

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD CEREBRAL EN LA ROTACIÓN MENTAL EN HOMBRÉS
Y MUJERES POR MEDIO DE EEG

JENNY TRIVIÑO BOHORQUEZ

Licenciado en Matemáticas

JEINER LEANDRO VELANDIA

Licenciado Psicología y Pedagogía

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA EDUCACIÓN
BOGOTÁ
2016

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD CEREBRAL EN LA ROTACIÓN MENTAL EN HOMBRES
Y MUJERES POR MEDIO DE EEG

JENNY TRIVIÑO BOHÓRQUEZ
JEINER LEANDRO VELANDIA

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA
Requisito parcial para obtener el título de Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a
la Educación

LUIS CARLOS SARMIENTO
Director

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA EDUCACIÓN
BOGOTÁ

Derechos de autor

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”. (Artículo 42, párrafo 2, del Acuerdo 031 del 4 de diciembre de 2007 del Consejo Superior de la Universidad Pedagógica Nacional)



Este trabajo de grado se encuentra bajo una Licencia Creative Commons de **Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**, por lo que puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

Aceptación

Director

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A tu pasión insuperable y tu infinita luz de vida. Porque siempre estuviste brindándome tu apoyo incondicional; porque día a día me inspiraste a ser mejor y entregar todo de mí y sin duda porque en el camino que me enseñaste a transitar solo existe la posibilidad de hacer los sueños realidad. Siempre serás mi ejemplo de lucha, entrega y tenacidad, y este trabajo es muestra de ello; gracias GEOVANNY FORERO PINTO porque aunque nuestro infinito fue pequeño, fue lo bastante infinito para mí.

Agradecimientos

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Revolution in Education	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 4	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de grado de Maestría de investigación.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Estudio de la actividad cerebral en la rotación mental en hombres y mujeres por medio de EEG.
Autor(es)	Triviño Bohórquez, Jenny; Velandia Sanabria, Jeiner Leandro.
Director	Luis Carlos Sarmiento
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 256 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	ROTACIÓN MENTAL; IMAGINERÍA VISUAL; PROCESOS COGNITIVOS; LÓBULO PARIETAL; ACTIVACIÓN CEREBRAL; ELECTROENCEFALOGRAMA; EEG.

2. Descripción
Tesis de grado de maestría en la que por medio de una investigación correlacional se propone determinar si existe diferencias de género en la activación cerebral relacionadas con el cambio del ángulo de rotación de figuras 3D en tareas de rotación mental; para tal fin se adapta una batería de estímulos validados en investigaciones anteriores, y se presentan a un grupo de hombres y mujeres diestros con la misma formación académica, y con edad promedio de años. Para la adquisición del EEG a cada sujeto se le coloca un arreglo de 20 electrodos superficiales con pasta conductora sobre el lóbulo parietal y se realiza el análisis de ondas por medio del programa MATLAB. Para el desarrollo de este estudio se hace un análisis de antecedentes internacionales y nacionales, a partir de los cuales se definen las áreas del cerebro involucradas en procesos de rotación mental y las características de los estímulos para llevar a cabo la investigación. En general los resultados muestran diferencias significativas en la actividad cerebral entre hombres y mujeres, asociadas a ángulos de rotación específicos.

3. Fuentes
Andersen, S. L., Thompson, A. T., Rutstein, M., Hostetter, J. C., and Teicher, M. H. (2000). Dopamine receptor pruning in prefrontal cortex during the periadolescent period in rats. <i>Synapse</i>, 37(2):167–169. Gogos, A., Gavrilescu, M., Davison, S., Searle, K., Adams, J., Rossell, S. L., Bell, R., Davis, S. R., and Egan, G. F. (2010). Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: an fmri study. <i>Neuropsychologia</i>, 48(2):529–535.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Revolution in Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 4	

- Holding, C. S. and Holding, D. H. (1989). Acquisition of route network knowledge by males and females. *The Journal of General Psychology*, 116(1):29–41.
- Jaušovec, N. and Jaušovec, K. (2012). Sex differences in mental rotation and cortical activation patterns: Can training change them? *Intelligence*, 40(2):151–162.
- Jordan, K., Wu“stenberg, T., Heinze, H.-J., Peters, M., and J“ancke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40(13):2397–2408.
- Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Martin, E., and Von Aster, M. (2005). Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks. *Psychology Science*, 47(1):112.
- Linn, M. C. and Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, pages 1479–1498.
- Milivojevic, B., Hamm, J. P., and Corballis, M. C. (2009). Hemispheric dominance for mental rotation: it is a matter of time. *Neuroreport*, 20(17):1507–1512.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1):1–10.
- Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R. S., Gati, J. S., Georgopoulos, A. P., Tegeler, C., Ugurbil, K., and Kim, S.-G. (2000). Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial fmri. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(2):310–320.

4. Contenidos

El estudio relaciona el cambio de ángulo de rotación mental de figuras 3D con el cambio en la actividad cerebral en un grupo de hombres y en un grupo de mujeres con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre ellos; teniendo en cuenta lo anterior el estudio se estructuró así:

Antecedentes: En este apartado se hace una descripción de las investigaciones nacionales e internacionales relacionadas con el tema y se reflexiona sobre sus aportes al presente estudio.

Marco Teórico: a partir de él se esclarecen conceptos e ideas asociadas al proceso de rotación mental a través del desarrollo de diferentes teorías que incluyen varias perspectivas; así mismo proporciona sustento teórico respecto a las zonas de activación cerebral asociadas al proceso de rotación mental, así como en las diferencias entre hombres y mujeres en el desempeño durante este tipo de ejercicios y las técnicas y especificaciones que requiere el tratamiento de señales EEG.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Revolution in Education</i>	FORMATO	
RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 4	

Metodología: Se realiza una descripción frente al tipo de investigación, el diseño, la población, la muestra, las variables y finalmente las etapas de la investigación - diseño del casco y los puntos de ubicación de los electrodos, organización de los estímulos, aplicación de los estímulos y el análisis de los datos. En el diseño del casco y ubicación de los electrodos se describe la ubicación de los electrodos en el lóbulo parietal y se diseña un casco de silicona para su ubicación específica y precisa en esta zona particular.

A continuación se organizan los estímulos – figuras 3D – en un bloque de 18 figuras, con la variación de los ángulos de rotación (50°, 100°, 150°), además se realiza un vínculo del programa en el que se diseñó el ejercicio de investigación con MATLAB para la captura de datos.

A partir de la recolección de los datos se realizan pruebas y análisis estadísticos con el fin de determinar las diferencias de la actividad eléctrica entre el grupo de hombres y mujeres, para cada uno de los ángulos de rotación.

Resultados: el capítulo se divide en seis secciones que se presentarán de la siguiente manera: primeros se presentará la sección base de datos se explicará cómo se organizaron los datos en matrices para el análisis. La segunda sección abordará el análisis sobre las medidas de dispersión, en la tercera sección se mostrarán resultados de la aplicación de las pruebas de normalidad y homocedasticidad, la cuarta sección abordarán los resultados de la prueba de varianza (Kruskall - Wallis), en la quinta sección se presentará el análisis correspondiente a la posición de los electrodos usando curvas de nivel, finalmente se presenta el análisis correlacional.

Referencias: aquí se nombran de manera más explícita los documentos que fueron soporte para la realización de la investigación.

Anexos: se adjuntan las gráficas generadas desde MATLAB, para las medidas de dispersión, al igual que las pruebas de normalidad, por último se adjuntan las tablas de coeficiencia correlacional usadas para el análisis de resultados.

5. Metodología

Para el desarrollo del estudio se seleccionó la muestra compuesta por dos grupos, hombres y mujeres, con características similares en cuanto a la edad y su formación profesional, se informaron las características de los estímulos que hacen parte de los ejercicios de rotación mental y la dinámica general de la prueba. A continuación se realiza una búsqueda de estímulos ya validados y probados en otras investigaciones y se organizan con la ayuda de una aplicación para ser presentados a los participantes. Posteriormente, se realiza la prueba a los dos grupos y se procede a realizar el análisis de las señales registradas por medio de MATLAB. A partir de los datos obtenidos se realiza análisis y pruebas estadísticas y un análisis del coeficiente de correlación entre las variables.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Revolution to the University</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 4	

6. Conclusiones
1. Se confirma que en las tareas de rotación mental hay activación del lóbulo parietal tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres. 2. Aunque en general hay diferencias en la actividad eléctrica de hombres y mujeres para todos los ángulos de rotación mental, solamente es significativa esta diferencia para estímulos que tienen ángulos de rotación de 100°. 3. En el grupo de hombres hay predominancia de la actividad eléctrica en el lóbulo parietal derecho, mientras que en el grupo de mujeres no existe lateralización. 4. Para el grupo de hombres y el grupo de mujeres el ángulo de rotación mental que muestra mayor activación es el de 100°. 5. El grupo de hombres muestra mayor potencial eléctrico en todos los ángulos de rotación mental frente al grupo de mujeres.

Elaborado por:	Jenny Triviño Bohórquez & Jeiner Leandro Velandia
Revisado por:	Luis Carlos Sarmiento.

Fecha de elaboración del Resumen:	16	08	2016
--	----	----	------

Índice general

Lista de figuras	17
Lista de tablas	23
1. Introducción	26
1.1. Problema	30
1.2. Justificación	31
1.3. Objetivos	33
1.3.1. Objetivo general	33
1.3.2. Objetivos específicos	33
2. Antecedentes	34
2.1. Lóbulo parietal y rotación mental.	34
2.2. Diferencias de género en la rotación mental.	43
3. Marco Teórico	58
3.1. Cerebro	58
3.2. Electrogénesis cerebral	62
3.3. EEG	66
3.4. Ondas cerebrales	70

3.4.1. Ondas Gama	70
3.4.2. Ondas Beta	71
3.4.3. Ondas Alfa	71
3.4.4. Ondas Theta	72
3.4.5. Ondas delta	72
3.5. Lobulo Parietal	73
3.6. Imagen Mental	77
3.6.1. Imaginería auditiva	79
3.6.2. Imaginería olfatoria y gustativa	79
3.6.3. Imaginería visual	79
3.6.4. Perspectiva psicológica	82
3.6.5. Las imágenes mentales y su relación con habilidades espaciales . .	84
3.6.6. Habilidad espacial	84
3.7. Rotación Mental	87
3.7.1. condiciones de la rotación mental	90
3.7.2. Rotación mental del cuerpo en el espacio en relación a los objetos.	91
3.7.3. Rotación mental de partes del cuerpo en el espacio (Mano).	92
3.7.4. Rotación mental de objetos	93
3.7.5. Test MRT-A	94
3.8. Diferencias de Género	95
4. Metodología	98
4.1. Población	99
4.2. Muestra	99
4.3. variables	99

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	13
4.4. Etapas	100
4.5. Seleccin del instrumento	100
4.6. Diseo de la estrategia	101
4.7. Aplicacin de la estrategia	107
4.8. Pruebas estadsticas para el tratamiento de los datos	110
4.9. Prueba no paramtrica kruskall – Wallis	110
5. Resultados	112
5.1. Base de datos para anlisis de resultados	112
5.2. Anlisis descriptivo medidas de dispersin	113
5.3. Pruebas Normalidad y homocedasticidad	125
5.3.1. Prueba Normalidad	125
5.3.2. Prueba homocedasticidad	137
5.4. Anlisis de varianzas utilizando kruskall wallis	139
5.4.1. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^{50} y M^{50}	139
5.4.2. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^{100} y M^{100}	139
5.4.3. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^{150} y M^{150}	142
5.4.4. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^E y M^E	142
5.5. Anlisis posicin electrodos usando curvas de nivel	145
5.6. Anlisis posicin electrodos usando curvas de nivel en hombres	145
5.6.1. Descripcin de curvas de nivel H^{50}	145
5.6.2. Descripcin de curvas de nivel H^{100}	150
5.6.3. Descripcin de curvas de nivel H^{150}	152
5.6.4. Descripcin de curvas de nivel H^E	155
5.6.5. Observaciones generales en hombres	159

5.7.	Análisis posición electrodos usando curvas de nivel en mujeres	160
5.7.1.	Descripción de curvas de nivel M^{50}	160
5.7.2.	Descripción de curvas de nivel M^{100}	164
5.7.3.	Descripción de curvas de nivel M^{150}	168
5.7.4.	Descripción de curvas de nivel mujeres M^E	169
5.8.	Análisis actividad cerebral en hombres y mujeres: Realización de tareas de rotación mental en 50° , 100° , 150° e Imagen en espejo.	173
5.9.	Prueba Análisis coeficiente de correlación	177
5.9.1.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 100° desarrolladas por los hombres	178
5.9.2.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 150° desarrolladas por los hombres	179
5.9.3.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y espejo desarrolladas por los hombres	180
5.9.4.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y 150° desarrolladas por los hombres	181
5.9.5.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y espejo desarrolladas por los hombres	182
5.9.6.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 150° y espejo desarrolladas por los hombres.	183
5.9.7.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 100° desarrolladas por las mujeres.	184
5.9.8.	Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 150° desarrolladas por las mujeres	185

