



Universidad Nacional
Federico Villarreal

**Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**CONTROL DE UN BRAZO ROBÓTICO CON UN SISTEMA BCI,
EMPLEANDO PROCESAMIENTO DE
SEÑALES CEREBRALES**

Línea de investigación:
Interacción humana-Computador

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO

AUTOR:
Coronado Bautista, Javier

ASESOR:
Dr. Rodríguez Figueroa, José Julio

JURADOS:
Dr. Solís Fonseca, Justo Pastor
Dr. Kaseng Solís, Freddy Lizardo
Dr. Flores Masías, Eduard José
Mg. Peña Carrillo, Cesar Serapio

Lima-Perú
2019

DEDICATORIA

Este presente trabajo lo dedico a mi madre y padre, por sus apoyos incondicionales en todo el proceso de mi formación profesional.

RESUMEN

La necesidad de desarrollar un sistema de interfaz cerebro ordenador BCI para el control de un brazo robótico en el Perú, surge a partir de la posibilidad de interconectar el sistema nervioso humano con un sistema robótico o Mecatrónico, y usar este concepto para recuperar alguna función motora. Brain Computer Interface (BCI) es un sistema de comunicación basado en el registro de señales cerebrales (EEG), siendo el electroencefalograma la base y soporte de la tecnología BCI. Fue, en el año 1929, que el neurólogo alemán Hans Berger, quien, por primera vez, logro observar y registrar la actividad cerebral (cambio de señales eléctricos) de un paciente en un galvanómetro, construyendo así los cimientos del estudio de la electroencefalografía. BCI es una tecnología novedosa, que permite la interacción del hombre con la máquina en un entorno virtual o físico, a través de un canal de comunicación entre el sistema nervioso central y un dispositivo robótico. En los últimos años, los sistemas antes mencionados han causado el interés de los centros de investigación importantes a escala mundial. En la actualidad existen diversos programas y proyectos enfocados en el desarrollo de la tecnología BCI en los diversos campos de la ciencia como la medicina, robótica, industria militar y fisiología de la rehabilitación. El objetivo de esta tesis se centra sobre el control de un brazo robótico de tres grados de libertad a través de un sistema BCI utilizando una retroalimentación basada en realidad virtual para el entrenamiento de BCI a desarrollar. Para realizar el estudio mencionado anteriormente y poder validarlo, ha sido necesario comparar los resultados obtenidos en esta tesis, con los obtenidos a través de un sistema BCI desarrollada por la Universidad de Málaga.

Palabras claves: BCI, Robótica, EEG, control, Red Neuronal, FFT, ARM.

ABSTRACT

The need to develop a BCI computer brain interface system for the control of a robotic arm in Peru, arises from the possibility of interconnecting the human nervous system with a robotic or Mechatronic system, and use this concept to recover some motor function. Brain Computer Interface (BCI) is a communication system based on the recording of brain signals (EEG), the electroencephalogram being the basis and support of BCI technology. It was, in 1929, that the German neurologist Hans Berger, who, for the first time, managed to observe and record the brain activity (change of electrical signals) of a patient in a galvanometer, thus building the foundations of the study of electroencephalography. BCI is a novel technology, which allows the interaction of man with the machine in a virtual or physical environment, through a communication channel between the central nervous system and a robotic device. In recent years, the aforementioned systems have caused the interest of important research centers worldwide. Currently there are several programs and projects focused on the development of BCI technology in the various fields of science such as medicine, robotics, military industry and physiology of rehabilitation. The objective of this thesis focuses on the control of a robotic arm of three degrees of freedom through a BCI system using a feedback based on virtual reality for the training of BCI to be developed. In order to carry out the aforementioned study and be able to validate it, it has been necessary to compare the results obtained in this thesis with those obtained through a BCI system developed by the University of Malaga.

Key words: BCI, robotic EEG, controller, Neural Network, ARM.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.1.1 Descripción del problema.....	14
1.1.2 Formulación del problema.....	15
1.1.3 Formulación de problemas específicos.....	15
1.2 ANTECEDENTES.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5 HIPOTESIS.....	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.1 Naturaleza de las señales EEG.....	19
2.1.2 Sistema internacional 10-20.....	20
2.1.3 Ondas cerebrales motoras.....	20
2.1.4 Registro de señales EEG.....	21

2.1.5 Sujeto.....	21
2.1.6 Acondicionamiento de señales EEG.....	21
2.1.7 Extracción de características.....	21
2.1.8 Clasificación.....	22
2.1.9 Acción de control.....	22
2.1.10 Robótica.....	22
2.1.11 Cinemática directa.....	23
2.1.12 Cinemática inversa.....	24
2.1.13 Transformada rápida de Fourier.....	24
2.1.14 Sistema de control de Lazo cerrado en BCI a desarrollar.....	27
2.1.15 Redes Neuronales Biológica.....	27
2.1.16 Algoritmo de aprendizaje (SOM).....	29
2.1.17 Variables.....	31
2.1.18 Banda reactiva.....	32
2.1.19 ADS1299.....	32
2.1.19.1 Interface SPI del dispositivo electrónico ADS1299.....	33
2.1.20 ATSAM3X8E.....	33
III. MÉTODO.....	36
3.1 RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE INFORMACIÓN.....	37
3.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	37

3.3	IMPLEMENTACION DE INFORMACIÓN.....	37
3.4	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.5	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL.....	37
3.6	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.7	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	39
3.7.1	Población.....	39
3.7.2	Muestra.....	39
3.8	INSTRUMENTOS.....	39
3.8.1	Electrodos.....	40
3.8.2	Arduino Nano.....	40
3.8.3	Modulo L298n.....	40
3.8.4	Osciloscopio.....	40
3.8.5	NI USB 6210.....	40
3.9	PROCEDIMIENTOS.....	41
3.9.1	Diseño de la Tarjeta electrónica para el sistema BCI y el control del Brazo Robótico.....	41
3.9.2	Implementación en hardware desarrollado, de los algoritmos de adquisición, procesado, clasificación y control.....	44
3.9.3	Registro de señales EEG para el desarrollo del trabajo de la tesis.....	46

3.9.3.1 Acondicionamiento de señales sensorio motrices EEG.....	48
3.9.4 Extracción de características.....	49
3.9.5 Clasificación.....	50
3.9.6 Acción de control.....	50
3.9.7 Desarrollo del brazo robótico.....	51
3.9.8 Modelamiento del Brazo Robótico de tres grados de libertad.....	51
3.10 ANÁLISIS DE DATOS EEG.....	54
3.10.1 Análisis espectral FFT en el dominio de frecuencia.....	103
3.10.2 Análisis espectral Wavelet en el dominio del tiempo.....	105
IV. RESULTADOS.....	107
4.1 Resultados de la adquisición de ritmos sensoriomotoras Beta y Mu mediante la tarjeta desarrollada correspondientes a dos tareas mentales.....	108
4.1.1 Banda reactiva.....	108
4.1.2 Porcentaje de Clasificación.....	108
4.1.3 Curvas ERD/ERS de sujetos.....	113
4.2 Resultados de la extracción de características de la data EEG, en el dominio de la frecuencia y tiempo.....	119
4.3 Resultado del modelado del brazo robótico de tres grados de libertad.....	121
4.4 Resultado del control de brazo robótico de tres grados de libertad.....	122

4.5 Resultados estadísticos de control de ondas cerebrales Beta y Mu.....	123
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	135
5.1 RESULTADOS DEL CONTROL DEL BRAZO ROBOTICO.....	135
5.1.1 Resultado del estudio de Ondas cerebrales Beta y mu.....	137
5.1.2 Resultado de acciones de control del brazo robótico.....	137
VI. CONCLUSIONES.....	138
VII. RECOMENDACIONES.....	139
VIII. REFERENCIAS.....	140
IX. ANEXO.....	141
9.1 Presupuesto.....	141
9.2 Fuentes de financiamiento.....	142
9.3 Desarrollo de la tesis.....	142
9.4 Hoja técnica de los dispositivos.....	150
9.5 Cuadros estadísticos de los datos y variables de investigación.....	152

Lista de Figuras

Figura 1. Sistema Internacional 10-20 para la colocación de los electrodos extra craneales. Las letras señalan el área (Fp, prefrontal; F, frontal; C, central; P, parietal; T, temporal y O, occipital), mientras que los números designan el hemisferio (pares del derecho, nones del izquierdo) y los electrodos de la línea media se señalan con una " z "; por lo que Fz se encuentra frontalmente en la línea media	20
Figura 2. la figura representa los valores que n toma se en cuenta para los cálculos de la periodicidad de FFT.....	25
Figura 3. <i>Representación de las ecuaciones de la FFT</i>	26
Figura 4. Diagrama de un sistema BCI de lazo cerrado	27
Figura 5. <i>Diagrama funcional del ADS1299</i>	33
Figura 6. Representación gráfica de la metodología empleada durante el desarrollo de la tesis.....	36
Figura 7. Diseño de la tarjeta electrónica de adquisición, procesado y control.....	42
Figura 8 representación gráfica de la tarjeta electrónica desarrollada para cumplir con los objetivos planteados, esta tarjeta integra los algoritmos de adquisición, procesado online, clasificación de las dos tareas mentales.....	43
Figura 9. Representación gráfica de la tarjeta electrónica desarrollada para el desarrollo de la presente tesis.....	43
Figura 10. Diagrama de flujo del sistema desarrollado.....	45
Figura 11. podemos observar un casco EEG/EP Brain-gtec con sus respectivos electrodos de plata.....	46

Figura 12. Representación gráfica de adquisición de datos EEG, utilizando la tarjeta electrónica desarrollado.....	47
Figura 13. Acondicionamiento de las señales EEG.....	48
Figura 14. Representación gráfica del sistema de adquisición de datos EEG.....	48
Figura 15. Análisis espectral de potencia, en el dominio de la frecuencia, para ello se empleó el algoritmo FFT, en los canales C3, CZ y C4, correspondientes a ritmos sensoriomotoras.....	49
Figura 16. Análisis espectral de potencia en el dominio del tiempo, empleando la transformada continuo de Wavelet daubechies en el canal C3, correspondiente al sujeto1.....	50
Figura 17. Representación isométrica del Brazo Robótico de tres grados de libertad.....	52
Figura 18. Parámetros de Denavit-Hartenberg para el Brazo Robótico a modelar.....	52
Figura 19. Modelado del brazo de 3 grados de libertad en SIMECHANISC por cinemática directa.....	54
Figura20. Data EEG correspondiente al sujeto 1.....	55
Figura 21. Data EEG correspondiente a las 16385 datas EEG computadas de los sujetos de prueba.....	55
Figura 22.Data EEG registrado en la sesión 1, correspondiente a un periodo de 8 segundos del sujeto 1.....	103
Figura 23. Representación Gráfica de las señales EEG de los canales Fz, F4, Cz, C3, C4, Pz y Oz, en la figura se puede apreciar dos segmentos, una que corresponde a la tarea mental de reposo, dos de imaginación de movimiento con las curvas ERS/ERD, así mismo se observa Q1, Q2, Q3, salidas en PWM para cada servo motor.....	104
Figura 24. Análisis espectral en el dominio de la frecuencia de la data EEG con algoritmo de FFT de un periodo de un segundo correspondiente a los primeros 256 muestras de un total de 2048 muestras, la finalidad es determinar la banda reactiva.....	105

Figura 25. Representación gráfica de análisis EEG del sujeto1, con una función wavelet del orden 4.....	106
Figura 26. Curvas de error para el sujeto1.....	109
Figura 27. Curvas de error para el sujeto2.....	109
Figura 28. Curvas de error para el sujeto3.....	109
Figura 29. Curvas de error para el sujeto 4.....	109
Figura 30. Curvas de error para el sujeto 5	110
Figura 31. Curvas de error para el sujeto 6	110
Figura 32. Curvas de error para el sujeto 7	110
Figura 33. Curvas de error para el sujeto 8	110
Figura 34. Curvas de error para el sujeto 9	111
Figura 35. Curvas de error para el sujeto 10.....	111
Figura 36. Curvas de error promedio Et (%)	112
Figura 37. Curvas de ERD/ERS del sujeto 1.....	113
Figura 38. Curvas de ERD/ERS del sujeto 2.....	114
Figura 39. Curvas de ERD/ERS del sujeto 3.....	114
Figura 40. Curvas de ERD/ERS del sujeto 4.....	115
Figura 41. Curvas de ERD/ERS del sujeto 5.....	115
Figura 42. Curvas de ERD/ERS del sujeto 6.....	116
Figura 43. Curvas de ERD/ERS del sujeto 7.....	116

Figura 44. Curvas de ERD/ERS del sujeto 8.....	117
Figura 45. Representación gráfica de los resultados de la extracción de características en la señal EEG.....	120
Figura 46. Representación gráfica del análisis espectral de potencia realizada al canal C3 en el dominio de la frecuencia para el sujeto1.....	120
Figura 47. Representación gráfica del análisis de la señal EEG correspondiente al sujeto1.....	121
Figura 48. Representación gráfica del modelado del Brazo robótico de 3 grados de libertad.....	121
Figura 49. Representación del diagrama de control propuesto y desarrollado.....	122
Figura 50. Representación gráfica de los datos estadísticos descriptivos de la variable tarea metal.....	124
Figura 51. Representación gráfica de Histograma para el canal1.....	125
Figura 52. Representación gráfica de Histograma para el canal2.....	125
Figura 53. Representación gráfica de Histograma para la variable tarea mental.....	126
Figura 54. Representación gráfica del procesamiento de datos.....	127
Figura 55. Representación gráfica del procesamiento de datos.....	128
Figura 56. Representación gráfica de la prueba de Kolmogorov-Smirnov realizada en SPSS.....	128
Figura 57. Representación gráfica de la prueba de normalidad de los datos de la variable Tarea mental.....	129
Figura 58. Representación gráfica del procesamiento de datos para determinar el coeficiente de correlación.....	130
Figura 59. Representación gráfica del procesamiento de datos.....	131
Figura 60. Representación gráfica de los datos de correlación.....	132
Figura 61. Representación gráfica de la dispersión de la variable tarea mental.....	133

Figura 62. Diseño de la tarjeta electrónica de adquisición y control.....	142
Figura 63. Biosignal Amplifier - g. BSamp, dispositivo que se empleó para validar la tarjeta electrónica integrada desarrollada.....	143
Figura 64. Representación de la arquitectura de un microcontrolador ARM córtex M3.....	144
Figura 65. NI USB621, dispositivo empleado para la validación de la tarjeta electrónica integrada desarrollada.....	145
Figura 66. Extracción de características de una data EEG.....	145
Figura 67. Laboratorio de desarrollo y pruebas de la tesis de la Universidad de Málaga.....	146
Figura 68. Calibración de la tarjeta electrónica NI USB 6008, en el laboratorio de automatización de la Universidad Nacional de Ingeniería.....	147
Figura 69. Representación gráfica de las pruebas reales de desincronización de las curvas ERD/ERS realizada en el laboratorio Diana de la Universidad de Málaga-España.....	147
Figura 70. Representación gráfica del sistema internacional, empleada para los registros de EEG de la presente tesis.....	148
Figura 71. Representación del interfaz desarrollado para el control de brazo robótico de 3 grados de libertad.....	149
Figura 72. Representación del algoritmo de control, resultado del modelado 3D.....	150
Figura 73. Configuración de pines de entrada y salida del ADS 1299.....	150
Figura 74. Representación gráfica de configuración bipolar que se empleó durante el desarrollo de la tarjeta electrónica de la figura 7.....	151
Figura 75. Representación de datos estadísticos por canal de datos EEG.....	152
Figura 76. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 1 de datos EEG.....	152
Figura 77. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 2 de datos EEG.....	153

Figura 78. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 3 de datos EEG.....	153
Figura 79. Representación de datos estadísticos de distribución acumulada.....	154
Figura 80. Representación de datos estadísticos.....	154

I. INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema

BCI es un sistema de comunicación basado en el registro de señales cerebrales (EEG), siendo el electroencefalograma la base y soporte de la tecnología BCI. Fue, en el año 1929 que el neurólogo alemán Hans Berger, quien, por primera vez logro observar y registrar la actividad cerebral (variación de señales eléctricas) de un paciente en un galvanómetro, construyendo así los cimientos del estudio de la electroencefalografía.

BCI, es una novedosa tecnología, que permite la interacción del hombre con la máquina en un entorno virtual o físico, mediante un canal de comunicación entre el sistema nervioso central y un dispositivo. En los últimos años dichos sistemas han suscitado el interés de los importantes centros de investigación a nivel mundial. Actualmente existen diversos programas y proyectos enfocados en el desarrollo de la tecnología BCI en los diversos campos de la ciencia como la medicina, robóticos, industria militar, y la rehabilitación fisiológica.

Existen muchas enfermedades como la esclerosis amiotrófico lateral, severo y enfermedades neuromusculares que afectan el sistema nervioso periférico que con el tiempo dejan a las personas en un estado vegetativo, es decir pierden la capacidad motora de sus extremidades; con la tecnología BCI se tiene la posibilidad de recuperarlos mediante la creación de un canal de comunicación entre el cerebro y el ordenador. Actualmente en el Perú existen muchas personas con estas discapacidades por la que la tecnología BCI es una alternativa prometedora para mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades neuromusculares severas y discapacidades físicas.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Como el desarrollo del control de un brazo robótico con un sistema BCI, empleando procesamiento de señales cerebrales, pueda mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades físicas motoras?

1.1.3 Formulación de problemas específicos Problema específico 1

¿Con el control robótico se puede hacer mejoras adicionales para personas con dificultades motoras?

Problema específico 2

¿la implementación de la tecnología Brain Computer interface es viable en el Perú?

1.2 ANTECEDENTES

En el 2007 se creó un panel de expertos para estudiar el estado de la tecnología BCI en el mundo.

Se identificaron los siguientes aspectos. En primer lugar, hay esfuerzos en esta línea muy significativo en Estados

Unidos, Europa y en Asia, donde claramente la cantidad de investigación en esta materia es a aumentar. En segundo lugar, el estado actual de la BCI está, sino apunto, ya entrando en la generación de dispositivos médicos, aunque se espera que tenga una fuerte aceleración en áreas no técnicas y en entornos más comerciales como los videojuegos, la industria de automoción y la robótica.

En tercer lugar, los esfuerzos de los investigadores están orientados hacia las tecnologías invasivas en los Estados Unidos, las no invasivas en Europa y la sinergia entre los dos tipos de interfaces y la robótica en Japón.

En términos de financiación, en Europa se están proponiendo y desarrollando una gran cantidad de programas en gran medida orientados a dispositivos robóticos controlados con un sistema BCI. El rango de financiación para estas iniciativas es multidisciplinar y multifuncional, lo que hace que se logren amplios márgenes de financiamiento en relación a los programas estadounidenses y canadienses. En el caso de los Estados Unidos, se han empujado programas para desarrollar prótesis neural y BCIs, sin embargo, los fondos privados todavía no han tenido el impacto necesario para hacerse significativos. En está, se han lanzado iniciativas de financiación para apoyar empresas innovadoras y de transferencia de tecnología, pero se está lejos de llegar a prototipos para comercializar. En el caso Asia y en particular de China, se ha invertido en programas de ciencias biológicas e ingeniería, lo que ha hecho crecer la inversión en sistemas BCI y en áreas relacionados. En el caso de Japón, se está incrementando en gran medida los programas en institutos y laboratorios orientados hacia la inversión en BCI. En particular, Japón está enfocándose hacia aplicaciones no médicas siempre en relación con programas de robótica. Enfocando la atención en Europa, el programa director de la investigación en los próximos años en el "VII programa Marco de la EE.UU. (2007-2013)."En relación con las TIC Información and Communication Technologies en el programa de trabajo, el Challenge7: ICT for Independent Living, Inclusion and Governance reserva en Challege 7.2 exclusivo para interfaces BCI no invasivas (Esteller &Prades,2012). El desarrollo en el campo de la tecnología BCI en el Perú está en marcha, la Facultad de Ingeniería Electrónica e Informática de la Universidad Nacional Federico Villarreal tomo la iniciativa proponiendo la investigación y el desarrollo de esta tecnología a través de su centro de investigación en el año 2015 comprendiendo la importancia que esta tecnología representa

para la comunidad académica y la sociedad peruana, también existen investigación en este ámbito en otras universidades peruanas, así como en el sector privado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de control para un brazo robótico con un sistema BCI, empleando procesamiento de señales cerebrales.

1.3.2 Objetivos específicos Objetivo específico 1

Mejorar la dificultad motriz de las personas mediante el desarrollo de un brazo robótico.

Objetivo específico 2

Implementar la tecnología Brain Computer Interface

1.4 JUSTIFICACIÓN

Según la comisión Especial de Estudio sobre Discapacidades de enfermedades de tipo degenerativo del Perú, de acuerdo a las estadísticas las enfermedades neuromusculares afectan a 1 de cada 1,000 personas. En el Perú debe haber entre 25 y 30 mil personas afectadas, la tercera parte de ellos en Lima. Asimismo, las personas que aquejan de estos males se ven obligados a salir del país para poder tener un diagnóstico y tratamiento (CEEDIS,2004).

Recuperar o sustituir funciones motoras ha sido uno de las áreas más fascinantes pero frustrantes de las investigaciones del último siglo. La posibilidad de interconectar el sistema nervioso humano con un sistema robótico o Mecatrónico, y usar este concepto para recuperar alguna función motora, ha fascinado a los científicos e investigadores durante años. El paradigma típico de trabajo en un paciente con una lesión medular grave o una enfermedad neuromuscular crónica (esclerosis amiotrófica), que interrumpe el flujo de información neural

motora hacia las extremidades del cuerpo. Uno de los aspectos que ha permitido estos desarrollos ha sido el avance en tecnología BCI, dado que son sistemas que permiten traducir, decodificar en tiempo real la actividad cerebral, resultado del pensamiento en órdenes para controlar directamente dispositivos robóticos mediante un canal de comunicación directa desde el sistema nervioso central con los dispositivos , evitando el uso de los caminos neuronales que ya no cumplen su función transmisora debido a la presencia de enfermedades neuromusculares , esclerosis lateral amiotrófica, infarto cerebral, parálisis cerebrales o lesiones en la columna vertebral (Miguez,2011).

El desarrollo del sistema de control de un brazo robótico se basa en el monitoreo de las ondas Beta y Mu, principalmente debido a que éstas se relacionan con la acción e imaginación de los movimientos de la mano derecha e izquierda, existen diversos estudios que describen similitud en los patrones de señales EEG de seres humanos cuando realizan un MR (Movimiento Real) y la realización de IM(Imaginación de Movimientos), además las personas pueden aprender a controlar su amplitud realizando tareas mentales apropiadas.

1.5 HIPÓTESIS

El desarrollo del control de un brazo robótico, con un sistema Bci, empleando procesamiento de señales cerebrales, se puede emplear para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades físicas motoras.

II MARCO TEÓRICO

2.1 BASES TEÓRICAS SOBRE EL TEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1.1 Naturaleza de las señales EEG (Electro encefalograma)

Mucho se ha descubierto sobre la naturaleza de las señales EEG, pero todavía persisten muchos misterios.

Como un BCI se alimenta a partir de señales cerebrales el conocimiento de la naturaleza de éstas cumple un rol muy importante en el diseño del sistema. Por un lado, esto permite la selección de las señales que contienen la información apropiada y por otro, apoya el diseño de los algoritmos de procesamiento y extracción de características.

La falta de conocimiento de la naturaleza de las señales EEG impide el diseño de un BCI, ya que se ha mostrado en estudios que la utilización de técnicas tradicionales de procesamiento de señales no basta para generar resultados aceptables.

Un electroencefalograma es un registro de potenciales eléctrico del cerebro. Estos se adquieren a partir de sensores llamados electrodos que se fijan sobre el cuero cabelludo del sujeto, la función de un electrodo consiste en recoger pasivamente potenciales eléctricos provenientes de un banco de neuronas que se ubican principalmente en la corteza cerebral. El nivel de estas señales es del orden de los micro voltios. La razón señal a ruido debe mantenerse lo más alta posible durante esta adquisición. Es por esta razón que un electrodo se construye a partir de un material altamente conductor, como Oro (Au), plata (Ag), o cloruro de plata (AgCl), además entre el cuero cabelludo del sujeto y el electrodo se utilizan pasta conductora para asegurar una buena conductividad.

Los últimos avances en esta tecnología han dado origen a los electrodos activos, que poseen

un microcircuito eléctrico en el propio electrodo para mejorar la calidad de la señal adquirida. Tras la captura del potencial eléctrico, este es amplificado por un factor de ganancia del orden de 20 000 y luego digitalizado (Ortega,2005).

2.1.2 Sistema internacional 10-20

El sistema 10 / 20 o sistema internacional, es un método reconocido internacionalmente para describir y aplicar la ubicación de los electrodos en el cuero cabelludo para realizar ensayos o experimentos para registrar las señales electroencefalogramas (EEG).

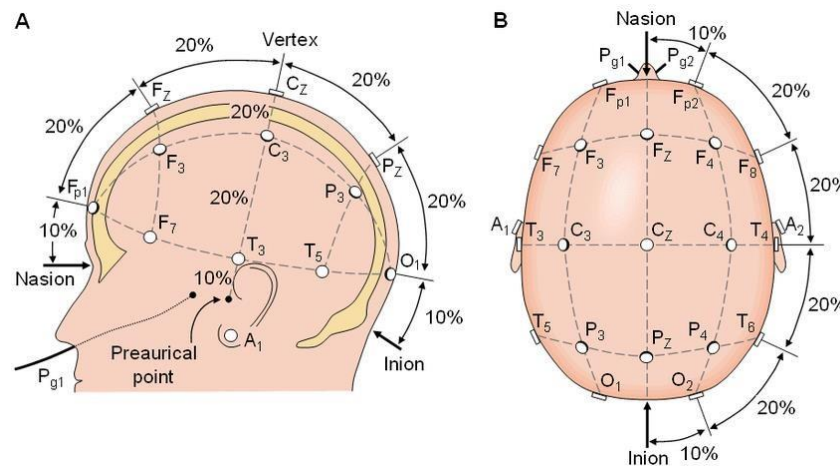


Figura 1. Sistema Internacional 10-20 para la colocación de los electrodos extra craneales. Las letras señalan el área (Fp, prefrontal; F, frontal; C, central; P, parietal; T, temporal y O, occipital), mientras que los números designan el hemisferio (pares del derecho, nones del izquierdo) y los electrodos de la línea media se señalan con una " z "; por lo que Fz se encuentra frontalmente en la línea media.

2.1.3 Ondas cerebrales motoras

Ritmo Beta asociada a un estado de concentración mental, su banda de frecuencia es desde los 12Hz hasta los 30Hz con una amplitud en micro voltios (uV) que va desde 5 hasta 30.

Ritmo Mu asociados con las funciones motoras del cerebro, su banda de frecuencia es desde los 8Hz hasta los 13Hz con una amplitud en micro voltios (uV) que va desde 20 hasta 50.

2.1.4 Registro de señales EEG

Esta etapa consiste en registrar las señales eléctricas de la actividad cerebral asociado a los ritmos sensorio motoras” Beta y Mu” empleando el sistema internacional 10/20, para el registro de dichas señales se eligen tres canales “Cz, C3 Y C4” cada canal con una configuración en modo bipolar.

2.1.5 Sujeto

El sujeto realiza tareas mentales asociadas con el movimiento y de reposo con la finalidad de controlar el brazo robótico.

2.1.6 Acondicionamiento de señales EEG

Las señales fisiológicas registradas son atenuadas y amplificadas (acondicionamiento de la señal) empleando un amplificador diferencial con la finalidad de mejorar la calidad de la señal registrada, cabe mencionar que la amplificación de estas es de suma importancia, para su posterior pre procesado, procesado y determinación de las bandas reactivas relacionados con los movimientos.

2.1.7 Extracción de características

Una vez adquiridas y muestreada las señales, se procede con la etapa de procesamiento con la finalidad eliminar los artefactos como EOG, EMG que no son de nuestro interés. Empleando un filtrado adaptivo para mejorar la calidad y determinar la banda reactiva se emplea FFT (Fast Fourier Transformers) con la finalidad de extraer los parámetros que caracterizan los ritmos sensor motora Mu y Beta relacionados con la tarea mental de imaginación de movimiento, los parámetros que están relacionados con la imaginación de movimientos son patrones que pasaran a la siguiente etapa para alimentar al clasificador.

2.1.8 Clasificación

El vector característica parametrizado es analizado y etiquetado. Esta clasificación se basa en la decodificación y el reconocimiento de los patrones que caracterizan a las tareas mentales relacionados con la imaginación de movimientos dando como respuesta un conjunto de comandos etiquetados que ejecutan una acción de control sobre el dispositivo robótico.

La clasificación se fundamenta de una red neuronal auto organizado que cumple la función de determinar si la tarea mental del sujeto corresponde a una u otro clase del estado del sujeto.

2.1.9 Acción de control

Los comandos etiquetados se decodifican y se transforman en ordenes que activaran el sistema de control del brazo robótico, en función a un Feedback.

2.1.10 Robótica

La robótica es la rama de la Ingeniería mecatrónica, de la Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica, de la Ingeniería mecánica, de la Ingeniería biomédica, y de las ciencias de la computación, que se ocupa del diseño, construcción operación, estructura, manufactura, y aplicación de los robots.

2.1.11 Cinemática directa

La solución al problema de la cinemática directa consiste en encontrar el valor de la posición final del robot manipulador, esta solución es una función de los valores articulares, es decir, el valor traslacional o rotativo de las articulaciones. En la actualidad existen diferentes métodos para resolver este problema, pero en el caso presente se hizo uso de las matrices de transformación homogénea, usando el método de la representación sistemática de Denavit- Hartenberg. Aunque la cinemática del robot se puede solucionar geoméricamente, el método propuesto ofrece la ventaja de conocer tanto la posición final de manipulador como la posición de cada una de sus articulaciones.

2.1.12 Cinemática inversa

La cinemática inversa de un manipulador es un término usado para denotar el cálculo de los valores articulares (ángulos de las juntas) del manipulador, necesario para posicionar un punto en el espacio referenciado al sistema de coordenadas global del manipulador. Para este caso, se calculan los valores de θ_1 , θ_2 y θ_3 basado en el punto P_x , P_y y P_z .

2.1.13 Transformada rápida de Fourier

Una transformada rápida de Fourier (FFT) es un algoritmo que muestrea una señal en un período de tiempo (o espacio) y la divide en sus componentes de frecuencia. [1] Estos componentes son oscilaciones sinusoidales únicas en distintas frecuencias, cada una con su propia amplitud y fase. Esta transformación se ilustra en el Diagrama 1. Durante el período de tiempo medido en el diagrama, la señal contiene 3 frecuencias dominantes distintas. Un algoritmo de FFT calcula la transformada discreta de Fourier (DFT) de una secuencia, o su inversa (IFFT). El análisis de Fourier convierte una señal de su dominio original en una representación en el dominio de frecuencia y viceversa. Una FFT computa rápidamente tales transformaciones al factorizar la matriz DFT en un producto de factores dispersos (mayormente cero). [2] Como resultado, logra reducir la complejidad de calcular el DFT. Las transformadas rápidas de Fourier son ampliamente utilizadas para muchas aplicaciones en ingeniería, ciencias y matemáticas. Las ideas básicas se popularizaron en 1965, pero algunos algoritmos se habían derivado ya en 1805. [3] En 1994, Gilbert Strang describió la FFT como "el algoritmo numérico más importante de nuestra vida" [4] [5] y fue incluido en los 10 principales algoritmos del siglo XX por la revista IEEE Computing in Science & Engineering

Definición.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot k \cdot n} = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_N^{k \cdot n}$$

$$0 \leq k \leq N$$

donde

$$W_N = e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N}} \quad \text{y} \quad W_N^{k \cdot n} = e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot k \cdot n}$$

$$W_N^{k \cdot n} = e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot k \cdot n} = \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot k \cdot n\right) - j \cdot \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot k \cdot n\right)$$

		0	1	2	3	4	5	6	7
Va	0	1	1	1	1	1	1	1	1
lor	1	1	$\frac{1-j}{\sqrt{2}}$	-j	$\frac{-1-j}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1+j}{\sqrt{2}}$	j	$\frac{1+j}{\sqrt{2}}$
de	2	1	-j	-1	j	1	-j	-1	j
k	3	1	$\frac{-1-j}{\sqrt{2}}$	j	$\frac{1-j}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{1+j}{\sqrt{2}}$	-j	$\frac{-1+j}{\sqrt{2}}$
	4	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	5	1	$\frac{-1+j}{\sqrt{2}}$	-j	$\frac{1+j}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{1-j}{\sqrt{2}}$	j	$\frac{-1-j}{\sqrt{2}}$
	6	1	j	-1	-j	1	j	-1	-j
	7	1	$\frac{1+j}{\sqrt{2}}$	j	$\frac{-1+j}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1-j}{\sqrt{2}}$	-j	$\frac{1-j}{\sqrt{2}}$

Figura 2. la figura representa los valores que n toma se en cuenta para los cálculos de la periodicidad de FFT.

Desarrollo intuitivo Para mostrar el algoritmo de la FFT empecemos por

elegir un número de muestras $N = 2^m$ donde m es un número entero.

Estudiemos el caso de $N=4$

$$\{x[0], x[1], x[2], x[3]\} \leftarrow \{X[0], X[1], X[2], X[3]\}$$

$$\left. \begin{aligned}
 X[0] &= x[0] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[1] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[2] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[3] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} \\
 X[1] &= x[0] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[1] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 1} + x[2] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 2} + x[3] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 3} \\
 X[2] &= x[0] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[1] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 2} + x[2] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 4} + x[3] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 6} \\
 X[3] &= x[0] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 0} + x[1] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 3} + x[2] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 6} + x[3] \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{4} \cdot 9}
 \end{aligned} \right\}$$

Figura 3. Representación de las ecuaciones de la FFT.

2.1.14 Sistema de control de Lazo cerrado en BCI a desarrollar

Un sistema de Lazo cerrado es un sistema BCI que cuenta con un Feedback

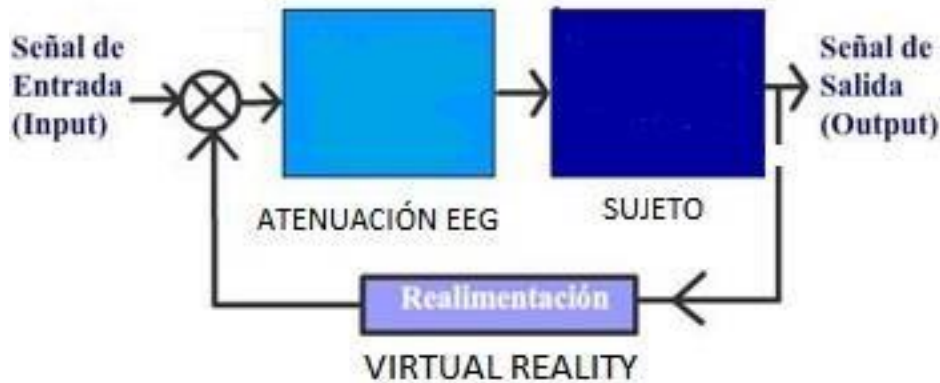


Figura 4. Diagrama de un sistema BCI de lazo cerrado.

2.1.15 Redes Neuronales Biológicas

Las redes neuronales (también conocidas como sistemas conexionistas) son un modelo computacional basado en un gran conjunto de unidades neuronales simples (neuronas artificiales), de forma aproximadamente análoga al comportamiento observado en los axones de las neuronas en los cerebros biológicos¹. Cada unidad neuronal está conectada con muchas otras y los enlaces entre ellas pueden incrementar o inhibir el estado de activación de las neuronas adyacentes. Cada unidad neuronal, de forma individual, opera empleando funciones de suma. Puede existir una función limitadora o umbral en cada conexión y en la propia unidad, de tal modo que la señal debe sobrepasar un límite antes de propagarse a otra neurona. Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícita, y sobresalen en áreas donde la detección de soluciones o características es difícil de expresar con la programación convencional.

