de entrada de la red.

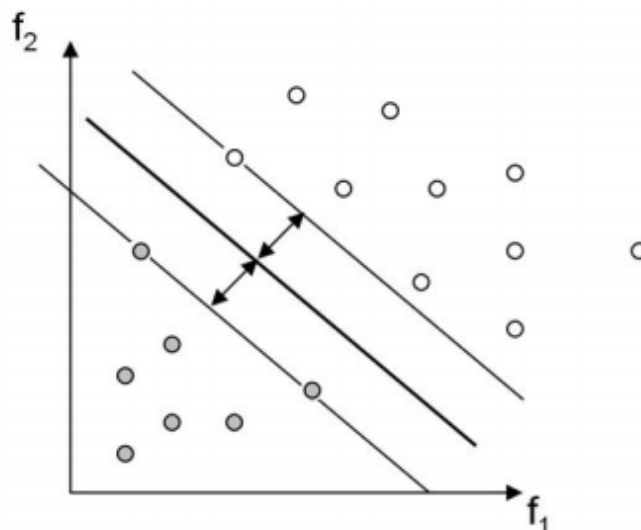


Figura 5.68: Representación del hiperplano óptimo [32].

- Fase de propagación hacia atrás o corrección. Se inicia una vez finalizada la primera etapa. Se modifican los valores de los pesos, desde la capa de salida hacia la capa de entrada, a fin de reducir el error entre la salida deseada para una determinada entrada y la respuesta que ofreció la red a dicha entrada.

El principal inconveniente de la red MLP es elevado tiempo de convergencia.

Objetivos

Una vez definidos los dos clasificadores empleados para llevar a cabo la clasificación de los sujetos de la base de datos de entrada, los principales objetivos del estudio son:

- **Comparación de las diferentes matrices de características-electrodos:** en el capítulo 3 realizamos el diseño de un conjunto de matrices formadas por las características extraídas de las señales de EEG, en concreto de la onda P300. Podemos dividir estas matrices entre matrices de electrodos individuales y matrices de agrupaciones. El objetivo es averiguar qué matriz es la que permite realizar una clasificación más eficiente.
- **Comparación de los filtrados:** de los dos filtrados disponibles, 15 Hz y 35 Hz, se pretende comprobar cuál de los dos proporciona mejores resultados en la clasificación.
- **Comparación de los algoritmos de selección de características:** A partir de los dos algoritmos de selección de características no paramétricos implementados

en el capítulo 3, NDA y NWFE, y del algoritmo de selección paramétrico J5 utilizado en [30] seleccionaremos aquel que proporcione mejores tasas de acierto en los clasificadores.

- **Obtención del clasificador más eficiente:** Con todas las premisas anteriores elegiremos qué clasificador de los dos disponibles, SVM y MLP, realiza una mejor diferenciación entre sujetos HC y SZ.

El procedimiento de análisis de resultados se basa en el estudio de tres factores:

- **Curvas ROC.** Cada curva ROC correspondiente a una matriz de características ha sido calculada de la siguiente forma. En primer lugar se ha establecido un número de iteraciones n_{cic} igual a 1000 por el hecho de que el número de muestras inicial existente en la base de datos es muy pequeño y la visualización de las curvas no es óptima. Por eso multiplicamos estas muestras iniciales por n_{cic} para mejorar el conjunto de entrenamiento. Además se ha decidido implementar el cálculo de la curva ROC un número de veces igual a n_{rep} para mejorar la precisión en la representación de la curva, aunque sin calcular su media. El valor de n_{rep} es igual a 20, luego dispondremos de 20 curvas ROC diferentes para cada matriz de características donde todas serán representadas a fin de ver la variación que hay entre cada una de ellas.
- **Matrices de confusión.** La matriz de confusión se utiliza como complemento a las curvas ROC calculadas, de esta manera aseguraremos que todas las comparaciones realizadas sean fiables salvándonos de los defectos visuales que puedan incluir la representación de las curvas. El número de sujetos empleados para un clasificador SVM es igual a 11000, mientras que para una red neuronal MLP es igual a 14000, teniendo en cuenta que no son sujetos reales ya que lo único que estamos haciendo es un aumento simulado de las muestras. Este número tan alto de sujetos ficticios se ha conseguido gracias a la utilización del número de iteraciones n_{cic} .
- **AUC.** El hecho de realizar 20 repeticiones de una representación de una curva ROC para cada matriz de características hace que tengamos también 20 valores de AUC diferentes. Calcularemos su media para cada conjunto de curvas de tal forma que podamos comparar los valores de cada representación conjunta. Además se realizara la representación de boxplots de AUC media para ver los efectos que tienen el filtrado, los criterios de selección de características, las diferentes matrices y los clasificadores para cada electrodo evaluado de forma individual y para sus agrupaciones.

5.4.1. Comparación de los algoritmos de selección

A partir de los tres algoritmos de selección disponibles, NDA, NWF E y J5, el objetivo propuesto es verificar cuál de ellos proporciona mejores tasas de acierto en la clasificación. Además desconocemos la importancia de si el hecho de utilizar algoritmos no paramétricos o paramétricos influye en la mejora del rendimiento del clasificador, por lo que, a parte de seleccionar el mejor criterio de selección de los tres propuestos, analizaremos si el comportamiento de los algoritmos de selección paramétricos es mejor o peor que el de los no paramétricos.

Con estas premisas, el procedimiento para comparar los algoritmos de selección será fijar un filtrado, un clasificador y una matriz de características para realizar cada comparación, de esta forma el único factor influyente será el criterio seleccionado. El clasificador elegido para realizar la comparación ha sido la red neuronal MLP por los resultados obtenidos en los estudios [3] y [30] en términos de clasificación de sujetos.

Teniendo en cuenta que la onda P300, en concreto su potencial evocado P3b, se manifiesta en la zona parietal-temporal de la cabeza, estudiaremos la influencia de los electrodos de esta zona, así como las agrupaciones que los involucren. Analizaremos los electrodos P_4 y $T5$ de la zona parietal-temporal, junto con la matriz total (T), que involucra todos los electrodos.

El análisis de los electrodos P_4 y $T5$ en las figuras 5.69 y 5.70 demuestra que el criterio J5 arroja el mejor rendimiento para el filtro de 15 Hz, pero para el filtrado de 35 Hz no somos capaces de discernir un buen comportamiento de los criterios de selección, por lo que no podemos extraer una conclusión clara. Una primera impresión es que el criterio J5 y el NWF E son los que tienen mejor comportamiento, por lo que haremos uso de las matrices de confusión para resolver nuestras dudas.

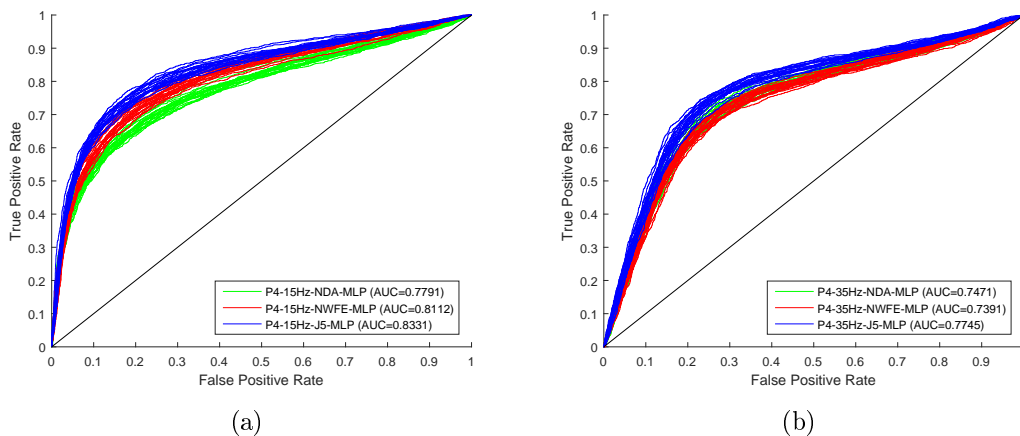


Figura 5.69: Curvas ROC y AUC media para el electrodo P_4 aplicando un filtrado de a) 15 Hz y b) 35 Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

$$\begin{aligned}
 P4 - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 8044 & 1671 \\ 1013 & 3272 \end{pmatrix} & P4 - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7940 & 1898 \\ 1159 & 3003 \end{pmatrix} \\
 P4 - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7687 & 2067 \\ 1370 & 2876 \end{pmatrix} & P4 - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7612 & 2238 \\ 1487 & 2663 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

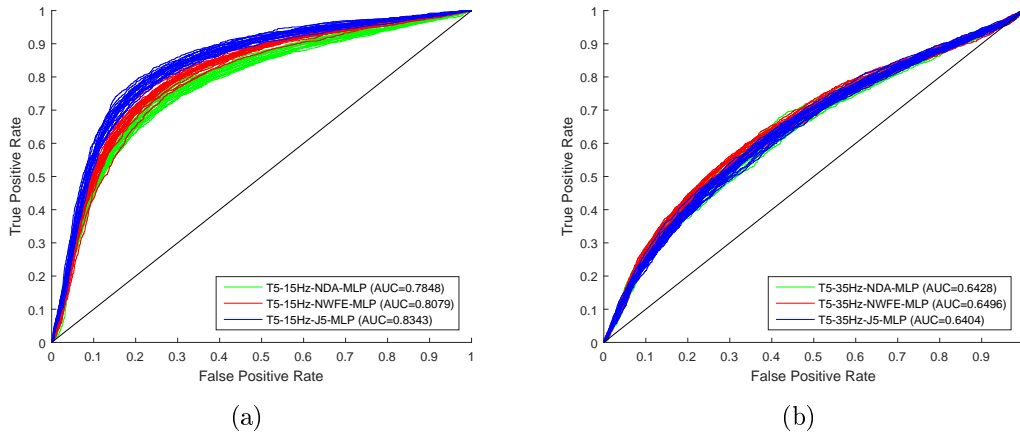


Figura 5.70: Curvas ROC y AUC media para el electrodo $T5$ aplicando un filtrado de a) 15 Hz y b) 35 Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

$$\begin{aligned}
 T5 - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7995 & 1645 \\ 1223 & 3137 \end{pmatrix} & T5 - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7808 & 1830 \\ 1324 & 3038 \end{pmatrix} \\
 T5 - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7456 & 2872 \\ 1762 & 1910 \end{pmatrix} & T5 - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7439 & 2907 \\ 1693 & 1691 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Según las matrices de confusión de los electrodos $P4$ y $T5$, el número de sujetos clasificados correctamente para ambos electrodos en función del criterio J5 es mayor que los clasificados correctamente por el criterio NWFE.

Los resultados obtenidos para la matriz de todos los electrodos (T) son muy significativos ya que se observa claramente que el criterio J5 proporciona una tasa de acierto en la clasificación superior, como sucedía en [30], a los criterios NDA y NWFE para ambos filtrados.

A partir de los boxplots de AUC podemos discernir cuál de los tres criterios es el que proporciona mayores tasas de acierto en la clasificación sin más que observar los valores de AUC.

El criterio J5 proporciona los valores de AUC más elevados, lo que implica que es el mejor criterio de selección a la hora de obtener unas mejores tasas de clasificación,

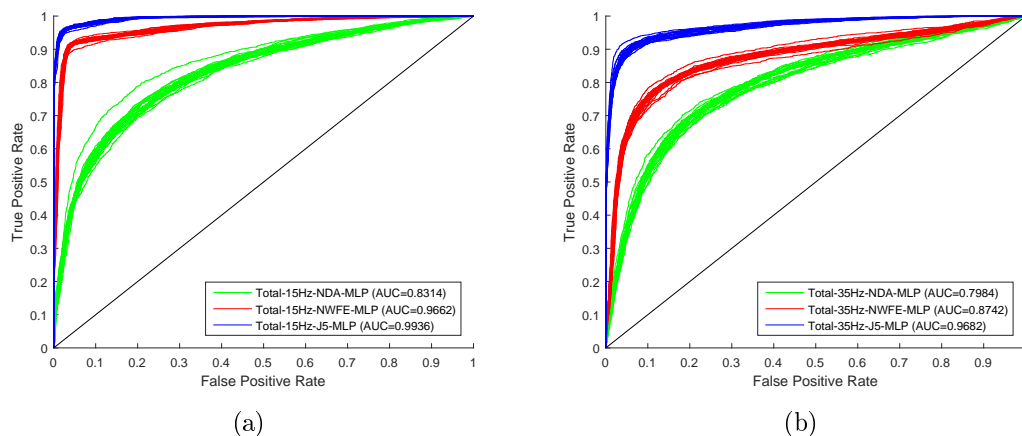


Figura 5.71: Curvas ROC y AUC media para la matriz de todos los electrodos T aplicando un filtrado de a) 15Hz y b) 35Hz con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

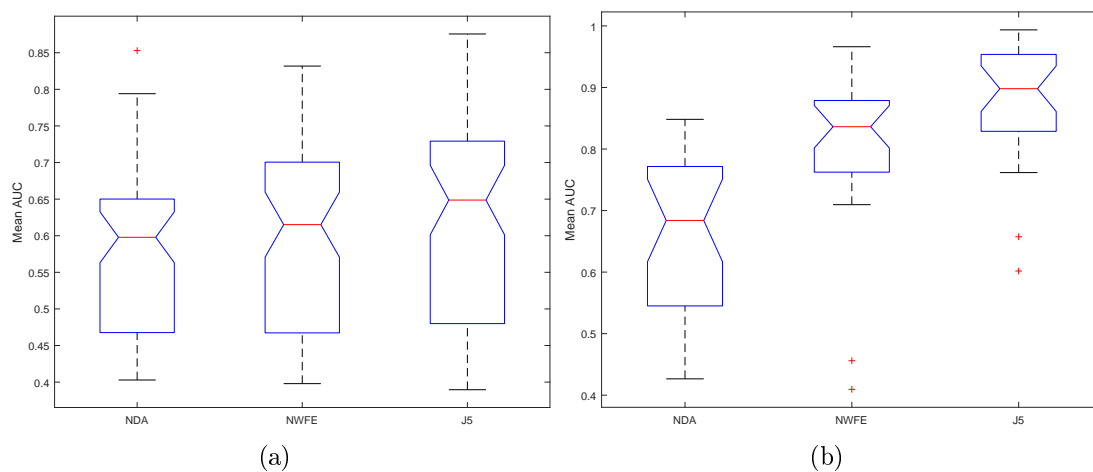


Figura 5.72: Boxplots de AUC para los criterios de selección NDA, NWFE y J5 en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$.

mientras que el criterio NDA es el que peores valores de AUC obtiene de los tres algoritmos estudiados. Los valores de AUC son más altos para las agrupaciones que para los electrodos tratados de forma individual.

5.4.2. Comparación de los filtrados

El pre-procesado de las señales de EEG realizado en [3] hacía uso de dos filtrados diferentes a fin de que estas pudieran ser analizadas y así poder extraer los parámetros más representativos de la señal. Disponemos de un filtro de 15 Hz y otro de 35 Hz y nuestro objetivo es discernir cuál posee mejor comportamiento a la hora de clasificar los sujetos entre sanos y esquizofrénicos. En el análisis univariante y multivariante realizado anteriormente el comportamiento del filtro de 15 Hz parecía, a priori, mejor que el de 35

Hz, a parte de los resultados obtenidos en [30] donde el filtro elegido para el pre-procesado era el de 15 Hz; luego en este apartado comprobaremos si esta premisa es cierta.

Una vez conocido que el mejor criterio de selección es el J5, y la influencia de la zona parietal-temporal a la hora de detectar la onda P300, nuestro análisis se basará en el uso de un único clasificador (MLP), junto con los criterios de selección NWFE y J5 para comparar la influencia de un algoritmo paramétrico frente a otro no paramétrico, y el análisis del electrodo P_4 , junto con las matrices parietal-temporal (PT) y total (T) para que los resultados sean lo más eficientes posibles. Así el único factor que influirá en el rendimiento de la clasificación serán los filtros.

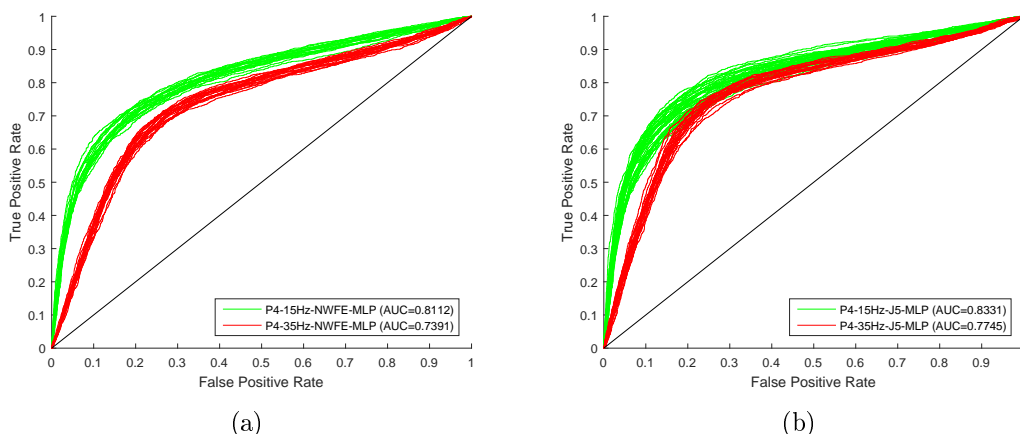


Figura 5.73: Curvas ROC y AUC media para el electrodo P_4 aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

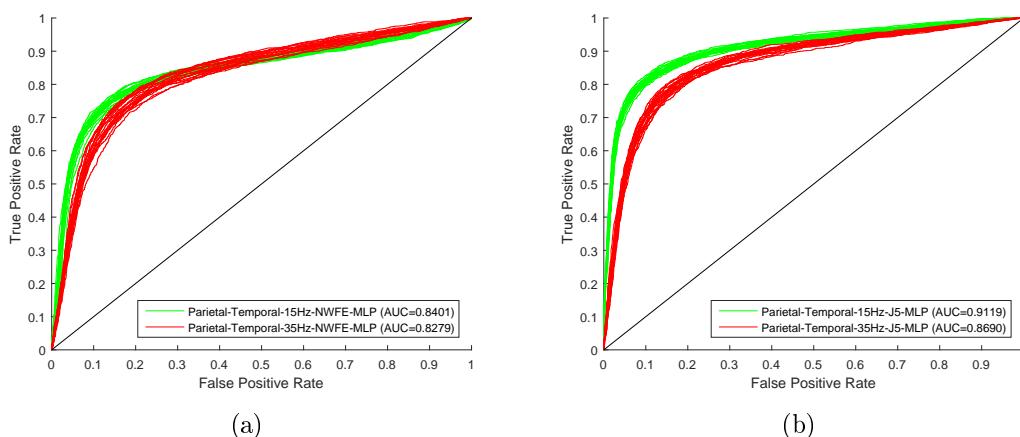


Figura 5.74: Curvas ROC y AUC media para la matriz parietal-temporal PT aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

Para el electrodo P_4 se observa que el rendimiento del filtro de 15 Hz es superior al de

35 Hz para ambos criterios de selección. Para la matriz de electrodos parietal-temporal (PT) los resultados para ambos filtrados son muy similares, teniendo el de 15 Hz mayores AUC medias que el de 35 Hz, pero para poder arrojar una conclusión certera, calcularemos las matrices de confusión de la matriz de electrodos parietal-temporal (PT): el número de sujetos clasificados correctamente para el filtro de 15 Hz es mayor que para el filtro de 35 Hz para ambos criterios de selección de características J5 y NWFE.

$$\begin{aligned} \text{PT - 15Hz - J5 - MLP} &= \begin{pmatrix} 8453 & 1066 \\ 660 & 3821 \end{pmatrix} & \text{PT - 15Hz - NWFE - MLP} &= \begin{pmatrix} 8103 & 1428 \\ 994 & 3475 \end{pmatrix} \\ \text{PT - 35Hz - J5 - MLP} &= \begin{pmatrix} 8090 & 1289 \\ 1023 & 3598 \end{pmatrix} & \text{PT - 35Hz - NWFE - MLP} &= \begin{pmatrix} 7927 & 1648 \\ 1170 & 3255 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Los resultados para la matriz total de electrodos (T) muestran un mejor comportamiento del filtro de 15 Hz a la hora de una correcta clasificación frente al filtro de 35 Hz, que también posee un buen comportamiento al ser su AUC elevada en los dos casos.

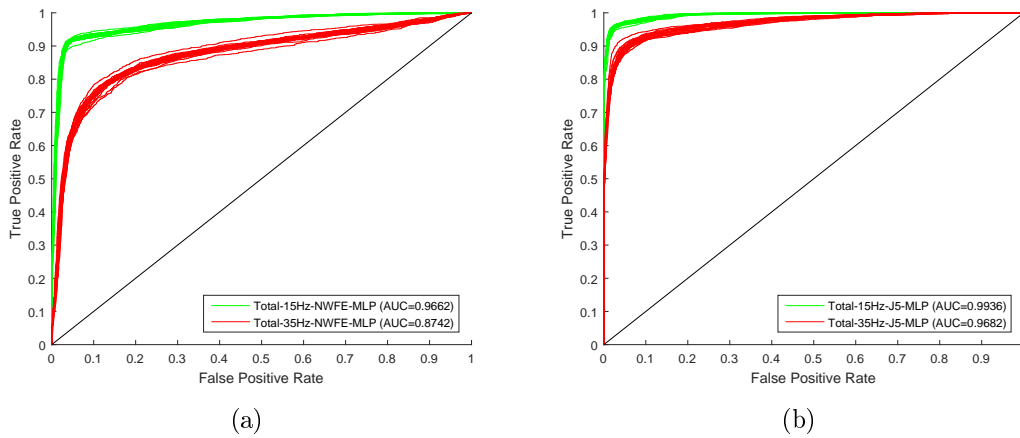


Figura 5.75: Curvas ROC y AUC media para la matriz total de electrodos T aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

Para reafirmar estos resultados hacemos uso de los boxplots de AUC en función del filtrado de la figura 5.76. Se puede observar que los valores de AUC para el filtro de 15 Hz son mayores que para el filtro de 35 Hz, y además que el comportamiento de las agrupaciones frente a la clasificación tiene un mayor rendimiento al ser los valores de AUC más elevados.

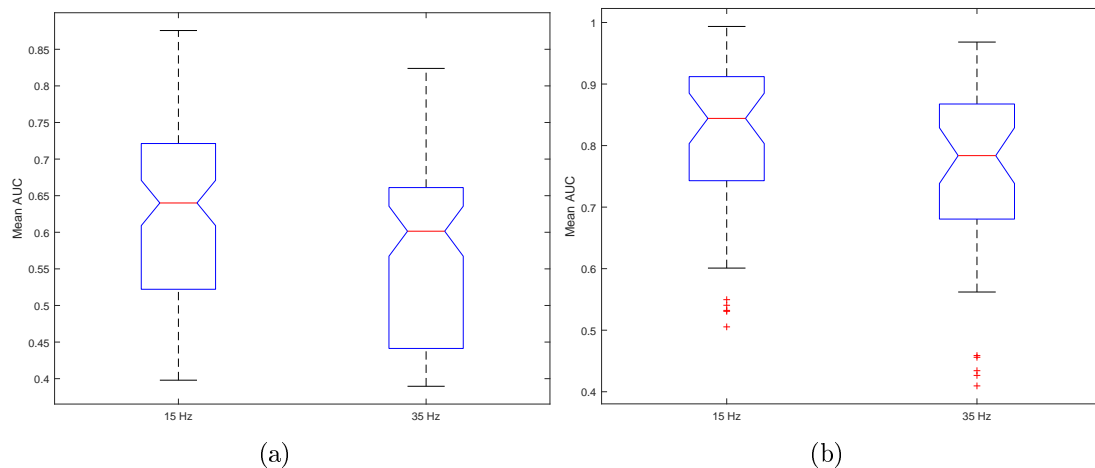


Figura 5.76: Boxplots de AUC para los filtros de 15Hz y 35Hz en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$.

5.4.3. Comparación de las matrices de características-electrodos

El conjunto de parámetros obtenidos de las señales de EEG junto con los electrodos que detectan estas señales hace que tengamos a nuestra disposición un conjunto de matrices, tanto de electrodos como de agrupaciones de electrodos, útiles para obtener conclusiones sobre la clasificación de los datos.

A partir de los análisis univariante y multivariante realizados en secciones anteriores hemos extraído una serie de conclusiones sobre el comportamiento de características, electrodos y agrupaciones. El objetivo propuesto en este apartado es averiguar cuáles de estas matrices presentan un mejor comportamiento frente a la clasificación de los sujetos. El procedimiento a seguir será el siguiente: sabiendo que los criterios de selección NWFE y J5 son los que proporcionan mejor rendimiento en la clasificación y que el filtro óptimo para clasificar es el de 15 Hz, el criterio para comparar las diferentes matrices será el emplear el filtro de 15 Hz junto con los algoritmos de selección NWFE y J5 de forma individual y empleando la red neuronal MLP como clasificador para que así las condiciones sean iguales para cualquier matriz de características-electrodos.

El hecho de tener un conjunto de electrodos amplio hace que sea complicado averiguar el rendimiento de cada matriz en la clasificación. El análisis univariante y multivariante realizado con anterioridad concluyó en que el electrodo $P4$ era el más representativo del conjunto, pero no conocemos la influencia del resto de electrodos, por lo tanto el análisis que vamos a realizar tratará de involucrar diferentes electrodos de distintas zonas de la cabeza. Los electrodos seleccionados son $P3$, $P4$, $O1$, $O2$, $Fp1$ y $Fp2$, tres pertenecientes al hemisferio izquierdo de la cabeza y otros tres al derecho, además de situarse en las zonas frontal, parietal y occipital. El objetivo es observar qué zona de la cabeza tiene mayor influencia en la clasificación: el hemisferio izquierdo (LH) o el derecho (RH).

Para los tres electrodos situados en el hemisferio izquierdo de la cabeza ($Fp1$, $P3$ y $O1$), el que mayores tasas de acierto proporciona en la clasificación es el $O1$ para ambos criterios, mientras que para los electrodos $Fp2$, $P4$ y $O2$, el que mejor comportamiento tiene a la hora de clasificar es el electrodo $P4$.

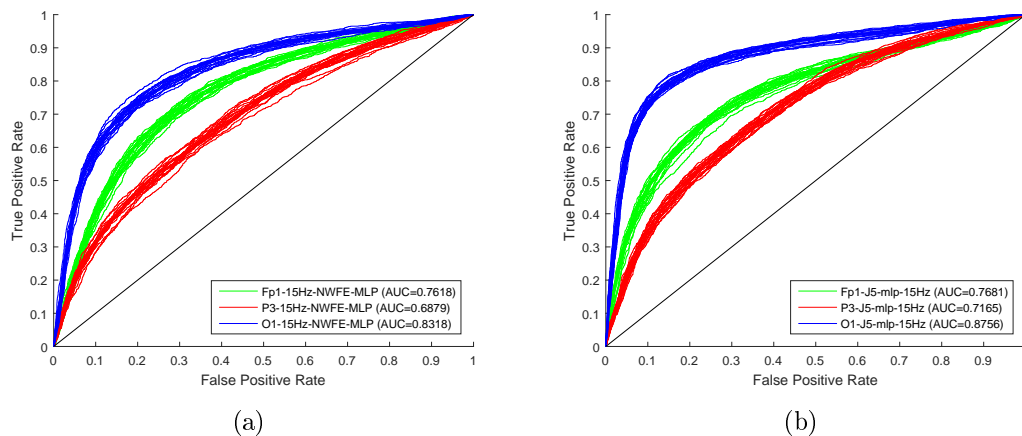


Figura 5.77: Curvas ROC y AUC media para los electrodos $Fp1$, $P3$ y $O1$ aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

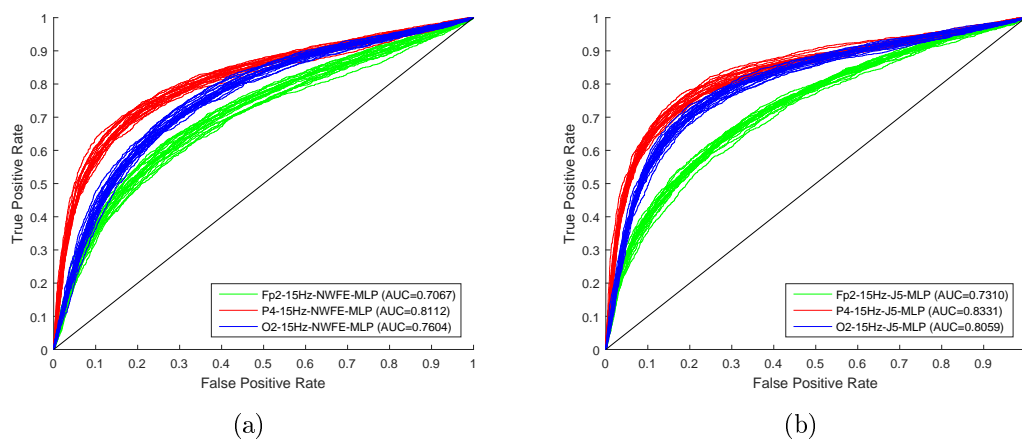


Figura 5.78: Curvas ROC y AUC media para los electrodos $Fp2$, $P4$ y $O2$ aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

$$\begin{aligned}
 P4 - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 8044 & 1671 \\ 1013 & 3272 \end{pmatrix} & P4 - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7940 & 1898 \\ 1159 & 3003 \end{pmatrix} \\
 O1 - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 8213 & 1317 \\ 948 & 3522 \end{pmatrix} & O1 - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} &= \begin{pmatrix} 7902 & 1996 \\ 1258 & 3144 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Estos resultados no nos permiten determinar qué zona de la cabeza es la más influyente ya que los valores de AUC son muy similares entre parejas de electrodos. Para averiguar la influencia de las zonas de la cabeza en la clasificación haremos uso de las matrices de agrupaciones.

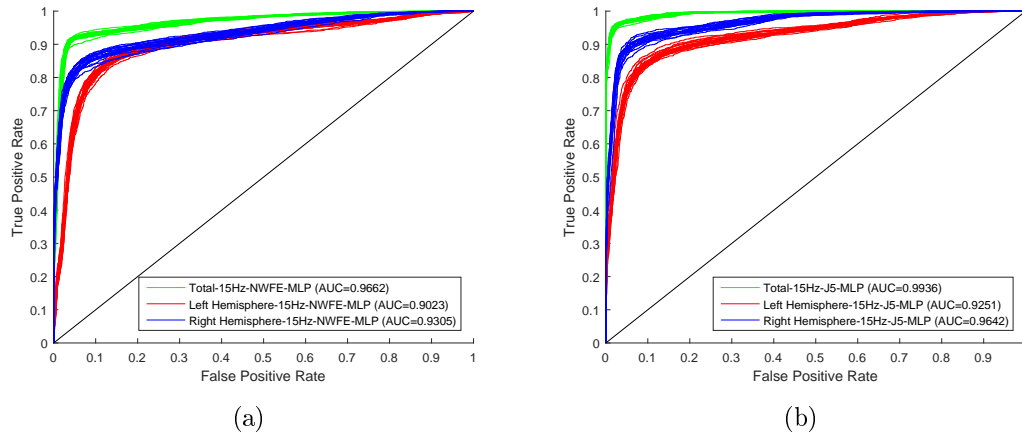


Figura 5.79: Curvas ROC y AUC media para los matrices de electrodos total (T), hemisferio izquierdo (LH) y hemisferio derecho (RH) aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 con una red neuronal MLP. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

$$\begin{aligned} \text{LH - 15Hz - J5 - MLP} &= \begin{pmatrix} 8458 & 890 \\ 669 & 3953 \end{pmatrix} & \text{LH - 15Hz - NWFE - MLP} &= \begin{pmatrix} 8341 & 946 \\ 846 & 3867 \end{pmatrix} \\ \text{RH - 15Hz - J5 - MLP} &= \begin{pmatrix} 8784 & 638 \\ 364 & 4214 \end{pmatrix} & \text{RH - 15Hz - NWFE - MLP} &= \begin{pmatrix} 8534 & 895 \\ 502 & 4069 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

La matriz total de electrodos es la más adecuada a la hora de obtener un alto rendimiento en la clasificación ya que su AUC es la mayor de todo el conjunto. En cuanto a los hemisferios, el derecho tiene mayores tasas de clasificación correcta que el izquierdo como en [30], gracias en parte a que contiene al electrodo $P4$.

Por otro lado, las matrices de agrupaciones proporcionan un rendimiento mucho más elevado que las matrices de electrodos individuales. Si observamos los resultados obtenidos a través de los boxplots de AUC los electrodos individuales con mejor comportamiento frente a la clasificación son el $P4$ y el $O1$, mientras que las agrupaciones más importantes son la total de electrodos (T), el hemisferio derecho (RH) y el hemisferio izquierdo (LH). Los valores de AUC para agrupaciones son mucho mayores que para los electrodos individuales, lo que quiere decir que la actuación conjunta de los electrodos proporciona mejores resultados, por este motivo la conclusión a la que llegamos es que la matriz para conseguir una clasificación óptima es la total de los electrodos.

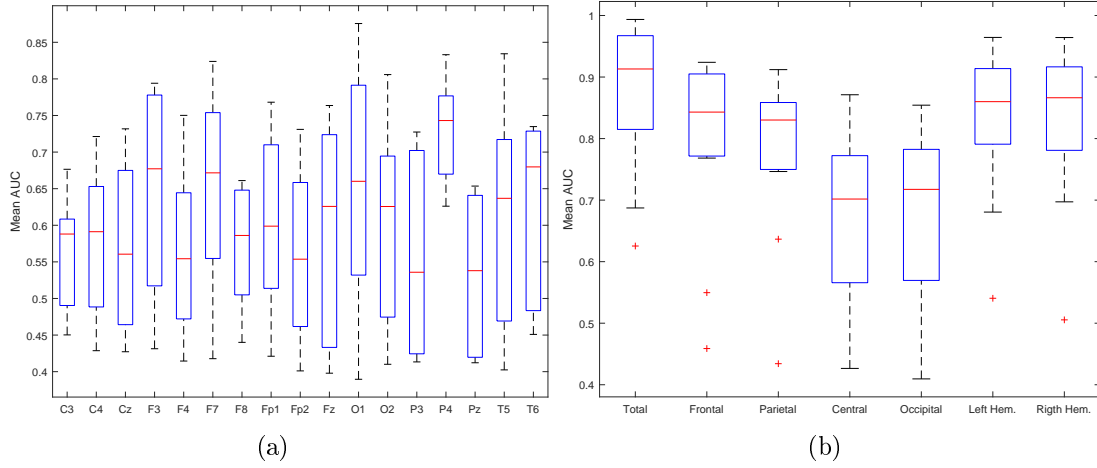


Figura 5.80: Boxplots de AUC para las matrices de características-electrodos en función de a) electrodos individuales y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$.

5.4.4. Comparación de los clasificadores

El clasificador se encarga de dividir los datos de un conjunto en grupos diferentes en función de un criterio determinado. El rendimiento de un determinado clasificador dependerá de la tasa de acierto con la que sea capaz de clasificar dichos datos, en nuestro caso, entre sujetos sanos y esquizofrénicos. En nuestro estudio contamos con dos clasificadores diferentes: SVM y MLP. Nuestro objetivo es seleccionar el más eficiente a la hora de clasificar por lo que el procedimiento a seguir será el siguiente: partiendo de la base de que el filtrado más eficiente es el de 15 Hz una vez realizado el análisis en las secciones anteriores, que los dos criterios de selección con alta tasa de acierto en la clasificación son el J5 y NWFE, y que la matriz total de electrodos es el mejor conjunto para medir el rendimiento del clasificador, sólo nos falta una variable por analizar, el modelo de clasificación.

Para la matriz total de electrodos (T), la red neuronal MLP proporciona el mejor rendimiento en la clasificación para ambos criterios de selección, aunque el comportamiento del clasificador SVM también es muy eficiente ya que ambas AUC presentan un valor por encima de 0.9.

$$\begin{aligned}
 \text{T - 15Hz - J5 - MLP} &= \begin{pmatrix} 8951 & 289 \\ 145 & 4615 \end{pmatrix} & \text{T - 15Hz - NWFE - MLP} &= \begin{pmatrix} 8860 & 466 \\ 317 & 4357 \end{pmatrix} \\
 \text{T - 15Hz - J5 - SVM} &= \begin{pmatrix} 6662 & 357 \\ 338 & 3643 \end{pmatrix} & \text{T - 15Hz - NWFE - SVM} &= \begin{pmatrix} 6753 & 768 \\ 247 & 3232 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Los boxplots de AUC confirman estos resultados, siendo las agrupaciones de electrodos más eficientes en la clasificación que los electrodos individuales.

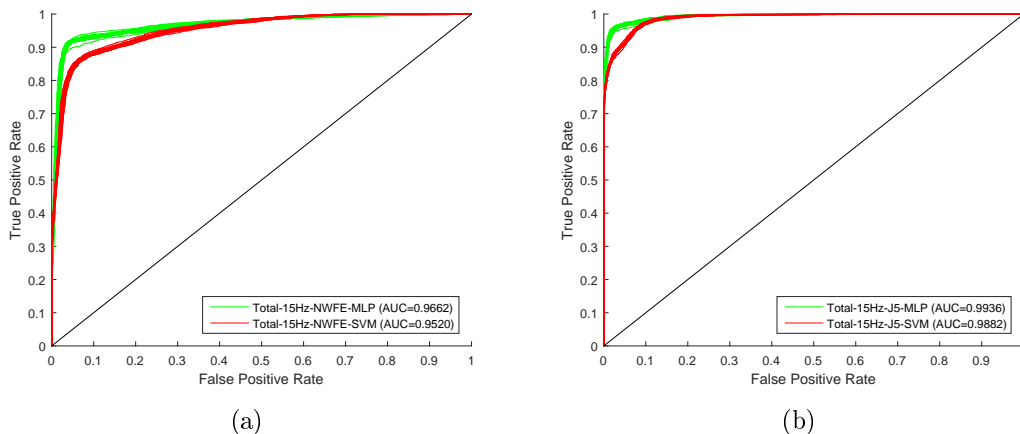


Figura 5.81: Curvas ROC y AUC media para los clasificadores SVM y MLP aplicando los criterios de selección a) NWFE y b) J5 para la matriz total de electrodos (T). $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

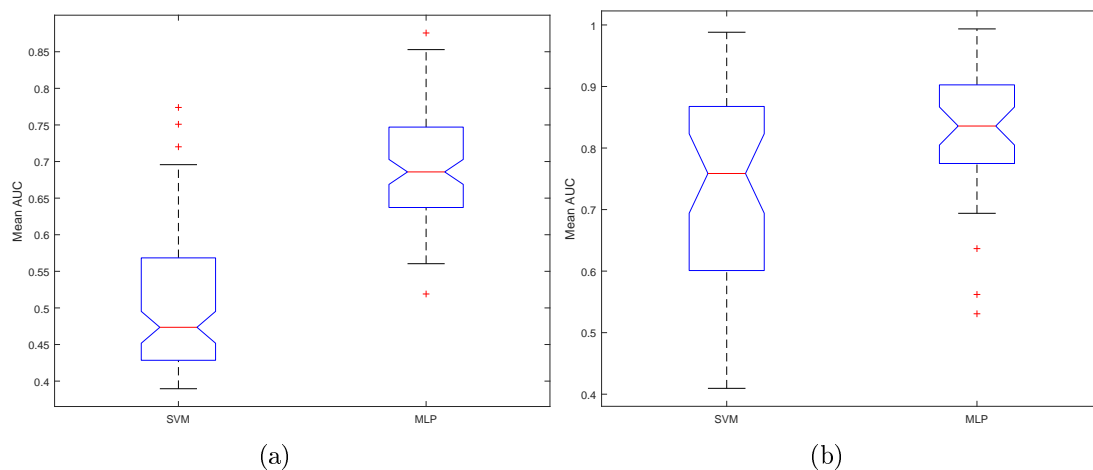


Figura 5.82: Boxplots de AUC para los clasificadores en función de a) electrodos tratados individualmente y b) agrupaciones de electrodos. $n_{rep} = 20$.

5.4.5. Procesado óptimo para la clasificación

Después de realizar todos los pasos propuestos para el análisis de la clasificación de sujetos: la elección del algoritmo de selección de características, el filtrado más eficiente, la mejor matriz de características-electrodos y el clasificador con mayor rendimiento. El proceso óptimo para la clasificación será el siguiente:

- Utilización del filtrado de 15 Hz en el pre-procesado de las señales de EEG.
- El criterio J5 para la selección de características
- La evaluación conjunta de todas las características y electrodos (matriz total).
- La clasificación de sujetos mediante la red neuronal MLP.

Valores de AUC media y desviación estándar para los criterios de selección

AUC Media \pm std criterio J5				
Matriz	SVM-15Hz	SVM-35Hz	MLP-15Hz	MLP-35Hz
T	0,9882 \pm 0.0006	0,9533 \pm 0.0021	0,9936 \pm 0.0007	0,9682 \pm 0.0032
F	0,917 \pm 0.0021	0,8842 \pm 0.0040	0,9239 \pm 0.0048	0,922 \pm 0.0051
PT	0,912 \pm 0.0029	0,7724 \pm 0.0036	0,9119 \pm 0.0041	0,869 \pm 0.0062
C	0,7641 \pm 0.0036	0,6574 \pm 0.0059	0,8712 \pm 0.0054	0,8017 \pm 0.0074
O	0,8032 \pm 0.0032	0,6018 \pm 0.0051	0,8543 \pm 0.0062	0,7617 \pm 0.0105
LH	0,8642 \pm 0.0027	0,9644 \pm 0.0023	0,9251 \pm 0.0043	0,9548 \pm 0.0037
RH	0,9542 \pm 0.0024	0,8594 \pm 0.0036	0,9642 \pm 0.0038	0,8842 \pm 0.0060

Tabla 5.3: Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio J5. $n_{rep} = 20$.

AUC Media \pm std criterio NWFE				
Matriz	SVM-15Hz	SVM-35Hz	MLP-15Hz	MLP-35Hz
T	0,952 \pm 0.0017	0,8654 \pm 0.0033	0,9662 \pm 0.0025	0,8742 \pm 0.0066
F	0,8721 \pm 0.0024	0,789 \pm 0.0029	0,8931 \pm 0.0077	0,814 \pm 0.0082
PT	0,8324 \pm 0.0038	0,7465 \pm 0.0033	0,8401 \pm 0.0055	0,8279 \pm 0.0105
C	0,7096 \pm 0.0030	0,456 \pm 0.0053	0,7805 \pm 0.0086	0,7116 \pm 0.0084
O	0,7135 \pm 0.0057	0,4095 \pm 0.0051	0,8198 \pm 0.0069	0,7214 \pm 0.0086
LH	0,8835 \pm 0.0025	0,7784 \pm 0.0032	0,9023 \pm 0.0041	0,8558 \pm 0.0051
RH	0,8651 \pm 0.0034	0,8676 \pm 0.0025	0,9305 \pm 0.0054	0,9026 \pm 0.0063

Tabla 5.4: Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio NWFE. $n_{rep} = 20$.

AUC Media \pm std criterio NDA				
Matriz	SVM-15Hz	SVM-35Hz	MLP-15Hz	MLP-35Hz
T	0,6254 \pm 0.0056	0,6873 \pm 0.0056	0,8314 \pm 0.0092	0,7984 \pm 0.0079
F	0,5496 \pm 0.0041	0,4588 \pm 0.0047	0,7683 \pm 0.0073	0,7749 \pm 0.0060
PT	0,7532 \pm 0.0037	0,4342 \pm 0.0044	0,8482 \pm 0.0065	0,6366 \pm 0.0078
C	0,5307 \pm 0.0050	0,4265 \pm 0.0052	0,5484 \pm 0.0102	0,6939 \pm 0.0127
O	0,5322 \pm 0.0044	0,577 \pm 0.0041	0,7292 \pm 0.0098	0,562 \pm 0.0115
LH	0,6633 \pm 0.0066	0,6806 \pm 0.0044	0,8529 \pm 0.0089	0,8034 \pm 0.0059
RH	0,5054 \pm 0.0067	0,6972 \pm 0.0048	0,7429 \pm 0.0111	0,8189 \pm 0.0070

Tabla 5.5: Valores de AUC media \pm std para las matrices de agrupaciones según el criterio NDA. $n_{rep} = 20$.

Matrices de confusión para los criterios de selección de características

La representación de las matrices de confusión es muy útil para averiguar la tasa de acierto de cada conjunto de variables del análisis. En este caso compararemos diferentes

criterios de selección de características. La representación de la matriz de confusión tiene la siguiente forma:

$$\text{matriz - filtro - criterio - clasificador} = \begin{pmatrix} V+ & F+ \\ F- & V- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \% V+ & \% F+ \\ \% F- & \% V- \end{pmatrix}$$

Donde V+ representa los verdaderos positivos, V- los verdaderos negativos, F+ los falsos positivos y F- los falsos negativos.