5.9.9. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y espejo desarrolladas por las mujeres	186
5.9.10. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y 150° desarrolladas por las mujeres.	187
5.9.11. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y espejo desarrolladas por las mujeres.	188
5.9.12. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 150° y espejo desarrolladas por las mujeres.	189
5.10. Discusión	190
6. Conclusiones	201
A. Anexo A	206
A.1. Medidas de dispersión	206
A.1.1. Gráficos medidas de dispersión para 50°	206
A.1.2. Gráficos medidas de dispersión para 100°	206
A.1.3. Gráficos medidas de dispersión para 150°	206
A.1.4. Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo	206
B. Anexo B	219
B.1. Gráficos pruebas de normalidad	219
B.1.1. Gráficos pruebas normalidad 50° en hombres	219
B.1.2. Gráficos pruebas normalidad 100° en hombres	223
B.1.3. Gráficos pruebas normalidad 150° en hombres	227
B.1.4. Gráficos pruebas normalidad 50° en mujeres	231
B.1.5. Gráficos pruebas normalidad 100° en mujeres	235

B.1.6. Gráficos pruebas normalidad 150° en mujeres	239
C. Anexo C	243

Índice de figuras

2.1. Activaciones surco intraparietal	36
2.2. Activación lóbulo parietal superior e inferior	37
2.3. Activación zona parietal y premotora	38
2.4. Activación premotora y parietal	40
2.5. Ejemplo del test MRT-A	44
2.6. Comparativa proceso de rotación mental hombres y mujeres	46
2.7. Activación temporal	47
2.8. Comparativa rotación mental entre hombres y mujeres	49
3.1. Partes del éncefalo	59
3.2. Partes corteza cerebral	60
3.3. Homúnculos y funcionalidades	62
3.4. Lóbulos del cerebro	63
3.5. Capas corteza cerebral	65
3.6. Sistema de posicionamiento EEG	67
3.7. Vista frontal sistema posicionamiento EEG	68
3.8. Vista lateral sistema posicionamiento EEG	68
3.10. Ondas gama	71

3.11. Ondas Beta	71
3.12. Ondas Alfa	71
3.13. Ondas Theta	72
3.14. Ondas Delta	72
3.15. Lóbulo Parietal	73
3.16. Áreas de Brodmann	75
3.17. Áreas de Brodmann	75
3.18. Convenciones áreas de Brodmann	75
3.19. Ejemplo representación proporcional	81
3.20. Movimiento cuerpo completo	91
3.21. Zonas activación cerebral	92
3.22. Rotación de manos	92
3.23. Zonas activación cerebral	93
3.24. Rotación objetos 3D	93
3.25. Zonas activación cerebral en tareas de rotación mental	94
3.26. Imágenes usadas para test MRT-A	95
4.1. Figuras usadas en el experimento	101
4.2. Casco de silicona para ubicación electrodos	102
4.3. Ubicación electrodos sistema 10+-20	103
4.4. Posicionamiento de electrodos	104
4.5. Imagen Especular	104
4.6. Imagen Especular 2	105
4.7. Secuencia experimental	106
4.8. Imagen de relajación	107

4.9. Pantalla de respuesta	108
4.10. Proceso realización del experimento	109
4.11. Etapa experimentación	109
4.12. Señales EEG	110
4.13. Resultado prueba normalidad aplicada en MatLab	111
5.1. Ejemplo diagrama medidas de dispersión obtenido por el procesamiento en Matlab correspondiente al electrodo 1 en H^{50}	114
5.2. Pruebas normalidad	126
5.3. Gráfica curvas de nivel hombres angulo 50°	146
5.4. hemisferio izquierdo 50° hombres	148
5.5. hemisferio derecho 50° hombres	148
5.6. Gráfica curvas de nivel hombres angulo 100°	150
5.7. hemisferio izquierdo 100° hombres	151
5.8. hemisferio derecho 100° hombres	152
5.9. Gráfica curvas de nivel hombres angulo 100°	153
5.10. hemisferio izquierdo 150° hombres	154
5.11. hemisferio derecho 150° hombres	154
5.12. Gráfica curvas de nivel hombres imagen en espejo	156
5.13. hemisferio izquierdo imagen en espejo	157
5.14. hemisferio derecho imagen en espejo	158
5.15. Gráfica curvas de nivel mujeres angulo 50°	161
5.16. hemisferio izquierdo 50° mujeres	162
5.17. hemisferio derecho 50° mujeres	163
5.18. Gráfica curvas de nivel mujeres ángulo 100°	164

5.19. hemisferio izquierdo 100° mujeres	165
5.20. hemisferio derecho 100° mujeres	166
5.21. Gráfica curvas de nivel mujeres angulo 150°	167
5.22. hemisferio izquierdo 150° mujeres	169
5.23. hemisferio derecho 150° mujeres	170
5.24. Gráfica curvas de nivel mujeres imagen en espejo	170
5.25. hemisferio izquierdo imagen en espejo mujeres	171
5.26. hemisferio derecho imagen en espejo mujeres	172
A.1. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°	207
A.2. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°	208
A.3. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°	209
A.4. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°	210
A.5. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°	211
A.6. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°	212
A.7. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°	213
A.8. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°	214
A.9. Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°	215
A.10. Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo	216
A.11. Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo	217
A.12. Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo	218
B.1. Gráficas pruebas normalidad H^{50}	220
B.2. Gráficas pruebas normalidad H^{50}	221
B.3. Gráficas pruebas normalidad H^{50}	222
B.4. Gráficas pruebas normalidad H^{100}	224

B.5. Gráficas pruebas normalidad H^{100}	225
B.6. Gráficas pruebas normalidad H^{100}	226
B.7. Gráficas pruebas normalidad ángulo H^{150}	228
B.8. Gráficas pruebas normalidad H^{150}	229
B.9. Gráficas pruebas normalidad ángulo H^{150}	230
B.10. Gráficas pruebas normalidad M^{50}	232
B.11. Gráficas pruebas normalidad M^{50}	233
B.12. Gráficas pruebas normalidad M^{50}	234
B.13. Gráficas pruebas normalidad M^{100}	236
B.14. Gráficas pruebas normalidad M^{100}	237
B.15. Gráficas pruebas normalidad M^{100}	238
B.16. Gráficas pruebas normalidad M^{150}	240
B.17. Gráficas pruebas normalidad M^{150}	241
B.18. Gráficas pruebas normalidad M^{150}	242

Índice de tablas

3.1. Funciones zonas del cerebro	61
3.2. Áreas de Brodman	74
3.3. Las áreas de Brodmann en el lóbulo parietal	76
5.1. Tabla designación matrices para análisis	113
5.2. Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{50} y M^{50}	115
5.3. Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{50} y M^{50}	116
5.4. Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{100} y M^{100}	118
5.5. Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{100} y M^{100}	119
5.6. Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{150} y M^{150}	120
5.7. Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{150} y M^{150}	121
5.8. Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers H^E y M^E	123
5.9. Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^E y M^E	124
5.10. Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 1	127
5.11. Pruebas de normalidad aplicadas a hombre:sujeto 2	128

5.12. Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 3	129
5.13. Pruebas de normalidad aplicada a hombre: sujeto 4	130
5.14. Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 5	131
5.15. Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 1	132
5.16. Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 2	133
5.17. Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 3	134
5.18. Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 4	135
5.19. Pruebas de normalidad aplicadas a mujer:sujeto 5	136
5.20. Tabla prueba homocedasticidad	138
5.21. Tabla covarianza H^{50} y M^{50}	140
5.22. Tabla covarianza H^{100} y M^{100}	141
5.23. Tabla covarianza H^{150} y M^{150}	143
5.24. Tabla covarianza H^E y M^E	144
5.25. Tabla comparativa actividad cerebral en hombre	146
5.26. Cuadro comparativo ángulo 50° hombres	149
5.27. Cuadro comparativo ángulo 100° hombres	152
5.28. Cuadro comparativo ángulo 150° hombres	155
5.29. Cuadro comparativo imagen en espejo	158
5.30. Tabla comparativa actividad cerebral en mujeres	160
5.31. Cuadro comparativo ángulo 50° mujeres	164
5.32. Cuadro comparativo ángulo 100° mujeres	167
5.33. Cuadro comparativo ángulo 150° mujeres	170
5.34. Cuadro comparativo imagen en espejo mujeres	172

5.35. Cuadro comparativo potencia cada uno de los electrodos en cada ángulo de rotación en hombres y mujeres	174
5.36. Cuadro comparativo actividad cerebral hemisferio izquierdo	174
5.37. Cuadro comparativo actividad cerebral hemisferio derecho	176
5.38. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en hombres	179
5.39. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 150° en hombres	180
5.40. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y espejo en hombres	181
5.41. Tabla correlaciones correspondientes a 100° y 150° en hombres	182
5.42. Tabla correlaciones correspondientes a 100° y espejo en hombres	183
5.43. Tabla correlaciones correspondientes a 150° y espejo en hombres	184
5.44. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en mujeres	185
5.45. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 150° en mujeres	186
5.46. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y espejo en mujeres	187
5.47. Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en mujeres	188
5.48. Tabla correlaciones correspondientes a 100° y espejo en mujeres	189
5.49. Tabla correlaciones correspondientes a 150° y espejo en mujeres	190

Capítulo 1

Introducción

La presente investigación tiene por objeto estudiar las zonas de activación cerebral de hombres y mujeres, mientras realizan tareas de rotación mental, tiene como fin identificar las diferencias de las zonas de activación que entre géneros se pueden presentar al variar los ángulos de rotación de algunos objetos particulares. Para ello se desarrolla una situación experimental, por medio de la cual se puedan evidenciar estas diferencias, específicamente en la activación del lóbulo parietal.

Se parte del reconocimiento de las zonas cerebrales que intervienen en el desarrollo de la tareas de rotación mental las cuales son mencionadas en numerosos estudios que se han realizado desde hace ya algunos años. A partir de lo anterior se diseña un casco de electrodos que permite la ubicación de electrodos para la lectura de las señales electroencefalográficas mientras los participantes desarrollan las tareas de rotación mental, este proceso permite realizar un análisis a través del cual es posible determinar si efectivamente hay diferencias significativas en la actividad cerebral entre hombres y mujeres al momento de realizar tareas de rotación mental.

El proceso de rotación mental permite observar y entender cuando un objeto cam-

bia de posición o rota en sus ejes; este proceso involucra aspectos como codificación y transformación de la información espacial e implica la interacción de diversas áreas del cerebro; en la rotación mental el observador transforma la información del medio y del objeto, permitiendo entender cómo se ve un objeto que ha cambiado su posición en el espacio.

En el marco de la ciencia cognitiva y de la educación, áreas de conocimiento en que se sitúa la presente investigación, se han realizado diferentes estudios acerca del proceso de rotación mental, en algunos de ellos se ha demostrado que el tiempo de respuesta para un juicio correcto respecto a si dos formas son idénticas aumenta de forma lineal conforme la diferencia angular de las dos formas aumenta Richter et al. (2000); lo anterior se ha evidenciado a través de una serie de tareas en las que se muestran dos figuras asimétricas y se pide determinar si son la misma o son imágenes espejo; con frecuencia se afirma que durante este tipo de tarea los sujetos giran mentalmente uno de los objetos hasta superponerlo con el otro o hasta que tengan la misma orientación con una velocidad angular constante.

Investigaciones como la realizada por Gogos et al. (2010) han centrado su atención sobre los mecanismos neuronales que subyacen a la rotación mental encontrando que zonas como el lóbulo parietal superior y el área motora suplementaria se activan durante la realización de esta tarea; estos autores asocian principalmente estos resultados a que el lóbulo parietal superior se activa normalmente en tareas de procesamiento viso-espacial y el área motora suplementaria se activa en tareas difíciles que requieren atención sustancial.

La fundamentación teórica que sustenta este trabajo así como las bases metodológicas parten esencialmente de los estudios llevados a cabo por Shepard and Metzler (1971) y los trabajos que de allí se han derivado, y que de forma especial, desarrollan hipótesis que

intentan explicar desde diferentes perspectivas las diferencias entre géneros en relación a la ejecución de tareas de rotación mental.

Se ha organizado en capítulos este estudio. A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos.

El capítulo de Antecedentes está dedicado a la descripción de estudios e investigaciones relacionadas desde diferentes puntos de vista con la presente investigación; en estos estudios se resaltan los resultados obtenidos y sus aportes en relación a la identificación de las áreas cerebrales que intervienen en el proceso de rotación mental, las diferencias en la activación cerebral de hombres y mujeres durante el desarrollo de tareas particulares que involucran este proceso, y finalmente los materiales y métodos que sirven como referencia y punto de partida para la consolidación de nuestra situación experimental.

El marco teórico se compone esencialmente de cinco temas relevantes a partir de los cuales se pueda establecer una visión general de las implicaciones del proceso de rotación mental.

Primero la definición y conceptualización de imaginación mental como un proceso cognitivo generador de representaciones mentales que simulan la experiencia de percepción sin la presencia de un estímulo sensorial real. A partir de allí se aborda específicamente la imaginación mental visual y con ella uno de sus componentes principales, relacionado con la ubicación y manipulación espacial de los objetos.