Un mapa auto-organizado (SOM por sus siglas en inglés) o un mapa auto-organizado de

características (SOFM por sus siglas en inglés) es un tipo de red neuronal artificial (ANN por sus siglas en inglés), que es entrenada usando aprendizaje no supervisado para producir una representación discreta del espacio de las muestras de entrada, llamado mapa. Los mapas auto-organizados son diferentes de otras redes neuronales artificiales, en el sentido que estos usan una función de vecindad para preservar las propiedades topológicas del espacio de entrada. Los SOMs son útiles para visualizar vistas de baja dimensión de datos de alta dimensión, semejante a un escalado multidimensional. El modelo fue descrito por primera vez como una red neuronal artificial por el profesor finlandés Teuvo Kohonen, debido a lo cual en ocasiones son llamadas redes o mapas de Kohonen.¹²

Al igual que la mayoría de las redes neuronales artificiales, los SOMs operan en dos modos: entrenamiento y mapeo. En el entrenamiento construye el mapa usando ejemplos entrenantes, mientras que en el mapeo clasifica una nueva entrada. Un mapa auto-organizado consiste en componentes llamadas nodos o neuronas. Asociado con cada neurona hay un vector de pesos, de la misma dimensión de los vectores de entrada, y una posición en el mapa. La configuración usual de las neuronas es un espacio regular de dos dimensiones, en una rejilla hexagonal o rectangular. Los mapas auto-organizados describen un mapeo de un espacio de mayor dimensión a uno de menor dimensión. El procedimiento para ubicar un vector del espacio de los datos en el mapa es encontrar la neurona con el vector de pesos más cercano (menor distancia métrica) al vector del espacio de los datos. Mientras que es típico considerar este tipo de estructura de la red de la misma familia que las redes con retro-alimentación, donde los nodos son visualizados como si estuvieran adheridos, este tipo de arquitectura es diferente en configuración y motivación.

Existen extensiones útiles que incluyen el uso de rejillas toroidales donde los ejes opuestos son conectados y usan un gran número de neuronas. Se ha demostrado que mientras los SOMs con un pequeño número de neuronas tienen un comportamiento similar a las K-medias, los grandes mapas auto-organizados reconfiguran los datos de forma fundamentalmente topológica en carácter. Es también común el uso de matrices U.³ El valor de la matriz U de una neurona en particular es la distancia promedio entre la neurona y sus vecinos más cercanos.⁴ Por ejemplo en una rejilla cuadrada se deben considerar cercanos 4 u 8 neuronas, según las vecindades de Von Neumann y Moore respectivamente.

En grandes SOMs aparecen propiedades emergentes. En mapas compuestos por cientos de neuronas es posible desarrollar operaciones de agrupamiento en el propio mapa (Wikipedia,2018).

2.1.16 Algoritmo de aprendizaje (SOM)

El objetivo del aprendizaje en los mapas auto-organizados es provocar que diferentes partes de la red respondan similarmente a ciertos patrones de la entrada. Esto es parcialmente motivado por el manejo en partes separadas de la corteza cerebral del cerebro humano de la información sensorial, como la visual y la auditiva.

Los pesos de las neuronas son inicializados con un pequeño valor aleatorio o muestreados uniformemente de un subespacio generado por los dos mayores vectores propios. Con la segunda alternativa el aprendizaje es mucho más rápido puesto que los pesos iniciales ya dan una buena aproximación de los pesos reales.

La red debe ser alimentada con un gran número de ejemplos entrenantes que representen, tan bien como sea posible, la naturaleza de los vectores esperados durante el mapeo. Los ejemplos

usualmente son administrados varias veces de forma iterativa.

El entrenamiento utiliza aprendizaje competitivo. Cuando un ejemplo entrenante es presentado a la red, su distancia euclidiana a todos los vectores de pesos es calculada. La neurona cuyo vector de pesos es más similar a la entrada es llamada unidad de mejor correspondencia (BMU por sus siglas en inglés). Los pesos del BMU y las neuronas cercanas al mismo en la cuadrícula del SOM son ajustados hacia el vector de entrada. La magnitud de los cambios se decrementa con el tiempo y con la distancia desde el BMU. La fórmula para actualizar una neurona con vector de peso $Wv(s)$ es

$W(s + 1) = Wv(s) + \theta(u, v, s)\alpha(s)(D(t) - Wv)$, donde s es el índice del paso, t es el índice dentro del conjunto entrenante, u es el índice de BMU para $D(t)$, $\alpha(s)$ es el coeficiente monótonamente decreciente de aprendizaje y $D(t)$ es el vector de entrada; se asume que v visite todas las neuronas para cada valor de s y t . Dependiendo de la implementación, t puede barrer el conjunto de entrenamiento sistemáticamente, puede ser escogido aleatoriamente del conjunto de entrenamiento (bootstrap sampling), o mediante otro método de muestreo (como jackknife).

La función de vecindad $\theta(u, v, s)$ depende de la distancia de cuadrículas entre la BMU (neurona u) y la neurona v . De forma simple se le da el valor 1 a todas las neuronas suficientemente cerca de BMU y 0 a las otras, pero es más común elegir una función gaussiana. Independientemente de la forma funcional, la función de vecindad se contrae con el tiempo. Al inicio, cuando la vecindad es completa, la auto-organización tiene lugar a escala global. Cuando la vecindad ha sido ajustada a solo unas cuantas neuronas, los pesos irán convergiendo a estimaciones

locales. En algunas implementaciones, el coeficiente de aprendizaje, α , y la función de vecindad, θ , decrecen de manera constante con el incremento de s , en otras (en particular aquellas donde t explora rápidamente el conjunto de entrenamiento) el decrecimiento ocurre más lentamente.

Este proceso es repetido para cada vector de entrada un número de ciclos, λ , usualmente grande.

La red va asociando las neuronas de salida con grupos o patrones en el conjunto de entrenamiento.

Si estos patrones son nombrados, los nombres pueden ser anexados con las neuronas asociadas en la red de entrenamiento.

Durante el mapeo, solo existirá una neurona ganadora, la neurona cuyo vector de pesos se encuentre más cerca del vector de entrada. Esto puede ser determinado de forma simple calculando la distancia euclidiana entre el vector de entrada y los vectores de pesos (Wikipedia,2018).

2.1.17 Variables

Las variables necesitadas en los mapas auto-organizados son resumidas

- s es la iteración actual.
- λ es la cantidad total de iteraciones.
- t es el índice del vector de entrada en el conjunto de datos de entrada.
- $D(t)$ es un vector de entrada de índice t del conjunto de datos de entrada.
- v es el índice de una neurona en el mapa.
- Wv es el vector de pesos de la neurona v .
- u es el índice del BMU en el mapa.
- $\theta(u, v, s)$ es la función de vecindad.
- $\alpha(s)$ es un restrictor de aprendizaje debido al progreso de las iteraciones.

2.1.18 Banda reactiva

El procesamiento sensorial, cognitivo y motor puede provocar cambios en el EEG en curso en forma de desincronización relacionada con un evento (ERD) o sincronización relacionada con un evento (ERS). Ambos fenómenos tienen bloqueo de tiempo, pero no están sincronizados con el evento y son altamente específicos de banda de frecuencia. El ERD se interpreta como un correlato de un área cortical activada con mayor excitabilidad y el ERS en las bandas alfa y beta inferior puede interpretarse, al menos en ciertas circunstancias, como un correlato de un área cortical desactivada. El mapeo espacial de ERD / ERS se puede utilizar para estudiar la dinámica de los patrones de activación cortical (Neuper, Wörtz, & Pfurtscheller,2006).

2.1.19 ADS1299

Los dispositivos ADS1299-4, ADS1299-6 y ADS1299-8 son una familia de conversores analógico a digital delta-sigma ($\Delta\Sigma$) de cuatro, seis y ocho canales, de bajo ruido, de 24 bits, de muestreo simultáneo (ADC) con un amplificador de ganancia programable (PGA) incorporado, referencia interna y un oscilador integrado. El ADS1299-x incorpora todas las características comúnmente requeridas para aplicaciones de electroencefalograma extra craneal (EEG) y electrocardiografía (ECG). Con sus altos niveles de integración y rendimiento excepcional, el ADS1299-x permite la creación de sistemas de instrumentación médica escalables a un tamaño, potencia y costo general significativamente reducidos (Texas Instrument,2016).

Para el desarrollo de la tarjeta electrónica de adquisición en la presente tesis, se seleccionó el ADS1299-8 de ocho canales, resolución de 24 bits, ganancia programable de 24.

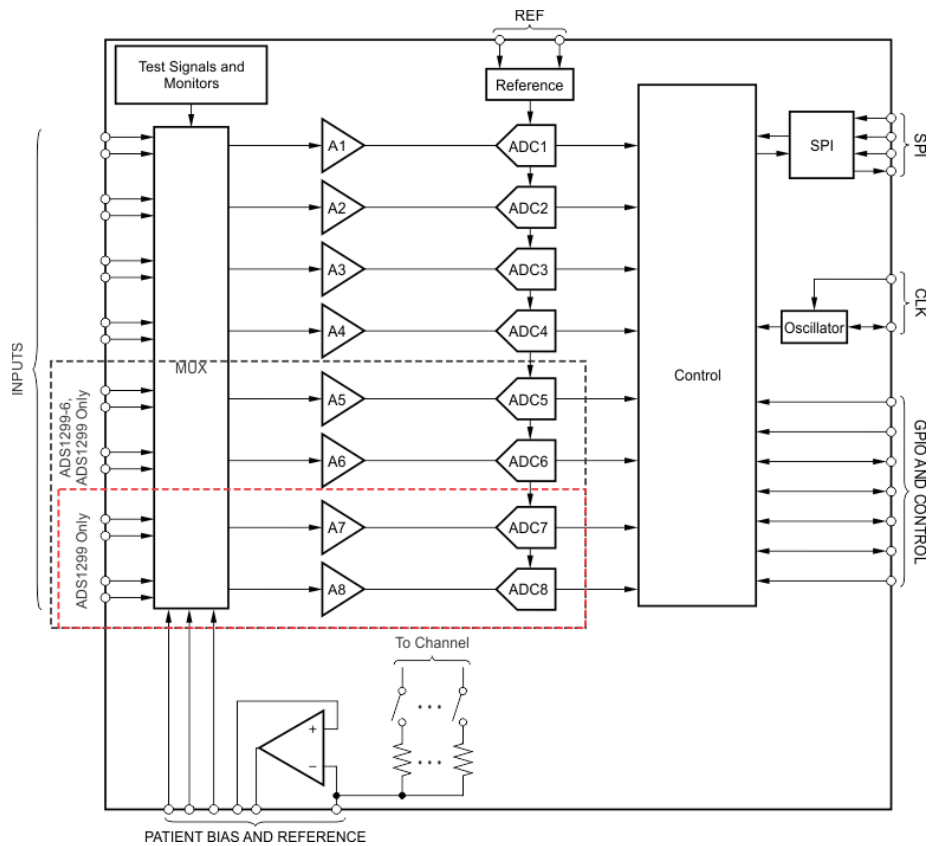


Figura 5. Diagrama funcional del ADS1299.

2.1.19.1 Interface SPI del dispositivo electrónico ADS1299

La interface serial compatible con SPI consiste en cuatro señales: CS, SCLK, DIN y DOUT. La interface lee los datos de conversión, lee y escribe en los registros, y controla el funcionamiento ADS1299. La salida DRDY se utiliza como una señal de estado para indicar cuando los datos están listos.

2.1.20 ATSAM3X8E

El Atmel SAM3X8E es un Core - ARM Cortex-M3 revisión 2.0 que funciona a hasta 84 MHz
 Unidad de protección de la memoria (MPU) - Conjunto de instrucciones Thumb-2 - Contador SysTick de 24 bits - Memorias del controlador de interrupciones de vectores

anidados - De 128 a 512 Kbytes Flash incorporado, acceso amplio de 128 bits, acelerador de memoria, banco doble: de 32 a 100 Kbytes SRAM incorporado con bancos dobles - ROM de 16 Kbytes con cargador de arranque integrado (UART, USB), rutinas IAP - Controlador de memoria estática (SMC): SRAM, NOR, soporte NAND. - Sistema de controlador SDRAM - Regulador de voltaje integrado para operación de suministro único - POR, BOD y Watchdog para restablecimiento seguro - Osciladores de cuarzo o resonador cerámico: 3 a 20 MHz principal y opcional de baja potencia 32,768 kHz para RTC o reloj del dispositivo. - Oscilador RC interno de alta precisión de 8/12 MHz ajustado en fábrica - Reloj lento Reloj oscilante RC interno como reloj de dispositivo en modo de bajo consumo de energía permanente - PLL para reloj de dispositivo, PLL para USB 2.0 HS OTG - Sensor de temperatura - Hasta 17 DMA periféricos (PDC) Canales y 6-chn. DMA central más DMA dedicado para HS USB OTG y Ethernet MAC Modos de bajo consumo: modo de suspensión, respaldo. - Dominio de respaldo: pin VDDDBU, RTC, 8 registros de respaldo de 32 bits - Periféricos RTC de potencia ultra baja - Dispositivo USB 2.0 / Mini Host OTG - Hasta 4 USART (ISO7816, IrDA, control de flujo, SPI, Manchester, soporte LIN) -UART
 2 TWI (compatible con I2C), hasta 6 SPI, 1 SSC (I2S), 1 HSMCI (SDIO / SD / MMC) - 9- Chn. Temporizador / contador (TC) de 32 bits para captura, comparación y modo PWM, lógica de decodificación en cuadratura y contador / retroceso de gris de 2 bits para motores paso a paso: hasta 8 canales. PWM de 16 bits (PWMC) con salida complementaria, entrada de fallas, contador de generador de tiempo muerto de 12 bits para control de motor - Temporizador de tiempo real (RTT) de 32 bits y RTC con funciones de calendario y alarma
 - ADC (16-chn. 12-bit 1Msps) - DAC (2-chn. 12 bit 1 MSPS) - Ethernet MAC 10/100

(EMAC) - 2 Controlador CAN - Generador de números aleatorios verdaderos (TRNG) I / O

- Hasta 164 líneas de E / S - Arriba a 6 entradas / salidas paralelas de 32 bits (Atmel2016).

III. MÉTODO

La metodología de trabajo empleado para el desarrollo de la presente tesis, tenemos, primero recopilación y análisis de información EEG, segundo procesamiento de información, tercero implementación de la información, ello implica el desarrollo de la tarjeta electrónica integrada, desarrollo de los algoritmos de adquisición, procesado, clasificación y control en lenguaje C, cuarto el tipo de investigación, delimitación espacial temporal, las variables, la población y muestra, y por último el desarrollo integro de la investigación como tal.

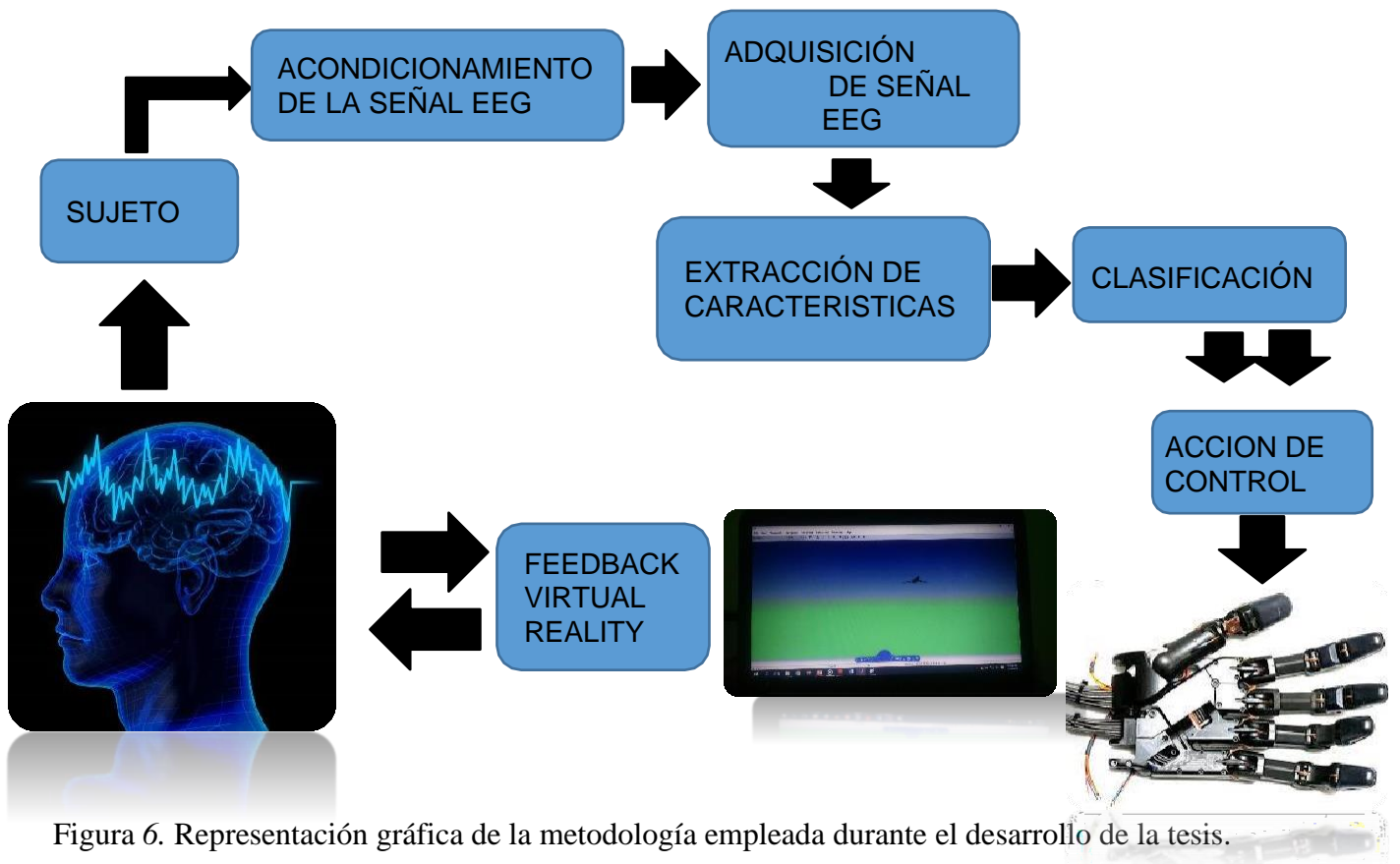


Figura 6. Representación gráfica de la metodología empleada durante el desarrollo de la tesis.

3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En esta etapa se realiza una recopilación y análisis de información relevante para cumplir con el objetivo general de la tesis, en esta fase se realiza un estudio sobre la adquisición, procesamiento de las señales correspondientes a los ritmos sensorio motoras Beta y Mu, para cumplir con ello se emplea búsqueda de investigaciones relacionados con nuestra línea de investigación.

3.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

En esta etapa ya teniendo la información de los ritmos sensorio motoras registradas, se procede a implementar algoritmos como FFT, wavelets en la tarjeta electrónica, con la finalidad de realizar un análisis espectral de las señales EEG en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo respectivamente, para su posterior etiquetado.

3.3 IMPLEMENTACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta etapa la información EEG registrada, procesada y etiquetada ya clasificada de acuerdo a la relevancia para las respectivas funciones y operaciones requeridas para el proyecto se procede a su implementación empleando sensores (electrodos de plata), dispositivos electrónicos (NI USB 6210, microcontroladores y actuadores), así como la tarjeta electrónica desarrollada, es decir se integra todo los sub sistemas para lograr el objetivo general del proyecto.

3.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación de tesis es aplicada y cuantitativa, ello en función a las variables del tipo continuas y objetivos planteados

3.5 ÁMBITO ESPACIAL Y TEMPORAL

3.5.1 Delimitación espacial.

La presente investigación de tesis se desarrolló en los establecimientos de la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Universidad Nacional de Ingeniería situadas en la ciudad de Lima, así como en los laboratorios de la universidad de Málaga, contando con la participación de los docentes y centros de investigación para tal efecto.

3.5.2 Delimitación temporal.

El presente proyecto de tesis tiene un periodo de desarrollo de 8 meses, iniciándose el desarrollo de la tesis con fecha de 16 de agosto del año 2017, culminándose el 17 de marzo del 2018.

3.6 VARIABLES DE LA DE INVESTIGACIÓN

Nuestras Variables en la presente investigación de tesis son

- Tarea mental de reposo, $T_0 \leq T_1 \leq T_2$
- Tarea mental de movimiento, $T_2 \leq T_3 \leq T_4$
- Frecuencia de muestreo $0 < f_s < 2f_s$, $f_s = 256\text{Hz}$
- El tiempo $0 < T < 9\text{s}$, $T = 8\text{s}$
- Angulo de articulación del Brazo Robótico $\theta_1, \theta_2, \theta_3$
- Volumen de trabajo V1 del Brazo Robótico
- Coordenada Px del efector del Brazo Robótico
- Coordenada Py del efector del Brazo Robótico
- Coordenada Pz del efector del Brazo Robótico

3.7 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1 Población

La población seleccionada para el desarrollo del presente proyecto de investigación son 40 datas de EEG (DIANA,2017) que corresponden a cuarenta sujetos que se registró en la Universidad de Málaga, y 10 datas EEG de 10 alumnos de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.7.2 Muestra

La técnica de muestreo seleccionada para la presente investigación de tesis es, no probabilístico de tipo conveniencia (**Otzen & Manterola,2017**). Son 10 datas de EEG que corresponde a 10 sujetos, con la que se realizó los estudios y pruebas correspondientes para cumplir con los objetivos propuestos.

3.8 INSTRUMENTOS

Los Instrumentos y dispositivos electrónicos que se emplearon para desarrollar el proyecto de investigación, se detallan a continuación.

- Una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments el NI USB 6210.
- Electrodo activo de baja impedancia (AgCl)
- Ordenador portátil Toshiba.
- Biosignal Amplifier - g. BSamp. de 16 canales diferenciales.
- Arduino Nano de procesador Atmega 328.
- Un módulo L298n
- Un módulo relé de 5vdc
- Un motor Polulu con encoders, de 12 VDC

- Un osciloscopio digital de dos canales marca Hameg.
- Tarjeta electrónica de adquisición y control desarrollada

3.8.1 Electroodos

Los sensores empleados para la adquisición de señales cerebrales son los electrodos de plata (Ag) y el cloruro de plata (ClAg.).

Para el registro de las señales eléctricas del cerebro (ritmos sensorio motoras) durante la acción de una determinada tarea mental relacionada con la imaginación del movimiento, empleamos electrodos que son ubicadas de acuerdo al sistema internacional 10/20 en configuración bipolar.

3.8.2 Arduino Nano

El Arduino nano es un módulo de control que tiene un procesador de la gama Atmega 328, ideal para realizar pruebas e implementación de prototipos.

3.8.3 Modulo L298n

Placa para control de motores mediante el chip L298N, de doble H-Bridge, que permite manejar dos motores de corriente continua o uno de paso a paso.

3.8.4 Osciloscopio

El osciloscopio es un dispositivo electrónico que se empleada para realizar las mediciones de los parámetros de voltaje y corriente en un circuito electrónico y eléctrico.

3.8.5 NI USB 6210

El NI USB 6210, es un dispositivo de adquisición de datos de la empresa National Instrument, que se empleó durante el desarrollo de la presente tesis para la validación de la data EEG registrada por la tarjeta electrónica desarrollada.

3.9 PROCEDIMIENTO

El desarrollo del sistema de control de un brazo robótico se basa en el monitoreo de las ondas cerebrales Beta y Mu, principalmente debido a que éstas se relacionan con la acción e imaginación de los movimientos de la mano derecha e izquierda, así como de los pies, existen diversos estudios que describen similitud en los patrones de señales EEG de seres humanos cuando realizan un MR (Movimiento Real) y la realización de IM (Imaginación de Movimientos), además las personas pueden aprender a controlar su amplitud realizando tareas mentales apropiadas, por lo que el MR podría ser empleado para entrenar el control del brazo robótico, ya que es posible tener la certeza de que el usuario realizó movimiento.

3.9.1 Diseño de la Tarjeta electrónica para el sistema BCI y el control

Para cumplir con los objetivos de esta tesis se ha desarrollado una tarjeta electrónica en donde se implementará los algoritmos de adquisición, procesamiento y clasificación de señales EEG. Esta tarjeta permitirá traducir los pensamientos de imaginación motora en comandos de control que se asociaran al controlador del brazo robótico para realizar una función específica. La tarjeta electrónica consta de dos partes, analógica y digital. La parte analógica presenta un circuito integrado conversor análogo digital ADS1299 diseñado para captar señales bioeléctricas, aparte de ello tiene configurado una ganancia programable para amplificar señales a escalas de micro voltios para luego digitalizarlas; este circuito integrado cuenta con 8 canales que se ha configurado en modo diferencial para cumplir con los objetivos de esta tesis. La parte digital consta de dos microcontroladores el Atmega 128RFA1 de 8bits y el ARM CORTEX M3 Atsam3x8e de 32 bits, el Atmega128RFA1 gestiona la data digitalizada de las señales EEG previamente amplificadas haciendo uso del ADS1299, que posee una

resolución de 24 bits y los almacena en buffers y los envía a la computadora para un procesamiento off line mediante un protocolo de comunicación inalámbrica. El ads1299 posee un protocolo de comunicación SPI (Serial Peripheral Interface) que se utiliza para configurar los registros desde un microcontrolador, el Atmega128RFA1.

El procesador ARM C3rtex M3 de 32 bit ATSAM3X8E, se seleccion3, para realizar las funciones de procesamiento y clasificaci3n, en esta primera etapa se implementando el algoritmo FFT que realiza un an3lisis de la densidad espectral en potencia de los ritmos sensorio motoras correspondientes a la tarea mental de reposo e imaginaci3n de movimiento, para cumplir dicho objetivo se emple3 librerías de C3rtex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS).

Para el an3lisis espectral de Potencia de la data EEG Online, se implement3 el algoritmo FFT desarrollado en lenguaje c, para ello se us3 un microcontrolador ARM CORTEX M3 con arquitectura **pipeline** de 32bits, integrado en la tarjeta electr3nica desarrollada con fines de Procesamiento de Se3ales Digitales (DSP).

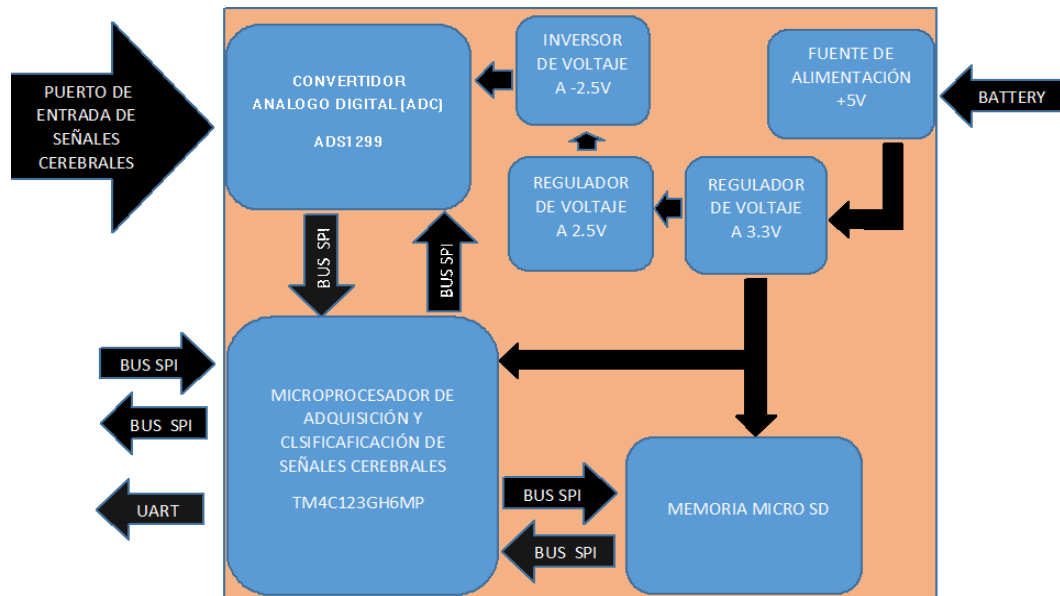


Figura 7. Dise3o de la tarjeta electr3nica de adquisici3n, procesamiento y control.

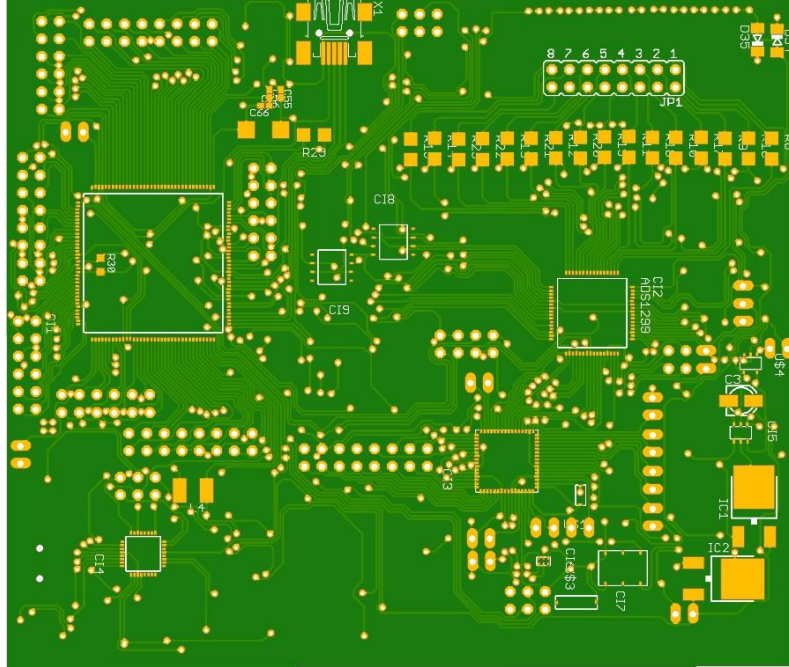


Figura 8 representación gráfica de la tarjeta electrónica desarrollada para cumplir con los objetivos planteados, esta tarjeta integra los algoritmos de adquisición, procesado online, clasificación de las dos tareas mentales.



Figura 9. Representación gráfica de la tarjeta electrónica desarrollada para el desarrollo de la presente tesis.

3.9.2 Implementación en hardware desarrollado, de los algoritmos de adquisición, procesado, clasificación y control.

En este apartado se abarca el proceso de implementación en la tarjeta electrónica integrada los algoritmos de adquisición, procesado, clasificación y control.

Los datos EEG ya digitalizados y atenuados por el ADS 1299, es gestionada por el microprocesador, el ATmega128RFA1, mediante el protocolo de comunicación SPI y los envía al Atsam3x8e por el protocolo de comunicación SPI, para su posterior procesamiento y clasificación.

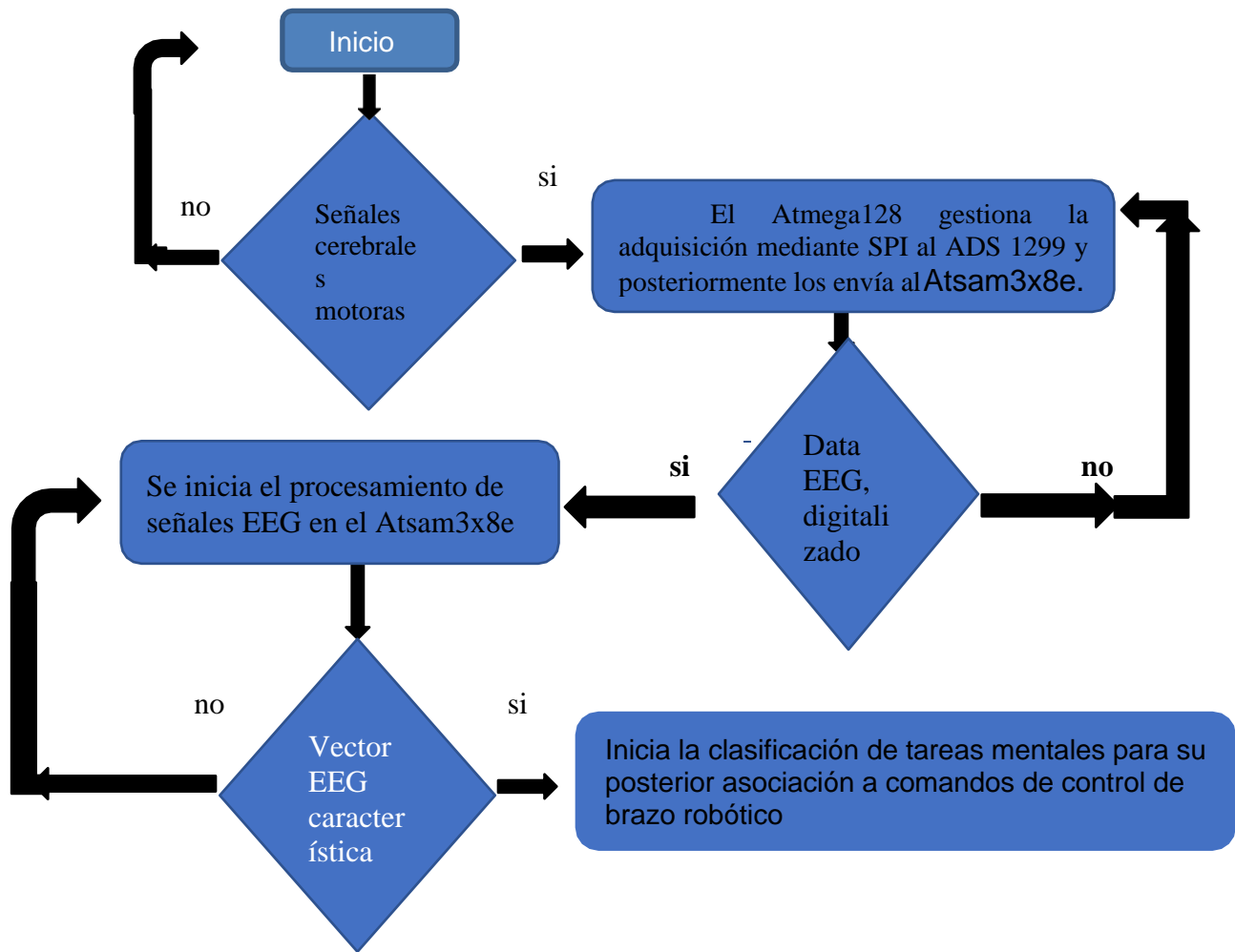


Figura 10. Diagrama de flujo del sistema desarrollado.

3.9.3 Registro de señales EEG para el desarrollo del trabajo de la tesis

Consiste en el registro de las señales eléctricas de la actividad cerebral entre dos puntos específicos del cerebro (C3, C4 y Cz), empleando el sistema internacional (10/20) a través de electrodos activos especiales que tengan baja resistividad y alta conductividad, empleando para ello un método no invasivo, para mejorar la conductividad entre el cuero cabelludo y los electrodos se emplea pasta conductora (PASTE para EEG).



Figura 11. podemos observar un casco EEG/EP Brain-gtec con sus respectivos electrodos de plata.

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Málaga por intermedio del Doctor Ricardo Ron Angevin responsable del grupo de investigación DIANA y el Doctor Gonzalo Joya Caparros director de la ETSIT, me brindaron la instrumentación requerida para validar la tarjeta de adquisición y amplificación de las señales EEG desarrollada, además me brindó los accesos a los laboratorios y los servicios

académicos que se imparten en la ETSIT desde el primer día de presentación en la ETSIT. Para la adquisición de datos se desarrolló un algoritmo en Matlab y Atmel Studio para registrar la actividad eléctrica del cerebro, para lograr el objetivo se empleó una tarjeta de adquisición de datos de National Instruments el NI USB 6210, así como la tarjeta electrónica desarrollado. Ver figura 7. Para desarrollar el algoritmo de adquisición de datos en tiempo real primeramente realice una investigación minuciosa en función a la metodología de trabajo de esta tesis, relacionada con la adquisición de señales analógicas empleando la tarjeta de National Instrument y el dispositivo ADS1299, además cabe mencionar que se instaló drivers para el interfaz con Matlab. La adquisición de datos lo desarrolle utilizando el DAQ de MATLAB y la Tarjeta electrónica integrada, a continuación, definiremos todas las funciones y sus propiedades empleadas.