Criterio de selección de características NDA

$T - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7916 & 1807 \\ 1178 & 3099 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,5\% & 12,9\% \\ 8,4\% & 22,1\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7652 & 1827 \\ 1442 & 3079 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 54,7\% & 13,1\% \\ 10,3\% & 22\% \end{pmatrix}$
$T - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6558 & 3519 \\ 442 & 481 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,6\% & 32\% \\ 4\% & 4,4\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6233 & 2833 \\ 767 & 1167 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,7\% & 25,8\% \\ 7\% & 10,6\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7716 & 2028 \\ 1496 & 2787 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 55,1\% & 14,5\% \\ 10,5\% & 19,9\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7446 & 2051 \\ 1739 & 2764 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 53,2\% & 14,6\% \\ 12,4\% & 19,4\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6558 & 3601 \\ 442 & 399 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,6\% & 32,7\% \\ 4\% & 3,6\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6562 & 3876 \\ 438 & 124 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,7\% & 35,2\% \\ 4\% & 1,1\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8175 & 1482 \\ 943 & 3400 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,4\% & 10,6\% \\ 6,7\% & 24,3\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7194 & 2964 \\ 1924 & 1918 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 51,4\% & 21,2\% \\ 13,7\% & 13,7\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6466 & 2373 \\ 534 & 1627 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,8\% & 21,6\% \\ 4,9\% & 14,8\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6741 & 3914 \\ 259 & 86 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61,3\% & 35,6\% \\ 0,8\% & 0,8\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7971 & 1855 \\ 1102 & 3072 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,9\% & 13,3\% \\ 7,9\% & 21,9\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7508 & 1699 \\ 1565 & 3228 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 53,6\% & 12,1\% \\ 11,2\% & 23,1\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6698 & 3655 \\ 302 & 345 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,9\% & 33,2\% \\ 2,7\% & 3,1\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6595 & 3260 \\ 405 & 740 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60\% & 29,6\% \\ 3,7\% & 6,7\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7508 & 2287 \\ 1654 & 2551 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 53,6\% & 16,3\% \\ 11,8\% & 18,2\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7901 & 1683 \\ 1261 & 3155 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,4\% & 12\% \\ 9\% & 22,5\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6618 & 3829 \\ 382 & 171 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,2\% & 34,8\% \\ 3,5\% & 1,6\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - \text{NDA} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6452 & 3056 \\ 548 & 944 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,7\% & 27,8\% \\ 5\% & 8,6\% \end{pmatrix}$

Criterio de selección de características NWFE

$T - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8860 & 466 \\ 317 & 4357 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 63,3\% & 3,3\% \\ 2,3\% & 31,1\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8252 & 1192 \\ 925 & 3631 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,9\% & 8,5\% \\ 6,6\% & 25,9\% \end{pmatrix}$
$T - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6753 & 768 \\ 247 & 3232 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61,4\% & 7\% \\ 2,2\% & 29,4\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6570 & 1465 \\ 430 & 2535 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,7\% & 13,3\% \\ 3,9\% & 23\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8459 & 1016 \\ 673 & 3852 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,4\% & 7,3\% \\ 4,8\% & 27,5\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7720 & 1607 \\ 1412 & 3261 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 55,1\% & 11,5\% \\ 10,1\% & 23,3\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6514 & 1246 \\ 486 & 2754 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,2\% & 11,3\% \\ 4,4\% & 25\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6268 & 2017 \\ 732 & 1983 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57\% & 18,3\% \\ 6,7\% & 18\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8103 & 1428 \\ 994 & 3475 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57,9\% & 10,2\% \\ 7,1\% & 24,8\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 7927 & 1648 \\ 1170 & 3255 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,6\% & 11,8\% \\ 8,4\% & 23,3\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6459 & 1614 \\ 541 & 2386 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,7\% & 14,7\% \\ 4,9\% & 21,7\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6383 & 2583 \\ 617 & 1417 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58\% & 23,5\% \\ 5,6\% & 12,9\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8341 & 946 \\ 846 & 3867 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,6\% & 6,8\% \\ 6\% & 27,6\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8122 & 1253 \\ 1065 & 3560 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58\% & 8,9\% \\ 7,6\% & 25,4\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6327 & 1239 \\ 673 & 2761 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57,5\% & 11,3\% \\ 6,1\% & 25,1\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6257 & 2009 \\ 743 & 1991 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 56,9\% & 18,3\% \\ 6,8\% & 18,1\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8534 & 895 \\ 502 & 4069 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61\% & 6,4\% \\ 3,6\% & 29\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8210 & 913 \\ 826 & 4051 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,6\% & 6,5\% \\ 5,9\% & 28,9\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6551 & 1435 \\ 449 & 2565 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 59,6\% & 13\% \\ 4,1\% & 23,3\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - \text{NWFE} - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6394 & 1481 \\ 606 & 2519 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,1\% & 13,5\% \\ 5,5\% & 22,9\% \end{pmatrix}$

Criterio de selección de características J5

$T - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8951 & 289 \\ 145 & 4615 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 63,9\% & 2,1\% \\ 1\% & 33\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8754 & 571 \\ 342 & 4333 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 62,5\% & 4,1\% \\ 2,4\% & 30,9\% \end{pmatrix}$
$T - 15\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6662 & 357 \\ 338 & 3643 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,6\% & 3,2\% \\ 3,1\% & 33,1\% \end{pmatrix}$	$T - 35\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6616 & 911 \\ 384 & 3089 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,1\% & 8,3\% \\ 3,5\% & 28,1\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8574 & 921 \\ 545 & 3960 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61,2\% & 6,6\% \\ 3,9\% & 28,3\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8400 & 932 \\ 719 & 3949 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60\% & 6,7\% \\ 5,1\% & 28,2\% \end{pmatrix}$
$F - 15\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6693 & 1038 \\ 307 & 2962 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,8\% & 9,4\% \\ 2,8\% & 26,9\% \end{pmatrix}$	$F - 35\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6307 & 1226 \\ 693 & 2774 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57,3\% & 11,1\% \\ 6,3\% & 25,2\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8453 & 1066 \\ 660 & 3821 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,4\% & 7,6\% \\ 4,7\% & 27,3\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8090 & 1289 \\ 1023 & 3598 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57,8\% & 9,2\% \\ 7,3\% & 25,7\% \end{pmatrix}$
$PT - 15\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6772 & 1232 \\ 228 & 2768 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 61,6\% & 11,2\% \\ 2,1\% & 25,2\% \end{pmatrix}$	$PT - 35\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6429 & 2378 \\ 571 & 1622 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,4\% & 21,6\% \\ 5,2\% & 14,7\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8458 & 890 \\ 699 & 3953 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,4\% & 6,4\% \\ 5\% & 28,2\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8884 & 879 \\ 273 & 3964 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 63,5\% & 6,3\% \\ 2\% & 28,3\% \end{pmatrix}$
$LH - 15\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6401 & 1476 \\ 599 & 2524 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,2\% & 13,4\% \\ 5,4\% & 22,9\% \end{pmatrix}$	$LH - 35\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6643 & 743 \\ 357 & 3257 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60,4\% & 6,8\% \\ 3,2\% & 29,6\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8784 & 638 \\ 364 & 4214 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 62,7\% & 4,6\% \\ 2,6\% & 30,1\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - J5 - \text{MLP} = \begin{pmatrix} 8245 & 1056 \\ 903 & 3796 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 58,9\% & 7,5\% \\ 6,5\% & 27,1\% \end{pmatrix}$
$RH - 15\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6596 & 930 \\ 404 & 3070 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 60\% & 8,5\% \\ 3,7\% & 27,9\% \end{pmatrix}$	$RH - 35\text{Hz} - J5 - \text{SVM} = \begin{pmatrix} 6366 & 1211 \\ 634 & 2789 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 57,9\% & 11\% \\ 5,8\% & 25,4\% \end{pmatrix}$

En función de estos resultados, el criterio de selección de características J5 proporciona las tasas de acierto más elevadas para el filtrado de 15 Hz, con un valor del 96.9% para el clasificador MLP y un 93.7% para el clasificador SVM, mientras que el criterio de selección NWEF proporciona una tasa de acierto del 94,4% para MLP y del 90.8% para SVM. Para el filtro de 35 Hz J5 sigue teniendo el mejor comportamiento gracias a una tasa de acierto del 93.4% para el clasificador MLP y del 88.2% para SVM, mientras que el criterio NWEF proporciona una tasa de acierto del 84.8% para MLP y del 81.7% para SVM.

Capítulo 6

Conclusiones y líneas futuras

6.1. Conclusiones

La investigación realizada en el presente proyecto nos ha llevado a obtener unos determinados resultados a partir de tres líneas de análisis diferentes: en primer lugar el diseño de los algoritmos de selección de características ha proporcionado un conjunto de características discriminantes útiles a la hora de comparar los criterios de selección de características. Por otro lado la realización de un análisis no paramétrico, tanto univariante como multivariante, ha permitido conocer la influencia de cada característica, electrodo y agrupaciones de electrodos en función del criterio de selección utilizado. Por último, la clasificación de sujetos ha permitido conocer qué combinación de variables (criterio de selección, filtrado, clasificador...) es la más adecuada para distinguir entre sujetos sanos y esquizofrénicos con una tasa de acierto alta. A partir de estos resultados estamos en disposición de extraer las principales conclusiones de este proyecto.

Análisis univariante y multivariante

- Del conjunto total de características extraídas a partir de la onda P300, la más representativa es la *PSE* ya que es la que menor tasa de error proporciona al realizar tanto el análisis univariante como el multivariante. Además el conjunto de características frecuenciales (*PSE*, *Median Freq*, *Mean Freq* y *Mode Freq*.) proporciona menores p-valores que las características temporales, esto implica que la selección de características será mas efectiva si las más discriminantes de todo el conjunto seleccionado pertenecen al dominio frecuencial. Por otro lado, la utilización de topoplot demuestra que la influencia de las características en función de los electrodos tiene relevancia en dos zonas concretas de la cabeza: la zona frontal y la parietal-temporal.
- Los 17 electrodos encargados de la captación de las señales de EEG se pueden dividir

en una serie de subconjuntos para observar la influencia de las diferentes zonas de la cabeza. La detección de la onda P300 y su potencial evocado P3b se produce en gran medida en la zona parietal-temporal de la cabeza, por lo que los electrodos relativos a esta zona tienen una influencia mayor que el resto. Así, la realización del análisis no paramétrico demuestra que el electrodo P_4 es el más representativo por sus bajas tasas de error en el análisis. Se puede observar que este electrodo pertenece a la zona parietal-temporal de la cabeza.

- La utilización de agrupaciones en el análisis multivariante es muy útil a la hora de estudiar el comportamiento de los criterios de selección de características y observar la influencia de cada zona de la cabeza. La utilización de todo el conjunto de electrodos a la hora de obtener las características más discriminantes es el método más efectivo ya que abordamos todas las posibles combinaciones de duplas. Los dos hemisferios, el izquierdo y el derecho, la zona parietal-temporal y la frontal también proporcionan alta eficiencia en la selección y bajas tasas de error en el análisis no paramétrico, en concreto, si nos fijamos en la influencia de los hemisferios, el derecho tiene mejor comportamiento que el izquierdo, esto es debido a que el electrodo P_4 se sitúa en la parte derecha de la cabeza.
- La selección de las características más discriminantes está basada en la elección de una combinación característica-electrodo que proporcione los mejores valores para que se cumpla el criterio de separabilidad. Esta combinación característica-electrodo es lo que se denomina dupla. La dupla más representativa de todo el conjunto de duplas posibles es $\{PSE, P_4\}$, que resulta de la combinación de la característica más eficiente de todo el conjunto junto con el mejor electrodo de los 17 posibles. Una buena selección de características será aquella que considere como característica más discriminante la dupla $\{PSE, P_4\}$. La importancia de una determinada dupla tiene que ver con el nivel significativo de la misma, es decir, con su porcentaje de error. Una dupla se considera significativa si su p-valor es menor que 0.05. En función de si el sujeto es sano o esquizofrénico el p-valor de una dupla puede variar, y en general la tasa de error para un sujeto esquizofrénico es mayor que para un sujeto sano.
- De los dos algoritmos de selección de características no paramétricos desarrollados, el criterio NWFE tiene un mejor comportamiento ante la selección de las características más discriminantes ya que su dupla más representativa para la matriz total de características es $\{PSE, P_4\}$ mientras que en NDA es $\{PSE, Cz\}$. Esto implica que los p-valores calculados en el análisis no paramétrico para características y electrodos son menores con el criterio NWFE.

- Los test no paramétricos multivariantes utilizados permiten analizar los criterios de selección de características en función de características, electrodos y agrupaciones. El test Adonis proporciona menores p-valores que Anosim para los dos criterios utilizados, siendo estos p-valores mucho más bajos a la hora de utilizar agrupaciones de electrodos. El hecho de que Adonis sea más eficiente se debe a que es una versión mejorada y más robusta del test Anosim. Un aspecto a tener en cuenta a la hora de calcular p-valores es el número de permutaciones empleadas en la ejecución del test. La elección de las permutaciones es muy importante ya que un número escaso puede falsear los resultados al provocar un truncado de los valores obtenidos, por lo que es recomendable utilizar un número alto, teniendo en cuenta que la carga computacional será más alta y el desarrollo del test más lento. En líneas generales, el test Adonis necesita de la realización de más permutaciones, sobre todo a la hora de utilizar agrupaciones, que Anosim para obtener p-valores que no estén limitados y se puedan truncar.
- Los p-valores obtenidos para un filtrado de 15 Hz son menores para la mayoría de los conjuntos de características, electrodos y agrupaciones que para el filtrado de 35 Hz, luego se puede afirmar que el filtro de 15 Hz es el adecuado para realizar el pre-procesado de los datos de entrada.

Clasificación de sujetos

La clasificación de sujetos permite distinguir entre sujetos sanos y esquizofrenicos. La tasa de acierto en la clasificación depende de los siguientes factores: el criterio de selección de características, el filtrado utilizado, la matriz de características-electrodos empleada y el clasificador.

- El criterio de selección que mejores resultados ofrece a la hora de clasificar es el algoritmo paramétrico J5, seguido del algoritmo no paramétrico NWFEE, que también proporciona buenos resultados pero sin llegar a la misma eficiencia. El hecho de que el criterio J5 funcione mejor que el NWFEE no nos permite asegurar que los algoritmos paramétricos tengan un rendimiento mejor que los no paramétricos ya que sólo estamos comparando tres criterios diferentes de todos los posibles.
- Las matrices de características-electrodos que ofrecen mejores tasas de acierto en la clasificación son las matrices de agrupaciones, en concreto la matriz total de electrodos y ambos hemisferios, el izquierdo y el derecho. El rendimiento de las matrices de electrodos es bastante menor, pero destacan los electrodos $P4$ y $O1$.

- El empleo de un filtrado de 15 Hz también mejora las condiciones para una clasificación más eficiente.
- De los dos clasificadores empleados en el presente proyecto, el que mejor se ha adaptado a la clasificación propuesta ha sido la red neuronal MLP aunque con el inconveniente de su carga computacional es alta y el tiempo de ejecución mayor que el de la máquina SVM. El comportamiento de esta última es bueno a la hora de evaluar agrupaciones de electrodos, pero en el caso de electrodos individuales el rendimiento es bajo para algoritmos de selección no paramétricos.
- Resumiendo, el proceso de clasificación óptimo consiste en la combinación de un criterio de selección de características J5 junto con un filtrado a 15 Hz para la matriz total de electrodos y utilizando como clasificador la red neuronal MLP. A partir de este proceso se consiguen las tasas de acierto en la clasificación más altas posibles.

6.2. Lineas futuras

- **Banco de datos.** La ampliación del número de EEG puede resultar de gran ayuda a la hora de generalizar los resultados de la clasificación entre sujetos sanos y esquizofrénicos.
- **Implementación de diferentes algoritmos de selección de características.** La selección de características es una etapa muy importante a la hora de obtener altas tasas de acierto en la clasificación. La implementación de otros algoritmos de selección no paramétricos sería de gran ayuda de cara a comparar el rendimiento entre criterios de selección paramétricos y no paramétricos.
- **Estudio de clasificadores no paramétricos.** El empleo de diferentes clasificadores para distinguir entre sujetos sanos y esquizofrénicos podría ayudar a mejorar la eficiencia de los algoritmos de selección de características, en especial para los no paramétricos.
- **Limitación del software R.** El hecho de que el software R no permita realizar un número de permutaciones para los test Anosim y Adonis por encima de $1 \cdot 10^7$ permutaciones implica la búsqueda de otros software estadísticos que permitan realizar cálculos con una carga computacional alta.

Bibliografía

- [1] U.S. Department of health and human services. *National Institute of Mental Health*, 2009.
- [2] Michele Sie. Schizophrenia: clinical features and diagnosis. *Clinical Pharmacist*, 3, 2011.
- [3] Lorenzo Santos Mayo. Diagnóstico automático de la esquizofrenia basado en el estudio de señales EEG de actividad cortical en el cerebro. 2014.
- [4] Eduardo Illera Ariño, Juan Ignacio Arribas, and Luís Miguel San José Revuelta. Análisis bioestadístico de señales EEG registradas durante la realización de una tarea auditiva para el estudio de su viabilidad en la ayuda al diagnóstico de la esquizofrenia. 2016.
- [5] John Polich. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*, 118(10):2128–2148, 2007.
- [6] Terence W Picton. The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of clinical neurophysiology*, 9(4):456–479, 1992.
- [7] Robert Oostenveld and Peter Praamstra. The five percent electrode system for high-resolution EEG and ERP measurements. *Clinical neurophysiology*, 112(4):713–719, 2001.
- [8] Gavin Brown, Adam Pocock, Ming-Jie Zhao, and Mikel Luján. Conditional likelihood maximisation: a unifying framework for information theoretic feature selection. *Journal of Machine Learning Research*, 13(Jan):27–66, 2012.
- [9] Antonio Tristan Vega. Segmentación semiautomática de radiografías de la mano para la estimación de la edad ósea en la infancia. 2004.
- [10] Zhifeng Li, Dahua Lin, and Xiaoou Tang. Nonparametric discriminant analysis for face recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(4):755–761, 2009.

-
- [11] Keinosuke Fukunaga. *Introduction to statistical pattern recognition*. Academic press, 2013.
- [12] Ahmad Basheer Hassanat, Mohammad Ali Abbadi, Ghada Awad Altarawneh, and Ahmad Ali Alhasanat. Solving the problem of the k parameter in the KNN classifier using an ensemble learning approach. *arXiv preprint arXiv:1409.0919*, 2014.
- [13] Bor-Chen Kuo and David A Landgrebe. Nonparametric weighted feature extraction for classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(5):1096–1105, 2004.
- [14] Seyed Omid Sadjadi, Jason W Pelecanos, and Sriram Ganapathy. Nearest neighbor discriminant analysis for language recognition. In *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2015 IEEE International Conference on*, pages 4205–4209. IEEE, 2015.
- [15] Bor-Chen Kuo and David Landgrebe. Improved statistics estimation and feature extraction for hyperspectral data classification. 2001.
- [16] Wayne W Daniel and W Daniel Wayne. *Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences*. 1995.
- [17] Andy Field. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage, 2013.
- [18] Myles Hollander, Douglas A Wolfe, and Eric Chicken. *Nonparametric statistical methods*. John Wiley & Sons, 2013.
- [19] Nornadiah Mohd Razali, Yap Bee Wah, et al. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1):21–33, 2011.
- [20] George C Canavos and Edmundo Gerardo Urbina Medal. *Probabilidad y estadística*. McGraw Hill, 1987.
- [21] Joseph F Hair, Mónica Gómez Suárez, Esmé Prentice, and Diego Cano Soler. *Análisis multivariante*. 1999.
- [22] César Pérez López. Técnicas de análisis multivariante de datos. *Aplicaciones con SPSS, Madrid, Universidad Complutense de Madrid*, 2004.
- [23] Jari Oksanen, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Bob O’Hara, M Henry H Stevens, Maintainer Jari Oksanen, and MASS Suggests. The vegan package. *Community ecology package*, 10:631–637, 2007.

-
- [24] Marti J Anderson. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral ecology*, 26(1):32–46, 2001.
- [25] Marti J Anderson. Permutational multivariate analysis of variance. *Department of Statistics, University of Auckland, Auckland*, 26:32–46, 2005.
- [26] David F Williamson, Robert A Parker, and Juliette S Kendrick. The box plot: a simple visual method to interpret data. *Annals of internal medicine*, 110(11):916–921, 1989.
- [27] Tom Fawcett. An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8):861–874, 2006.
- [28] Charles E Metz. Basic principles of ROC analysis. In *Seminars in nuclear medicine*, volume 8, pages 283–298. Elsevier, 1978.
- [29] James A Hanley and Barbara J McNeil. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1):29–36, 1982.
- [30] Lorenzo Santos-Mayo, Luis M San-José-Revuelta, and Juan Ignacio Arribas. A computer-aided diagnosis system with EEG based on the P3b wave during an auditory odd-ball task in schizophrenia. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 64(2):395–407, 2017.
- [31] Nello Cristianini and John Shawe-Taylor. An introduction to support vector machines, 2000.
- [32] Sebastián Maldonado and Richard Weber. Modelos de selección de atributos para support vector machines. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 26:49–70, 2012.
- [33] Christopher M Bishop. *Neural networks for pattern recognition*. Oxford university press, 1995.

Apéndice A

Implementación de test no paramétricos

En el siguiente apéndice se desarrollan los pasos a seguir par implementar los test no paramétricos descritos en el capítulo 4. Los tests univariantes de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov han sido ejecutados en el entorno SPSS, mientras que los tests multivariantes de Anosim y Adonis fueron implementados con el software estadístico R.

A.1. Prueba U de Mann-Whitney en SPSS

La prueba U de Mann-Whitney es un test no paramétrico y univariante basado en la comparación de dos muestras (clases) independientes.

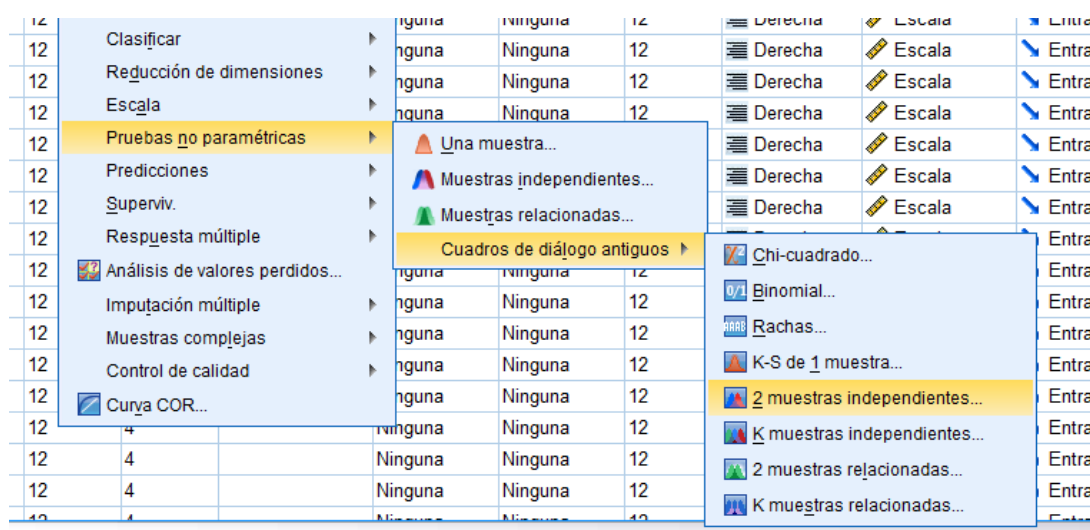


Figura A.1: Selección de las pruebas no paramétricas para dos muestras independientes a partir del menú *Analizar* en SPSS.

Partiendo de la matriz total de características formada por las 340 duplas posibles para los 46 sujetos del estudio, a la hora de implementar la prueba debemos tener en

cuenta dos tipos de variables involucradas en el proceso: las variables de prueba, que son todas aquellas que deseamos evaluar de forma independiente en el test, y la variable de agrupación, que es la que distingue entre las dos clases independientes, HC y SZ. Para la realización de la prueba U de Mann-Whitney debemos marcar la casilla *U de Mann-Whitney*.

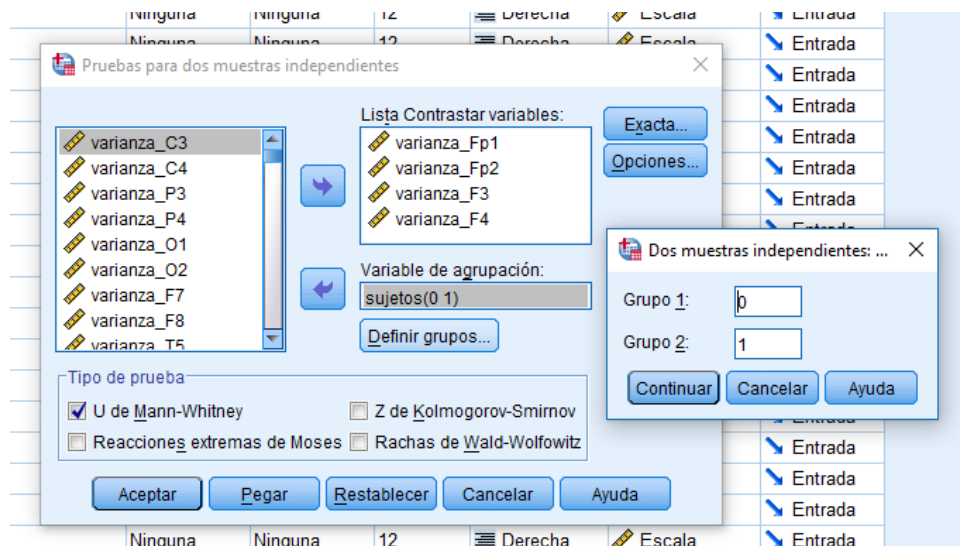


Figura A.2: Ventana de pruebas no paramétricas para dos variables independientes: seleccionamos la prueba U de Mann-Whitney y asignamos los valores 0 y 1 para la variable de agrupación en función de los sujetos, HC y SZ.

Tras aceptar las condiciones de la prueba el cuadro de resultados mostrará el valor del estadístico U y del p-valor (sig. asintótica bilateral) para cada dupla analizada.

Estadísticos de contraste^a

	varianza_Fp1	varianza_Fp2	varianza_F3	varianza_F4
U de Mann-Whitney	227,000	216,000	238,000	177,000
W de Wilcoxon	692,000	681,000	703,000	642,000
Z	-,300	-,554	-,046	-,1453
Sig. asintót. (bilateral)	,764	,580	,963	,146

a. Variable de agrupación: sujetos

Figura A.3: Tabla de resultados de la prueba U de Mann-Whitney.

A.2. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov en SPSS

La metodología del test de Kolmogorov-Smirnov es muy similar al de la prueba U de Mann-Whitney al ser también una prueba no paramétrica de dos muestras independientes (ver figura A.1). Partiendo de la matriz total de características como datos de entrada,

tenemos que seleccionar la opción *Z de Kolmogorov-Smirnov* para ejecutar la esta prueba y asignar los valores 0 y 1 a la variable de agrupación para distinguir entre sujetos HC y SZ.

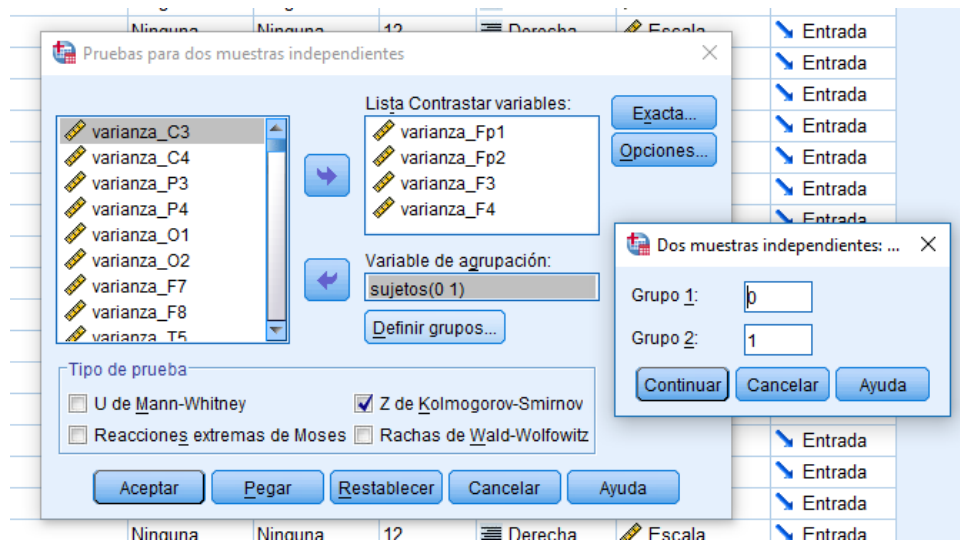


Figura A.4: Ventana de pruebas no paramétricas para dos variables independientes para la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.

Una vez aceptadas las condiciones de la prueba, se mostrará una tabla con los resultados más relevantes: el estadístico (*Z*) y el p-valor.

Estadísticos de contraste^a

		varianza_Fp1	varianza_Fp2	varianza_F3	varianza_F4
Diferencias más extremas	Absoluta	,188	,250	,200	,263
	Positiva	,188	,250	,167	,263
	Negativa	-,125	-,146	-,200	,000
Z de Kolmogorov-Smirnov		,606	,808	,646	,848
Sig. asintót. (bilateral)		,857	,532	,798	,468

a. Variable de agrupación: sujetos

Figura A.5: Tabla de resultados de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov.

A.3. Anosim y Adonis en R

Las funciones de Anosim y Adonis pertenecen al paquete *Vegan* de R y se corresponden con dos tests multivariantes y no paramétricos basados en permutaciones para obtener los p-valores de un conjunto de datos determinado. Como su implementación es muy parecida vamos a analizar las dos funciones de forma conjunta.

Antes de adentrarnos en profundidad con el análisis de las funciones debemos tener en cuenta una serie de conceptos en R a la hora de manipular los datos:

- Los datos de entrada analizar serán matrices de características-sujetos iguales a las empladas para los test univariantes de las secciones anteriores, por lo tanto el formato de los datos será el empleado por SPSS, *SPSS Statistics Data Document* .sav. El software estadístico R no permite cargar este tipo de archivos directamente, por lo que será necesario la instalación del paquete *foreign*. La instrucción de carga de datos será por tanto:

```
datos <- read.spss("todos_15Hz.sav", to.data.frame = TRUE)
```

- La utilización de las funciones Anosim y Adonis solo es posible mediante la intalación del paquete *vegan* en el software.

```
> library(vegan)
Loading required package: permute
Loading required package: lattice
This is vegan 2.4-3
Warning messages:
1: package 'vegan' was built under R version 3.3.3
2: package 'permute' was built under R version 3.3.3
> |
```

Figura A.6: Proceso de carga del paquete *vegan* en el software estadístico R.

A.3.1. Anosim

La función Anosim tiene la siguiente estructura:

```
resultado <- anosim(dat, grouping, permutations, distance)
```

- Argumentos de entrada:
 - **dat**. Conjunto de datos de entrada sobre los que se ejecuta la función.
 - **grouping**. Número de grupos en los que se dividen los datos de entrada.
 - **permutations**. Número de permutaciones realizadas en el análisis. Por defecto el número es 999.
 - **distance**. Métrica que se utiliza para la comparación de los datos.
- Variables de salida:
 - **statistic**. Valor del estadístico R de Anosim.
 - **signif**. Valor significativo, o p-valor calculado a partir de las permutaciones.

Con esta definición de la función estamos en disposición de ejecutar el test de Anosim, que tomará como valores de entrada la matriz de características-sujetos, el clasificador

entre sujetos HC y SZ, un número de permutaciones igual a 9999 para las características y electrodos individuales y 49999 para las agrupaciones para que el p-valor tenga una precisión alta ya que esta relacionado con el número de permutaciones, y, por último, una distancia con el método de comparación de *mahalanobis* que es el que mejor se adapta a nuestro problema. Hay que tener en cuenta que al tratarse de un test multivariante, el p-valor se obtiene mediante la introducción sucesiva de características, ya sea de forma ordenada o aleatoria, por lo que el conjunto de datos de entrada será cambiante en cada ejecución.

```
Call:
anosim(dat = varianza[, 1:17], grouping = clasificador, permutations = 9999, distance = "mahalanobis")
Dissimilarity: mahalanobis

ANOSIM statistic R: 0.03871
Significance: 0.2784

Permutation: free
Number of permutations: 9999
```

Figura A.7: Resultado del test Anosim para la característica variance.

A.3.2. Adonis

La función Adonis, muy similar a Anosim, posee la siguiente estructura:

resultado < -*adonis(formula, data, permutations, method)*

■ Argumentos de entrada:

- **formula.** Relación entre los datos de entrada y el clasificador de estos datos.
- **data.** Datos de entrada con las variables a analizar por la función.
- **permutations.** Número de permutaciones realizadas en el análisis. Por defecto el número es 999.
- **method.** Métrica que se utiliza para la comparación de los datos.

■ Variables de salida:

- **aov.tab.** Tabla con los resultados más relevantes del test, donde destacan el estadístico F de Adonis y el p-valor basado en el número de permutaciones.

La relación entre los datos de entrada y el clasificador de los sujetos viene dada por la siguiente formula: *datos clasificador* donde los datos, al igual que en Anosim, serán la matriz de características-sujetos. El número de permutaciones utilizado será de 9999 para características y electrodos individuales y de 999999 para las agrupaciones, y el método de comparación de datos (distancia) *mahalanobis*.

```
Call:
adonis(formula = varianza[, 1:17] ~ clasificador, permutations = 9999,
        method = "mahalanobis")

Permutation: free
Number of permutations: 9999

Terms added sequentially (first to last)

      Df SumsOfSqs MeanSqs F.Model    R2 Pr(>F)
clasificador  1     21.04  21.044  1.2446 0.02751 0.1623
Residuals    44    743.96  16.908           0.97249
Total        45    765.00           1.00000
```

Figura A.8: Resultado del test Adonis para la característica variance.

Apéndice B

Selección de parámetros de la señal de EEG

Parámetros algoritmo NDA 15 Hz							
Carac	Total	Frontal	Parietal- Temp	Central	Occipital	Right-hem	Left-hem
1	{PSE,Cz}	{PSE,Fz}	{PSE,T6}	{PSE,Cz}	{PSE,O2}	{PSE,T6}	{P300LatAbs,F7}
2	{PSE,T5}	{P300LatAbs,F7}	{Mean Freq.,T6}	{P300LatAbs,Cz}	{P300LatAbs,O2}	{Mean Freq.,T6}	{PSE,O1}
3	{P300lat Abs,F7}	{P300Lat,F7}	{PSE,P4}	{P300Lat,C4}	{P300Lat,O1}	{P300LatAbs,F8}	{PSE,C3}
4	{P300Lat,F8}	{P300Peak,F3}	{P300LatAbs,P3}	{P300Lat,Cz}	{Mode Freq.,O2}	{P300PeakAbs,C4}	{P300Lat,P3}
5	{P300Lat,P3}	{PSE,F7}	{PAR,T6}	{Mean Freq.,Cz}	{PSE,O1}	{P300LatAbs,C4}	{P300Lat,F3}
6	{P300PeakAbs,Cz}	{Median Freq.,Fp1}	{NAR,Pz}	{PSE,C4}	{PAR,O1}	{P300Lat,F8}	{ATAR,C3}
7	{Median Freq.,O1}	{P300Lat,F8}	{Mode Freq.,T6}	{LARAbs,C4}	{ZC,O2}	{PSE,F8}	{LAR,Fp1}
8	{PSE,O2}	{P300Peak,F8}	{PSE,T5}	{P300LatAbs,C4}	{ZC,O1}	{P300LatAbs,O2}	{PSE,F7}
9	{P300Lat,F3}	{P300LatAbs,F3}	{ZC,T5}	{TAR,C4}	{Mode Freq.,O1}	{PSE,O2}	{Mean Freq.,O1}
10	{PSE,F3}	{TAR,Fz}	{ZC,P3}	{NAR,Cz}	{NAR,O1}	{Mean,Fp2}	{PSE,T5}
11	{ZC,T5}	{P300Lat,F4}	{NAR,P4}	{LAR,Cz}	{P300PeakAbs,O1}	{TAR,Fp2}	{P300Lat,F7}
12	{Mode Freq.,P4}	{Mean Freq.,F7}	{P300Peak,T6}	{Median Freq.,C4}	{P300Lat,O2}	{LAR,O2}	{Mean,O1}
13	{ZC,C3}	{P300LatAbs,F4}	{P300Lat,T6}	{Mode Freq.,Cz}	{Variance,O1}	{LARAbs,T6}	{Mean,F7}
14	{Mode Freq.,Cz}	{TAR,Fp1}	{LARAbs,T6}	{TAAR,C4}	{LAR,O2}	{P300Lat,F4}	{ZC,C3}
15	{Energy,P3}	{ZC,F3}	{Median Freq.,T6}	{Median Freq.,C3}	{Mean,O1}	{P300LatAbs,F4}	{PAR,F3}
16	{TAR,F3}	{P300PeakAbs,Fp1}	{Mean Freq.,T5}	{NAR,C3}	{P300LatAbs,O1}	{LAR,T6}	{P300LatAbs,P3}
17	{P300LatAbs,Fp2}	{PAR,F3}	{ZC,P4}	{P300PeakAbs,C4}	{PAR,O2}	{P300Mean,F8}	{LAR,F7}
18	{P300Lat,P4}	{Mean,F7}	{Mode Freq.,Pz}	{ZC,Cz}	{Energy,O2}	{Energy,O2}	{P300LatAbs,C3}
19	{LARAbs,Fp2}	{NAR,F7}	{Median Freq.,Pz}	{Mode Freq.,C4}	{TAAR,O2}	{TAR,T6}	{P300LatAbs,O1}
20	{TAR,F7}	{P300Lat,F3}	{NAR,P3}	{Mean,C4}	{LAR,O1}	{LARAbs,O2}	{P300Lat,T5}
21	{LAR,P3}	{ZC,F7}	{PSE,Pz}	{Mean,Cz}	{TAR,O2}	{Median Freq.,F8}	{TAR,F7}
22	{Mean Freq.,T5}	{LAR,F7}	{LARAbs,T5}	{Mean Freq.,C3}	{TAR,O1}	{LAR,F4}	{P300Peak,Fp1}
23	{ZC,O2}	{ZC,F4}	{LAR,T5}	{TAR,Cz}	{Median Freq.,O2}	{P300Peak,Fp2}	{Median Freq.,C3}
24	{Median Freq.,T6}	{Median Freq.,F3}	{P300LatAbs,T5}	{P300PeakAbs,C3}	{Mean Freq.,O2}	{Mean,F8}	{P300PeakAbs,F7}
25	{Mode Freq.,O2}	{LAR,Fp2}	{Median Freq.,P4}	{LARAbs,C3}	{Variance,O2}	{TAAR,T6}	{TAAR,C3}
26	{P300LatAbs,P4}	{Mean Freq.,F3}	{ZC,T6}	{Variance,C3}	{Mean,O2}	{P300Lat,P4}	{P300Peak,T5}
27	{TAAR,Cz}	{Energy,Fz}	{Mean,T5}	{ZC,C3}	{Mean Freq.,O1}	{LARAbs,F8}	{LARAbs,C3}
28	{Energy,C3}	{PAR,F8}	{Mean,P4}	{Energy,Cz}	{Median Freq.,O1}	{Mode Freq.,Fp2}	{Mean Freq.,F3}
29	{Mean Freq.,P3}	{TAAR,Fp2}	{P300Lat,T5}	{LAR,C4}	{P300PeakAbs,O2}	{Mode Freq.,T6}	{ATAR,O1}
30	{Mean Freq.,F8}	{Mode Freq.,F4}	{P300Peak,Pz}	{Mode Freq.,C3}	{P300Peak,O2}	{P300Peak,C4}	{NAR,P3}

Tabla B.1: Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NDA (filtrado de 15Hz).

Parámetros algoritmo NDA 35 Hz							
Carac	Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Right-hem	Left-hem
1	{P300Lat Abs.F8}	{P300Lat Abs.F8}	{P300Lat.Pz}	{P300Lat Abs.C4}	{P300Lat Abs.O2}	{P300Lat Abs.F8}	{P300Lat Abs.F7}
2	{PSE.T5}	{P300Lat.F4}	{P300Lat.T5}	{P300Lat Abs.C3}	{P300Lat Abs.O1}	{P300Lat.F4}	{P300Lat.F7}
3	{P300Lat.F4}	{P300Lat Abs.F3}	{P300Lat.P4}	{P300Lat.C3}	{P300Peak Abs.O2}	{PSE.F8}	{P300Lat Abs.P3}
4	{P300Lat Abs.Fz}	{P300Lat.Fz}	{P300Mean.T5}	{PSE.C3}	{PSE.O2}	{P300Lat Abs.C4}	{P300Lat.F3}
5	{P300Lat.T5}	{PSE.F8}	{PSE.T5}	{Mean Freq.C3}	{ZC.O2}	{P300Lat.F8}	{P300Lat Abs.F3}
6	{P300Lat.Pz}	{P300Lat.F3}	{LAR Abs.T5}	{P300Lat.Cz}	{LAR Abs.O1}	{Median Freq.O2}	{Variance.C3}
7	{Energy.Fz}	{P300Lat Abs.F7}	{Mode Freq.T5}	{P300Lat.C4}	{P300Lat.O1}	{PSE.P4}	{ZC.O1}
8	{P300Lat.F7}	{PSE.Fz}	{P300Lat Abs.T6}	{PSE.Cz}	{Mean.O2}	{ZC.Fp2}	{Mode Freq.C3}
9	{PSE.Pz}	{Mean.F8}	{Energy.T6}	{P300Peak.C4}	{Mean Freq.O1}	{PSE.C4}	{P300Lat.T5}
10	{PSE.O1}	{Mode Freq.F4}	{Energy.P4}	{LAR.Cz}	{P300Lat.O2}	{LAR Abs.F4}	{ATAR.C3}
11	{Mode Freq.C3}	{PAR.F7}	{P300Lat Abs.P3}	{Mean.C4}	{LAR Abs.O2}	{P300Peak Abs.C4}	{TAAR.C3}
12	{LAR Abs.P3}	{TAR.F4}	{ZC.T5}	{Mode Freq.C3}	{Mode Freq.O2}	{ZC.O2}	{ZC.F7}
13	{ZC.P4}	{Mode Freq.F7}	{LAR.T5}	{Mean Freq.Cz}	{P300Peak.O1}	{Median Freq.F4}	{Mode Freq.F3}
14	{P300Mean.F7}	{Variance.Fz}	{TAAR.T6}	{LAR.C3}	{Variance.O1}	{TAAR.T6}	{P300Lat.P3}
15	{P300Peak Abs.Fz}	{LAR.F3}	{ZC.Pz}	{Median Freq.Cz}	{Mode Freq.O1}	{P300Peak Abs.T6}	{ATAR.T5}
16	{P300Lat.P3}	{P300Lat.Fp1}	{Mode Freq.P3}	{Energy.Cz}	{NAR.O1}	{Median Freq.C4}	{PSE.C3}
17	{Mode Freq.Fp1}	{Mode Freq.F8}	{NAR.P4}	{PAR.Cz}	{P300Peak Abs.O1}	{P300Peak Abs.P4}	{ZC.P3}
18	{ZC.F4}	{Median Freq.F7}	{Variance.T5}	{P300Lat Abs.Cz}	{TAR.O1}	{Mean.F8}	{LAR.C3}
19	{ATAR.T5}	{P300Lat.F8}	{NAR.T5}	{Energy.C4}	{TAR.O2}	{LAR.Fp2}	{TAAR.T5}
20	{P300Peak Abs.P3}	{PSE.F7}	{Median Freq.T5}	{TAR.Cz}	{TAR.O2}	{NAR.O2}	{LAR Abs.O1}
21	{NAR.P3}	{NAR.F7}	{Mean Freq.T5}	{Mean Freq.C4}	{Variance.O2}	{PAR.T6}	{Median Freq.F7}
22	{Variance.Cz}	{LAR Abs.F8}	{P300Peak.T5}	{Mean.C3}	{ZC.O1}	{Variance.F8}	{Mean Freq.P3}
23	{LAR.O1}	{TAAR.Fp2}	{ZC.T6}	{P300Peak.Cz}	{LAR.O2}	{P300Lat.Fp2}	{NAR.T5}
24	{LAR Abs.Pz}	{P300Peak.F7}	{P300Lat Abs.Pz}	{LAR.C4}	{PAR.O2}	{ZC.T6}	{PSE.F3}
25	{LAR.C3}	{ZC.F7}	{LAR.P4}	{PSE.C4}	{LAR.O1}	{P300Lat Abs.T6}	{Variance.T5}
26	{P300Peak.P3}	{Mean Freq.F7}	{Mean.T5}	{P300Peak Abs.C3}	{Mean Freq.O2}	{Mean.F4}	{Mode Freq.O1}
27	{ATAR.F7}	{PSE.Fp1}	{PSE.T6}	{TAR.C4}	{Energy.O2}	{PAR.F4}	{P300Lat.Fp1}
28	{Mean Freq.O1}	{ZC.Fp2}	{ATAR.T5}	{Variance.Cz}	{PSE.O1}	{PSE.O2}	{Energy.T5}
29	{ATAR.Pz}	{Median Freq.Fp1}	{NAR.Pz}	{Mode Freq.Cz}	{Mean.O1}	{P300Lat.C4}	{P300Lat Abs.C3}
30	{ZC.P3}	{Mean Freq.F4}	{Mean.P3}	{Median Freq.C3}	{TAR.O1}	{Mean Freq.C4}	{P300Peak.F7}

Tabla B.2: Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NDA (filtrado de 35Hz).