Segundo el proceso de rotación mental como un proceso cognitivo en el que intervienen fases de forma secuencial como: codificación perceptual, identificación del carácter y de su orientación, rotación mental, juicio de paridad, respuesta de selección y respuesta de ejecución Corballis (1988) Shepard and Cooper (1986). Sumado a ello, y al considerarse un proceso cognitivo se exponen factores desde diferentes perspectivas que permiten dilucidar

otros subprocesos que intervienen en él y como consecuencia las áreas del cerebro que se activan durante el desarrollo de diferentes tareas.

Tercero las áreas cerebrales relacionadas con el proceso de rotación mental, particularmente las denominadas áreas de Brodman, sus características y sus funciones específicas durante este proceso.

Cuarto las diferencias de género en relación a los procesos de rotación mental, desde una perspectiva biológica.

Por último se encuentra el tema relacionado con el Electroencefalograma en el que se describe el funcionamiento del sistema EEG y las particularidades de este para la investigación.

En el capítulo diseño metodológico de la investigación inicia con la descripción del tipo de investigación realizada, que así como la descripción de los participantes, los estímulos que harán parte de la situación experimental, el sistema EEG y el procedimiento de análisis de datos que se desarrollará. Se hace referencia al sistema de procesamiento de señales que se utiliza y se justifica este diseño a partir de las condiciones de la situación experimental. Se determinan las variables y se explican las hipótesis

El sexto capítulo se dedica al análisis de resultados. En él se describe la base de datos obtenida a partir de la aplicación de los estímulos de rotación mental al grupo de hombres y el grupo de mujeres y se realizan diferentes pruebas y análisis de datos como: análisis descriptivo de medidas de dispersión, pruebas de normalidad y homocedasticidad, análisis de varianzas y análisis de posicionamiento de electrodos utilizando curvas de nivel.

Finalmente, el último capítulo muestra los hallazgos de este estudio contrastados con los antecedentes y los planteamientos del marco teórico, a partir de los cuales se desarrollan las conclusiones.

1.1. Problema

El proceso de rotación mental ha sido objeto de numerosos estudios, abordados desde diferentes perspectivas: pedagógicas, didácticas y cognitivas; esta última se centra en el estudio de los sistemas cerebrales que intervienen en el proceso de manipulación de imágenes mentales, la predominancia cerebral de alguno de los dos hemisferios durante el desarrollo de tareas que incluyen este proceso, la relación entre el ángulo de rotación y el tiempo de respuesta en la comparación mental de dos objetos y los posibles efectos hormonales durante el desarrollo de las personas que condicionan el desempeño en tareas de rotación.

Los estudios que comparan la actividad cerebral entre hombres y mujeres plantean diferentes conclusiones; en estudios desarrollados por Kucian et al. (2005) se muestra una tendencia en el hombre a desarrollar de manera más efectiva las tareas de rotación mental frente a las mujeres, mostrando así mismo una mayor activación en algunas áreas del cerebro; de igual forma Weiss et al. (2003) en su trabajo sobre las diferencias de género en la activación cerebral durante tareas de visualización espacial resaltan mayor activación en el lóbulo parietal inferior en el hombre, mientras que las mujeres mostraron una activación mayor en el lóbulo parietal superior.

Por otra parte Thomsen et al. (2000), afirman que no se encontraron diferencias significativas entre las áreas de activación de hombres y mujeres mientras ejecutaban tareas de rotación mental; y en algunas otras investigaciones como las llevadas a cabo por Jordan et al. (2002) reconocen diferencias de género entre las áreas de activación cerebral pero estas se asocian principalmente a las diferencias en las estrategias utilizadas por hombres y mujeres durante el desarrollo de la tarea de rotación.

De esta manera es posible afirmar que aunque son muchos los estudios que se han

interesado en examinar detenidamente el proceso de rotación mental como un proceso cognitivo, aún no se han establecidos acuerdos específicos relacionados con las diferencias de género respecto a zonas de activación cerebral, y mucho menos las diferencias entre hombres y mujeres en las áreas de activación cerebral asociadas a ángulos de rotación particulares. En este sentido no es posible determinar si la base de las diferencias en habilidades visoespaciales en los dos géneros es de carácter cognitivo. Lo anterior tendría como consecuencia la dificultad de generar estrategias favorables para el desarrollo de la habilidad espacial que estén en concordancia con el reconocimiento de la naturaleza de las diferencias de género relacionadas con estas tareas.

En este sentido se reconoce la necesidad de desarrollar un estudio que además de confirmar las bases neurológicas que se involucran en el proceso de rotación mental en hombres y mujeres, permita identificar si existen diferencias significativas en la actividad cerebral, en los dos géneros, asociada a diferentes ángulos de rotación, esto con el de determinar si hay factores específicos que condicionan el desarrollo de esta tarea a nivel cerebral, además si estos son factores determinantes de la naturaleza de las diferencias en el desarrollo de la habilidad espacial.

1.2. Justificación

Es primordial para los seres humanos desarrollar una serie de habilidades físicas y cognitivas que le permiten resolver problemas de su entorno de manera efectiva; dentro de estas se destaca la habilidad espacial, ya que ésta se relaciona con el estudio y comprensión del entorno, el estudio del espacio y formas del mundo, y las representaciones que de él podemos hacer; autores como McGee (1979) establecen cinco componentes básicos que hacen parte de la habilidad espacial: percepción espacial, visualización espacial, rotaciones

mentales, relaciones mentales y orientación espacial. Linn and Petersen (1985) consideran tres subdivisiones para la habilidad espacial: percepción espacial, orientación espacial o rotación mental y visualización espacial. Mumaw et al. (1984) y Olkun (2003) consideran la habilidad espacial como la habilidad para imaginar rotaciones en 2D y 3D; a partir de lo anterior se puede afirmar que la rotación mental es un proceso fundamental dentro del desarrollo del pensamiento espacial.

Autores como Andersen et al. (2000), Kucian et al. (2005), entre otros han centrado su atención en el estudio de la rotación mental desde un enfoque cognitivo a partir del análisis de los mecanismos neurales que subyacen a este proceso utilizando técnicas de neuroimagen a través de fMRI, en las que se muestran principalmente, los cambios fisiológicos que ocurren en el cerebro de una persona mientras realiza una tarea cognitiva específica.

Estos estudios han mostrado diversidad de resultados respecto a la comparación de la activación cerebral de hombres y mujeres y a las zonas del lóbulo parietal que tienen mayor activación durante el desarrollo de la tarea de rotación mental, por lo que ha sido difícil establecer la relación entre género y activación cerebral en tareas de rotación mental.

En este sentido es importante el uso de EEG como técnica para consolidar las zonas de activación cerebral durante la rotación mental y las posibles diferencias en la activación comparando hombres y mujeres, por medio del estudio del potencial eléctrico en contraste con los resultados obtenidos con respuestas hemodinámicas (fMRI)

Se busca identificar entonces si existen diferencias significativas en la actividad cerebral, haciendo una comparación por géneros y diferentes ángulos de rotación, esto con el fin de determinar si hay factores específicos que condicionan en el desarrollo de la tarea

de rotación mental a nivel cerebral.

de allí que es fundamnetal establecer con claridad cuáles si existen diferencias en la activación cerebral durante el desarrollo de tareas de rotación mental relacionadas con el género, en el futuro se podrán establecer estrategias que permitan reducir la brecha que se afirma existe en la habilidad espacial de hombres y mujeres.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar, en un grupo de hombres y mujeres, las diferencias en las señales electroencefalograficas relacionadas con el desarrollo de tareas de rotación mental basadas en el test MRT-A.

1.3.2. Objetivos especificos

1. Caracterizar en hombres y en mujeres las señales EEG asociadas a diferentes ángulos de rotación basadas en el test MRT-A.

2. Comparar entre hombres y mujeres la actividad cerebral registradas mediante EEG durante el desarrollo de tareas de rotación mental basadas en el test MRT-A.

Capítulo 2

Antecedentes

Existe un grupo de investigaciones que se han adelantado relacionadas con tareas de rotación mental, estas incluyen una gran variedad de temas que van desde el reconocimiento de los sistemas cerebrales que intervienen en la realización de ejercicios de rotación mental, hasta la exploración de las diferencias de género en relación a la activación cerebral en esta misma tarea.

En este apartado se retomarán investigaciones relacionadas con las tareas de rotación mental desde dos perspectivas: primero la evidencia que sugiere la activación del lóbulo parietal durante la rotación mental, segundo Las diferencias de género en cuanto al desempeño y la activación cerebral durante la ejecución de tareas de rotación.

2.1. Lóbulo parietal y rotación mental.

En el estudio *Cortical Activations during the Mental Rotation of different visual objects* desarrollado por Jordan et al. (2001). Se desarrollan tres tareas de rotación mental con el fin de establecer por medio de fMRI las áreas de activación cerebral que participan en dicha tarea.

En el experimento participan 9 voluntarios sanos y principalmente se trabaja con test de rotación mental con figuras 3D, test de rotación mental con figuras abstractas, y test de rotación de letras; en las tres condiciones se muestran pares de figuras y se pide a los participantes girar la figura de la derecha hasta que se ajuste con la figura de la izquierda, con el fin de decidir si son figuras iguales o figuras espejo. Antes del desarrollo del experimento, se realiza una etapa de inducción en donde se muestran las tres condiciones de rotación con el propósito que los participantes se familiaricen con las tareas.

Este estudio examinó las diferencias en los tiempos de respuesta para cada condición y llevo a cabo un análisis de regresión con estos tiempos y las disparidades angulares indicando con ello que el tiempo de respuesta aumenta conforme se da un aumento en la disparidad angular.

Sus principales resultados respecto a las zonas de activación cerebral, muestran que en las tres condiciones se evidencian activaciones bilaterales en el surco intraparietal, en el lóbulo parietal superior e inferior. Además en todas las condiciones hubo una activación en la circunvolución occipital y giro fusiforme lo que se asocia con el procesamiento visual de los estímulos presentados (Fig. 2.1).

Concluye el estudio afirmando que ambos hemisferios son equivalentes en relación a la activación cerebral asociada al desarrollo de tareas de rotación mental de imágenes visuales.

Este estudio es importante en tanto resalta la participación del lóbulo parietal en todas las condiciones de rotación mental, lo que permite en primera medida establecer una ubicación específica para los electrodos; y una discriminación de otras áreas de activación que aunque presentan actividad eléctrica se asocian a otro tipo de proceso.

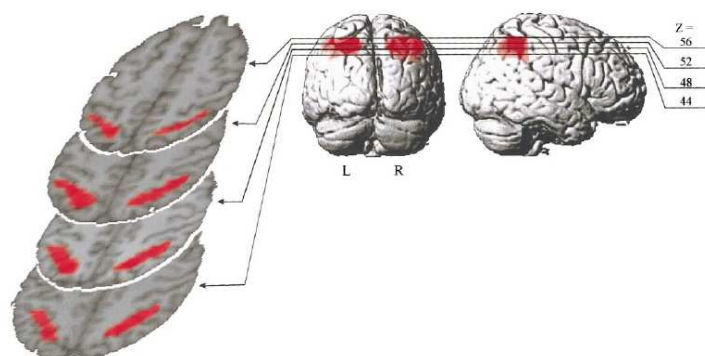


Figura 2.1: La imagen muestra activaciones bilaterales en el Surco Intraparietal; los números encima de la flecha indican la posición de la rebanada particular, respecto a la línea AC-PC. Imagen tomada de: Jordan et al. (2001)

Otro estudio que trabaja sobre las zonas de activación cerebral asociadas a tareas de rotación mental es *Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: An fMRI study* desarrollado por Gogos et al. (2010). En este la tarea de rotación consistió en la presentación de 6 caracteres alfanuméricos en 2D (F, G, R, 2, 4, 5) mostrados en su orientación normal y en siete ángulos de rotación diferentes que van desde 0° hasta 320° ; hubo un total de 108 estímulos, 18 ensayos por cada uno de los seis caracteres. Cada participante – de diez que hicieron parte del estudio- debía determinar si el par de figuras mostradas eran iguales a eran imágenes espejo.

Las tres condiciones en las tareas de rotación mental con cero rotación activo áreas como

Textit La tarea rotación mental (tres condiciones de rotación en comparación con la rotación de 0°) evoca la activación de las redes occipital -temporal y frontal - parietal esperados, incluyendo la circunvolución occipital media bilaterales (BA 19), a la derecha lóbulo parietal superior (BA 7), circunvolución frontal medial bilateral(BA 6) , la circunvolución fronta medio derechos (BA 6) , cerebelo bilateral, tálamo izquierdo ,

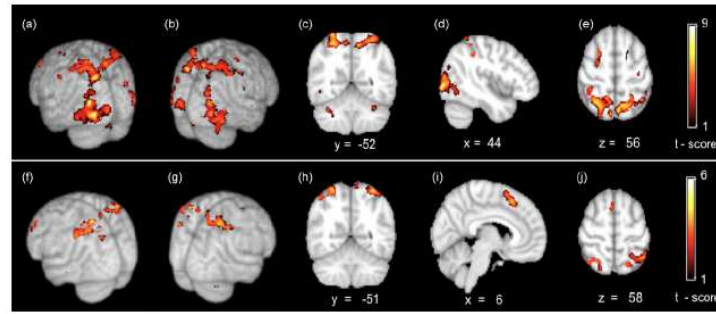


Figura 2.2: fMRI en las que principalmente se muestra activación bilateral en el lóbulo parietal superior e inferior. Imagen Tomada de: Gogos et al. (2010)

giro temporal superior izquierdo (BA 22) y lóbulo parietal inferior derecho (BA 40) . El análisis paramétrico de aumentar el ángulo de rotación con el aumento de señal BOLD cambio utilizando cuatro condiciones (0° , 50° , 100° , 150°), mostró activación en la izquierda y derecha superiores lóbulos parietales (BA 7), lóbulos parietal izquierda y derecha inferior (BA 40) y la circunvolución frontal media derecha(BA 8) (figura2.2).