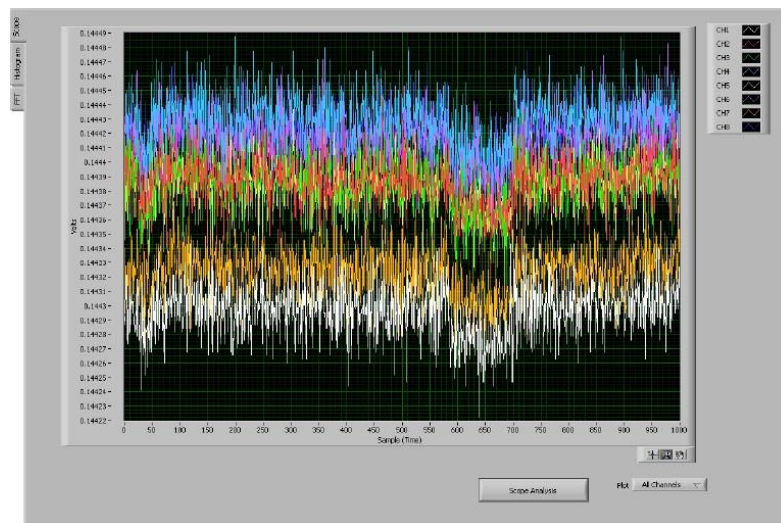


Figura 12. Representación gráfica de adquisición de datos EEG, utilizando la tarjeta electrónica desarrollado.

3.9.3.1 Acondicionamiento de señales sensorio motoras EEG

El acondicionamiento de la señal eléctrica del cerebro se realizó con el amplificador Biosignal Amplifier - g. BSamp en modo diferencial, del grupo de investigación DIANA del Dr. Ricardo Ron Angevin.

Todos los procesos de pruebas y experimentación se desarrollaron en el laboratorio de la ETSI de la universidad de Málaga a cargo del director del departamento de ETSI de electrónica el doctor Gonzalo Goya Caparros.

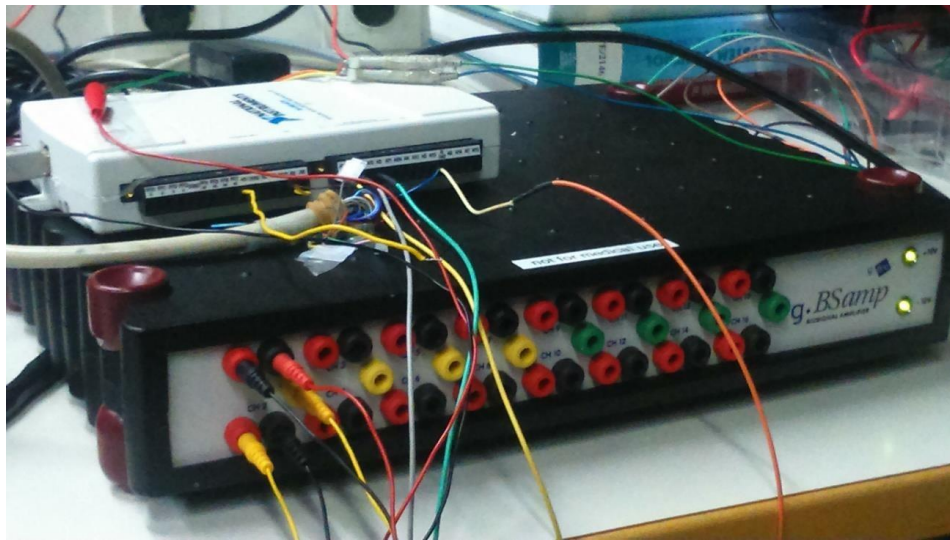


Figura 13. Acondicionamiento de las señales EEG

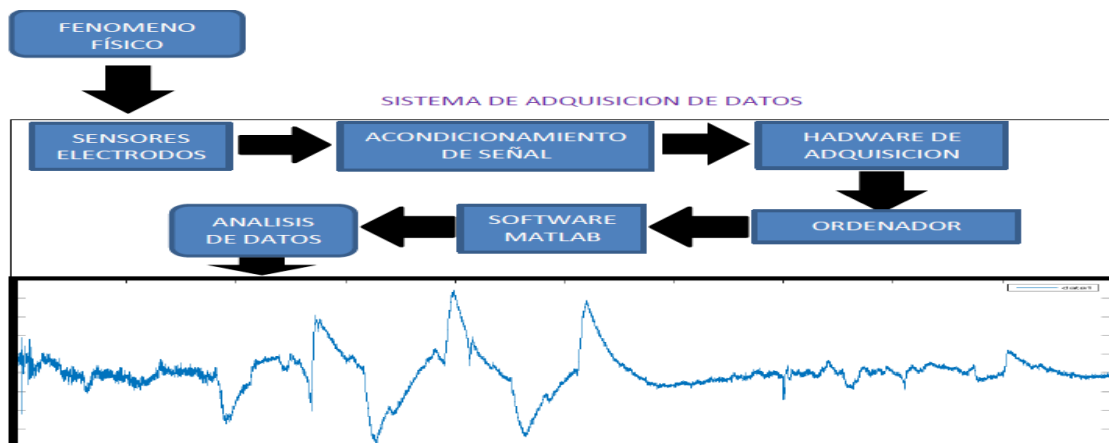


Figura 14. Representación gráfica del sistema de adquisición de datos EEG.

3.9.4 Extracción de características

Una vez adquiridas y muestreada las señales, se procede con la etapa de procesamiento con la finalidad eliminar los artefactos como EOG, EMG que no son de nuestro interés. Empleando un filtrado adaptivo para mejorar la calidad y determinar la banda reactiva se emplea FFT (Fast Fourier Transformers) con la finalidad de extraer los parámetros que caracterizan los ritmos sensor motora **Mu** y **Beta** relacionados con la tarea mental de imaginación de movimiento, los parámetros que están relacionados con la imaginación de movimientos son patrones que pasaran a la siguiente etapa para alimentar al clasificador.

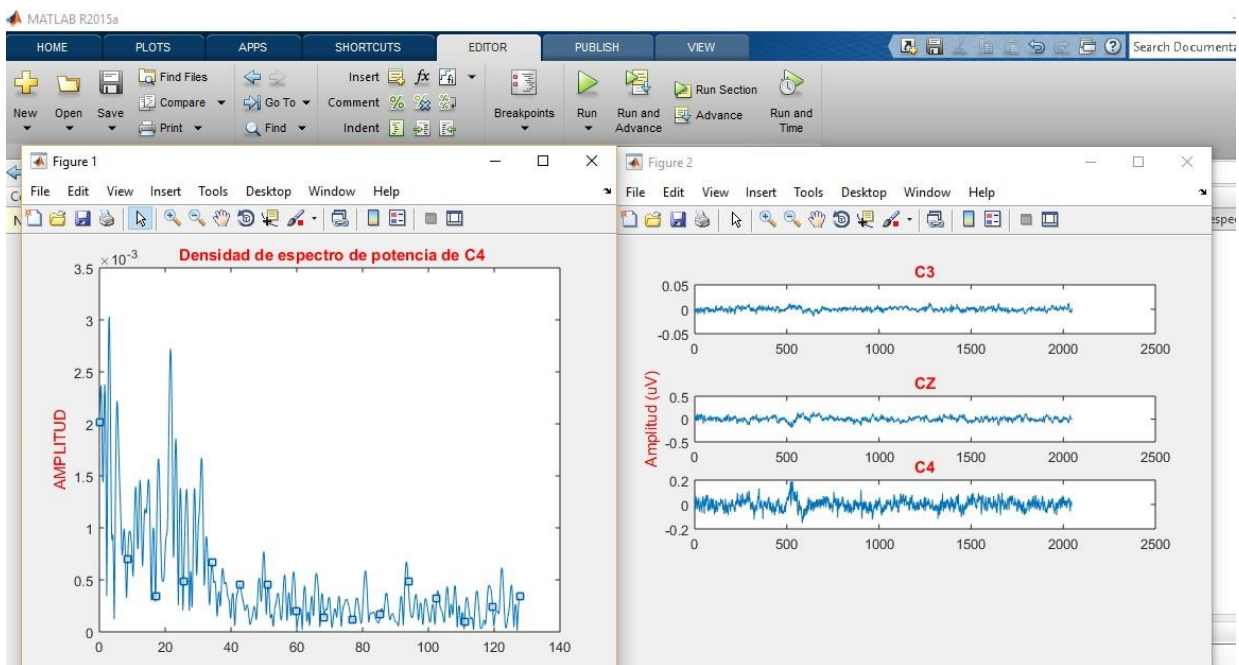


Figura 15. Análisis espectral de potencia, en el dominio de la frecuencia, para ello se empleó el algoritmo FFT, en los canales C3, CZ y C4, correspondientes a ritmos sensoriomotoras.

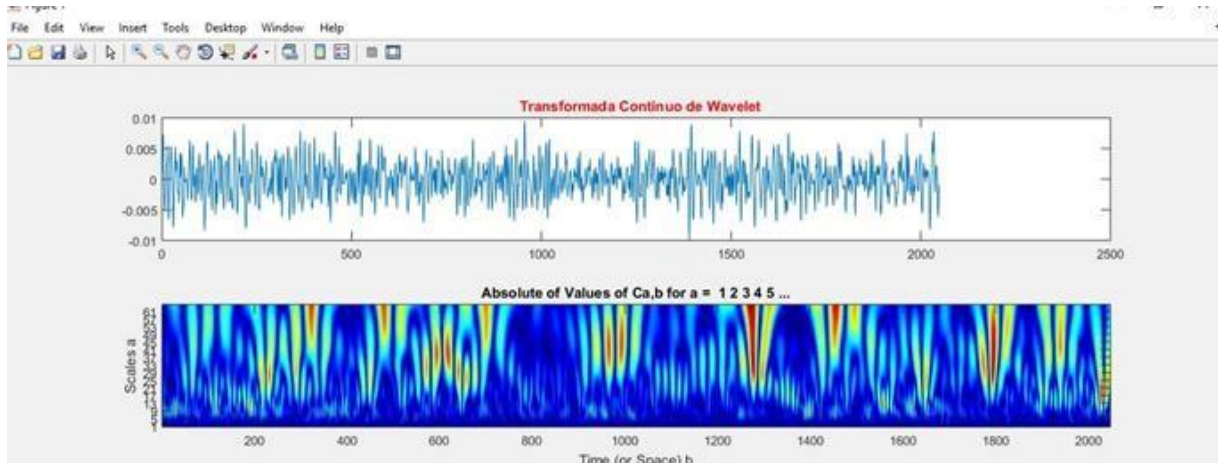


Figura 16. Análisis espectral de potencia en el dominio del tiempo, empleando la transformada continuo de Wavelet daubechies en el canal C3, correspondiente al sujeto1.

3.9.5 Clasificación

El vector característica parametrizado es analizado y etiquetado. Esta clasificación se basa en la decodificación y el reconocimiento de los patrones que caracterizan a las tareas mentales relacionados con la imaginación de movimientos dando como respuesta un conjunto de comandos etiquetados que ejecutan una acción de control sobre el dispositivo robótico.

La clasificación se fundamenta de una red neuronal auto organizado que cumple la función de determinar si la tarea mental del sujeto corresponde a una u otro clase del estado del sujeto, en función a esta red se desarrolló un algoritmo clasificador de patrones.

3.9.6 Acción de control

Los comandos etiquetados se decodifican y se transforman en ordenes que se asocia mediante un algoritmo al sistema de control del brazo robótico, en función a un Feedback desarrollado en c++.

3.9.7 Desarrollo del brazo robótico

El brazo robótico de tres grados de libertad se diseñó empleando el software SolidWorks con la finalidad de obtener los planos de fabricación, para realizar posteriormente un análisis de su cinemática directa en Matlab utilizando el Toolbox de SIMECHANICS.

3.9.8 Modelamiento del Brazo Robótico de tres grados de libertad por cinemática directa

La representación de Denavit-Hartenberg se reemplaza en la matriz de transformación homogénea A_i , la cual es un arreglo de 4×4 que contiene información relativa a la posición y orientación del sistema de referencia unido al i enlace del manipulador en relación con el sistema de referencia de la conexión $i-1$; de esa manera, la matriz 0A_1 representa la posición y orientación del sistema de coordenadas S_1 del robot con respecto al sistema de coordenadas S_0 , si S_0 se coloca en el eje del manipulador y S_1 al final de un eslabón, la matriz A_1 representa la posición de S_1 referenciada al sistema de coordenadas fijo del robot. De esta forma, la matriz A_n , en la que n es el grado de libertad, es aquella que representa la posición final del manipulador con respecto al sistema de referencia; esta matriz comúnmente es denominada T y se representa mediante las ecuaciones 1 y 2.

$$T = A_n = A_1 A_2 A_3 \dots A_n, n \quad (1)$$

$$T = \prod_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

$$A_i = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\cos(\alpha_i)\sin(\theta_i) & \sin(\alpha_i)\sin(\theta_i) & a_i \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) & \cos(\alpha_i)\cos(\theta_i) & -\sin(\alpha_i)\cos(\theta_i) & a_i \sin(\theta_i) \\ 0 & \sin(\alpha_i) & \cos(\alpha_i) & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para el cálculo de A_i se deben definir los parámetros de Denavit-Hartenberg, los cuales se basan exclusivamente en las características geométricas de cada enlace y los sistemas de coordenadas en cada uno.

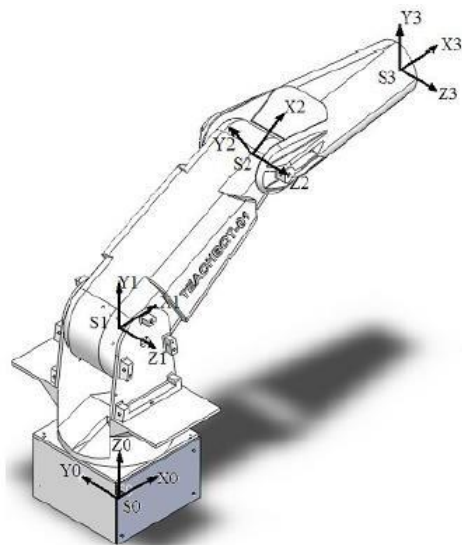


Figura 17. Representación isométrica del Brazo Robótico de tres grados de libertad. Las características de los parámetros son:

θ_i rotación alrededor del eje Z_{i-1} d_i translación a lo largo de Z_{i-1} eje a_i translación lo largo del eje X_i α_i rotación alrededor del eje X_i

$$\theta_1 = 60^\circ, \theta_2 = 30^\circ, \theta_3 = 30^\circ$$

Articulación	θ^a	$d[m]^b$	$a[m]^c$	$\alpha[rad]^d$
1	θ_1	0,28616	0	$\pi/2$
2	θ_2	0	0,30226	0
3	θ_3	0	0,285	0

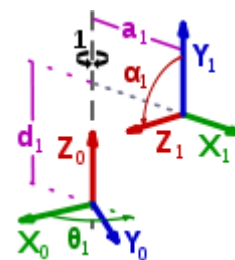


Figura 18. Parámetros de Denavit-Hartenberg para el Brazo Robótico a modelar.

Reemplazando los valores de la tabla 1 en la ecuación 3, se tiene:

$$\mathbf{A1} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & 0 & \sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & 0 & -\cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0,28616 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{A2} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & 0,30226\cos(\theta_2) \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & 0,30226\sin(\theta_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A3} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 0,285\cos(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0,285\sin(\theta_3) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Reemplazando las ecuaciones A1, A2 y A3 en la ecuación 2, se tiene una matriz de la forma. Los vectores n , o y a representan la orientación del punto final del robot, y el vector P representa el valor de las coordenadas x , y , z en función de los ángulos θ_1 , θ_2 , θ_3 .

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} n & o & a & P \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix}$$

Las coordenadas del punto final son:

$$P_x = 0,30226 \cos(\theta_1) \cos(\theta_2) + 0,285 \cos(\theta_1) \cos(\theta_2) \cos(\theta_3) - 0,285 \cos(\theta_1) \sin(\theta_2) \sin(\theta_3)$$

$$P_y = 0,30226 \cos(\theta_2) \sin(\theta_1) + 0,285 \cos(\theta_2) \cos(\theta_3) \sin(\theta_1) - 0,285 \sin(\theta_1) \sin(\theta_2) \sin(\theta_3)$$

$$P_z = 0,30226 \sin(\theta_2) + 0,285 \cos(\theta_2) \sin(\theta_3) + 0,285 \cos(\theta_3) \sin(\theta_2) + 0,28616$$

$P_x=0.2021\text{m}$, $P_y=0.2543\text{m}$ y $P_z =0.6841$

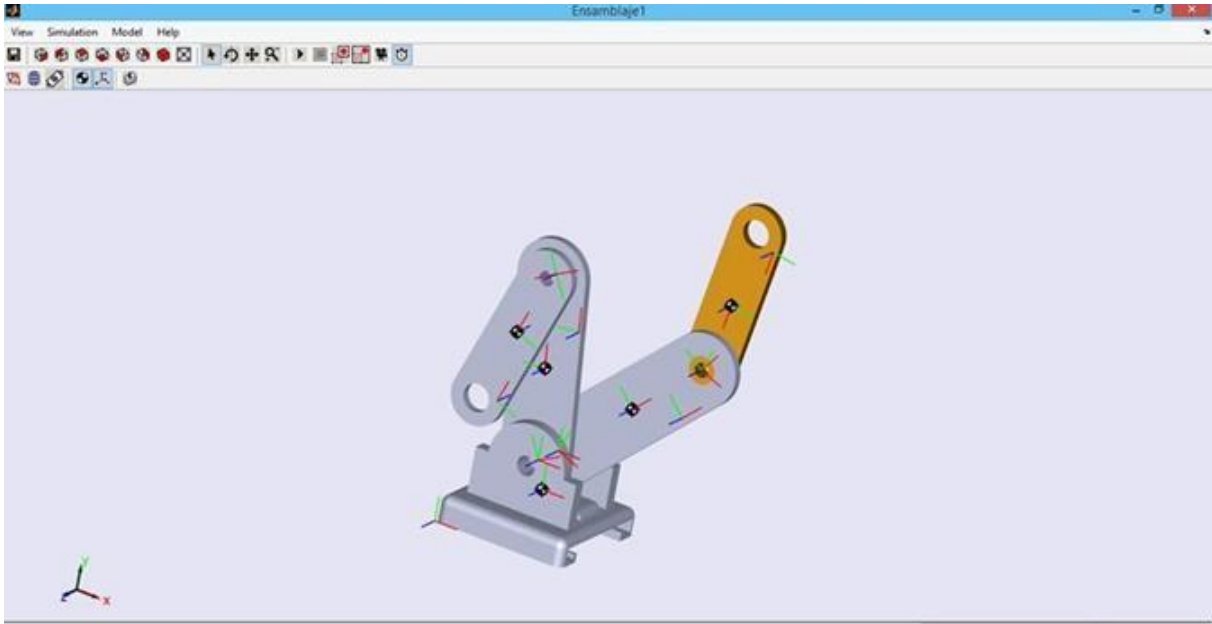
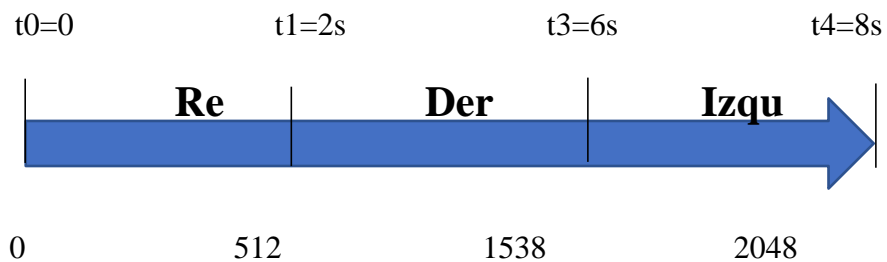


Figura 19. Modelado del brazo de 3 grados de libertad en SIMECHANISC por cinemática directa.

3.10 ANÁLISIS DE DATOS EEG

Se registró datos de EEG correspondiente a 10 sujetos con una frecuencia de muestreo de 256Hz, cada sujeto se sometió a 4 sesiones con un periodo de duración de 8 segundos en cada sesión, con un descanso de 0.5 s por cada 2 pruebas, además se empleó señales de EEG de la universidad Graz de Austria para validar las señales adquiridas para la presente tesis.

Linea de tiempo de **Tarea mental reposo** y **Tarea mental movimiento manos**



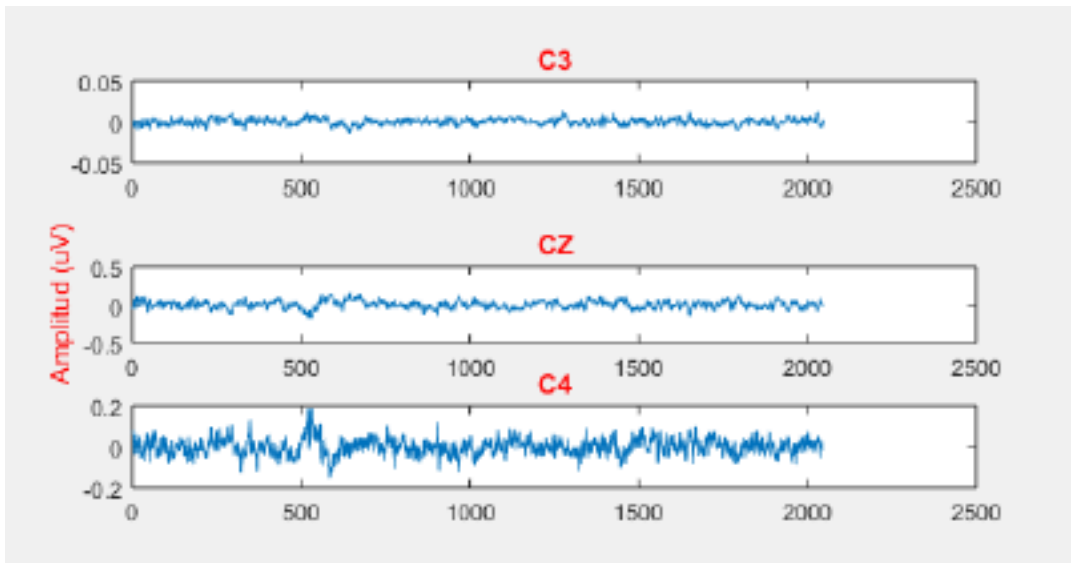


Figura20. Data EEG correspondiente al sujeto1

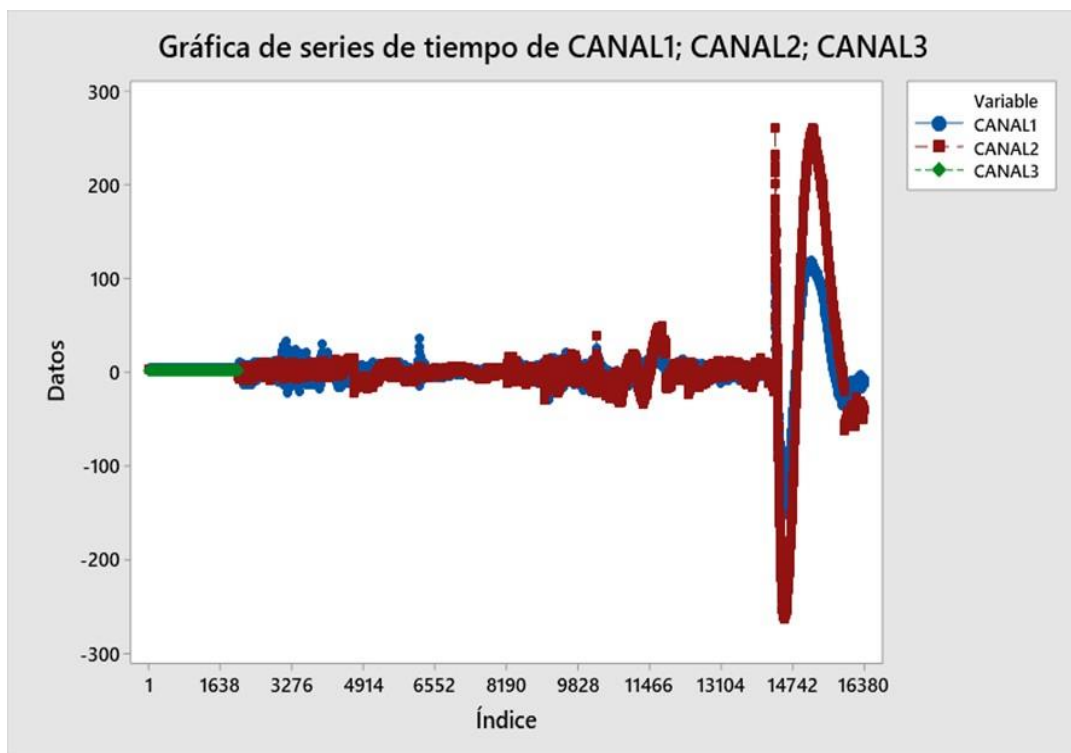


Figura21. Data EEG correspondiente a las 16385 datas EEG computadas

SUJETOS	CANAL1	CANAL2	CANAL3	TAREA MENTAL
S1	3.35739	2.96537	1.40875	REPOSO
S1	3.62185	2.78232	1.40875	REPOSO
S1	3.46928	2.44673	1.38842	REPOSO
S1	3.21499	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.47945	2.91452	1.40875	REPOSO
S1	3.84562	2.83317	1.39858	REPOSO
S1	3.75408	2.48740	1.41892	REPOSO
S1	3.17431	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.24551	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.69305	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	3.79477	2.54842	1.39858	REPOSO
S1	3.53031	2.45690	1.39858	REPOSO
S1	3.60151	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	4.03888	2.95520	1.39858	REPOSO
S1	4.15077	2.67046	1.39858	REPOSO
S1	3.83545	2.44673	1.40875	REPOSO
S1	3.62185	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	4.09991	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.56082	2.66029	1.39858	REPOSO
S1	3.73374	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.08974	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	4.11008	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.73374	2.58910	1.39858	REPOSO
S1	3.83545	2.96537	1.39858	REPOSO
S1	4.24231	2.93486	1.40875	REPOSO
S1	4.21180	2.59927	1.40875	REPOSO
S1	3.85579	2.50774	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.09991	2.90435	1.40875	REPOSO
S1	4.21180	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.94734	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.75408	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.99819	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.17111	2.78232	1.40875	REPOSO
S1	3.97785	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.67046	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	4.00837	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.53825	1.39858	REPOSO
S1	3.45911	2.54842	1.39858	REPOSO

S1	3.44894	2.95520	1.39858	REPOSO
S1	3.82528	2.90435	1.40875	REPOSO
S1	3.81511	2.58910	1.39858	REPOSO
S1	3.34722	2.46707	1.40875	REPOSO
S1	3.14379	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.95520	1.40875	REPOSO
S1	3.52014	2.74164	1.39858	REPOSO
S1	3.20482	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	2.90985	2.77215	1.40875	REPOSO
S1	3.17431	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.49979	2.82300	1.39858	REPOSO
S1	3.40825	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	2.95053	2.61961	1.39858	REPOSO
S1	3.11328	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.61168	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.23533	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.29636	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.96537	1.40875	REPOSO
S1	3.87614	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.58116	2.45690	1.39858	REPOSO
S1	3.46928	2.80266	1.39858	REPOSO
S1	3.80494	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	3.99819	2.72130	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.39588	1.40875	REPOSO
S1	3.38791	2.69079	1.40875	REPOSO
S1	3.58116	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.86597	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.40825	2.51791	1.39858	REPOSO
S1	3.53031	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.82300	1.39858	REPOSO
S1	3.81511	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.25568	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.16413	2.85351	1.40875	REPOSO
S1	3.54048	2.94503	1.40875	REPOSO
S1	3.50996	2.67046	1.40875	REPOSO
S1	3.07259	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	2.81830	2.81283	1.39858	REPOSO
S1	3.14379	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.38791	2.79249	1.40875	REPOSO
S1	3.20482	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.01156	2.66029	1.40875	REPOSO

S1	3.33705	2.97554	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.94503	1.39858	REPOSO
S1	3.68288	2.56876	1.40875	REPOSO
S1	3.21499	2.60944	1.40875	REPOSO
S1	3.33705	2.97554	1.40875	REPOSO
S1	3.83545	3.01622	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.65012	1.40875	REPOSO
S1	3.30653	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.25568	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.97554	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.71113	1.40875	REPOSO
S1	3.43876	2.43656	1.40875	REPOSO
S1	3.19465	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.50996	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.80266	1.40875	REPOSO
S1	3.62185	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.25568	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.49979	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.81511	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.21499	2.51791	1.39858	REPOSO
S1	3.21499	2.92469	1.40875	REPOSO
S1	3.68288	2.96537	1.39858	REPOSO
S1	3.61168	2.62978	1.39858	REPOSO
S1	3.27602	2.46707	1.40875	REPOSO
S1	3.26585	2.82300	1.40875	REPOSO
S1	3.72356	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.94734	2.66029	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.36537	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.70096	1.39858	REPOSO
S1	4.01854	2.85351	1.40875	REPOSO
S1	4.24231	2.75181	1.39858	REPOSO
S1	4.07957	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.56876	1.40875	REPOSO
S1	3.74391	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.19145	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	4.14060	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.08974	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.98802	2.60944	1.40875	REPOSO
S1	3.46928	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.23533	2.80266	1.40875	REPOSO

S1	3.58116	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.44894	2.39588	1.40875	REPOSO
S1	3.12345	2.69079	1.39858	REPOSO
S1	3.40825	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.84562	2.78232	1.39858	REPOSO
S1	3.82528	2.44673	1.38842	REPOSO
S1	3.46928	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.69305	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.22197	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.21180	2.55859	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.47723	1.39858	REPOSO
S1	3.77442	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.19145	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	4.16094	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.42639	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.78232	1.40875	REPOSO
S1	3.87614	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.80494	2.38571	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.63995	1.40875	REPOSO
S1	3.66254	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.05922	2.81283	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.46707	1.40875	REPOSO
S1	3.38791	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.48962	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.98802	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.58910	1.39858	REPOSO
S1	3.44894	2.47723	1.39858	REPOSO
S1	3.36756	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.96537	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.71113	1.39858	REPOSO
S1	3.57099	2.44673	1.40875	REPOSO
S1	3.38791	2.78232	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.92469	1.40875	REPOSO
S1	4.02871	2.81283	1.39858	REPOSO
S1	3.84562	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.36756	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.56082	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	4.00837	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.50774	1.40875	REPOSO
S1	3.40825	2.50774	1.39858	REPOSO
S1	3.50996	2.92469	1.40875	REPOSO

S1	4.01854	2.94503	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.60944	1.39858	REPOSO
S1	3.52014	2.45690	1.40875	REPOSO
S1	3.38791	2.82300	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.91452	1.40875	REPOSO
S1	3.93717	2.70096	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.42859	2.72130	1.39858	REPOSO
S1	3.73374	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.07957	2.79249	1.40875	REPOSO
S1	3.95751	2.43656	1.40875	REPOSO
S1	3.42859	2.57893	1.39858	REPOSO
S1	3.58116	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.07957	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.50774	1.39858	REPOSO
S1	3.69305	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.24231	2.94503	1.40875	REPOSO
S1	4.23214	2.61961	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.77442	2.79249	1.39858	REPOSO
S1	4.13042	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.24231	2.71113	1.40875	REPOSO
S1	4.00837	2.39588	1.40875	REPOSO
S1	3.70322	2.69079	1.39858	REPOSO
S1	3.94734	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.22197	2.84334	1.40875	REPOSO
S1	4.01854	2.48740	1.40875	REPOSO
S1	3.35739	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.41842	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.87614	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.32688	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.35739	2.84334	1.40875	REPOSO
S1	3.83545	2.92469	1.38842	REPOSO
S1	3.90665	2.62978	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.35739	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.70322	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	3.93717	2.75181	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.40605	1.40875	REPOSO
S1	3.44894	2.66029	1.39858	REPOSO
S1	3.73374	2.89418	1.39858	REPOSO

S1	4.14060	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	3.93717	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.31671	2.50774	1.40875	REPOSO
S1	3.36756	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.86597	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.56876	1.40875	REPOSO
S1	3.39808	2.45690	1.39858	REPOSO
S1	3.42859	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.67046	1.40875	REPOSO
S1	3.52014	2.40605	1.40875	REPOSO
S1	3.20482	2.75181	1.40875	REPOSO
S1	3.52014	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.78232	1.40875	REPOSO
S1	3.63202	2.42639	1.39858	REPOSO
S1	3.30653	2.61961	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	4.08974	2.83317	1.40875	REPOSO
S1	4.06939	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.90435	1.40875	REPOSO
S1	4.14060	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.58910	1.39858	REPOSO
S1	3.77442	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.80494	2.83317	1.39858	REPOSO
S1	4.24231	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.23214	2.69079	1.39858	REPOSO
S1	3.95751	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.94734	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	4.18128	2.80266	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.44673	1.40875	REPOSO
S1	3.48962	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.65236	2.87385	1.40875	REPOSO
S1	4.11008	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.92699	2.51791	1.39858	REPOSO
S1	3.44894	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.47945	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	3.94734	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.85579	2.61961	1.39858	REPOSO
S1	3.44894	2.43656	1.40875	REPOSO
S1	3.32688	2.80266	1.40875	REPOSO
S1	3.71339	2.89418	1.40875	REPOSO

S1	3.88631	2.72130	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.39588	1.38842	REPOSO
S1	3.26585	2.68062	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.81283	1.40875	REPOSO
S1	3.79477	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	3.33705	2.55859	1.39858	REPOSO
S1	3.50996	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.03888	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.54842	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.47723	1.40875	REPOSO
S1	3.67271	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.09991	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	4.17111	2.62978	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	4.09991	2.87385	1.40875	REPOSO
S1	4.24231	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.38571	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.62978	1.39858	REPOSO
S1	4.01854	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	4.28300	2.81283	1.39858	REPOSO
S1	4.18128	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	3.71339	2.51791	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.91452	1.40875	REPOSO
S1	4.23214	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.13042	2.55859	1.39858	REPOSO
S1	3.70322	2.46707	1.40875	REPOSO
S1	3.61168	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.96537	1.40875	REPOSO
S1	3.93717	2.71113	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.43656	1.40875	REPOSO
S1	3.33705	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.66254	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.81283	1.40875	REPOSO
S1	3.66254	2.44673	1.40875	REPOSO
S1	3.11328	2.63995	1.40875	REPOSO
S1	3.25568	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.48962	2.54842	1.39858	REPOSO
S1	2.95053	2.52808	1.39858	REPOSO
S1	3.01156	2.92469	1.39858	REPOSO

S1	3.52014	2.95520	1.39858	REPOSO
S1	3.64219	2.61961	1.40875	REPOSO
S1	3.49979	2.47723	1.40875	REPOSO
S1	3.59134	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	4.04905	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	4.13042	2.70096	1.39858	REPOSO
S1	3.80494	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.56082	2.71113	1.39858	REPOSO
S1	3.84562	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	4.08974	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.80494	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.12345	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.18448	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	3.63202	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	3.58116	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.11328	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.16413	2.85351	1.40875	REPOSO
S1	3.66254	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.77442	2.59927	1.40875	REPOSO
S1	3.47945	2.42639	1.39858	REPOSO
S1	3.39808	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.78459	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.71113	1.40875	REPOSO
S1	3.70322	2.38571	1.39858	REPOSO
S1	3.38791	2.67046	1.40875	REPOSO
S1	3.63202	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	4.01854	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.98802	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.54842	1.40875	REPOSO
S1	3.70322	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.17111	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.38791	2.47723	1.39858	REPOSO
S1	3.27602	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	3.67271	2.94503	1.40875	REPOSO
S1	3.62185	2.65012	1.40875	REPOSO
S1	3.14379	2.42639	1.40875	REPOSO
S1	2.89968	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.25568	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	3.52014	2.74164	1.39858	REPOSO
S1	3.39808	2.39588	1.40875	REPOSO
S1	3.23533	2.66029	1.39858	REPOSO
S1	3.6015	2.90435	1.40875	REPOSO