Parámetros algoritmo NWFE 15 Hz							
Carac	Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Right-hem	Left-hem
1	{PSE.P4}	{PSE.F3}	{PSE.P4}	{ZC.Cz}	{Mean.O2}	{PSE.P4}	{ZC.F3}
2	{ZC.Cz}	{P300Lat Abs.Fp2}	{PSE.T5}	{Mode Freq.C4}	{P300Lat Abs.O1}	{Median Freq.P4}	{PSE.T5}
3	{Median Freq.P4}	{PSE.F7}	{Mode Freq.P3}	{P300Lat.C3}	{ZC.O2}	{ZC.F4}	{PSE.F7}
4	{P300Lat Abs.O2}	{P300Lat Abs.F3}	{Mean.P4}	{LAR.Cz}	{P300Lat.O1}	{P300Lat Abs.T6}	{P300Lat Abs.F3}
5	{PSE.F3}	{P300Peak.Fp1}	{P300Lat Abs.T6}	{TAAR.C4}	{PSE.O1}	{ZC.C4}	{P300Lat.O1}
6	{P300Lat Abs.T6}	{Mean.Fz}	{LAR Abs.Pz}	{P300Lat Abs.Cz}	{LAR Abs.O2}	{Mean.O2}	{Mode Freq.P3}
7	{TAAR.F4}	{Variance.Fp2}	{LAR.T5}	{Mode Freq.C3}	{Variance.O1}	{TAR.F8}	{Variance.T5}
8	{P300Lat.O1}	{Mode Freq.Fp2}	{LAR.T6}	{Mean.Cz}	{LAR.O2}	{P300Lat.F4}	{P300Peak.Fp1}
9	{P300Lat Abs.F3}	{ZC.F4}	{Median Freq.P4}	{P300Mean.C4}	{NAR.O1}	{P300Lat Abs.O2}	{ATAR.F7}
10	{ZC.C4}	{ZC.F3}	{P300Lat.P3}	{Energy.Cz}	{P300Lat Abs.O2}	{Mean.P4}	{LAR.F7}
11	{Median Freq.Fz}	{PSE.F8}	{P300Peak.T6}	{P300Lat Abs.C3}	{PSE.O2}	{P300Lat Abs.Fp2}	{LAR.Fp1}
12	{P300Lat Abs.O1}	{LAR.F7}	{Variance.T5}	{P300Lat Abs.C4}	{P300Lat.O2}	{P300Lat Abs.C4}	{LAR.P3}
13	{Mode Freq.P3}	{LAR.Fp1}	{ZC.P3}	{ZC.C3}	{Mean.O1}	{LAR.T6}	{LAR.T5}
14	{P300Peak.C4}	{LAR.Fp2}	{NAR.T6}	{Mode Freq.Cz}	{LAR.O1}	{Median Freq.F4}	{Mean.F3}
15	{LAR.F7}	{P300Lat.F4}	{PSE.T6}	{PSE.Cz}	{Median Freq.O2}	{LAR.Fp2}	{P300Lat.Fp1}
16	{LAR.Cz}	{Mode Freq.Fz}	{LAR.P3}	{TAR.C3}	{ZC.O1}	{Mean Freq.P4}	{P300Lat Abs.O1}
17	{ZC.O2}	{LAR.F8}	{Median Freq.T5}	{Energy.C3}	{Median Freq.O1}	{Mean.T6}	{Mean.C3}
18	{LAR.T6}	{LAR.F4}	{LAR Abs.T5}	{PSE.C4}	{Energy.O2}	{Variance.Fp2}	{Median Freq.C3}
19	{Mean.P4}	{P300Peak Abs.F4}	{P300Lat Abs.P3}	{ZC.C4}	{LAR Abs.O1}	{Mean.F4}	{ZC.Fp1}
20	{P300Peak Abs.Fz}	{Mean.F4}	{ATAR.P4}	{LAR.C3}	{P300Peak Abs.O1}	{LAR.O2}	{TAR.O1}
21	{Mode Freq.Fp2}	{TAR.F7}	{ZC.T6}	{LAR Abs.C3}	{NAR.O2}	{ZC.O2}	{PSE.O1}
22	{LAR.O2}	{P300Lat.F7}	{LAR.Pz}	{Mean.C4}	{Mode Freq.O1}	{LAR.F8}	{P300Lat Abs.P3}
23	{PSE.T5}	{P300Lat Abs.Fp1}	{P300Lat Abs.P4}	{TAR.Cz}	{TAR.O2}	{Median Freq.T6}	{LAR Abs.O1}
24	{ZC.F3}	{P300Lat Abs.F4}	{Variance.P3}	{P300Peak Abs.C4}	{Variance.O2}	{P300Lat Abs.F4}	{Energy.C3}
25	{LAR.P3}	{ZC.Fp2}	{ZC.P4}	{TAR.Cz}	{Mode Freq.O2}	{PAR.F4}	{ZC.C3}
26	{P300Lat.P3}	{Median Freq.F7}	{P300Lat.T5}	{Median Freq.Cz}	{P300Peak.O2}	{P300Lat.O2}	{Variance.O1}
27	{Variance.Fp2}	{Median Freq.Fz}	{ZC.Pz}	{P300Lat.Cz}	{Energy.O1}	{LAR.F4}	{P300Lat.C3}
28	{P300Peak.Fp1}	{ZC.F7}	{Energy.T6}	{P300Peak.C4}	{TAR.O1}	{P300Peak.F8}	{P300Lat.F7}
29	{LAR.F8}	{Energy.Fp2}	{NAR.P4}	{LAR.C4}	{Mean Freq.O2}	{Mode Freq.Fp2}	{LAR.F3}
30	{P300Lat.Fp1}	{PSE.Fp2}	{Mode Freq.T6}	{Mean Freq.C3}	{TAAR.O2}	{ZC.P4}	{P300Lat Abs.Fp1}

Tabla B.3: Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NWFE (filtrado de 15Hz).

Parámetros algoritmo NWFE 35 Hz							
Carac	Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Right-hem	Left-hem
1	{PSE,P4}	{PSE,F7}	{PSE,P4}	{Variance,Cz}	{Mode Freq.,O2}	{PSE,P4}	{P300Lat,F7}
2	{Mode Freq.,O2}	{Mode Freq.,Fz}	{P300Lat Abs,T6}	{ZC,Cz}	{Mode Freq.,O1}	{P300Lat Abs,T6}	{PSE,T5}
3	{P300Lat Abs,T6}	{Mode Freq.,Fp2}	{Mean,P3}	{Mode Freq.,Cz}	{P300Lat Abs,O1}	{Mode Freq.,O2}	{PSE,F7}
4	{Mode Freq.,O1}	{P300Lat,F7}	{Variance,T6}	{Mode Freq.,C3}	{Mean,O1}	{Mode Freq.,Fp2}	{P300Lat Abs,F3}
5	{Mode Freq.,Fp2}	{Variance,Fz}	{LAR,T5}	{P300Lat Abs,C4}	{LAR,O1}	{Variance,T6}	{Mode Freq.,O1}
6	{PSE,T5}	{P300Lat Abs,F3}	{LAR,P3}	{P300Peak Abs,C4}	{Median Freq.,O2}	{LAR,Fp2}	{LAR,P3}
7	{P300Lat,F7}	{P300Lat,F3}	{LAR Abs,T5}	{PSE,C3}	{TAR,O1}	{Mean Freq.,P4}	{Variance,F3}
8	{ZC,Fp2}	{LAR,Fz}	{Mode Freq.,P3}	{LAR,C4}	{P300Lat Abs,O2}	{LAR,F8}	{P300Lat,F3}
9	{Mode Freq.,Cz}	{Mode Freq.,F7}	{LAR,T6}	{Mean,Cz}	{Variance,O1}	{LAR,F4}	{LAR,O1}
10	{P300Lat,F3}	{Mean,Fz}	{Variance,P4}	{P300Lat Abs,Cz}	{PSE,O1}	{P300Lat,Fp2}	{Mode Freq.,P3}
11	{Mode Freq.,F7}	{P300Lat Abs,Fz}	{ZC,T6}	{P300Lat Abs,C3}	{P300Peak Abs,O2}	{Median Freq.,F4}	{P300Lat Abs,O1}
12	{Mode Freq.,T5}	{PSE,F8}	{Median Freq.,T5}	{PSE,C4}	{LAR,O2}	{ZC,Fp2}	{Mean,O1}
13	{LAR,P3}	{Variance,Fp2}	{P300Lat,Pz}	{P300Lat,C3}	{P300Lat,O1}	{P300Lat,F4}	{LAR,T5}
14	{Mean Freq.,P4}	{LAR,Fp2}	{Mean,T5}	{P300Peak,C3}	{PSE,O2}	{TAR,C4}	{ATAR,C3}
15	{Variance,Cz}	{Energy,F3}	{LAR Abs,Pz}	{TAR,C4}	{Median Freq.,O1}	{LAR Abs,F8}	{P300Mean,Fp1}
16	{LAR,O1}	{ZC,Fp2}	{Energy,T5}	{LAR,Cz}	{Energy,O2}	{Variance,Fp2}	{LAR Abs,T5}
17	{Mode Freq.,C3}	{Median Freq.,F4}	{Mean,P4}	{LAR Abs,Cz}	{LAR Abs,O1}	{Mean Freq.,F8}	{Variance,C3}
18	{LAR,Fp2}	{P300Lat Abs,F7}	{Variance,Pz}	{ZC,C4}	{ZC,O1}	{LAR,C4}	{PAR,C3}
19	{Mean,Fz}	{LAR,F4}	{P300Lat Abs,T5}	{ZC,C3}	{NAR,O2}	{TAR,T6}	{LAR,F3}
20	{ATAR,C3}	{LAR Abs,F8}	{Median Freq.,P4}	{LAR,C3}	{P300Lat,O2}	{Mean,F8}	{P300Lat Abs,P3}
21	{LAR,Fz}	{P300Lat Abs,Fp1}	{P300Lat Abs,P3}	{Mode Freq.,C4}	{ZC,O2}	{LAR,O2}	{ATAR,O1}
22	{ATAR,F4}	{PAR,F7}	{LAR,Pz}	{Median Freq.,C3}	{Mean,O2}	{ZC,F8}	{ZC,Fp1}
23	{Median Freq.,O2}	{LAR,F8}	{PSE,Pz}	{TAR,C3}	{NAR,O1}	{LAR Abs,T6}	{LAR Abs,P3}
24	{LAR,F4}	{PAR,F8}	{P300Lat,T6}	{Median Freq.,Cz}	{Energy,O1}	{Mode Freq.,T6}	{LAR,F7}
25	{LAR,F7}	{LAR,F3}	{ATAR,T6}	{Energy,C4}	{LAR Abs,O2}	{NAR,C4}	{LAR Abs,O1}
26	{Median Freq.,O1}	{Median Freq.,F7}	{P300Lat Abs,P4}	{TAR,Cz}	{P300Peak,O1}	{P300Lat Abs,C4}	{P300Peak,F7}
27	{Mode Freq.,P3}	{Mode Freq.,F8}	{LAR Abs,P3}	{LAR Abs,C3}	{TAR,O2}	{Mode Freq.,F8}	{Mode Freq.,T5}
28	{LAR,C4}	{LAR,Fp1}	{Mode Freq.,T5}	{P300Lat,C4}	{Variance,O2}	{LAR,T6}	{PSE,F3}
29	{PAR,C3}	{P300Lat,Fp2}	{NAR,P4}	{Median Freq.,C4}	{P300Peak Abs,O1}	{TAAR,O2}	{Median Freq.,F7}
30	{PSE,F8}	{LAR,F7}	{NAR,P3}	{P300Mean,Cz}	{Mean Freq.,O1}	{P300Lat Abs,O2}	{Mode Freq.,F7}

Tabla B.4: Selección de parámetros de las agrupaciones para el algoritmo NWFE (filtrado de 35Hz).

Apéndice C

Topoplots de características

Anexo de la sección 5.2 con los topoplots de características de la prueba U de Mann-Whitney y la prueba D de Kolmogorov-Smirnov no representados en el capítulo 5.

C.1. Topoplots de características para la prueba U de Mann-Whitney

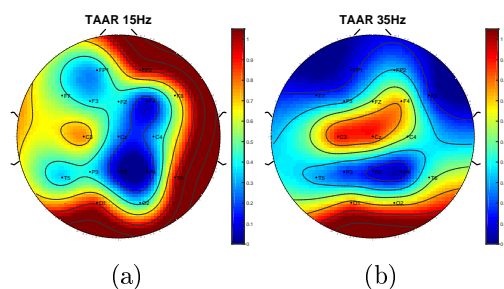


Figura C.1: Topoplots para la característica **TAAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

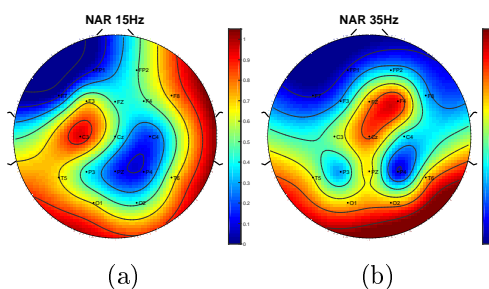


Figura C.2: Topoplots para la característica **NAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

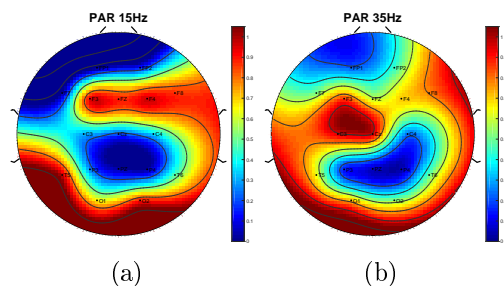


Figura C.3: Topoplots para la característica **PAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

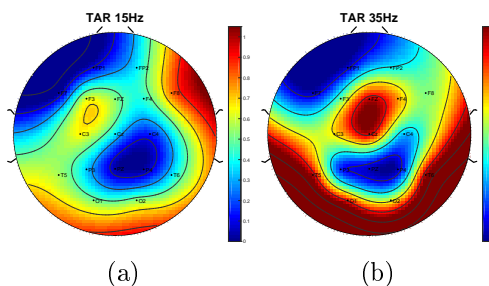


Figura C.4: Topoplots para la característica **TAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

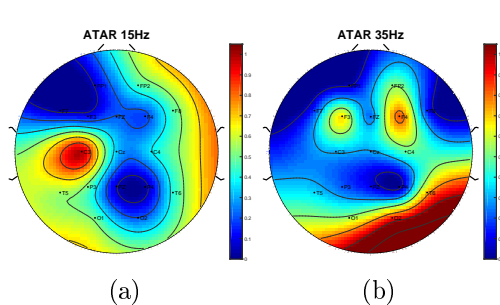


Figura C.5: Topoplots para la característica **ATAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

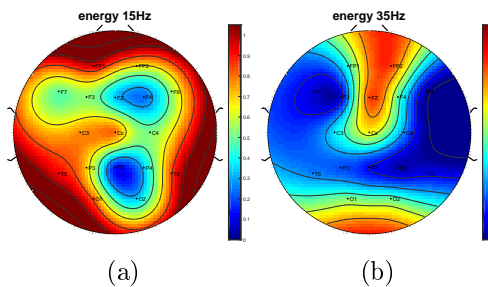


Figura C.6: Topoplots para la característica **Energy** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

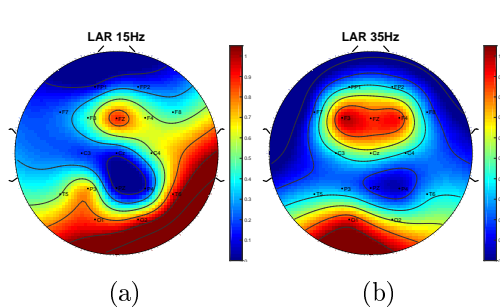


Figura C.7: Topoplots para la característica **LAR** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

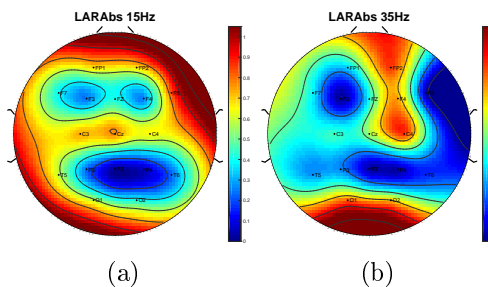


Figura C.8: Topoplots para la característica **LARAbs** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

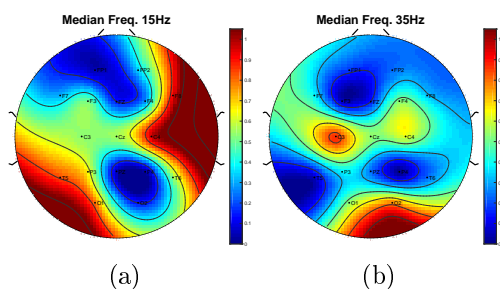


Figura C.9: Topoplots para la característica **Median Freq.** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

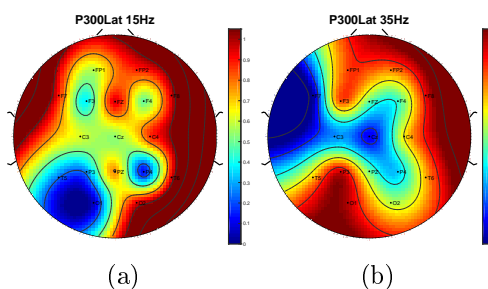


Figura C.10: Topoplots para la característica **P300Lat** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

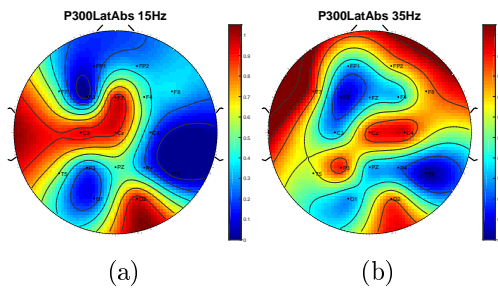


Figura C.11: Topoplots para la característica **P300LatAbs** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

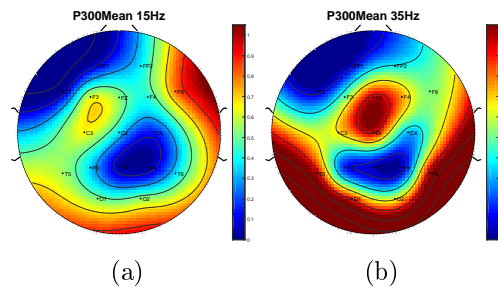


Figura C.12: Topoplots para la característica **P300Mean** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

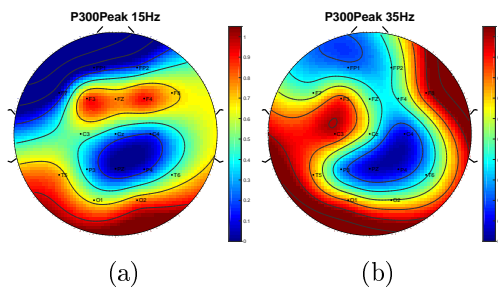


Figura C.13: Topoplots para la característica **P300Peak** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

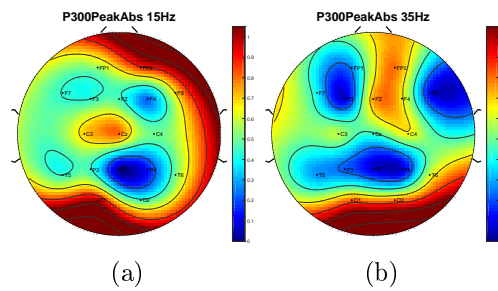


Figura C.14: Topoplots para la característica **P300PeakAbs** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

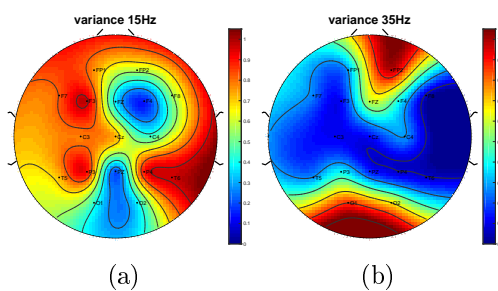


Figura C.15: Topoplots para la característica **Variance** según la prueba U de Mann-Whitney para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

C.2. Topoplot de características para la prueba D de Kolmogorov-Smirnov

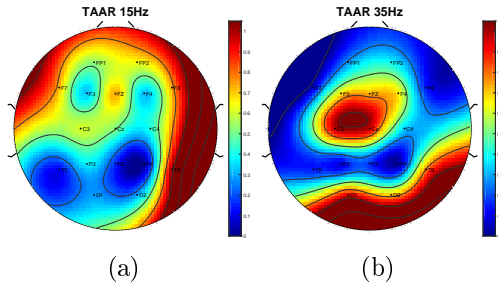


Figura C.16: Topoplots para la característica **TAAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

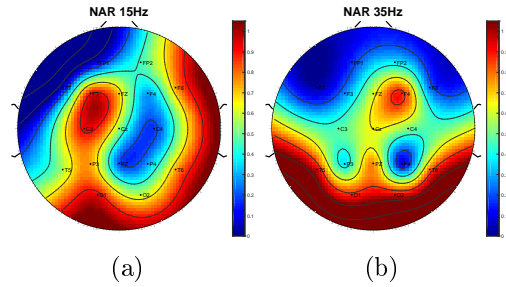


Figura C.17: Topoplots para la característica **NAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

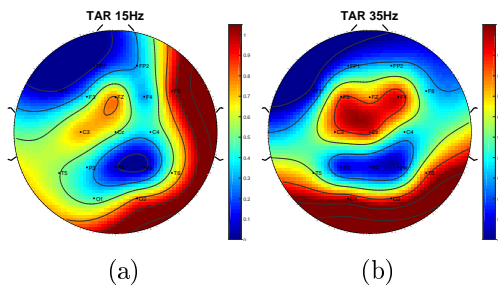


Figura C.18: Topoplots para la característica **TAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

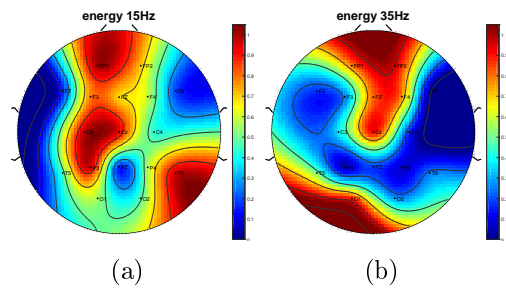


Figura C.19: Topoplots para la característica **Energy** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

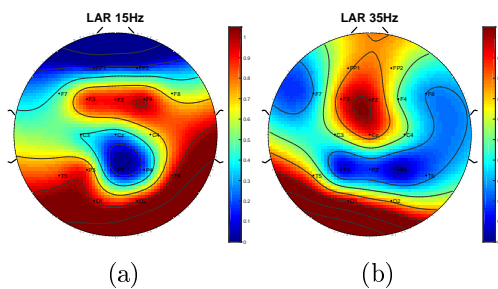


Figura C.20: Topoplots para la característica **LAR** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

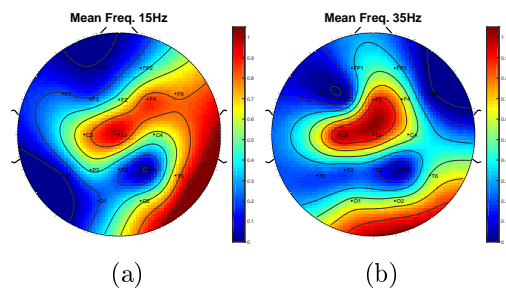


Figura C.21: Topoplots para la característica **Mean Freq.** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

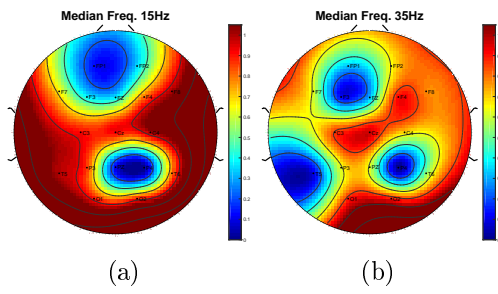


Figura C.22: Topoplots para la característica **Median Freq.** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

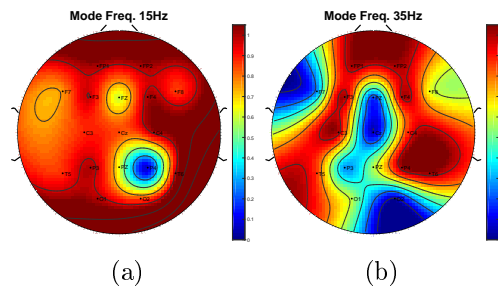


Figura C.23: Topoplots para la característica **Mode Freq.** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

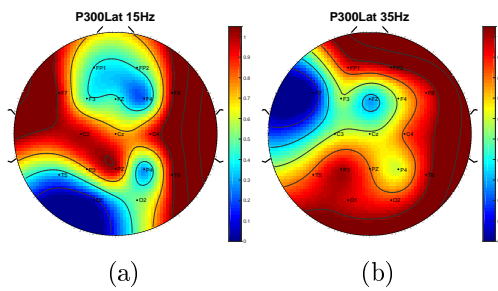


Figura C.24: Topoplots para la característica **P300Lat** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

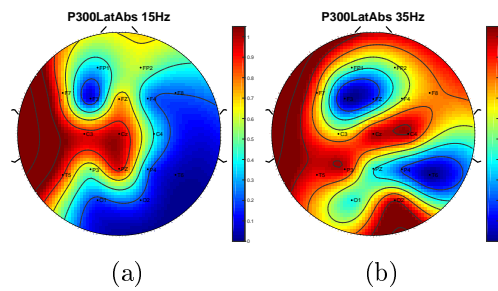


Figura C.25: Topoplots para la característica **P300LatAbs** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

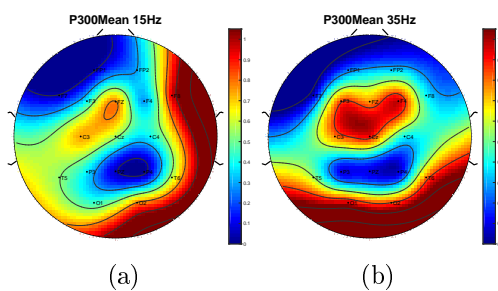


Figura C.26: Topoplots para la característica **P300Mean** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

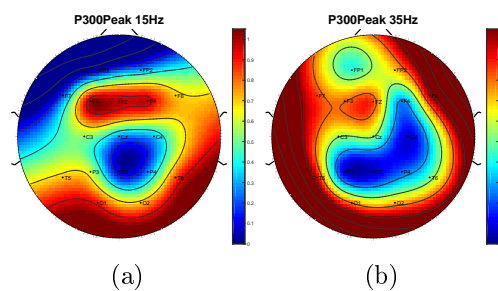


Figura C.27: Topoplots para la característica **P300Peak** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

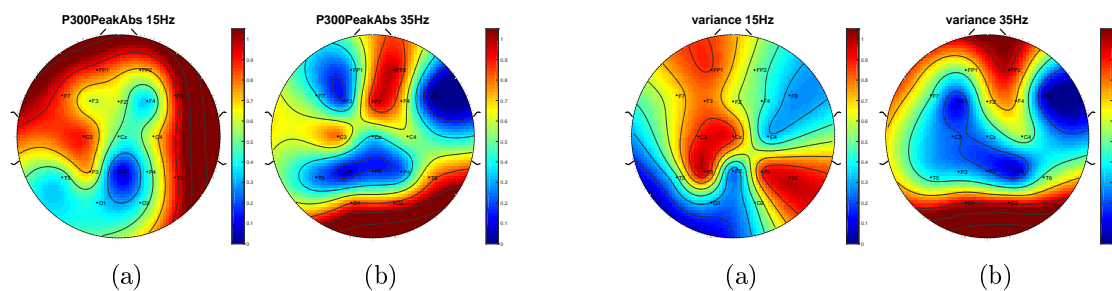


Figura C.28: Topoplots para la característica **P300PeakAbs** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

Figura C.29: Topoplots para la característica **Variance** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

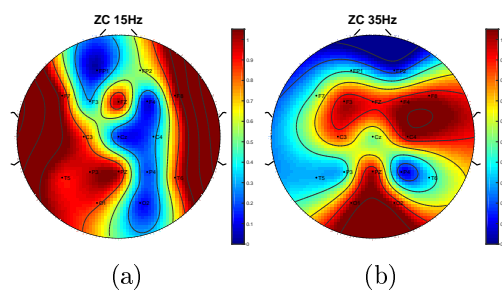


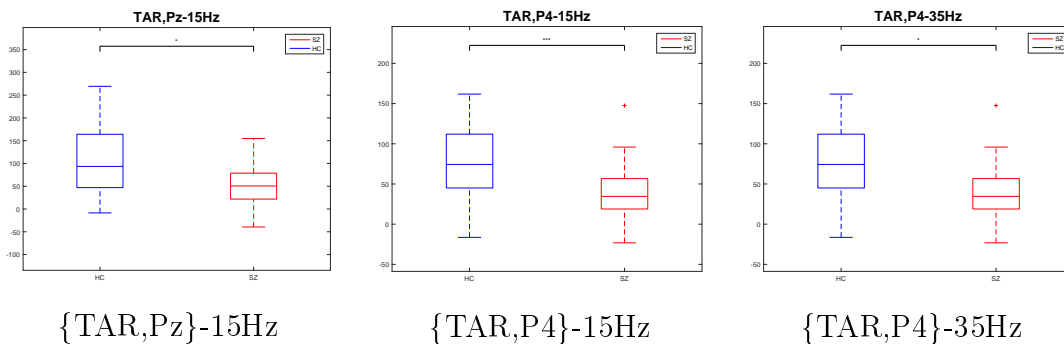
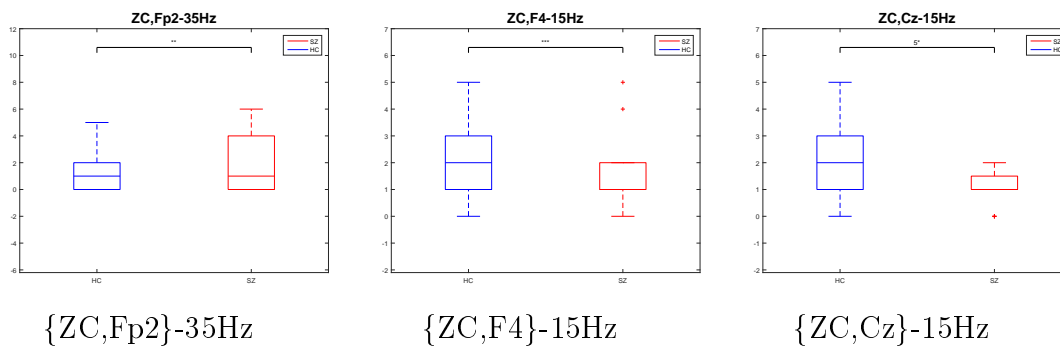
Figura C.30: Topoplots para la característica **ZC** según la prueba D de Kolmogorov-Smirnov para a) 15 Hz y b) 35 Hz.

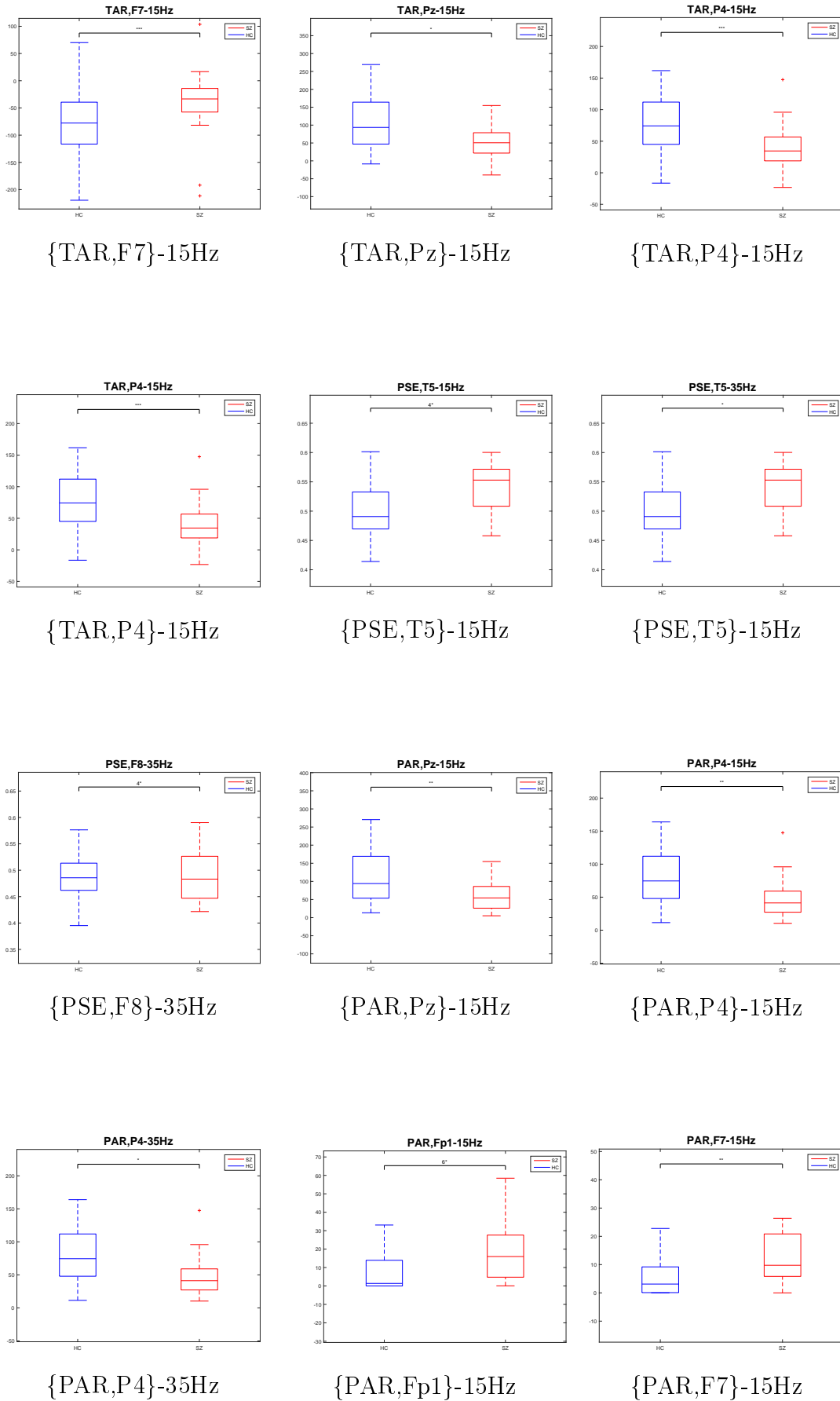
Apéndice D

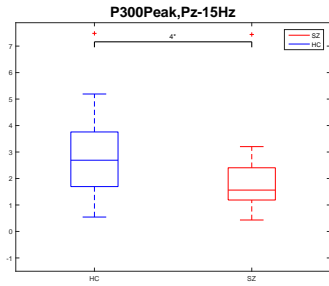
Boxplot de las duplas más significativas

Anexo de la sección 5.2 en relación a la representación de las duplas más significativas de los dos test no paramétricos univariantes realizados, Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov.

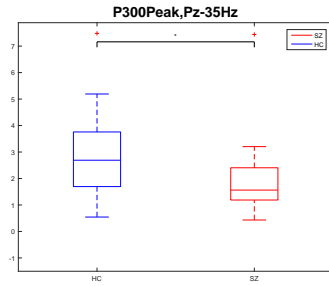
D.1. Boxplot de duplas de la prueba U de Mann Whitney



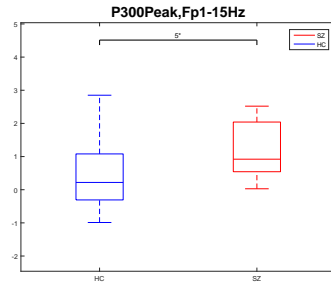




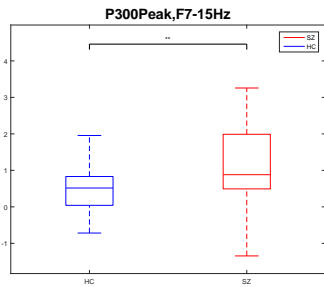
{P300Peak,Pz}-15Hz



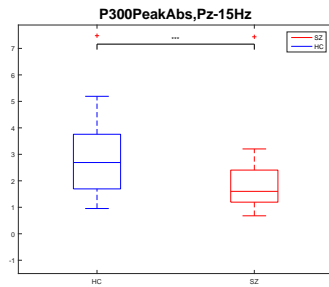
{P300Peak,Pz}-35Hz



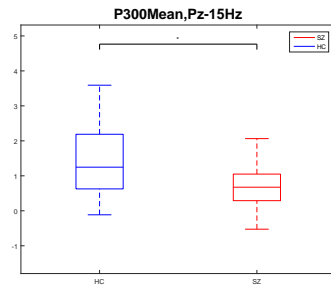
{P300Peak,Fp1}-15Hz



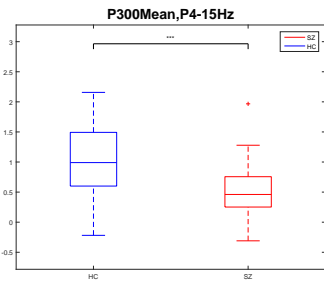
{P300Peak,F7}-15Hz



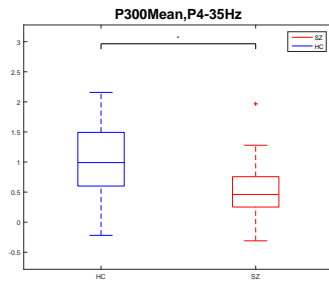
{P300PeakAbs,Pz}-15Hz



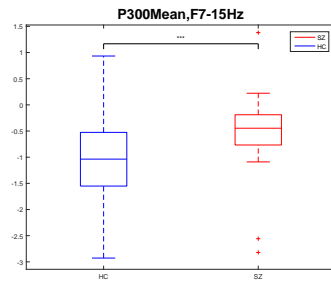
{P300Mean,Pz}-15Hz



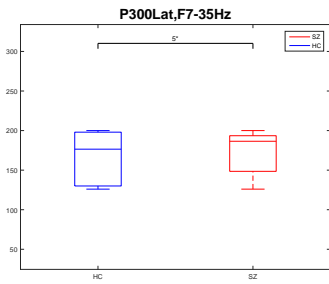
{P300Mean,P4}-15Hz



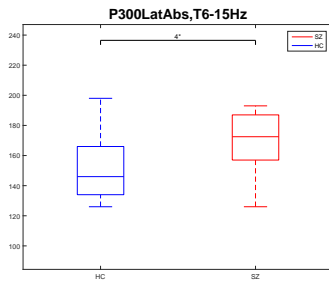
{P300Mean,P4}-35Hz



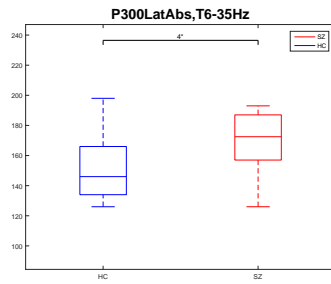
{P300Mean,F7}-15Hz



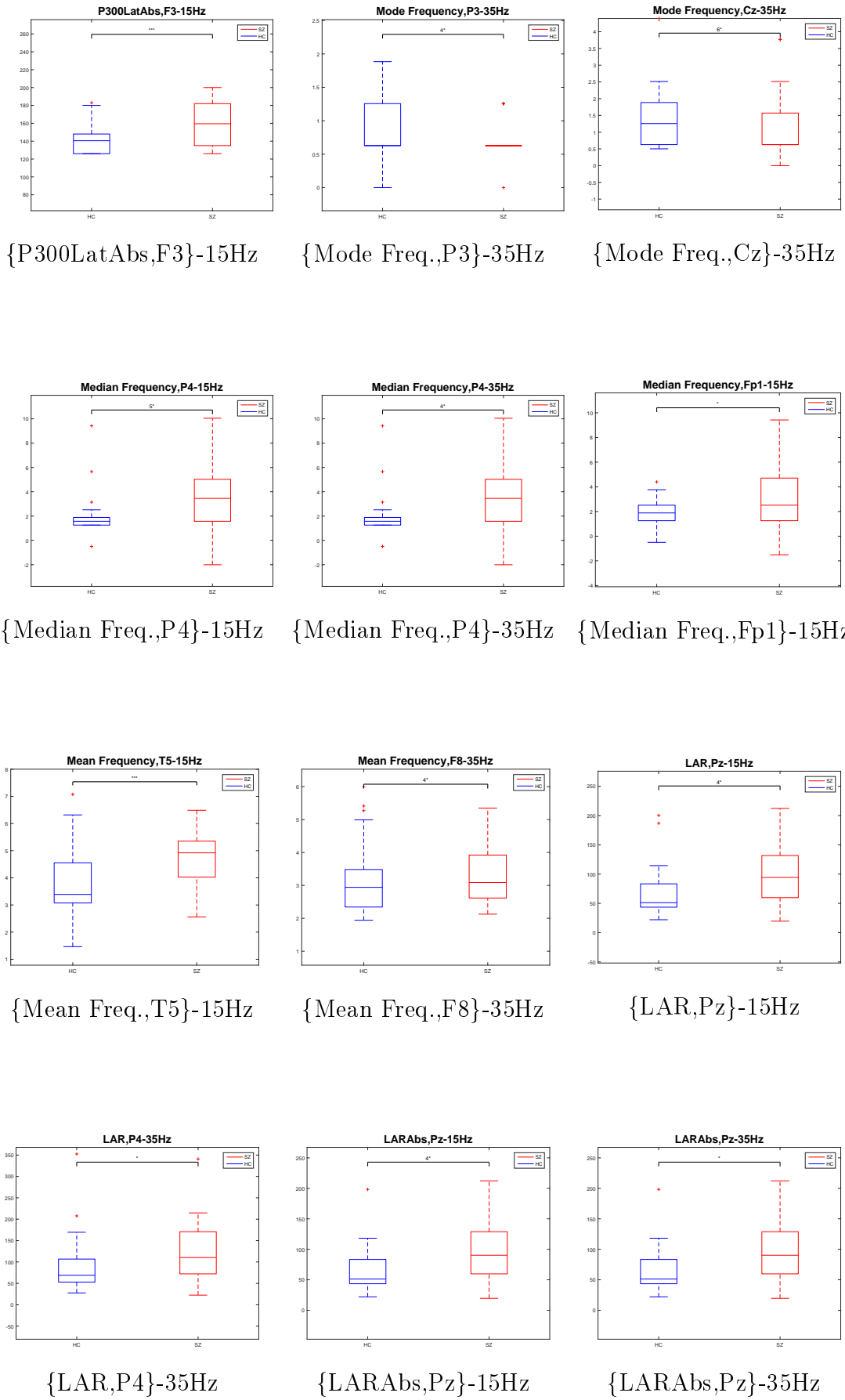
{P300Lat,F7}-35Hz

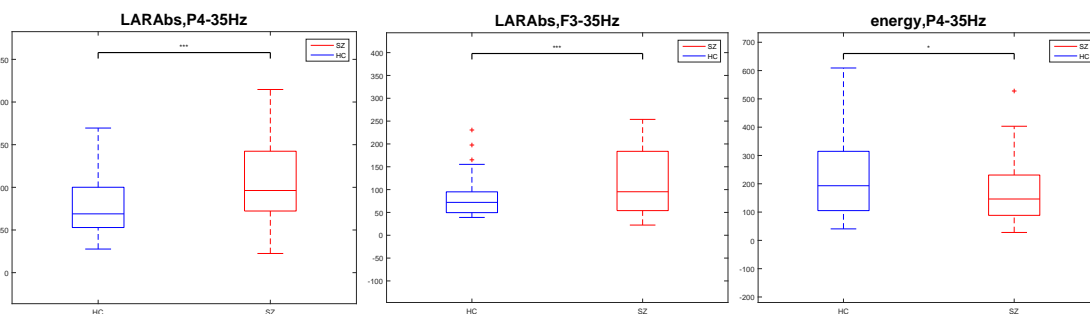


{P300LatAbs,T6}-15Hz



{P300LatAbs,T6}-35Hz

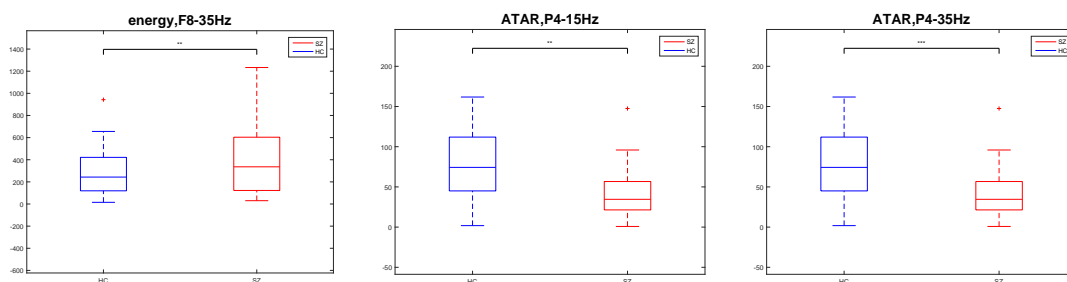




{LARAbs,P4}-35Hz

{LARAbs,F3}-35Hz

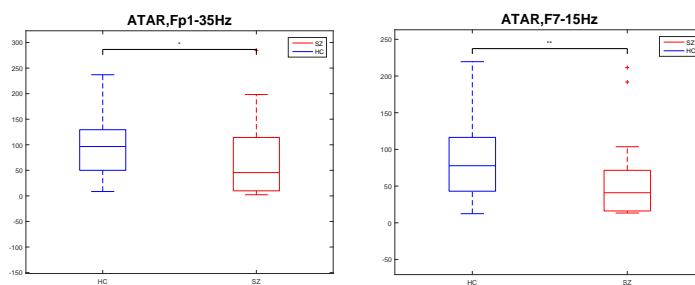
{Energy,P4}-35Hz



{Energy,F8}-35Hz

{ATAR,P4}-15Hz

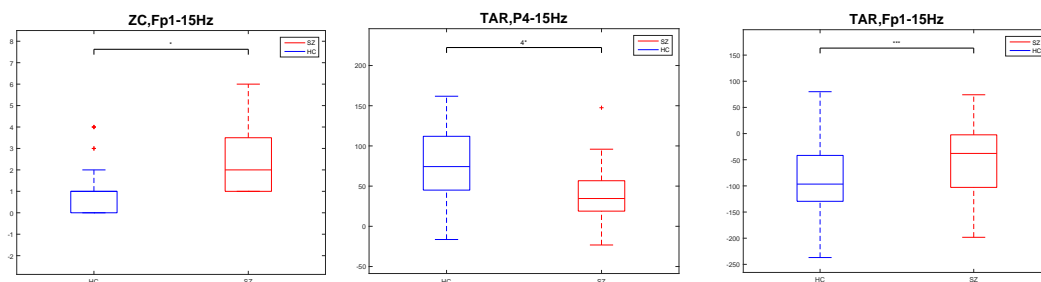
{ATAR,P4}-35Hz



{ATAR,Fp1}-35Hz

{ATAR,F7}-15Hz

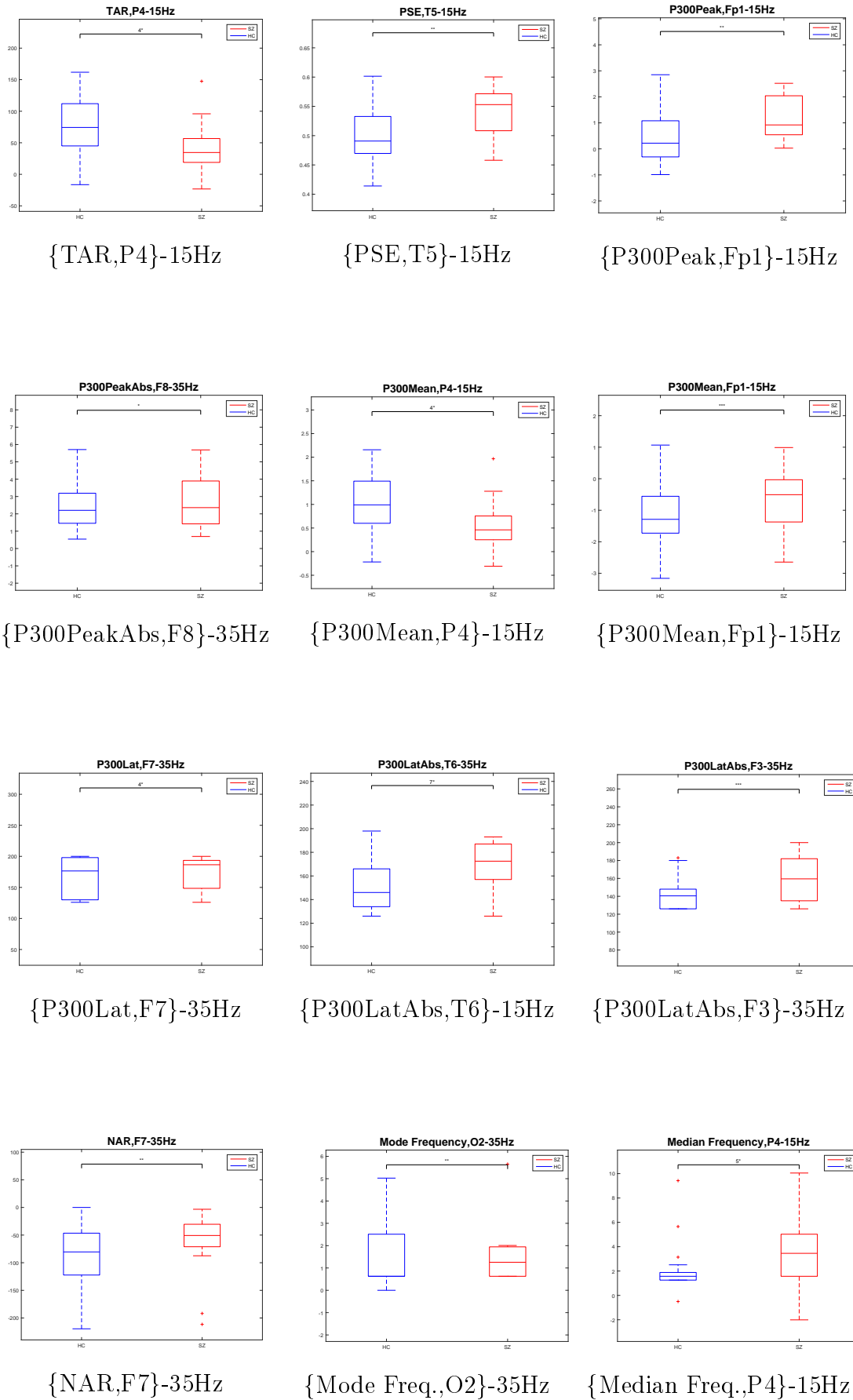
D.2. Boxplot de duplas de la prueba D de Kolmogorov-Smirnov