Estos resultados sugieren, según el estudio, un cambio en el lóbulo parietal superior en cuanto a la intensidad de la señal en términos del ángulo de rotación; esto fue significativamente mayor con respecto al lóbulo parietal inferior y a regiones frontales mediales; es importante mencionar que el estudio asocia la activación en áreas frontales con la utilización de la atención o la memoria de trabajo.

The additional activation of frontal areas may reflect the role of attention or spatial working memory in mental rotation Awh and Jonides (2001).

Se resalta de este estudio que muestra un aumento en la activación cerebral en la corteza parietal superior e inferior, relacionado específicamente con el aumento angular; en este sentido es posible afirmar que el aumento angular supone, no solo tiempos mayores para determinar si las formas son iguales o no, sino además un aumento en las señales eléctricas a nivel neuronal; en este estudio se asocia la región parietal inferior con el reco-

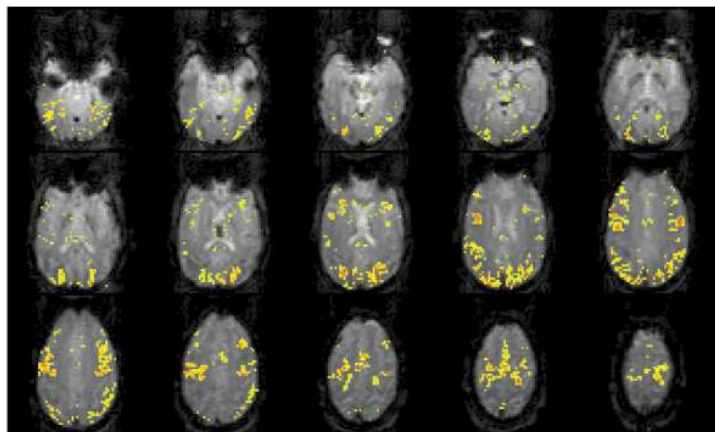


Figura 2.3: La figura muestra la activación de la zona parietal y premotora. Imagen tomada de: Windischberger et al. (2003)

nocimiento de objetos, la manipulación espacial, la percepción del espacio, la detección de estímulos salientes; y el lóbulo parietal superior se relaciona particularmente en transformaciones visuoespaciales. Al igual que el estudio anterior se resalta la participación del lóbulo parietal, pero en este caso con más precisión, ya que se menciona específicamente las áreas de Brodmann BA7 y BA 40.

En el estudio *Human motor cortex activity during mental rotation* desarrollado por Windischberger et al. (2003). Participaron 14 jóvenes sanos, decidiendo si dos imágenes 3D presentadas son iguales o no lo son; este ejercicio requirió la rotación mental de una de las figuras presentadas. El reconocimiento de la activación cerebral se realizó por medio de fMRI.

El análisis desarrollado en el estudio muestra que las áreas parietales y premotoras son las principales regiones cerebrales que se utilizan en las tareas de rotación mental. Mediante un análisis Cluster se obtiene evidencia de que la corteza motora primaria no se involucra en el procesamiento de tareas de rotación mental utilizadas en este estudio. (Fig. 2.3).

Este estudio además de resaltar el papel del lóbulo parietal en la ejecución de tareas

de rotación mental, contribuye a ampliar el conjunto de técnicas de análisis de datos en este tipo de condiciones experimentales, pues toman de base el análisis Cluster para examinar los píxeles obtenidos, teniendo en cuenta tanto la importancia según los criterios de la investigación, como la amplitud de su activación; de esta manera se establecen diferentes grupos de píxeles según sus características y la activación durante lapsos de tiempo específicos – activación durante todo el estímulo, activación durante la finalización de la tarea - así se determinan activaciones neuronales como consecuencias de tareas particulares no asociadas específicamente con el proceso de rotación mental.

En la investigación *The functional role of dorso-lateral premotor cortex during mental rotation An event-related fMRI study separating cognitive processing steps using a novel task paradigm* realizada por Lamm et al. (2007) se reconocen los procesos involucrados en las tareas de rotación mental como una red funcional en las que participan diferentes zonas del cerebro cada una de ellas con una función diferente. En este trabajo participaron 13 hombres diestros con edad entre 23 y 31 años, en dos condiciones experimentales principalmente: rotación mental de una figura geométrica bidimensional teniendo en cuenta ubicación o cambio de orientación.

Con el fin de detallar los procesos que están implicados en el desarrollo de tareas de rotación mental se subdividieron los ejercicios de rotación en cinco eventos: presentación de la figura original (codificación), indicación de giro (indicación), rotar (rotación), presentación de la figura coincidente con la figura mental (coincidencia) y la ejecución de la respuesta (Respuesta).

Las condiciones experimentales se establecieron a partir de los resultados de un estudio previo en el que se mostraba un conjunto de elementos con diferentes ángulos de rotación que iban desde 40° hasta 170°; a partir de los resultados se tomaron 4 ángulos de rotación

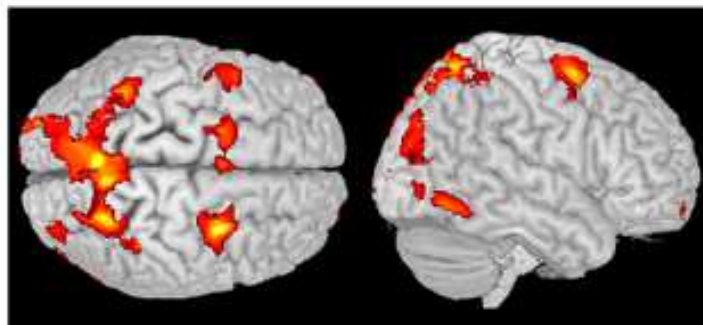


Figura 2.4: La imagen muestra activación premotora y parietal. Imagen tomada de: Lamm et al. (2007)

para esta investigación: 100° y 160° cuando el giro es hacia la derecha y 130° y 170° cuando el giro es hacia la izquierda. Las imágenes se obtuvieron por medio de fMRI. (Fig. 2.4).

El análisis de los diferentes aspectos involucrados en la solución de tareas de rotación mental mostró que:

"[...]Los análisis de los diferentes aspectos de la resolución de tareas confirmaron la evidencia previa de que las tareas de rotación mentales requieren una compleja interacción de numerosas regiones del cerebro que se activan secuencialmente por los diferentes requisitos de procesamiento de la tarea." Lamm et al. (2007).

Por su parte los resultados muestran una fuerte activación del lóbulo parietal durante todos los pasos de solución de la tarea de rotación. Las áreas visuales de la corteza occipital se activaron durante la fase de codificación, las áreas dorsales laterales se activaron durante los tres pasos de procesamiento y el área premotora tuvo activación relacionada con la preparación de la respuesta y el movimiento de la mano para la respuesta.

Al comparar las dos condiciones: ubicación y orientación, se encontraron respuestas hemodinámicas más fuertes en el lóbulo parietal superior, tanto en la fase de rotación como en la de codificación, en la condición de orientación. La condición de ubicación produjo un aumento de la señal en áreas subcorticales, circunvolución poscentral y en el lóbulo frontal.

De lo anterior se concluye que “[...]Esto reveló que las tareas de rotación mental desencadenan la colaboración temporizada de numerosas regiones del cerebro asociadas con el procesamiento visual y motor.”

Principalmente se reconoce la predominancia de la activación del lóbulo parietal superior que está permanentemente involucrado en todos los aspectos de la solución de tareas de rotación mental. Este hallazgo ratifica el posicionamiento de los electrodos y el área en el que se debe centrar el estudio por ser la que tiene mayor activación en este tipo de tareas.

Finalmente otro estudio que aborda la importancia del lóbulo parietal en las tareas de rotación mental es *Parietal Lobe Contribution to Mental Rotation Demonstrated with rTMS* realizado por Harris and Miniussi (2003). Esta investigación confirma la participación del lóbulo parietal desde una perspectiva diferente, pues se centra en la observación de los efectos de la interrupción de la actividad neuronal del lóbulo parietal mientras los participantes desarrollan tareas de rotación mental; en este sentido se analiza la importancia y la influencia de este lóbulo en la realización de este tipo de tareas. Se llevó a cabo una estimulación magnética Transcraneal repetitiva (EMTr) en el lóbulo parietal superior, en el área 7 (Brodmann), en el hemisferio derecho e izquierdo y en el surco intraparietal.

Las interrupciones se emplearon en diferentes puntos de tiempo mientras se ejecutaba la tarea cognitiva, con el fin de observar cuando una región particular del cerebro está involucrada en el desarrollo de la tarea. Así mismo se realizó un análisis del efecto de la interrupción, tanto en el lóbulo parietal derecho como en el lóbulo parietal izquierdo, tomado por separado, durante la realización de ejercicios de rotación mental.

La estimulación llevada a cabo en el lóbulo parietal derecho demoró el desarrollo del

ejercicio de rotación en comparación con los resultados de la estimulación en el lóbulo parietal izquierdo. En este sentido se afirma que la estimulación del lóbulo parietal derecho puede tener gran influencia en el desarrollo de tareas de rotación mental, mientras que la estimulación en la misma ubicación en el lóbulo parietal izquierdo no parece intervenir mucho en el desempeño en este tipo de tareas en cualquiera de los puntos de tiempo tomados en el estudio. De lo anterior se concluye que:

“Estos resultados sugieren fuertemente que el lóbulo parietal superior derecho juega un papel esencial en la rotación mental , mientras que el lóbulo parietal superior izquierda no parece ser críticamente involucradas en este proceso.” Harris and Miniussi (2003).

Este estudio aporta una situación experimental diferente a las ya vistas, pues parte del reconocimiento de la actividad del lóbulo parietal en las situaciones que requieren de rotación mental y a partir de ello realizan interrupciones de dicha actividad, en tiempos específicos de tal forma que les permita concluir que parte específica de este lóbulo es fundamental en este proceso. Es importante resaltar que los resultados anteponen la actividad del lóbulo parietal derecho en comparación al izquierdo, lo que muestra de forma concluyente que la presente investigación debe considerar la actividad cerebral en esta zona específica.

En la investigación titulada *Hemispheric dominance for mental rotation: it is a matter of time* desarrollado por Milivojevic et al. (2009) se concentran en el estudio de la dominancia hemisférica en la rotación mental, desde esta perspectiva su objetivo es determinar si la superioridad que se afirma tiene el hemisferio derecho en tareas de rotación mental está relacionada con los tiempos de respuesta en el procesamiento de los estímulos en el lóbulo parietal.

Realizaron la experimentación con 14 voluntarios diestros, 7 hombres y 7 mujeres,

neurológicamente normales, con una edad media de 25.5 años. Se presentaron 8 estímulos, cuatro letras (R, F, L y P) y cuatro dígitos (2, 4, 5 y 7) en su forma normal y en imagen especular utilizando cuatro ángulos de rotación vertical 0° , 60° , 120° y 180° . Cada estímulo duraba un máximo de 10 segundos y a continuación el participante respondía haciendo clic en el botón derecho del mouse si eran imágenes iguales o en el botón izquierdo si eran imágenes espejo. Se registró la actividad electroencefalográfica de forma continua utilizando 128 electrodos. Para el análisis se seleccionaron el electrodo P3 en el hemisferio izquierdo y el electrodo P4 en el hemisferio derecho.

Algunas de sus conclusiones son que las asimetrías en la actividad cerebral de los dos hemisferios se deben a un procesamiento más rápido del lóbulo parietal derecho en comparación con el izquierdo. Afirman

"Los resultados presentados en este estudio indican que MR incluye ambos hemisferios en un período de tiempo similar, pero que MR parece estar realizado más rápidamente, y por lo tanto más eficiente, por el parietal derecho." Milivojevic et al. (2009)

Por otra parte, el aspecto que se resalta de este estudio es que asocia las diferencias en la activación cerebral de los hemisferios a cuestiones de tiempo, más que a procesamiento cognitivos, por lo cual se resalta la técnica EEG ya que se afirma que las técnicas de neuroimagen como fMRI y PET tienen una mala resolución temporal.