S1	4.07957	2.83317	1.39858	REPOSO
S1	3.95751	2.48740	1.40875	REPOSO
S1	3.44894	2.53825	1.39858	REPOSO
S1	3.53031	2.91452	1.40875	REPOSO
S1	4.01854	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.87614	2.58910	1.40875	REPOSO
S1	3.32688	2.46707	1.40875	REPOSO
S1	3.19465	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.60151	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.65012	1.40875	REPOSO
S1	3.49979	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.37773	2.74164	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.03888	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.83545	2.42639	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.62978	1.40875	REPOSO
S1	3.66254	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	4.11008	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	4.02871	2.51791	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.52808	1.39858	REPOSO
S1	3.61168	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	4.08974	2.96537	1.39858	REPOSO
S1	4.07957	2.62978	1.39858	REPOSO
S1	3.85579	2.48740	1.40875	REPOSO
S1	3.91682	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	4.26265	2.94503	1.39858	REPOSO
S1	4.21180	2.72130	1.40875	REPOSO
S1	3.94734	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.74164	1.39858	REPOSO
S1	4.00837	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.22197	2.80266	1.39858	REPOSO
S1	4.05922	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.52014	2.59927	1.39858	REPOSO
S1	3.64219	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	4.06939	2.91452	1.40875	REPOSO
S1	3.92699	2.55859	1.39858	REPOSO
S1	3.29636	2.48740	1.40875	REPOSO
S1	3.21499	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.63202	2.94503	1.39858	REPOSO
S1	3.56082	2.61961	1.39858	REPOSO
S1	3.20482	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.11328	2.80266	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.90435	1.39858	REPOSO

S1	3.76425	2.73147	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.24551	2.68062	1.39858	REPOSO
S1	3.52014	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.85351	1.40875	REPOSO
S1	3.81511	2.48740	1.40875	REPOSO
S1	3.32688	2.58910	1.40875	REPOSO
S1	3.46928	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.94503	1.39858	REPOSO
S1	3.82528	2.58910	1.40875	REPOSO
S1	3.42859	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.44894	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.93486	1.40875	REPOSO
S1	4.00837	2.63995	1.40875	REPOSO
S1	3.69305	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.53031	2.77215	1.39858	REPOSO
S1	3.87614	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	4.03888	2.74164	1.39858	REPOSO
S1	3.68288	2.38571	1.39858	REPOSO
S1	3.20482	2.65012	1.39858	REPOSO
S1	3.38791	2.89418	1.40875	REPOSO
S1	3.80494	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.49757	1.40875	REPOSO
S1	3.17431	2.52808	1.40875	REPOSO
S1	3.29636	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.82528	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.57893	1.39858	REPOSO
S1	3.25568	2.45690	1.39858	REPOSO
S1	3.18448	2.85351	1.40875	REPOSO
S1	3.62185	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.68062	1.39858	REPOSO
S1	3.39808	2.40605	1.40875	REPOSO
S1	3.23533	2.73147	1.40875	REPOSO
S1	3.61168	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	3.91682	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.70322	2.40605	1.40875	REPOSO
S1	3.23533	2.59927	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.90665	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.37773	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.52014	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.05922	2.94503	1.39858	REPOSO

S1	4.05922	2.60944	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.45690	1.40875	REPOSO
S1	3.75408	2.83317	1.39858	REPOSO
S1	4.17111	2.93486	1.39858	REPOSO
S1	4.16094	2.72130	1.40875	REPOSO
S1	3.76425	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.72130	1.39858	REPOSO
S1	3.71339	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	3.99819	2.79249	1.40875	REPOSO
S1	3.78459	2.43656	1.40875	REPOSO
S1	3.20482	2.57893	1.39858	REPOSO
S1	3.34722	2.88401	1.40875	REPOSO
S1	3.83545	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.72356	2.53825	1.40875	REPOSO
S1	3.19465	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.21499	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.71339	2.92469	1.40875	REPOSO
S1	3.85579	2.60944	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.43656	1.39858	REPOSO
S1	3.69305	2.80266	1.39858	REPOSO
S1	4.13042	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.17111	2.71113	1.39858	REPOSO
S1	3.87614	2.37554	1.38842	REPOSO
S1	3.58116	2.66029	1.39858	REPOSO
S1	3.84562	2.86368	1.40875	REPOSO
S1	4.23214	2.79249	1.40875	REPOSO
S1	4.13042	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.73374	2.54842	1.39858	REPOSO
S1	3.89648	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.31351	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	4.07957	2.56876	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.47723	1.39858	REPOSO
S1	3.56082	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	3.97785	2.93486	1.40875	REPOSO
S1	3.93717	2.63995	1.39858	REPOSO
S1	3.47945	2.41622	1.39858	REPOSO
S1	3.22516	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.88401	1.39858	REPOSO
S1	3.76425	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.49979	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.11328	2.63995	1.39858	REPOSO
S1	3.36756	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.81511	2.80266	1.39858	REPOSO

S1	3.73374	2.44673	1.40875	REPOSO
S1	3.23533	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.35739	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.89648	2.87385	1.39858	REPOSO
S1	3.86597	2.53825	1.39858	REPOSO
S1	3.40825	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.32688	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	3.75408	2.92469	1.40875	REPOSO
S1	3.83545	2.67046	1.39858	REPOSO
S1	3.47945	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.24551	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.96537	1.40875	REPOSO
S1	3.92699	2.84334	1.40875	REPOSO
S1	3.80494	2.46707	1.39858	REPOSO
S1	3.36756	2.63995	1.39858	REPOSO
S1	3.59134	2.90435	1.39858	REPOSO
S1	4.03888	2.86368	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.50774	1.39858	REPOSO
S1	3.43876	2.48740	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.89418	1.39858	REPOSO
S1	4.04905	2.92469	1.39858	REPOSO
S1	4.07957	2.58910	1.39858	REPOSO
S1	3.67271	2.45690	1.39858	REPOSO
S1	3.54048	2.84334	1.39858	REPOSO
S1	3.92699	2.92469	1.40875	REPOSO
S1	4.01854	2.70096	1.39858	REPOSO
S1	3.74391	2.39588	1.39858	REPOSO
S1	3.55065	2.72130	1.39858	REPOSO
S1	3.88631	2.86368	1.40875	REPOSO
S1	4.20162	2.76198	1.39858	REPOSO
S1	3.96768	2.40605	1.39858	REPOSO
S1	3.34722	2.55859	1.39858	REPOSO
S1	3.45911	2.85351	1.39858	REPOSO
S1	3.92699	2.83317	1.39858	REPOSO
S1	3.79477	2.49757	1.39858	REPOSO
S1	3.31671	2.44673	1.39858	REPOSO
S1	3.35739	2.86368	1.40875	REPOSO
S1	3.85579	2.91452	1.39858	REPOSO
S1	3.93717	2.59927	1.40875	REPOSO
S1	3.68288	2.42639	1.40875	REPOSO
S1	3.65236	2.78232	1.40875	REPOSO
S1	4.07957	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	4.23214	2.71113	1.39858	DERECHA

S1	3.97785	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.66254	2.68062	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.81283	1.40875	DERECHA
S1	4.16094	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.55859	1.40875	DERECHA
S1	3.83545	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.53825	1.40875	DERECHA
S1	3.71339	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.05922	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.58116	2.42639	1.40875	DERECHA
S1	3.38791	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.59134	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	2.96070	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.03190	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.47945	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.07259	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.06242	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.95520	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.79477	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.28300	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	4.08974	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.60944	1.40875	DERECHA

S1	3.49979	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.72130	1.40875	DERECHA
S1	3.52014	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.18448	2.72130	1.40875	DERECHA
S1	3.47945	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.83545	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.42639	1.40875	DERECHA
S1	3.31671	2.56876	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.32688	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.30653	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.77442	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.94734	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.69079	1.40875	DERECHA
S1	3.96768	2.37554	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.68062	1.40875	DERECHA
S1	3.95751	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	4.12025	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.55065	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.54842	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.20162	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	4.16094	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.32688	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.91682	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.50774	1.39858	DERECHA

S1	3.14379	2.54842	1.39858	DERECHA
S1	3.19465	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.13362	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.09293	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	3.66254	2.67046	1.39858	DERECHA
S1	3.24551	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	2.93019	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.25568	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.79249	1.40875	DERECHA
S1	3.46928	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.07259	2.63995	1.40875	DERECHA
S1	3.33705	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	4.21180	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.14060	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.91682	2.71113	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.15396	2.71113	1.39858	DERECHA
S1	3.44894	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.25568	2.60944	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.28619	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.28619	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	3.82528	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.42859	2.42639	1.38842	DERECHA
S1	3.29636	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.71339	2.89418	1.38842	DERECHA
S1	3.92699	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.39588	1.40875	DERECHA

S1	3.28619	2.69079	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	3.97785	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.26585	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.38791	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.91682	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.37773	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.40825	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.91682	2.97554	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.67046	1.40875	DERECHA
S1	3.62185	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.44894	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.06939	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.11008	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.73374	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.27282	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.95520	1.40875	DERECHA
S1	4.13042	2.70096	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.39808	2.75181	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.49979	2.60944	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.15077	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.47723	1.40875	DERECHA

S1	3.44894	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	4.12025	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	4.25248	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.09991	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.42859	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.88631	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.34722	2.79249	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.90435	1.38842	DERECHA
S1	3.98802	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.71339	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.40825	2.54842	1.40875	DERECHA
S1	3.52014	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	4.00837	2.96537	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.66029	1.40875	DERECHA
S1	3.79477	2.43656	1.41892	DERECHA
S1	3.63202	2.79249	1.40875	DERECHA
S1	3.98802	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	4.13042	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.50774	1.40875	DERECHA
S1	3.36756	2.54842	1.39858	DERECHA

S1	3.54048	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.94734	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.33705	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.63995	1.40875	DERECHA
S1	3.63202	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.85579	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.50996	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	4.23214	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	4.16094	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.15077	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.09991	2.59927	1.40875	DERECHA
S1	3.61168	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.72130	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.31671	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.18448	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.97554	1.39858	DERECHA
S1	3.55065	2.65012	1.40875	DERECHA
S1	3.23533	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.21499	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.73147	1.40875	DERECHA
S1	3.58116	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.22516	2.69079	1.40875	DERECHA

S1	3.47945	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.01156	2.53825	1.40875	DERECHA
S1	3.08276	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.25568	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.89648	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.28619	2.78232	1.40875	DERECHA
S1	3.64219	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.32688	2.65012	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.94734	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.02871	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.89648	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.44894	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.83545	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.68062	1.40875	DERECHA
S1	3.57099	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.32688	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.78459	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.34722	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.57099	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.60151	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	4.13042	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.60944	1.40875	DERECHA
S1	3.50996	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.33705	2.83317	1.39858	DERECHA

S1	3.71339	2.92469	1.38842	DERECHA
S1	3.91682	2.71113	1.40875	DERECHA
S1	3.66254	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.38791	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.57893	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.22197	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.71339	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.73374	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.93717	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	4.20162	2.73147	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.38571	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.97785	2.90435	1.40875	DERECHA
S1	4.22197	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.11008	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.33705	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.06242	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.38791	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	2.93019	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.17431	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.62185	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.49979	2.49757	1.40875	DERECHA
S1	2.95053	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.07259	2.89418	1.39858	DERECHA

S1	3.63202	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.37773	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.42859	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.06939	2.67046	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.44894	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.57099	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.81511	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.96768	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	3.94734	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.97554	1.40875	DERECHA
S1	4.14060	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	3.84562	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.42859	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.11008	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	4.05922	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.96537	1.40875	DERECHA
S1	4.04905	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.44894	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.94734	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.60151	2.37554	1.40875	DERECHA
S1	3.23533	2.68062	1.40875	DERECHA
S1	3.47945	2.88401	1.40875	DERECHA

S1	3.88631	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.41842	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.55859	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.41842	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.97785	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.37554	1.39858	DERECHA
S1	3.18448	2.61961	1.40875	DERECHA
S1	3.36756	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	3.61168	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.17431	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.32688	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.29636	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.64219	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.25568	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.94734	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.40825	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	3.88631	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.49979	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.94503	1.39858	DERECHA

S1	3.98802	2.73147	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.16094	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	3.95751	2.44673	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.18128	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.37554	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.67046	1.40875	DERECHA
S1	3.96768	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	4.05922	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.64219	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	4.00837	2.57893	1.40875	DERECHA
S1	3.39808	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.26585	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.65236	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.44894	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.33705	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.94734	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.66029	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.15077	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.09991	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.95520	1.39858	DERECHA

S1	4.07957	2.59927	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.66254	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	4.05922	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.69079	1.40875	DERECHA
S1	3.81511	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.75181	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.11008	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.60944	1.39858	DERECHA
S1	3.57099	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.99819	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.46928	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.91682	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.12345	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	3.48962	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.62185	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.10311	2.72130	1.40875	DERECHA
S1	3.41842	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	3.64219	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.17431	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.82528	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.04208	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.00139	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.42859	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	2.94036	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	2.71659	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.10311	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.32688	2.70096	1.39858	DERECHA
S1	3.04208	2.36537	1.39858	DERECHA
S1	2.70642	2.66029	1.40875	DERECHA
S1	3.03190	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.84334	1.39858	DERECHA

S1	3.41842	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.15396	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.05922	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.26585	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.71339	2.97554	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.68062	1.40875	DERECHA
S1	3.29636	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.06242	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.60151	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.18128	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	4.15077	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.22197	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.12025	2.57893	1.40875	DERECHA
S1	3.67271	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.67046	1.40875	DERECHA
S1	3.77442	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.49979	2.73147	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.05922	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.41842	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.76425	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.38791	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.95520	1.40875	DERECHA
S1	4.13042	2.61961	1.40875	DERECHA
S1	3.73374	2.46707	1.38842	DERECHA
S1	3.60151	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.16094	2.73147	1.40875	DERECHA

S1	3.89648	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.74164	1.40875	DERECHA
S1	3.88631	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	4.21180	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.62185	2.57893	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.97554	1.39858	DERECHA
S1	4.13042	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.97785	2.73147	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.37554	1.40875	DERECHA
S1	3.48962	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.19145	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.99819	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.54842	1.40875	DERECHA
S1	3.68288	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.99819	2.56876	1.40875	DERECHA
S1	3.63202	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.13042	2.96537	1.40875	DERECHA
S1	4.08974	2.67046	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.66254	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.74164	1.40875	DERECHA
S1	3.59134	2.37554	1.39858	DERECHA
S1	3.27602	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.98802	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.51791	1.40875	DERECHA
S1	3.30653	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.81511	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.59927	1.40875	DERECHA

S1	3.19465	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.09293	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.68062	1.39858	DERECHA
S1	3.32688	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.19465	2.71113	1.39858	DERECHA
S1	3.60151	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.95751	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.38791	2.58910	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.60151	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	4.06939	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.17111	2.67046	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.36537	1.40875	DERECHA
S1	3.50996	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.09991	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.06939	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.31671	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.96537	1.40875	DERECHA
S1	3.87614	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.01854	2.71113	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.37554	1.39858	DERECHA
S1	3.55065	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.16094	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.47723	1.39858	DERECHA

S1	3.35739	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.42859	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.28619	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.36756	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.17431	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.75181	1.40875	DERECHA
S1	3.53031	2.38571	1.40875	DERECHA
S1	3.22516	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.52014	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.96768	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.21499	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.27602	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.30653	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.99588	1.39858	DERECHA
S1	3.88631	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.54048	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.30653	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.30653	2.61961	1.40875	DERECHA
S1	3.52014	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.50774	1.40875	DERECHA
S1	3.47945	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.97785	2.59927	1.40875	DERECHA
S1	3.42859	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.81283	1.40875	DERECHA
S1	3.60151	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.71113	1.40875	DERECHA

S1	3.33705	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.02173	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.33705	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.62185	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.19465	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.99819	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.71339	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	4.22197	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.95751	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.88631	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.37554	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.66029	1.40875	DERECHA
S1	3.67271	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	4.00837	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	4.00837	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.38571	1.40875	DERECHA
S1	3.42859	2.74164	1.40875	DERECHA
S1	3.77442	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	4.03888	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	4.00837	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.33385	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.23214	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.27282	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.1202	2.58910	1.40875	DERECHA

S1	3.74391	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	4.08974	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	4.14060	2.69079	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.40605	1.40875	DERECHA
S1	3.37773	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.42639	1.38842	DERECHA
S1	3.27602	2.60944	1.40875	DERECHA
S1	3.48962	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.94734	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.72356	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.17431	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.19465	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.68288	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.34722	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	3.88631	2.71113	1.39858	DERECHA
S1	3.50996	2.38571	1.38842	DERECHA
S1	3.14379	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.99819	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.87614	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.49979	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	3.00605	1.40875	DERECHA
S1	4.08974	2.67046	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	4.13042	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.17111	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.39808	2.68062	1.39858	DERECHA
S1	3.58116	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.44673	1.39858	DERECHA

S1	3.34722	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.97785	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.53825	1.40875	DERECHA
S1	3.37773	2.44673	1.40875	DERECHA
S1	3.31671	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.73374	2.95520	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.68062	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.41622	1.38842	DERECHA
S1	3.25568	2.76198	1.39858	DERECHA
S1	3.62185	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.87614	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.39588	1.40875	DERECHA
S1	3.35739	2.63995	1.40875	DERECHA
S1	3.63202	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.68288	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.24231	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.59927	1.40875	DERECHA
S1	3.47945	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.66254	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.67046	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.38571	1.40875	DERECHA
S1	3.40825	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.07957	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.88631	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.33705	2.60944	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.77442	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.57893	1.40875	DERECHA
S1	3.42859	2.42639	1.40875	DERECHA
S1	3.36756	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.78459	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.41622	1.39858	DERECHA

S1	3.29636	2.75181	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.44673	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.44894	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.91682	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.55859	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.22516	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.80266	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.17111	2.71113	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.36537	1.40875	DERECHA
S1	3.66254	2.66029	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	4.25248	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.86597	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.24231	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	4.04905	2.56876	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	3.94734	2.65012	1.40875	DERECHA
S1	3.71339	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.78232	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.91452	1.40875	DERECHA
S1	4.06939	2.78232	1.40875	DERECHA
S1	3.68288	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.19465	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.73374	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.49979	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	2.95053	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.05225	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.57099	2.94503	1.40875	DERECHA
S1	3.43876	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.02173	2.46707	1.39858	DERECHA

S1	2.99122	2.85351	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.92469	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.68062	1.39858	DERECHA
S1	3.70322	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	4.12025	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.27282	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.42639	1.40875	DERECHA
S1	4.13042	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	4.27282	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.26265	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.46707	1.40875	DERECHA
S1	3.53031	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.49979	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.59927	1.40875	DERECHA
S1	3.27602	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.19465	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.58116	2.86368	1.40875	DERECHA
S1	3.70322	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.36756	2.34503	1.40875	DERECHA
S1	3.08276	2.67046	1.40875	DERECHA
S1	3.36756	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	3.67271	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.47945	2.38571	1.39858	DERECHA
S1	2.98105	2.52808	1.39858	DERECHA
S1	3.14379	2.86368	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.43876	2.49757	1.39858	DERECHA
S1	3.01156	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.07259	2.85351	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.60944	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.27602	2.80266	1.40875	DERECHA
S1	3.68288	2.91452	1.38842	DERECHA
S1	3.90665	2.75181	1.40875	DERECHA
S1	3.69305	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.89418	1.40875	DERECHA
S1	4.03888	2.81283	1.39858	DERECHA
S1	3.90665	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.53825	1.39858	DERECHA

S1	3.60151	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.40825	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.80494	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.66029	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.26585	2.76198	1.40875	DERECHA
S1	3.59134	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.82528	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.57099	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.26585	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.53031	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.84334	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.48740	1.39858	DERECHA
S1	3.44894	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.56082	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	4.04905	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.48962	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.36756	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.93717	2.62978	1.40875	DERECHA
S1	3.71339	2.36537	1.40875	DERECHA
S1	3.55065	2.70096	1.39858	DERECHA
S1	3.88631	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	4.14060	2.79249	1.39858	DERECHA
S1	3.89648	2.43656	1.39858	DERECHA
S1	3.41842	2.62978	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.79477	2.54842	1.40875	DERECHA
S1	3.23533	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.25568	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.72356	2.97554	1.39858	DERECHA
S1	3.64219	2.63995	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.29636	2.83317	1.40875	DERECHA
S1	3.74391	2.94503	1.40875	DERECHA
S1	3.90665	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.71113	1.40875	DERECHA

S1	3.65236	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.98802	2.82300	1.39858	DERECHA
S1	3.81511	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.23533	2.56876	1.40875	DERECHA
S1	3.35739	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.96537	1.39858	DERECHA
S1	4.09991	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.63202	2.43656	1.40875	DERECHA
S1	3.36756	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	3.68288	2.91452	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.75181	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.27602	2.68062	1.39858	DERECHA
S1	3.58116	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.82300	1.40875	DERECHA
S1	3.99819	2.45690	1.39858	DERECHA
S1	3.65236	2.54842	1.39858	DERECHA
S1	3.84562	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	4.21180	2.93486	1.40875	DERECHA
S1	4.16094	2.57893	1.39858	DERECHA
S1	3.66254	2.46707	1.39858	DERECHA
S1	3.59134	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.96768	2.96537	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.69079	1.39858	DERECHA
S1	3.52014	2.42639	1.39858	DERECHA
S1	3.30653	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.63202	2.87385	1.40875	DERECHA
S1	3.91682	2.74164	1.40875	DERECHA
S1	3.75408	2.37554	1.39858	DERECHA
S1	3.36756	2.61961	1.40875	DERECHA
S1	3.58116	2.88401	1.39858	DERECHA
S1	4.01854	2.84334	1.39858	DERECHA
S1	3.93717	2.47723	1.40875	DERECHA
S1	3.39808	2.49757	1.40875	DERECHA
S1	3.44894	2.90435	1.39858	DERECHA
S1	3.92699	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	3.83545	2.58910	1.39858	DERECHA
S1	3.35739	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.25568	2.84334	1.39858	DERECHA

S1	3.65236	2.95520	1.39858	DERECHA
S1	3.69305	2.72130	1.39858	DERECHA
S1	3.26585	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	2.96070	2.74164	1.39858	DERECHA
S1	3.28619	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	3.62185	2.77215	1.39858	DERECHA
S1	3.45911	2.41622	1.39858	DERECHA
S1	3.09293	2.59927	1.39858	DERECHA
S1	3.36756	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	3.89648	2.88401	1.40875	DERECHA
S1	3.80494	2.51791	1.39858	DERECHA
S1	3.29636	2.50774	1.39858	DERECHA
S1	3.34722	2.92469	1.39858	DERECHA
S1	3.85579	2.99588	1.40875	DERECHA
S1	3.92699	2.65012	1.39858	DERECHA
S1	3.61168	2.47723	1.39858	DERECHA
S1	3.55065	2.83317	1.39858	DERECHA
S1	3.95751	2.94503	1.39858	DERECHA
S1	4.07957	2.73147	1.39858	DERECHA
S1	3.74391	2.39588	1.39858	DERECHA
S1	3.46928	2.70096	1.39858	DERECHA
S1	3.76425	2.87385	1.39858	DERECHA
S1	4.08974	2.77215	1.40875	DERECHA
S1	3.89648	2.41622	1.40875	DERECHA
S1	3.39808	2.54842	1.40875	DERECHA
S1	3.56082	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.06939	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.53825	1.39858	DERECHA
S1	3.75408	2.45690	1.40875	DERECHA
S1	3.87614	2.89418	1.39858	DERECHA
S1	4.25248	2.93486	1.39858	DERECHA
S1	4.13042	2.61961	1.39858	DERECHA
S1	3.77442	2.40605	1.39858	DERECHA
S1	3.67271	2.78232	1.39858	DERECHA
S1	4.03888	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.22197	2.71113	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.99819	2.36537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.64219	2.63995	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.86597	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.23214	2.78232	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.12025	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.78459	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.91452	1.39858	IZQUIERDA

S1	4.25248	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.04905	2.57893	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.53031	2.47723	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.97554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.70096	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.78232	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.89648	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.40605	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.92469	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.20162	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.06939	2.50774	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.86597	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.58910	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.19465	2.85351	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.62185	2.95520	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.72130	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.41622	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.44894	2.74164	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.82528	2.90435	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.17111	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.08974	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.62978	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.94734	2.93486	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.01854	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.39808	2.48740	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	3.02639	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.64219	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.24551	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.14379	2.84334	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.95520	1.38842	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.74164	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.39588	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.52014	2.70096	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.84562	2.91452	1.40875	IZQUIERDA

S1	4.19145	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.06939	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.50996	2.56876	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.87614	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.96537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.65012	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.42639	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.77215	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.69079	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.34503	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.37773	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.84334	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.85579	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.82528	2.53825	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.83317	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.84562	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.47945	2.38571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.73147	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.53031	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.78459	2.75181	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.57099	2.38571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.14379	2.62978	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.48740	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.57099	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.06939	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.56082	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.38791	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.94503	1.39858	IZQUIERDA

S1	3.78459	2.70096	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.39588	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.19465	2.73147	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.52014	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.82300	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.61961	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.58116	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.04905	2.53825	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.49757	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.20162	2.99588	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.06939	2.65012	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.56082	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.73147	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.40825	2.38571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.11328	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.41842	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.81283	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.65236	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.54842	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.50774	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.14379	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.03190	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.56082	2.60944	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.34722	2.38571	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.32688	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.99819	2.72130	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.36537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.20482	2.65012	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.40825	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.80266	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.94503	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.96537	1.39858	IZQUIERDA

S1	4.00837	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.72356	2.48740	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.22197	3.00605	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.13042	2.72130	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.43656	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.75181	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.94734	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.17111	2.81283	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.92699	2.43656	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.65012	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.73374	2.49757	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.26585	2.49757	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.56876	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.44894	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.96768	2.66029	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.71339	2.36537	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.70096	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.14060	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.13042	2.40605	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.58910	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.26265	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.13042	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.46707	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.23214	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.13042	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.67271	2.42639	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.78459	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.92699	2.72130	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.37554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.39808	2.69079	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.69305	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.82300	1.40875	IZQUIERDA

S1	3.83545	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.54842	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.65236	2.55859	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.14379	2.45690	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.13362	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.94503	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.40605	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.09293	2.77215	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.72356	2.72130	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.36537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.65012	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.98802	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.52014	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.85579	2.57893	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.46707	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.95520	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.69079	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.41622	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.32688	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.64219	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.80266	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.42639	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.13362	2.62978	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.50774	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.03190	2.50774	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.08276	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.94503	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.24551	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.27602	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.92469	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.93717	2.70096	1.40875	IZQUIERDA

S1	3.59134	2.37554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.24551	2.70096	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.54048	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.87614	2.80266	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.58910	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.16094	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.08974	2.49757	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.45690	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.67271	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.14060	2.97554	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.17111	2.65012	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.54048	2.82300	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.75181	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.38571	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.67046	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.09991	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.27282	2.79249	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.18128	2.42639	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.23214	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.56876	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.45690	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.92469	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.62978	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.50996	2.40605	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.76198	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.98802	2.75181	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.38571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.67271	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.84334	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.85579	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.19465	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.55859	1.39858	IZQUIERDA

S1	3.16413	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.11328	2.84334	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.78459	2.67046	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.39588	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.56082	2.71113	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.98802	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.23214	2.70096	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.16094	2.35520	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.89648	2.56876	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.15077	2.84334	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.42639	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.89648	2.43656	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.84334	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.26265	2.50774	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.39588	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.24231	2.84334	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.26265	2.63995	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.06939	2.35520	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.92699	2.67046	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.22197	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.22197	2.71113	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.21180	2.36537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.81511	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.95751	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.29317	2.81283	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.22197	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.11008	2.90435	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.08974	2.60944	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.43656	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.38791	2.82300	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.94503	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.75181	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.42639	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.73147	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.95520	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.87385	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.50774	1.39858	IZQUIERDA

S1	3.03190	2.58910	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.06242	2.95520	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.49979	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.32688	2.52808	1.40875	IZQUIERDA
S1	2.85899	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	2.85899	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.31671	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.37773	2.59927	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.03190	2.38571	1.40875	IZQUIERDA
S1	2.85899	2.76198	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.53031	2.71113	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.37554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.11328	2.63995	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.40825	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.87614	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.90665	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.57893	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.85579	2.96537	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.24231	2.97554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.99819	2.62978	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.46928	2.47723	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.96537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.65236	2.71113	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.42639	1.40875	IZQUIERDA
S1	2.99122	2.76198	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.30653	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.65236	2.81283	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.32688	2.62978	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.58116	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.01854	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.82528	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.24551	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.69305	2.94503	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.60944	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.19465	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.62185	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.81511	2.70096	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.39588	1.40875	IZQUIERDA

S1	3.26585	2.70096	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.54048	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.82528	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.44673	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.58910	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.90665	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.74391	2.51791	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.24551	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.26585	2.86368	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.72356	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.70322	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.41622	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.27602	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.70096	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.62185	2.37554	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.33705	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.96768	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.78459	2.46707	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.28619	2.53825	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.41842	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.86597	2.56876	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.39808	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.97554	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.48962	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.38791	2.81283	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.96768	2.75181	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.38571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.62978	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.65236	2.49757	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.23533	2.52808	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.39808	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.93717	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.89648	2.58910	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.47723	1.40875	IZQUIERDA

S1	3.63202	2.86368	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.08974	2.93486	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.08974	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.62185	2.40605	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.73147	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.50996	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.84562	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.41622	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.59927	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.69305	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.17111	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.12025	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.62185	2.46707	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.11008	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.21180	2.53825	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.40605	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.87614	2.80266	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.92469	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.15077	2.73147	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.41622	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.74164	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.03888	2.76198	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.01854	2.41622	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.59927	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.92469	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.20162	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.55859	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.28619	2.48740	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.20482	2.91452	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.63202	2.98571	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.56082	2.65012	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.17431	2.44673	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.06242	2.81283	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.47945	2.93486	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.72356	2.76198	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.41622	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.35739	2.74164	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.70322	2.96537	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.88401	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.86597	2.50774	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.57893	1.39858	IZQUIERDA

S1	3.30653	2.96537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.94503	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.57893	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.48740	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.37773	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.84562	2.96537	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.84562	2.67046	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.39808	2.42639	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.12345	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.45911	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.75181	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.58116	2.39588	1.38842	IZQUIERDA
S1	3.25568	2.65012	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.52014	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.98802	2.81283	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.92699	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.52014	2.50774	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.68288	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.19145	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.57893	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.60151	2.46707	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.59134	2.85351	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.03888	2.93486	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.15077	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.39588	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.48962	2.74164	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.77442	2.89418	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.80266	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.75408	2.42639	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.36756	2.60944	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.61168	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.07957	2.89418	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.52808	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.41842	2.51791	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.50996	2.92469	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.00837	2.94503	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.02871	2.60944	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.64219	2.45690	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.55065	2.82300	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.94734	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.18128	2.69079	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.01854	2.39588	1.38842	IZQUIERDA
S1	3.86597	2.70096	1.40875	IZQUIERDA

S1	4.18128	2.84334	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.75181	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.18128	2.39588	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.80494	2.54842	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.98802	2.86368	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.77215	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.23214	2.44673	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.83545	2.39588	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.88631	2.81283	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.25248	2.81283	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.27282	2.52808	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.97785	2.36537	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.91682	2.75181	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.24231	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	4.20162	2.65012	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.89648	2.33486	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.58116	2.68062	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.79477	2.88401	1.40875	IZQUIERDA
S1	4.04905	2.83317	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.76425	2.47723	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.14379	2.55859	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.20482	2.90435	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.66254	2.87385	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.42859	2.53825	1.39858	IZQUIERDA
S1	2.87933	2.47723	1.40875	IZQUIERDA
S1	2.84882	2.91452	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.30653	3.01622	1.40875	IZQUIERDA
S1	3.43876	2.71113	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.22516	2.47723	1.39858	IZQUIERDA
S1	3.17431	2.84334	1.39858	IZQUIERDA

Figura 22. Data EEG registrado en la sesión 1, correspondiente a un periodo de 8 segundos del sujeto 1.

3.10.1 Análisis espectral FFT en el dominio de frecuencia

Los ritmos sensorio motoras Beta y Mu están representados en el dominio de la frecuencia, es por ello implementado un algoritmo FFT, facilita el estudio y comprensión de los cambios

correspondientes a la tarea mental de reposo e imaginación de movimiento, también facilita la determinación de la banda reactiva de las curvas ERS/ERD

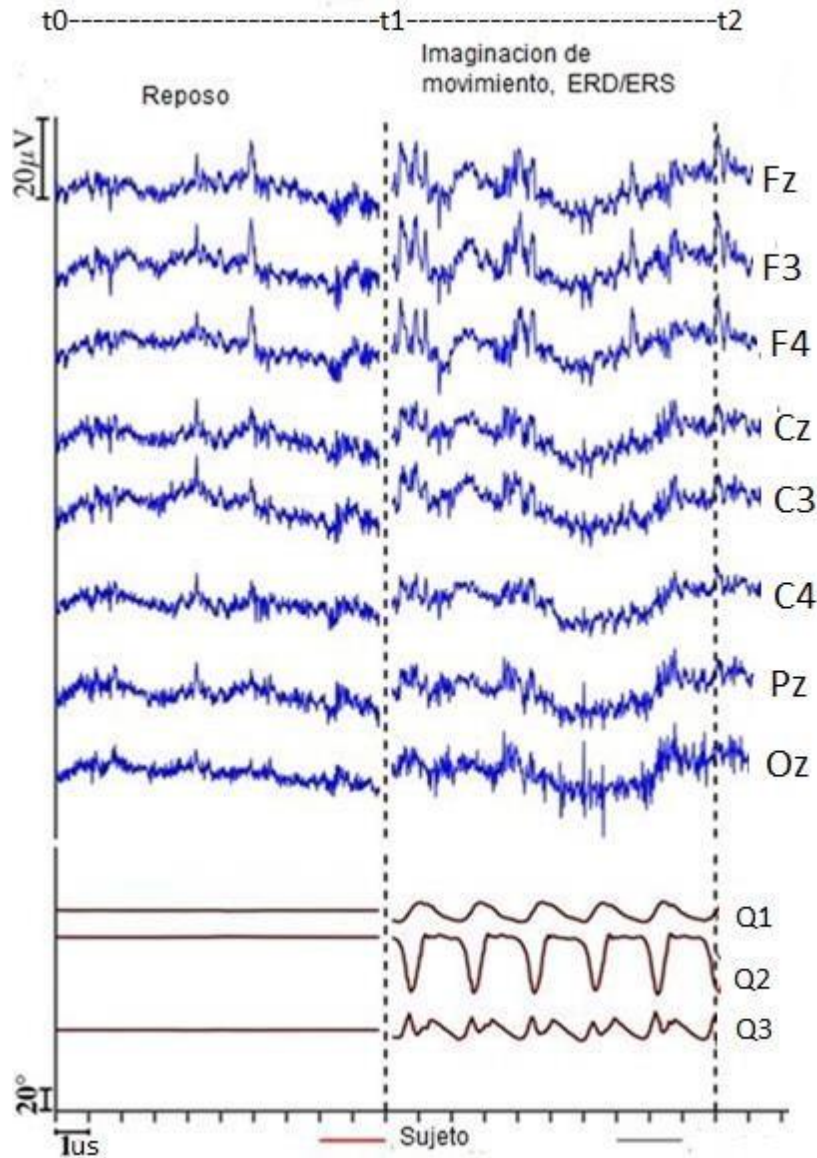


Figura 23. Representación Gráfica de las señales EEG de los canales Fz,F4,Cz,C3,C4,Pz y Oz, en la figura se puede apreciar dos segmentos, una que corresponde a la tarea mental de reposo, dos de imaginación de movimiento con las curvas ERS/ERD, así mismo se observa Q1,Q2,Q3, salidas en PWM para cada servo motor.