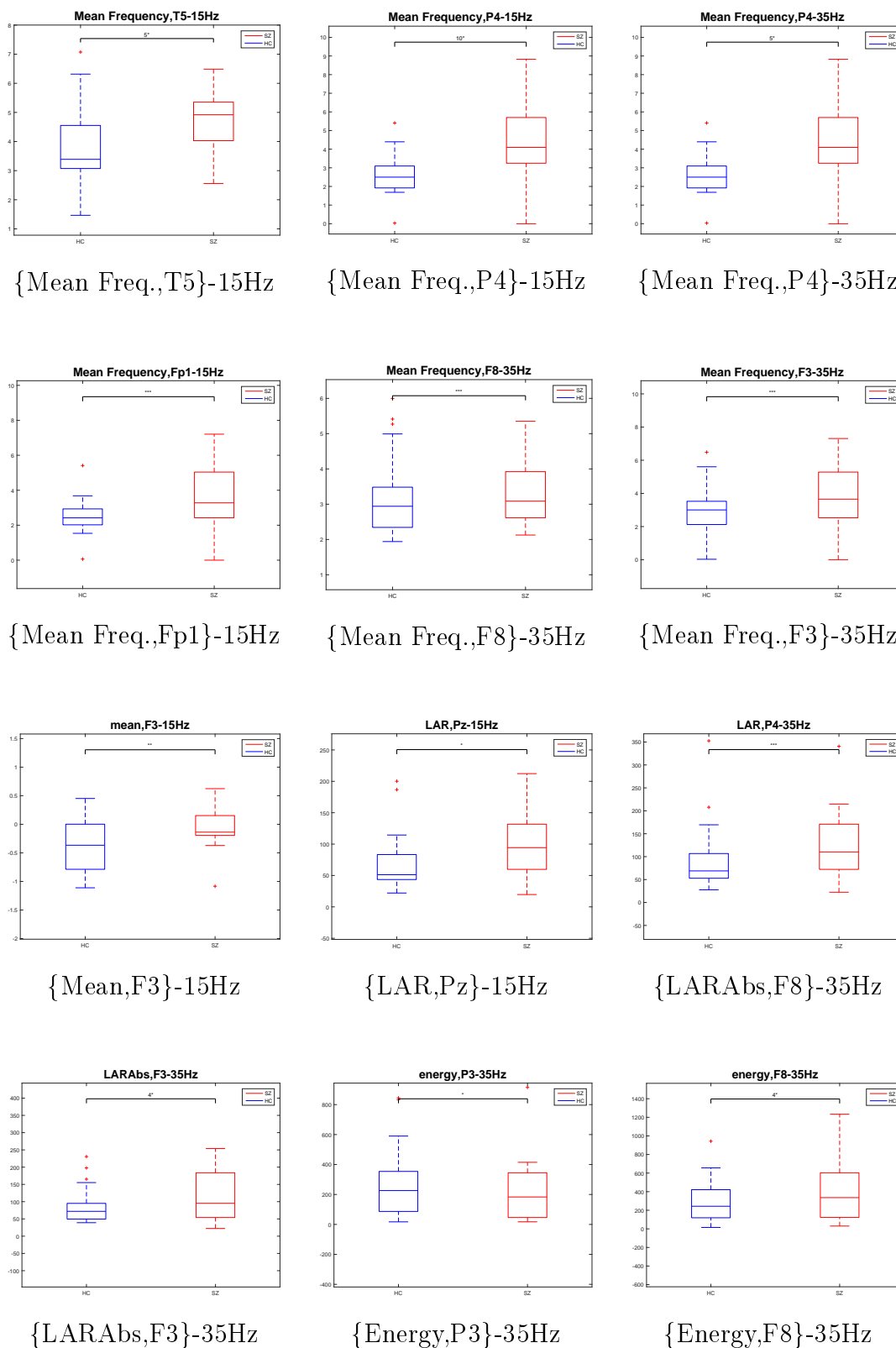


{ZC,Fp1}-15Hz

{TAR,P4}-15Hz

{TAR,P4}-15Hz





D.3. Conjunto de duplas más significativas para los test univariantes

Electrodo	Nº duplas significativas			
	Mann-Whitney		Kolmogorov-Smirnov	
	15Hz	35Hz	15Hz	35Hz
Fp1	6	1	7	0
Fp2	0	1	0	0
F3	3	2	1	2
F4	1	0	0	0
C3	0	0	0	0
C4	0	0	0	0
P3	0	1	0	1
P4	10	13	9	7
O1	0	0	0	0
O2	0	0	0	1
F7	7	3	1	4
F8	0	3	0	4
T5	2	1	2	0
T6	1	1	1	1
Fz	0	0	0	0
Pz	9	3	2	0
Cz	1	1	0	0
Total	40	30	23	20

Tabla D.1: Número de duplas significativas para los test univariantes no paramétricos en función del electrodo.

Característica	Nº duplas significativas			
	Mann-Whitney		Kolmogorov-Smirnov	
	15Hz	35Hz	15Hz	35Hz
Variance	0	0	0	0
Mean	2	1	2	1
P300Peak	3	1	1	0
P300PeakAbs	1	0	0	1
P300Mean	3	1	2	0
Energy	0	2	0	2
P300Lat	0	1	0	1
P300LatAbs	2	1	1	2
LAR	1	1	1	1
LARAbs	1	3	1	2
PAR	4	1	3	1
NAR	0	0	0	1
TAR	3	1	2	0
ATAR	2	2	2	0
TAAR	2	1	1	1
ZC	3	2	1	0
PSE	6	6	2	2
Median Freq.	2	1	1	1
Mean Freq.	4	2	3	3
Mode Freq.	1	3	0	1
Total	40	30	23	20

Tabla D.2: Número de duplas significativas para los test univariantes no paramétricos en función de la característica.

Apéndice E

Curvas ROC más relevantes

En el siguiente anexo se presentan un conjunto de curvas ROC significativas. En primer lugar se representan las curvas ROC más importantes para las agrupaciones en función de los dos clasificadores utilizados: SVM y MLP. Por otro lado se representan las curvas ROC que cumplen la siguiente condición: su AUC media es superior a 0.75. Se representaran solo las curvas de los electrodos individuales sin contar las agrupaciones.

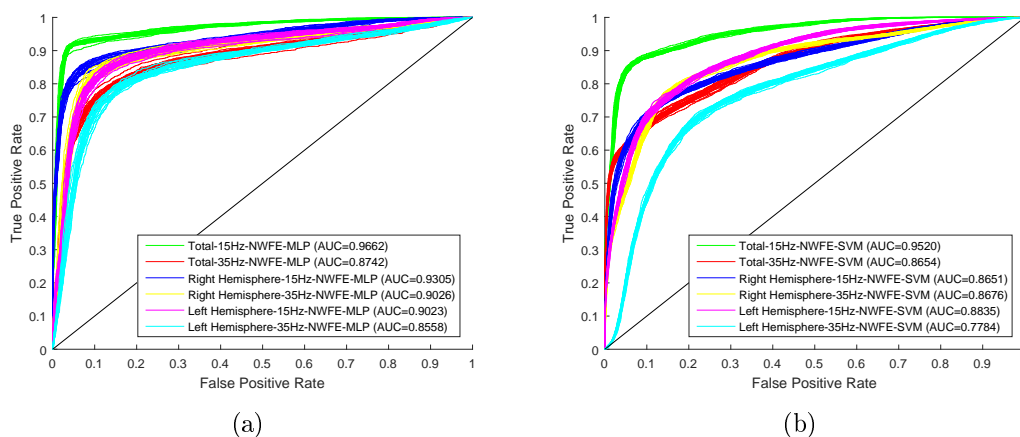


Figura E.1: Curvas ROC para las agrupaciones total, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho según el criterio NWFE aplicando los clasificadores a) MLP y b) SVM. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

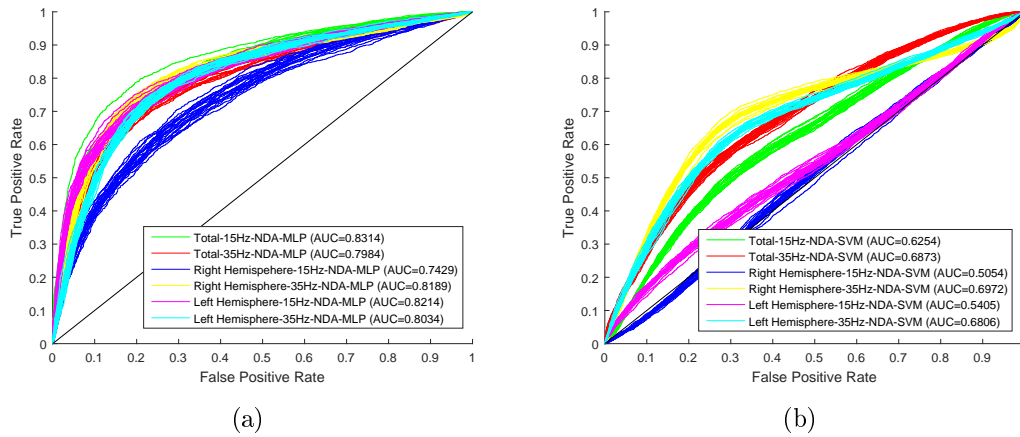


Figura E.2: Curvas ROC para las agrupaciones total, hemisferio izquierdo y hemisferio derecho según el criterio NDA aplicando los clasificadores a) MLP y b) SVM. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

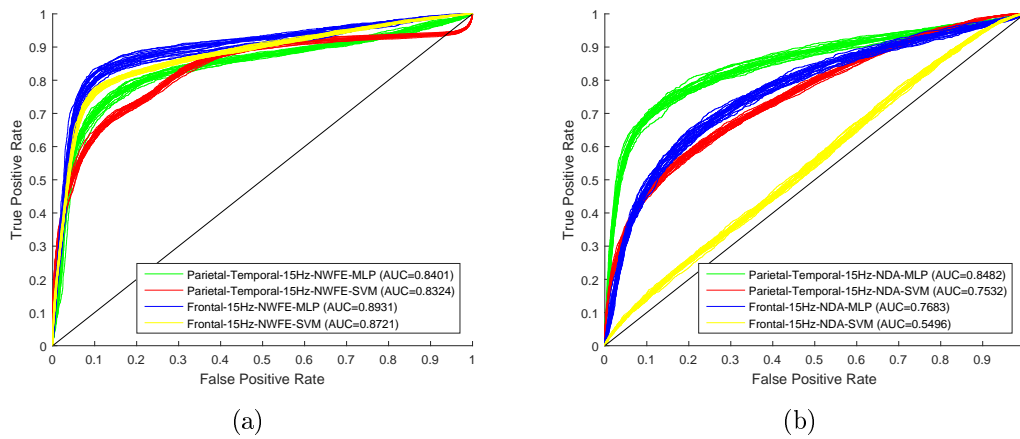
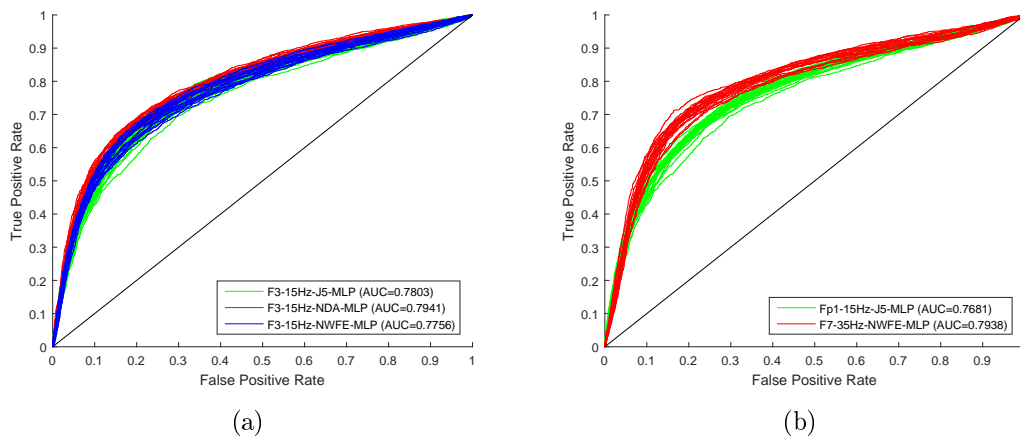
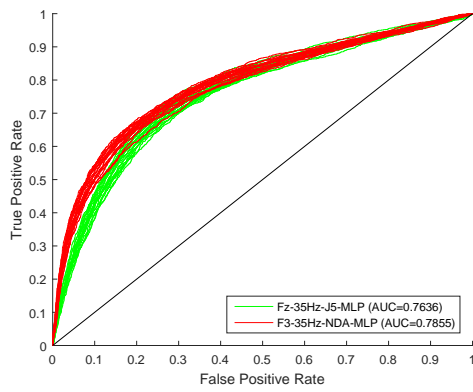
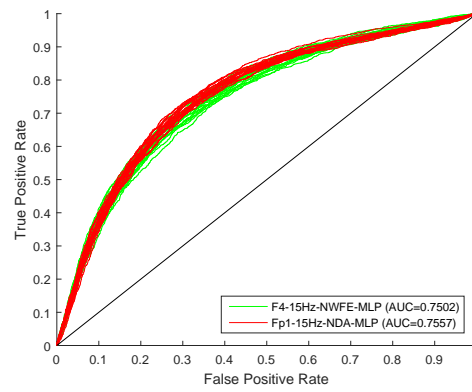


Figura E.3: Curvas ROC para las agrupaciones parietal-temporal y frontal aplicando los clasificadores MLP y SVM para un filtrado de 15Hz según el criterio a) NWFE y b) NDA. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

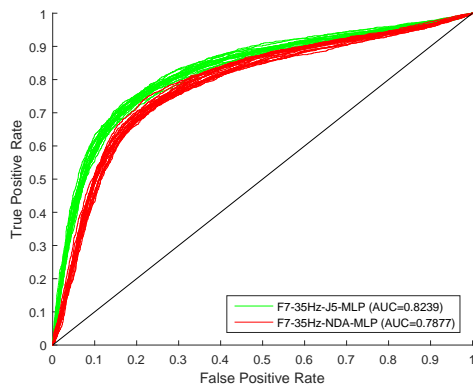




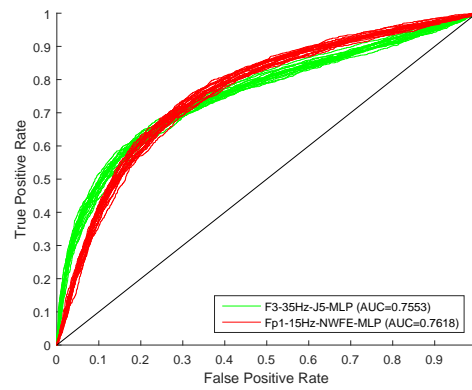
(c)



(d)

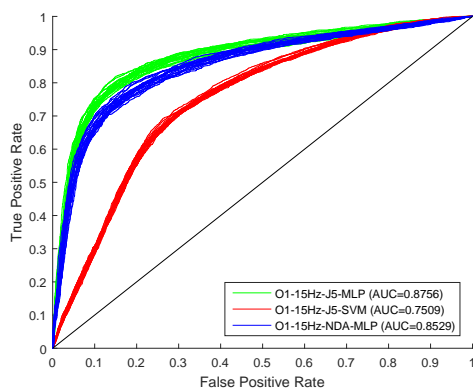


(e)

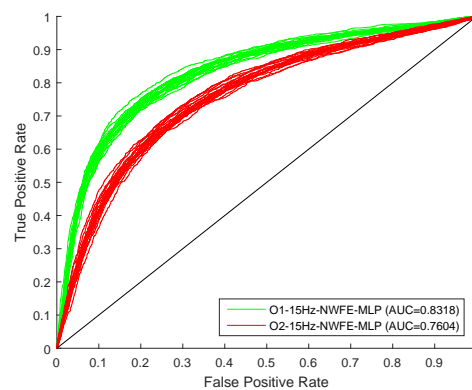


(f)

Figura E.4: Curvas ROC para los electrodos de la zona frontal con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.



(a)



(b)

Figura E.5: Curvas ROC para los electrodos de la zona occipital con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

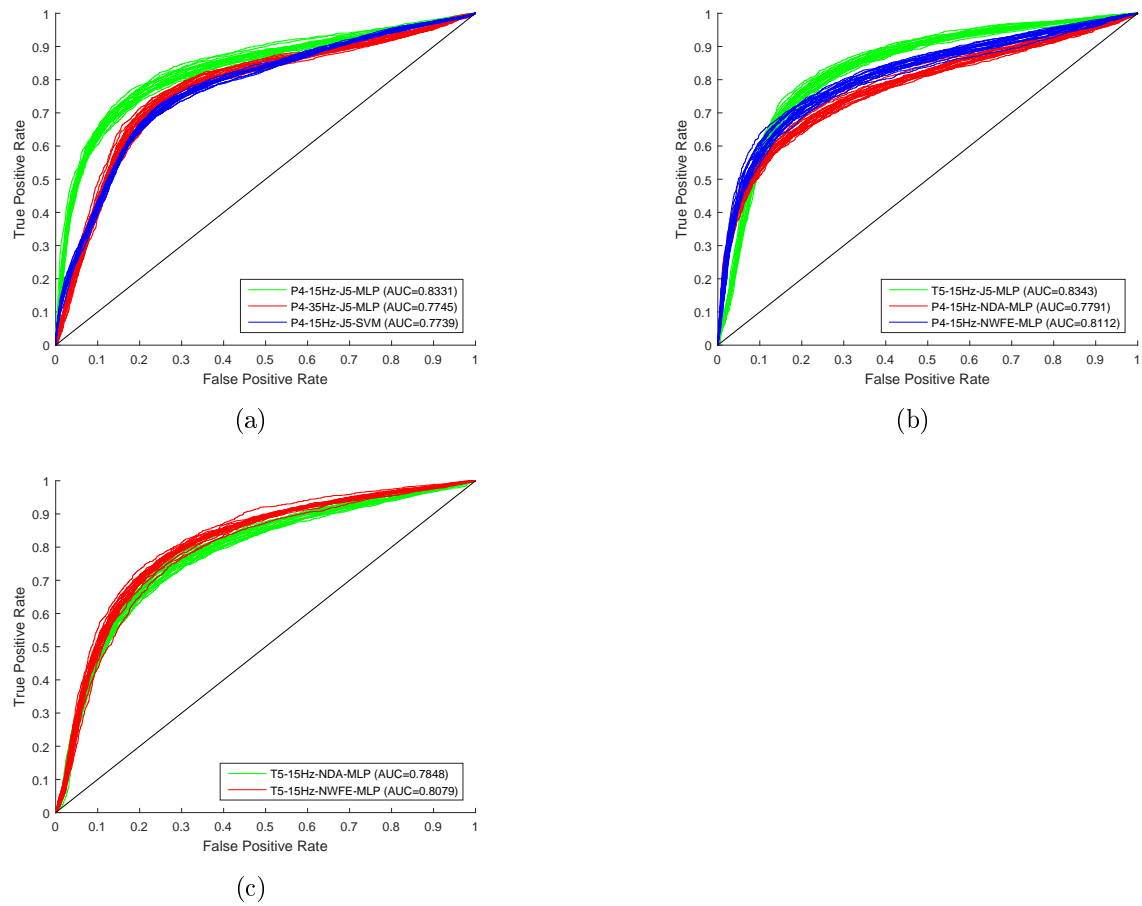


Figura E.6: Curvas ROC para los electrodos de la zona parietal-temporal con AUC superior a 0.75. $n_{cic} = 1000$, $n_{rep} = 20$.

Apéndice F

Tablas de p-valores

Apéndice con las tablas de p-valores para los cuatro test no paramétricos realizados: prueba U de Mann-Whitney, prueba D de Kolmogorov-Smirnov, Anosim y Adonis.

F.1. Prueba U de Mann-Whitney

Variance		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,764312	0,278376
Fp2	0,579908	0,9816
F3	0,963209	0,11681
F4	0,146227	0,406382
C3	0,78196	0,111527
C4	0,446604	0,278376
P3	0,908194	0,39347
P4	0,88994	0,079635
O1	0,432951	0,871745
O2	0,368403	0,67804
F7	0,8176	0,248843
F8	0,533476	0,058599
T5	0,712118	0,278376
T6	0,963209	0,083676
Fz	0,368403	0,579908
Pz	0,204626	0,159469
Cz	0,729381	0,122288

Tabla F.1: p-valores Mann-Whitney de Variance.

Mean		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,075754	0,072029
Fp2	0,133844	0,489001
F3	0,037922	0,052707
F4	0,196515	0,963209
C3	0,94483	0,460499
C4	1	0,79973
P3	0,079635	0,092255
P4	0,00394	0,025277
O1	0,268278	0,344355
O2	0,332716	0,368403
F7	0,173598	0,052707
F8	0,944839	0,695002
T5	0,781965	0,518427
T6	0,518427	0,579908
Fz	0,332716	0,204626
Pz	0,052707	0,196515
Cz	0,432951	0,268278

Tabla F.2: p-valores Mann-Whitney de Mean.

P300Peak		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,008558	0,258434
Fp2	0,204626	0,39988
F3	0,871745	0,853616
F4	0,908194	0,419543
C3	0,5036	0,944839
C4	0,166421	0,087881
P3	0,332716	0,268278
P4	0,11681	0,079635
O1	0,628152	0,781965
O2	0,781965	0,61188
F7	0,035838	0,533476
F8	0,712118	0,926497
T5	0,746782	0,764312
T6	0,489001	0,38081
Fz	0,781965	0,489001
Pz	0,017524	0,049952
Cz	0,28873	0,518427

Tabla F.3: p-valores Mann-Whitney de P300Peak.

P300PeakAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,533476	0,258434
Fp2	0,853616	0,79973
F3	0,432951	0,079635
F4	0,230415	0,67804
C3	0,695	0,579908
C4	0,503601	0,644608
P3	0,446604	0,221574
P4	0,133844	0,061745
O1	1	0,8176
O2	0,460499	0,79973
F7	0,432951	0,39347
F8	0,66124	0,127965
T5	0,432951	0,278376
T6	0,503601	0,595796
Fz	0,460499	0,729381
Pz	0,023809	0,087881
Cz	0,79973	0,432951

Tabla F.4: p-valores Mann-Whitney de P300PeakAbs.

P300Mean		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,101528	0,087881
Fp2	0,368403	0,39347
F3	0,61188	0,489001
F4	0,419543	0,764312
C3	0,6446	0,66124
C4	0,13993	0,310209
P3	0,344355	0,159469
P4	0,028451	0,047318
O1	0,518427	0,908194
O2	0,533476	0,628152
F7	0,023809	0,068455
F8	0,781965	0,518427
T5	0,564222	0,9816
T6	0,356252	1
Fz	0,533476	0,9816
Pz	0,0424	0,058599
Cz	0,368403	0,963209

Tabla F.5: p-valores Mann-Whitney de P300Mean.

Energy		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,944839	0,419543
Fp2	0,66124	0,853616
F3	0,533476	0,079635
F4	0,230415	0,489001
C3	0,76431	0,356252
C4	0,518427	0,268278
P3	0,712118	0,204626
P4	0,321334	0,040108
O1	0,8176	0,518427
O2	0,332716	0,489001
F7	0,489001	0,087881
F8	0,533476	0,037922
T5	0,926497	0,258434
T6	0,835565	0,106434
Fz	0,332716	0,835565
Pz	0,146227	0,127965
Cz	0,79973	0,644608

Tabla F.6: p-valores Mann-Whitney de Energy.

P300Lat		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,575686	0,843698
Fp2	0,871053	0,780569
F3	0,372592	0,825686
F4	0,495407	0,425602
C3	0,61156	0,261996
C4	0,853464	0,652662
P3	0,253373	0,972385
P4	0,132968	0,326769
O1	0,059918	0,990795
O2	0,944738	0,587551
F7	0,907625	0,005817
F8	0,953305	0,916838
T5	0,234379	0,72055
T6	0,944615	0,720211
Fz	0,944738	0,495514
Pz	0,764171	0,51813
Cz	0,53184	0,109992

Tabla F.7: p-valores Mann-Whitney de P300Lat.

P300LatAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,146053	0,315381
Fp2	0,309865	0,66936
F3	0,025988	0,067646
F4	0,459083	0,332477
C3	0,93518	0,292511
C4	0,262646	0,954001
P3	0,221346	0,899002
P4	0,261848	0,234683
O1	0,152511	0,272984
O2	0,935606	0,808415
F7	0,432809	0,880666
F8	0,36191	0,729228
T5	0,548311	0,58747
T6	0,01267	0,010096
Fz	0,935606	0,293437
Pz	0,460222	0,315381
Cz	0,907883	0,889815

Tabla F.8: p-valores Mann-Whitney de P300LatAbs.

LAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,087881	0,368403
Fp2	0,230415	0,356252
F3	0,460499	0,963209
F4	0,61188	0,88994
C3	0,17359	0,38081
C4	0,518427	0,368403
P3	0,712118	0,278376
P4	0,065028	0,047318
O1	0,835565	0,908194
O2	0,871745	0,579908
F7	0,230415	0,204626
F8	0,432951	0,278376
T5	0,533476	0,344355
T6	0,88994	0,332716
Fz	0,871745	0,871745
Pz	0,01545	0,133844
Cz	0,101528	0,533476

Tabla F.9: p-valores Mann-Whitney de LAR.

LARAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,66124	0,332716
Fp2	0,66124	0,853616
F3	0,248843	0,022415
F4	0,258434	0,746782
C3	0,72938	0,446604
C4	0,644608	0,853616
P3	0,239504	0,268278
P4	0,052707	0,028451
O1	0,595796	0,8176
O2	0,419543	0,712118
F7	0,39347	0,38081
F8	0,8176	0,068455
T5	0,595796	0,278376
T6	0,221574	0,159469
Fz	0,419543	0,38081
Pz	0,011182	0,040108
Cz	0,764312	0,533476

Tabla F.10: p-valores Mann-Whitney de LARAbs.

PAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,003984	0,228287
Fp2	0,149104	0,444277
F3	0,926306	0,862318
F4	0,963198	0,694913
C3	0,29928	0,944832
C4	0,332716	0,239504
P3	0,268278	0,146227
P4	0,030163	0,040108
O1	0,66124	0,729349
O2	0,889873	0,533476
F7	0,033392	0,524848
F8	0,871666	0,772885
T5	0,9816	0,644567
T6	0,460485	0,489001
Fz	0,889873	0,603423
Pz	0,037922	0,061745
Cz	0,188642	0,944839

Tabla F.11: p-valores Mann-Whitney de PAR.

NAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,101528	0,106434
Fp2	0,467523	0,344355
F3	0,644608	0,28873
F4	0,460499	0,926497
C3	0,94483	0,54107
C4	0,165688	0,393324
P3	0,415399	0,28694
P4	0,125449	0,085533
O1	0,661044	0,703236
O2	0,446604	0,746358
F7	0,072029	0,079635
F8	0,729381	0,332716
T5	0,677853	0,636347
T6	0,603423	0,68641
Fz	0,446604	0,746782
Pz	0,164849	0,674574
Cz	0,488867	0,83539

Tabla F.12: p-valores Mann-Whitney de NAR.

TAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,101528	0,087881
Fp2	0,368403	0,39347
F3	0,61188	0,489001
F4	0,419543	0,764312
C3	0,6446	0,66124
C4	0,13993	0,310209
P3	0,344355	0,159469
P4	0,028451	0,047318
O1	0,518427	0,908194
O2	0,533476	0,628152
F7	0,023809	0,068455
F8	0,781965	0,518427
T5	0,564222	0,9816
T6	0,356252	1
Fz	0,533476	0,9816
Pz	0,0424	0,058599
Cz	0,368403	0,963209

Tabla F.13: p-valores Mann-Whitney de TAR.

ATAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,072029	0,047318
Fp2	0,446604	0,518427
F3	0,111527	0,67804
F4	0,188642	0,8176
C3	0,9816	0,310209
C4	0,368403	0,474633
P3	0,489001	0,221574
P4	0,030163	0,028451
O1	0,503601	0,564222
O2	0,221574	0,908194
F7	0,030163	0,166421
F8	0,460499	0,152739
T5	0,548743	0,356252
T6	0,406382	0,729381
Fz	0,221574	0,239504
Pz	0,068455	0,111527
Cz	0,332716	0,28873

Tabla F.14: p-valores Mann-Whitney de ATAR.

TAAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,299341	0,096803
Fp2	0,944839	0,344355
F3	0,368403	0,310209
F4	0,083676	0,712118
C3	0,76431	0,88994
C4	0,28873	0,548743
P3	0,39347	0,173598
P4	0,019838	0,049952
O1	0,908194	0,79973
O2	0,39347	0,695002
F7	0,474633	0,173598
F8	0,61188	0,146227
T5	0,344355	0,299341
T6	0,908194	0,489001
Fz	0,39347	0,564222
Pz	0,035838	0,096803
Cz	0,258434	0,871745

Tabla F.15: p-valores Mann-Whitney de TAAR.

ZC		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,001276	0,057461
Fp2	0,366886	0,035291
F3	0,07249	0,624736
F4	0,027228	0,698459
C3	0,6244	0,461236
C4	0,284	0,860867
P3	0,745914	0,099808
P4	0,077682	0,033947
O1	0,962452	0,972018
O2	0,875292	0,981465
F7	0,39039	0,172715
F8	0,336798	0,49273
T5	0,374174	0,357644
T6	0,293628	0,216416
Fz	0,875292	0,806031
Pz	0,385773	0,877903
Cz	0,007679	0,149458

Tabla F.16: p-valores Mann-Whitney de ZC.

PSE		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,031962	0,068455
Fp2	0,268278	0,595796
F3	0,017524	0,040108
F4	0,595796	0,446604
C3	0,83556	0,548743
C4	0,533476	0,258434
P3	0,258434	0,248843
P4	0,00017	0,000497
O1	0,096803	0,310209
O2	0,419543	0,368403
F7	0,022415	0,007995
F8	0,9816	0,017524
T5	0,011941	0,049952
T6	0,248843	0,268278
Fz	0,419543	0,503601
Pz	0,031962	0,033853
Cz	0,533476	0,548743

Tabla F.17: p-valores Mann-Whitney de PSE.

Median Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,047275	0,175945
Fp2	0,327619	0,232223
F3	0,510322	0,057684
F4	0,271622	0,521866
C3	0,53708	0,870378
C4	0,962694	0,615122
P3	0,654096	0,369508
P4	0,0083	0,014832
O1	0,807018	0,531047
O2	0,150902	0,789972
F7	0,30671	0,386046
F8	0,916091	0,333322
T5	0,843452	0,053431
T6	0,508967	0,232348
Fz	0,150902	0,148836
Pz	0,057433	0,243198
Cz	0,555893	0,536358

Tabla F.18: p-valores Mann-Whitney de Median Freq..

Mean Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,037922	0,146227
Fp2	0,258434	0,474633
F3	0,052707	0,065028
F4	0,564222	0,446604
C3	0,61188	0,764312
C4	0,695002	0,628152
P3	0,159469	0,106434
P4	0,000974	0,00394
O1	0,13993	0,258434
O2	0,332716	0,61188
F7	0,040108	0,065028
F8	0,489001	0,019838
T5	0,023809	0,058599
T6	0,321334	0,166421
Fz	0,332716	0,695002
Pz	0,058599	0,075754
Cz	0,746782	0,944839

Tabla F.19: p-valores Mann-Whitney de Mean Freq..

Mode Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,782734	0,956617
Fp2	0,77337	0,968527
F3	0,536568	0,532404
F4	0,844353	0,788345
C3	0,6972	0,795568
C4	0,86157	0,427018
P3	0,390288	0,016012
P4	0,00248	0,257243
O1	0,596547	0,233076
O2	0,527765	0,055009
F7	0,132064	0,031625
F8	0,850658	0,094983
T5	0,924283	0,722941
T6	0,751852	0,980082
Fz	0,527765	0,131954
Pz	0,09356	0,194215
Cz	0,299752	0,003897

Tabla F.20: p-valores Mann-Whitney de Mode Freq..

F.2. Prueba D de Kolmogorov-Smirnov

Variance		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,85667	0,53187
Fp2	0,53187	0,96521
F3	0,79809	0,11339
F4	0,46844	0,71141
C3	0,87441	0,23302
C4	0,3372	0,55375
P3	0,96521	0,32063
P4	0,85667	0,0814
O1	0,30462	0,96521
O2	0,44815	0,94574
F7	0,66626	0,46844
F8	0,28918	0,0814
T5	0,42835	0,40904
T6	0,96521	0,48917
Fz	0,62088	0,62088
Pz	0,24623	0,22035
Cz	0,8911	0,28918

Tabla F.21: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Variance.

Mean		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,1288	0,12089
Fp2	0,28918	0,55375
F3	0,03683	0,08711
F4	0,30462	0,9994
C3	0,85667	0,85667
C4	0,99888	0,96521
P3	0,28918	0,13712
P4	0,00438	0,08711
O1	0,35433	0,6889
O2	0,09953	0,73368
F7	0,17486	0,03683
F8	0,62088	0,87441
T5	0,98486	0,87441
T6	0,73368	0,55375
Fz	0,53187	0,39026
Pz	0,16473	0,39026
Cz	0,62088	0,22035

Tabla F.22: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mean.

P300Peak		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,03412	0,42835
Fp2	0,28918	0,6889
F3	0,9994	0,79809
F4	0,97298	0,25999
C3	0,53187	0,55375
C4	0,30462	0,07601
P3	0,62088	0,09314
P4	0,24623	0,22035
O1	0,90663	0,79809
O2	0,71141	0,73368
F7	0,17486	0,85667
F8	0,71141	0,98914
T5	0,71141	0,97298
T6	0,83797	0,48917
Fz	0,98914	0,85667
Pz	0,0814	0,06163
Cz	0,27431	0,55375

Tabla F.23: p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Peak.

P300PeakAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,85667	0,28918
Fp2	0,6889	0,97298
F3	0,59831	0,18548
F4	0,3372	0,73368
C3	0,8911	0,79809
C4	0,64356	0,57592
P3	0,71141	0,09314
P4	0,40904	0,22035
O1	0,39026	0,81841
O2	0,39026	0,85667
F7	0,85667	0,39026
F8	0,8911	0,04964
T5	0,40904	0,24623
T6	0,87441	0,75562
Fz	0,59831	0,90663
Pz	0,09314	0,16473
Cz	0,46844	0,37202

Tabla F.24: p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300PeakAbs.

P300Mean		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,02922	0,23302
Fp2	0,28918	0,3372
F3	0,39026	0,83797
F4	0,28918	0,96521
C3	0,73368	0,77713
C4	0,39026	0,39026
P3	0,37202	0,09953
P4	0,01403	0,06614
O1	0,44815	0,98486
O2	0,77713	0,85667
F7	0,05739	0,06614
F8	0,92096	0,39026
T5	0,53187	0,57592
T6	0,57592	0,79809
Fz	0,77713	0,75562
Pz	0,06163	0,09314
Cz	0,55375	0,90663

Tabla F.25: p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Mean.

Energy		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,99805	0,77713
Fp2	0,71141	0,95614
F3	0,77713	0,24623
F4	0,59831	0,77713
C3	0,97298	0,35433
C4	0,42835	0,18548
P3	0,95614	0,04964
P4	0,55375	0,07601
O1	0,55375	0,8911
O2	0,46844	0,28918
F7	0,13712	0,16473
F8	0,19659	0,01403
T5	0,44815	0,51033
T6	0,95614	0,24623
Fz	0,6889	0,79809
Pz	0,16473	0,18548
Cz	0,934	0,90663

Tabla F.26: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Energy.

P300Lat		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,40904	0,8911
Fp2	0,42835	0,98914
F3	0,44815	0,55375
F4	0,22035	0,59831
C3	0,99805	0,57592
C4	0,92096	0,81841
P3	0,71141	0,9994
P4	0,27431	0,59831
O1	0,05739	0,95614
O2	0,51033	0,87441
F7	0,99498	0,01526
F8	0,99498	0,90663
T5	0,32063	0,83797
T6	0,98914	0,96521
Fz	0,44815	0,28918
Pz	0,98914	0,79809
Cz	0,77713	0,59831

Tabla F.27: p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300Lat.

P300LatAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,3372	0,48917
Fp2	0,57592	0,55375
F3	0,0814	0,02922
F4	0,27431	0,57592
C3	0,934	0,66626
C4	0,42835	0,9994
P3	0,53187	0,96521
P4	0,25999	0,18548
O1	0,17486	0,40904
O2	0,18548	0,98914
F7	0,77713	0,77713
F8	0,22035	0,75562
T5	0,8911	0,92096
T6	0,04282	0,00182
Fz	0,73368	0,14588
Pz	0,92096	0,40904
Cz	0,99247	0,98914

Tabla F.28: p-valores Kolmogorov-Smirnov de P300LatAbs.

LAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,12089	0,73368
Fp2	0,16473	0,6889
F3	0,8911	0,87441
F4	0,9795	0,51033
C3	0,40904	0,53187
C4	0,62088	0,53187
P3	0,85667	0,09314
P4	0,20821	0,02495
O1	0,9795	0,99498
O2	0,95614	0,73368
F7	0,44815	0,27431
F8	0,62088	0,27431
T5	0,87441	0,73368
T6	0,95614	0,22035
Fz	0,92096	0,99805
Pz	0,04964	0,16473
Cz	0,28918	0,87441

Tabla F.29: p-valores Kolmogorov-Smirnov de LAR.

LARAbs		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,96521	0,44815
Fp2	0,48917	0,96521
F3	0,44815	0,01526
F4	0,44815	0,8911
C3	0,934	0,51033
C4	0,90663	0,57592
P3	0,19659	0,05339
P4	0,19659	0,04282
O1	0,11339	0,71141
O2	0,18548	0,85667
F7	0,53187	0,39026
F8	0,97298	0,04612
T5	0,57592	0,24623
T6	0,39026	0,27431
Fz	0,73368	0,77713
Pz	0,04964	0,10627
Cz	0,62088	0,87441

Tabla F.30: p-valores Kolmogorov-Smirnov de LARAbs.

PAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,02922	0,44815
Fp2	0,19659	0,6889
F3	0,79809	0,81841
F4	0,97298	0,95614
C3	0,53187	0,55375
C4	0,55375	0,53187
P3	0,37202	0,09314
P4	0,02922	0,02922
O1	0,55375	0,90663
O2	0,51033	0,8911
F7	0,03412	0,85667
F8	0,95614	0,934
T5	0,53187	0,87441
T6	0,87441	0,73368
Fz	0,98914	0,77713
Pz	0,06163	0,09314
Cz	0,59831	0,99999

Tabla F.31: p-valores Kolmogorov-Smirnov de PAR.

NAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,09314	0,16473
Fp2	0,44815	0,37202
F3	0,8911	0,25999
F4	0,28918	0,8911
C3	0,92096	0,46844
C4	0,17486	0,51033
P3	0,75562	0,37202
P4	0,28918	0,11339
O1	0,934	0,8911
O2	0,59831	0,96521
F7	0,05739	0,03683
F8	0,73368	0,24623
T5	0,55375	0,95614
T6	0,73368	0,79809
Fz	0,71141	0,59831
Pz	0,22035	0,77713
Cz	0,55375	0,64356

Tabla F.32: p-valores Kolmogorov-Smirnov de NAR.

TAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,02922	0,23302
Fp2	0,28918	0,3372
F3	0,39026	0,83797
F4	0,28918	0,96521
C3	0,73368	0,77713
C4	0,39026	0,39026
P3	0,37202	0,09953
P4	0,01403	0,06614
O1	0,44815	0,98486
O2	0,77713	0,85667
F7	0,05739	0,06614
F8	0,92096	0,39026
T5	0,53187	0,57592
T6	0,57592	0,79809
Fz	0,77713	0,75562
Pz	0,06163	0,09314
Cz	0,55375	0,90663

Tabla F.33: p-valores Kolmogorov-Smirnov de TAR.

ATAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,04964	0,11339
Fp2	0,25999	0,46844
F3	0,13712	0,85667
F4	0,30462	0,83797
C3	0,39026	0,71141
C4	0,42835	0,13712
P3	0,37202	0,09953
P4	0,01403	0,06614
O1	0,07093	0,62088
O2	0,22035	0,96521
F7	0,09314	0,06614
F8	0,8911	0,25999
T5	0,20821	0,24623
T6	0,32063	0,73368
Fz	0,3372	0,48917
Pz	0,06163	0,17486
Cz	0,3372	0,16473

Tabla F.34: p-valores Kolmogorov-Smirnov de ATAR.

TAAR		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,53187	0,27431
Fp2	0,64356	0,39026
F3	0,32063	0,66626
F4	0,32063	0,66626
C3	0,59831	0,97298
C4	0,40904	0,3372
P3	0,37202	0,09314
P4	0,0166	0,02922
O1	0,28918	0,96521
O2	0,28918	0,73368
F7	0,73368	0,06614
F8	0,73368	0,14588
T5	0,11339	0,15508
T6	0,99498	0,79809
Fz	0,73368	0,73368
Pz	0,16473	0,17486
Cz	0,51033	0,96521

Tabla F.35: p-valores Kolmogorov-Smirnov de TAAR.

ZC		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,04612	0,40904
Fp2	0,55375	0,13712
F3	0,30462	0,98486
F4	0,08711	0,98486
C3	0,87441	0,83797
C4	0,25999	0,99805
P3	0,9795	0,35433
P4	0,18548	0,11339
O1	0,87441	0,9994
O2	0,13712	1
F7	0,99888	0,51033
F8	0,95614	0,9795
T5	0,90663	0,30462
T6	0,81841	0,35433
Fz	0,9994	0,90663
Pz	0,99888	1
Cz	0,15508	0,51033

Tabla F.36: p-valores Kolmogorov-Smirnov de ZC.

PSE		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,06614	0,12089
Fp2	0,30462	0,71141
F3	0,07093	0,12089
F4	0,75562	0,46844
C3	0,87441	0,55375
C4	0,73368	0,6889
P3	0,59831	0,37202
P4	0,00064	0,0003
O1	0,10627	0,40904
O2	0,23302	0,83797
F7	0,16473	0,04964
F8	0,934	0,1288
T5	0,03159	0,07601
T6	0,39026	0,14588
Fz	0,46844	0,62088
Pz	0,14588	0,13712
Cz	0,934	0,934

Tabla F.37: p-valores Kolmogorov-Smirnov PSE.

Median Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,13712	0,32063
Fp2	0,3372	0,64356
F3	0,39026	0,12089
F4	0,79809	0,90663
C3	0,90663	0,85667
C4	1	0,6889
P3	0,85667	0,62088
P4	0,00635	0,00761
O1	0,90663	0,87441
O2	0,8911	0,90663
F7	0,66626	0,62088
F8	1	0,77713
T5	0,98914	0,0814
T6	0,77713	0,53187
Fz	0,37202	0,30462
Pz	0,11339	0,62088
Cz	0,92096	0,96521

Tabla F.38: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Median Freq..

Mean Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,02124	0,28918
Fp2	0,32063	0,39026
F3	0,22035	0,02495
F4	0,85667	0,66626
C3	0,73368	0,9795
C4	0,55375	0,59831
P3	0,42835	0,19659
P4	0,0008	0,00761
O1	0,18548	0,55375
O2	0,55375	0,57592
F7	0,20821	0,05339
F8	0,77713	0,02303
T5	0,00696	0,18548
T6	0,71141	0,51033
Fz	0,48917	0,85667
Pz	0,23302	0,18548
Cz	0,97298	0,97298

Tabla F.39: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mean Freq..

Mode Freq.		
Electrodo	15Hz	35Hz
Fp1	0,99999	1
Fp2	0,99999	0,9997
F3	0,96521	1
F4	0,9994	0,97298
C3	0,87441	0,98914
C4	0,98914	0,87441
P3	0,99247	0,28918
P4	0,07601	0,99888
O1	0,99247	0,57592
O2	0,83797	0,03973
F7	0,75562	0,27431
F8	0,85667	0,64356
T5	0,87441	0,85667
T6	0,97298	1
Fz	0,59831	0,17486
Pz	0,64356	0,55375
Cz	0,83797	0,06163

Tabla F.40: p-valores Kolmogorov-Smirnov de Mode Freq..

F.3. Anosim test

Anosim características ordenación aleatoria 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,6592	0,7406	0,1462	0,6094	0,168	0,6172	0,8698
0,404	0,7146	0,168	0,3924	0,1298	0,5688	0,9392
0,3296	0,7062	0,095	0,28	0,0942	0,4788	0,0426
0,151	0,9364	0,1084	0,3046	0,2922	0,3374	0,0678
0,3348	0,7192	0,5434	0,2442	0,1802	0,3734	0,7422
0,2112	0,9056	0,066	0,1246	0,2456	0,5206	0,0258
0,1308	0,8988	0,0882	0,1896	0,2942	0,3556	0,0324
0,2548	0,643	0,1184	0,3286	0,1144	0,455	0,4928
0,2146	0,9562	0,399	0,3668	0,2576	0,4518	0,1566
0,3152	0,8178	0,4146	0,5252	0,3972	0,5764	0,99
0,1938	0,7708	0,4278	0,3452	0,3448	0,369	0,951
0,2326	0,848	0,1104	0,1876	0,271	0,472	0,015
0,1906	0,545	0,3384	0,2678	0,0544	0,2126	0,329
0,2238	0,9714	0,2428	0,4518	0,2612	0,4498	0,157
0,1714	0,939	0,1592	0,4002	0,2308	0,363	0,0898
0,381	0,5256	0,146	0,3426	0,1144	0,5992	0,1448

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,2394	0,9776	0,5442	0,494	0,2994	0,4152	0,285
0,6456	0,7576	0,1526	0,6186	0,1708	0,6096	0,8748
0,163	0,9418	0,1646	0,3952	0,2336	0,368	0,0936
0,1226	0,9	0,0812	0,1956	0,2912	0,3588	0,0382
0,208	0,7598	0,4388	0,3594	0,3404	0,3794	0,9548
0,3288	0,713	0,5432	0,244	0,1806	0,3732	0,7436
0,3742	0,5444	0,1486	0,3392	0,116	0,608	0,1388
0,232	0,9758	0,2478	0,4574	0,2732	0,452	0,1536
0,2092	0,9586	0,3982	0,3696	0,2554	0,462	0,1486
0,1598	0,9412	0,1084	0,3156	0,3072	0,3522	0,0656
0,1906	0,5352	0,3178	0,2678	0,0582	0,212	0,332
0,3156	0,8144	0,4092	0,5308	0,3976	0,585	0,9888
0,2296	0,9118	0,067	0,1328	0,2506	0,533	0,0254
0,2154	0,979	0,5458	0,4888	0,305	0,4088	0,2862
0,2346	0,8386	0,1068	0,1826	0,2594	0,4672	0,0152
0,2566	0,6544	0,1268	0,332	0,1206	0,4702	0,4948
0,3868	0,7118	0,1596	0,3808	0,1312	0,5586	0,9394
0,3274	0,7094	0,0882	0,2882	0,0986	0,482	0,05

Tabla F.41: Tabla de p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características ordenación aleatoria 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,6166	0,102	0,482	0,2632	0,5198	0,168	0,0562
0,6806	0,0448	0,3174	0,5804	0,1014	0,1298	0,0934
0,043	0,0372	0,1426	0,3546	0,0638	0,0942	0,0888
0,0404	0,488	0,13	0,1612	0,2334	0,2922	0,1396
0,0996	0,1642	0,173	0,4386	0,156	0,1802	0,0366
0,0198	0,2138	0,0368	0,3538	0,1444	0,2456	0,1192
0,031	0,4186	0,0738	0,206	0,0996	0,2942	0,1318
0,3242	0,021	0,2028	0,4904	0,0926	0,1144	0,1084
0,0544	0,6912	0,1576	0,2868	0,0802	0,2576	0,2368
0,0128	0,4804	0,3066	0,208	0,1586	0,3972	0,1228
0,0288	0,2926	0,21	0,4342	0,0918	0,3448	0,0684
0,015	0,083	0,0396	0,5686	0,193	0,271	0,143
0,5096	0,3864	0,4552	0,2688	0,0752	0,0544	0,0154
0,0604	0,7198	0,2072	0,2048	0,1322	0,2612	0,215
0,022	0,6402	0,1878	0,1226	0,171	0,2308	0,144
0,1176	0,0078	0,0998	0,593	0,063	0,1144	0,1214
0,1038	0,576	0,2886	0,37	0,0484	0,2994	0,3234
0,6202	0,1106	0,485	0,2654	0,5238	0,1708	0,0554

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,0192	0,6242	0,1944	0,1292	0,1696	0,2336	0,1526
0,0354	0,4114	0,0756	0,199	0,1024	0,2912	0,135
0,028	0,287	0,2104	0,438	0,091	0,3404	0,0678
0,0948	0,1568	0,1702	0,4262	0,16	0,1806	0,0406
0,118	0,0094	0,0974	0,595	0,0604	0,116	0,1214
0,061	0,7266	0,209	0,2188	0,1308	0,2732	0,2158
0,0588	0,6876	0,1484	0,2892	0,0642	0,2554	0,2296
0,0388	0,484	0,1222	0,16	0,2398	0,3072	0,1374
0,503	0,394	0,4616	0,268	0,0812	0,0582	0,0184
0,0116	0,4692	0,3064	0,2094	0,1662	0,3976	0,1332
0,018	0,2052	0,0414	0,3586	0,1492	0,2506	0,123
0,0994	0,576	0,2988	0,376	0,05	0,305	0,3256
0,0198	0,0756	0,0434	0,5454	0,1938	0,2594	0,1378
0,334	0,0184	0,1974	0,4928	0,1024	0,1206	0,1184
0,6762	0,0408	0,3124	0,5714	0,098	0,1312	0,089
0,0538	0,0356	0,1554	0,3674	0,066	0,0986	0,0976

Tabla F.42: Tabla de p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características ordenación aleatoria 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,1054	0,0512	0,4402	0,278	0,1982	0,3654
0,1226	0,2316	0,7164	0,5448	0,5884	0,5832
0,0986	0,1328	0,0798	0,0406	0,0602	0,2554
0,3192	0,18	0,1174	0,2422	0,0808	0,1444
0,0538	0,0044	0,3084	0,0474	0,0676	0,2042
0,1624	0,2392	0,1002	0,0998	0,0622	0,253
0,192	0,2654	0,1404	0,163	0,1244	0,177
0,0988	0,4126	0,471	0,1664	0,4228	0,798
0,3412	0,2642	0,3466	0,1502	0,0348	0,2174
0,2416	0,0044	0,258	0,0094	0,05	0,3634
0,1448	0,006	0,341	0,0624	0,1142	0,3226
0,1702	0,2062	0,0948	0,1008	0,079	0,3394
0,0268	0,032	0,5828	0,5016	0,2922	0,3134
0,2598	0,4146	0,2406	0,1658	0,0278	0,2222
0,222	0,3656	0,2226	0,1722	0,1252	0,142
0,1332	0,1788	0,0314	0,0094	0,0412	0,18
0,4804	0,217	0,4812	0,2536	0,0996	0,2924
0,116	0,0568	0,4592	0,3096	0,2138	0,3928
0,2252	0,3724	0,2238	0,171	0,125	0,1308
0,1878	0,259	0,152	0,184	0,1352	0,1842

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,146	0,0062	0,3554	0,0626	0,1096	0,32
0,0558	0,0038	0,3042	0,0474	0,0702	0,2102
0,1342	0,1818	0,0406	0,0098	0,0434	0,1746
0,2642	0,4098	0,2404	0,1646	0,0246	0,2294
0,3438	0,2558	0,3482	0,1488	0,037	0,2122
0,3162	0,1854	0,1176	0,2544	0,0796	0,1626
0,0296	0,032	0,5962	0,5084	0,2908	0,3186
0,2508	0,0044	0,2568	0,0118	0,0618	0,3604
0,1738	0,2474	0,0976	0,1078	0,067	0,261
0,4818	0,2236	0,4876	0,255	0,1004	0,2922
0,1536	0,1976	0,0946	0,1012	0,0838	0,337
0,1052	0,4076	0,4754	0,1634	0,407	0,7972
0,1164	0,2274	0,7206	0,5322	0,5924	0,5858
0,103	0,1276	0,0786	0,044	0,0586	0,2596

Tabla F.43: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características ordenación aleatoria 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,715	0,4306	0,106	0,607	0,2584	0,3554	0,5046
0,5224	0,5674	0,1606	0,4234	0,3258	0,3534	0,703
0,6172	0,5782	0,6592	0,4174	0,6364	0,646	0,7878
0,635	0,9454	0,7104	0,773	0,9366	0,8946	0,6654
0,7504	0,4692	0,6548	0,4924	0,3746	0,6964	0,3688
0,7684	0,8542	0,4856	0,7074	0,8008	0,832	0,521
0,7122	0,8982	0,6486	0,6884	0,8828	0,8506	0,607
0,5658	0,3636	0,252	0,4242	0,266	0,4856	0,79
0,663	0,9292	0,8352	0,8942	0,912	0,929	0,7052
0,6756	0,5954	0,9	0,5874	0,737	0,8328	0,5732
0,6408	0,5028	0,7544	0,459	0,6244	0,674	0,4892
0,6518	0,7466	0,7338	0,5176	0,7656	0,7506	0,7414
0,7954	0,2838	0,4238	0,3952	0,1896	0,3754	0,204
0,6478	0,9524	0,8514	0,8194	0,9048	0,9344	0,6674
0,5802	0,9486	0,7574	0,7402	0,8958	0,9072	0,6482
0,683	0,5522	0,407	0,4772	0,4506	0,588	0,7664
0,7648	0,865	0,8696	0,9676	0,8954	0,9504	0,4508
0,7088	0,4068	0,1086	0,5968	0,2498	0,3502	0,524
0,5758	0,9468	0,748	0,7374	0,892	0,9078	0,6622
0,7188	0,8922	0,6488	0,669	0,8798	0,8556	0,6072
0,6428	0,5102	0,7576	0,46	0,6264	0,6746	0,4944
0,7516	0,4614	0,6568	0,4772	0,3698	0,6922	0,3558

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,6692	0,5452	0,408	0,477	0,446	0,589	0,7656
0,6638	0,9548	0,8702	0,8296	0,911	0,9352	0,6618
0,6646	0,931	0,8332	0,8964	0,9156	0,9334	0,705
0,6504	0,9572	0,708	0,7872	0,9464	0,918	0,6654
0,7926	0,2792	0,422	0,408	0,1886	0,3758	0,2062
0,6982	0,608	0,8952	0,5946	0,738	0,8388	0,572
0,7734	0,847	0,4954	0,7046	0,7904	0,8354	0,5316
0,7508	0,8714	0,8636	0,9612	0,8944	0,9496	0,4426
0,6338	0,7414	0,7304	0,5056	0,7592	0,7468	0,7304
0,5682	0,3736	0,2544	0,432	0,2774	0,4918	0,7846
0,506	0,5612	0,1586	0,4144	0,3184	0,3338	0,693
0,6204	0,5816	0,6744	0,414	0,6316	0,6466	0,8038

Tabla F.44: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características ordenación aleatoria 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,3522	0,0538	0,579	0,2466	0,4542	0,2584	0,2396
0,8696	0,0142	0,2544	0,4468	0,1802	0,3258	0,3298
0,2042	0,0918	0,3832	0,8426	0,2862	0,6364	0,479
0,6124	0,2944	0,6316	0,7422	0,7652	0,9366	0,828
0,3042	0,2776	0,1946	0,3562	0,3702	0,3746	0,318
0,5112	0,0904	0,7562	0,5964	0,4712	0,8008	0,7868
0,5144	0,226	0,4766	0,747	0,6296	0,8828	0,8682
0,8548	0,015	0,3772	0,4854	0,183	0,266	0,464
0,6266	0,3072	0,4698	0,7668	0,741	0,912	0,8282
0,2174	0,301	0,1956	0,4196	0,6314	0,737	0,3484
0,3492	0,502	0,164	0,3354	0,5008	0,6244	0,4286
0,4336	0,0934	0,5566	0,8806	0,414	0,7656	0,6434
0,6744	0,2262	0,346	0,3362	0,1846	0,1896	0,1434
0,6526	0,4894	0,3804	0,6848	0,9052	0,9048	0,8438
0,5134	0,3788	0,3586	0,6828	0,8748	0,8958	0,8816
0,3658	0,0388	0,3368	0,6786	0,1952	0,4506	0,3166
0,6294	0,1922	0,491	0,8686	0,7176	0,8954	0,8462
0,3512	0,0564	0,5794	0,234	0,448	0,2498	0,232
0,5238	0,36	0,368	0,679	0,872	0,892	0,8784
0,5078	0,2268	0,4732	0,7344	0,6202	0,8798	0,8648
0,3506	0,5054	0,1562	0,3358	0,5	0,6264	0,4412
0,3002	0,2808	0,1904	0,3534	0,3716	0,3698	0,3154
0,3688	0,034	0,3414	0,68	0,19	0,446	0,3064
0,6594	0,4846	0,3808	0,704	0,8968	0,911	0,8518

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,631	0,3102	0,4598	0,7766	0,7408	0,9156	0,8254
0,6006	0,288	0,6214	0,758	0,7772	0,9464	0,8388
0,6776	0,2364	0,3756	0,328	0,1856	0,1886	0,148
0,2032	0,2916	0,1896	0,4288	0,6314	0,738	0,3516
0,4994	0,0896	0,751	0,5994	0,467	0,7904	0,7826
0,6342	0,1988	0,4938	0,8542	0,7212	0,8944	0,8496
0,4436	0,0886	0,5628	0,8836	0,4188	0,7592	0,6368
0,8536	0,0158	0,3754	0,4942	0,189	0,2774	0,4736
0,8544	0,0146	0,2438	0,4292	0,1728	0,3184	0,3244
0,2128	0,0878	0,3788	0,8468	0,2888	0,6316	0,4688

Tabla F.45: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características ordenación aleatoria 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,2774	0,3566	0,1532	0,0898	0,3514	0,832
0,3748	0,228	0,277	0,126	0,3854	0,494
0,6004	0,2616	0,0572	0,0036	0,0072	0,192
0,8742	0,195	0,1952	0,0026	0,0032	0,0184
0,303	0,386	0,0138	0,0116	0,013	0,6954
0,8634	0,1476	0,117	0,0094	0,005	0,1758
0,884	0,2538	0,131	0,0086	0,002	0,1002
0,5124	0,4098	0,3162	0,0862	0,2814	0,0904
0,9074	0,3608	0,4512	0,001	0,016	0,0278
0,5294	0,071	0,0952	0,0292	0,0136	0,5602
0,3888	0,1206	0,04	0,0196	0,0274	0,8058
0,7218	0,2072	0,1046	0,0034	0,0054	0,3314
0,1466	0,3156	0,1286	0,197	0,467	0,801
0,8808	0,447	0,4178	0,0026	0,0096	0,0534
0,8442	0,3008	0,3882	0,0018	0,0028	0,0178
0,5392	0,2752	0,0186	0,0152	0,0146	0,0842
0,9252	0,313	0,3666	0,0012	0,0268	0,0756
0,2712	0,3636	0,1526	0,0994	0,3522	0,8324
0,844	0,3128	0,3942	0,0028	0,0034	0,023
0,8804	0,262	0,1288	0,009	0,0014	0,103
0,3948	0,1216	0,045	0,0196	0,0206	0,802
0,2962	0,3708	0,014	0,0098	0,0118	0,6942
0,5324	0,289	0,0198	0,015	0,0162	0,0938
0,8822	0,4502	0,4152	0,0018	0,0088	0,055
0,9118	0,3594	0,4558	0,0018	0,0176	0,0228
0,8876	0,2012	0,2028	0,0012	0,0038	0,017

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,1452	0,3134	0,1276	0,2152	0,4802	0,8044
0,5348	0,074	0,1004	0,0376	0,0184	0,5572
0,8632	0,1468	0,115	0,0072	0,0048	0,1696
0,9228	0,3184	0,3536	0,0014	0,0284	0,0758
0,7172	0,2156	0,1064	0,0054	0,0066	0,334
0,5302	0,4204	0,3194	0,088	0,277	0,0872
0,367	0,2256	0,2682	0,1188	0,3708	0,4982
0,5948	0,271	0,0562	0,0048	0,006	0,1968

Tabla F.46: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos ordenación aleatoria 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,4174	0,1166	0,5106	0,121	0,6104	0,4936	0,3686	0,6144	0,0832
0,4012	0,0296	0,0238	0,1062	0,72	0,8908	0,0964	0,0498	0,007
0,168	0,1366	0,0144	0,426	0,2174	0,245	0,1148	0,0084	0,0312
0,029	0,0082	0,0154	0,3552	0,102	0,0936	0,1736	0,0156	0,1378
0,0418	0,0528	0,5742	0,2738	0,3368	0,2744	0,0796	0,149	0,1034
0,0542	0,0216	0,026	0,4048	0,1904	0,074	0,1332	0,0076	0,1268
0,0538	0,017	0,0216	0,4062	0,181	0,068	0,1298	0,0066	0,1292
0,6436	0,216	0,0022	0,1222	0,4248	0,3394	0,0756	0,017	0,063
0,026	0,0052	0,0062	0,5112	0,0042	0,1266	0,0588	0,0018	0,1592
0,0922	0,0216	0,5932	0,0646	0,3162	0,4306	0,0364	0,0976	0,1328
0,0876	0,0366	0,7146	0,2108	0,5306	0,2758	0,0984	0,1268	0,13
0,0964	0,0158	0,5084	0,0732	0,445	0,3406	0,0464	0,0822	0,0958
0,0104	0,0072	0,0038	0,6524	0,0038	0,074	0,0942	0,0016	0,175
0,4042	0,2586	0,0088	0,3282	0,2486	0,2874	0,126	0,0206	0,0616
0,02	0,0238	0,7258	0,0982	0,2856	0,3004	0,0766	0,068	0,2168
0,6318	0,2026	0,659	0,0698	0,789	0,8866	0,0848	0,1562	0,0462
0,2216	0,1934	0,0378	0,4074	0,0948	0,1258	0,1014	0,0118	0,0404
0,0496	0,0066	0,007	0,3868	0,1396	0,0664	0,1148	0,0038	0,0856
0,0364	0,0044	0,0054	0,5108	0,0398	0,0626	0,048	0,0028	0,1562
0,2226	0,185	0,0378	0,4044	0,0934	0,121	0,1	0,0098	0,0448
0,6906	0,8982	0,3644	0,5562	0,1036	0,096	0,1316	0,0684	0,4782
0,365	0,0732	0,033	0,027	0,1738	0,259	0,043	0,0242	0,0346
0,0336	0,4634	0,0442	0,4348	0,0586	0,103	0,1562	0,057	0,1678
0,621	0,6948	0,0022	0,2454	0,4726	0,2716	0,1152	0,0262	0,1214
0,0092	0,0042	0,0212	0,4056	0,0176	0,0134	0,1148	0,0022	0,3014
0,446	0,5774	0,0008	0,4692	0,2582	0,188	0,1026	0,0364	0,1338
0,3408	0,1678	0,0062	0,2048	0,2086	0,1778	0,0654	0,0124	0,045
0,0032	0,0084	0,0096	0,276	0,0146	0,0244	0,1624	0,0276	0,4154

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0776	0,1428	0,133	0,2302	0,0128	0,0226	0,1034	0,0256	0,3138
0,0036	0,0092	0,012	0,52	0,002	0,0184	0,0296	0,0034	0,3502
0,0016	0,0166	0,0106	0,6904	0,0004	0,0372	0,05	0,0014	0,3142
0,4272	0,16	0,01	0,1574	0,3546	0,0958	0,0726	0,0228	0,0254
0,0052	0,0066	0,0666	0,2912	0,0496	0,0116	0,1128	0,0156	0,4372
0,0028	0,0082	0,016	0,5458	0,0002	0,0394	0,0298	0,0012	0,3364
0,3964	0,0904	0,0202	0,0252	0,2834	0,1992	0,0516	0,0174	0,0174
0,3568	0,2186	0,012	0,3272	0,3006	0,1092	0,0654	0,0266	0,0228
0,0044	0,0068	0,0626	0,2958	0,0478	0,0122	0,112	0,0204	0,4408
0,657	0,2146	0,0026	0,1124	0,4368	0,3398	0,0846	0,0186	0,0626
0,3994	0,821	0,0166	0,353	0,2364	0,043	0,0924	0,07	0,1878
0,0718	0,152	0,1318	0,217	0,0124	0,0242	0,1092	0,0262	0,31

Tabla F.47: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos ordenación aleatoria 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,161	0,568	0,0406	0,077	0,5226	0,2392	0,7186	0,462
0,076	0,5484	0,0658	0,1246	0,0644	0,1154	0,343	0,8514
0,2582	0,3002	0,3024	0,2368	0,1898	0,1696	0,0328	0,6516
0,4334	0,2772	0,2542	0,2742	0,1706	0,2036	0,0738	0,6362
0,1546	0,1678	0,0822	0,3132	0,639	0,371	0,1946	0,5778
0,4292	0,2558	0,2334	0,4056	0,1814	0,2678	0,0482	0,5886
0,4166	0,2458	0,2386	0,4122	0,1762	0,2658	0,0478	0,5844
0,2204	0,8148	0,3988	0,2446	0,16	0,0468	0,1208	0,7582
0,5434	0,1568	0,3192	0,2612	0,2678	0,3016	0,0172	0,774
0,1136	0,2322	0,1902	0,4106	0,5274	0,1492	0,2034	0,3934
0,1666	0,189	0,1484	0,3288	0,6072	0,3558	0,1682	0,6268
0,0952	0,2184	0,1822	0,2992	0,4622	0,146	0,1624	0,4928
0,3706	0,1768	0,1534	0,1656	0,3438	0,2878	0,0106	0,8638
0,143	0,7082	0,5472	0,2502	0,1514	0,095	0,0436	0,798
0,4744	0,1618	0,0928	0,3184	0,726	0,19	0,155	0,4574
0,3064	0,7918	0,0624	0,1262	0,4534	0,1216	0,5392	0,7422
0,4092	0,3976	0,2146	0,2806	0,2464	0,2318	0,0356	0,6186
0,3702	0,2764	0,251	0,2212	0,266	0,2992	0,0534	0,676
0,4306	0,1318	0,2804	0,338	0,2038	0,2242	0,0156	0,7642
0,4076	0,4082	0,2032	0,2848	0,256	0,2356	0,0402	0,6054
0,6552	0,9586	0,7262	0,5232	0,9136	0,4994	0,017	0,7814
0,0742	0,536	0,2634	0,376	0,3548	0,0718	0,1482	0,3764
0,318	0,12	0,4998	0,027	0,2196	0,2466	0,049	0,2314
0,3792	0,838	0,7894	0,4542	0,1086	0,0314	0,1622	0,6296
0,4754	0,3166	0,3262	0,1812	0,562	0,3898	0,0274	0,4092

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,2422	0,7388	0,8286	0,4868	0,0208	0,2082	0,152	0,7092
0,3882	0,4732	0,2982	0,2928	0,2838	0,1028	0,0944	0,5938
0,5092	0,2328	0,2954	0,2196	0,4366	0,2268	0,0328	0,3248
0,4854	0,263	0,3324	0,147	0,4586	0,1156	0,0216	0,3216
0,4444	0,149	0,3712	0,3066	0,3962	0,4372	0,0054	0,5048
0,4238	0,1814	0,1484	0,1182	0,4098	0,4984	0,0036	0,6396
0,1246	0,4822	0,1824	0,358	0,4222	0,1436	0,0856	0,5488
0,4346	0,1348	0,3694	0,2746	0,4216	0,1904	0,034	0,2416
0,5328	0,178	0,2904	0,2108	0,439	0,5084	0,007	0,4898
0,0498	0,548	0,2426	0,3132	0,3046	0,0684	0,0966	0,4524
0,1678	0,511	0,2274	0,2814	0,2976	0,208	0,1132	0,6338
0,4508	0,1388	0,3742	0,279	0,4254	0,188	0,0314	0,2462
0,2196	0,8204	0,3834	0,2508	0,1558	0,0476	0,1184	0,759
0,0422	0,6644	0,8444	0,292	0,3642	0,1776	0,0132	0,5348
0,4906	0,2518	0,345	0,1406	0,4634	0,1174	0,0216	0,3264

Tabla F.48: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos ordenación aleatoria 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,6058	0,4604	0,8888	0,5292	0,3536	0,2668	0,2604	0,4904	0,7386
0,6948	0,361	0,6294	0,5348	0,6852	0,933	0,5054	0,1272	0,3478
0,0664	0,3604	0,3014	0,3994	0,1892	0,1782	0,4772	0,083	0,6256
0,0364	0,212	0,611	0,4064	0,3024	0,41	0,6548	0,158	0,3058
0,1192	0,1466	0,9232	0,7414	0,5772	0,3578	0,2848	0,5516	0,4016
0,0728	0,2958	0,5018	0,4542	0,3576	0,3226	0,5744	0,1728	0,352
0,0732	0,2932	0,4842	0,4612	0,3506	0,3146	0,5686	0,1744	0,352
0,3066	0,6384	0,441	0,503	0,2908	0,2242	0,6634	0,1096	0,4988
0,0464	0,3188	0,0988	0,2182	0,0556	0,3178	0,3704	0,0572	0,2108
0,3232	0,1384	0,8876	0,7596	0,6538	0,4278	0,544	0,6806	0,4998
0,4704	0,1824	0,957	0,7666	0,7878	0,1958	0,3512	0,5628	0,5232
0,4016	0,1482	0,8762	0,8414	0,8358	0,3038	0,3986	0,6828	0,4086
0,0248	0,4314	0,0536	0,24	0,1006	0,32	0,1848	0,0442	0,2876
0,0766	0,5038	0,342	0,4754	0,1956	0,087	0,6164	0,0808	0,4166
0,2264	0,2284	0,9422	0,6272	0,3868	0,3766	0,301	0,4516	0,761
0,803	0,4652	0,9618	0,3878	0,7378	0,8332	0,6202	0,5028	0,8426
0,0592	0,226	0,4482	0,3164	0,2642	0,1996	0,5472	0,106	0,4322
0,0364	0,2222	0,2436	0,4056	0,214	0,5218	0,6568	0,084	0,3948
0,0376	0,2196	0,1274	0,3448	0,0618	0,4134	0,5516	0,0616	0,2356
0,0634	0,229	0,4428	0,3156	0,2498	0,195	0,5536	0,1136	0,4378
0,226	0,8228	0,5172	0,4974	0,056	0,0156	0,1208	0,0374	0,6858
0,1404	0,2036	0,6244	0,516	0,4184	0,3756	0,4782	0,2566	0,5074

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,01	0,5884	0,238	0,4428	0,0408	0,0036	0,3734	0,1692	0,485
0,1446	0,7752	0,2752	0,486	0,116	0,1036	0,5952	0,0636	0,4496
0,0072	0,187	0,4334	0,3936	0,068	0,0788	0,589	0,0796	0,4706
0,1056	0,7326	0,078	0,8232	0,0696	0,0788	0,7112	0,0782	0,2534
0,2392	0,3568	0,4262	0,3932	0,2668	0,313	0,57	0,1116	0,5534
0,0102	0,157	0,6896	0,3916	0,132	0,0564	0,5486	0,1724	0,3862
0,0402	0,365	0,5944	0,2526	0,0798	0,0136	0,596	0,1774	0,3912
0,0056	0,199	0,2226	0,3462	0,0128	0,0794	0,5032	0,0682	0,2442
0,0026	0,3674	0,0814	0,1384	0,0314	0,0456	0,1082	0,07	0,3764
0,3012	0,307	0,4262	0,6304	0,476	0,2288	0,461	0,17	0,3616
0,0252	0,3434	0,591	0,4804	0,1498	0,027	0,5234	0,2226	0,3674
0,0046	0,2718	0,1524	0,1578	0,0132	0,035	0,3012	0,0958	0,225
0,186	0,2362	0,5366	0,5486	0,5404	0,3708	0,3766	0,191	0,402
0,105	0,2708	0,3994	0,5782	0,3348	0,2432	0,5002	0,1962	0,275
0,0276	0,3506	0,5938	0,4614	0,153	0,0292	0,5324	0,2268	0,3738
0,3128	0,6458	0,4398	0,4918	0,2994	0,2176	0,6568	0,1154	0,516
0,0454	0,6146	0,0852	0,359	0,1014	0,0016	0,1134	0,0474	0,3708
0,032	0,361	0,567	0,2426	0,0824	0,0132	0,5922	0,1638	0,3708

Tabla F.49: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos ordenación aleatoria 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,8102	0,784	0,416	0,8376	0,48	0,5952	0,787	0,7336
0,8134	0,1354	0,8436	0,8762	0,2572	0,7644	0,331	0,8654
0,4872	0,0058	0,9782	0,8732	0,3282	0,8612	0,167	0,6986
0,569	0,0294	0,957	0,922	0,5252	0,9528	0,108	0,8742
0,2452	0,2704	0,9008	0,881	0,489	0,8402	0,4342	0,8584
0,5952	0,015	0,955	0,9672	0,418	0,8942	0,1482	0,8982
0,5862	0,0152	0,9576	0,9676	0,4082	0,8986	0,1336	0,893
0,69	0,0896	0,9188	0,8436	0,3538	0,8628	0,242	0,6238
0,4194	0,0486	0,7622	0,6546	0,2542	0,8478	0,0604	0,5528
0,2282	0,7212	0,9028	0,9112	0,7212	0,5336	0,6882	0,601
0,2926	0,4912	0,8442	0,7374	0,5476	0,9486	0,4564	0,9312
0,2122	0,6406	0,8822	0,814	0,7166	0,724	0,6526	0,8364
0,6052	0,0254	0,7086	0,5036	0,1668	0,8006	0,0702	0,6636
0,3104	0,064	0,9438	0,8376	0,1918	0,8842	0,2008	0,7502
0,6604	0,1834	0,9452	0,852	0,5868	0,5052	0,3182	0,6704
0,755	0,0664	0,8762	0,6446	0,7202	0,6654	0,4362	0,7438
0,57	0,0296	0,9784	0,8978	0,4136	0,8904	0,15	0,7402
0,4322	0,0304	0,7468	0,8904	0,6624	0,9392	0,1056	0,8906
0,445	0,0392	0,8134	0,6706	0,4658	0,9352	0,05	0,8106

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,5774	0,025	0,9768	0,9004	0,422	0,8796	0,1552	0,7484
0,257	0,4144	0,8376	0,6446	0,2026	0,4524	0,0378	0,2992
0,3912	0,1878	0,936	0,956	0,6436	0,6238	0,4874	0,483
0,1532	0,0272	0,8112	0,6928	0,1032	0,502	0,077	0,2376
0,547	0,0156	0,8932	0,8574	0,222	0,5706	0,2588	0,325
0,2078	0,0334	0,8868	0,7256	0,4448	0,952	0,1	0,8078
0,5438	0,146	0,76	0,6926	0,1358	0,4104	0,1738	0,1736
0,799	0,014	0,9722	0,9002	0,4128	0,773	0,1638	0,552
0,277	0,0568	0,9212	0,7466	0,3524	0,9346	0,1076	0,7422
0,239	0,0536	0,9118	0,716	0,2204	0,6202	0,1188	0,44
0,2764	0,0314	0,915	0,44	0,2706	0,9732	0,0368	0,6886
0,487	0,0132	0,7036	0,2678	0,0502	0,855	0,0536	0,4928
0,4794	0,0928	0,9532	0,8562	0,4154	0,909	0,239	0,7986
0,2998	0,0354	0,8924	0,8788	0,242	0,8198	0,1396	0,7576
0,3106	0,0416	0,7942	0,4468	0,105	0,8722	0,0676	0,3192
0,4002	0,215	0,9478	0,8742	0,5616	0,808	0,3678	0,7156
0,4804	0,0406	0,9728	0,9282	0,4076	0,9188	0,3372	0,696
0,3042	0,0404	0,9006	0,8782	0,2388	0,8104	0,1468	0,7502
0,6836	0,0862	0,9244	0,8388	0,3486	0,8628	0,2434	0,631
0,147	0,3314	0,3794	0,5584	0,0692	0,609	0,0154	0,2024
0,2306	0,0532	0,9162	0,7052	0,2122	0,6158	0,436	

Tabla F.50: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,4363	0,8594	0,2368	0,3393	0,1265	0,4689	0,631
0,3668	0,9488	0,296	0,707	0,148	0,8581	0,7398
0,2148	0,842	0,4818	0,5444	0,1096	0,2722	0,3381
0,1477	0,9352	0,4013	0,2907	0,0899	0,3783	0,2818
0,223	0,973	0,4646	0,475	0,1222	0,4744	0,3287
0,1889	0,9677	0,4478	0,4692	0,3334	0,5038	0,2983
0,2961	0,9335	0,2369	0,3566	0,3244	0,5798	0,4649
0,3956	0,934	0,4295	0,5981	0,217	0,6059	0,5278
0,226	0,9716	0,4648	0,3593	0,3047	0,4972	0,2856
0,3061	0,9755	0,3644	0,3202	0,3075	0,4324	0,4725
0,3033	0,9797	0,4552	0,3821	0,4723	0,5396	0,4472
0,2914	0,979	0,483	0,604	0,4552	0,3984	0,4984
0,3506	0,972	0,411	0,7154	0,4843	0,3836	0,4161
0,3194	0,9607	0,3804	0,7191	0,549	0,4208	0,615
0,3506	0,9389	0,4766	0,6511	0,5823	0,3578	0,645
0,3266	0,9561	0,5309	0,6003	0,5975	0,4197	0,7236

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,2747	0,9563	0,5437	0,4922	0,5804	0,4387	0,7935

Tabla F.51: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,2778	0,7229	0,3455	0,1502	0,381	0,1277	0,2165
0,2744	0,9282	0,0696	0,0174	0,0335	0,1397	0,2973
0,0571	0,9905	0,0985	0,0923	0,1019	0,1102	0,5103
0,0949	0,9368	0,2485	0,0559	0,0766	0,0903	0,3845
0,1456	0,9127	0,3896	0,1129	0,0687	0,1254	0,5221
0,0493	0,7627	0,4741	0,067	0,0146	0,3312	0,5044
0,0522	0,4557	0,569	0,1015	0,0145	0,325	0,4857
0,0275	0,324	0,598	0,0988	0,0125	0,2115	0,3958
0,0501	0,314	0,6314	0,1153	0,0142	0,3059	0,3866
0,0132	0,4433	0,5983	0,1614	0,0451	0,3159	0,3578
0,022	0,5901	0,4224	0,2533	0,0517	0,4678	0,2826
0,012	0,6751	0,3161	0,3607	0,1278	0,4654	0,3324
0,0131	0,5202	0,3202	0,2737	0,2568	0,4725	0,423
0,0219	0,4718	0,3281	0,2378	0,1832	0,5519	0,4461
0,0254	0,5906	0,3665	0,279	0,2716	0,5884	0,4493
0,0497	0,5566	0,2454	0,2616	0,1592	0,6185	0,3639
0,0442	0,6464	0,2782	0,3114	0,2121	0,5878	0,3414

Tabla F.52: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,3097	0,1875	0,4883	0,7321	0,8009	0,0869
0,5644	0,2933	0,2418	0,0036	0,6665	0,648
0,2863	0,1158	0,1165	0,0087	0,0035	0,8433
0,3695	0,0195	0,1353	0,0137	0,0021	0,8841
0,5858	0,0302	0,1974	0,0178	0,0066	0,9035
0,6287	0,046	0,3306	0,056	0,0155	0,9677
0,6126	0,0663	0,069	0,0402	0,0119	0,9778
0,6699	0,0887	0,2183	0,0547	0,0016	0,7093
0,6073	0,0522	0,2085	0,1102	0,0023	0,6359
0,5216	0,0814	0,1863	0,2325	0,0055	0,5548
0,5803	0,0689	0,2721	0,1989	0,0179	0,5115
0,5409	0,0592	0,2643	0,2053	0,0417	0,4522

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,6583	0,1126	0,2614	0,1694	0,0643	0,5118
0,4522	0,0813	0,3564	0,19	0,149	0,4969
0,3527	0,1026	0,3203	0,1124	0,1706	0,5216
0,3534	0,1172	0,3637	0,1594	0,1094	0,5378
0,3955	0,1024	0,4408	0,1111	0,1185	0,3362

Tabla F.53: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,7533	0,4239	0,4825	0,7992	0,4588	0,7751	0,3872
0,3656	0,7111	0,7138	0,9666	0,6899	0,8371	0,0434
0,7242	0,6262	0,8927	0,861	0,5747	0,8007	0,0582
0,8995	0,7596	0,8389	0,6845	0,5802	0,7304	0,1327
0,9715	0,9269	0,5956	0,7775	0,6975	0,6499	0,3004
0,9223	0,9852	0,6102	0,8246	0,8827	0,623	0,1088
0,8762	0,9818	0,7825	0,7013	0,7903	0,7059	0,0654
0,8072	0,9517	0,6383	0,7125	0,8243	0,72	0,1633
0,716	0,973	0,5622	0,6187	0,8461	0,7974	0,2968
0,7295	0,8409	0,5641	0,7205	0,8819	0,805	0,4207
0,6957	0,8173	0,6359	0,7423	0,9484	0,832	0,4368
0,7134	0,8156	0,751	0,6684	0,9409	0,8623	0,355
0,7688	0,8191	0,7489	0,8028	0,9643	0,8229	0,3875
0,7028	0,8843	0,8615	0,8204	0,9554	0,9056	0,4532
0,7589	0,8623	0,9179	0,7298	0,9495	0,8982	0,4278
0,7557	0,8635	0,8943	0,8009	0,9478	0,906	0,4671
0,8469	0,7988	0,905	0,8419	0,9431	0,8987	0,4776

Tabla F.54: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,2831	0,6902	0,7418	0,299	0,6425	0,4473	0,7039
0,2865	0,3939	0,499	0,4213	0,411	0,684	0,724
0,6225	0,6449	0,6606	0,59	0,6902	0,5779	0,8941
0,8291	0,8269	0,4465	0,7107	0,7007	0,5902	0,9392
0,8977	0,9762	0,3254	0,2991	0,796	0,7105	0,9654
0,927	0,893	0,0645	0,3963	0,8233	0,8775	0,979
0,8296	0,8893	0,1793	0,3634	0,7173	0,7981	0,9516
0,8955	0,9375	0,1733	0,5058	0,7627	0,8254	0,9629

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,8948	0,9448	0,3075	0,4914	0,9023	0,8453	0,9615
0,6452	0,8164	0,1959	0,5235	0,9534	0,8768	0,9756
0,7296	0,5943	0,2282	0,6034	0,9482	0,9422	0,9573
0,6408	0,5272	0,1788	0,5946	0,9759	0,941	0,95
0,4045	0,3346	0,2223	0,713	0,9749	0,9609	0,9327
0,3978	0,3311	0,2681	0,7798	0,9604	0,9578	0,9242
0,5267	0,2582	0,361	0,695	0,9578	0,9463	0,8429
0,5096	0,3071	0,3971	0,7518	0,8451	0,9592	0,7942
0,5569	0,1785	0,361	0,7505	0,6945	0,9524	0,7901

Tabla F.55: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características NDA 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,6707	0,6655	0,5771	0,7491	0,8023	0,2453
0,7	0,813	0,7022	0,2734	0,0506	0,6991
0,5535	0,7944	0,6817	0,0774	0,0545	0,9034
0,8039	0,6067	0,3817	0,253	0,0354	0,9678
0,8433	0,1627	0,2074	0,0279	0,0554	0,982
0,9289	0,1447	0,1575	0,0814	0,1085	0,9789
0,8862	0,2255	0,0989	0,0474	0,0298	0,9597
0,8811	0,1724	0,0462	0,0468	0,1024	0,8739
0,9252	0,1395	0,0859	0,0146	0,1345	0,7562
0,8859	0,0944	0,0759	0,0063	0,0347	0,3977
0,9378	0,1254	0,1091	0,0025	0,0603	0,1969
0,9354	0,1741	0,0852	0,0018	0,0607	0,1068
0,9179	0,1423	0,0705	0,002	0,0703	0,0798
0,9604	0,0974	0,1895	0,002	0,0545	0,1561
0,9504	0,0692	0,0843	0,0025	0,0211	0,1335
0,8652	0,1368	0,1397	0,0009	0,0171	0,0826
0,795	0,3185	0,191	0,0002	0,0051	0,041