2.2. Diferencias de género en la rotación mental.

El estudio *Individual Differences in the Mental Rotation Skills of Turkish Prospective Teachers*, desarrollado por Turgut (2015) investigó los efectos del género, el rendimiento académico y la educación preescolar en las habilidades de rotación mental en futuros profesores turcos. Para ello se implementó el test desarrollado por Vandenberg en 1978,

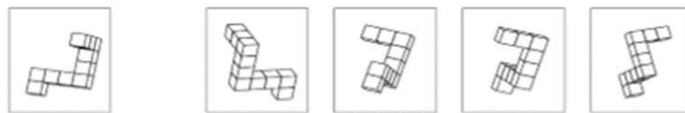


Figura 2.5: Muestra un ejemplo del test MRT-A. Imagen tomada de Turgut (2015)

en el que se presentan 4 figuras en 3D y una figura base y se trata de decidir cuáles de ellas son iguales a la figura base. (Fig. 2.5).

En este estudio participaron 525 estudiantes de departamentos de educación, con una edad media de 19.4 años; para establecer relaciones entre las variables se realizó un análisis de varianza ANOVA.

En sus resultados afirman que hallaron efectos significativos del género y la educación preescolar en las puntuaciones del test de rotación mental desarrollado por hombres y mujeres. De manera específica encontraron que hay un gran efecto del género en relación al desempeño en tareas de rotación mental, ya que los hombres superaron ampliamente a las mujeres; además los estudiantes que tuvieron educación preescolar obtuvieron más aciertos que aquellos que no la tuvieron.

Una de sus conclusiones es que las diferencias de género en el desempeño de tareas de rotación mental pueden estar relacionadas con las estrategias utilizadas en el momento de desarrollar la tarea y a las condiciones culturales a las que cada género está expuesto.

Por lo tanto, la diferencia de género en el rendimiento de rotación mental puede estar relacionado con la preferencia a los video juegos, además de la experiencia espacial, el estado hormonal y la especialización del cerebro. Turgut (2015)

Aunque en este estudio no se desarrollan técnicas de neuroimagen para establecer las diferencias de género en tareas de rotación mental, es importante mencionarlo ya que en él se establecen diferencias significativas en el desempeño de hombres y mujeres en este

tipo de tareas.

En el trabajo *Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers* llevado a cabo por Weiss et al. (2003) se realiza un estudio sobre las diferencias de género durante el desarrollo de tareas de rotación mental con objetos 3D, en el que la tarea principal consiste en determinar si dos objetos son idénticos o son imágenes espejo, haciendo rotar uno de ellos –en la mente - hasta que se alinee con la posición del otro objeto; esta tarea de rotación se basa en el test desarrollado Weiss et al. (2003). Esta experiencia se desarrolló con 20 estudiantes de psicología, 10 hombres y 10 mujeres, y en ella fundamentalmente se trabajaron tareas en las que se varía el ángulo de rotación de cada objeto 3D en el eje vertical. Las áreas de activación cerebral se reconocieron a través de fMRI.

En este estudio se establece un tiempo específico (8 s) para llevar a cabo cada uno de los ejercicios con el fin de que el tiempo no se convierta en un factor influyente en el desempeño en las tareas de rotación mental.

En los resultados obtenidos se resaltan el aumento en la intensidad de la señal cerebral en el lóbulo parietal, inferior y superior, y el lóbulo frontal. De acuerdo con el estudio, la activación en el lóbulo parietal ha sido asociada desde hace varios años a la rotación mental de objetos visuales, mientras que la activación del lóbulo frontal se asocia a la programación de acciones, secuencias y estrategias en la resolución de problemas.

Los principales aspectos que se resaltan de este estudio son las diferencias encontradas en las áreas de activación entre hombres y mujeres, y aunque en general mostraron patrones de activación similares, los hombres mostraron mayor activación en el lóbulo parietal inferior, mientras que las mujeres mostraron una activación significativamente mayor en el lóbulo parietal superior. (Fig. 2.6).

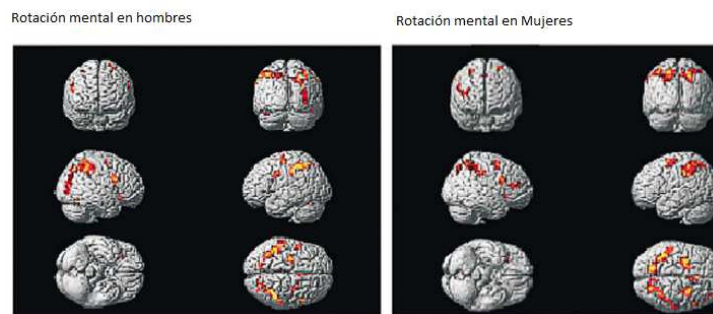


Figura 2.6: Imagen comparativa proceso de rotación mental hombres y mujeres. Imagen tomada de: Weiss et al. (2003)

Este estudio no solo es importante por las diferencias que se establecen en las áreas de activación entre hombres y mujeres durante el desarrollo de las tareas de rotación, sino porque a su vez estas diferencias las relacionan específicamente con las estrategias de procesamiento inmersas en la resolución de la tarea de rotación mental. En este sentido se afirma que las diferencias de género pueden surgir en diferentes etapas de procesamiento: percepción, codificación, rotación, etc. Y que ellas no pueden ser atribuidas a diferencias cerebrales en la tarea de rotación.

las diferencias de sexo puede surgir en los diferentes niveles de procesamiento (incluyendo la percepción, la codificación, la rotación, apareamiento, etc.) y no se puede atribuir a las diferencias en la rotación per se.

Otro estudio que establece algunas diferencias de género en la activación cerebral durante el desarrollo de tareas de rotación mental es *Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks* desarrollado Kucian et al. (2005) en él se propone evaluar los patrones de activación cerebral en función al género en la rotación mental. Las señales fMRI con las que trabajan son capturadas de 10 hombres y 10 mujeres con una edad promedio de 26 años. El experimento para capturar las señales cerebrales consiste en indicar, pulsando un botón, si dos figuras 2D

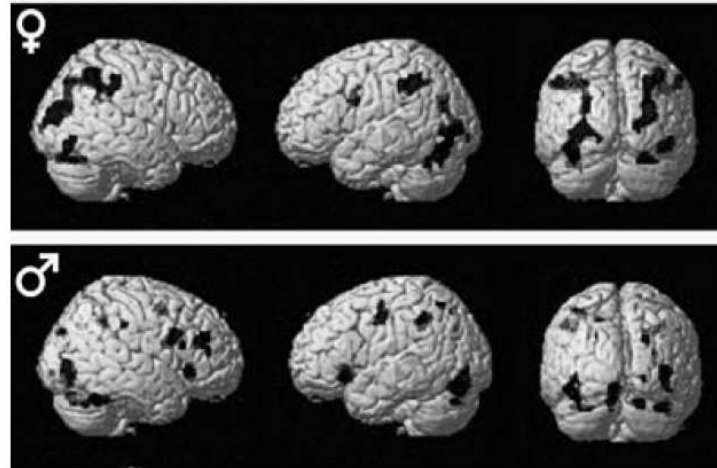


Figura 2.7: Jordan et al. (2002) Afirmaron que la activación temporal indica que las mujeres gastan más esfuerzo en el tratamiento de la identidad de los objetos visuales.

son idénticas o no. El experimento incluye tres bloques de imágenes para la rotación mental: Caballitos de mar, ballenas y calamares.

Los resultados de este estudio no muestran resultados significativamente diferentes en el rendimiento de hombres y mujeres en las tareas de rotación mental. Sin embargo, se encontraron algunas diferencias: las mujeres muestran una mayor activación en el hemisferio derecho en la circunvolución temporal media (BA21), en la circunvolución frontal inferior (BA44), en el hemisferio izquierdo de la corteza primaria motora (BA4) y en áreas temporales. (Fig. 2.7).

Esta investigación es importante en tanto en ella se reafirma el planteamiento del estudio anteriormente descrito, en el cual se afirma que las diferencias de género en tareas de rotación mental se deben principalmente a las estrategias que utilizan hombres y mujeres durante la ejecución de las tareas y no necesariamente a la habilidad cognitiva.

En esta misma perspectiva se desarrolla el estudio *Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks* llevado a cabo por Jordan et al. (2002). En este estudio participaron 24 estudiantes de psicología, 14 mujeres y 10 hom-

bres, ninguno de ellos con una especial habilidad espacial. El experimento incluyó cuatro experiencias diferentes relacionadas con rotación mental: Rotación mental de figuras tridimensionales clásicas, rotación mental de figuras abstractas, rotación mental de letras, y figuras no rotadas, esta última se toma como la prueba de control.

Los objetos en 3D se basaron en los utilizados por Shepard and Metzler (1971), los objetos abstractos en 2D correspondían a las formas utilizadas por Hochberg and Gellman (1977) y las letras presentadas “F” y “K” basados en el estudio de Corballis and Sergent (1989). Todos los objetos se presentaron en pares, con ángulos de rotación que varían cada 20° . En las tres condiciones de rotación se pide a los sujetos rotar mentalmente la figura de la derecha hasta que coincida con la figura de la izquierda, con el fin de establecer si son iguales o si son imágenes espejo.

Los resultados de este estudio muestran activación cerebral bilateral por parte de las mujeres durante la condición 3D en el lóbulo parietal superior, surco intraparietal, zona premotora dorsal, área motora suplementaria, circunvolución temporal inferior y la circunvolución frontal inferior; estos patrones de activación no se encontraron para las condiciones 2D y para la condición de las letras y algunas de las áreas tenían un nivel más bajo de activación.

Por otro lado, los hombres mostraron activación en el lóbulo occipital superior, circunvolución media, lóbulo parietal superior, áreas premotora y el área motora suplementaria. La comparación entre las tres condiciones de rotación mental para hombres y para mujeres demostró una mayor activación para la rotación mental de objetos 3D comparada con la rotación mental de letras y de figuras abstractas. (Fig. 2.8).

En relación a las diferencias de activación cerebral entre hombres y mujeres, el estudio muestra activaciones más fuertes en las mujeres en áreas como el lóbulo parietal superior

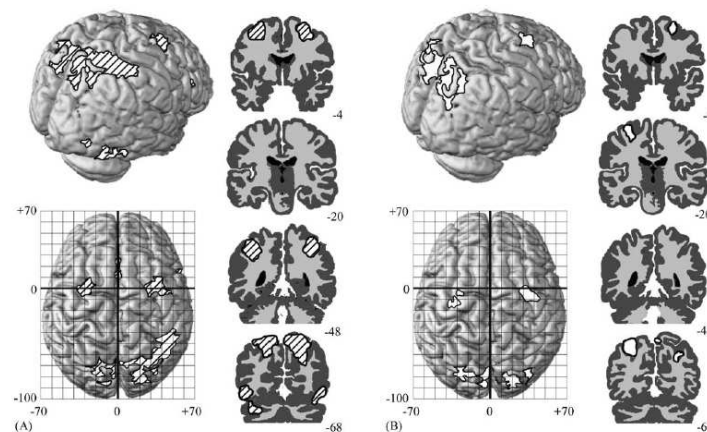


Figura 2.8: (A) Muestra la activación cerebral de las mujeres mientras realizan tareas de rotación mental. (B) muestra activación cerebral de los hombres mientras realizan tareas de rotación mental. Imagen tomada de: Jordan et al. (2002)

derecho y lóbulo parietal inferior izquierdo, en los hombres hay mayor activación en el área motora primaria. Sin embargo, aunque se muestren dichas diferencias, la conclusión principal es que no se encontraron diferencias significativas en relación a las respuestas hemodinámicas corticales en términos de la intensidad. Las diferencias pueden atribuirse a diferentes factores. En primer lugar la utilización de diferentes estrategias en la solución de tareas de rotación mental; en mujeres puede activar zonas como el giro temporal inferior y el giro occipital medio; según el estudio estas áreas “[...] Estas son parte de un sistema conocido por estar involucrado en varios procesos cognitivos superiores, incluyendo la identificación de objetos, la categorización de objetos, la memoria de objeto, el análisis espacial, la memoria espacial, la atención selectiva a los objetos, y la atención encubierta.” Por otra parte también afirman que *“Una interpretación parsimoniosa de la activación de la circunvolución temporal inferior en las mujeres sería que las mujeres gastan más esfuerzo en el tratamiento de la identidad de los objetos visuales, que podrían incluir intentos de identificación de las partes de los objetos, mientras que los hombres son más activos en la respuesta a la superficie de las características visuales y espaciales.”*

En este sentido las diferencias de género en la activación cerebral, son desde este punto de vista no atribuibles a diferencias en la organización y/o composición cerebral, sino al establecimiento de diferentes estrategias y a reacciones naturales a cierta clase de problemas cognitivos.

Sumado a los estudios anteriormente descritos, se encuentra la investigación desarrollada por Thomsen et al. (2000). *Titulada Functional magnetic resonance imaging (fMRI) study of sex differences in a mental rotation task* en el que se investiga las diferencias en la activación cerebral, de hombres y mujeres, mientras desarrollan una tarea de rotación mental.

El estudio se llevó a cabo con 14 personas, pero finalmente se tuvieron en cuenta los datos de 11 personas, 6 hombres y 5 mujeres, con una edad media de 30 años. Las características del experimento son similares a las de los estudios anteriormente descritos, con la excepción de que en este estudio se tuvo en cuenta el color de los objetos presentados de tal forma que no interfiriera con la activación de otras zonas cerebrales.