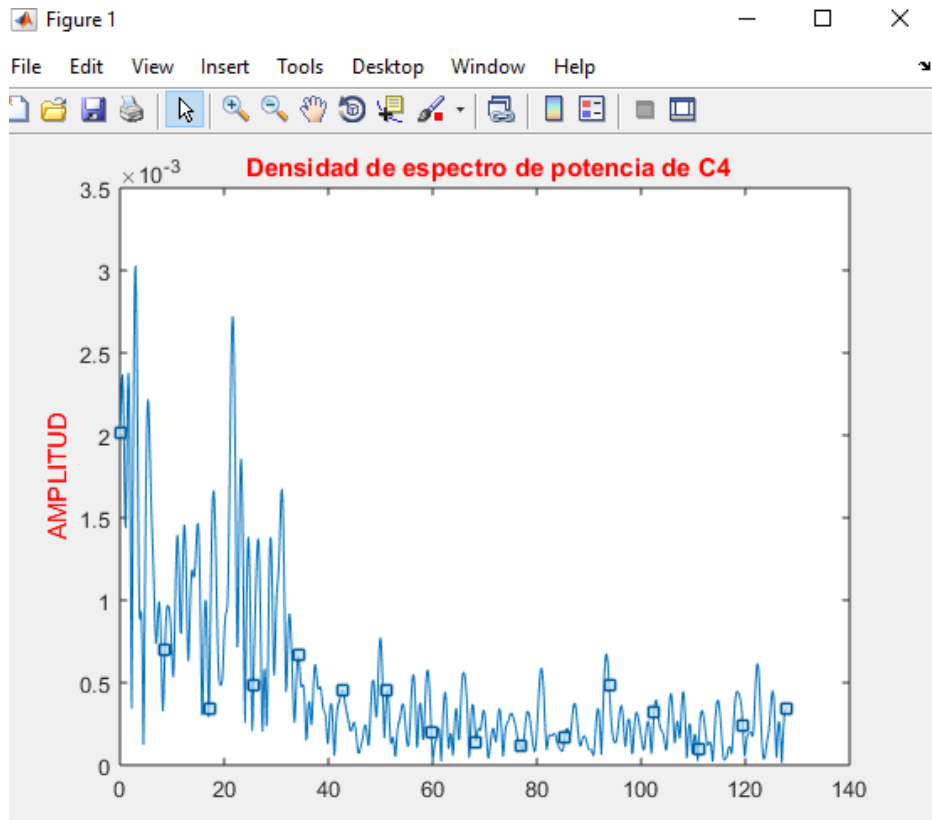


Figura 24. Análisis espectral en el dominio de la frecuencia de la data EEG con algoritmo de FFT de un periodo de un segundo correspondiente a los primeros 256 muestras de un total de 2048 muestras, la finalidad es determinar la banda reactiva.

3.10.2 Análisis espectral Wavelet en el dominio del tiempo

Múltiples autores han aplicado análisis wavelet para caracterizar señales EEG para la imaginación motora en sistemas BCI (Ming-Ai, Rui, Dong-Mei, & Jin-Fu, 2009; Zou, Wang, Shi, & Ma, 2010), cuyos resultados de clasificación, eligiendo una wavelet madre específica y un nivel de descomposición adecuado, mejoran respecto a otras técnicas como AAR, descomposición en subespacios espaciales comunes (CSSD) y entropía aproximada

(ApEn). Investigaciones han señalado que la wavelet madre Daubechies es una base adecuada para el análisis de datos de EEG respecto a otras wavelets madre para clasificar características orientadas a la imaginación motora (Adeli, Zhou, & Dadmehr, 2003).

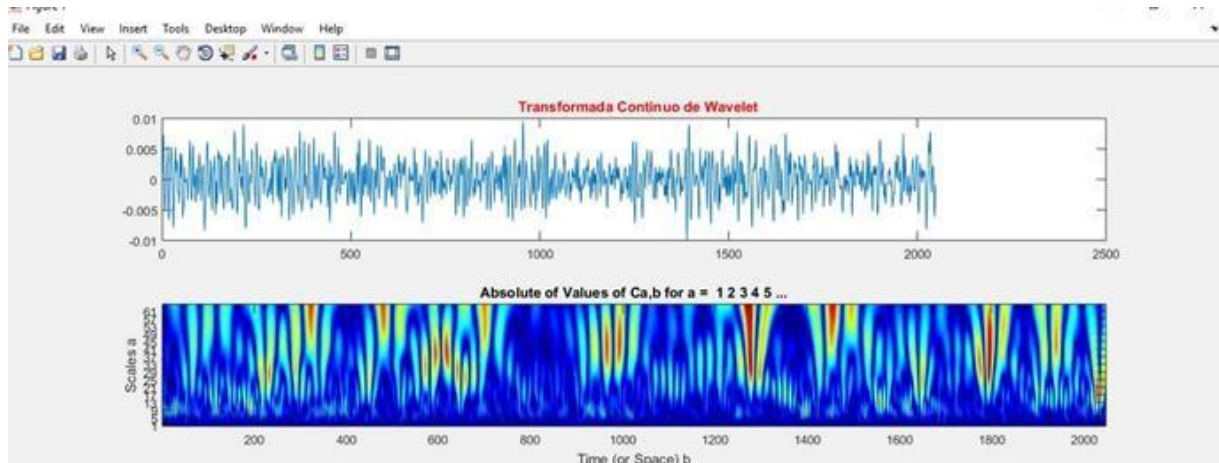


Figura 25. Representación gráfica de análisis EEG del sujeto1, con una función wavelet del orden 4.

IV. RESULTADOS

En este apartado se presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo de la tesis de investigación, de acuerdo con los objetivos planteados, como primer resultado fue el desarrollo de una tarjeta electrónica embebido que integrada , adquisición, procesado y clasificación de ritmos cerebrales(ondas cerebrales Beta y Mu), que fue validado con dispositivos electrónicos de instrumentación de National Instrument (NI USB 6210), Biosignal Amplifier - g. BSamp, de 16 canales diferenciales(bipolar), durante las pruebas de testeo de la tarjeta electrónica integrada hubo un poco de complicaciones, con el primer diseño, se subsano el error y se diseñó otra segunda tarjeta electrónica integrada, que paso la prueba de testeo y con ello se trabajó en la pruebas y sesiones correspondientes al desarrollo, implementación de los objetivos planteados , así como la validación de nuestra hipótesis planteada.

4.1 Resultados de la adquisición de ritmos sensorio motoras Beta y Mu mediante la tarjeta electrónica desarrollada correspondientes a dos tareas mentales

La adquisición de señales EEG, se realizó en modo bipolar de los canales correspondientes basado en el sistema internacional 10/20 para EEG, priorizando los canales C3, C4 Y CZ que corresponden a áreas del cerebro, que están asociadas a la parte motora ondas cerebrales Beta y Mu, en la figura 23, observamos los datos adquiridos durante una sesión de prueba de 8 segundos, podemos observar claramente a nuestra variable tarea mental dependiente de 2048 muestras.

4.1.1 Banda reactiva

En esta sección analizaremos la banda reactiva obtenida por cada sujeto de prueba, correspondientes a los ritmos sensorio motoras **beta y mu**, según el estudio de las EEG en las bandas mu y beta, la actividad eléctrica fue más notoria en la banda **mu**, siendo las frecuencias resultantes las que se muestra en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

Sujetos	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Banda Reactiva F(s)(Hz)	8-12	10-12	7-13	8-12	7-11	7-12	9-13	10-12	8-12	9-12

Banda de frecuencia reactiva para los sujetos de la evaluación en las cuatro sesiones.

4.1.2 Porcentaje de Clasificación

En esta sección se representa, para cada sujeto de prueba, las curvas de tasa de error $et^{(s)}$, obtenidas en las sesiones de pruebas. En cada figura, la curva más resaltada representa la media de la tasa de la tasa de error obtenida como promedio de las $et^{(s)}$ correspondiente a las 4 sesiones.

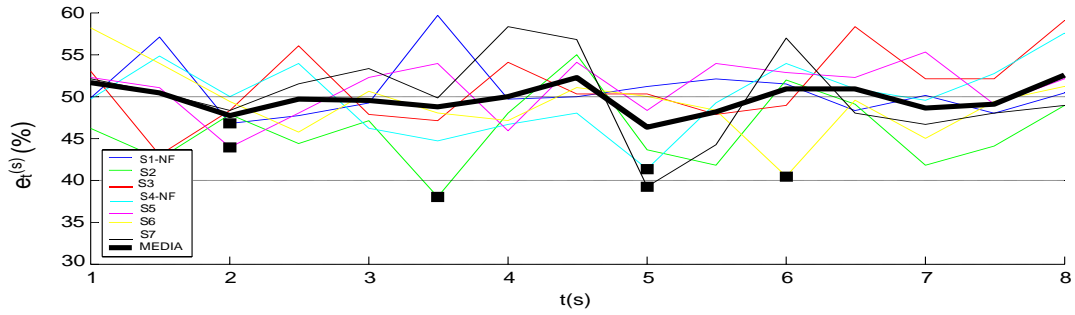


Figura 26. Curvas de error para el sujeto 1.

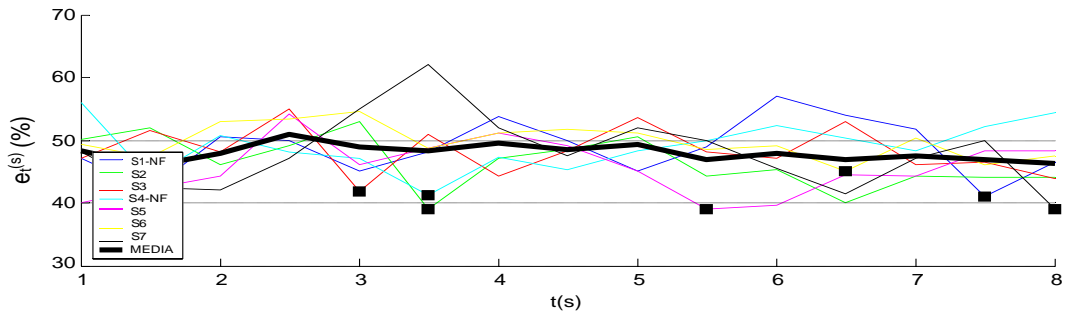


Figura 27. Curvas de error para el sujeto 2.

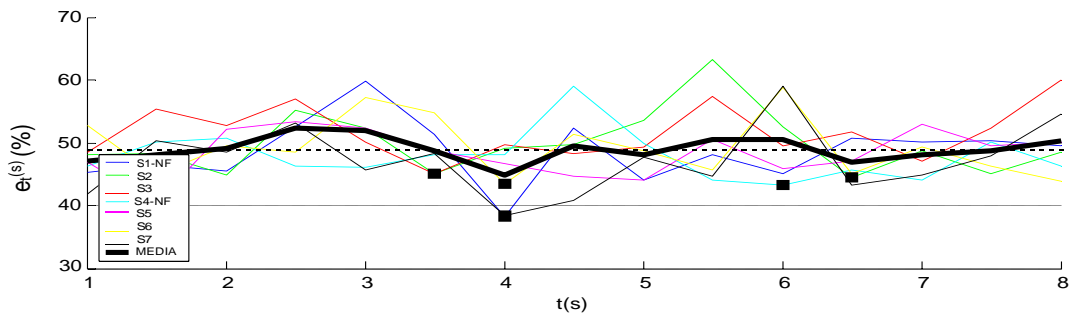


Figura 28. Curvas de error para el sujeto 3.

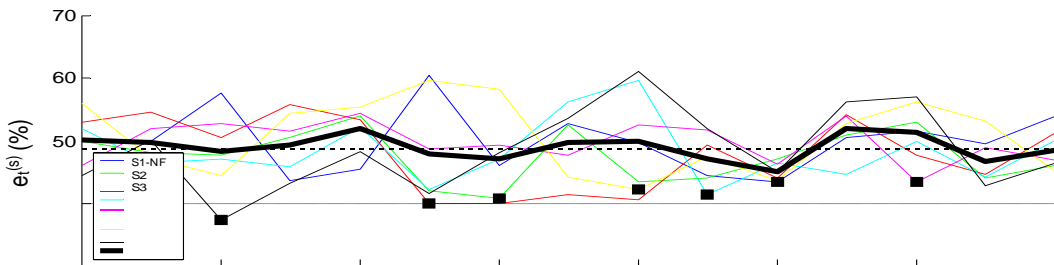


Figura 29. Curvas de error para el sujeto 4.

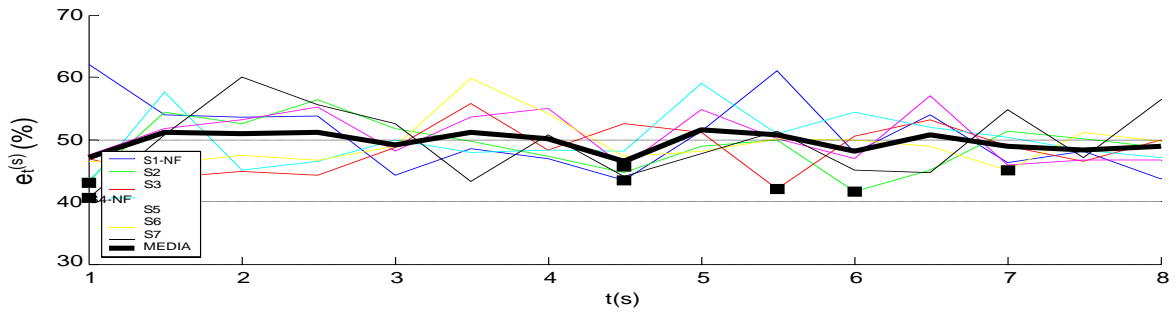


Figura 30. Curvas de error para el sujeto 5.

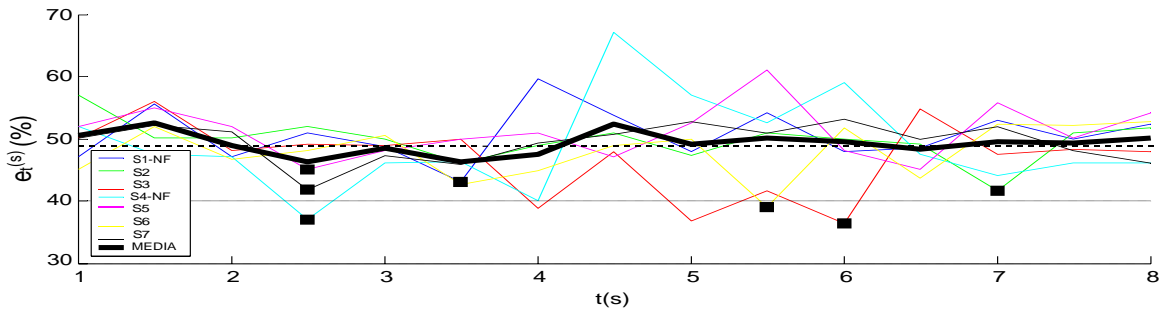


Figura 31. Curvas de error para el sujeto 6.

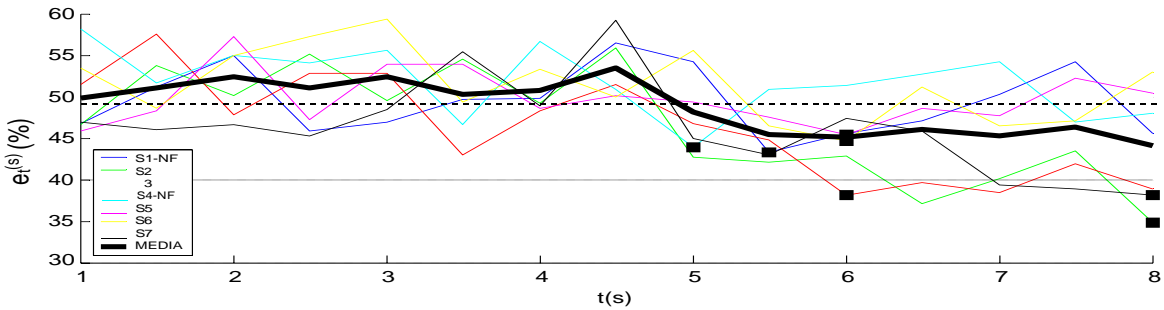


Figura 32. Curvas de error para el sujeto 7.

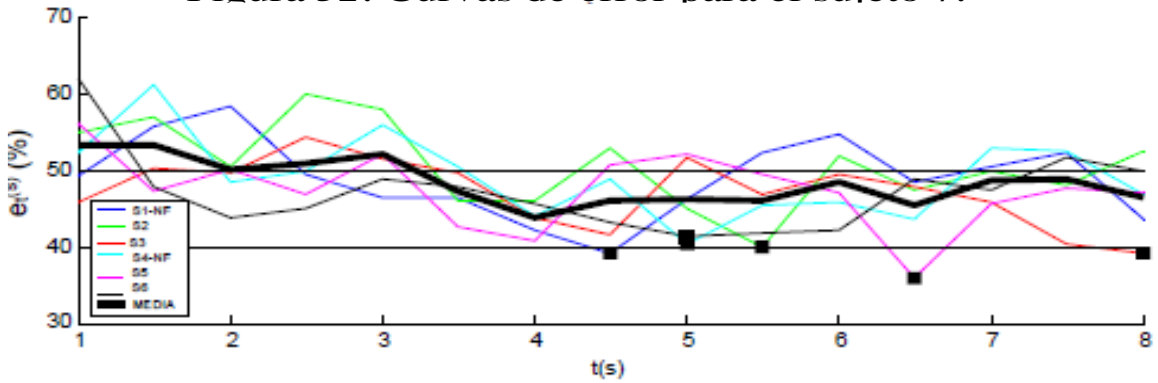


Figura 33. Curvas de error para el sujeto 8.

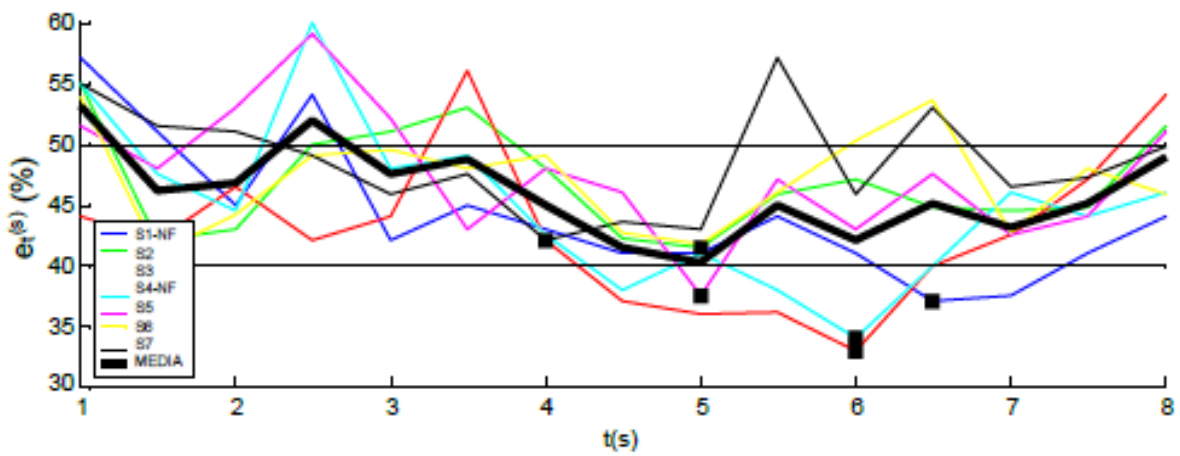


Figura 34. Curvas de error para el sujeto 9.

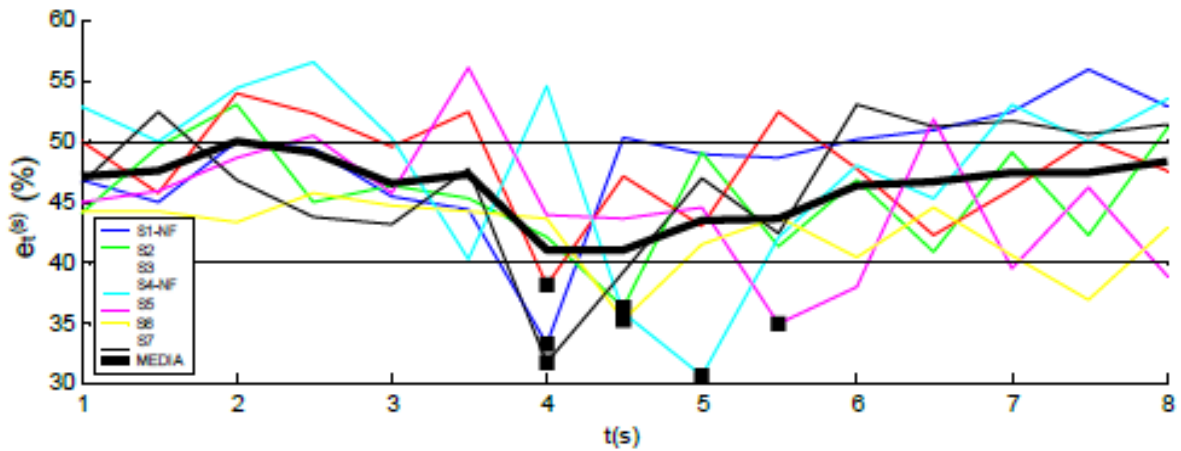


Figura 35. Curvas de error para el sujeto 10.

Valoración general de las curvas $et^{(s)}$

De estas curvas de error se puede concluir que, por lo general, no se observa ningún aprendizaje por parte de los sujetos a medida que avanza las sesiones.

Análisis de la curva Et.

Debido a estas observaciones, parece más interesante analizar y comparar el promedio Et de las curvas de error et entre cada uno de los sujetos, lo cual se muestra en la figura 34.

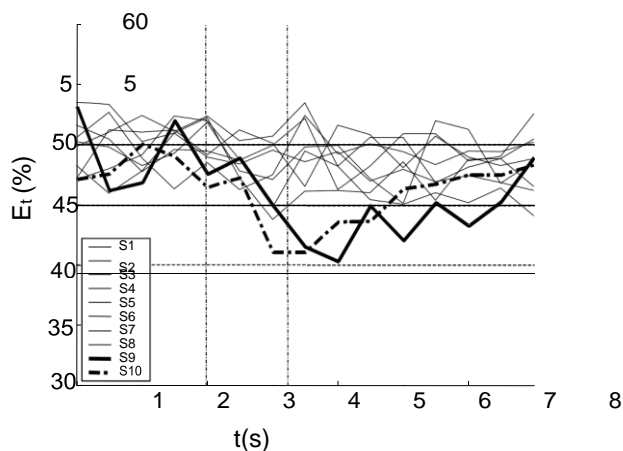


Figura 36. Curvas de error promedio E_t (%).

Al observar las curvas de error se puede hacer una primera valoración de los resultados obtenidos, permitiendo distinguir dos grupos de sujetos de acuerdo al criterio de umbrales en el porcentaje de error E_t . El grupo 1, formado por 8 sujetos y cuyas curvas de error medio (línea fina) está por encima del 45 %, y el grupo 2, formado por los 2 últimos sujetos y cuyas curvas de error medio (línea gruesa) se aproxima durante algún intervalo de tiempo al 40% de error.

4.1.3 Curvas ERD/ERS

En esta sección se muestra las curvas ERD/ERS obtenidas para cada sujeto.

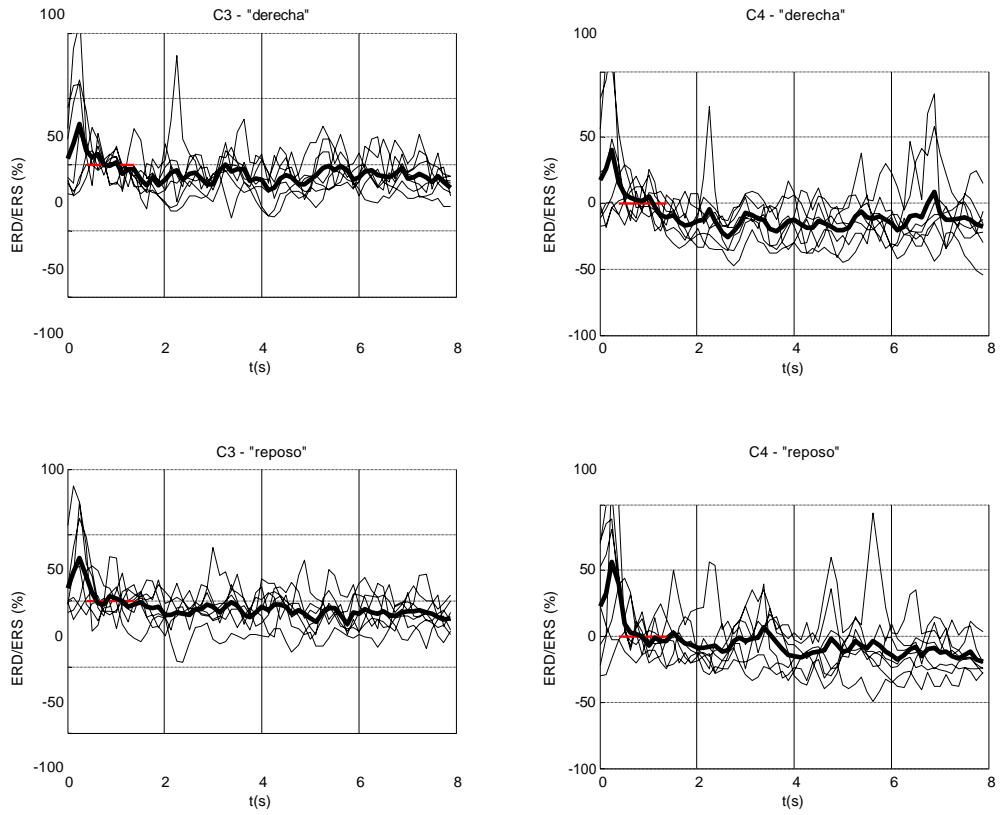


Figura 37. Curvas de ERD/ERS del sujeto 1

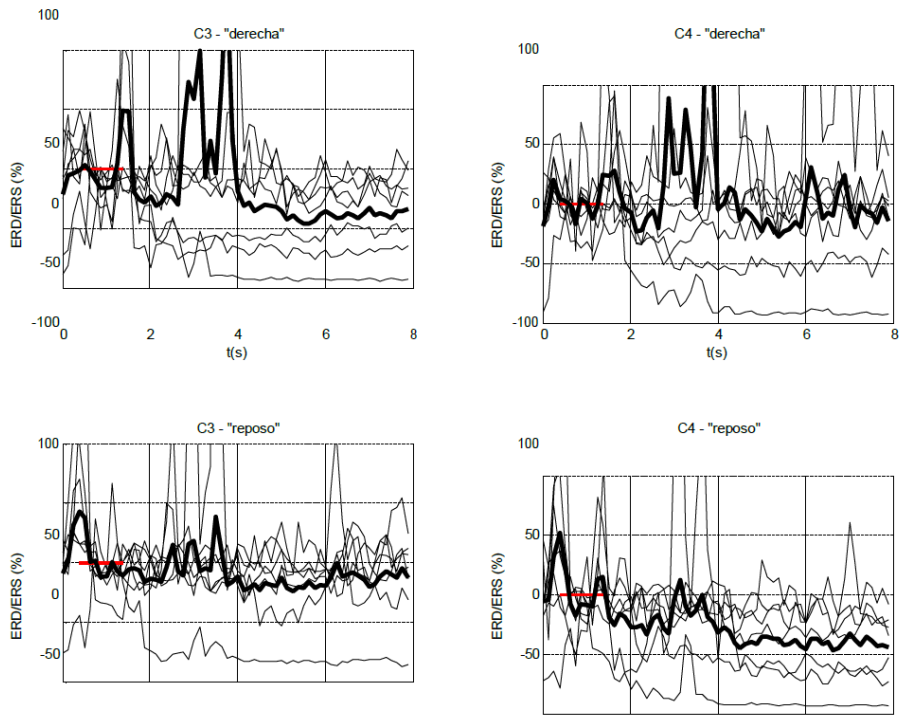


Figura 38. Curvas de ERD/ERS del sujeto 2

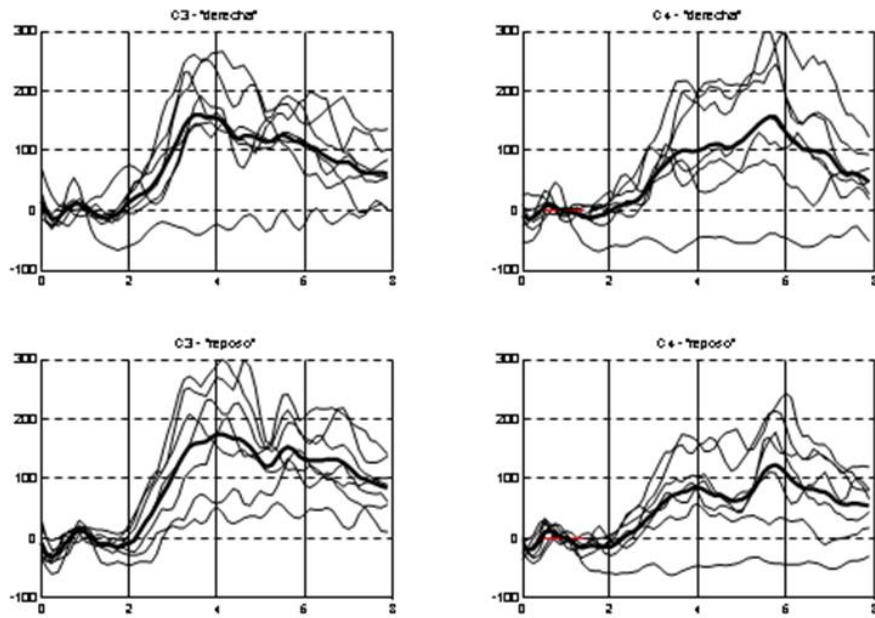


Figura 39. Curvas de ERD/ERS del sujeto 3.

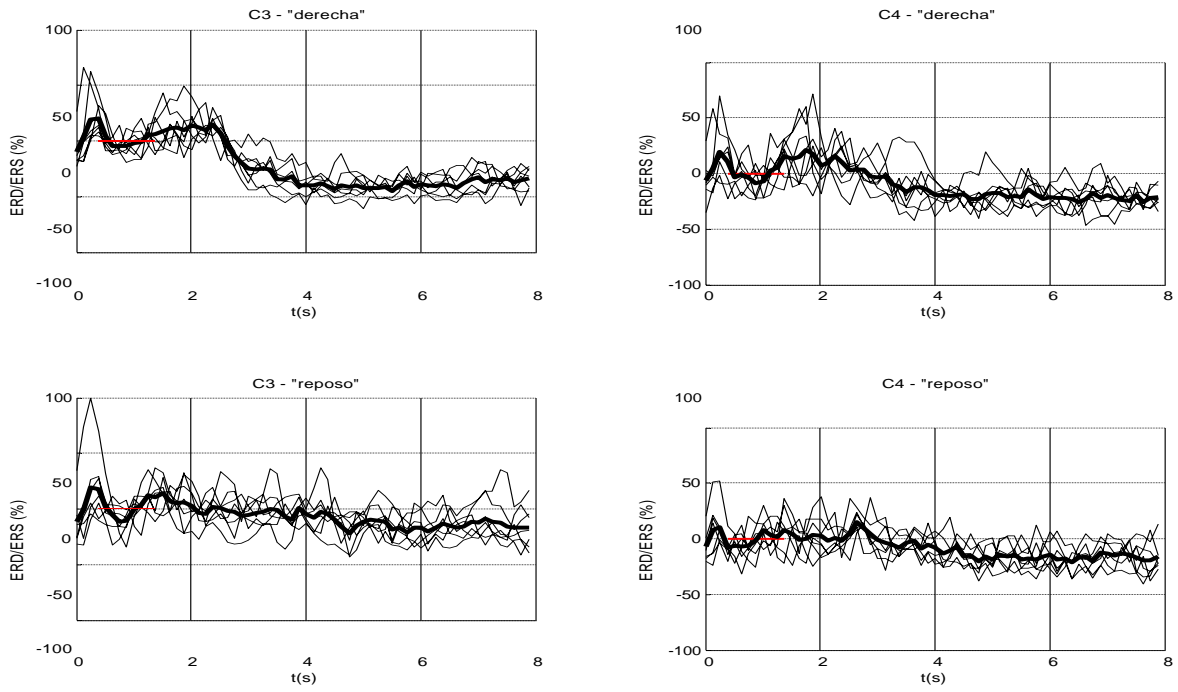


Figura 40. Curvas de ERD/ERS del sujeto 4

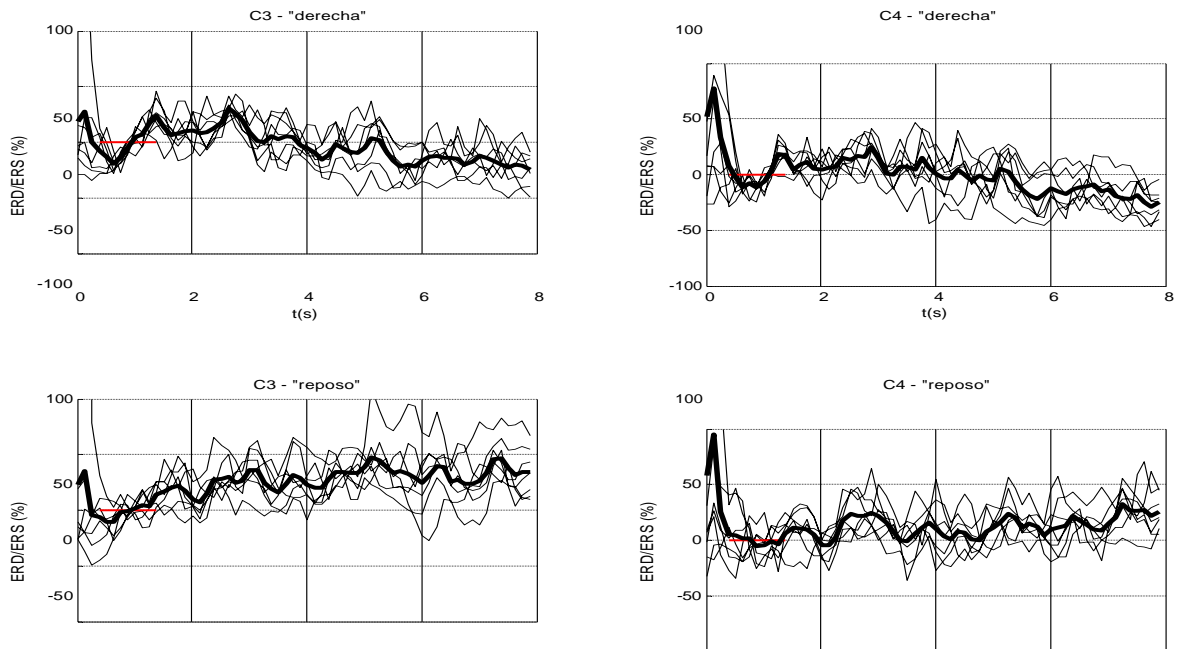


Figura 41. Curvas de ERD/ERS del sujeto 5.