Tabla F.56: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NDA 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,1861	0,1174	0,005	0,3345	0,6033	0,4497	0,0957	0,0585	0,1695
0,4569	0,242	0,0243	0,3063	0,6969	0,7044	0,1642	0,0001	0,2995
0,0212	0,1787	0,0042	0,1174	0,6327	0,8788	0,1152	0,0003	0,0803
0,0223	0,1898	0,0033	0,1437	0,1509	0,918	0,0258	0,0005	0,0161
0,011	0,1602	0,0061	0,3152	0,1455	0,7764	0,051	0,001	0,0115

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0064	0,0863	0,0136	0,451	0,0208	0,1316	0,0346	0,0004	0,0003
0,0066	0,135	0,0223	0,2263	0,022	0,1221	0,0855	0,0005	0,0001
0,0137	0,1701	0,0026	0,1793	0,0565	0,1016	0,0526	0,0011	0,0022
0,0048	0,1042	0,0025	0,2841	0,0468	0,1188	0,0821	0,0025	0,0089
0,0126	0,0517	0,0081	0,3597	0,0517	0,0838	0,0666	0,0015	0,0262
0,0153	0,0432	0,0074	0,3957	0,0214	0,092	0,0699	0,0011	0,0311
0,006	0,0027	0,0032	0,4377	0,007	0,0684	0,076	0,0028	0,1118
0,0008	0,0036	0,0055	0,5122	0,0108	0,1222	0,0629	0,0018	0,1139
0,0036	0,0007	0,0108	0,5086	0,0028	0,0379	0,0644	0,0027	0,0861
0,0051	0,0028	0,0235	0,4045	0,0031	0,0679	0,0534	0,0051	0,0839
0,0041	0,012	0,0148	0,3358	0,0079	0,1283	0,0662	0,0034	0,0607
0,0084	0,01	0,014	0,222	0,0122	0,139	0,0473	0,0052	0,1124

Tabla F.57: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NDA 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,0605	0,2757	0,2302	0,0686	0,0047	0,1907	0,6184	0,7472
0,0406	0,5182	0,6349	0,1856	0,0739	0,0752	0,5416	0,6202
0,0602	0,4931	0,7536	0,1337	0,0359	0,2319	0,3044	0,6815
0,1102	0,1915	0,8151	0,2383	0,0572	0,1572	0,1227	0,5121
0,2348	0,1364	0,5994	0,1748	0,0123	0,2849	0,0637	0,7372
0,0855	0,202	0,5164	0,4121	0,0566	0,094	0,0218	0,5995
0,1657	0,0858	0,3764	0,1568	0,1375	0,208	0,0227	0,7519
0,1807	0,0619	0,1673	0,2066	0,2101	0,2406	0,0264	0,7591
0,2428	0,0597	0,0958	0,126	0,2317	0,2321	0,0103	0,8077
0,3303	0,0466	0,1042	0,1184	0,4186	0,1839	0,0102	0,8012
0,3205	0,0307	0,1049	0,1355	0,4628	0,2454	0,0112	0,8099
0,2996	0,0331	0,0389	0,1389	0,3668	0,2648	0,0119	0,7507
0,2054	0,0602	0,0296	0,1244	0,4407	0,2286	0,027	0,7479
0,2581	0,0634	0,0309	0,1074	0,5556	0,2495	0,0159	0,7163
0,2673	0,0793	0,0554	0,0508	0,4602	0,1444	0,0155	0,7534
0,14	0,0907	0,1115	0,0683	0,4914	0,1821	0,0239	0,7043
0,2134	0,1836	0,1458	0,1309	0,4105	0,2133	0,0384	0,5527

Tabla F.58: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NDA 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,3254	0,3546	0,0298	0,6879	0,3564	0,9398	0,824	0,0415	0,1145
0,5592	0,5194	0,3227	0,4327	0,4084	0,9113	0,7373	0,0773	0,5638

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0631	0,3864	0,0102	0,5752	0,1735	0,9236	0,5051	0,0726	0,2595
0,0386	0,3094	0,0017	0,519	0,0556	0,8671	0,3976	0,0019	0,3187
0,0601	0,2793	0,0078	0,5259	0,1591	0,6259	0,2455	0,0054	0,3254
0,0449	0,3781	0,0508	0,4722	0,091	0,6303	0,1811	0,0057	0,2736
0,0425	0,2205	0,0645	0,2658	0,1996	0,3822	0,2635	0,0042	0,3147
0,0645	0,4351	0,073	0,1718	0,2253	0,4142	0,2097	0,0043	0,4295
0,0272	0,3652	0,1272	0,1485	0,2193	0,2082	0,1964	0,0124	0,2992
0,0587	0,394	0,2109	0,2109	0,1937	0,3117	0,1748	0,0198	0,2293
0,1126	0,4432	0,1501	0,1344	0,2984	0,518	0,1024	0,0179	0,1383
0,1088	0,3327	0,0777	0,103	0,3202	0,2999	0,09	0,0314	0,1424
0,1035	0,3252	0,0619	0,1068	0,1839	0,3686	0,0925	0,0591	0,1757
0,0474	0,2514	0,0931	0,108	0,1594	0,3939	0,1247	0,0563	0,1788
0,0459	0,1687	0,1297	0,2389	0,2266	0,3678	0,1479	0,1265	0,1847
0,0591	0,1083	0,0754	0,232	0,155	0,2396	0,1254	0,1167	0,1521
0,0203	0,1446	0,0825	0,2687	0,1484	0,2774	0,1487	0,1158	0,0949

Tabla F.59: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NDA 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,7107	0,2539	0,2828	0,7913	0,0057	0,154	0,1752	0,6104
0,684	0,0195	0,6744	0,3888	0,3586	0,3833	0,3234	0,4579
0,6028	0,0808	0,3117	0,6573	0,0399	0,5281	0,2265	0,7927
0,528	0,0225	0,3529	0,4351	0,0325	0,5735	0,1708	0,8533
0,4236	0,0209	0,4495	0,5815	0,0717	0,7272	0,4735	0,8298
0,576	0,0293	0,5136	0,7571	0,0844	0,4067	0,3847	0,7293
0,5519	0,0136	0,4347	0,5418	0,1426	0,3252	0,2535	0,4827
0,331	0,0438	0,579	0,4406	0,365	0,309	0,2419	0,6061
0,2969	0,0696	0,7037	0,4484	0,5327	0,3904	0,2682	0,5884
0,305	0,1288	0,7053	0,5023	0,5492	0,4611	0,3989	0,5902
0,3445	0,128	0,7226	0,5566	0,6779	0,5165	0,2694	0,7374
0,3879	0,1259	0,6854	0,5807	0,4819	0,4886	0,1871	0,828
0,2895	0,0882	0,636	0,6893	0,4301	0,5956	0,1535	0,9042
0,3158	0,0763	0,5834	0,7555	0,3074	0,4988	0,1757	0,7661
0,1535	0,1067	0,7079	0,7558	0,2678	0,5033	0,192	0,5262
0,2072	0,1604	0,743	0,7207	0,0755	0,4838	0,1559	0,6159
0,2302	0,0802	0,6523	0,6181	0,1322	0,5893	0,1614	0,6142

Tabla F.60: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim agrupaciones NDA 15Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,4935	0,4636	0,6931	0,4945	0,2995	0,2723	0,6999
0,2496	0,3365	0,3534	0,622	0,0364	0,1271	0,3517
0,1746	0,572	0,0031	0,816	0,0465	0,2206	0,3806
0,1592	0,6533	0,0015	0,9047	0,0347	0,0445	0,1492
0,0348	0,6512	0,0006	0,8831	0,0269	0,0742	0,1423
0,0944	0,189	0,0002	0,8363	0,0035	0,0175	0,1773
0,0742	0,1993	0,0006	0,6857	0,0166	0,0601	0,0838
0,0367	0,0576	0,0011	0,7297	0,0459	0,0624	0,0645
0,0479	0,0164	0,0004	0,7453	0,0801	0,0959	0,0748
0,0019	0,0058	0,0016	0,8033	0,0935	0,1115	0,0727
0,0006	0,0076	0,0021	0,6997	0,0739	0,1011	0,0334
0,0001	0,0005	0,0028	0,6543	0,0804	0,1435	0,0419
0,0001	0,0053	0,0029	0,7349	0,0598	0,0846	0,0396
0,0008	0,0157	0,0026	0,5238	0,0232	0,0404	0,0253
0,0004	0,023	0,0044	0,449	0,0143	0,0491	0,0124
0,0008	0,032	0,0096	0,2997	0,0101	0,0218	0,0061
0,0002	0,033	0,0086	0,3034	0,0138	0,0926	0,0028
0,0002	0,057	0,0129	0,3288	0,0342	0,1133	0,0028
0,0004	0,0433	0,0048	0,3649	0,1	0,0759	0,0011
0,0008	0,0628	0,0036	0,3455	0,1767	0,0521	0,0018
0,0001	0,079	0,0017	0,1857	0,181	0,0308	0,0019
0,0001	0,0732	0,0037	0,2554	0,1794	0,0385	0,0023
0,0001	0,0312	0,0111	0,3035	0,2087	0,0297	0,0025
0,0001	0,032	0,0137	0,2873	0,2157	0,0227	0,0006
0,0002	0,069	0,0219	0,178	0,2231	0,0241	0,0004
0,0001	0,1059	0,0243	0,2071	0,1626	0,018	0,0003
0,0005	0,0627	0,0341	0,1165	0,1604	0,0078	0,0005
0,0009	0,0558	0,0346	0,116	0,2266	0,0099	0,0021
0,0004	0,0844	0,0348	0,1512	0,3671	0,0259	0,0011
0,0003	0,1522	0,0347	0,0418	0,4406	0,0087	0,0003

Tabla F.61: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim agrupaciones NDA 35Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,2849	0,2772	0,1664	0,9367	0,7039	0,2538	0,2804
0,1316	0,208	0,3689	0,8595	0,2652	0,0194	0,2106
0,1066	0,0598	0,1538	0,8293	0,3705	0,0809	0,1182
0,1278	0,1582	0,1777	0,5248	0,3217	0,467	0,3292
0,2259	0,1428	0,247	0,236	0,3546	0,3413	0,2068

Sigue en la página siguiente.

Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,2127	0,1911	0,2946	0,0368	0,3865	0,3322	0,2125
0,5356	0,2978	0,369	0,0402	0,5298	0,4692	0,0034
0,252	0,2411	0,5943	0,1132	0,5498	0,6583	0,0061
0,2257	0,4836	0,5852	0,192	0,3868	0,51	0,0071
0,4598	0,4534	0,6962	0,0527	0,4117	0,5005	0,009
0,604	0,1061	0,6981	0,0733	0,3143	0,5251	0,0135
0,7104	0,092	0,7689	0,1406	0,338	0,4797	0,0118
0,6923	0,1342	0,5151	0,1551	0,2968	0,4366	0,0248
0,7903	0,1184	0,5923	0,0247	0,3853	0,4116	0,0091
0,7902	0,0675	0,4504	0,02	0,4165	0,3401	0,0047
0,801	0,1365	0,3198	0,0587	0,3297	0,3503	0,0054
0,6683	0,2099	0,3164	0,0818	0,3071	0,4309	0,0032
0,5061	0,0765	0,3373	0,094	0,3242	0,24	0,0145
0,4883	0,097	0,4577	0,1208	0,297	0,3618	0,0352
0,4501	0,0714	0,1879	0,1674	0,2523	0,2575	0,0468
0,4301	0,0822	0,2462	0,2325	0,2633	0,251	0,0569
0,4067	0,0865	0,4461	0,1466	0,1974	0,2163	0,0412
0,4528	0,1151	0,4257	0,1493	0,254	0,1959	0,067
0,3904	0,1	0,2237	0,0808	0,2373	0,1891	0,0859
0,372	0,0355	0,328	0,0983	0,2335	0,2773	0,1407
0,2928	0,0215	0,2363	0,1065	0,2169	0,3141	0,1849
0,1459	0,0249	0,2133	0,0847	0,2518	0,4329	0,1543
0,047	0,0329	0,1136	0,055	0,2351	0,4905	0,2594
0,041	0,0581	0,1897	0,0984	0,1554	0,4597	0,3016
0,0297	0,0419	0,1422	0,0547	0,2003	0,3833	0,2471

Tabla F.62: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,4501	0,0309	0,0568	0,3039	0,1303	0,7158	0,0869
0,6735	0,3833	0,1457	0,0094	0,5007	0,6643	0,0062
0,1094	0,7821	0,3187	0,0148	0,511	0,1387	0,0123
0,1827	0,8723	0,1435	0,0495	0,3718	0,2879	0,0265
0,2746	0,922	0,2148	0,066	0,6466	0,436	0,1053
0,2105	0,9537	0,3681	0,1299	0,5683	0,5678	0,1139
0,2847	0,9659	0,2963	0,131	0,4786	0,4431	0,1679
0,2557	0,9539	0,2289	0,1396	0,5841	0,3782	0,3715
0,2168	0,9255	0,2736	0,1318	0,5081	0,3517	0,4195
0,1643	0,9718	0,3064	0,2313	0,5249	0,2706	0,3052
0,1787	0,9642	0,2332	0,3337	0,464	0,2307	0,46

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,1774	0,9434	0,283	0,3152	0,4094	0,2368	0,6001
0,2211	0,9075	0,3015	0,3539	0,4043	0,2701	0,5483
0,2452	0,9753	0,4301	0,5272	0,4854	0,3432	0,5261
0,2566	0,9402	0,5161	0,5186	0,5416	0,3395	0,6909
0,2571	0,9596	0,5289	0,3948	0,5817	0,4185	0,8251
0,2735	0,9586	0,546	0,4925	0,5801	0,4371	0,8017

Tabla F.63: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,0061	0,9524	0,009	0,0052	0,3673	0,1264	0,2186
0,0003	0,853	0,011	0,013	0,8025	0,497	0,067
0,0002	0,8618	0,0113	0,0149	0,9648	0,5193	0,0552
0,0005	0,9074	0,1007	0,047	0,4882	0,3718	0,0335
0,0009	0,6862	0,2488	0,184	0,3915	0,64	0,0509
0,0019	0,7144	0,3114	0,3218	0,5701	0,5667	0,0863
0,0039	0,8583	0,2687	0,3453	0,4534	0,4725	0,1638
0,0093	0,9074	0,2727	0,4714	0,218	0,5915	0,0962
0,0066	0,8467	0,305	0,3912	0,3783	0,5029	0,0803
0,009	0,9133	0,3267	0,4465	0,3446	0,5198	0,1212
0,0065	0,9193	0,3491	0,5008	0,331	0,4649	0,1088
0,0241	0,9505	0,3106	0,4558	0,3004	0,4022	0,1041
0,0348	0,8876	0,3226	0,4605	0,1966	0,4014	0,1959
0,0323	0,7432	0,3445	0,3319	0,0628	0,4859	0,1986
0,0293	0,7061	0,365	0,3782	0,0907	0,5472	0,2444
0,0416	0,7516	0,2648	0,3467	0,1499	0,5819	0,3383
0,0454	0,6479	0,2715	0,3149	0,228	0,595	0,344

Tabla F.64: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,4106	0,1802	0,0004	0,0004	0,0003	0,8507
0,0192	0,0253	0,0008	0,0038	0,0002	0,0805
0,0388	0,0287	0,0028	0,001	0,0002	0,347
0,0882	0,037	0,0111	0,0115	0,0003	0,5649
0,1075	0,0383	0,0238	0,0267	0,0013	0,671
0,1163	0,0927	0,0735	0,0606	0,0018	0,689
0,1416	0,2019	0,2053	0,0557	0,0042	0,5768

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,1438	0,1739	0,258	0,1003	0,0091	0,5335
0,1142	0,132	0,2302	0,1998	0,0029	0,6287
0,162	0,145	0,2775	0,1497	0,002	0,5929
0,2168	0,1213	0,2394	0,2655	0,0049	0,3939
0,2113	0,0876	0,235	0,1716	0,0294	0,3627
0,3067	0,1104	0,1932	0,1616	0,0455	0,3468
0,2468	0,1282	0,2499	0,217	0,0854	0,3286
0,3542	0,1461	0,2966	0,1869	0,078	0,3643
0,4255	0,13	0,3586	0,16	0,1101	0,3252
0,403	0,1071	0,3544	0,1156	0,1204	0,3379

Tabla F.65: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,9378	0,4283	0,0958	0,5313	0,4567	0,8866	0,0046
0,9045	0,6575	0,2503	0,3554	0,6925	0,8679	0,003
0,9745	0,8867	0,5151	0,6706	0,8363	0,9732	0,0025
0,9003	0,9463	0,6958	0,8695	0,8907	0,9952	0,0012
0,9669	0,8202	0,8978	0,7705	0,9482	0,9894	0,0028
0,8476	0,8879	0,9159	0,9119	0,9281	0,9802	0,0186
0,7723	0,9165	0,8901	0,7297	0,8933	0,9628	0,047
0,6781	0,944	0,8016	0,7827	0,785	0,9534	0,1245
0,7237	0,9429	0,6214	0,8668	0,7526	0,9568	0,2195
0,7329	0,9408	0,6341	0,8283	0,7781	0,8738	0,2994
0,7991	0,9367	0,7161	0,7742	0,8206	0,893	0,3269
0,7468	0,9054	0,7915	0,8159	0,9105	0,8119	0,3014
0,7015	0,8407	0,8047	0,7418	0,924	0,8507	0,3043
0,7523	0,8801	0,6919	0,8104	0,939	0,9105	0,3155
0,8228	0,8114	0,8384	0,8921	0,9526	0,8733	0,3337
0,8398	0,7954	0,8884	0,8939	0,9385	0,8782	0,3716
0,8401	0,8046	0,9069	0,8394	0,9402	0,9148	0,487

Tabla F.66: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,0067	0,2548	0,0499	0,307	0,6522	0,4599	0,7065
0,0263	0,289	0,0373	0,5488	0,8144	0,6801	0,8923
0,1874	0,734	0,0647	0,865	0,7	0,8338	0,8417

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,2542	0,1079	0,1253	0,9622	0,5441	0,8918	0,881
0,5685	0,2375	0,2352	0,9235	0,5892	0,9503	0,96
0,3513	0,3196	0,2732	0,9531	0,7215	0,9286	0,8921
0,1868	0,5457	0,0827	0,973	0,8346	0,8967	0,9155
0,1705	0,6107	0,1328	0,9595	0,869	0,782	0,8998
0,1787	0,6658	0,1193	0,763	0,8831	0,7444	0,8653
0,2404	0,6208	0,1437	0,7339	0,9614	0,7726	0,8714
0,3668	0,6834	0,1462	0,7778	0,8379	0,8234	0,8579
0,3365	0,4454	0,1844	0,7742	0,6599	0,9103	0,8175
0,4024	0,2803	0,2644	0,7327	0,6355	0,9266	0,8592
0,5006	0,1601	0,2503	0,6374	0,683	0,9395	0,7766
0,5667	0,1482	0,2566	0,7355	0,5613	0,9512	0,8727
0,5618	0,1699	0,3579	0,7496	0,6642	0,9443	0,7783
0,5535	0,1677	0,3518	0,7545	0,6835	0,9508	0,7935

Tabla F.67: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim características NWFE 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,8689	0,0193	0,0001	0,7493	0,0016	0,982
0,8916	0,0175	0,001	0,0504	0,0069	0,231
0,9488	0,0489	0,0012	0,0023	0,0012	0,5568
0,9565	0,3268	0,0016	0,0015	0,0014	0,4325
0,9086	0,3147	0,0112	0,0058	0,0022	0,214
0,929	0,5392	0,0246	0,0043	0,0036	0,4004
0,9318	0,443	0,0179	0,0029	0,0119	0,6148
0,741	0,2919	0,1529	0,0139	0,0099	0,7185
0,6843	0,4803	0,1334	0,0043	0,0181	0,8248
0,6747	0,5569	0,1231	0,0032	0,0053	0,5712
0,725	0,4875	0,2403	0,0009	0,0057	0,4066
0,6288	0,5881	0,3536	0,0004	0,0124	0,2173
0,7002	0,6815	0,3104	0,0005	0,0125	0,1736
0,6487	0,7548	0,2317	0,001	0,0215	0,0639
0,7752	0,5446	0,1419	0,0008	0,0149	0,067
0,8264	0,4286	0,1281	0,001	0,0108	0,0762
0,795	0,3158	0,1909	0,0005	0,0059	0,0391

Tabla F.68: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NWFE 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0586	0,1574	0,005	0,1153	0,3845	0,8071	0,2901	0,0001	0,7869
0,0195	0,091	0,0146	0,0249	0,3181	0,9884	0,4365	0,0007	0,3787
0,0289	0,409	0,0034	0,0675	0,2105	0,8822	0,2984	0,0006	0,1987
0,1677	0,0325	0,007	0,2692	0,2673	0,6673	0,4986	0,0003	0,023
0,0531	0,0349	0,0223	0,3179	0,2739	0,2612	0,2074	0,0005	0,0053
0,1123	0,0337	0,0133	0,2879	0,1985	0,3827	0,2522	0,0002	0,004
0,0372	0,0325	0,0341	0,3398	0,1657	0,4153	0,0811	0,0002	0,005
0,0275	0,0104	0,0061	0,0479	0,16	0,4776	0,0452	0,0007	0,0042
0,0274	0,0194	0,0083	0,0649	0,1153	0,4181	0,0335	0,0007	0,0233
0,0485	0,0245	0,005	0,127	0,1853	0,2368	0,0234	0,0018	0,0367
0,0578	0,0148	0,0081	0,2453	0,0682	0,2335	0,0115	0,0031	0,0301
0,0249	0,0262	0,011	0,3132	0,0718	0,212	0,0134	0,0057	0,0564
0,0097	0,0088	0,008	0,1931	0,0194	0,1171	0,0235	0,0093	0,0991
0,0154	0,007	0,0086	0,1568	0,0532	0,0747	0,0295	0,0095	0,1303
0,0197	0,0181	0,0118	0,2173	0,0534	0,0568	0,0375	0,011	0,1178
0,0083	0,025	0,0106	0,2794	0,0421	0,1047	0,0479	0,0091	0,0958
0,0101	0,0092	0,0143	0,2227	0,0135	0,1362	0,0473	0,0044	0,1143

Tabla F.69: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NWFE 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,7786	0,9565	0,7192	0,075	0,0056	0,9188	0,2352	0,1886
0,6548	0,5264	0,7777	0,0699	0,0216	0,7678	0,1919	0,3772
0,7519	0,5916	0,4936	0,3674	0,2004	0,2491	0,2307	0,4066
0,4269	0,466	0,3932	0,4464	0,3823	0,1941	0,2761	0,5056
0,4312	0,5255	0,4721	0,5289	0,3377	0,2463	0,2124	0,6945
0,5498	0,4461	0,3271	0,1623	0,2938	0,1672	0,0708	0,8471
0,1505	0,5677	0,1757	0,2614	0,4866	0,1949	0,025	0,7528
0,098	0,3954	0,2057	0,2173	0,3988	0,1094	0,0289	0,7527
0,0684	0,5363	0,2589	0,1652	0,4804	0,1332	0,0225	0,7629
0,0632	0,4525	0,2303	0,2194	0,367	0,1274	0,0335	0,804
0,074	0,3961	0,1687	0,2165	0,3427	0,1164	0,0077	0,8326
0,1287	0,3018	0,1525	0,2347	0,3045	0,1333	0,0128	0,8825
0,078	0,2037	0,1219	0,1248	0,3241	0,2288	0,0281	0,7846
0,1087	0,2	0,1547	0,1407	0,3826	0,163	0,0161	0,664
0,1327	0,1068	0,1587	0,1142	0,3406	0,2326	0,0284	0,6066
0,1697	0,1735	0,1851	0,1506	0,3086	0,2491	0,0415	0,6096
0,2115	0,1878	0,1843	0,1345	0,4047	0,219	0,0403	0,551

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
----	----	----	----	----	----	----	----

Tabla F.70: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NWFE 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,352	0,02	0,7056	0,7803	0,3567	0,6492	0,0189	0,0013	0,9712
0,3089	0,1032	0,3299	0,6975	0,6476	0,7095	0,0301	0,0004	0,737
0,0846	0,0914	0,6211	0,7958	0,5057	0,935	0,0191	0,0015	0,4381
0,0469	0,2706	0,0672	0,8145	0,6116	0,9548	0,0751	0,0137	0,6199
0,0576	0,1619	0,1148	0,7845	0,8237	0,6899	0,1756	0,0047	0,734
0,026	0,2636	0,2032	0,6935	0,6759	0,5932	0,2638	0,006	0,7176
0,0024	0,3689	0,1232	0,6076	0,6014	0,1513	0,3272	0,0102	0,7659
0,004	0,3853	0,1671	0,5983	0,5997	0,2706	0,2026	0,0309	0,7666
0,0037	0,2083	0,1257	0,4573	0,552	0,2316	0,3131	0,0709	0,8312
0,0026	0,1855	0,1108	0,5441	0,2089	0,2035	0,2155	0,0338	0,6253
0,003	0,1581	0,1561	0,3995	0,1599	0,2716	0,2232	0,0303	0,4604
0,0037	0,1977	0,2166	0,3277	0,2841	0,2647	0,1852	0,0436	0,275
0,0076	0,1922	0,1869	0,2377	0,2253	0,3754	0,2088	0,0479	0,2055
0,0155	0,2191	0,1207	0,234	0,1003	0,2884	0,3021	0,0547	0,2321
0,0234	0,1877	0,1099	0,3003	0,059	0,3135	0,253	0,0501	0,1962
0,0175	0,2167	0,064	0,3803	0,105	0,2643	0,1854	0,0808	0,1069
0,0209	0,1502	0,0793	0,2724	0,1412	0,2563	0,1534	0,1213	0,0912

Tabla F.71: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim electrodos NWFE 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,9806	0,6552	0,0411	0,1569	0,0054	0,9626	0,3762	0,9415
0,8736	0,507	0,0124	0,4518	0,1485	0,9937	0,2089	0,9574
0,6004	0,3593	0,2123	0,277	0,2198	0,7326	0,1843	0,9403
0,6353	0,1562	0,3472	0,4315	0,3895	0,3634	0,1967	0,8924
0,7394	0,1797	0,6717	0,5083	0,578	0,4468	0,1218	0,94
0,6728	0,132	0,7439	0,5193	0,5381	0,594	0,1912	0,9539
0,4212	0,1227	0,7975	0,3231	0,5833	0,557	0,1642	0,943
0,4391	0,0982	0,7664	0,4027	0,5528	0,5279	0,0817	0,9762
0,6214	0,0468	0,7318	0,4297	0,665	0,5123	0,1167	0,916
0,6031	0,0193	0,7017	0,5724	0,4162	0,6288	0,2037	0,9156
0,5615	0,0343	0,7728	0,6315	0,3213	0,6344	0,225	0,8886
0,5216	0,0609	0,7856	0,6414	0,4316	0,6698	0,1502	0,9552
0,5591	0,0754	0,8228	0,5148	0,3316	0,856	0,138	0,8095
0,3327	0,0581	0,8604	0,6354	0,3584	0,8444	0,2611	0,7125

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,3646	0,0424	0,8109	0,6751	0,2529	0,6992	0,1836	0,7768
0,2264	0,0663	0,7165	0,6476	0,2669	0,6331	0,1521	0,6012
0,2263	0,0776	0,6568	0,6457	0,142	0,5831	0,1693	0,6129

Tabla F.72: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

Anosim agrupaciones NWFE 15Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,0003	0,288	0,0003	0,1857	0,076	0,0195	0,0003
0,0003	0,1574	0,0007	0,6187	0,0173	0,0103	0,0003
0,0003	0,267	0,0201	0,7453	0,1393	0,0426	0,0001
0,0001	0,0213	0,0251	0,7247	0,0475	0,0045	0,0001
0,0007	0,0561	0,0164	0,6479	0,0234	0,0004	0,0003
0,0005	0,0175	0,0285	0,7568	0,0406	0,0035	0,0025
0,0001	0,0001	0,0393	0,4498	0,0143	0,0018	0,0005
0,0002	0,0001	0,1127	0,3571	0,0498	0,0028	0,0018
0,0001	0,0001	0,0812	0,1328	0,0444	0,0167	0,0018
0,0001	0,0001	0,1044	0,2151	0,0652	0,0422	0,0058
0,0007	0,0003	0,0473	0,157	0,0967	0,11	0,0063
0,0003	0,0051	0,0359	0,1087	0,1127	0,0384	0,0039
0,0028	0,0221	0,0456	0,1261	0,0832	0,099	0,0243
0,0033	0,0644	0,0496	0,222	0,1708	0,157	0,0331
0,019	0,0627	0,1022	0,1898	0,2006	0,1826	0,0816
0,022	0,0922	0,0889	0,1612	0,2665	0,106	0,0498
0,0445	0,1429	0,1135	0,2609	0,3406	0,1671	0,0782
0,1281	0,2453	0,1791	0,1688	0,3231	0,1469	0,0363
0,1318	0,2352	0,1644	0,186	0,2734	0,1155	0,0391
0,1829	0,1745	0,1536	0,0752	0,239	0,1247	0,1222
0,2667	0,2164	0,1898	0,0318	0,318	0,1143	0,1075
0,2753	0,2166	0,1652	0,0486	0,3058	0,1183	0,218
0,2732	0,1944	0,1098	0,0672	0,3473	0,2042	0,1454
0,1788	0,3269	0,0875	0,0462	0,3703	0,2479	0,1709
0,096	0,3044	0,085	0,0657	0,346	0,1627	0,2076
0,1319	0,3748	0,1196	0,0845	0,3087	0,1944	0,37
0,1123	0,3932	0,0667	0,1336	0,35	0,2769	0,4493
0,1485	0,3601	0,0773	0,1131	0,45	0,1962	0,4103
0,2434	0,3156	0,0737	0,0769	0,5165	0,104	0,4047
0,2243	0,166	0,0448	0,0529	0,3719	0,1247	0,3018

Tabla F.73: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Anosim.

Anosim agrupaciones NWFE 35Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,0002	0,0685	0,0057	0,6677	0,9822	0,0045	0,0002
0,0014	0,4979	0,0001	0,6407	0,9957	0,0013	0,0001
0,0039	0,6696	0,0004	0,9457	0,6338	0,0013	0,0022
0,0145	0,3366	0,0135	0,9879	0,6402	0,0042	0,0188
0,055	0,448	0,0734	0,9941	0,6776	0,0417	0,0807
0,0792	0,4689	0,2201	0,9675	0,6631	0,0674	0,1646
0,122	0,4877	0,3419	0,8995	0,7329	0,1847	0,0926
0,1099	0,6427	0,183	0,4334	0,8232	0,1398	0,2464
0,3042	0,5467	0,2281	0,3312	0,8586	0,2498	0,3328
0,3485	0,426	0,3581	0,297	0,8575	0,1193	0,3851
0,2137	0,5801	0,4359	0,2957	0,8676	0,0764	0,4529
0,0835	0,6958	0,3185	0,3043	0,8367	0,138	0,3475
0,1325	0,4607	0,285	0,2382	0,8471	0,2442	0,3422
0,0601	0,5344	0,3325	0,2557	0,7995	0,2204	0,4813
0,1005	0,7117	0,4247	0,2148	0,695	0,2436	0,4984
0,2053	0,7082	0,3687	0,0636	0,6668	0,3634	0,3366
0,2138	0,7184	0,4555	0,053	0,6937	0,4489	0,3511
0,2999	0,6747	0,673	0,0303	0,7529	0,259	0,206
0,2414	0,7235	0,6774	0,0225	0,7581	0,1748	0,2302
0,2172	0,6342	0,5285	0,0086	0,747	0,2086	0,3701
0,3364	0,6511	0,5951	0,0038	0,7488	0,22	0,3972
0,2768	0,4119	0,4195	0,0012	0,6181	0,1558	0,2892
0,3684	0,4781	0,4966	0,0016	0,5264	0,232	0,2156
0,4005	0,6384	0,3585	0,0008	0,5527	0,2756	0,1452
0,2729	0,597	0,3927	0,0049	0,3258	0,2212	0,0804
0,2389	0,5338	0,2758	0,0096	0,2658	0,1332	0,1132
0,1129	0,5336	0,3815	0,015	0,3106	0,0596	0,0923
0,0868	0,3164	0,2458	0,0266	0,2885	0,0421	0,0816
0,0801	0,437	0,1438	0,0329	0,2255	0,0365	0,1516
0,122	0,3878	0,2288	0,0266	0,2013	0,0228	0,2302

Tabla F.74: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Anosim.

F.4. Adonis test

Adonis características ordenación aleatoria 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,725	0,4394	0,8146	0,7014	0,744	0,699	0,5764
0,9386	0,6664	0,2802	0,5208	0,2102	0,8878	0,8488
0,7826	0,1566	0,1158	0,5422	0,433	0,959	0,0168

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,8394	0,4006	0,3232	0,6094	0,491	0,6942	0,061
0,0582	0,2088	0,8362	0,172	0,286	0,2462	0,2758
0,7646	0,3364	0,1616	0,6462	0,5262	0,944	0,0298
0,7508	0,301	0,2384	0,5634	0,4406	0,5854	0,031
0,5698	0,1664	0,43	0,7354	0,3532	0,9192	0,5886
0,2924	0,4236	0,5426	0,3258	0,31	0,4624	0,1302
0,0552	0,3654	0,2526	0,2194	0,116	0,1716	0,5344
0,049	0,2486	0,6624	0,3028	0,4278	0,2266	0,4272
0,648	0,2404	0,1844	0,616	0,4692	0,966	0,022
0,0688	0,4646	0,926	0,2228	0,3182	0,2516	0,708
0,5898	0,5996	0,4636	0,6228	0,2612	0,7672	0,0872
0,4936	0,493	0,3692	0,6614	0,182	0,76	0,0892
0,7448	0,1046	0,6206	0,6682	0,5404	0,9628	0,2082
0,1826	0,522	0,6128	0,3414	0,3864	0,0972	0,1672
0,7354	0,4394	0,8264	0,6942	0,74	0,703	0,5698
0,495	0,487	0,3694	0,6712	0,1864	0,7652	0,085
0,7444	0,298	0,2216	0,5594	0,4464	0,5736	0,033
0,0518	0,248	0,6594	0,3002	0,432	0,2324	0,4176
0,0582	0,2072	0,8328	0,1876	0,2962	0,2516	0,2926
0,7416	0,1016	0,6086	0,6854	0,5444	0,9698	0,2102
0,599	0,5904	0,4768	0,6082	0,2618	0,7712	0,0896
0,2962	0,4256	0,5308	0,3036	0,3028	0,4602	0,1234
0,8374	0,3868	0,3248	0,608	0,49	0,7092	0,055
0,0744	0,4836	0,9276	0,2308	0,3438	0,2644	0,6956
0,0566	0,3798	0,2754	0,214	0,1266	0,1596	0,5512
0,766	0,3342	0,1602	0,6576	0,5312	0,9452	0,0304
0,1836	0,5128	0,613	0,3452	0,361	0,0898	0,1666
0,6252	0,2316	0,1836	0,5992	0,4562	0,9656	0,0252
0,5546	0,1708	0,4358	0,722	0,3632	0,9158	0,5614
0,934	0,666	0,2906	0,5302	0,2174	0,8874	0,858
0,7892	0,1604	0,121	0,5522	0,4406	0,9654	0,0134

Tabla F.75: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características ordenación aleatoria 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,9144	0,3476	0,4382	0,9852	0,5786	0,744	0,3394
0,7084	0,2598	0,7374	0,6332	0,0788	0,2102	0,6266
0,4	0,6006	0,4962	0,4732	0,2288	0,433	0,5702
0,6326	0,5914	0,8946	0,6664	0,418	0,491	0,535
0,0654	0,093	0,0786	0,997	0,0802	0,286	0,0376

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,4324	0,5734	0,759	0,4978	0,4448	0,5262	0,4806
0,539	0,5742	0,8348	0,607	0,3512	0,4406	0,4378
0,611	0,5118	0,8728	0,7792	0,0876	0,3532	0,7734
0,6538	0,7838	0,7278	0,5066	0,3766	0,31	0,5636
0,0374	0,3558	0,2138	0,286	0,05	0,116	0,0236
0,1188	0,2598	0,1506	0,7802	0,1668	0,4278	0,0786
0,3146	0,6714	0,6366	0,5556	0,327	0,4692	0,544
0,8164	0,629	0,3056	0,9998	0,1872	0,3182	0,1472
0,5756	0,7644	0,9252	0,4142	0,2994	0,2612	0,5436
0,4798	0,6598	0,937	0,3344	0,2498	0,182	0,6314
0,4488	0,4406	0,3478	0,8534	0,1672	0,5404	0,4854
0,6994	0,4972	0,7896	0,5812	0,3852	0,3864	0,429
0,9074	0,353	0,4238	0,9826	0,568	0,74	0,329
0,4696	0,6646	0,9378	0,3432	0,246	0,1864	0,6302
0,5476	0,5562	0,8114	0,6028	0,3508	0,4464	0,434
0,1284	0,2604	0,156	0,7768	0,1692	0,432	0,0728
0,0706	0,0946	0,082	0,9974	0,086	0,2962	0,0418
0,4342	0,447	0,3586	0,8478	0,1742	0,5444	0,507
0,5754	0,7684	0,9202	0,4178	0,3058	0,2618	0,5526
0,65	0,7886	0,727	0,5096	0,3728	0,3028	0,5552
0,6406	0,5894	0,8968	0,6644	0,4198	0,49	0,544
0,8178	0,6094	0,2922	0,9998	0,1894	0,3438	0,1494
0,039	0,3566	0,2086	0,2922	0,0488	0,1266	0,023
0,4358	0,5856	0,7808	0,4998	0,4346	0,5312	0,4914
0,6972	0,4896	0,785	0,5766	0,3726	0,361	0,4246
0,3278	0,6768	0,6376	0,5448	0,3122	0,4562	0,5482
0,5942	0,5022	0,871	0,7674	0,0866	0,3632	0,7682
0,7284	0,2534	0,729	0,6182	0,0856	0,2174	0,6138
0,4062	0,6138	0,5132	0,492	0,2244	0,4406	0,5802

Tabla F.76: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características ordenación aleatoria 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,6256	0,9128	0,7528	0,7362	0,568	0,3132
0,6588	0,5098	0,8892	0,902	0,828	0,3692
0,6076	0,412	0,0052	0,0666	0,0142	0,0438
0,6568	0,3888	0,0052	0,2184	0,039	0,2148
0,0518	0,0138	0,0274	0,117	0,028	0,5828
0,7516	0,6324	0,0116	0,1216	0,032	0,1094
0,577	0,452	0,0218	0,1546	0,0358	0,1718

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,8226	0,6806	0,696	0,601	0,6436	0,2964
0,5808	0,5052	0,0034	0,0796	0,0004	0,3692
0,048	0,0024	0,04	0,0784	0,0286	0,7468
0,1234	0,0276	0,0404	0,1784	0,039	0,7142
0,6714	0,5314	0,0076	0,0822	0,0186	0,0764
0,1482	0,2196	0,724	0,6456	0,5688	0,515
0,6662	0,5036	0,0016	0,0448	0,0004	0,3206
0,735	0,492	0,0148	0,2814	0,0426	0,2396
0,5612	0,2732	0,0016	0,0772	0,0096	0,0234
0,4942	0,1494	0,006	0,109	0,0008	0,474
0,6268	0,9174	0,7332	0,733	0,5594	0,3094
0,7332	0,4796	0,0116	0,284	0,0418	0,2328
0,5676	0,4494	0,0208	0,1552	0,04	0,1766
0,1136	0,027	0,039	0,1756	0,0404	0,7134
0,0548	0,0154	0,025	0,1166	0,0244	0,5684
0,5674	0,2836	0,0016	0,0842	0,0096	0,0264
0,6648	0,5028	0,0016	0,0496	0,0008	0,3132
0,5702	0,5144	0,0028	0,0758	0,0006	0,385
0,6658	0,3854	0,0046	0,228	0,0406	0,2066
0,1482	0,2088	0,6996	0,6552	0,578	0,5104
0,0432	0,0034	0,0392	0,0758	0,0286	0,7498
0,7618	0,6182	0,0114	0,1184	0,0336	0,1106
0,4906	0,1368	0,0054	0,1178	0,0008	0,4942
0,6708	0,532	0,0082	0,09	0,0208	0,0796
0,8194	0,6776	0,6962	0,6068	0,644	0,3072
0,6706	0,501	0,8938	0,9016	0,8232	0,3578
0,6276	0,4118	0,0046	0,0696	0,0158	0,0466

Tabla F.77: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características ordenación aleatoria 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,3196	0,5972	0,8324	0,5014	0,7544	0,5292	0,3464
0,5132	0,6918	0,2206	0,5762	0,2926	0,6788	0,6068
0,7778	0,5884	0,64	0,5586	0,5434	0,9626	0,8258
0,9614	0,8442	0,8354	0,7264	0,8428	0,8718	0,3748
0,3912	0,4122	0,8628	0,332	0,53	0,2802	0,5456
0,879	0,6928	0,6656	0,6246	0,6488	0,8726	0,204
0,9276	0,8002	0,767	0,7164	0,7496	0,8024	0,2838
0,6666	0,327	0,3328	0,7806	0,238	0,882	0,8204
0,8248	0,7954	0,5414	0,907	0,9448	0,9668	0,6254

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,1962	0,5346	0,4642	0,4062	0,3028	0,5624	0,815
0,197	0,5342	0,679	0,405	0,5828	0,3822	0,6898
0,8718	0,6938	0,6928	0,6718	0,6476	0,9832	0,8564
0,6152	0,87	0,6934	0,7378	0,844	0,8154	0,4694
0,7652	0,9282	0,9014	0,8776	0,9022	0,9628	0,525
0,6604	0,9036	0,8916	0,8084	0,8446	0,928	0,418
0,6134	0,4728	0,5152	0,4284	0,3986	0,8838	0,7014
0,8318	0,6858	0,3	0,9066	0,9506	0,9502	0,2358
0,326	0,601	0,8176	0,4916	0,761	0,5364	0,3278
0,6492	0,906	0,897	0,8084	0,8354	0,9306	0,4368
0,9312	0,804	0,7656	0,7142	0,7544	0,8002	0,2844
0,203	0,5252	0,6708	0,4198	0,5776	0,3978	0,6734
0,392	0,4028	0,8572	0,3308	0,5296	0,269	0,547
0,6138	0,4714	0,5174	0,4436	0,3966	0,883	0,7164
0,7702	0,9254	0,8942	0,8724	0,9088	0,9646	0,532
0,8302	0,7928	0,5282	0,8978	0,941	0,9684	0,6316
0,9634	0,8484	0,841	0,7196	0,8428	0,8762	0,3832
0,631	0,8636	0,6934	0,7358	0,8556	0,8132	0,4714
0,2012	0,5478	0,4892	0,4064	0,315	0,561	0,8052
0,8744	0,7022	0,6576	0,6352	0,6536	0,8746	0,1998
0,8286	0,6894	0,3048	0,8994	0,9468	0,9538	0,2406
0,862	0,6982	0,678	0,6746	0,6518	0,9858	0,8694
0,6616	0,3332	0,3456	0,7806	0,2522	0,8704	0,8128
0,5192	0,6874	0,2286	0,5774	0,3016	0,6948	0,616
0,7662	0,5946	0,6512	0,5542	0,547	0,9612	0,81

Tabla F.78: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Anosim características ordenación aleatoria 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,378	0,4308	0,5078	0,6026	0,9616	0,7544	0,2538
0,656	0,057	0,7618	0,4086	0,3008	0,2926	0,4996
0,304	0,3006	0,6028	0,5774	0,6914	0,5434	0,1916
0,7126	0,4952	0,5824	0,8496	0,6088	0,8428	0,524
0,1446	0,6492	0,3582	0,9502	0,3404	0,53	0,2606
0,561	0,5094	0,8036	0,7072	0,4616	0,6488	0,3334
0,664	0,4688	0,4622	0,7642	0,548	0,7496	0,4176
0,8146	0,123	0,912	0,2934	0,3736	0,238	0,5016
0,5032	0,2972	0,4356	0,8068	0,8404	0,9448	0,7124
0,2216	0,8342	0,6738	0,7958	0,286	0,3028	0,1178
0,2552	0,7614	0,515	0,9384	0,42	0,5828	0,3446