Para el desarrollo del experimento se presentaron 36 pares de dibujos 3D basados en el test de Shepard and Metzler (1971), los dibujos se presentaron en 3 bloques de 12 figuras y en ellas se incluyen cinco formas diferentes y siete ángulos de rotación distintos; la duración de cada bloque de experimentación fue de 60 segundos. Para la situación experimental se pide a los sujetos determinar si las dos imágenes que se muestran son iguales pulsando un botón a la derecha, o si son diferentes pulsando un botón a la izquierda.

Los resultados del estudio muestran un número mayor de respuestas correctas por parte de los hombres, cerca del 60 por ciento, mientras que las mujeres obtuvieron 50 por ciento, aunque esta diferencia no fue significativa en el ANOVA. Así mismo los datos de fMRI mostraron un aumento significativo en la activación cerebral bilateral, en el

lóbulo parietal superior, aunque predominantemente en el lado derecho para todo el grupo en general. La evidencia más clara de asimetría en este estudio fue observada en el lóbulo parietal superior, sobre la zona BA7 comparado con las áreas homologas del hemisferio izquierdo.

Dentro de las principales conclusiones de esta investigación se resalta la ausencia de diferencias significativas en hombres y en mujeres durante el desarrollo de tareas de rotación mental en contraste con otros estudios que han indicado que los hombres superan a las mujeres y tienen diferencias en áreas de activación cerebral. Desde este punto de vista es posible afirmar que aún existen bastantes contradicciones respecto a las diferencias de género en relación al proceso cognitivo de rotación mental.

La investigación *Gender Differences in the Mental Rotations Test(MRT) Are Not Due to Task Complexity* desarrollada por Titze et al. (2008). Centra su atención en el estudio de la influencia de la complejidad de la tarea de rotación mental en el desempeño de hombres y mujeres. Para ello utilizaron dos versiones de tareas de rotación mental y contaron con la participación de 150 hombres y 150 mujeres.

Los estímulos utilizados en las pruebas fueron los desarrollados por Vandenberg en 1978, y consisten en la presentación de una figura base en 3D y cuatro figuras que se deben comparar con la figura base para determinar cuáles de ellas son iguales. Las pruebas se diferencian en primera medida en el tiempo asignado para dar respuesta a los estímulos, ya que en la prueba (a) se establece un tiempo límite de 6 minutos, mientras que en la prueba (b) no se establece tiempo límite; un segundo aspecto diferenciador es que en la prueba (a) es posible ver la totalidad de figuras presentadas en cada estímulo, es decir, la figura base y las cuatro figuras a comparar, mientras que en la prueba (b) solo se observa la figura base y se van descubriendo una a una las figuras para realizar la comparación.

Este estudio considero dos variables independientes: el género y la prueba (a) y (b) y una variable dependiente: el número de respuestas correctas.

Los resultados sugieren mejor desempeño en la prueba en la que no hay límite de tiempo, con un promedio de 20 problemas resueltos en la prueba sin límite de tiempo, frente a 12 en las pruebas en las que se establece límite. También encontraron que tanto en la prueba (a) como en la prueba (b) los hombres solucionan en promedio dos problemas más que las mujeres.

La manipulación de la complejidad de la tarea , sin embargo , no afectó el tamaño de la diferencia de género en absoluto. Esta conclusión se apoya en el poder de 96 ° o para detectar un efecto de la complejidad Titze et al. (2008)

En este sentido concluyen que la complejidad de la tarea de rotación no afecta las diferencias de género que se detallan en estudios anteriores, por lo que se hace necesario la inclusión de otros factores en las tareas de rotación mental que permitan identificar la naturaleza de dichas diferencias.

Otros estudios sugieren que las diferencias de género durante el desarrollo de tareas de rotación mental pueden relacionarse con diferencias morfológicas en los lóbulos cerebrales o con influencias hormonales durante el periodo de la pubertad.

En la investigación llevada a cabo Tim Koscik et al. (2009) titulada *Sex Differences in Parietal Lobe Morphology: Relationship to Mental Rotation Performance* se consideran las diferencias morfológicas en lóbulo parietal relacionadas con el desempeño en tareas de rotación mental. En este estudio participaron 38 hombres y 38 mujeres, seleccionados por un asistente de investigación con experiencia, de tal forma que los dos grupos fueran equivalentes en edad, años de escolaridad, nivel socioeconómico de los padres, CI verbal (CIV), CI escala completa y IQ rendimiento. Se obtuvieron las medidas IQ utilizando

Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos (WAIS-R). Sumado a lo anterior, se realizó una entrevista para evaluar los antecedentes médicos y psiquiátricos utilizando la Evaluación global de síntomas e Historia (CASH) (Andreasen, Flaum, y Arndt, 1992). Las imágenes de resonancia magnética funcional se obtuvieron por medio de un Tesla GE Signa MR escáner 1.5. El Procesamiento de las imágenes se realizó utilizando una familia de los programas de software desarrollados localmente llamados BRAINS2.

Debido a que este estudio se centra en las diferencias morfológicas en el lóbulo parietal, fue necesario tomar medidas del volumen cerebral; estas se obtuvieron de forma automatizada por medio de técnicas estereotacticas, dividiendo el cerebro en sus cuatro lóbulos, separando el tejido cerebral y el líquido cefalorraquídeo, y el cerebro del cerebelo.

Para el ejercicio de rotación mental se utilizó el test MRT desarrollado por Shepard and Metzler (1971). La prueba utiliza representaciones en 2 dimensiones de objetos en 3D – en total 20 representaciones - que se presentan de forma individual a la izquierda de una pantalla y en seguida cuatro figuras presentadas a la derecha; se pide a los participantes identificar entre las cuatro opciones, dos formas que sean iguales a la presentada inicialmente, para desarrollar el test contaron con un tiempo total de 10 minutos.

En el desarrollo de la investigación se realizaron correlaciones entre las medidas del volumen cerebral y el porcentaje de respuestas correctas en el test MRT, esto con el fin de probar la hipótesis de que el rendimiento en tareas de rotación mental está relacionado directamente con la estructura del lóbulo parietal en cada género. Los resultados muestran diferencias significativas, entre hombres y mujeres, en el desempeño en el Test MRT. Los hombres tuvieron mayor porcentaje de respuestas correctas en comparación con las mujeres.

Además, el estudio encontró correlación entre las medidas del lóbulo parietal y el

porcentaje de respuestas correctas en el test: Las correlaciones fueron significativamente diferentes entre hombres y mujeres para la superficie parietal izquierda.

Este estudio aporta una nueva perspectiva en las diferencias de género relacionadas con el desarrollo de tareas de rotación mental, en tanto en él se afirma que existen diferencias morfológicas regionales entre los cerebros masculino y femenino, particularmente en el lóbulo parietal:

[...]Estas correlaciones fueron significativamente negativo o al menos en la dirección negativa en las mujeres y significativamente positivo o al menos en la dirección positiva en los hombres . Estas diferencias se relacionan con directamente con el Desempeño que tiene cada género en las tareas de rotación mental; en ese sentido se afirma que: Las mujeres tuvieron una proporción mayor volumen de GM en el lóbulo parietal en comparación con los hombres, y esta diferencia morfológica era una desventaja para las mujeres en términos de rendimiento en el MRT. En contraste, se encontró que los hombres en comparación con las mujeres tenían proporcionalmente mayor área de superficie lóbulo parietal, y esta diferencia morfológica se asoció con una ventaja de rendimiento para los hombres en rotación mental.

Por otra parte Roberts (1998). En su trabajo de tesis *Sex differences on a mental rotation task: Variations in hemispheric activation between children and college students* propone medir EEG durante la ejecución de tareas de rotación mental en dos grupos de hombres y mujeres: niños y niñas de 8 años y estudiantes universitarios con el propósito de analizar los efectos del sexo y la edad sobre la capacidad de rotación mental; en este trabajo la hipótesis principal es que habrá diferencias en la activación cerebral entre los hombres y mujeres universitarios, mientras que en los niños y niñas no habrá.

En el estudio participaron 10 niños y 9 niñas de 8 años de edad, y 20 estudiantes

universitarios, 10 hombres y 10 mujeres. Con el fin de asegurar que la activación del lóbulo parietal derecho era resultado de la ejecución de la tarea de rotación mental, y no solo la activación relacionada con la cognición en general, los participantes también fueron probados en una tarea de lectura verbal.

El ejercicio de rotación mental consistió en la presentación de una figura (hombre de pan de jengibre) en la parte superior de la pantalla de un computador, junto con otras dos figuras, una de las cuales coincidía con la original; se pidió a los participantes hacer coincidir la figura original con una de las dos opciones que se presentaban. La figura original se presentó siempre en posición vertical, mientras que las otras dos figuras se presentaron con giros de 90° y 180° hacia la derecha o hacia la izquierda. Se presentaron 32 ensayos en total debido a que datos de estudios anteriores han demostrado que después de 30 o 40 ensayos la tarea se convierte en un ejercicio de memoria en lugar de ser de rotación mental (Epting et al, 1996; y Epting Overman, 1998).

Los resultados de la prueba indican que los hombres universitarios tuvieron un mejor desempeño que las mujeres universitarias, pero solamente en la condición en la que se involucra el ángulo de rotación de 180° ; en comparación con estos resultados, no se encontraron diferencias entre los niños y niñas de 8 años de edad en ninguna condición. Además no se encontraron diferencias en relación al número de respuestas correctas en ninguno de los dos grupos. Según el estudio estos datos apoyan la hipótesis de que algún proceso se produce entre la niñez y la edad adulta que hace que las diferencias de género emerjan durante el desarrollo de tareas de rotación mental.

Otro resultado interesante de este estudio es que en todas las regiones hubo un efecto diferenciador relacionado con la edad, los estudiantes universitarios presentan valores de potencia del EEG inferiores a los de los niños. Del mismo modo en todas las regiones hubo

un efecto diferenciador relacionado con el género, los hombres universitarios presentan menor potencia en los valores EEG que las mujeres universitarias. En contraste los niños y las niñas no mostraron valores de potencia diferentes.

Otra investigación que se toma como antecedente para este estudio es *A New Set of Three-Dimensional Shapes for Investigating Mental Rotation Processes: Validation Data and Stimulus Set* realizada por Ganis and Kievit (2015). Este estudio muestra un conjunto de 384 estímulos de rotación mental basados en el test desarrollado por Shepard and Metzler (1971) validados con 54 estudiantes de psicología.

Estos estímulos tienen en cuenta profundidad y sombras, se presentan en pares de figuras tridimensionales con tres tipos de posicionamiento diferente en relación al ángulo de rotación. En cada estímulo, los participantes deben rotar el objeto de la izquierda hasta que quede alineado con el de la derecha de tal forma que sea posible determinar si son iguales o no. Los estímulos fueron diseñados en Bryce 3D, con fondo negro y objetos blancos, se utilizaron específicamente los ángulos 50° , 100° y 150° ya que representan de manera general el comportamiento seguido en los estudios de rotación mental que incluyen más variedad en relación a los ángulos.

Estas disparidades angulares reflejan la mayor parte de la gama de comportamiento normalmente se utilizan en los estudios de rotación mental sin causar significativa auto-oclusión en cualquiera de las orientaciones. El objetivo de este estudio fue validar un nuevo conjunto de estímulos basados en estudios anteriores, y que posibilitará el desarrollo de futuros estudios de procesos de rotación mental, para ello utilizaron 96 estímulos de los 384 creados. Se realizó un entrenamiento en el que se incluían las instrucciones de las tareas de rotación, ejemplos y ensayo de los ejercicios en las mismas condiciones en las que se llevó a cabo el experimento. Al igual que en el experimento de Shepard y Metzler se

encontró que los tiempos de respuesta aumentan conforme aumenta el ángulo de rotación de la figura y así mismo aumenta la tasa de error.

Este estudio es fundamental, ya que aporta un nuevo conjunto de estímulos validados y mejorados en relación a la profundidad y a las sombras, sin que haya un cambio sustancial en la naturaleza de los estímulos originales desarrollados Shepard y Metzler. Este estudio nos ofrece las bases para el diseño y desarrollo de la batería de estímulos que harán parte de esta investigación.

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Cerebro

El cerebro en conjunto con el cerebelo y el tronco encefálico conforman el encéfalo, el cual está contenido en el cráneo y es la parte con más volumen del Sistema Nervioso Central (SNC), éste último conformado además por la médula espinal, la cual está protegida por la columna, y se complementa con un circuito de nervios encargados de la comunicación con el encéfalo. (Fig. 3.1).

Ahora bien el tallo cerebral se considera la parte más antigua del encéfalo en términos de evolución, sirve para la conexión entre el cerebelo, médula espinal y el córtex cerebral, y es el encargado de las funciones autónomas tales como el ritmo cardíaco, la respiración y los reflejos del mismo modo el cerebelo está a cargo de las funciones y movimientos voluntarios así como del equilibrio.