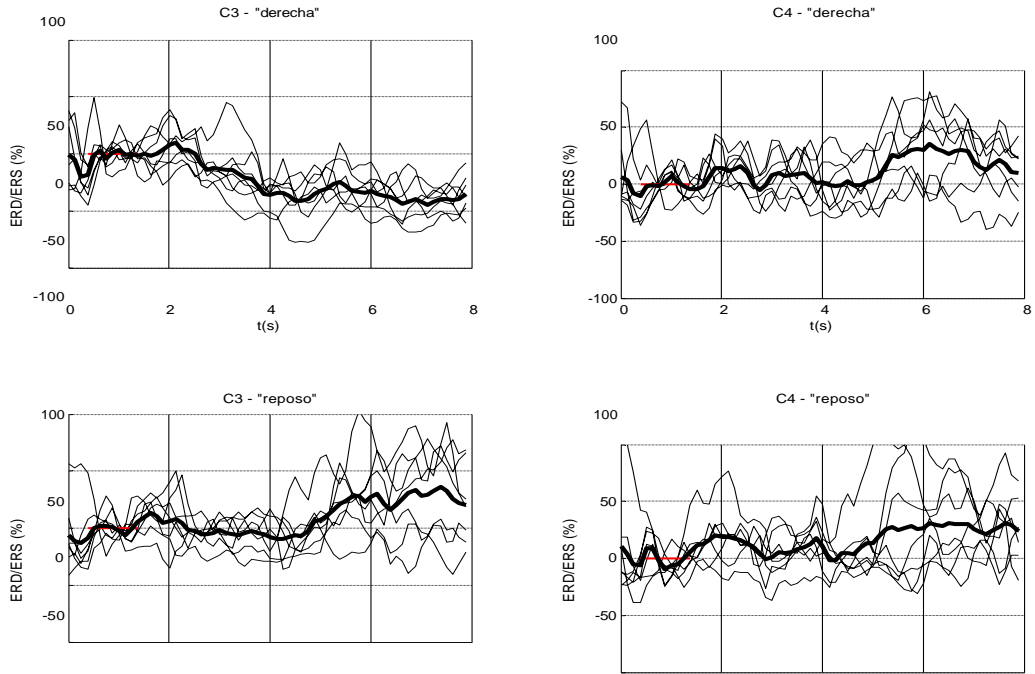


Figura 42. Curvas de ERD/ERS del sujeto 6

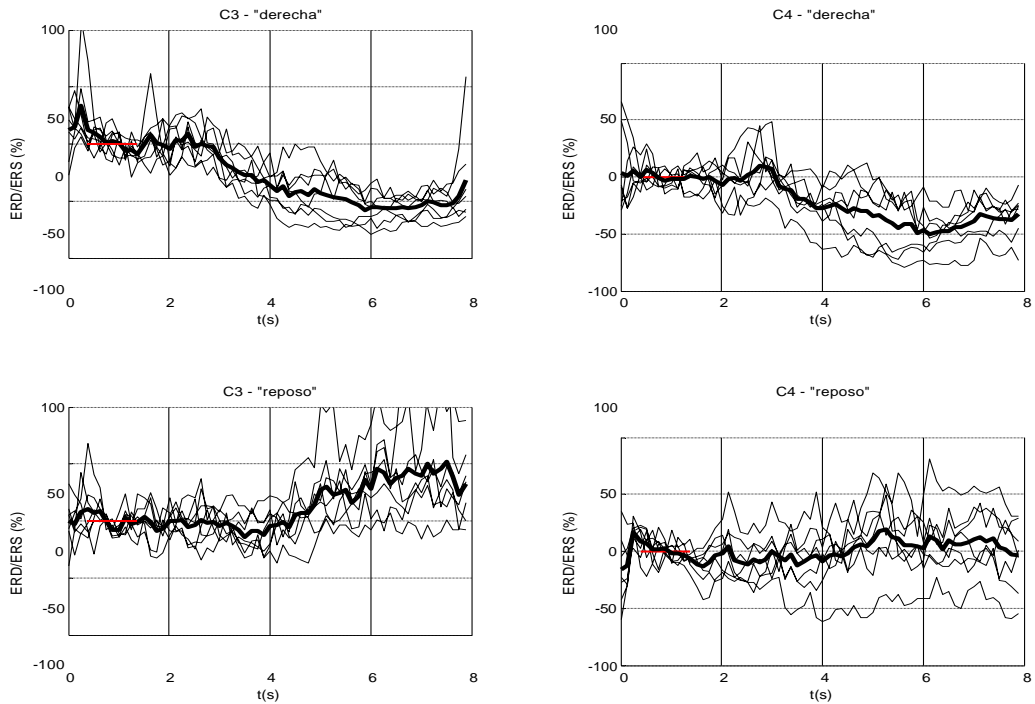


Figura 43. Curvas de ERD/ERS del sujeto 7.

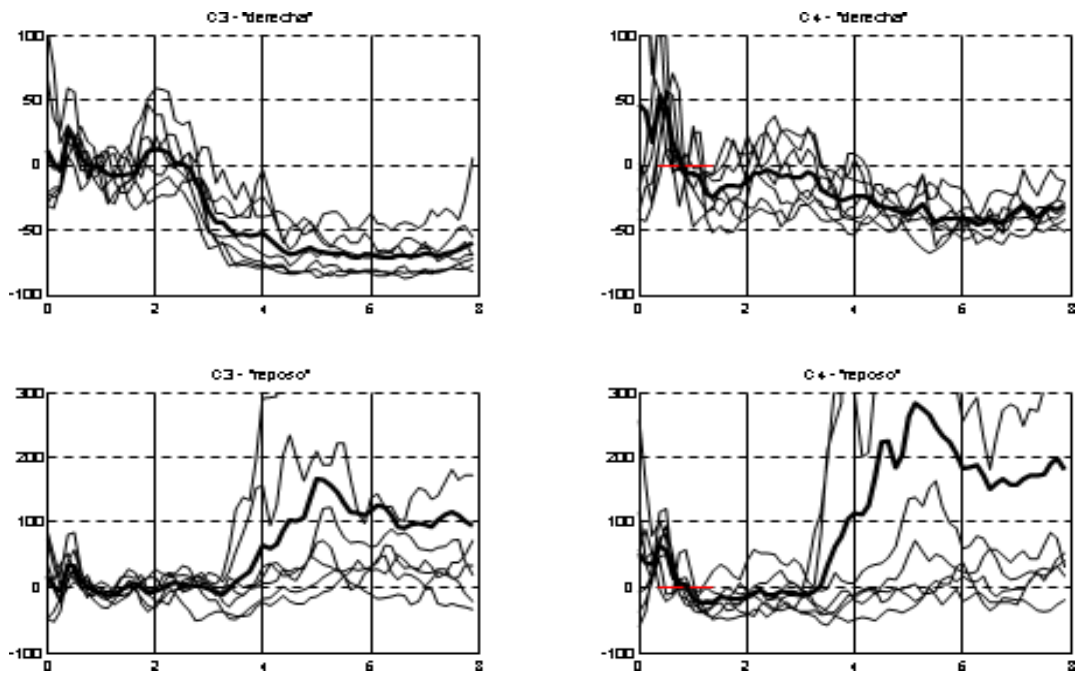


Figura 44. Curvas de ERD/ERS del sujeto 8.

Los sujetos pertenecientes al grupo 1 presentan una desincronización en la clase “pensamiento de imaginación de movimiento” menos importante que los sujetos pertenecientes al grupo 2. De estos sujetos, S2 tiene enormes dificultades para desincronizar sus señales. En cuanto a los sujetos S1, S3 y S4, las curvas que representan la media de las respuestas de ERD/ERS entre todas las sesiones (línea gruesa), permiten comprobar que estos sujetos si lograron desincronizar sus señales EEG al realizar la tarea mental de imaginación de movimiento, sin embargo, dicha desincronización es algo inestable durante las 4 sesiones.

Del grupo 2 los sujetos S5 y S6 consiguieron desincronizar sus señales al realizar la tarea mental de imaginación de movimiento, sobre todo, durante el periodo comprendido entre los instantes $t=3s$ y $T=6 s$. Durante ese intervalo de tiempo, S5 logra que la desincronización sea colateral, afectando sólo al hemisferio izquierdo (C3-“derecha”). El sujeto S6 parece perder la concentración en el estado de reposo durante el periodo de prueba, desincronizando sus señales a partir del instante $t=4.5s$ (C3-“reposo” y C4 “reposo”). Los sujetos S7 y S8 muestran en la clase de imaginación de movimiento mano derecha e izquierda una desincronización muy importante y estable en toda las sesiones. De estos dos últimos sujetos, también se puede corroborar cómo es difícil mantener estable las señales EEG durante el estado de reposo, obteniendo curvas de ERD/ERS mucho más inestables que las obtenidas al realizar la tarea mental de imaginación de movimiento mano derecha e izquierda.

En conclusión, las respuestas que se reflejan en las curvas de ERD/ERS son muy dependientes de los sujetos. Al realizar la tarea mental de imaginación de movimiento de mano derecha e izquierda, estos siguen teniendo dificultad para que la desincronización sea colateral. También queda claro la dificultad que tienen los sujetos en mantener estables sus señales EEG durante el estado mental de reposo.

42 Resultados de la extracción de características de la data EEG, en el dominio de la frecuencia y tiempo.

En esta sección se verá los resultados que se obtuvo durante el proceso de análisis de datos, correspondientes a las dos tareas mentales, de imaginación de movimiento y reposo.

El procedimiento que se siguió una vez adquirida el banco de datos EEG durante las 4 sesiones se procedió a etiquetar después de realizar un análisis espectral de las señales EEG, en la figura 23 podemos observar el proceso de etiquetado, las muestras correspondientes a $t=0$ a $t=2s$, se etiqueto como Tarea mental de Reposo, $t=2$ a $t=6$, se etiqueto como tarea mental de Imaginación movimiento mano derecha, $t=6s$ a $t=8s$, se etiqueto como tarea mental de imaginación de movimiento mano derecha.

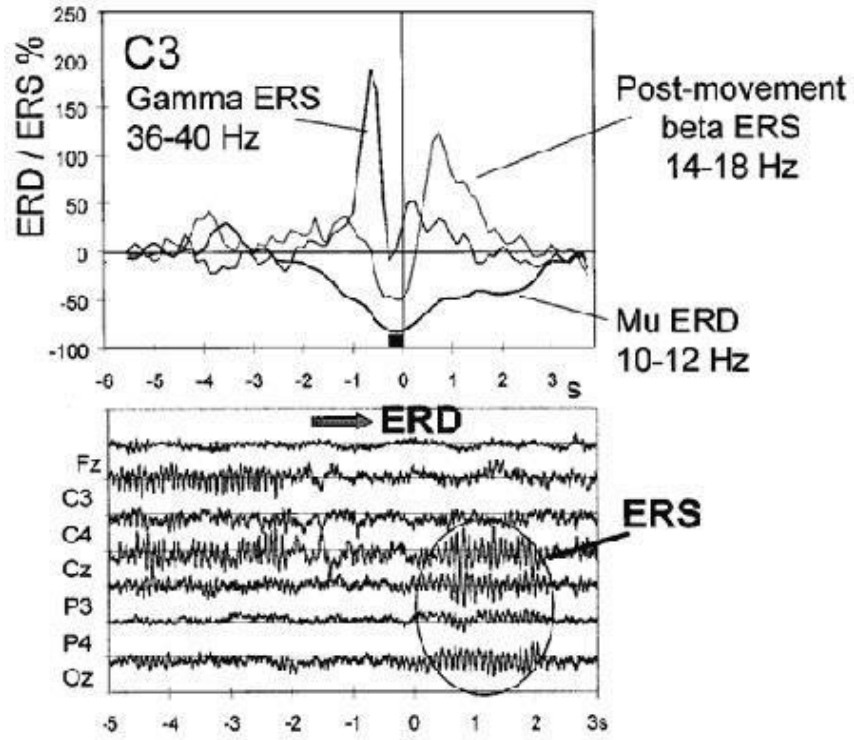


Figura 45. Representación gráfica de los resultados de la extracción de características en la señal EEG.

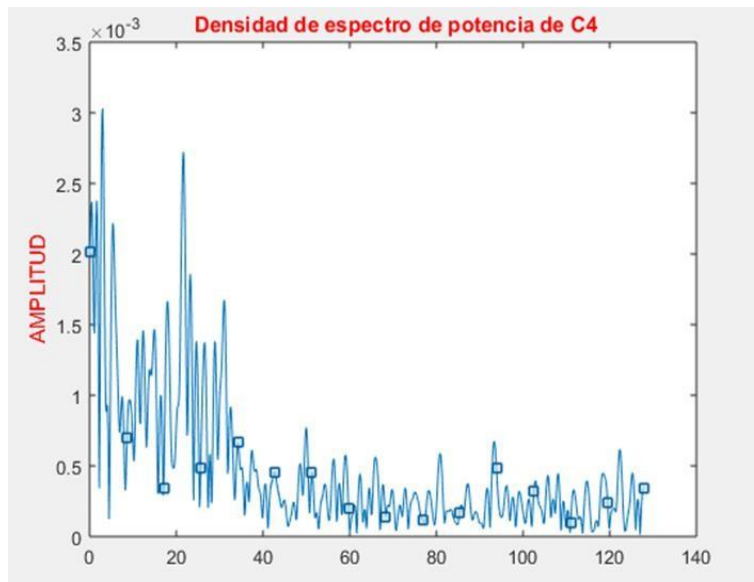


Figura 46. Representación gráfica del análisis espectral de potencia realizada al canal C3 en el dominio de la frecuencia para el sujeto1.

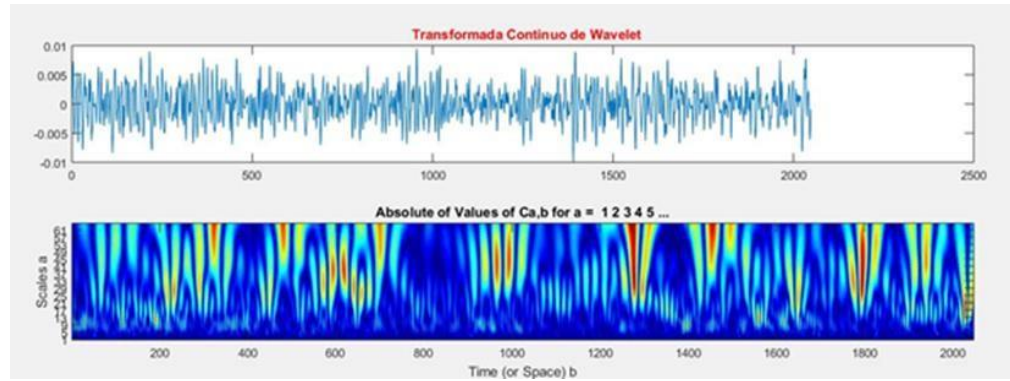


Figura 47. Representación gráfica del análisis de la señal EEG correspondiente al sujeto 1.

4.3 Resultado del modelado del brazo robótico de tres grados de libertad.

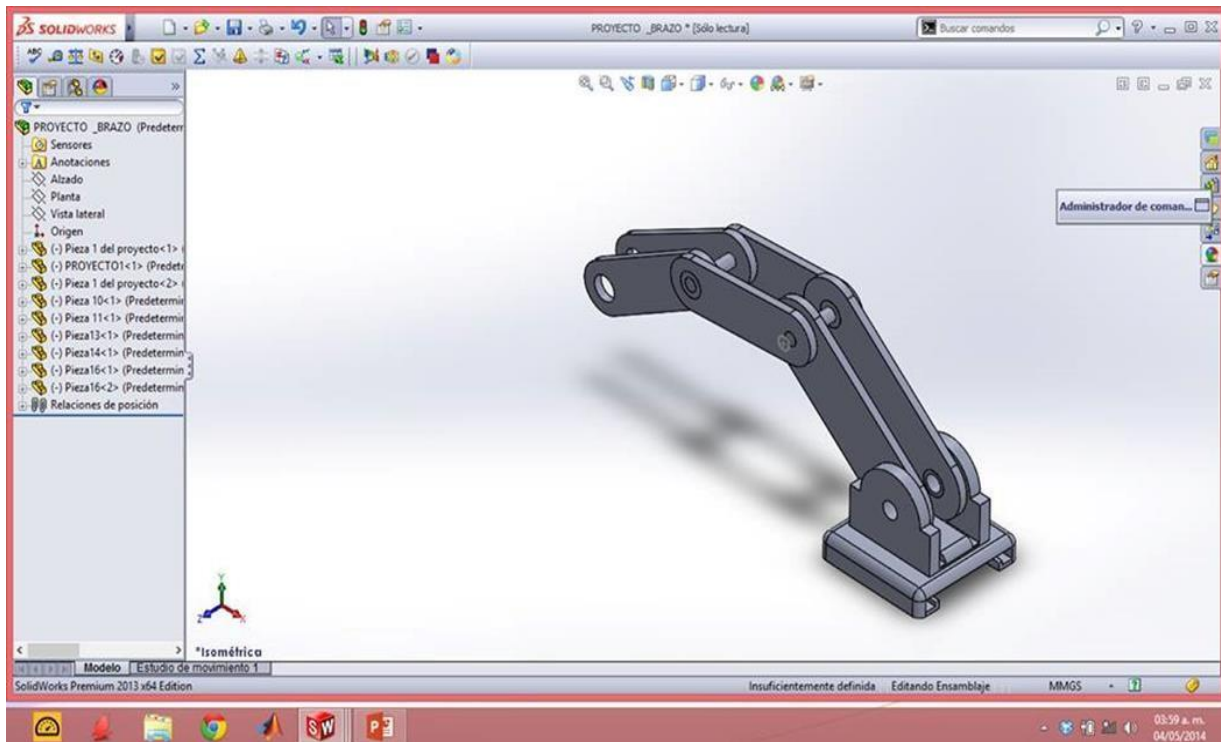


Figura 48. Representación gráfica del modelado del Brazo robótico de 3 grados de libertad.

Los valores de parámetros de cinemática directa P_x , P_y , P_z , se obtuvo empleando las ecuaciones matriciales de Parámetros de Denavit – Hartenberg d , θ , a , α . En la figura 17, podemos observar los valores dichos valores que se emplearon, siendo los valores resultantes $P_x=0.2021m$, $P_y=0.2543m$, $P_z=0.6841m$.

4.4 Resultado del control de brazo robótico de tres grados de libertad

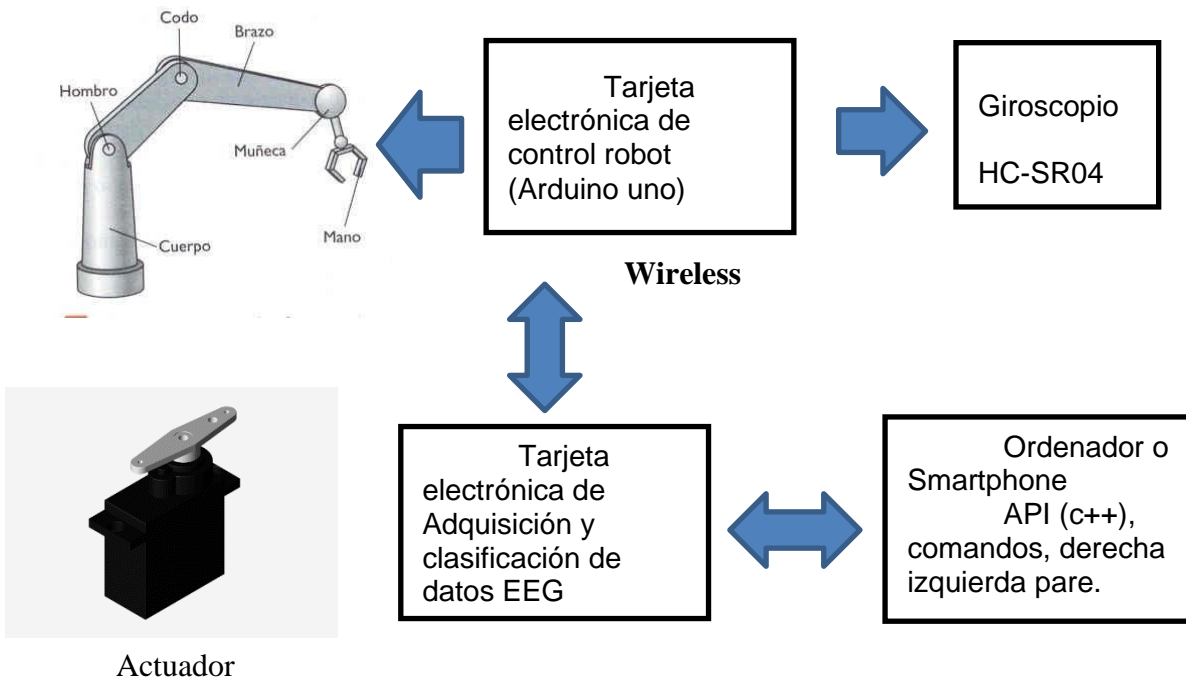


Figura 49. Representación del diagrama de control propuesto y desarrollado.

Mediante la discriminación de las dos tareas mentales (imaginación de movimiento y reposo) asociados a los ritmos sensorio motoras beta y mu, fue posible controlar los tres servomotores, mediante las curvas ERD/ERS, para ello se desarrolló una interfaz gráfica entre el sistema BCI en lenguaje c++ y el sistema de control del brazo robótico, que se asocia con comandos predefinidos en la programación desarrollada en lenguaje c.

En la figura 23 se observa la discriminación de las dos tareas mentales que se registraron durante las sesiones de prueba.

Para lograr controlar el servomotor de uno de las articulaciones del brazo robótico de la figura 17, fue posible gracias al desarrollo de un programa que asocia las señales EEG motoras con la señal de PWM correspondientes a las tres articulaciones del brazo robótico.

De los 10 sujetos que se sometieron a las 4 sesiones de prueba solo 4 sujetos lograron discriminar sus curvas ERD/ERS y por consiguiente lograron controlar dos articulaciones del brazo robótico, los 6 sujetos que participaron no lograron discriminar las dos tareas mentales en sus curvas ERD/ERS, ver la sección correspondiente a las curvas ERD/ERS, para mayor detalle.

En conclusión, de acuerdo a los resultados obtenidos resulta complicado lograr discriminar las curvas ERD/ERS sin un Feedback adecuado, ello se evidencia en la dificultad para lograr un control eficiente del brazo robótico de 3 grados de libertad.

4.5 Resultado del estudio estadístico para la acción de control de ondas cerebrales Beta y Mu variables cuantitativas de la presente tesis

En este apartado se muestra los análisis estadísticos realizados sobre los datos de la muestra de 16384 datos EEG, correspondientes a la variable cuantitativa de tarea mental de los 8 sujetos que se sometieron a las pruebas.

Estadísticas

Variable	TAREA	N	N*	Porcentaje	Media	Error estándar de la			Q1
						media	Desv.Est.	Mínimo	
CANAL1	DERECHA	8192	0	50%	8.551	0.295	26.672	-30.861	1.768
	IZQUIERDA	4096	0	25%	-1.846	0.129	8.273	-37.056	4.647
	REPOSO	4096	0	25%	-8.958	0.508	32.513	-154.257	5.816
CANAL2	DERECHA	8192	0	50%	18.327	0.632	57.192	-33.780	2.829
	IZQUIERDA	4096	0	25%	-5.003	0.248	15.890	-62.698	4.934
	REPOSO	4096	0	25%	-	0.945	60.498	-264.084	8.160
					18.055				
Variable	TAREA	Mediana	Q3	Máximo	Modo	N para moda			
CANAL1	DERECHA	1.662	4.242	118.934	3.92699	19			
	IZQUIERDA	0.257	3.514	30.559	3.43876;3.83545	12			
	REPOSO	-0.460	3.462	158.831	3.66254	11			
CANAL2	DERECHA	1.783	4.648	260.790	2.89418	73			
	IZQUIERDA	-0.134	2.657	34.563	2.89418	23			
	REPOSO	-1.484	2.660	260.606	2.89418	32			

Figura 50. Representación gráfica de los datos estadísticos descriptivos de la variable tarea metal.

En la figura 50, los resultados estadísticos muestran la distribución porcentual de 2 tareas mentales (reposo y movimiento mano derecha), así como la media de cada tarea mental correspondiente a DERECHA, REPOSO E IZQUIERDA, el tamaño de la muestra correspondiente a los 8 sujetos de prueba es de 16384 datos, distribuidos de la siguiente manera Derecha (8192), Izquierda (4096), Reposo (4096) por cada canal, es decir canal1 y canal2.

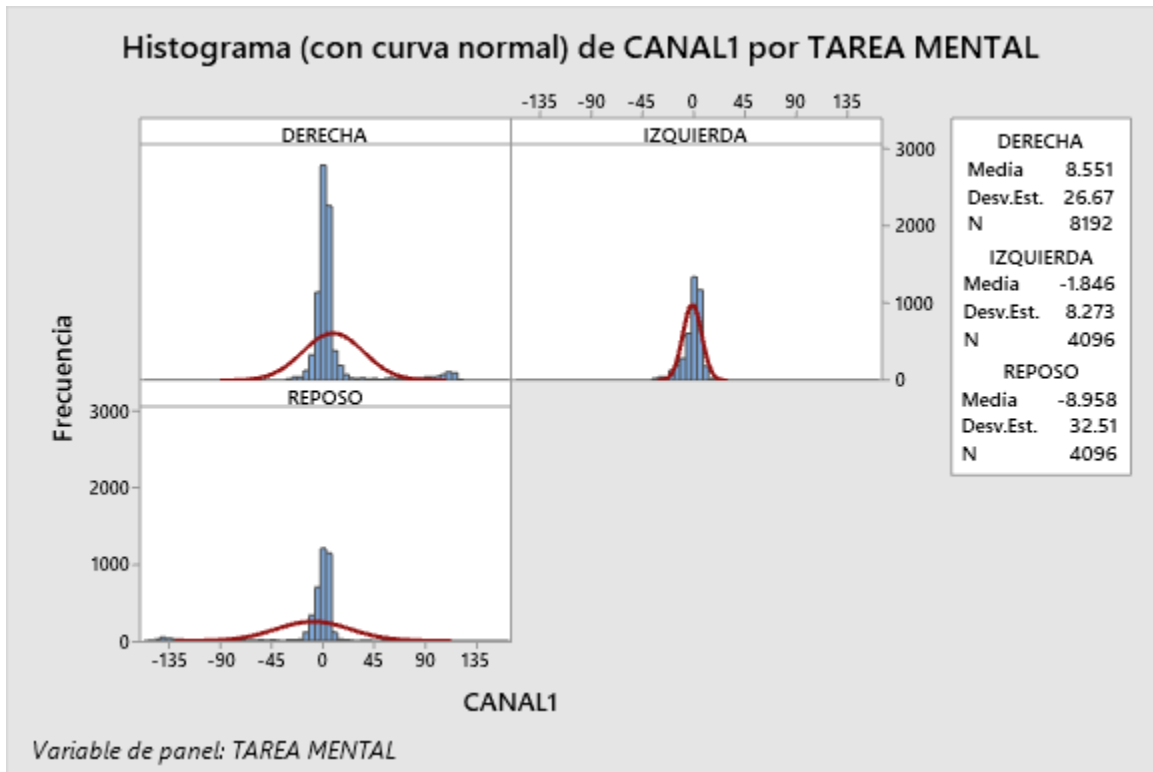


Figura 51. Representación gráfica de Histograma para el canal1

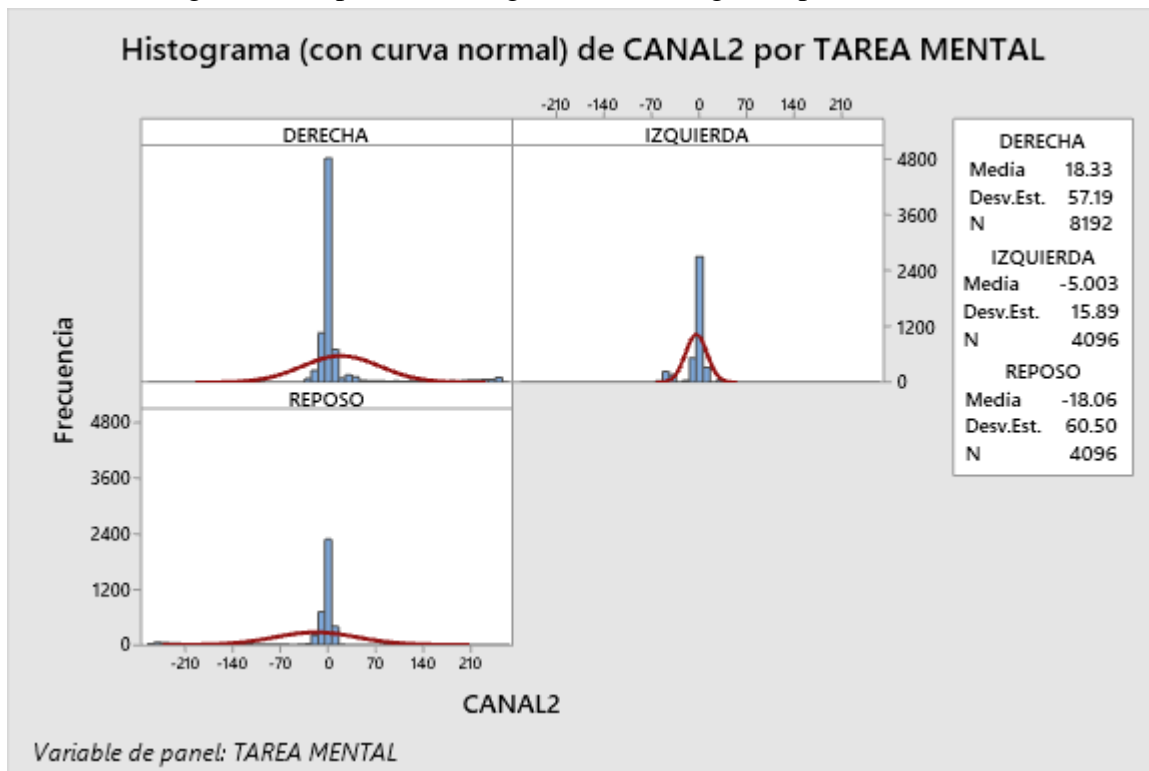


Figura 52. Representación gráfica de Histograma para el canal2

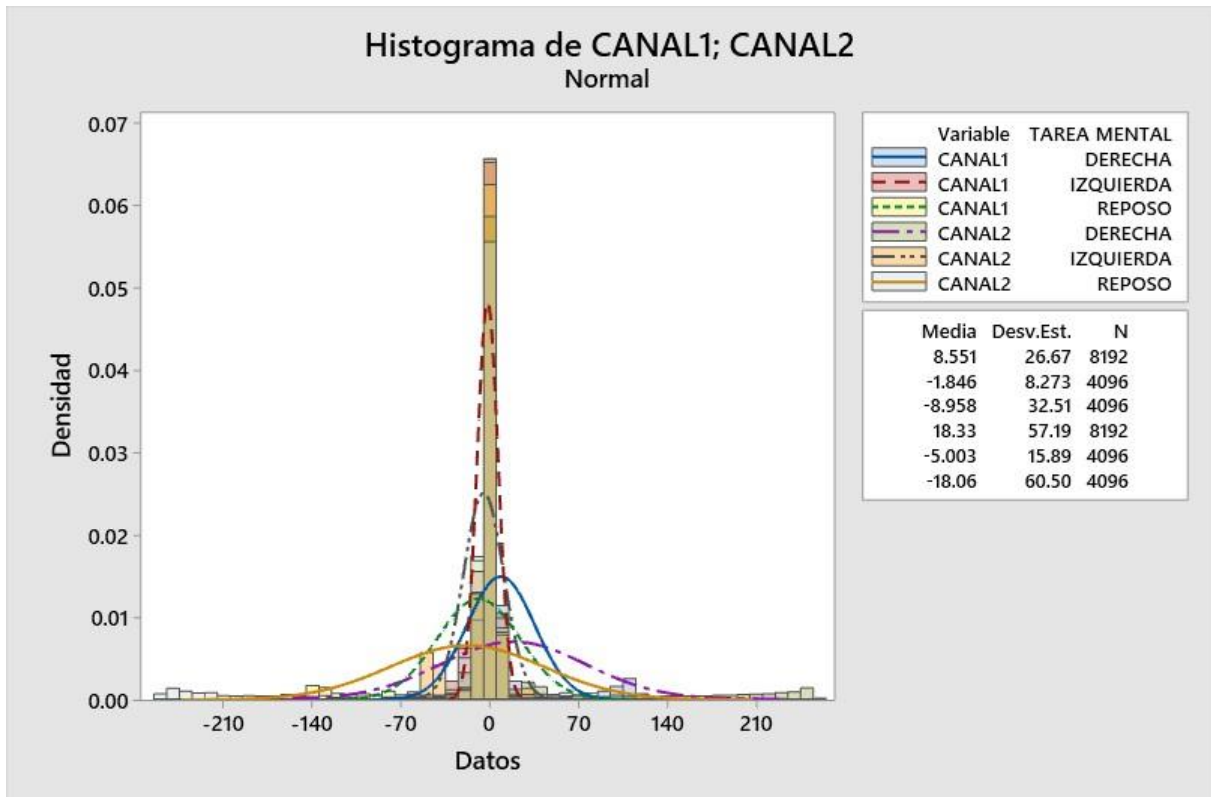


Figura 53. Representación gráfica de Histograma para la variable tarea mental

Planteamiento de la Prueba de Hipótesis con el estadístico Z, utilizando el valor p 1.-

No se rechaza H_0 (se acepta H_0)

Si el valor $p >$ nivel de significancia 2.-Se rechaza H_0

Si el valor $p <$ nivel de significancia

H_0 : El control de un brazo robótico con un sistema BCI no se puede lograr mediante la discriminación de dos tareas mentales.

H_1 : El control de un brazo robótico con un sistema BCI se puede lograr mediante la discriminación de dos tareas mentales.

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ
16384	1.575	26.306	0.208	1.166;1.983

μ : media de CANAL1

Desviación estándar conocida = 26.672

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 8.551$

Hipótesis alterna $H_1: \mu \neq 8.551$

Valor Z	Valor p
-33.48	0.000

$p < 0.05$, se rechaza H_0

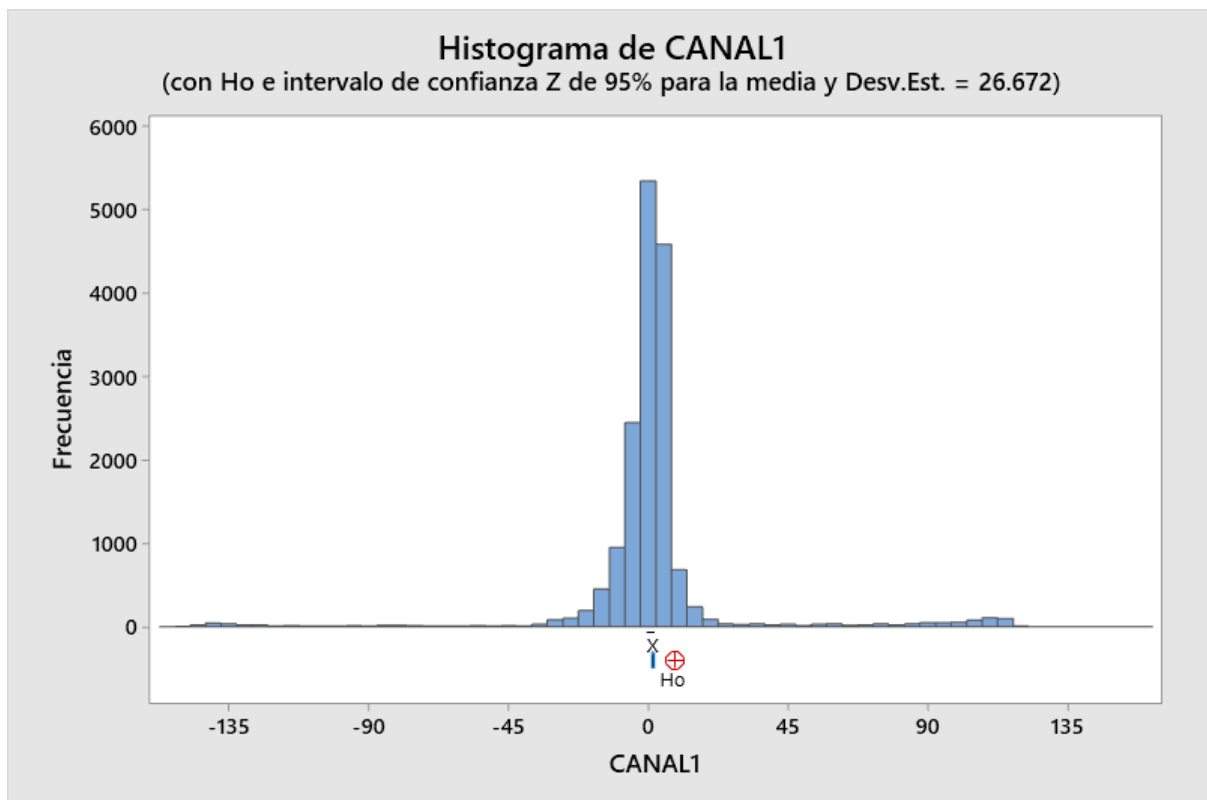


Figura 54. Representación gráfica del procesamiento de datos.