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,4148	0,4036	0,6996	0,6974	0,7972	0,6476	0,2882
0,4242	0,444	0,7636	0,8354	0,8774	0,844	0,502
0,4826	0,7074	0,3336	0,7302	0,758	0,9022	0,6044
0,5088	0,5962	0,3048	0,6234	0,692	0,8446	0,5944
0,2946	0,2196	0,4584	0,4296	0,5366	0,3986	0,1052
0,5268	0,1988	0,5278	0,8728	0,8816	0,9506	0,7086
0,378	0,4188	0,4886	0,5784	0,9622	0,761	0,2486
0,499	0,6012	0,304	0,6188	0,7004	0,8354	0,5932
0,656	0,4592	0,4594	0,7626	0,546	0,7544	0,428
0,2602	0,7664	0,5264	0,929	0,4158	0,5776	0,3404
0,1498	0,6376	0,358	0,9478	0,3392	0,5296	0,2516
0,3124	0,232	0,4588	0,4314	0,5452	0,3966	0,1178
0,4888	0,7156	0,3352	0,7358	0,748	0,9088	0,6006
0,4874	0,301	0,4296	0,7992	0,8314	0,941	0,7016
0,7136	0,4918	0,5818	0,8476	0,6102	0,8428	0,511
0,4244	0,4352	0,7598	0,8384	0,8876	0,8556	0,5024
0,216	0,8484	0,6582	0,7992	0,2912	0,315	0,118
0,5582	0,4998	0,806	0,714	0,456	0,6536	0,3446
0,527	0,2126	0,528	0,853	0,8784	0,9468	0,7076
0,4276	0,4088	0,6996	0,6896	0,7996	0,6518	0,278
0,812	0,1174	0,9088	0,303	0,3804	0,2522	0,5104
0,6596	0,0522	0,7582	0,4166	0,3072	0,3016	0,4926
0,3096	0,295	0,6134	0,5674	0,6858	0,547	0,1936

Tabla F.79: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características ordenación aleatoria 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,6806	0,7624	0,3722	0,8898	0,8498	0,3646
0,8718	0,8164	0,2664	0,9772	0,6762	0,3516
0,4494	0,624	0,0048	0,2776	0,0204	0,1128
0,6634	0,858	0,01	0,219	0,0276	0,0106
0,251	0,9706	0,0606	0,1154	0,0482	0,6846
0,5116	0,8156	0,0096	0,3062	0,0106	0,0284
0,6244	0,8684	0,0182	0,4012	0,0246	0,036
0,7394	0,8186	0,2958	0,9102	0,4752	0,0572
0,8796	0,858	0,0252	0,0244	0,0408	0,0332
0,2632	0,256	0,1476	0,211	0,1478	0,7998
0,3186	0,2124	0,1174	0,1436	0,0938	0,7408
0,5844	0,701	0,0068	0,2168	0,0066	0,0388
0,8932	0,9278	0,5026	0,6846	0,8608	0,6358

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,816	0,9182	0,0132	0,0228	0,0242	0,0234
0,761	0,8904	0,0144	0,1452	0,0292	0,0176
0,359	0,4828	0,0016	0,3478	0,0126	0,1158
0,7896	0,664	0,0304	0,0408	0,0682	0,0386
0,667	0,752	0,3706	0,8858	0,8428	0,3704
0,7612	0,889	0,0162	0,1466	0,0294	0,016
0,6118	0,8662	0,0116	0,416	0,026	0,0344
0,3182	0,2154	0,1204	0,1522	0,102	0,7354
0,2474	0,9728	0,066	0,1102	0,0518	0,6812
0,3762	0,4814	0,0016	0,3412	0,0096	0,1138
0,824	0,9158	0,0134	0,0268	0,0276	0,0224
0,8712	0,8546	0,0194	0,0262	0,0398	0,027
0,6702	0,8386	0,0102	0,2098	0,0262	0,0086
0,8912	0,9322	0,5078	0,6828	0,868	0,6374
0,271	0,26	0,162	0,2152	0,154	0,7764
0,531	0,8112	0,0124	0,2958	0,0128	0,027
0,7902	0,6642	0,0286	0,0446	0,0678	0,0394
0,5784	0,7128	0,0078	0,2082	0,0052	0,0358
0,742	0,8194	0,305	0,915	0,4924	0,0538
0,8714	0,8316	0,263	0,9698	0,6756	0,3502
0,444	0,626	0,0034	0,287	0,0172	0,1052

Tabla F.80: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos ordenación aleatoria 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,7192	0,16	0,6898	0,158	0,7032	0,6404	0,6822	0,9908	0,5214
0,6438	0,3724	0,0566	0,4278	0,8722	0,8686	0,4142	0,297	0,008
0,1064	0,4698	0,012	0,7298	0,8926	0,8614	0,43	0,0546	0,0516
0,0318	0,2572	0,0134	0,5204	0,6574	0,2294	0,6168	0,192	0,127
0,1198	0,0844	0,948	0,5082	0,9672	0,0554	0,143	0,1028	0,8274
0,0412	0,1904	0,0104	0,5648	0,6428	0,1886	0,4946	0,129	0,1304
0,037	0,1904	0,0114	0,5644	0,6376	0,1916	0,5032	0,1274	0,1364
0,8182	0,5168	0,0034	0,4952	0,7664	0,8388	0,502	0,2396	0,0136
0,0388	0,0626	0,0254	0,6184	0,2514	0,2788	0,7744	0,016	0,0318
0,024	0,0176	0,4228	0,0498	0,6868	0,0496	0,0472	0,0098	0,0794
0,0538	0,115	0,9688	0,6946	0,9752	0,0344	0,2158	0,1578	0,7298
0,0594	0,0198	0,3126	0,029	0,7142	0,0314	0,066	0,005	0,078
0,0552	0,096	0,0402	0,6412	0,1984	0,3014	0,7668	0,005	0,0292
0,477	0,5934	0,002	0,6114	0,839	0,8864	0,5676	0,1824	0,0252
0,0592	0,0918	0,907	0,3346	0,8692	0,193	0,1296	0,062	0,6422

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,8958	0,3608	0,6996	0,3402	0,704	0,887	0,2952	0,19	0,084
0,1554	0,587	0,0232	0,4604	0,5746	0,1554	0,5816	0,104	0,0794
0,0462	0,1404	0,0316	0,4882	0,6466	0,2156	0,6048	0,0064	0,031
0,0274	0,1276	0,0354	0,586	0,6938	0,197	0,6922	0,0104	0,0336
0,1496	0,5806	0,0222	0,4716	0,5796	0,1556	0,5722	0,0964	0,0808
0,7414	0,9944	0,0596	0,68	0,3584	0,2918	0,5552	0,1144	0,722
0,1022	0,0944	0,0136	0,0132	0,6972	0,2064	0,0952	0,0224	0,0046
0,1602	0,6266	0,0752	0,7238	0,6232	0,723	0,753	0,2084	0,876
0,695	0,7348	0,0026	0,5368	0,6726	0,6762	0,4344	0,188	0,01
0,0192	0,0434	0,0426	0,59	0,5516	0,1086	0,707	0,001	0,2238
0,5282	0,5478	0,0002	0,7876	0,5652	0,4912	0,3422	0,0902	0,2806
0,1716	0,3572	0,0048	0,64	0,884	0,4322	0,2936	0,1104	0,0308
0,009	0,0818	0,0332	0,4818	0,541	0,2716	0,9226	0,1672	0,8836
0,1728	0,4404	0,1386	0,3762	0,3748	0,124	0,7176	0,174	0,9506
0,0078	0,061	0,0492	0,7104	0,6234	0,1072	0,7088	0,0016	0,1592
0,0298	0,049	0,0618	0,8258	0,3258	0,2052	0,7192	0,0024	0,144
0,1156	0,3892	0,0234	0,8122	0,9614	0,094	0,2912	0,162	0,079
0,0138	0,0474	0,049	0,5244	0,4654	0,2188	0,858	0,2876	0,8178
0,018	0,0264	0,0372	0,7344	0,3354	0,1514	0,811	0,004	0,1676
0,1004	0,1022	0,0076	0,0108	0,7476	0,1294	0,141	0,0172	0,0032
0,244	0,3292	0,0128	0,7268	0,9424	0,147	0,1926	0,1256	0,0426
0,0142	0,0472	0,0414	0,5312	0,4594	0,2184	0,8568	0,2936	0,8102
0,8204	0,5176	0,002	0,5026	0,7682	0,8272	0,5072	0,241	0,0128
0,6962	0,9484	0,0248	0,5366	0,4604	0,5762	0,5664	0,095	0,9966
0,1572	0,4284	0,1382	0,384	0,376	0,1338	0,7214	0,1626	0,956

Tabla F.81: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos ordenación aleatoria 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,495	0,615	0,1686	0,4976	0,9854	0,317	0,736	0,9022
0,257	0,6688	0,4868	0,2426	0,0758	0,6838	0,8884	0,9938
0,3336	0,3186	0,7636	0,5382	0,1524	0,8996	0,13	0,4518
0,4934	0,2336	0,9358	0,6742	0,0874	0,9484	0,1118	0,2532
0,9196	0,208	0,4372	0,2954	0,6258	0,6044	0,0186	0,74
0,3622	0,1938	0,8864	0,768	0,092	0,9586	0,0714	0,4076
0,3856	0,1874	0,8866	0,7614	0,0934	0,9542	0,0654	0,403
0,3842	0,4554	0,6028	0,388	0,1142	0,833	0,2004	0,2894
0,5254	0,32	0,9592	0,0824	0,1898	0,8442	0,0938	0,5294
0,0392	0,2204	0,668	0,1506	0,1572	0,2064	0,069	0,4278
0,4034	0,225	0,4214	0,4602	0,5168	0,7586	0,041	0,8674
0,0242	0,309	0,5324	0,142	0,129	0,151	0,0536	0,4806

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,6238	0,3556	0,8148	0,1188	0,2704	0,7514	0,0688	0,6382
0,2796	0,5904	0,6748	0,468	0,1864	0,8662	0,1482	0,4358
0,7926	0,1022	0,3082	0,3906	0,4412	0,4236	0,0472	0,6182
0,5552	0,8146	0,3862	0,3556	0,986	0,4986	0,863	0,9884
0,3988	0,4236	0,8578	0,6526	0,2414	0,9074	0,1814	0,2868
0,4772	0,2008	0,91	0,0662	0,1034	0,9658	0,1396	0,3342
0,576	0,236	0,9338	0,0888	0,1448	0,8156	0,1928	0,4422
0,3988	0,4396	0,86	0,6494	0,241	0,917	0,1956	0,3056
0,5098	0,223	0,3186	0,7372	0,6262	0,8812	0,0498	0,0186
0,016	0,3712	0,8492	0,28	0,0192	0,277	0,1428	0,4666
0,7922	0,0834	0,7388	0,3178	0,1906	0,9598	0,0874	0,1254
0,2352	0,4592	0,7018	0,2952	0,0548	0,879	0,141	0,1734
0,6606	0,0886	0,8444	0,0374	0,123	0,8822	0,1964	0,126
0,1776	0,2768	0,4828	0,8696	0,0146	0,9708	0,1136	0,0866
0,4946	0,2152	0,695	0,5124	0,1072	0,85	0,178	0,3964
0,7362	0,1118	0,8294	0,4342	0,1764	0,8266	0,1292	0,0782
0,878	0,168	0,695	0,4874	0,3118	0,6788	0,1194	0,1818
0,7188	0,1414	0,8978	0,0454	0,1972	0,6954	0,2546	0,1968
0,8424	0,2334	0,8152	0,068	0,3118	0,6614	0,071	0,371
0,4672	0,281	0,6918	0,71	0,1128	0,9606	0,106	0,6006
0,6428	0,0688	0,7388	0,6542	0,1988	0,8144	0,0718	0,287
0,77	0,1978	0,939	0,0374	0,2292	0,7302	0,2078	0,2686
0,011	0,305	0,7716	0,2606	0,0124	0,2112	0,1416	0,4516
0,6124	0,2688	0,7702	0,584	0,1662	0,9216	0,07	0,501
0,6532	0,0768	0,7352	0,6524	0,1866	0,81	0,073	0,2906
0,3828	0,4594	0,6198	0,3778	0,1058	0,839	0,2096	0,2906
0,5748	0,277	0,5814	0,608	0,4286	0,9794	0,0364	0,0808
0,8828	0,1762	0,6834	0,5008	0,3226	0,6842	0,1156	0,1728

Tabla F.82: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos ordenación aleatoria 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,5404	0,7004	0,0784	0,8034	0,5382	0,401	0,7308	0,3344	0,6538
0,748	0,9234	0,0546	0,715	0,4272	0,731	0,9728	0,2578	0,6156
0,687	0,6658	0,2742	0,6878	0,5606	0,8388	0,5324	0,1746	0,9182
0,597	0,2616	0,4662	0,3756	0,3442	0,6848	0,7522	0,4544	0,9322
0,295	0,518	0,3938	0,7776	0,9388	0,1348	0,4666	0,3962	0,7442
0,7136	0,4594	0,3504	0,2802	0,2694	0,5942	0,6556	0,3474	0,8774
0,7078	0,4536	0,358	0,2876	0,2674	0,5978	0,6568	0,348	0,8772
0,7848	0,8688	0,0934	0,4828	0,4096	0,5626	0,9488	0,4108	0,7268
0,829	0,4356	0,2046	0,266	0,6144	0,2888	0,5582	0,1778	0,9472

Sigue en la página siguiente.

Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,6096	0,6706	0,1928	0,6876	0,9192	0,0308	0,5036	0,3012	0,4508
0,3748	0,6192	0,3194	0,7398	0,9196	0,0136	0,5082	0,3518	0,5286
0,4694	0,757	0,1262	0,7872	0,9718	0,018	0,3798	0,3736	0,3746
0,8928	0,4846	0,269	0,3364	0,6786	0,3094	0,0372	0,237	0,8786
0,6142	0,8198	0,1682	0,5696	0,5406	0,7018	0,7218	0,4242	0,8658
0,1644	0,3254	0,234	0,7506	0,819	0,389	0,5016	0,2186	0,8874
0,821	0,8936	0,2182	0,6384	0,454	0,5844	0,937	0,438	0,8716
0,599	0,3734	0,3796	0,2532	0,549	0,4836	0,605	0,2684	0,9578
0,7032	0,3128	0,1006	0,4626	0,419	0,7302	0,7348	0,097	0,9204
0,771	0,3818	0,1432	0,4562	0,5168	0,556	0,8046	0,137	0,9022
0,5964	0,3712	0,3644	0,264	0,5438	0,4868	0,6218	0,267	0,9592
0,5566	0,4342	0,6118	0,285	0,4426	0,1158	0,9236	0,417	0,709
0,8026	0,631	0,156	0,5284	0,7248	0,1202	0,1882	0,3426	0,6174
0,4536	0,7826	0,3344	0,596	0,675	0,4462	0,7528	0,1362	0,8882
0,8048	0,8478	0,1914	0,3816	0,3604	0,443	0,944	0,3276	0,6442
0,663	0,2674	0,1642	0,6382	0,4798	0,5646	0,6278	0,022	0,7878
0,6272	0,6984	0,1282	0,4498	0,5322	0,3062	0,9794	0,1844	0,406
0,5168	0,278	0,1648	0,5166	0,5226	0,6572	0,658	0,1836	0,8604
0,533	0,1948	0,5532	0,579	0,473	0,5842	0,7346	0,3258	0,8798
0,5394	0,8678	0,5024	0,5134	0,6336	0,355	0,889	0,151	0,9278
0,747	0,3586	0,237	0,5106	0,5264	0,4568	0,7092	0,0404	0,7118
0,844	0,4634	0,382	0,2522	0,6884	0,1406	0,0432	0,0806	0,7628
0,6794	0,4724	0,1182	0,6676	0,6868	0,0466	0,3422	0,3448	0,6132
0,6168	0,9432	0,4432	0,4218	0,3342	0,4404	0,7382	0,2254	0,7732
0,7584	0,42	0,291	0,1854	0,628	0,1476	0,4834	0,0474	0,801
0,7052	0,5886	0,1162	0,4488	0,7322	0,0742	0,1278	0,4044	0,5482
0,6504	0,4036	0,26	0,6218	0,657	0,2176	0,7478	0,2792	0,5416
0,6244	0,9406	0,4428	0,4312	0,3358	0,4436	0,7372	0,222	0,7838
0,792	0,859	0,0878	0,4764	0,3982	0,5704	0,9508	0,4236	0,736
0,375	0,6742	0,1606	0,411	0,5454	0,3084	0,9958	0,1278	0,6988
0,5356	0,8678	0,4974	0,5254	0,6254	0,3512	0,8802	0,1462	0,9282

Tabla F.83: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos ordenación aleatoria 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,5532	0,089	0,1434	0,604	0,4138	0,4116	0,5086	0,269
0,9366	0,0074	0,4932	0,8248	0,0816	0,4716	0,6636	0,4508
0,9878	0,0156	0,5296	0,8904	0,267	0,792	0,3856	0,7172
0,9446	0,0338	0,624	0,8526	0,2386	0,4446	0,2152	0,6496
0,7888	0,1416	0,4572	0,814	0,7512	0,8782	0,2294	0,7614
0,9122	0,025	0,5784	0,9586	0,1846	0,383	0,2084	0,807

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,9282	0,0212	0,5864	0,9614	0,192	0,3858	0,2144	0,8044
0,9746	0,0084	0,3956	0,6456	0,1318	0,5858	0,6054	0,548
0,4134	0,0198	0,0768	0,7472	0,4246	0,2452	0,2926	0,2992
0,6236	0,2592	0,7868	0,919	0,5456	0,0622	0,686	0,1474
0,8996	0,2422	0,5622	0,9154	0,8184	0,5304	0,3712	0,8154
0,8174	0,338	0,7102	0,8326	0,8986	0,2872	0,5298	0,8414
0,2682	0,0262	0,1038	0,7998	0,4438	0,1716	0,3916	0,267
0,9712	0,021	0,4786	0,7972	0,1888	0,691	0,4012	0,7008
0,845	0,1044	0,2768	0,7246	0,6326	0,7204	0,1474	0,544
0,8292	0,0088	0,338	0,7162	0,5952	0,6734	0,6776	0,2968
0,9978	0,0324	0,6434	0,943	0,311	0,8428	0,2422	0,8056
0,5406	0,0216	0,1122	0,6798	0,2966	0,4638	0,1716	0,751
0,5854	0,0122	0,1752	0,6584	0,3362	0,518	0,246	0,837
0,9972	0,0334	0,6478	0,947	0,305	0,8506	0,2612	0,8096
0,6078	0,0794	0,2124	0,3032	0,535	0,7088	0,2892	0,1806
0,829	0,0052	0,768	0,9058	0,1486	0,0818	0,2154	0,379
0,8324	0,129	0,26	0,7592	0,2288	0,8696	0,1682	0,4804
0,9456	0,0068	0,6168	0,519	0,0636	0,656	0,4966	0,519
0,415	0,0562	0,1042	0,3586	0,1386	0,731	0,2408	0,4792
0,8242	0,3126	0,41	0,4994	0,0452	0,4438	0,3544	0,4052
0,9932	0,005	0,4578	0,7818	0,1986	0,7298	0,4076	0,6222
0,8306	0,2178	0,4664	0,6046	0,11	0,5984	0,512	0,3732
0,9398	0,0672	0,399	0,7428	0,2134	0,9246	0,2802	0,651
0,4592	0,0166	0,1636	0,3904	0,1936	0,7722	0,3532	0,6066
0,2936	0,0386	0,0406	0,5682	0,2692	0,2562	0,5362	0,1694
0,9394	0,0142	0,6588	0,92	0,2644	0,3792	0,0788	0,8316
0,7838	0,128	0,4228	0,771	0,084	0,4622	0,4238	0,6104
0,4922	0,0378	0,0302	0,5102	0,264	0,296	0,4076	0,159
0,8904	0,0262	0,737	0,841	0,358	0,2898	0,137	0,879
0,9582	0,0132	0,5668	0,8488	0,1846	0,8392	0,3598	0,759
0,783	0,1322	0,4158	0,765	0,0758	0,4582	0,4278	0,6074
0,9758	0,0064	0,3942	0,6572	0,1276	0,5856	0,61	0,5364
0,6492	0,2776	0,175	0,5476	0,1554	0,7182	0,0634	0,3878
0,9366	0,062	0,3952	0,7584	0,2018	0,9112	0,2584	0,6292

Tabla F.84: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo una ordenación aleatoria y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NDA 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,6987	0,1265	0,0841	0,8754	0,0722	0,9014	0,6618
0,9172	0,2415	0,1589	0,7748	0,1348	0,88	0,7883
0,4905	0,2349	0,3053	0,2293	0,1304	0,0335	0,1891

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,0313	0,3655	0,1198	0,0495	0,2412	0,062	0,1537
0,0118	0,4759	0,1847	0,0559	0,3724	0,1141	0,2346
0,023	0,3934	0,1762	0,0828	0,4444	0,1864	0,2774
0,0386	0,3241	0,0948	0,0788	0,557	0,1094	0,3276
0,0747	0,4289	0,1507	0,1139	0,1158	0,1667	0,3158
0,0303	0,5401	0,1789	0,0374	0,1805	0,1826	0,109
0,0385	0,6317	0,2152	0,0594	0,1982	0,1451	0,1518
0,0241	0,6277	0,2996	0,0857	0,2512	0,1533	0,1461
0,0296	0,7041	0,3645	0,11	0,3131	0,0537	0,0754
0,0489	0,7096	0,436	0,1314	0,3844	0,068	0,0841
0,0636	0,7191	0,5003	0,1556	0,4481	0,0733	0,1257
0,0762	0,644	0,5676	0,1895	0,514	0,0819	0,1776
0,1069	0,6982	0,6342	0,2089	0,5189	0,1121	0,2378
0,1633	0,6834	0,7278	0,2659	0,585	0,1699	0,263

Tabla F.85: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Anosim características NDA 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,3704	0,3103	0,3495	0,2866	0,1607	0,0756	0,131
0,63	0,6046	0,0294	0,1166	0,0662	0,1431	0,2157
0,2783	0,4988	0,0542	0,242	0,1278	0,1387	0,3172
0,375	0,0545	0,1216	0,1252	0,2365	0,2344	0,3302
0,4711	0,1023	0,2153	0,2117	0,3542	0,3699	0,1357
0,477	0,0973	0,2963	0,1856	0,363	0,4518	0,1727
0,5628	0,0607	0,4132	0,2854	0,2321	0,5649	0,2284
0,3511	0,0429	0,5377	0,2563	0,1594	0,1197	0,3242
0,3949	0,078	0,5211	0,2527	0,2219	0,1864	0,4204
0,2941	0,0816	0,6156	0,3394	0,2474	0,1905	0,4344
0,3799	0,1244	0,6643	0,439	0,2464	0,2551	0,2087
0,1148	0,174	0,7088	0,526	0,3331	0,301	0,2537
0,1611	0,2132	0,763	0,6302	0,3998	0,3831	0,3398
0,2166	0,2949	0,7864	0,6574	0,2424	0,4476	0,4336
0,2369	0,3841	0,8493	0,7127	0,2988	0,514	0,5281
0,2679	0,4131	0,4935	0,5541	0,345	0,5625	0,4989
0,3456	0,5153	0,4776	0,639	0,448	0,635	0,5019

Tabla F.86: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características NDA 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,4054	0,007	0,4749	0,1122	0,3115	0,1025
0,4663	0,0234	0,0448	0,0001	0,3749	0,1574
0,3885	0,0592	0,0228	0,0002	0,0001	0,1327
0,2529	0,0109	0,0144	0,0005	0,0001	0,1794
0,3738	0,0196	0,0267	0,002	0,0002	0,2751
0,4175	0,0172	0,0364	0,003	0,0001	0,3928
0,5382	0,0241	0,0011	0,007	0,0001	0,5096
0,5123	0,029	0,0032	0,0038	0,0001	0,1616
0,5289	0,023	0,0049	0,0068	0,0001	0,1687
0,4994	0,0232	0,0032	0,01	0,0001	0,2446
0,5965	0,0169	0,007	0,0131	0,0001	0,2922
0,5033	0,0259	0,0086	0,0229	0,0001	0,3696
0,5835	0,047	0,0139	0,0378	0,0003	0,4682
0,2084	0,0466	0,0195	0,0595	0,0003	0,5456
0,2309	0,0669	0,0058	0,0547	0,0013	0,5933
0,2933	0,1019	0,0095	0,0824	0,0015	0,6766
0,2919	0,1215	0,0106	0,1166	0,0025	0,6704

Tabla F.87: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características NDA 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,079	0,037	0,2119	0,3838	0,0305	0,0883	0,4988
0,0964	0,1138	0,3678	0,3952	0,1016	0,2342	0,017
0,1611	0,2076	0,3086	0,5402	0,214	0,4387	0,0355
0,2883	0,3313	0,3492	0,662	0,345	0,1838	0,0572
0,4264	0,47	0,3579	0,58	0,4605	0,0567	0,1101
0,4938	0,6025	0,375	0,5185	0,6034	0,073	0,0084
0,4213	0,7104	0,5095	0,2855	0,6125	0,0702	0,0065
0,3727	0,81	0,1946	0,3765	0,7315	0,0993	0,0129
0,2421	0,8498	0,215	0,4513	0,7671	0,1143	0,0181
0,2445	0,6869	0,1382	0,5593	0,8481	0,1163	0,0177
0,3062	0,7671	0,1895	0,6661	0,8877	0,1867	0,0382
0,3761	0,8185	0,2134	0,6157	0,8844	0,2466	0,0611
0,4541	0,8334	0,1737	0,6317	0,8889	0,3159	0,0936
0,5334	0,8681	0,2306	0,6545	0,813	0,4109	0,1206
0,6503	0,5914	0,2834	0,5209	0,8563	0,4827	0,1733
0,6876	0,5897	0,3444	0,6055	0,8638	0,5313	0,2461
0,7604	0,5275	0,439	0,6764	0,901	0,5937	0,2704

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
----------	------	----------	-------------	----------	--------	---------

Tabla F.88: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NDA 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,7814	0,7106	0,6916	0,0935	0,0417	0,0334	0,0727
0,8689	0,7263	0,8642	0,2611	0,1251	0,1063	0,1669
0,9424	0,8822	0,9029	0,4473	0,2519	0,2144	0,243
0,9813	0,9511	0,6378	0,6314	0,3898	0,3396	0,3348
0,9914	0,8801	0,4711	0,6205	0,5369	0,466	0,4251
0,9838	0,7305	0,1115	0,7558	0,6358	0,5992	0,5509
0,9265	0,7171	0,1842	0,8306	0,5538	0,6131	0,4297
0,919	0,8159	0,1509	0,8967	0,6436	0,7221	0,5417
0,9471	0,7435	0,2273	0,8589	0,719	0,7693	0,5468
0,8256	0,7481	0,226	0,8607	0,803	0,8422	0,64
0,8555	0,6518	0,2687	0,7953	0,8046	0,887	0,6852
0,6705	0,6257	0,3091	0,8453	0,8446	0,8826	0,724
0,3693	0,5004	0,3501	0,8954	0,7874	0,895	0,7344
0,358	0,5146	0,4417	0,907	0,7623	0,8148	0,7735
0,4178	0,3892	0,5419	0,935	0,8138	0,8606	0,5309
0,4943	0,3799	0,6168	0,9525	0,8348	0,9029	0,5624
0,5578	0,2796	0,6805	0,962	0,8493	0,9362	0,6227

Tabla F.89: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NDA 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,7824	0,1232	0,4826	0,0964	0,5769	0,4201
0,461	0,3052	0,4368	0,2286	0,0462	0,094
0,6591	0,4693	0,368	0,0138	0,0707	0,0991
0,4767	0,6235	0,0925	0,0334	0,1253	0,0874
0,6382	0,106	0,0249	0,004	0,0998	0,1057
0,6705	0,1559	0,0423	0,0046	0,1531	0,1277
0,6152	0,2076	0,0241	0,0127	0,0292	0,1887
0,4841	0,2708	0,0216	0,0085	0,0533	0,2547
0,5933	0,3681	0,0332	0,0093	0,0761	0,2519
0,6187	0,4736	0,0481	0,0153	0,0199	0,1496
0,6929	0,4593	0,0785	0,0065	0,0255	0,0934
0,7715	0,5284	0,0987	0,0051	0,0463	0,0126
0,833	0,5174	0,14	0,009	0,0516	0,022

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,8777	0,6048	0,1918	0,0115	0,0691	0,0337
0,8834	0,6325	0,0721	0,0228	0,1057	0,0507
0,891	0,7065	0,0763	0,0204	0,1559	0,07
0,8943	0,78	0,034	0,0287	0,1742	0,1042

Tabla F.90: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NDA 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,2273	0,2618	0,0094	0,5465	0,9125	0,424	0,2183	0,1231	0,1002
0,4493	0,5056	0,0323	0,4505	0,8385	0,6872	0,4216	0,1527	0,081
0,0097	0,4225	0,0197	0,6662	0,9107	0,8567	0,6178	0,1928	0,1686
0,0201	0,4853	0,0417	0,7836	0,95	0,4845	0,0566	0,0009	0,0059
0,0418	0,0938	0,0673	0,7976	0,9326	0,3512	0,0325	0,0009	0,0039
0,0592	0,0841	0,0631	0,7597	0,9552	0,2904	0,065	0,0013	0,0043
0,0309	0,0881	0,077	0,7769	0,761	0,3504	0,0911	0,0042	0,001
0,0216	0,1487	0,0907	0,719	0,7846	0,4558	0,1382	0,0046	0,0005
0,0162	0,0484	0,1362	0,608	0,7033	0,1844	0,0631	0,0013	0,0011
0,0259	0,0781	0,0574	0,7102	0,8	0,2034	0,0889	0,001	0,0025
0,0365	0,0523	0,021	0,5741	0,7732	0,1664	0,0742	0,0023	0,0047
0,0412	0,061	0,0328	0,5255	0,8422	0,2092	0,1137	0,0023	0,008
0,0295	0,0762	0,043	0,6183	0,8354	0,2742	0,1285	0,0023	0,0125
0,0297	0,0567	0,0623	0,0996	0,8704	0,343	0,1624	0,0018	0,0204
0,0494	0,0926	0,0548	0,1038	0,8704	0,3579	0,1262	0,005	0,0198
0,0221	0,1193	0,0776	0,1187	0,5512	0,3783	0,0311	0,008	0,0152
0,0331	0,1513	0,0515	0,161 0,4146	0,4441	0,0543	0,0085	0,0237	

Tabla F.91: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NDA 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,1151	0,368	0,4479	0,7276	0,008	0,8375	0,5006	0,787
0,2352	0,6199	0,7379	0,0498	0,0233	0,7657	0,8044	0,7341
0,1012	0,6173	0,8576	0,0591	0,0537	0,822	0,3231	0,8925
0,159	0,1588	0,9379	0,1233	0,096	0,6233	0,4413	0,5728
0,2255	0,2022	0,6805	0,09	0,0486	0,732	0,0179	0,7007
0,2331	0,3024	0,7668	0,1444	0,0814	0,7898	0,0317	0,8253
0,2881	0,0681	0,8557	0,0611	0,0348	0,5657	0,0588	0,8838
0,2307	0,1137	0,9099	0,0134	0,0484	0,6433	0,1013	0,8941
0,0412	0,1743	0,9393	0,0179	0,0685	0,7214	0,1474	0,9354
0,0439	0,2522	0,9174	0,0198	0,1062	0,8002	0,2289	0,6463

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,0705	0,2925	0,8056	0,0335	0,138	0,8307	0,2167	0,6919
0,0554	0,2701	0,8391	0,0569	0,1954	0,8693	0,2935	0,7844
0,0202	0,3183	0,6544	0,0945	0,2401	0,896	0,0997	0,8423
0,0261	0,409	0,743	0,135	0,3168	0,9394	0,1287	0,7928
0,0452	0,4775	0,819	0,1141	0,4023	0,2631	0,1571	0,5538
0,0435	0,5448	0,8515	0,132	0,4514	0,3446	0,1454	0,6529
0,0652	0,4903	0,8507	0,1902	0,1716	0,2021	0,1984	0,6752

Tabla F.92: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NDA 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,397	0,68	0,052	0,41	0,378	0,739	0,879	0,09	0,215
0,962	0,711	0,957	0,388	0,353	0,262	0,26	0,308	0,258
0,102	0,817	0,047	0,632	0,514	0,366	0,532	0,614	0,42
0,206	0,865	0,096	0,625	0,655	0,41	0,455	0,001	0,621
0,301	0,961	0,148	0,375	0,601	0,576	0,586	0,009	0,715
0,442	0,887	0,198	0,25	0,636	0,71	0,674	0,013	0,81
0,545	0,336	0,223	0,061	0,339	0,807	0,653	0,023	0,897
0,666	0,438	0,236	0,101	0,432	0,597	0,481	0,05	0,926
0,68	0,531	0,361	0,104	0,557	0,152	0,41	0,042	0,862
0,765	0,643	0,246	0,105	0,609	0,194	0,272	0,086	0,707
0,803	0,637	0,234	0,165	0,486	0,197	0,221	0,108	0,199
0,863	0,597	0,307	0,216	0,525	0,053	0,051	0,157	0,14
0,819	0,334	0,381	0,281	0,578	0,049	0,069	0,185	0,064
0,852	0,448	0,518	0,374	0,625	0,071	0,098	0,056	0,081
0,849	0,222	0,351	0,459	0,692	0,104	0,15	0,078	0,142
0,883	0,241	0,444	0,501	0,784	0,115	0,201	0,077	0,176
0,948	0,282	0,407	0,565	0,792	0,13	0,275	0,092	0,026

Tabla F.93: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NDA 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,757	0,875	0,801	0,734	0,009	0,23	0,236	1
0,967	0,004	0,867	0,048	0,29	0,782	0,471	0,467
0,65	0,021	0,036	0,121	0,348	0,755	0,451	0,385
0,44	0,004	0,052	0,235	0,597	0,342	0,633	0,46
0,548	0,013	0,121	0,34	0,743	0,465	0,795	0,52
0,689	0,018	0,14	0,389	0,851	0,596	0,295	0,655
0,803	0,031	0,109	0,379	0,435	0,144	0,37	0,214

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,384	0,05	0,057	0,357	0,414	0,118	0,485	0,255
0,386	0,057	0,108	0,462	0,507	0,179	0,494	0,332
0,359	0,111	0,129	0,486	0,589	0,183	0,6	0,231
0,082	0,022	0,171	0,588	0,653	0,243	0,618	0,232
0,118	0,01	0,217	0,523	0,577	0,147	0,75	0,264
0,15	0,013	0,268	0,573	0,647	0,241	0,707	0,269
0,155	0,009	0,364	0,49	0,6	0,161	0,786	0,101
0,195	0,002	0,48	0,549	0,698	0,078	0,663	0,133
0,272	0,003	0,444	0,609	0,175	0,05	0,71	0,186
0,319	0,005	0,132	0,657	0,244	0,081	0,656	0,24

Tabla F.94: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis agrupaciones NDA 15Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,47035	0,627375	0,152707	0,47078	0,061285	0,366624	0,152489
0,044499	0,631336	0,327192	0,734766	0,056716	0,111592	0,327902
0,06807	0,804867	0,000149	0,89007	0,030614	0,214743	0,378933
0,11007	0,883679	8,20E-05	0,960649	0,064333	0,194616	0,218864
0,103846	0,251716	1,80E-05	0,981993	0,038444	0,306173	0,290018
0,118621	0,174861	8,00E-06	0,880939	0,019516	0,185449	0,132811
0,06968	0,262925	1,00E-05	0,936558	0,017787	0,206186	0,057056
0,014365	0,257092	7,00E-06	0,90099	0,032874	0,032826	0,021493
0,015182	0,036149	1,40E-05	0,938092	0,024494	0,037669	0,010703
0,000218	0,032474	3,40E-05	0,912075	0,041682	0,008703	0,009553
1,00E-05	0,046307	5,50E-05	0,68085	0,051644	0,007608	0,013643
1,00E-06	0,067506	7,00E-05	0,724617	0,075153	0,007118	0,004363
1,00E-06	0,10219	0,000133	0,757589	0,10744	0,00167	0,001815
1,00E-06	0,140843	4,70E-05	0,563851	0,043403	0,000605	0,001799
1,00E-06	0,159612	8,60E-05	0,624188	0,00415	0,000126	0,000583
1,00E-06	0,202629	7,10E-05	0,697297	0,001885	1,80E-05	0,000146
1,00E-06	0,269795	9,50E-05	0,763433	0,000368	5,00E-06	5,00E-06
1,00E-06	0,260115	0,000164	0,651005	0,00016	1,20E-05	5,00E-06
1,00E-06	0,333651	0,000153	0,603996	9,00E-05	2,00E-06	2,30E-05
1,00E-06	0,417258	0,00025	0,562571	0,000201	1,00E-06	1,90E-05
1,00E-06	0,455248	5,10E-05	0,366832	0,000234	1,00E-06	3,00E-05
1,00E-06	0,112817	6,90E-05	0,445015	0,000462	1,00E-06	8,40E-05
1,00E-06	0,012937	7,10E-05	0,413935	0,001031	1,00E-06	9,40E-05
1,00E-06	0,015027	0,00011	0,46891	0,000863	1,00E-06	0,000184
1,00E-06	0,010892	0,00015	0,505014	0,001763	1,00E-06	0,000363
1,00E-06	0,012566	0,00029	0,573931	0,003245	1,00E-06	0,000355
1,00E-06	0,006464	0,000623	0,407142	0,005931	1,00E-06	0,000951

Sigue en la página siguiente.

Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
1,00E-06	0,002188	0,000179	0,466947	0,010833	1,00E-06	0,0012
1,00E-06	0,004514	0,000182	0,49814	0,012456	1,00E-06	0,000197
1,00E-06	0,003679	5,90E-05	0,186431	0,022146	1,00E-06	0,000142

Tabla F.95: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis agrupaciones NDA 35Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,782052	0,780951	0,248326	0,736235	0,734812	0,869542	0,781323
0,094891	0,602575	0,245246	0,668271	0,479158	0,005248	0,603882
0,081231	0,071914	0,053463	0,501726	0,676456	0,010004	0,027764
0,026982	0,136148	0,099869	0,541604	0,663255	0,022261	0,051328
0,055068	0,021144	0,171604	0,649009	0,6165	0,01194	0,054291
0,087739	0,032373	0,251945	0,551964	0,541781	0,008232	0,035028
0,119677	0,058318	0,353064	0,411024	0,66589	0,016866	0,000115
0,006122	0,07226	0,389996	0,527081	0,705253	0,015075	0,000233
0,00575	0,099474	0,499479	0,608499	0,745642	0,006553	0,000371
0,008444	0,101926	0,553765	0,411567	0,815356	0,01158	0,00085
0,015014	0,018372	0,647466	0,456979	0,553923	0,016296	0,000535
0,016567	0,028625	0,728679	0,439273	0,20656	0,019921	0,000354
0,024641	0,048186	0,427854	0,480715	0,225243	0,033008	4,60E-05
0,028793	0,021761	0,518747	0,542729	0,226364	0,050624	9,00E-06
0,037855	0,032311	0,56785	0,433166	0,085347	0,07774	3,00E-06
0,051051	0,040266	0,232013	0,365412	0,117117	0,112216	1,00E-06
0,027915	0,059888	0,254453	0,361667	0,118301	0,160159	1,00E-06
0,033624	0,021041	0,152997	0,35078	0,162703	0,207893	1,00E-06
0,041249	0,017094	0,210086	0,318896	0,212576	0,184184	1,00E-06
0,060999	0,00912	0,095238	0,185713	0,050681	0,243675	1,00E-06
0,053536	0,000861	0,101749	0,162109	0,076018	0,228196	1,00E-06
0,007958	0,000514	0,141519	0,092313	0,107102	0,143751	1,00E-06
0,008819	0,000142	0,194511	0,061163	0,139387	0,091706	1,00E-06
0,001925	0,000163	0,259307	0,01104	0,186238	0,125267	1,00E-06
0,002507	2,80E-05	0,298993	0,019408	0,204154	0,152901	1,00E-06
0,00012	6,00E-06	0,380566	0,033375	0,250228	0,12856	1,00E-06
1,80E-05	1,00E-06	0,145296	0,02179	0,317277	0,169011	1,00E-06
6,00E-06	1,00E-06	0,145845	0,029509	0,31054	0,177246	1,00E-06
1,00E-06	1,00E-06	0,203917	0,045811	0,101585	0,238432	1,00E-06
1,00E-06	1,00E-06	0,275764	0,056943	0,032185	0,268487	1,00E-06

Tabla F.96: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NDA y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 15Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,6877	0,0127	0,0113	0,1009	0,072	0,7262	0,044
0,9152	0,0413	0,0307	0,0008	0,1784	0,8879	0,0069
0,0019	0,0888	0,0622	0,0023	0,1566	0,0342	0,01
0,0055	0,1316	0,0917	0,0043	0,196	0,0611	0,0196
0,0053	0,2143	0,1353	0,0111	0,2931	0,0845	0,0217
0,0042	0,3046	0,2274	0,014	0,1892	0,1563	0,0236
0,0107	0,3522	0,2609	0,0155	0,1365	0,0851	0,0265
0,0222	0,3141	0,2056	0,0189	0,2075	0,1403	0,043
0,0367	0,4278	0,23	0,0252	0,2474	0,0854	0,048
0,0403	0,5219	0,246	0,0385	0,332	0,0874	0,0356
0,0608	0,565	0,3035	0,0642	0,4262	0,074	0,0628
0,0591	0,6423	0,3623	0,0943	0,3124	0,0798	0,0742
0,0579	0,6656	0,4029	0,1251	0,3789	0,0986	0,0733
0,0899	0,755	0,5078	0,1696	0,4801	0,1413	0,1049
0,0802	0,6203	0,5939	0,1827	0,5213	0,0747	0,1525
0,1244	0,6885	0,6532	0,2433	0,5848	0,1221	0,2071
0,1596	0,6819	0,724	0,2618	0,5867	0,1698	0,274

Tabla F.97: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 15Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,0092	0,2257	0,0138	0,0409	0,1601	0,0739	0,1313
0,0032	0,0202	0,0063	0,017	0,198	0,1818	0,0086
0,0012	0,0675	0,0086	0,0475	0,3023	0,1496	0,0049
0,0042	0,0515	0,02	0,1	0,1542	0,1873	0,0068
0,0058	0,0424	0,0564	0,1788	0,2458	0,2856	0,007
0,0087	0,0689	0,0668	0,2244	0,3714	0,1829	0,013
0,0162	0,1346	0,1055	0,3048	0,4972	0,1336	0,022
0,0236	0,1218	0,1295	0,4227	0,3228	0,199	0,0268
0,0349	0,203	0,0832	0,5089	0,3978	0,2608	0,0525
0,0526	0,2829	0,1285	0,6146	0,4822	0,3269	0,0792
0,0535	0,3838	0,1953	0,7137	0,5962	0,4258	0,1161
0,0837	0,4769	0,2683	0,7993	0,518	0,3228	0,1561
0,1205	0,3172	0,3219	0,8625	0,2572	0,3796	0,2125
0,1718	0,322	0,3938	0,7431	0,2205	0,4777	0,2973
0,2322	0,3778	0,3089	0,8182	0,2818	0,5226	0,3634
0,2993	0,4445	0,4032	0,612	0,362	0,5827	0,4513
0,3322	0,5152	0,4904	0,6414	0,4352	0,6327	0,5127

Sigue en la página siguiente.

P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
------------	-----	--------	-----	-----	-----	------

Tabla F.98: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 15Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,2456	0,0087	0,0002	0,0121	0,001	0,2846
0,001	0,001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0079
0,002	0,0014	0,0001	0,0003	0,0001	0,0159
0,0044	0,0016	0,0001	0,0001	0,0001	0,0167
0,0106	0,0017	0,0001	0,0005	0,0001	0,0303
0,0075	0,0032	0,0001	0,0013	0,0002	0,071
0,0087	0,0055	0,0001	0,001	0,0001	0,0758
0,0077	0,0051	0,0002	0,0028	0,0001	0,1167
0,0167	0,0042	0,0004	0,0069	0,0004	0,1794
0,0251	0,0103	0,0005	0,0129	0,0002	0,2468
0,0458	0,0144	0,0012	0,0246	0,0002	0,2625
0,0587	0,0175	0,0019	0,0374	0,0006	0,3304
0,0969	0,0286	0,0022	0,0296	0,001	0,4137
0,1098	0,0523	0,0043	0,0434	0,0023	0,5197
0,1519	0,0839	0,0058	0,0602	0,0025	0,6094
0,2256	0,0971	0,0063	0,0817	0,0022	0,5857
0,2905	0,1288	0,0072	0,1177	0,0034	0,6709

Tabla F.99: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 35Hz						
Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,0657	0,0375	0,1305	0,1419	0,0329	0,0792	0,0047
0,1591	0,1128	0,1968	0,261	0,1042	0,1078	0,004
0,2948	0,2078	0,2104	0,4324	0,2079	0,2295	0,0079
0,4342	0,3338	0,347	0,59	0,3503	0,3577	0,002
0,595	0,4789	0,4327	0,3203	0,4874	0,4396	0,0024
0,1894	0,6234	0,4285	0,4436	0,5875	0,5094	0,0044
0,2371	0,7329	0,4591	0,4272	0,6038	0,5821	0,0067
0,3208	0,8	0,2403	0,4528	0,6537	0,6781	0,0097
0,3644	0,8776	0,2597	0,5616	0,7311	0,7687	0,0193
0,4716	0,8845	0,3414	0,5418	0,8201	0,3997	0,0299
0,5863	0,9245	0,4439	0,4295	0,7882	0,5027	0,048
0,6911	0,8585	0,3965	0,5332	0,8594	0,3779	0,0701
0,4957	0,7037	0,4463	0,5408	0,8584	0,4033	0,0854
0,5848	0,728	0,4622	0,626	0,8885	0,5072	0,121

Sigue en la página siguiente.