El cerebro ha sido definido como la parte más evolucionada del SNC; allí residen las funciones concientes; es importante mencionar que está conformado por dos hemisferios (derecho e izquierdo), unidos por el cuerpo calloso, el cerebro en su interior o en las capas

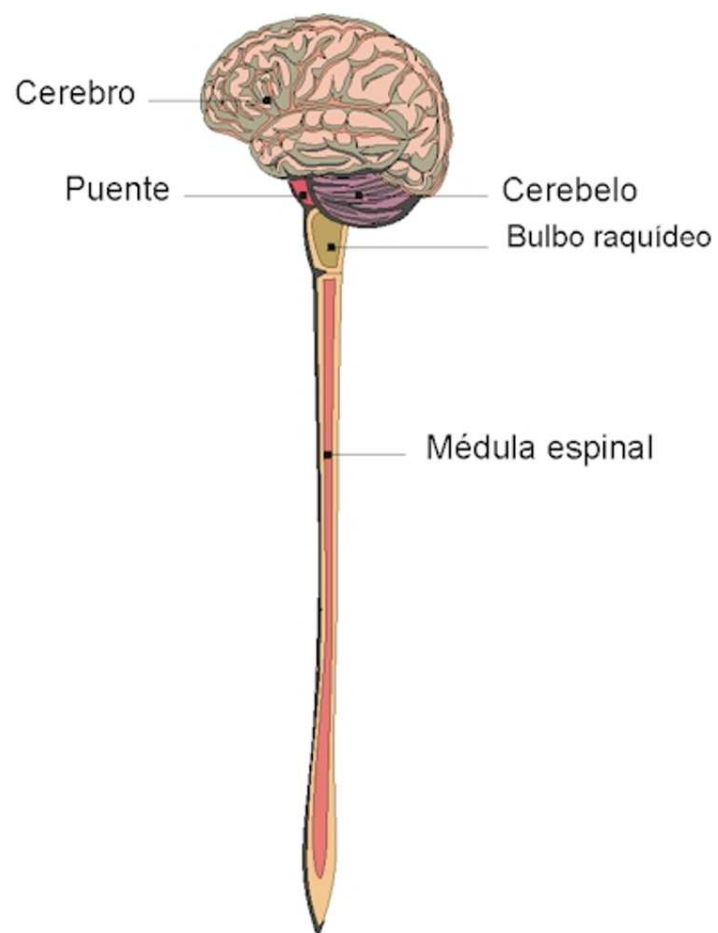


Figura 3.1: Imagen muestra las partes del *éncéfalo*. Imagen tomada de: la lupa3 (2016)

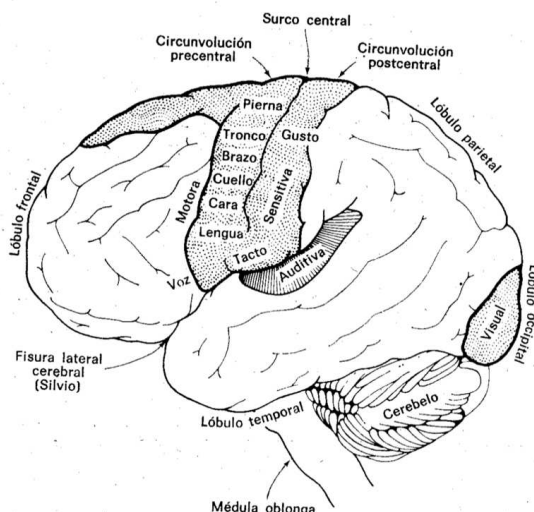


Figura 3.2: Corteza cerebral y sus partes. Imagen tomada de:cismedica (2016)

más profundas se encuentra constituido por axones y los núcleos de las células neuronales. Alcala (2013), establece que la parte más importante del encéfalo es la *corteza cerebral*, dónde se encuentran aproximadamente el 70 % de la neuronas además se encontrarán los denominados surcos que sirven de división entre la corteza y los lóbulos.(Fig. 3.2).

Alcala (2013) Define que hay zonas específicas o entradas sensoriales las cuales se conectan a la corteza cerebral, allí regiones específicas se encargan de tareas o funciones puntuales, por ejemplo la percepción y recepción e información, otras relacionadas con el dolor; a esta distribución de áreas especializadas para el desarrollo de tareas se le conoce como homúnculos y que se dividen en parte motora y sensitiva. (Fig. 3.3).

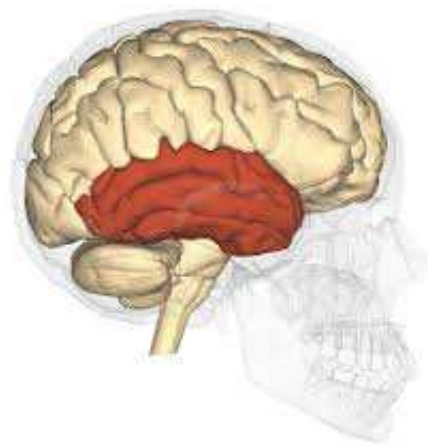
El cerebro además se constituye de manera simétrica por cuatro lóbulos ver: (Tab. 3.1), dicha distribución está relacionada con los huesos del craneo encargados de cubrir y proteger cada zona; de igual manera el lóbulo parietal y frontal presentan una división generada por el surco central (Fig. 3.4).

Tabla 3.1: Funciones zonas del cerebro

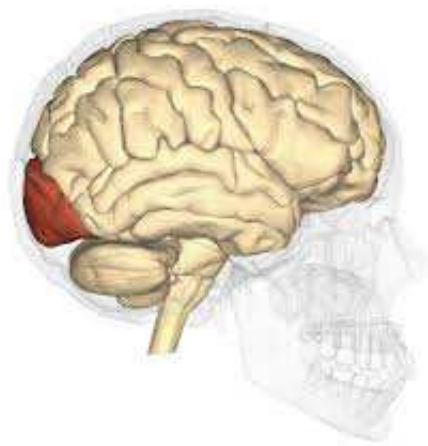
Lóbulo	Función
Frontal	Capacidades motoras y de movimiento.
	razonamiento y resolución de problemas.
	Lenguaje y emociones.
Parietal	Percepciones sensorial externa como manos y pies.
Occipital	Recepción información visual.
	Reconocimiento palabras.
	Reconocimiento rostros.
Temporal	Tareas visuales complejas.
	Audición, equilibrio y coordinación.



(a) Lobulo frontal



(b) lobulo temporal



(c) lobulo occipital



(d) Lobulo parietal

Figura 3.4: imágenes Lóbulos del cerebro . Imagenes tomadas de: lifeder (2016)

de esta, dado que se mide la actividad eléctrica neural, sin embargo depende de las capas celulares que componen la corteza cerebral. (Fig. 3.5).

1. capa molecular
2. capa externa de celular granulares (receptora)
3. capa piramidal externa (afectora)
4. capa granular interna (receptora)
5. capa piramidal interna (receptora)
6. capa multiforme (celulas polimorficas)

la actividad electrica cerebral depende de dos componentes los PPSE entendidos como los potenciales postsnapticos excitadores y los PPSI potenciales postsinapticos inhibidores, menciona el autor que al sumarse entre si dan origen a las ondas que el equipo EEG puede registrar, esta señal es definida por Alcala (2013) cómo generador.

Existen tres tipos de generadores: el generador *A* el cual es el más superficial y genera ondas negativas, generador *b* el cual se encuentra a una profundidad de 900 micras o 0.9 milímetros y el cual genera ondas positivas, finalmente el generador *c* ubicado a la misma profundidad del *b*, pero que determina ondas negativas sobre la superficie cortical y que se produce como resultado de la hiperpolarización de las celulas.

Para Alcala (2013) este registro de señales se lleva a cabo de haciendo un posicionamiento de electrodos la siguiente manera:

1. Sobre el cuero cabelludo
2. Base del craneo

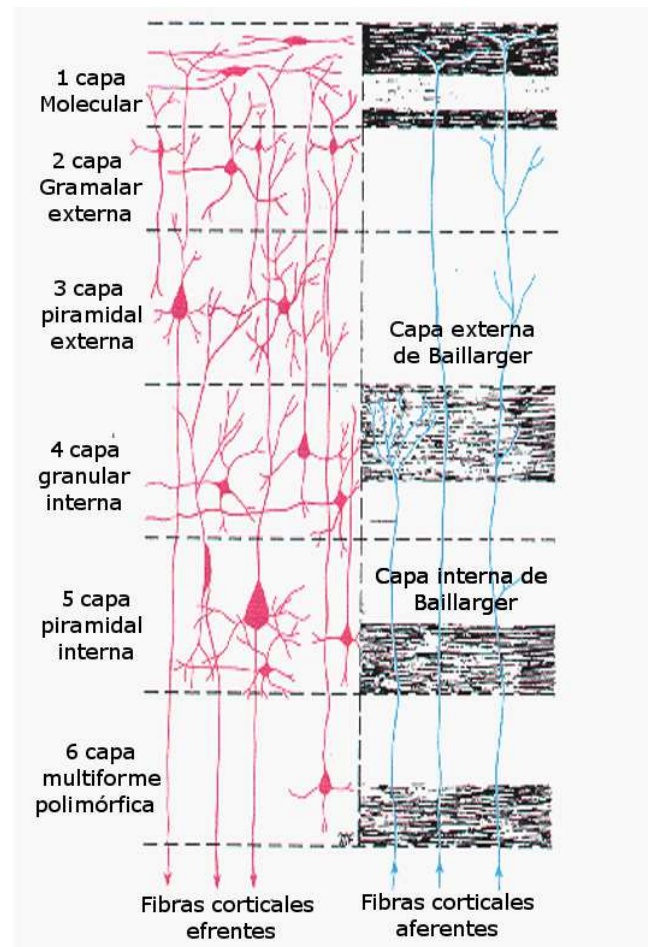


Figura 3.5: Imagen capas corteza cerebral. Imagen tomada y adaptada de: Arg (2016)

3. Cerebro expuesto

4. Localización cerebrales profundas

Para la presente investigación se hace uso de electrodos superficiales de oro adheridos con pasta conductora.

3.3. EEG

El sistema de EEG como lo menciona Oostenveld and Praamstra (2001) , fue introducido en el congreso de 1947 celebrado en la ciudad de Londres. Esta técnica definida como “el método estándar de colocación de los electrodos utilizados en electroencefalografía (EEG) ” o por siglas en inglés “method of placement of electrodes used in electroencephalography”, requirió de un sistema único que permitiera establecer métodos estándares para la ubicación de los mismos, de allí en 1958 que Jasper definiera el sistema 10+-20 con el cual se rigen todos los sistemas EEG.

Este método también es aplicado ambientes no solo médicos si no también en estudios experimentales de tipo académico, por ello su utilidad para la presente investigación, en 1885 gracias a Chatrian et al. (1985) citado en Oostenveld and Praamstra (2001). El sistema fue ampliado y es aceptado por varias instituciones a nivel mundial y sin embargo este varía según los números de canales y electrodos que posea el equipo, en el caso de esta investigación se hace uso de un equipo con veinte (20) electrodos.

para el correcto uso y validación de este sistema de manera valida es necesario conocer el método de posicionamiento de los electrodos del 10+/-10, esta distribución se realiza teniendo en cuenta el número de electrodos disponibles para el sistema, continuación se hará referencia por medio de las imágenes del sistema que se mencionan Oostenveld and

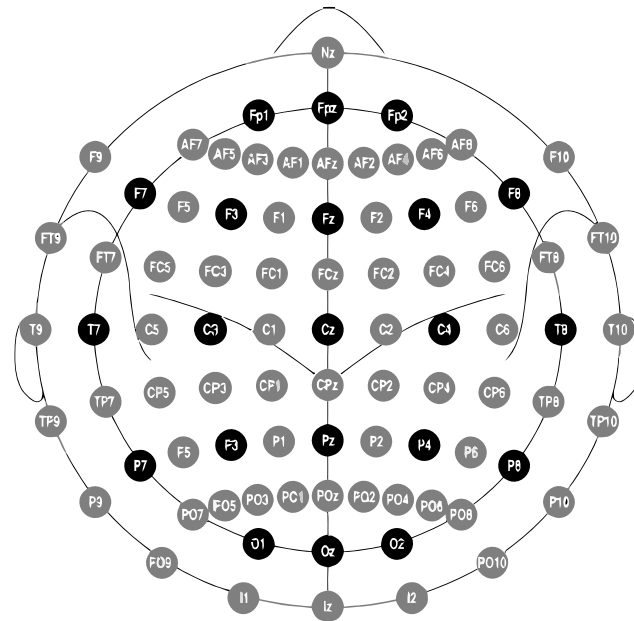


Figura 3.6: El color negro son los puntos de referencia original del sistema de ubicación 10-+20, estos son los puntos base de referencia es decir cuando se cuenta con la menor cantidad de electrodos se deben ubicar en estos puntos específicamente, los puntos grises indican la extensión que se dio con el sistema 10+-10. Imagen tomada de: Oostenveld and Praamstra (2001)

Praamstra (2001) (Fig. 3.6).