Resumen de procesamiento de casos

	TAREAMENTAL	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CANAL1	DERECHA	1024	12,5%	7168	87,5%	8192	100,0%
	IZQUIERD	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%
	REPOSO	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%
CANAL2	DERECHA	1024	12,5%	7168	87,5%	8192	100,0%
	IZQUIERD	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%
	REPOSO	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%
CANAL3	DERECHA	1024	12,5%	7168	87,5%	8192	100,0%
	IZQUIERD	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%
	REPOSO	512	12,5%	3584	87,5%	4096	100,0%

Figura 55. Representación gráfica del procesamiento de datos.

Pruebas de normalidad^{a,c,d}

	TAREAMENTAL	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CANAL1	DERECHA	,042	1024	,000	,987	1024	,000
	IZQUIERD	,050	512	,003	,983	512	,000
	REPOSO	,043	512	,022	,985	512	,000
CANAL2	DERECHA	,145	1024	,000	,901	1024	,000
	IZQUIERD	,129	512	,000	,915	512	,000
	REPOSO	,145	512	,000	,905	512	,000
CANAL3	DERECHA	,421	1024	,000	,631	1024	,000
	IZQUIERD	,433	512	,000	,607	512	,000
	REPOSO	,430	512	,000	,626	512	,000

Figura 56. Representación gráfica de la prueba de Kolmogorov-Smirnov realizada en SPSS

En la figura 56 observamos los resultados de la prueba de normalidad de nuestro dato EEG correspondiente a 2048 muestras, observamos los valores estadísticos de nuestra variable tarea mental (reposo, derecha e izquierda), por ejemplo, vemos en el canal 1, el valor estadístico de 0.5 correspondiente a la tarea mental de Imaginación de movimiento mano izquierdo.

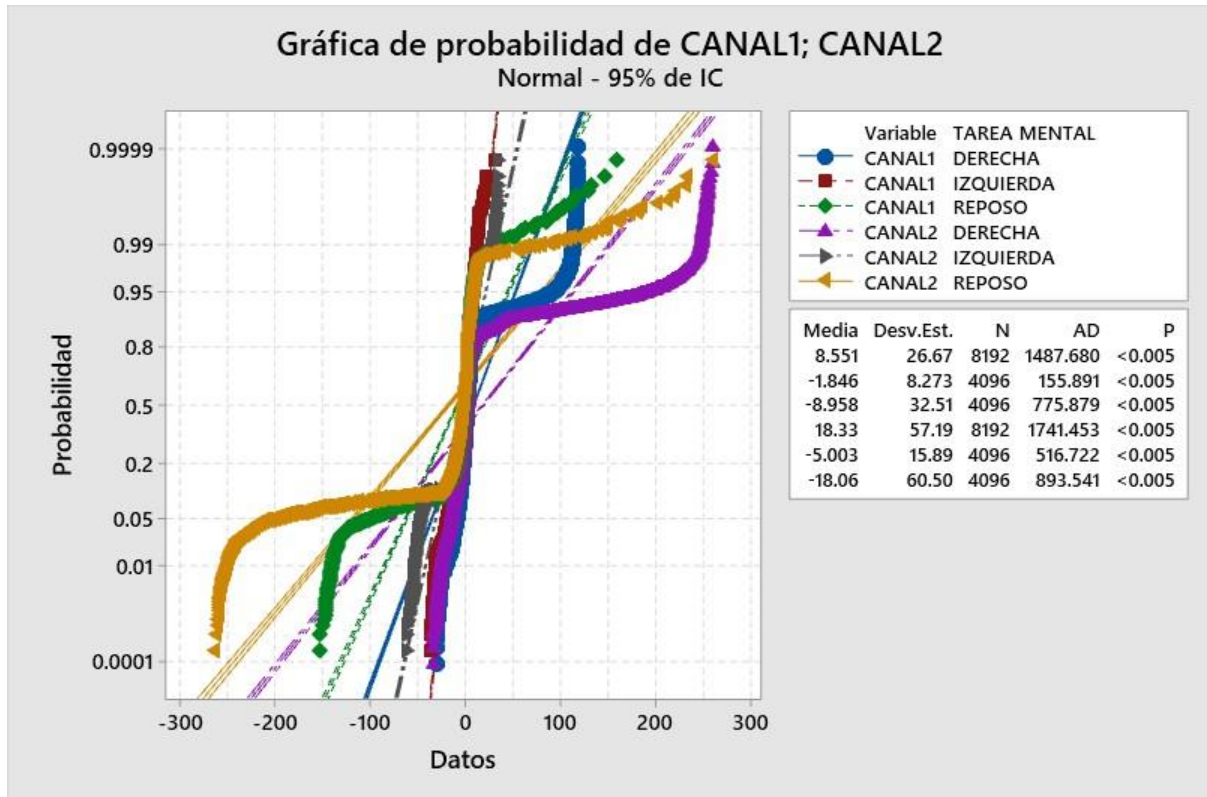


Figura 57. Representación gráfica de la prueba de normalidad de los datos de la variable Tarea mental

La prueba de normalidad realizada con el software estadístico MINITAB, que se muestra en la figura 57, los resultados nos indica que nuestra muestra no tiene una distribución normal, en ese sentido se concluye que nuestros datos no tienen una distribución normal, así mismo realizamos la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se empleó esta prueba debido a que nuestros datos son mayor que 50 datos.

Análisis de regresión: TAREA MENTAL vs. CANAL1

Ecuación de regresión

$$\text{TAREA MENTAL} = 1.99595 + 0.002569 \text{ CANAL1}$$

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.99595	0.00551	362.30	0.000	
CANAL1	0.002569	0.000209	12.29	0.000	1.00

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.703912	0.91%	0.91%	0.89%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	74.85	74.8507	151.06	0.000
CANAL1	1	74.85	74.8507	151.06	0.000
Error	16382	8117.15	0.4955		
Falta de ajuste	14478	7172.76	0.4954	1.00	0.517
Error puro	1904	944.39	0.4960		
Total	16383	8192.00			

Figura 58. Representación gráfica del procesamiento de datos para determinar el coeficiente de correlación.

Análisis de regresión: TAREA MENTAL vs. CANAL2

La ecuación de regresión es
 $TAREA\ MENTAL = 1.996 + 0.001142\ CANAL2$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.704510	0.75%	0.74%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	61.05	61.0507	123.00	0.000
Error	16382	8130.95	0.4963		
Total	16383	8192.00			

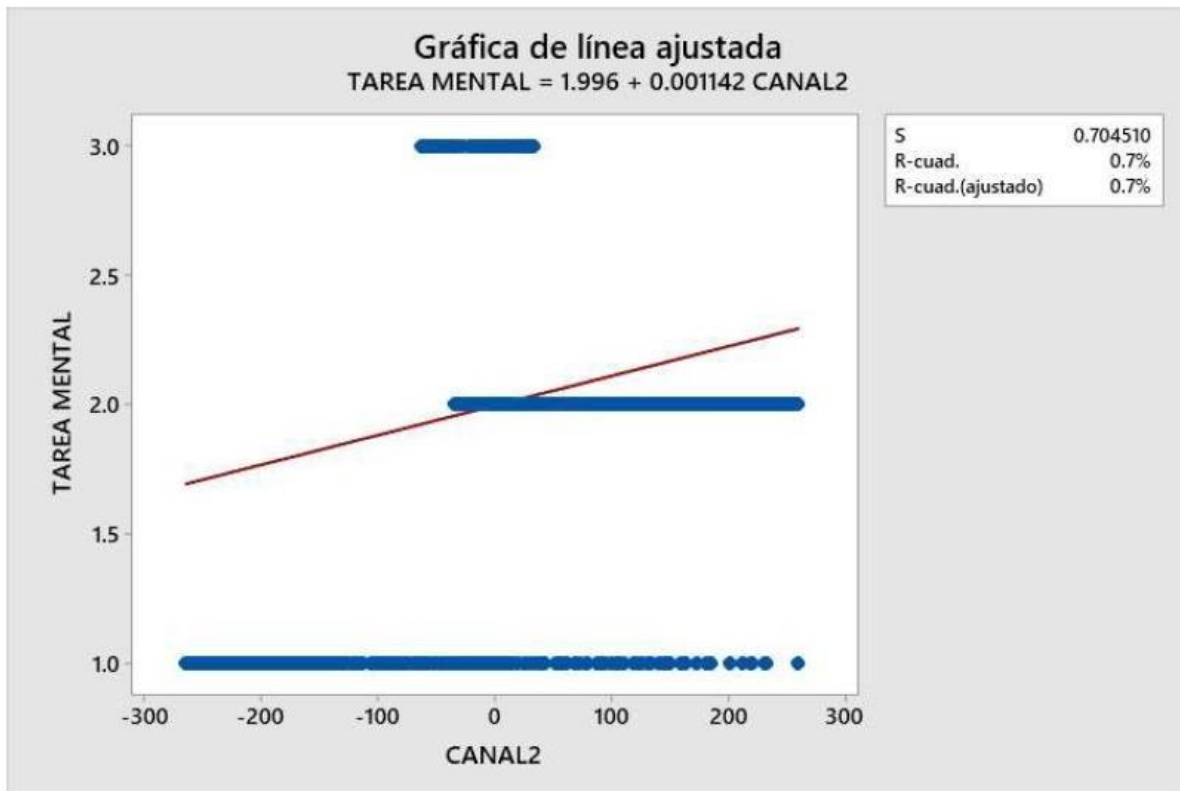


Figura 59. Representación gráfica del procesamiento de datos.

Análisis de regresión: TAREA MENTAL vs. CANAL2

1= TAREA MENTAL REPOSO
 2= TAREA MENTA MANO DERECHA
 3=TAREA MENTAL MANO IZQUIERDA

COEFECIENTE DE CORRELACION =0.8660

Ecuación de regresión

TAREA MENTAL = 1.99612 + 0.001142 CANAL2

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.99612	0.00552	361.94	0.000	
CANAL2	0.001142	0.000103	11.09	0.000	1.00

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.704510	0.75%	0.74%	0.73%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	61.05	61.0507	123.00	0.000
CANAL2	1	61.05	61.0507	123.00	0.000
Error	16382	8130.95	0.4963		
Falta de ajuste	14403	7143.59	0.4960	0.99	0.573
Error puro	1979	987.36	0.4989		
Total	16383	8192.00			

Figura 60. Representación gráfica de los datos de correlación.

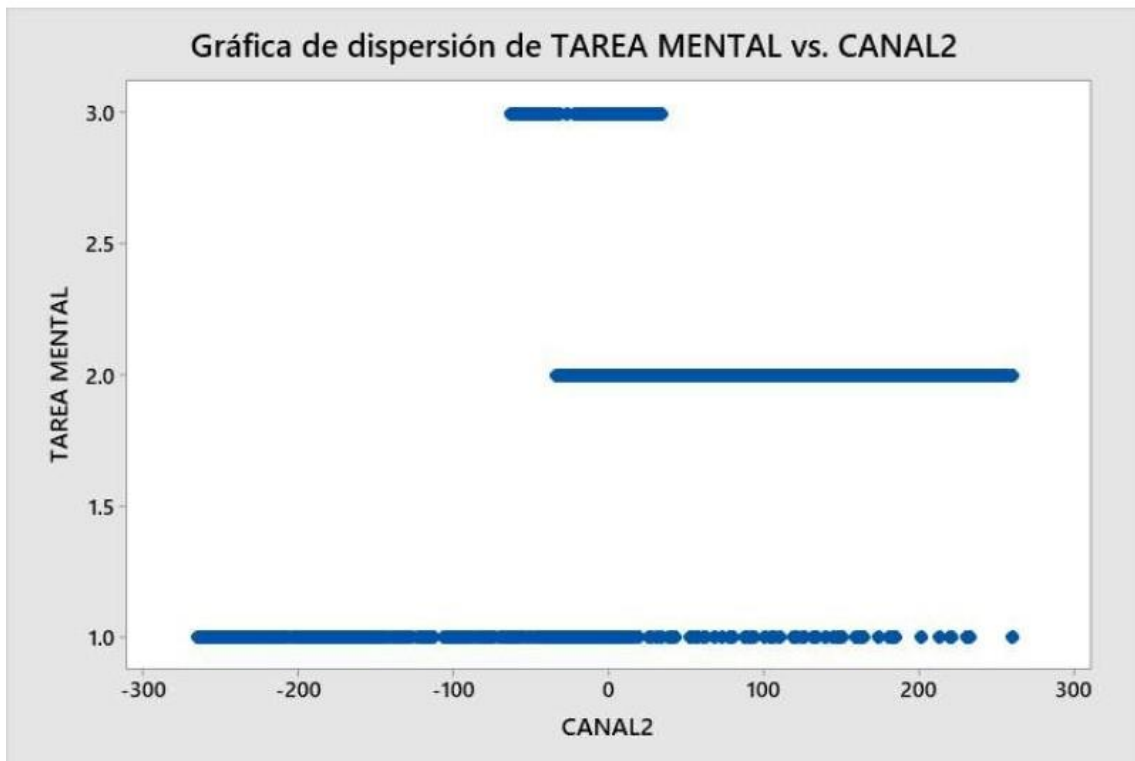
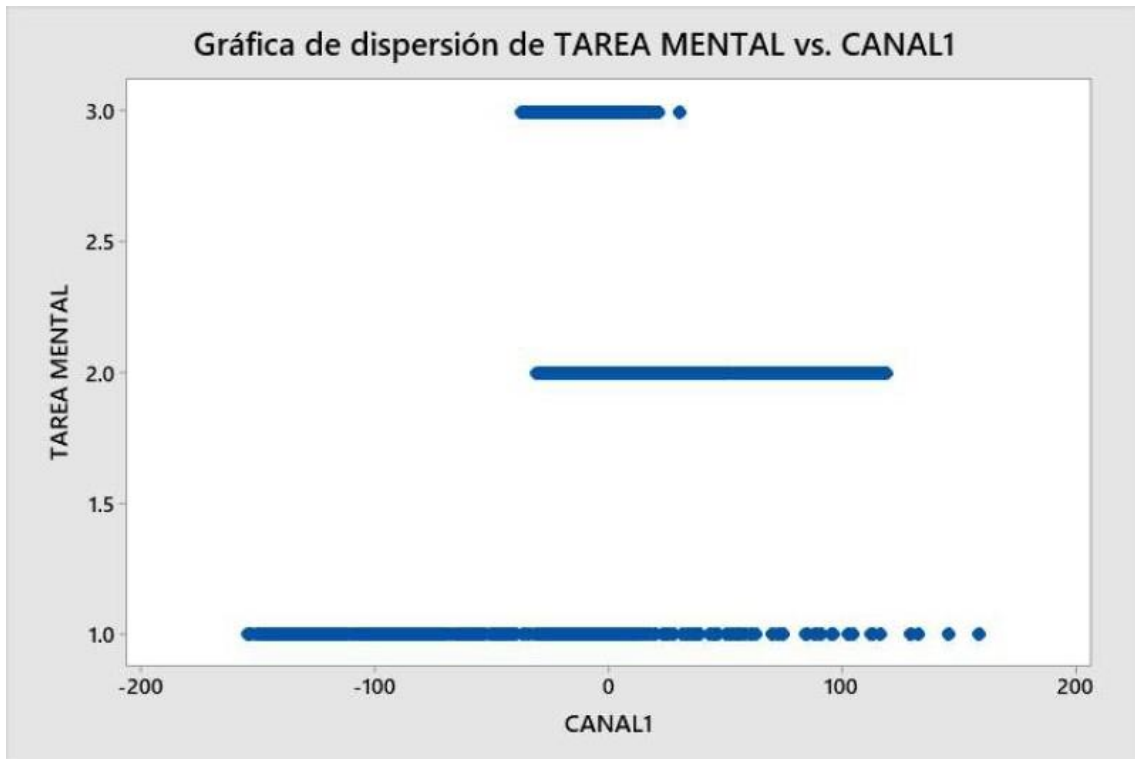


Figura 61. Representación gráfica de la dispersión de la variable tarea mental

Interpretación

Utilice el valor p para determinar si los datos no siguen una distribución normal.

Para determinar si los datos no siguen una distribución normal, compare el valor p con el nivel de significancia. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como α o alfa) de 0.05 funciona adecuadamente. Un nivel de significancia de 0.05 indica un riesgo de 5% de concluir que los datos no siguen una distribución normal, cuando los datos sí siguen una distribución normal.

Valor $p \leq \alpha$: Los datos no siguen una distribución normal (Rechaza H_0)

Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la decisión es rechazar la Hipótesis nula y concluir que sus datos no siguen una distribución normal.

Valor $p > \alpha$: Usted no puede concluir que los datos no siguen una distribución normal (No puede rechazar H_0)

Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, la decisión es que no se puede rechazar la Hipótesis nula. Usted no tiene suficiente evidencia para concluir que los datos no siguen una distribución normal.

De acuerdo con las pruebas estadísticas no paramétricas de Kolmogórov-Smirnov como se muestra en la figura 56, obtenemos un valor de nivel de significancia menor a 0.05, lo que, valida nuestra Hipótesis de investigación, así como determinamos que nuestros datos no siguen una distribución Normal.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El control de los robots con el pensamiento no es novedad. Desde hace años, es posible controlar aplicaciones robóticas directamente con el cerebro, para lo cual ha sido necesario siempre valerse de una interfaz cerebro-ordenador.

Un equipo de investigadores de la Universidad Carnegie Mellon, en colaboración con la Universidad de Minnesota, ha desarrollado el primer brazo robótico controlado por la mente que muestra la capacidad de rastrear y seguir continuamente el cursor de un ordenador, sin necesidad de implante cerebral alguno.

A continuación, se estarán discutiendo en detalle aquellos aspectos convergentes y divergentes reportados en la revisión de literatura con los datos obtenidos en la presente tesis. También, se discutirán posibles explicaciones relativas a los hallazgos de esta investigación en el capítulo IV.

5.1 RESULTADOS DEL CONTROL DEL BRAZO ROBOTICO

En la fase inicial, se realizó el diseño, la implementación de una tarjeta electrónica integrada portable de bajo coste, para los procesos de adquisición, procesado online y clasificación de ondas cerebrales sensorio motoras beta y mu, correspondientes a dos tareas mentales, en la fase 2 se logró realizar la implementación de los algoritmos de adquisición, procesado, clasificación y la acción de control del brazo robótico en la tarjeta integrada desarrollada con esos fines.

En la fase 3 se logró realizar las pruebas de adquisición, procesado y clasificación, así como, controlar el sentido de giro de dos servomotores, asociando los datos de EEG de dos tareas mentales, previamente adquiridas en las sesiones de adquisición.

En la sección de análisis de datos visualizamos las muestras correspondientes a los 3 canales (C3, C4, Cz), las muestras de 0 a 512 corresponden a la tarea mental de reposo, de la muestra 512 a 1538 corresponde a la tarea mental de imaginación mano derecha, de 1538 a 2048 corresponde a tarea mental de imaginación de mano izquierda como esta representada en la figura 23.

Durante las sesiones los sujetos presentaron la banda reactiva en torno a μ por debajo de los 10 Hz, como se muestra en la tabla 1.

Durante el análisis de parámetros de Denavit-Hartenberg para el modelado de la cinemática directa del brazo robótico de tres grados de libertad, se determinó con exactitud la posición de punto final del efector en (Px, Py y Pz) con respecto al sistema de referencia, así como los ángulos θ_1 , θ_2 , θ_3 .

El costo del dispositivo integrado portable desarrollado para cumplir con el objetivo de la tesis, es económico, en comparación con los sistemas actuales como el ordenador, amplificador de instrumentación y sensores para desarrollar la tecnología BCI.

La tarjeta electrónica integrada desarrollada a nivel hardware, se empleó como un instrumento de medición, adquisición, procesamiento de las señales EEG.

Durante las sesiones de registro de curvas ERD/ERS, se obtuvieron resultados negativos en 6 sujetos, ya que no lograron desincronizar sus señales EEG, como se puede observar en el apartado 4.2.1., ello debido al tipo de Feedback presentado a los sujetos de Prueba (Angevin, 2005) dice, que se obtiene mejores resultados en el entrenamiento con un Feedback en Realidad Virtual, ya que se logra mayor inmersión en la prueba.

Las limitaciones que se tuvo, durante el proceso de implementación de la presente investigación,

se relacionan con aspectos económicos y técnicos, pero que se lograron subsanar contactando especialistas en las universidades peruanas y europeas.

5.1.1 Resultado del estudio de Ondas cerebrales Beta y mu

De acuerdo con la figura 19, luego de una correcta adquisición de señales EEG, se observa patrones de las Curvas ERD/ERS, que se emplearon como datos, en la fase de procesado, para extraer la información relevante, se empleó el algoritmo FFT en el dominio de la frecuencia, con la finalidad de determinar la banda reactiva para cada sujeto, como se puede apreciar en las figuras 34,35,36,37,38,39 y 40.

En las figuras 45 y 46 observamos el resultado del procesado en el dominio de la frecuencia, donde se puede apreciar los patrones ERD/ERS, asociados al movimiento, que posteriormente se empleara para la acción de control.

5.1.2 Resultado de acciones de control del brazo robótico

De acuerdo a la figura 23 observamos los resultados de las curvas ERD/ERS de los canales C3, C4 y Cz, asociadas con las salidas PWM para cada servomotor, es importante resaltar que para obtener el resultado de la figura 23, se integró el algoritmo de adquisición, procesado, clasificación y acción de control con el algoritmo de control del brazo robótico.

En la figura 49, observamos la integración de los elementos que nos permitió asociar la tecnología BCI y el sistema de control de brazo robótico.

VI. CONCLUSIONES

El método empleado para el desarrollo de un sistema de control del brazo robótico, con un sistema BCI, haciendo uso de la tarjeta electrónica integrada, para su implementación, nos proporciona un sistema innovador de poder desarrollar este tipo de tecnologías y que sean más accesible a las personas, por su bajo coste, en comparación con los sistemas actuales existentes en el desarrollo de la tecnología BCI.

El estudio de los ritmos sensorio motoras beta y mu y las Curvas ERD/ERS, correspondientes a los 10 sujetos que se sometieron a las 4 sesiones, reflejan la capacidad que tuvieron en controlar sus ondas cerebrales ante un Feedback presentado, la capacidad de discriminar entre dos tareas mentales fue de mucha importancia para Cumplir con el objetivo principal, en ese sentido se concluye que el tipo de Feedback es muy importante en el entrenamiento de este tipo de trabajos de investigación. En ese sentido, se tendrá que desarrollar un Feedback en Realidad Virtual, para el entrenamiento de futuros trabajos, ya que un Feedback en realidad Virtual mejora la inmersión de los sujetos de prueba; y con ello mejorar las curvas ERD/ERS (Angevin,2005).

De acuerdo de los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta tesis, así como del análisis estadístico en función a los objetivos planteados, de los resultados estadísticos obtenidos que muestran la discriminación de las curvas ERS/ERD se infiere, que existe la probabilidad de desarrollar, un sistema de control para el brazo robótico con la tecnología BCI en el Perú; y, que esta pueda mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades neuromusculares, así como también, esta se pueda emplear en el desarrollo de prótesis robóticas para aplicaciones en rehabilitación médica.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente tesis y la importancia que esta representa para mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades neuromusculares degenerativas, se verá una mejora continua en los trabajos futuros en esta línea de investigación. En futuros trabajos en esta línea de investigación se recomienda optimizar la portabilidad del sistema de adquisición y procesado y control, empleando tecnologías Wireless para la transmisión de datos EEG.

Se recomienda realizar más pruebas con un Feedback en realidad virtual para optimizar el control sobre el brazo robótico, también se recomienda realizar pruebas con personas que padecen enfermedades neuromusculares degenerativas, ya que en esta ocasión se realizó pruebas con personas sanas.

También se recomienda, optimizar a nivel software los algoritmos de adquisición, procesado y clasificación y a nivel hardware realizar una tarjeta electrónica propuesta, pero empleando un procesador ARM Cortex-M7, para futuros trabajos en esta línea de investigación.

Se recomienda a las Universidades Peruanas y a las empresas privadas a comprometerse a invertir fondos en el desarrollo de la tecnología BCI, en sinergia con la robótica, a través de sus unidades de investigación.

VIII. REFERENCIAS

- Academic, M. (23 de febrero de 2019). Mapa autoorganizado. *wikipedia*, 1.
- Adeli, H. Z. (2003). *Analysis of EEG records in an epileptic patient using wavelet transform*. *Journal of Neuroscience Methods*. [https://doi.org/10.1016/S0165-0270\(02\)00340-0](https://doi.org/10.1016/S0165-0270(02)00340-0).
- Angevin, R. R. (2005). *Retroalimentación en el entrenamiento de una interfaz cerebro computadora usando técnicas basadas en realidad virtual*. MALAGA-ESPAÑA: BIBLIOTECA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.
- Esteller, R. P. (2012). *Aprendizaje y acceso a la red, la tecnología para los mayores*. Universitat Jaume: http://www.tenda.uji.es/pls/iglu!/GCPA00.GCPPR0002?lg=ES&id_art=1159.
- He, B. (19 de junio, 2019). *Primer brazo robótico controlado por la mente sin implante cerebral*. Pittsburgh-EEUU: Universidad Carnegie Mellon.
- Kelly, G. (2014). *Development of a compact, low-cost wireless device for biopotential Acquisition*. Virginia Commonwealth University: <https://scholarscompass.vcu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.pe/&httpsredir=1&article=4560&context=etd>.
- Lobera, M. I. (2012). *Extracción y selección de características para un sistema Brain Computer interface (BCI) mediante algoritmos genéticos (AG)*. Zaragoza: Tecnología de interfaz cerebro-computador. Obtenido de grupo de Robótica y Percepción en tiempo real, Universidad Zaragoza.
- Ming-Ai, L. R.-M.-F. (2009). *Feature Extraction and Classification of Mental EEG for Motor Imagery*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICNC.2009.220>.
- Neuper, C. W. (2006). *ERD/ERS patterns reflecting sensorimotor activation and deactivation*. In *Event-Related Dynamics of Brain Oscillations*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Ortega, A. (2005). *Diseño de mecanismos de procesamiento interactivos para el análisis de ondas cerebrales*. <https://docplayer.es/6153832-Diseno-de-mecanismos-de-procesamiento-interactivos-para-el-analisis-de-ondas-cerebrales.html>.
- Otzen, T. (marzo 2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. International Journal of Morphology .

IX. ANEXO

9.1 Presupuesto

Cantidad	dispositivo	Fabricante	Descripción	Precio
1	Ads 1299	Texas instrument	Biopotential ci.	190.00
1	Atmega128rfa1	Atmel	Microcontroller	50.00
1	Atsam3x8e	Atmel	Arm cortex M3	100.00
1	Opa211	Texas instrument	Amplificador	20.00
1	Ant-245-Chip	Linx technologies	Wireless	10.00
2	32.768 KHz		Crytal oscillator	10.00
1	748421245	Wurth elektronik	Chip-Balun	20.00
1	Lm2664	Texas instrument	invertidor	180.00
1	Lp2992	Texas instrument	Regulador	120.00
1	Fxo-hc735r	Worldwide	Oscilador	50.00
2	Lm317	Texas instrument	Regulador	10.00
12	Sensor	Nihon kohden	Electrodo activo	500.00
1	20MHz		Crytal oscillator	3.00
47	Resistencia		Resistencia	40.00
94	Capacitor		Capacitor	40.00
35	Diodo		Diodo	40.00
5	Varistor		Varistor	40.00
6	Inductor		Inductor	20.00
8	Diodo led		Diodo Zenner	10.00
2	MINI-USB		MINI-USB	5.00
1	16MHz		Crytal oscillator	3.00
2	PUSHBUTTON		PUSHBUTTON	1.00
1	ATMEGA16U2	Atmel	Microcontroller	20.00
1	Board EEG	Pcb-perú	Placaelectrónica	739.00
1	Robot 3°libertad	FIEI	Brazo robótico	600.00
Total				2821.00

9.2 Fuentes de financiamiento

- II concurso investigación formativa de tesis-2016/resolución Vrin N.º025 2016-unfv, lima-Perú
- oficina de cooperación internacional UNFV 2016, lima- Perú
- Escuela técnica de ingeniería en telecomunicaciones y electrónica de la universidad de Málaga, Málaga España.

•

9.3 Desarrollo de la tesis

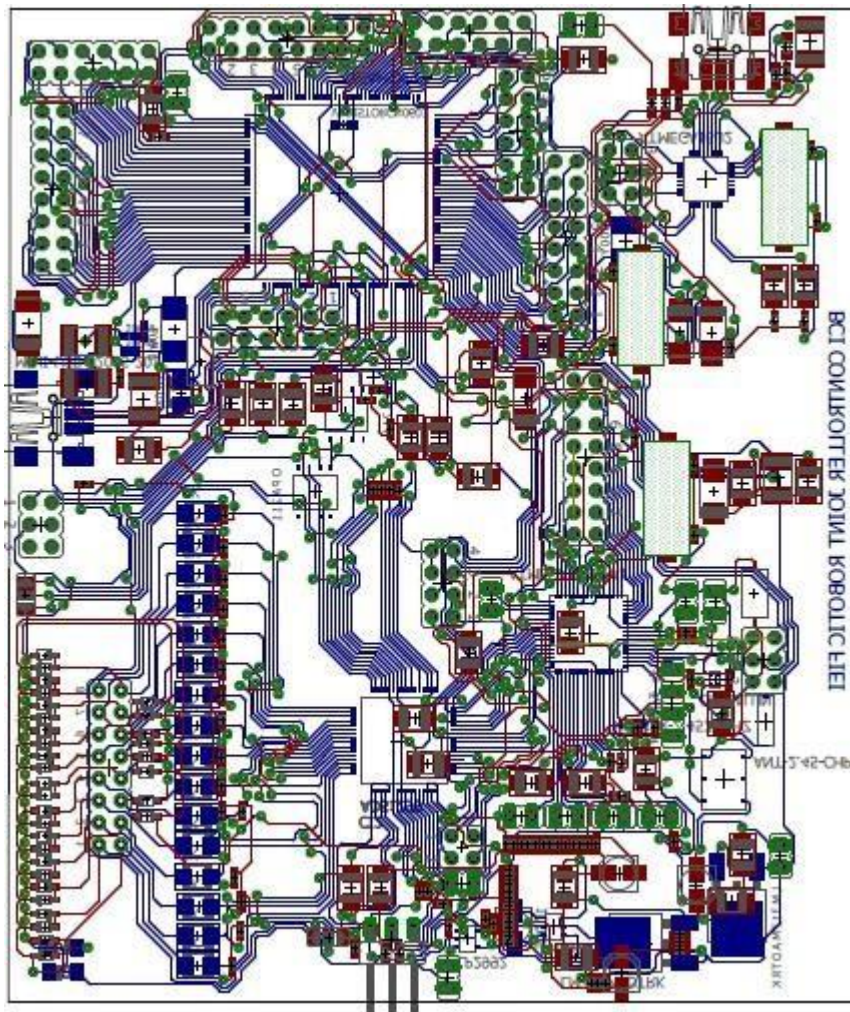


Figura 62. Diseño de la tarjeta electrónica de adquisición y control.

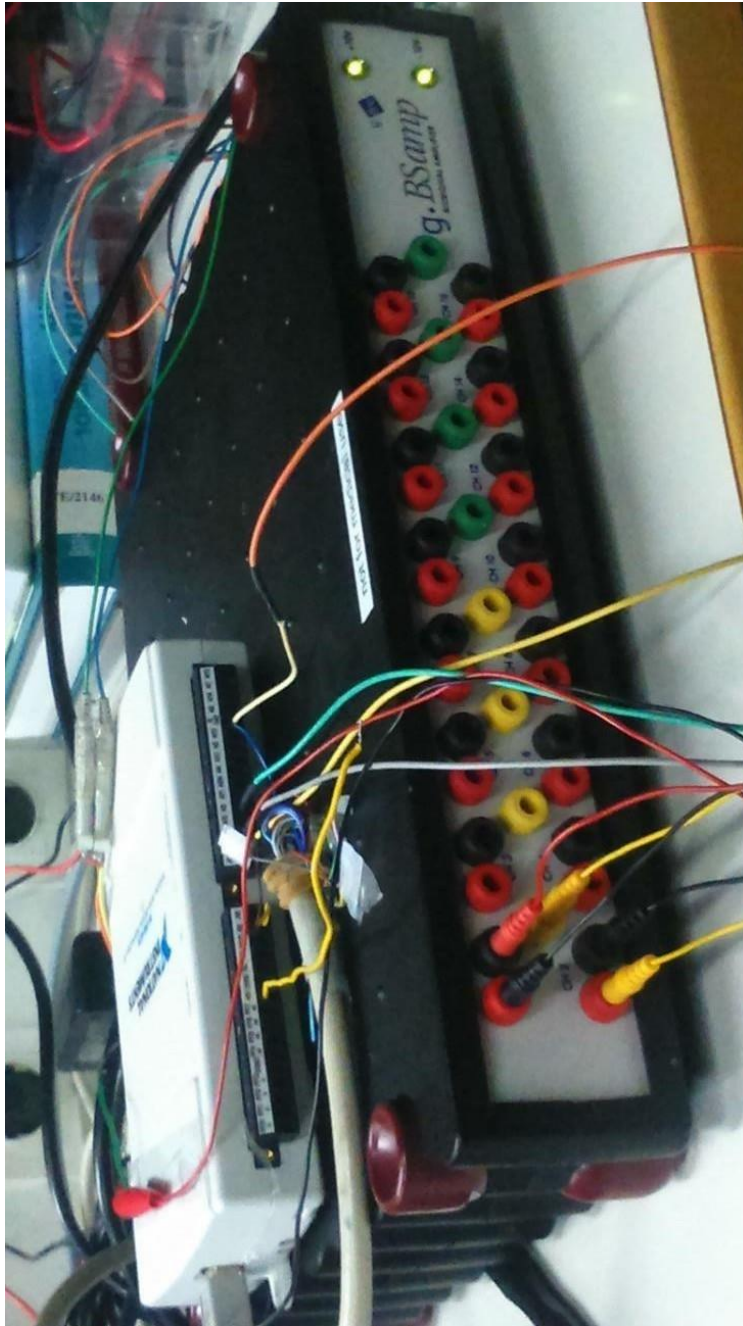


Figura 63. Biosignal Amplifier - g. BSamp, dispositivo que se empleó para validar la tarjeta electrónica integrada desarrollada.

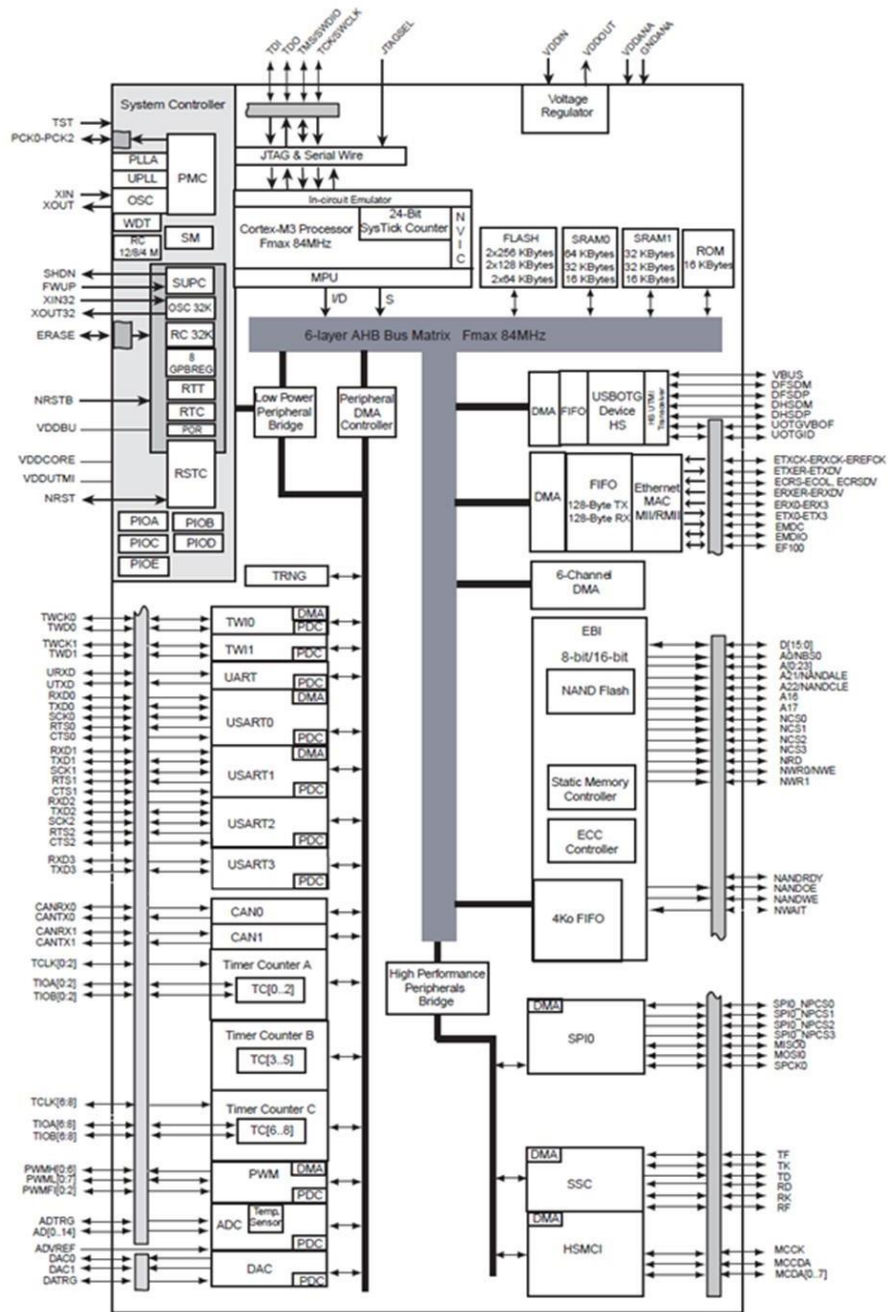


Figura 64. Representación de la arquitectura de un microcontrolador ARM córtex M3.