Variance	Mean	P300Peak	P300PeakAbs	P300Mean	Energy	P300Lat
0,6737	0,6123	0,5429	0,7124	0,8722	0,5324	0,1601
0,7197	0,5202	0,5839	0,7438	0,897	0,6016	0,2274
0,7558	0,5179	0,4341	0,6796	0,9021	0,6966	0,2687

Tabla F.100: p-valores para las características Variance, Mean, P300Peak, P300PeakAbs, P300Mean, Energy y P300Lat siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 35Hz						
P300LatAbs	LAR	LARAbs	PAR	NAR	TAR	ATAR
0,0106	0,6038	0,0716	0,0945	0,0395	0,0358	0,0733
0,0218	0,6221	0,1292	0,1405	0,1238	0,1012	0,1536
0,0459	0,4946	0,2189	0,2847	0,246	0,2192	0,1434
0,0807	0,3177	0,286	0,4576	0,3709	0,3431	0,2179
0,1295	0,2456	0,4329	0,6114	0,4988	0,4806	0,2943
0,0685	0,2688	0,1788	0,734	0,5411	0,5976	0,2854
0,0372	0,3765	0,088	0,826	0,6648	0,6131	0,3917
0,0557	0,4862	0,1448	0,896	0,7337	0,6576	0,4557
0,0924	0,5963	0,1944	0,9048	0,8291	0,7305	0,5063
0,113	0,6855	0,2295	0,8856	0,8771	0,815	0,5964
0,1515	0,7334	0,2979	0,9257	0,7496	0,794	0,5134
0,2228	0,3074	0,3529	0,9557	0,8331	0,8642	0,589
0,256	0,2483	0,4477	0,9718	0,8533	0,8589	0,6709
0,3414	0,1838	0,5028	0,8897	0,8948	0,8874	0,7046
0,4104	0,1381	0,4951	0,9249	0,878	0,8667	0,7688
0,4986	0,2034	0,5887	0,9431	0,92	0,8991	0,5426
0,5497	0,2877	0,6824	0,9631	0,8466	0,9305	0,6247

Tabla F.101: p-valores para las características P300LatAbs, LAR, LARAbs, PAR, NAR, TAR y ATAR siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis características NWFE 35Hz					
TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,0705	0,0208	0,0004	0,0942	0,002	0,0238
0,1756	0,0589	0,0007	0,0081	0,0023	0,007
0,2969	0,0542	0,001	0,0025	0,0012	0,0115
0,4581	0,1019	0,0013	0,0009	0,0049	0,0202
0,608	0,1703	0,0018	0,0032	0,0046	0,0152
0,7367	0,2538	0,0038	0,001	0,0075	0,0248
0,694	0,3514	0,0067	0,0032	0,004	0,0319
0,3623	0,2689	0,0108	0,005	0,008	0,0306
0,3065	0,3614	0,0063	0,0023	0,0075	0,0398
0,4249	0,4556	0,0075	0,0038	0,0152	0,0182

Sigue en la página siguiente.

TAAR	ZC	PSE	Median Freq.	Mean Freq.	Mode Freq.
0,509	0,5668	0,0138	0,0058	0,0253	0,0248
0,5752	0,5661	0,0059	0,0084	0,0416	0,0227
0,657	0,6371	0,0078	0,0095	0,0688	0,0391
0,7465	0,7128	0,0076	0,0156	0,0688	0,0302
0,8024	0,7814	0,0152	0,0297	0,097	0,0485
0,8591	0,7918	0,0228	0,0277	0,1277	0,0793
0,8956	0,781	0,0358	0,0315	0,1789	0,1047

Tabla F.102: p-valores para las características TAAR, ZC, PSE, Median Freq., Mean Freq. y Mode Freq. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NWFE 15Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0097	0,1864	0,0078	0,4416	0,318	0,3179	0,0628	0,0001	0,2009
0,0355	0,2673	0,008	0,1502	0,4622	0,596	0,0434	0,0002	0,4488
0,0467	0,4373	0,0187	0,226	0,6022	0,6849	0,0993	0,0005	0,0454
0,0859	0,004	0,0374	0,3078	0,6434	0,3604	0,1589	0,0007	0,0011
0,0255	0,0058	0,0407	0,2432	0,7533	0,0745	0,1703	0,0027	0,0014
0,031	0,0135	0,0525	0,3176	0,8451	0,059	0,2405	0,0001	0,0005
0,0119	0,0161	0,0558	0,3524	0,7245	0,0816	0,0857	0,0001	0,0014
0,0099	0,0221	0,0062	0,0122	0,7444	0,0868	0,1345	0,0004	0,0009
0,0187	0,0377	0,0111	0,0161	0,6978	0,0793	0,042	0,0004	0,0014
0,0359	0,0513	0,0177	0,0241	0,7076	0,1182	0,0697	0,0006	0,0025
0,0519	0,0874	0,0298	0,0298	0,715	0,15	0,1098	0,001	0,0037
0,0452	0,1182	0,0294	0,029	0,6958	0,13	0,0757	0,0013	0,0054
0,052	0,1661	0,0478	0,0444	0,4423	0,1952	0,0901	0,0026	0,0085
0,0904	0,1614	0,0631	0,0755	0,5468	0,2576	0,0962	0,0055	0,0154
0,0515	0,1547	0,0497	0,1103	0,5739	0,2865	0,0978	0,0095	0,0193
0,0218	0,1966	0,0566	0,1586	0,5811	0,3579	0,1429	0,0092	0,0297
0,0333	0,1694	0,0551	0,1585	0,4117	0,451	0,0518	0,0043	0,0249

Tabla F.103: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NWFE 15Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,0953	0,2273	0,3108	0,0112	0,0085	0,2245	0,0796	0,0105
0,1377	0,0713	0,5581	0,0118	0,015	0,138	0,0879	0,0269
0,1207	0,0247	0,6705	0,0301	0,0429	0,0874	0,16	0,0074
0,1865	0,0367	0,8186	0,0549	0,0665	0,0993	0,2672	0,0179
0,1805	0,0609	0,8859	0,0787	0,0814	0,0451	0,407	0,0421
0,1928	0,102	0,7367	0,012	0,0079	0,0818	0,0585	0,0822
0,0574	0,1248	0,831	0,0208	0,0172	0,0498	0,0947	0,0948

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,0321	0,1504	0,9011	0,0339	0,0371	0,0079	0,1548	0,154
0,0529	0,2147	0,8525	0,0586	0,047	0,0086	0,2042	0,2208
0,0365	0,2255	0,8155	0,0766	0,0731	0,0167	0,2938	0,3055
0,0662	0,2404	0,7915	0,0527	0,0722	0,0284	0,3748	0,4037
0,0919	0,2724	0,7294	0,0889	0,0978	0,0351	0,4881	0,4918
0,0718	0,2471	0,7852	0,1329	0,0804	0,055	0,5187	0,5707
0,0401	0,3364	0,8562	0,1586	0,0782	0,0868	0,4791	0,493
0,0432	0,4083	0,7794	0,1213	0,088	0,119	0,2506	0,5591
0,0668	0,4599	0,8121	0,1706	0,1195	0,1547	0,3127	0,6354
0,0696	0,4821	0,847	0,1929	0,1693	0,2081	0,195	0,6778

Tabla F.104: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NWFE 35Hz								
Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1
0,0863	0,0205	0,9561	0,4065	0,5359	0,3278	0,022	0,0021	0,2391
0,1574	0,0537	0,1103	0,5548	0,616	0,4134	0,084	0,0004	0,1072
0,0628	0,0605	0,0497	0,439	0,8047	0,583	0,1324	0,0017	0,1094
0,1183	0,0797	0,0319	0,5969	0,5624	0,6518	0,2334	0,0053	0,1582
0,2009	0,1418	0,0566	0,5481	0,5089	0,1446	0,2703	0,0091	0,2767
0,2996	0,2049	0,0889	0,5668	0,6368	0,2277	0,3631	0,0191	0,3017
0,4181	0,2949	0,1263	0,6716	0,7403	0,1964	0,4882	0,0373	0,3857
0,5002	0,3065	0,1467	0,7456	0,5277	0,2613	0,2598	0,0369	0,5135
0,5733	0,248	0,2142	0,6191	0,4774	0,2653	0,3172	0,0623	0,6232
0,6657	0,2607	0,2391	0,5062	0,4551	0,1364	0,1973	0,098	0,4722
0,7639	0,2992	0,3014	0,4736	0,4891	0,2004	0,2601	0,1255	0,5467
0,8397	0,351	0,346	0,546	0,5919	0,2819	0,2018	0,0626	0,2495
0,8698	0,2816	0,4267	0,363	0,6678	0,3492	0,2496	0,0626	0,2424
0,9025	0,3687	0,5193	0,4507	0,7474	0,3838	0,333	0,0726	0,2284
0,9275	0,4356	0,2553	0,5453	0,7835	0,4796	0,1357	0,108	0,2052
0,8651	0,4454	0,1904	0,5715	0,8422	0,2336	0,1508	0,1409	0,0314
0,9166	0,3652	0,231	0,6532	0,855	0,2328	0,1168	0,1959	0,0497

Tabla F.105: p-valores para los electrodos Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4 y O1 siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis electrodos NWFE 35Hz							
O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,0237	0,0428	0,1024	0,039	0,0101	0,0541	0,5016	0,0705
0,0692	0,1168	0,091	0,1207	0,008	0,0588	0,3039	0,0214
0,0519	0,0528	0,1237	0,2207	0,0252	0,0809	0,4476	0,0353
0,1135	0,0186	0,1814	0,3404	0,06	0,0178	0,3235	0,0774

Sigue en la página siguiente.

O2	F7	F8	T5	T6	Fz	Pz	Cz
0,1954	0,0093	0,1985	0,4461	0,1149	0,0323	0,372	0,1438
0,3049	0,0176	0,2978	0,4556	0,0526	0,044	0,3826	0,1761
0,372	0,0337	0,1561	0,5455	0,0911	0,0673	0,1388	0,2696
0,4521	0,0289	0,2099	0,6683	0,1235	0,0663	0,2057	0,3672
0,4827	0,0456	0,1541	0,6086	0,1723	0,0966	0,3002	0,4704
0,6002	0,0264	0,1744	0,6784	0,2338	0,1189	0,3074	0,5742
0,6421	0,0378	0,2148	0,7273	0,245	0,1558	0,4064	0,6493
0,4953	0,0271	0,1846	0,5891	0,2778	0,2058	0,3567	0,7346
0,5691	0,0431	0,2411	0,6024	0,175	0,2821	0,4425	0,7482
0,2617	0,0076	0,3075	0,6344	0,2397	0,2466	0,5027	0,631
0,2189	0,0013	0,1438	0,6056	0,212	0,0831	0,3841	0,6459
0,2288	0,0027	0,1244	0,6301	0,2371	0,0552	0,4631	0,2198
0,2032	0,0043	0,1428	0,6305	0,2936	0,0774	0,2479	0,294

Tabla F.106: p-valores para los electrodos O2, F7, F8, T5, T6, Fz, Pz y Cz siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Adonis agrupaciones NWFE 15Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
2,80E-05	0,011728	4,50E-05	0,009041	0,253781	0,029536	3,40E-05
6,00E-06	0,031026	2,90E-05	0,017971	0,117019	0,005465	0,000113
1,00E-06	0,015513	1,90E-05	0,030979	0,044055	0,005168	2,00E-06
3,00E-06	0,006213	3,00E-05	0,006322	0,000768	0,002069	2,00E-06
3,00E-06	0,005743	8,70E-05	0,013307	0,000573	6,00E-06	2,00E-06
2,00E-06	0,007256	0,00013	0,028441	0,000761	1,80E-05	9,00E-06
1,00E-06	3,30E-05	5,30E-05	0,012852	0,000952	3,00E-06	4,00E-06
1,00E-06	4,60E-05	0,000131	0,017291	0,00173	3,00E-06	8,00E-06
1,00E-06	1,00E-05	0,000308	0,00317	0,003212	2,00E-06	1,80E-05
1,00E-06	5,00E-06	0,000681	0,006808	0,005293	2,00E-06	1,40E-05
1,00E-06	1,10E-05	2,70E-05	0,013081	0,010273	3,00E-06	3,60E-05
1,00E-06	1,30E-05	4,60E-05	0,011427	0,017645	2,00E-06	3,50E-05
1,00E-06	2,30E-05	8,30E-05	0,01763	0,017703	8,00E-06	6,10E-05
1,00E-06	5,90E-05	0,000147	0,030169	0,020933	2,70E-05	2,00E-06
1,00E-06	0,0001	0,000366	0,047852	0,014412	6,00E-05	4,00E-06
1,00E-06	0,000131	0,000349	0,068656	0,024736	2,30E-05	2,00E-06
1,00E-06	0,000231	0,000283	0,101964	0,02351	3,40E-05	5,00E-06
1,00E-06	0,000434	0,000464	0,075424	0,021576	3,10E-05	1,00E-06
1,00E-06	0,000881	0,000895	0,051391	0,011707	7,80E-05	5,00E-06
1,00E-06	0,000954	0,001218	0,034364	0,011517	9,10E-05	4,00E-06
1,00E-06	0,001076	0,002583	0,017705	0,009701	0,000156	2,40E-05
2,00E-06	0,001316	0,002195	0,015161	0,013059	0,000301	5,60E-05
1,00E-06	0,001569	0,00453	0,025237	0,021488	0,000561	0,000107
1,00E-06	0,00256	0,002054	0,037127	0,036109	0,001021	7,90E-05

Sigue en la página siguiente.

Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
2,00E-06	0,003656	0,00385	0,060525	0,057679	0,001449	0,000194
1,00E-06	0,006163	0,007867	0,091144	0,090178	0,002794	0,000311
2,00E-06	0,01111	0,014085	0,129904	0,123122	0,005603	0,000607
1,00E-06	0,020461	0,021395	0,184045	0,17694	0,000657	0,00078
4,00E-06	0,011776	0,036465	0,237295	0,204489	0,000129	0,001211
4,00E-06	0,021707	0,053516	0,311149	0,157803	0,00021	0,002464

Tabla F.107: p-valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 15Hz según el test Adonis.

Adonis agrupaciones NWFE 35Hz						
Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
0,000204	0,009039	0,010532	0,122784	0,02391	0,004632	0,000171
5,00E-06	0,009632	3,20E-05	0,034729	0,030856	0,000349	3,50E-05
1,00E-06	0,01283	0,000145	0,034091	0,035199	0,000274	1,00E-06
1,00E-06	0,002713	0,000302	0,044357	0,065897	0,000648	2,00E-06
2,00E-06	0,001942	0,000516	0,088715	0,056838	0,000946	5,00E-06
3,00E-06	0,002007	0,000944	0,117816	0,088713	0,000576	8,00E-06
4,00E-06	0,00104	0,002148	0,151415	0,14192	0,000659	1,30E-05
4,00E-06	0,001861	0,001659	0,060492	0,222346	5,10E-05	1,70E-05
8,00E-06	0,003326	0,002655	0,079197	0,308765	9,90E-05	1,80E-05
9,00E-06	0,004296	0,003382	0,105245	0,297992	0,000135	2,80E-05
1,00E-05	0,004229	0,007074	0,125116	0,393841	2,90E-05	4,50E-05
2,00E-06	0,005415	0,006323	0,06808	0,342461	7,50E-05	6,30E-05
1,00E-06	0,000262	0,012084	0,074933	0,432782	0,000126	6,70E-05
2,00E-06	4,70E-05	0,021967	0,093962	0,38743	0,000119	5,90E-05
1,00E-06	0,000151	0,031362	0,042088	0,40678	0,000271	0,000201
4,00E-06	0,000123	0,049909	0,026971	0,502517	0,000289	4,60E-05
1,00E-06	0,000323	0,075671	0,033377	0,564174	0,000668	2,60E-05
1,00E-06	0,000457	0,114847	0,050817	0,637903	5,10E-05	2,90E-05
2,00E-06	0,000491	0,163601	0,052187	0,700125	6,00E-06	8,30E-05
1,00E-06	0,001067	0,19272	0,046935	0,776426	1,40E-05	0,000193
2,00E-06	0,001584	0,257973	0,007426	0,774447	3,50E-05	0,000452
1,00E-06	0,003218	0,329496	0,010552	0,790536	1,80E-05	7,00E-05
3,00E-06	0,005886	0,412132	0,015527	0,560681	1,00E-05	0,000137
3,00E-06	0,010502	0,454235	0,025195	0,647263	2,00E-06	0,000168
1,00E-06	0,018736	0,497703	0,037682	0,237786	5,00E-06	0,000324
1,00E-06	0,018223	0,533266	0,04404	0,265793	6,00E-06	0,000703
1,00E-06	0,031368	0,618256	0,024464	0,313914	1,00E-06	0,000943
1,00E-06	0,010706	0,486732	0,01947	0,291117	1,00E-06	0,001977
2,00E-06	0,006134	0,41776	0,033241	0,317199	1,00E-06	0,002908
7,00E-06	0,011699	0,409234	0,014067	0,353381	2,00E-06	0,005032

Sigue en la página siguiente.

Total	Frontal	Parietal-Temp	Central	Occipital	Left Hem.	Right Hem.
-------	---------	---------------	---------	-----------	-----------	------------

Tabla F.108: p -valores para las agrupaciones Total, Frontal, Parietal-Temp, Central, Occipital, Left Hem. y Right Hem. siguiendo el criterio NWFE y un filtrado de 35Hz según el test Adonis.

Apéndice G

Funciones y *Scripts* de MATLAB utilizados

Descripción de las principales funciones de MATLAB utilizadas para el desarrollo de los resultados en el capítulo 5 del documento. Agradecer a Lorenzo Santos [3] y a Eduardo Illera [4] el diseño de gran parte de las funciones de MATLAB empleadas para la consecución del presente proyecto.

G.1. Selección de características

El siguiente *script* de MATLAB junto a la función de extracción de parámetros diseñada en [3] permite la selección de las características más significativas según los criterios de selección NDA, NWFE y J5 para las agrupaciones de electrodos.

```
1 %Algoritmos de selección de características no parametricos:
   filtrado de
2 %15Hz
3
4
5 %ALGORITMO NDA
6
7 % La función nda recibe como entradas la matriz de
   características y la
8 % clasificación de los sujetos.
9 %Sus salidas son los índices de las características mas
   discriminantes.
10
11 [NDA15Todos] = nda(matriz_15Hz_todos , clasific_sujetos);
12 [NDA15Frontal] = nda(frontal_15Hz , clasific_sujetos);
13 [NDA15Parietal] = nda(parietal_15Hz , clasific_sujetos);
14 [NDA15Central] = nda(central_15Hz , clasific_sujetos);
15 [NDA15Occipital] = nda(occipital_15Hz , clasific_sujetos);
16 [NDA15Izquierdo] = nda(izquierdo_15Hz , clasific_sujetos);
```

```

17 [NDA15Derecho] = nda(derecho_15Hz , clasific_sujetos);
18
19
20 %ALGORITMO NDA
21
22 %La función nwfe recibe como entradas la matriz de
    características y el
23 %vector de clasificación de los sujetos.
24 %Como salidas tenemos los índices de las características más
25 %discriminantes.
26
27 [NWFE15Todos] = nwfe(matriz_15Hz_todos , clasific_sujetos);
28 [NWFE15Frontal] = nwfe(frontal_15Hz , clasific_sujetos);
29 [NWFE15Parietal] = nwfe(parietal_15Hz , clasific_sujetos);
30 [NWFE15Central] = nwfe(central_15Hz , clasific_sujetos);
31 [NWFE15Occipital] = nwfe(occipital_15Hz , clasific_sujetos);
32 [NWFE15Izquierdo] = nwfe(izquierdo_15Hz , clasific_sujetos);
33 [NWFE15Derecho] = nwfe(derecho_15Hz , clasific_sujetos);
34
35
36 %ALGORITMO J5
37
38 %La función J5 recibe como entradas la matriz de
    características y el
39 %vector de clasificación de los sujetos.
40 %Como salidas tenemos los índices de las características más
41 %discriminantes.
42
43 [J515Todos] = j2(matriz_15Hz_todos , clasific_sujetos);
44 [J515Frontal] = j2(frontal_15Hz , clasific_sujetos);
45 [J515Parietal] = j2(parietal_15Hz , clasific_sujetos);
46 [J515Central] = j2(central_15Hz , clasific_sujetos);
47 [J515Occipital] = j2(occipital_15Hz , clasific_sujetos);
48 [J515Izquierdo] = j2(izquierdo_15Hz , clasific_sujetos);
49 [J515Derecho] = j2(derecho_15Hz , clasific_sujetos);

```

```

1 %Algoritmo de selección de características NDA
2
3 function [carac, val] = nda(CARAC, DIAG);
4
5 %VARIABLES DE ENTRADA:
6     %CARAC <- matriz de contiene las características (filas)
    para cada sujeto
7     %del estudio (columnas).
8     %DIAG <- matriz indicativa de la clase a la que pertenece
    el sujeto.

```

```
9      %Tenemos dos clases diferentes: esquizofrenicos (0) y
      controles (1).
10
11 %VARIABLES DE SALIDA:
12 %carac <- vector que contiene las características mas
      discriminantes para
13 %el algoritmo de selección de características NDA
14 %val <- valor de la separabilidad del criterio de
      selección.
```

```
1 %Algoritmo de selección de características NWFE
2
3 function [carac, val] = nwfe(CARAC, DIAG);
4
5 %VARIABLES DE ENTRADA:
6 %CARAC <- matriz de contiene las características (filas)
      para cada sujeto
7 %del estudio (columnas).
8 %DIAG <- matriz indicativa de la clase a la que pertenece
      el sujeto.
9 %Tenemos dos clases diferentes: esquizofrenicos (0) y
      controles (1).
10
11 %VARIABLES DE SALIDA:
12 %carac <- vector que contiene las características mas
      discriminantes para
13 %el algoritmo de selección de características NDA
14 %val <- valor de la separabilidad del criterio de
      selección.
```

```
1 %Algoritmo de selección de características J5
2
3 function [carac, val] = j2(CARAC, DIAG);
4
5 %VARIABLES DE ENTRADA:
6 %CARAC <- matriz de contiene las características (filas)
      para cada sujeto
7 %del estudio (columnas).
8 %DIAG <- matriz indicativa de la clase a la que pertenece
      el sujeto.
9 %Tenemos dos clases diferentes: esquizofrenicos (0) y
      controles (1).
10
11 %VARIABLES DE SALIDA:
12 %carac <- vector que contiene las características mas
      discriminantes para
```

```

13     %el algoritmo de selección de características NDA
14     %val <- valor de la separabilidad del criterio de
        selección.

```

G.2. Generación de boxplot

El conjunto de *scripts* de generación de boxplot se divide en dos grupos: por un lado tenemos los boxplot de p-valores en función de características, electrodos y agrupaciones para los test no paramétricos, tanto univariantes como multivariantes de Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov, Anosim y Adonis. Y por otro lado, el estudio de los boxplot de AUC para electrodos individuales y agrupaciones, en función del filtrado, el clasificador y el criterio de selección de características.

G.2.1. Boxplot de p-valores

```

1  %Boxplot de características para Mann Whitney
2
3  %Generacion de los boxplot de p-valores para las
    características en función
4  %de los filtros de 15Hz y 35Hz
5
6  %Cargamos p-values 20(carac)x17(elec)
7  load pValue15Hz_Mann
8  load pValue35Hz_Mann
9
10 pValue15 = pValue15Hz_Mann';
11 pValue35 = pValue35Hz_Mann';
12
13 %Vector de características (20 características)
14 carac = {'variance'; 'mean'; 'P300Peak'; 'P300PeakAbs'; 'P300Mean
    '; 'energy'; 'P300Lat'; 'P300LatAbs'; 'LAR';
15         'LARAbs'; 'PAR'; 'NAR'; 'TAR'; 'ATAR'; 'TAAR'; 'ZC'; 'PSE'; '
    Median Freq.'; 'Mean Freq.'; 'Mode Freq.'; };
16
17 %Filtros
18 filtro15 = '15Hz';
19 filtro35 = '35Hz';
20
21 j = 0;
22 for n=1:20
23     j = j + 1;
24     A(:,j) = pValue15(:,n);
25     posicion(j) = j;

```

```

26     etiquetas(j) = {carac{n}};
27     color(j) = ['b'];
28
29     j = j + 1;
30     A(:,j) = pValue35(:,n);
31     posicion(j) = j - 0.5;
32     etiquetas(j) = {' '};
33     color(j) = ['r'];
34 end
35
36 %Generacion del boxplot
37 boxplot(A(:,,:), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
38         'notch', 'off', 'whisker', 1, 'color', color, '
39         labelorientation', 'inline');
38 ylabel('p-value')
39 %xlabel('Caracteristicas ')
40
41 legend(findobj(gca, 'Tag', 'Box'), '35Hz', '15Hz', 'Location '
42         , 'northwest')
43
44 %Guardar las figuras
45 nombre = strcat('boxplotCaracteristicas_Mann', '.eps');
46 nombre2 = strcat('boxplotCaracteristicas_Mann', '.jpeg');
47
48 saveas(gcf, nombre, 'epsc')
49 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

```

1  %Boxplots de electrodos para Mann Whitney
2
3  %Generacion de los boxplot de p-valores para los electrodos
4  %en funcion
5  %de los filtros de 15Hz y 35Hz
6
7  %Cargamos p-values 20(carac)x17(elec)
8  load pValue15Hz_Mann
9  load pValue35Hz_Mann
10
11 %Vector de electrodos (17 electrodos)
12 elec ={'Fp1';'Fp2';'F3';'F4';'C3';'C4';'P3';'P4';'O1';'O2';'
13         'F7';'F8';'T5';
14         'T6';'Fz';'Pz';'Cz'};
15
16 %Filtrado
17 filtro15 = '15Hz';
18 filtro35 = '35Hz';

```

```

17 |
18 | j = 0;
19 | for n=1:17
20 |     j = j + 1;
21 |     A(:,j) = pValue15Hz_Mann(:,n);
22 |     posicion(j) = j;
23 |     etiquetas(j) = {elec{n}};
24 |     color(j) = ['b'];
25 |
26 |     j = j + 1;
27 |     A(:,j) = pValue35Hz_Mann(:,n);
28 |     posicion(j) = j - 0.5;
29 |     etiquetas(j) = {' '};
30 |     color(j) = ['r'];
31 | end
32 |
33 | %Generacion del boxplot
34 | boxplot(A(:,:,:), 'positions', posicion', 'labels', etiquetas',
        'notch', 'off', 'whisker', 1, 'color', color, '
        labelorientation', 'inline');
35 | ylabel('p-value')
36 | xlabel('Caracteristicas')
37 |
38 | legend(findobj(gca, 'Tag', 'Box'), '35Hz', '15Hz', 'Location'
        , 'northwest')
39 | %Del ultimo al primero
40 |
41 | %Guardar las figuras
42 | nombre = strcat('boxplotElectrodos_Mann', '.eps');
43 | nombre2 = strcat('boxplotElectrodos_Mann', '.jpeg');
44 |
45 | saveas(gcf, nombre, 'epsc')
46 | saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

```

1 | %Boxplot de agrupaciones para Anosim J5
2 |
3 | %Generacion de los boxplot de p-valores para las agrupaciones
        en funcion
4 | %de los filtros de 15Hz y 35Hz y del criterio de seleccion J5
5 |
6 | %Cargamos p-values 30 p-valores x 7 agrupaciones
7 | load pValue15HzAGRJ5_Anosim
8 | load pValue35HzAGRJ5_Anosim
9 |
10 | pValue15 = pValue15HzAGRJ5_Anosim;
11 | pValue35 = pValue35HzAGRJ5_Anosim;

```



```
12 |
13 | %Vector de agrupaciones (7 agrupaciones)
14 | carac = {'Total';'Frontal';'Parietal-Temp';'Central';'
      | Occipital';'Left Hem.';'Rigth Hem.';};
15 |
16 | %Filtros
17 | filtro15 = '15Hz';
18 | filtro35 = '35Hz';
19 |
20 | j = 0;
21 | for n=1:7
22 |     j = j + 1;
23 |     A(:,j) = pValue15(:,n);
24 |     posicion(j) = j;
25 |     etiquetas(j) = {carac{n}};
26 |     color(j) = ['b'];
27 |
28 |     j = j + 1;
29 |     A(:,j) = pValue35(:,n);
30 |     posicion(j) = j - 0.5;
31 |     etiquetas(j) = {' '};
32 |     color(j) = ['r'];
33 | end
34 |
35 | %Generacion del boxplot, p-valores en escala logaritmica al
      | ser los
36 | %p-valores muy bajos
37 | boxplot(10.*log10(A(:,,:)), 'positions', posicion, 'labels',
      | etiquetas, 'notch', 'off', 'whisker', 1, 'color', color,
      | 'labelorientation', 'inline');
38 | ylabel('p-value')
39 | xlabel('Caracteristicas')
40 |
41 | legend(findobj(gca, 'Tag', 'Box'), '35Hz', '15Hz', 'Location'
      | , 'northeast')
42 | %Del ultimo al primero
43 |
44 | %Guardar las figuras
45 | nombre = strcat('boxplotAGRJ5_Anosim', '.eps');
46 | nombre2 = strcat('boxplotAGRJ5_Anosim', '.jpeg');
47 |
48 | saveas(gcf, nombre, 'epsc')
49 | saveas(gcf, nombre2, 'jpg')
```

G.2.2. Boxplot de AUC

```

1 %Boxplot de AUC para los electrodos
2
3 %Cargamos p-values
4 load electrodosAUC
5
6 %Vector de electrodos (17 electrodos)
7 elec ={'C3'; 'C4'; 'Cz'; 'F3'; 'F4'; 'F7'; 'F8'; 'Fp1'; 'Fp2'; 'Fz'; '
      01'; '02'; 'P3';
8       'P4'; 'Pz'; 'T5'; 'T6'};
9
10 j = 0;
11 for n=1:17
12     j = j + 1;
13     A(:,j) = electrodosAUC(:,n);
14     posicion(j) = j;
15     etiquetas(j) = {elec{n}};
16 end
17
18 %Generacion del boxplot
19 boxplot(A(:,,:), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
20         'notch', 'on', 'whisker', 1);
21 ylabel('Mean AUC')
22
23 %Guardar las figuras
24 nombre = strcat('boxplotAUC_Elec', '.eps');
25 nombre2 = strcat('boxplotAUC_Elec', '.jpeg');
26
27 saveas(gcf, nombre, 'eps')
28 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

```

1 %Boxplot de AUC para las agrupaciones
2
3 %Cargamos p-values
4 load agrupacionesAUC
5
6 %Vector de agrupaciones (7 agrupaciones)
7 agr ={'Total'; 'Frontal'; 'Parietal'; 'Central'; 'Occipital'; '
      Left Hem.'; 'Rigth Hem.'};
8
9 j = 0;
10 for n=1:7
11     j = j + 1;
12     A(:,j) = agrupacionesAUC(:,n);
13     posicion(j) = j;

```

```

14     etiquetas(j) = {agr{n}};
15 end
16
17 %Generacion del boxplot
18 boxplot(A(:, :), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
19         'notch', 'on', 'whisker', 1);
20 ylabel('Mean AUC')
21
22 %Guardar las figuras
23 nombre = strcat('boxplotAUC_AGR', '.eps');
24 nombre2 = strcat('boxplotAUC_AGR', '.jpeg');
25
26 saveas(gcf, nombre, 'eps')
27 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

```

1 %Boxplot de AUC para los filtrados en funcion de los
2   electrodos
3
4 %Cargamos p-values
5 load filtroElecAUC
6
7 %Vector de filtrado (2 filtros)
8 filtro = {'15 Hz'; '35 Hz'};
9
10 j = 0;
11 for n=1:2
12     j = j + 1;
13     A(:, j) = flitroElecAUC(:, n);
14     posicion(j) = j;
15     etiquetas(j) = {filtro{n}};
16 end
17
18 %Generacion del boxplot
19 boxplot(A(:, :), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
20         'notch', 'on', 'whisker', 1);
21 ylabel('Mean AUC')
22
23 %Guardar las figuras
24 nombre = strcat('boxplotAUC_filtroElec', '.eps');
25 nombre2 = strcat('boxplotAUC_filtroElec', '.jpeg');
26
27 saveas(gcf, nombre, 'eps')
28 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

```

1 %Boxplot de AUC para los criterios de seleccion en funcion de
2   los

```

```
2 %electrodos
3
4 %Cargamos p-values
5 load criterioElecAUC
6
7 %Vector de criterios de seleccion (3 criterios)
8 criterio ={'NDA';'NWFE';'J5'};
9
10 j = 0;
11 for n=1:3
12     j = j + 1;
13     A(:,j) = criterioElecAUC(:,n);
14     posicion(j) = j;
15     etiquetas(j) = {criterio{n}};
16 end
17
18 %Generacion del boxplot
19 boxplot(A(:,,:), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
20         'notch', 'on', 'whisker', 1);
21 ylabel('Mean AUC')
22
23 %Guardar las figuras
24 nombre = strcat('boxplotAUC_criterioElec', '.eps');
25 nombre2 = strcat('boxplotAUC_criterioElec', '.jpeg');
26 saveas(gcf, nombre, 'epsc')
27 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')
```

```
1 %Boxplot de AUC para los clasificadores en funcion de los
2   electrodos
3
4 %Cargamos p-values
5 load clasificadorElecAUC
6
7 %Vector de clasificadores (2 clasificadores)
8 clasificador ={'SVM';'MLP'};
9
10 j = 0;
11 for n=1:2
12     j = j + 1;
13     A(:,j) = clasificadorElecAUC(:,n);
14     posicion(j) = j;
15     etiquetas(j) = {clasificador{n}};
16 end
17 %Generacion del boxplot
```

```

18 boxplot(A(:, :), 'positions', posicion, 'labels', etiquetas,
    'notch', 'on', 'whisker', 1);
19 ylabel('Mean AUC')
20
21 %Guardar las figuras
22 nombre = strcat('boxplotAUC_clasificadorElec', '.eps');
23 nombre2 = strcat('boxplotAUC_clasificadorElec', '.jpeg');
24
25 saveas(gcf, nombre, 'eps')
26 saveas(gcf, nombre2, 'jpg')

```

G.3. Generación de topoplot

El siguiente *script* diseñado en [4] implementa la gráfica conocida como topoplot para las 20 características extraídas en el capítulo 3.

```

1 %Topoplots de características para Mann Whitney para el
  filtrado de 15Hz
2
3 clear all; close all;
4 eeglab
5 close all;
6 load pValue15Hz_Mann.mat      %20(carac)x17(elec)
7
8 %Vectores de titulo y nombre
9 titulo = {'variance 15Hz'; 'mean 15Hz'; 'P300Peak 15Hz'; '
    P300PeakAbs 15Hz';
10    'P300Mean 15Hz'; 'energy 15Hz'; 'P300Lat 15Hz'; 'P300LatAbs
    15Hz'; 'LAR 15Hz';
11    'LARAbs 15Hz'; 'PAR 15Hz'; 'NAR 15Hz'; 'TAR 15Hz'; 'ATAR 15Hz
    '; 'TAAR 15Hz';
12    'ZC 15Hz'; 'PSE 15Hz'; 'Median Freq. 15Hz'; 'Mean Freq. 15Hz
    '; 'Mode Freq. 15Hz'; 'Average 15Hz'};
13
14 nombre = {'topoVarianza15Hz_Mann'; 'topoMedia15Hz_Mann'; '
    topoP300pico15Hz_Mann';
15    'topoP300picoAbs15Hz_Mann'; 'topoP300media15Hz_Mann'; '
    topoEnergia15Hz_Mann';
16    'topoP300lat15Hz_Mann'; 'topoP300latAbs15Hz_Mann'; '
    topoLAR15Hz_Mann'; 'topoLARabs15Hz_Mann';
17    'topoAreapos15Hz_Mann'; 'topoAreaneg15Hz_Mann'; '
    topoAreatot15Hz_Mann'; 'topoAreatotAbs15Hz_Mann';
18    'topoAreaAbstot15Hz_Mann'; 'topoZC15Hz_Mann'; '
    topoPSE15Hz_Mann'; 'topoMedianafrec15Hz_Mann';

```

```
19     'topoMediafrec15Hz_Mann'; 'topoModafrec15Hz_Mann'; '  
    topoAverage15Hz';});  
20  
21 %Calculamos topoplots  
22 for i=1:20  
23     figure(i)  
24     topoplot(pValue15Hz_Mann(i,:), 'Posiciones.loc', '  
        maplimits',[0 1], 'style','both','electrodes', '  
        ptslabels','numcontour',6)  
25     tit = titulo(i);  
26     title(tit)  
27  
28     h = colorbar;  
29  
30     %GUARDAR AUTOMATICAMENTE LAS FIGURAS  
31     % hgsave(tit) %lo guarda como .fig  
32     %nom = strcat(nombre(i), '.eps');  
33     %nom2 = strcat(nombre(i), '.jpeg');  
34     %nom = char(nom);  
35     %nom2 = char(nom2);  
36  
37     n = strcat(nombre(i));  
38     n = char(n);  
39     saveas(h, n, 'fig')  
40  
41     %saveas(h, nom, 'epsc') % lo guarda como 'eps'  
42     %saveas(h,nom2,'jpg') % lo guarda como jpg  
43 end  
44  
45 figure(21)  
46 tit = titulo(21);  
47 title(tit)  
48  
49 topoplot(mean(pValue15Hz_Mann), 'Posiciones.loc','maplimits '  
    ,[0 1], 'electrodes', 'ptslabels')  
50 h=colorbar  
51  
52 %GUARDAR AUTOMATICAMENTE LAS FIGURAS  
53 %nom = strcat(nombre(21), '.eps');  
54 %nom2 = strcat(nombre(21), '.jpeg')  
55 %nom = char(nom);  
56 %nom2 = char(nom2);  
57  
58 n = strcat(nombre(21));  
59 n = char(n);  
60 saveas(h, n, 'fig')
```

```
61 |
62 | %saveas(h, nom, 'epsc') % lo guarda como 'eps'
63 | %saveas(h, nom2, 'jpg') % lo guarda como jpg
```

G.4. Clasificación de sujetos

La clasificación de sujetos se lleva a cabo a partir de dos métodos diferentes: el clasificador SVM y el MLP. En esta sección presentaremos los *scripts* de ambos clasificadores.

G.4.1. Máquina de vectores soporte SVM

```
1 function [svmStruct, ind_test, targets, predicted_label, C,
2   errRate] = svm_simpleloren(CARAC,DIAG)
3 % Función para crear las máquinas de vectores soporte para
4   los datos de
5 % entrada introducidos
6
7 %Variables de entrada:
8   %CARAC <- Matriz de características, donde cada fila
9     representa una
10    característica y cada columna un sujeto.
11   %DIAG <- Matriz de clasificación, distinción entre
12     sujetos sanos y
13     %esquizofrenicos.
14
15 %Variables de salida:
16   %svmStruct <- SVM generada por la función.
17   %ind_test <- índices de los sujetos que se han
18     considerado para el conjunto test.
19   %C <- salidas que proporciona la SVM para el conjunto
20     test.
21   %errRate <- tasa de error para la clasificación del
22     conjunto test.
23
24 % Traspongo las matrices ya que para operar con las funciones
25   de svm se
26 % precisa tener a los sujetos en las filas
27
28 inputs = CARAC';
29 targets = DIAG';
30 targets = targets(:,1); % Las matrices presisarán que este
31   sea un vector
```

```

24 % Divido los parámetros para entrenar y testear (un 75% de
    train y un 25%
25 % de testing)
26
27 P = cvpartition(targets, 'Holdout', 0.25);
28
29 % Clasifico con un SVM
30 % Se ha usado una función kernel polinómica porque
    heurísticamente parecía la mejor opción
31
32 svmStruct = svmtrain(targets(P.training), inputs(P.training,:),
    , '-t 0 -b 1 -r 1 -q');
33 [predicted_label, accuracy, prob_estimates] = svmpredict(
    targets(P.test), inputs(P.test,:), svmStruct, '-b 1 -q');
34 errRate = 1-accuracy; %mis-classification rate
35
36 % Adapto los valores de salida para que sean similares a los
    de las redes
37 % neuronales mpl y rbf
38
39 % targets(:,2) = ~targets;
40 % targets = targets';
41 % C(:,2) = ~C;
42 % C = C';
43 ind_test = find(P.test);
44 C = prob_estimates(:,1);
45
46 end

```

G.4.2. Red Neuronal MLP

```

1 function [net, tr, targets, outputs, errors] = mlp_simple(
    CARAC, DIAG)
2 %Función para crear las redes neuronales MLP
3
4 %Variables de entrada:
5     %CARAC <- Matriz de características, donde cada fila
    representa una
6     %característica y cada columna un sujeto.
7     %DIAG <- Matriz de clasificación, distinción entre
    sujetos sanos y
8     %esquizofrenicos.
9
10 %Variables de salida:
11     %net <- máquina generada por la función.

```



```
12     %tr <- Variable con datos sobre el entrenamiento que se
13         llevó a cabo en
14     %la red.
15     %targets <- grupos de sujetos.
16     %outputs <- salidas que proporciona la red para todos los
17         conjuntos.
18     %errors <- tasa de error para la clasificación del
19         conjunto test.
20
21 inputs = CARAC;
22 targets = DIAG;
23
24 %Creación de la red neuronal
25 hiddenLayerSize = 10;
26 net = patternnet(hiddenLayerSize);
27
28 %División de los datos de entrenamiento: validación y test
29 net.divideParam.trainRatio = 60/100;
30 net.divideParam.valRatio = 10/100;
31 net.divideParam.testRatio = 30/100;
32
33 net.trainParam.showWindow = 0;
34
35 %Entrenamiento de la red: tres veces
36 [net, tr] = train(net, inputs, targets);
37 [net, tr] = train(net, inputs, targets);
38 [net, tr] = train(net, inputs, targets);
39
40 %Clasificación de los ejemplos del conjunto test con la red
41         entrenada
42 outputs = net(inputs);
43 errors = gsubtract(targets, outputs);
44 performance = perform(net, targets, outputs);
45
46 end
```

G.4.3. Generación de resultados: ROC y AUC

Script utilizado para la generación de resultados de las curvas ROC y AUC. Para este ejemplo se ha empleado un filtrado de 15 Hz con el criterio de selección NDA y la matriz total formada por todos los electrodos para la red neuronal MLP. El resto de resultados se obtienen siguiendo el mismo esquema.

```
1 % script para realizar las curvas roc y los diferentes
  parámetros a sacar
2 % como resultados en 15 Hz.
3 % AVISO -> Solo se coge una columna de las salidas y labels
  para dibujar una
4 % sola curva ROC.
5
6 %Variables de entrada:
7     %matriz_15_todos_NDA <- matriz cuyas filas son las
      características
8     %calculadas y cuyas columnas son los sujetos del estudio.
9     %clasific_sujetos <- vector indicativo del sujeto a
      analizar: sano o
10    %esquizofrenico.
11
12 %Variables de salida:
13    %net_NDA15_todos <- red neuronal entrenada con los
      parámetros definidos
14    %en el proyecto.
15    %tr_NDA15_todos_mlp <- estructura que incluye diferentes
      datos sobre el
16    %entrenamiento de la máquina automática.
17    %outputs_NDA15_todos_mlp <- salidas que proporciona el
      clasificador
18    %ante las entradas introducidas.
19    %errors_NDA15_todos_mlp <- tasa de errores proporcionada
      por el
20    %clasificador.
21    %X_NDA15_todos_mlp <- tasa de falsos positivos
      correspondiente al eje X
22    %de las curvas ROC.
23    %Y_NDA15_todos_mlp <- tasa de verdaderos positivos
      correspondiente al
24    %eje Y de las curvas ROC.
25    %AUC_NDA15_todos_mlp <- área bajo la curva ROC.
26
27 clear all;
28
29 load('NDA15_norm.mat')
30 load('NWFE15_norm.mat')
31 load('J515_norm.mat')
32 load clasific_sujetos
33
34 ncic = 1000; % No de repeticiones para aumentar aparentemente
      en no de muestras
35
```

```
36 %Criterio NDA
37
38 labels_NDA15_todos_mlp = [];
39 salidas_NDA15_todos_mlp = [];
40 for i=1:ncic
41     [net_NDA15_todos, tr_NDA15_todos_mlp,
42      targets_NDA15_todos_mlp, outputs_NDA15_todos_mlp,
43      errors_NDA15_todos_mlp] = mlp_simple(
44      matriz_15_todos_NDA(1:10,:), clasific_sujetos);
45     labels_NDA15_todos_mlp = [labels_NDA15_todos_mlp,
46      targets_NDA15_todos_mlp(1, tr_NDA15_todos_mlp.testInd)
47     ];
48     salidas_NDA15_todos_mlp = [salidas_NDA15_todos_mlp,
49      outputs_NDA15_todos_mlp(1, tr_NDA15_todos_mlp.testInd)
50     ];
51 end
52 [X_NDA15_todos_mlp, Y_NDA15_todos_mlp, T_NDA15_todos_mlp,
53  AUC_NDA15_todos_mlp] = perfcurve(labels_NDA15_todos_mlp,
54  salidas_NDA15_todos_mlp, 1);
55 % plot(X_NDA15_todos_mlp, Y_NDA15_todos_mlp) para dibujar ROC
```