Figura 65. NI USB621, dispositivo empleado para la validación de la tarjeta electrónica integrada desarrollada.

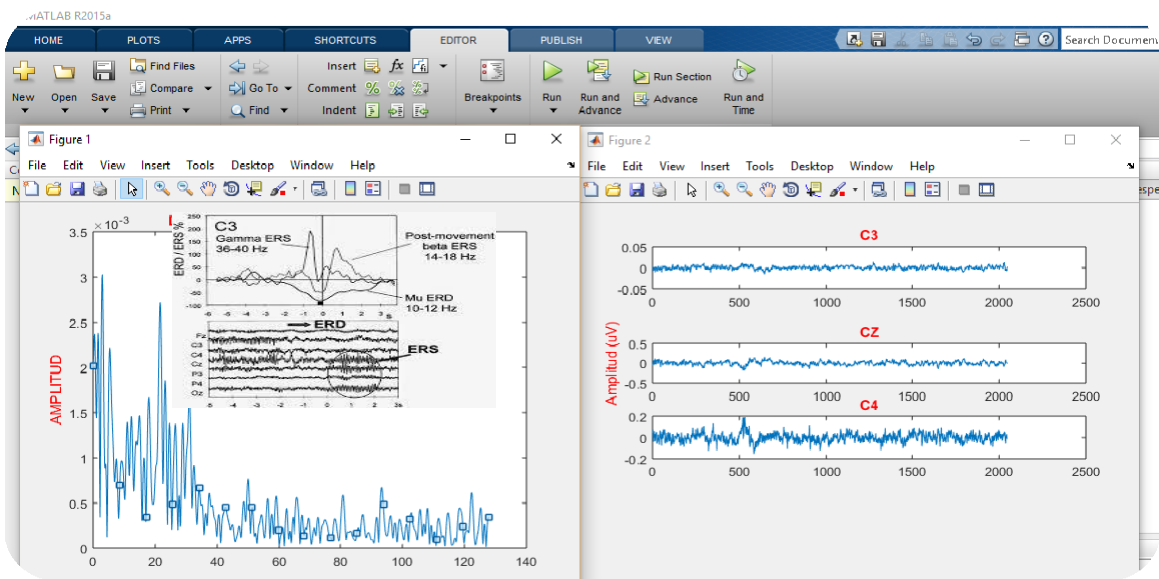


Figura 66. Extracción de características de una data EEG.

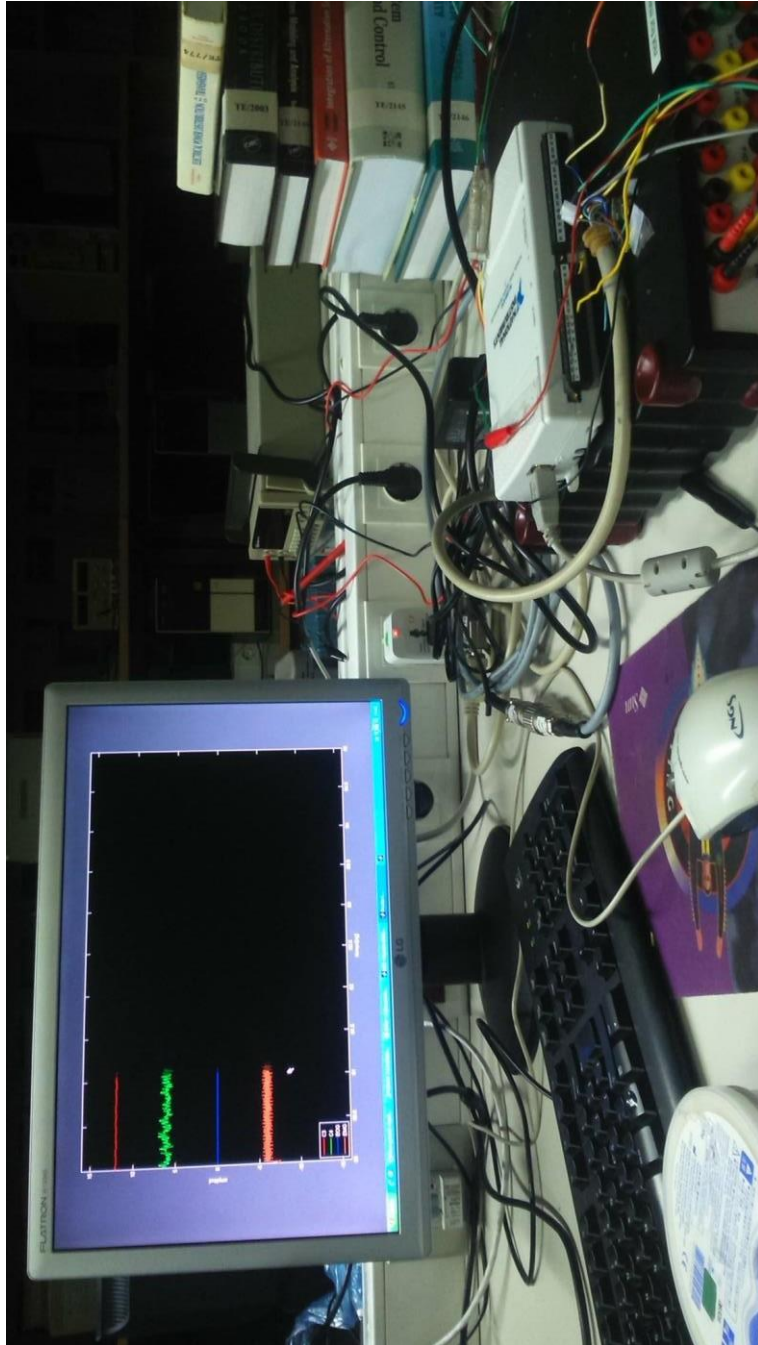


Figura 67. Laboratorio de desarrollo y pruebas de la tesis de la Universidad de Málaga.

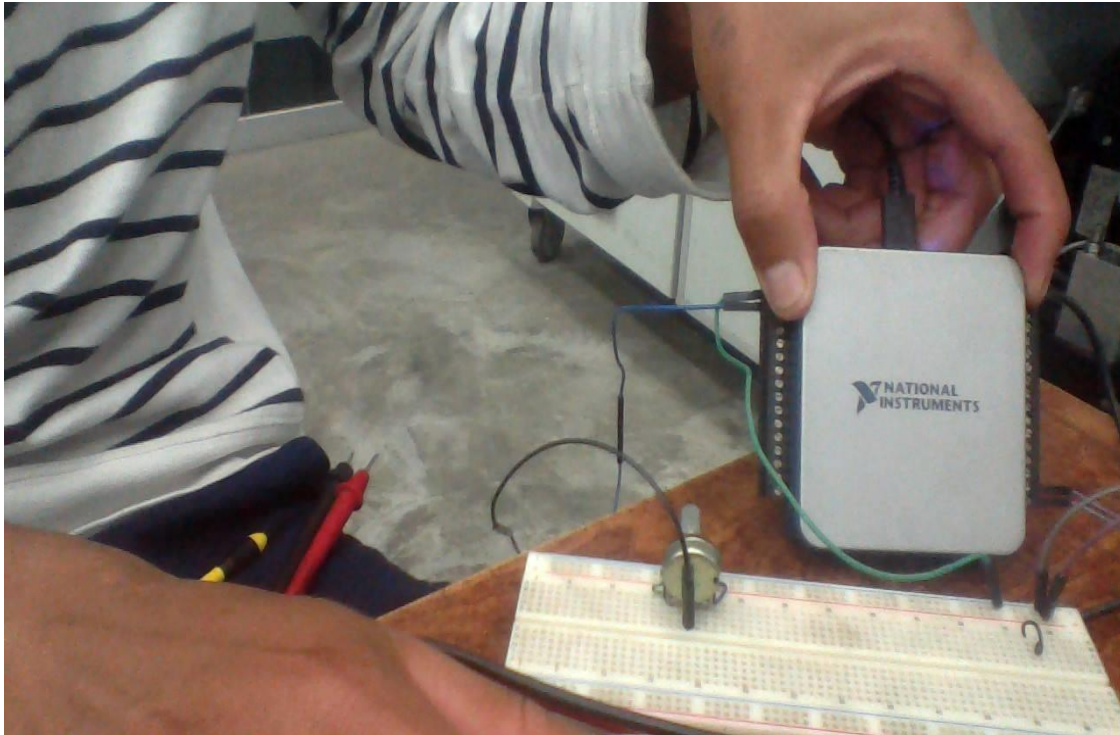


Figura 68. Calibración de la tarjeta electrónica NI USB 6008, en el laboratorio de automatización de la Universidad Nacional de Ingeniería.

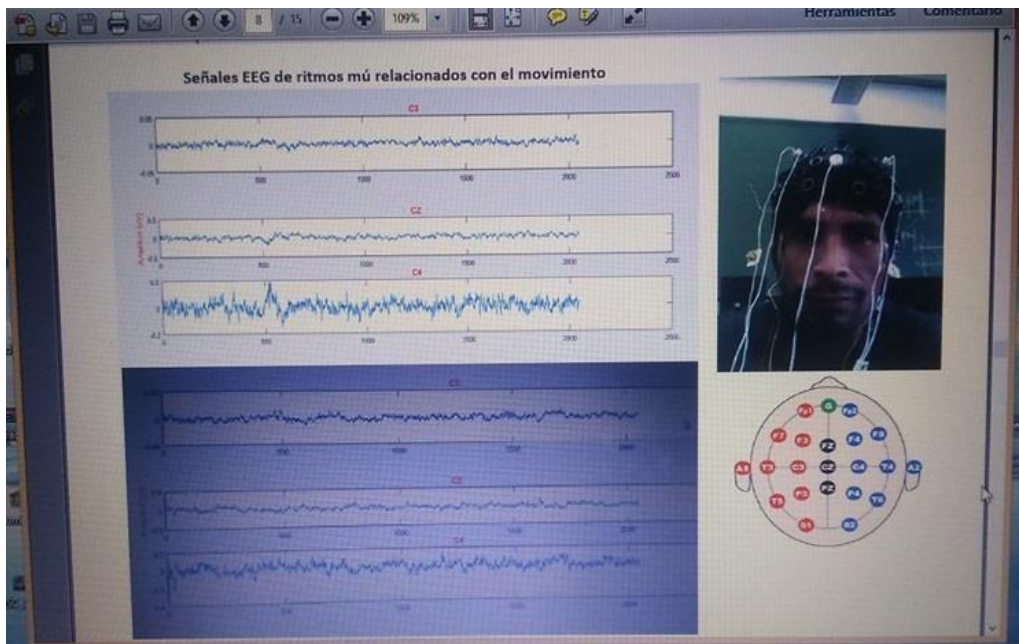


Figura 69. Representación gráfica de las pruebas reales de desincronización de las curvas ERD/ERS realizada en el laboratorio Diana de la Universidad de Málaga-España.

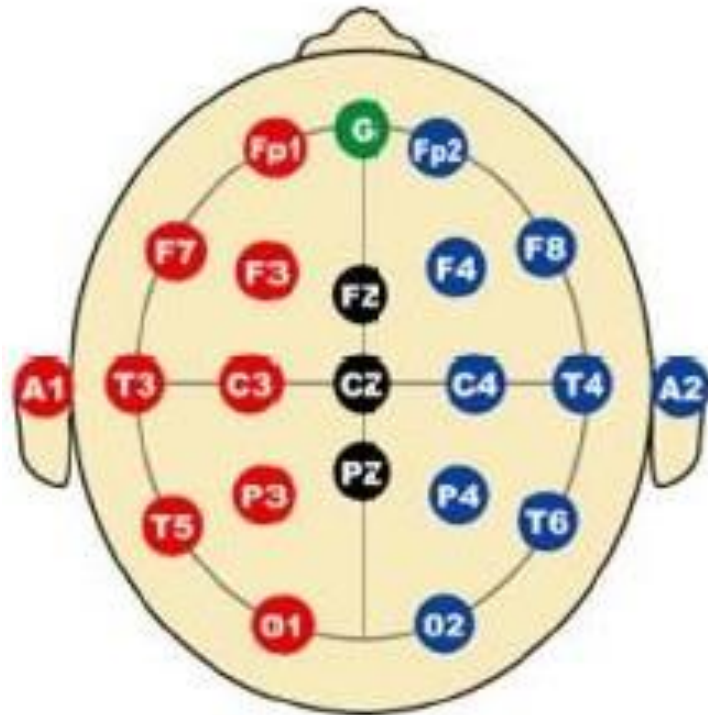


Figura 70. Representación gráfica del sistema internacional 10/20, empleada para los registros de EEG de la presente tesis.

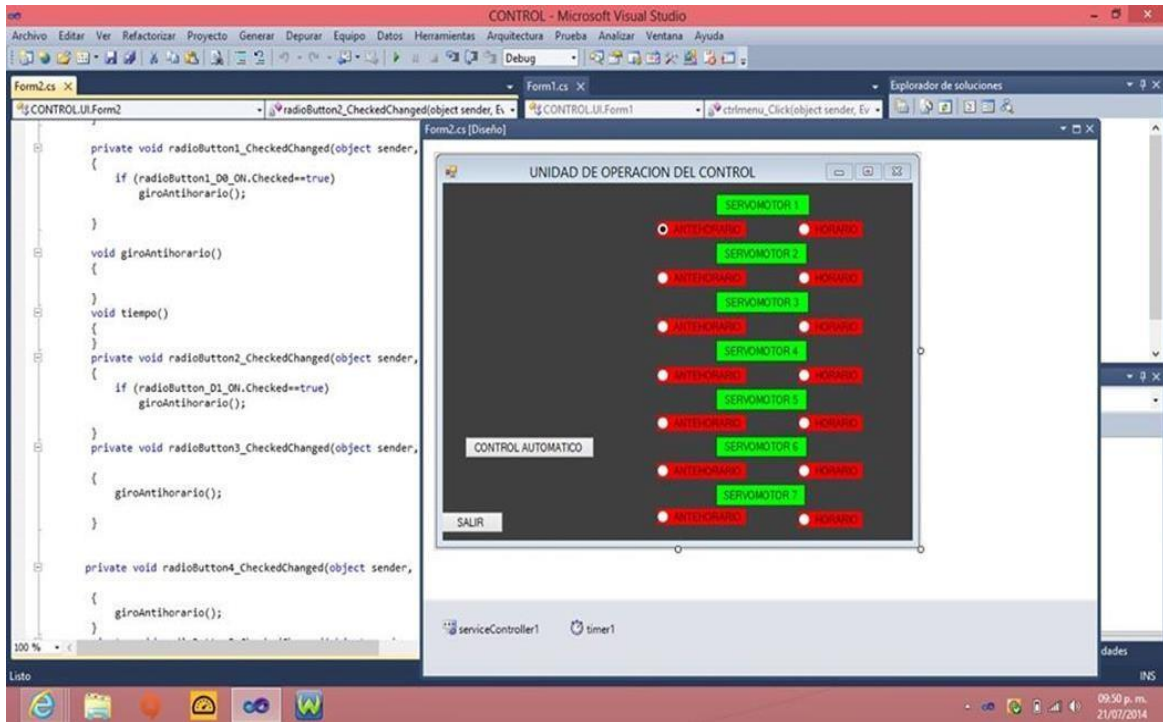


Figura 71. Representación del interfaz desarrollado para el control de brazo robótico de 3 grados de libertad.

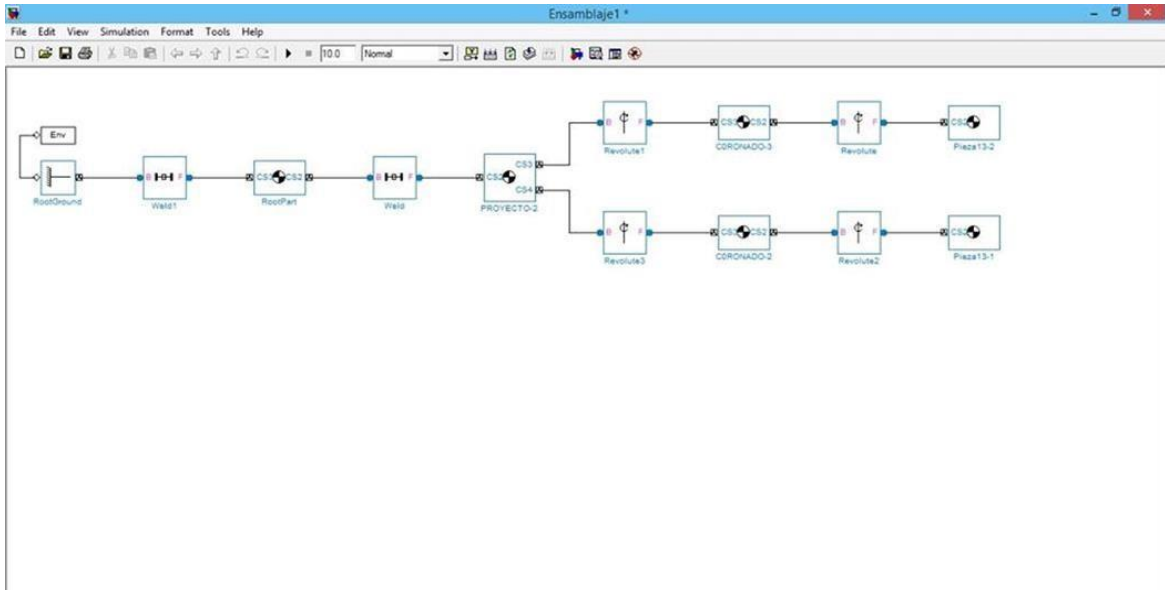


Figura 72. Representación del algoritmo de control, resultado del modelado 3D

9.4 Hoja técnica del dispositivo electrónico ADS 1299

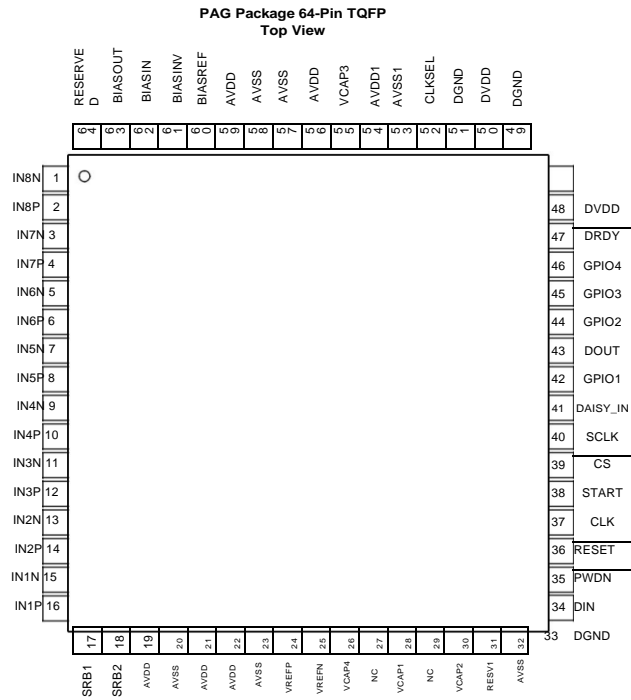


Figura 73. Configuración de pines de entrada y salida del ADS 1299.

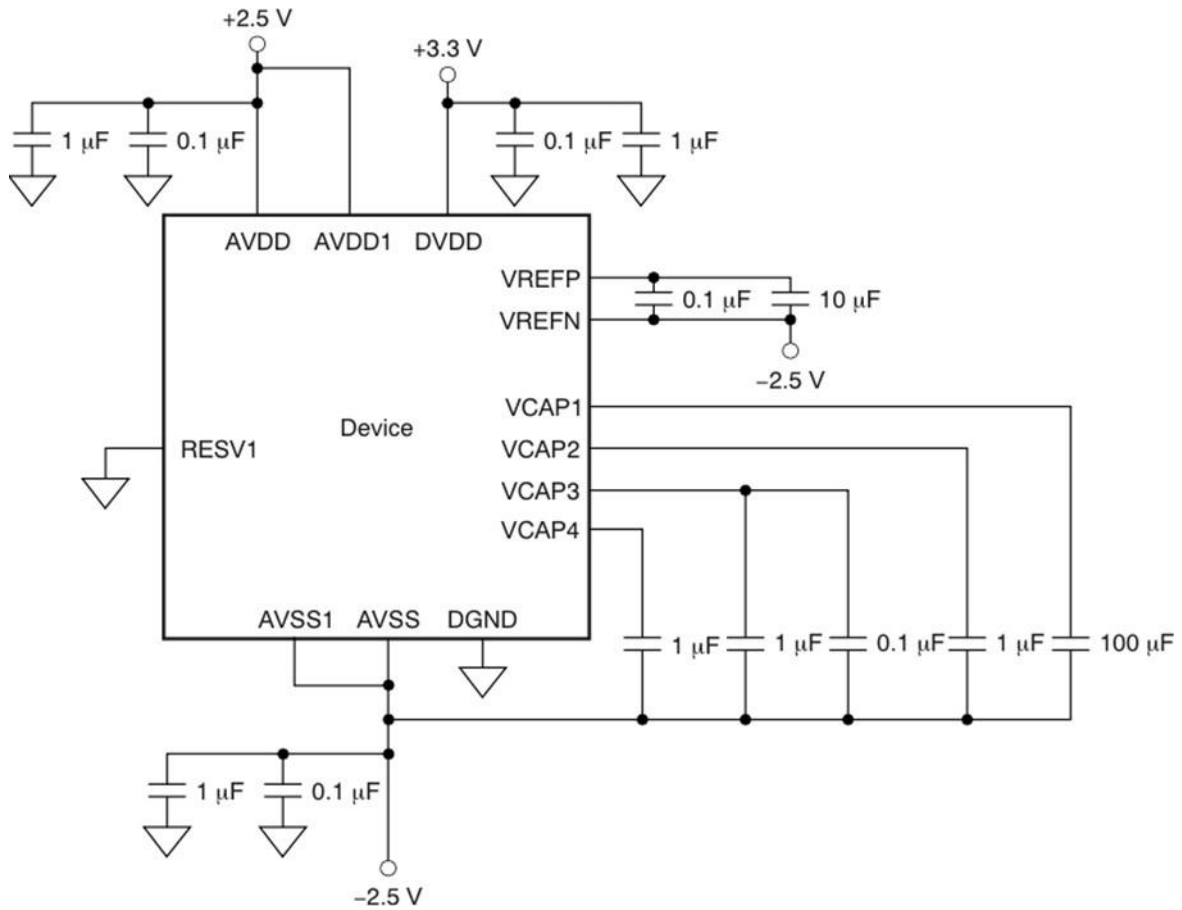


Figura 74. Representación gráfica de configuración bipolar que se empleó durante el desarrollo de la tarjeta electrónica de la figura 7.

9.5 Cuadros estadísticos de los datos y variables de investigación

Frecuencias

		Estadísticos		
		CANAL2	CANAL1	CANAL3
N	Válido	2048	2048	2048
	Perdidos	120	120	120
Media		2,7021E+14	3,6907E+14	1,4017E+14
Mediana		2,7315E+14	3,7032E+14	1,3986E+14
Moda		2,89E+14	3,44E+14	1,40E+14
Desv. Desviación		1,90250E+13	3,10850E+13	4,87016E+11
Varianza		3,620E+26	9,663E+26	2,372E+23
Mínimo		2,33E+14	2,71E+14	1,39E+14
Máximo		3,03E+14	4,33E+14	1,42E+14

Figura 75. Representación de datos estadísticos por canal de datos EEG

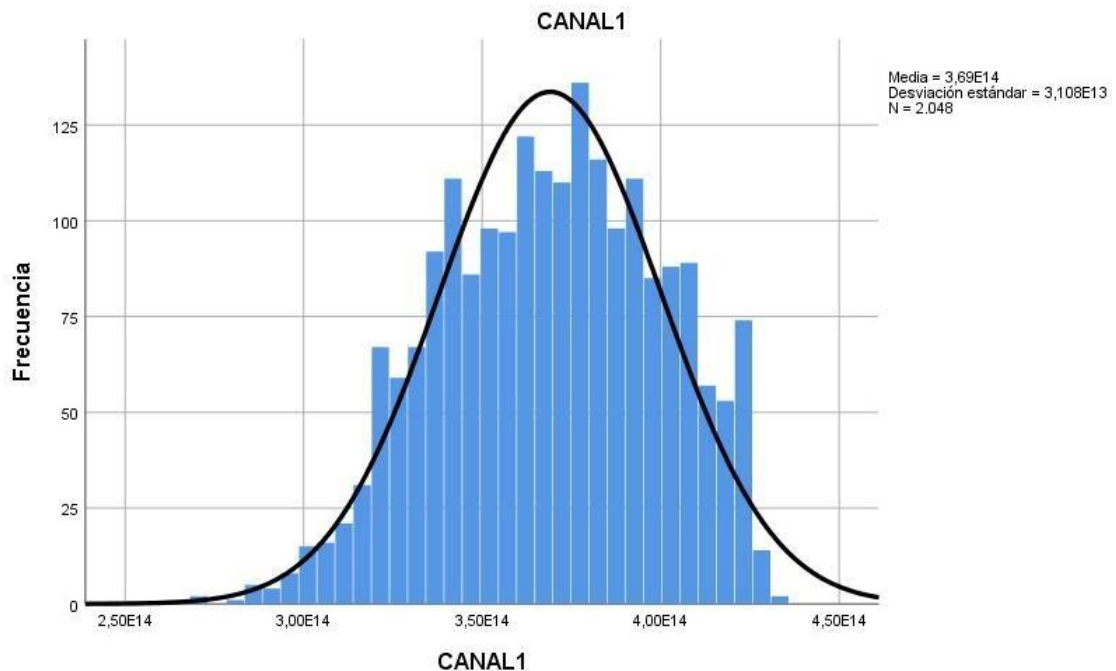


Figura 76. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 1 de datos EEG.

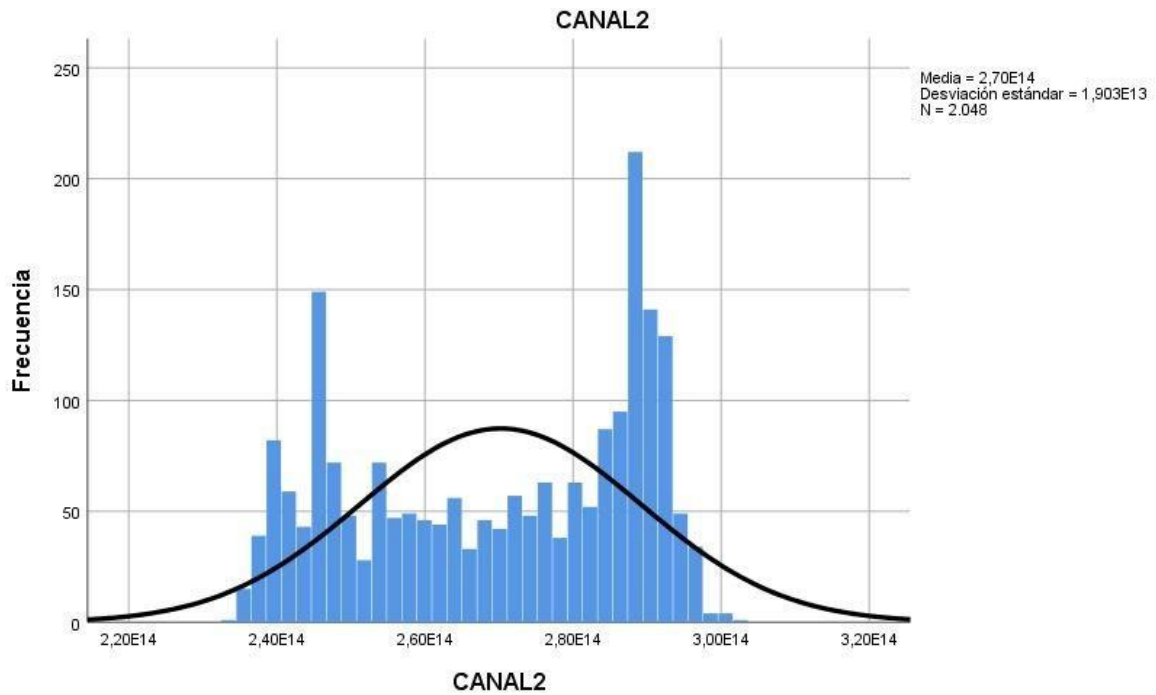


Figura 77. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 2 de datos EEG.

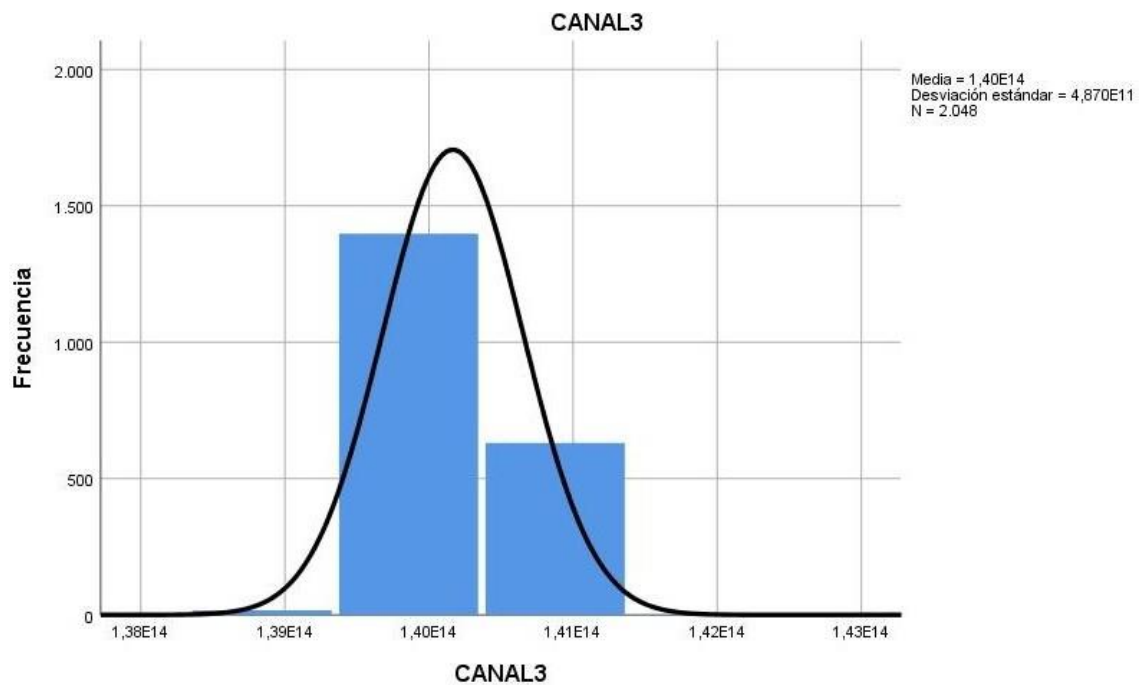


Figura 78. Representación de datos estadísticos en histograma correspondientes al canal 3 de datos EEG.

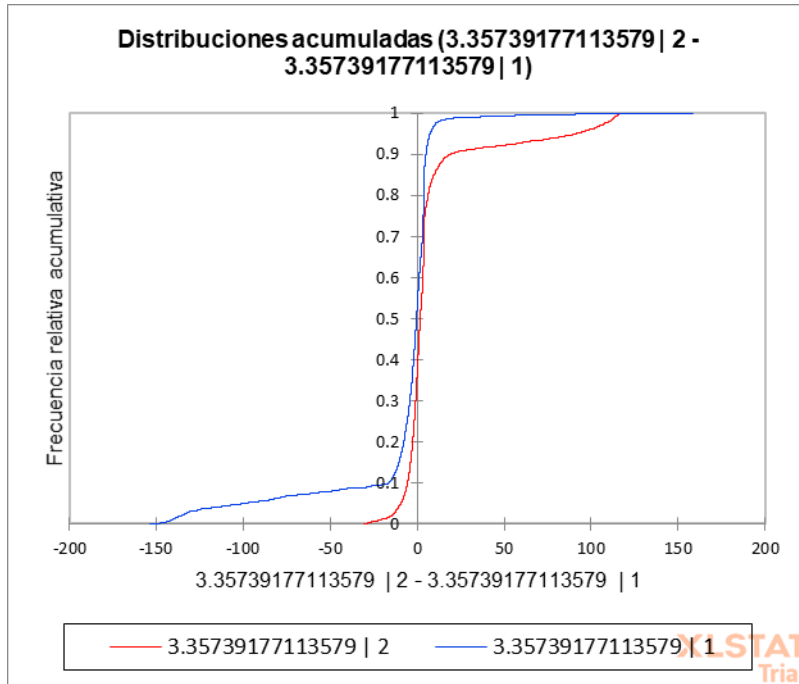


Figura 79. Representación de datos estadísticos de distribución acumulada

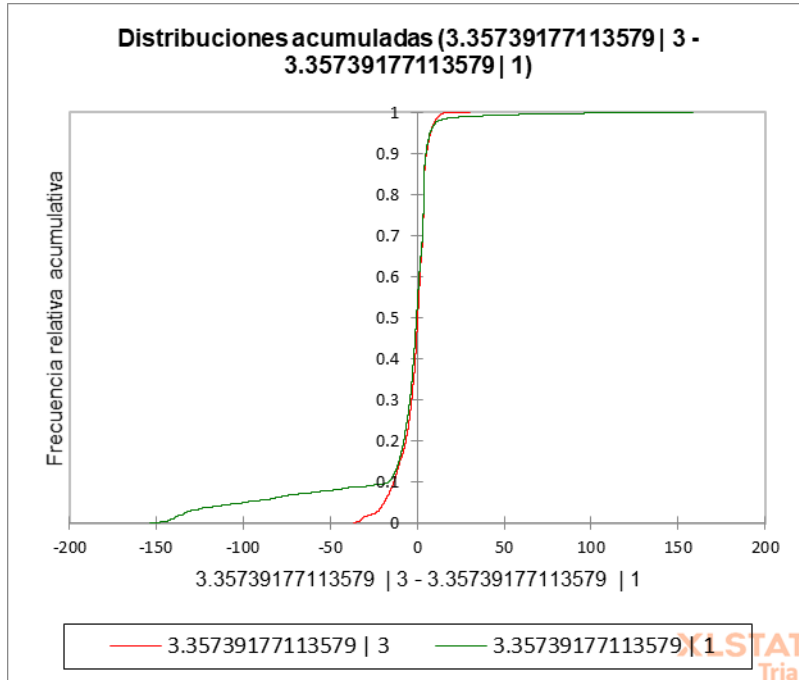


Figura 80. Representación de datos estadísticos