El posicionamiento de los electrodos se realiza según el sistema 10-+20, para el cual se establece el siguiente procedimiento:

1. Se mide la distancia entre nasión e inión (se debe pasar por vertex)
2. Desde inion se debe calcular el 30° del total de la distancia allí queda ubicado Pz.
3. Desde nasion se calcula el 10° allí se debe ubicar el electrodo de referencia.

(Fig. 3.9).

Es importante mencionar que frente al uso del Sistema EEG en medición de procesos de rotación mental debemos referir a Bhattacharya et al. (2001) establece los siguientes puntos de referencia u objetivos para llevar acabo el trabajo investigativo, el primero de

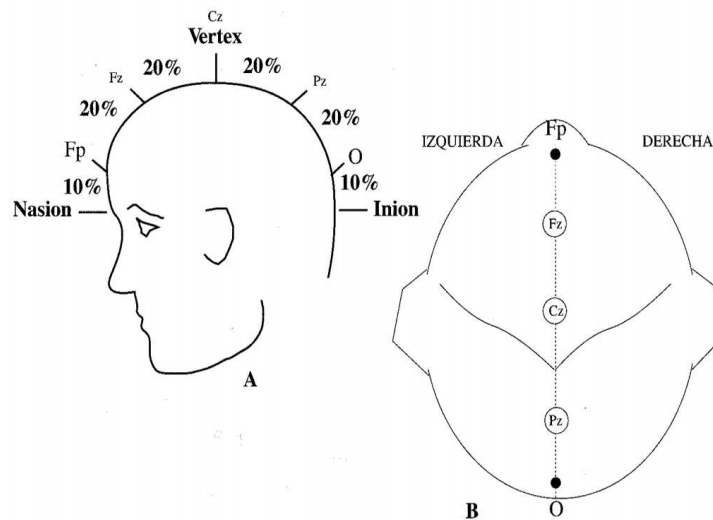


Figura 3.9: Imagen tomada de: Alcalá (2013)

ellos tiene que ver con estudiar los patrones de sincronización con el sistema EEG durante el desarrollo de la tarea de test de rotación de mental de Metzler and Shepard (1974), para este experimento se hizo el registro de señales en EEG en doce sujetos, en fase de rotación mental y de reposo. En este estudio se encontró que hay una evidencia de señales en la fase de rotación mental en el área parietal.

Frente a la relación que existe entre rotación mental y los estudio EEG Bhattacharya et al. (2001) menciona que la rotación mental es un concepto que se ha discutido ampliamente que sugiere un proceso análogo relacionado a tareas cognitivas que involucran aspectos visuo espaciales, como principio siempre se estableció que la tarea de rotación está basada en un proceso de discriminación entre imágenes e imágenes tipo espejo en figuras de 3D o 2D, se ha logrado establecer que se requiere una mayor tiempo de resolución a medida que hay una mayor rotación o disparidad entre las imágenes.

Sin embargo frente al estudio de reacciones neuronales que han realizado analizando imágenes del cerebro se ha logrado establecer que la principal zona de activación está relacionada ala área parietal, en ocasiones se involucra área motoras y pre motores.

Estos resultados señalan que al igual que otros procesos complejos cognitivos se desarrollan a la par una serie de procesos que funcionan de manera sincrónica, para el estudio se establecen las siguientes características. El proceso de rotación mental está configurado principalmente por tres fases o pasos, el primero la percepción visual del objeto, el segundo el proceso cognitivo de rotación mental y el tercero la decisión de si las imágenes son iguales o no.

Frente al primer proceso se logra identificar que hay una activación significativa en el lóbulo occipital en la corteza, teniendo en cuenta que esta zona se ha definido como la zona del procesamiento visual, para la tarea de rotación mental es significativo la activación de la corteza parietal principalmente en el sector derecho superior, y se encuentra un proceso relacionado con la corteza pre frontal que se puede asignar al proceso de la decisión.

3.4. Ondas cerebrales

Existen diferentes frecuencias eléctricas que se asocian a diferentes acciones y etapas de la conciencia, según estas acciones las frecuencias más utilizadas son delta δ , θ , β , α , γ .

3.4.1. Ondas Gama

Las ondas gama están en un rango de frecuencia de 31 Hz hacia arriba; estas ondas son las más rápidas del cerebro y generalmente se asocian a procesos cognitivos superiores, ya que se reflejan cuando hay mayor actividad mental *[...] pueden incluir destellos de brillantez y explosiones repentinas de percepciones/intuiciones y momentos de extrema atención y concentración.* Muñoz and Nureibis (2014). (Fig. 3.10).



Figura 3.10: Ondas Gama. Imagen tomada de: Antroporama (2016)

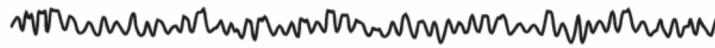


Figura 3.11: Ondas Beta. Imagen tomada de: droids (2016)

3.4.2. Ondas Beta

Las ondas Beta están en un rango de frecuencia de 12 y 30 Hz, y a su vez están divididas en $\beta 1$ ondas beta bajas (13,5 a 17 Hz), $\beta 2$ ondas beta (17,5 a 21 Hz) y $\beta 3$ ondas beta altas (21,5 a 30 Hz). Hay un aumento de la actividad beta al resolver una tarea matemática. *Son ondas pequeñas y rápidas, asociadas con la concentración y a actividades mentales intensas.* Muñoz and Nureibis (2014) (Fig. 3.11).

3.4.3. Ondas Alfa

Las ondas alfa están en un rango de 7.5 a la 12 Hz, son las más lentas y están asociadas con la relajación y poca actividad mental. Aumenta la amplitud de estas ondas al cerrar los ojos y disminuye durante la atención visual. (Fig. 3.12).



Figura 3.12: Ondas Alfa. Imagen tomada de: droids (2016)



Figura 3.13: Ondas Theta. Imagen tomada de: droiders (2016)



Figura 3.14: Ondas delta. Imagen tomada de: droiders (2016)

3.4.4. Ondas Theta

Las ondas theta están en un rango de 3,5 hasta 7,5 Hz, se asocian a la meditación y a la condición de soñar despierto; las ondas theta muy bajas se asocian a un estado entre despierto y dormido de una persona. Altos niveles de ondas theta son consideradas anormales en adultos, y esta, por ejemplo, muy relacionada con AD/AH (*Déficit de Atención e Hiperactividad*) Heinrich et al. (2007) (Fig. 3.13).

3.4.5. Ondas delta

Las ondas delta están en el rango de 0.5 y 3.5 Hz, se presenta en estados de sueño profundo. *Una gran cantidad de actividad delta en adultos despiertos es anormal y se relaciona con enfermedades neurológicas. Este tipo de ondas no son útiles en los sistemas BCI.* (Fig. 3.14).

Para este estudio se tomaran las ondas Beta ya que se asocian a procesos de solución de problemas y estados de concentración; además estudios como los desarrollados por Bhattacharya et al. (2001) también relacionados con la rotación mental se toman este tipo de ondas. (Fig. 3.15).



Figura 3.15: Lóbulo Parietal. Imagen tomada de: lifeder (2016)

3.5. Lobulo Parietal

Para el presente estudio es primordial definir las áreas cerebrales que serán objeto de observación. El lóbulo parietal o corteza parietal constituye cerca de un quinto de la corteza cerebral, en ella logramos distinguir las siguientes áreas (éstas áreas son referenciadas de acuerdo a las áreas de Brodmann).

Basados en las experimentaciones que realizaron haciendo uso del FMRI es importante identificar los siguientes aspectos. El lóbulo parietal especialmente en su áreas 7 y 8 están ubicadas en el área cortical según son las involucradas en determinar la posición de un objeto respecto del observador, segundo los sistemas de medición cerebral permiten establecer la actividad de procesos cognitivos haciendo mediciones neuronales como la rotación mental.

Adicionalmente se encuentran cinco regiones funcionales:

Tabla 3.2: Áreas de Brodman

Regiones	Áreas de Brodmann
Giro postcentral	1,2 y 3
Lóbulo parietal superior	5 y 7
Giro supramarginal	40
Giro angular	43, 30,31 y 39

Somato sensorial primaria. Esta área tiene relación directa con el cuerpo y está relacionada con las funciones táctiles.

somato sensorial secundaria.

gustativa: relacionada con la lengua y todas las funciones gustativas.

Área asociación: (área 5 de Brodmann) es un componente fundamental para la dirigir los movimientos dado que se conecta con la somato- sensorial y proporciona información sobre la ubicación de los miembros en el cuerpo.

Área asociación: (área 7,39,40 de Brodmann) reciben la información tipo Input, (visuales, aditivos y óculo motores), en la parte derecha se asocia la información espacial en la izquierda los relacionados con la gramática y la lectura, relacionada directamente con el conocimiento del cuerpo y todos los objetos que lo rodean, permite establecer un orden y secuencia en el desarrollo de actividades. (Fig. 3.16) ver (Tab. 3.3).

Para la presente investigación se ha definido como área de referencia el lóbulo parietal superior, dado que los estudios han demostrado que en esta zona se lleva a cabo procesos como la discriminación visual, procesamiento visuo espacial, y las funciones relacionadas a la percepción del espacio y propioceptiva.

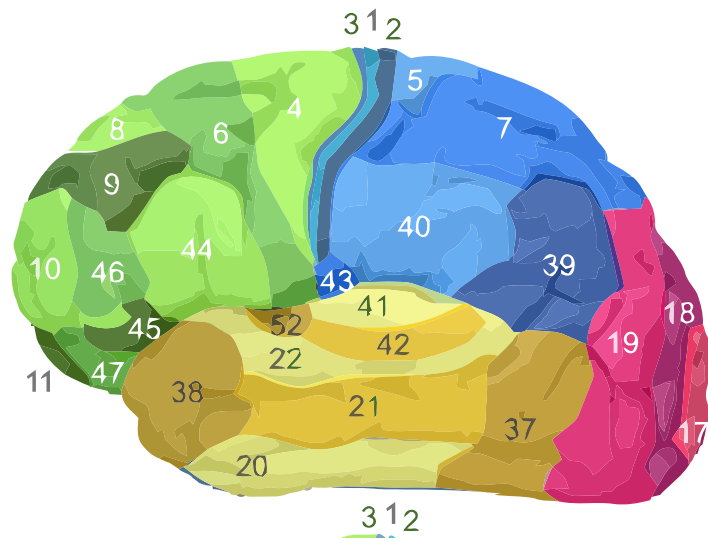


Figura 3.16: áreas de brodman. Imagen tomada de: ferran (2016)

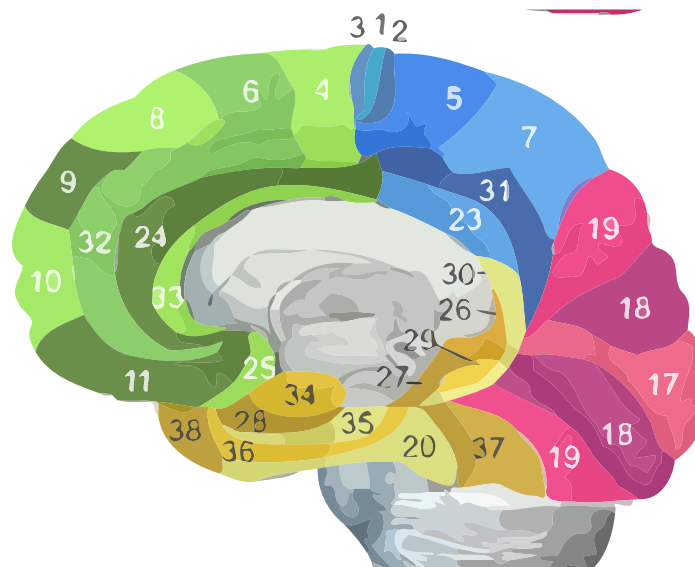


Figura 3.17: áreas de brodman. Imagen tomada de: ferran (2016)

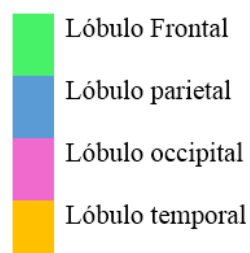


Figura 3.18: áreas de brodman. Imagen tomada de: ferran (2016)

Tabla 3.3: Las áreas de Brodmann en el lóbulo parietal

Área	Funciones
1,2,y 3	Esta área se encarga de la recepción de todos los estímulos táctiles, musculares y de las articulaciones de una parte del cuerpo.
5 y 7	Encargada de funciones como los movimientos voluntarios, orientados a la integración de estímulos visuales. Esta área esta asociada directamente con los procesamiento y percepciones visuo espaciales, se relaciona con la rotación mental.
30 y 31	Esta área se encarga de la discriminación visual, al igual que entra en contacto con las funciones de la memoria como la topográfica
39	Permite el procesamiento de componentes visuo espaciales. Discriminación espacial, integra las funciones táctiles, espaciales y propioceptiva.
40 / 41	También permite procesa respuestas al movimiento visual

3.6. Imagen Mental

La imaginería mental es un término que tiene diferentes interpretaciones dependiendo de la perspectiva que se adopte para su estudio. Uno de los principales investigadores sobre este tema Stephen Kosslyn la define como *“la presencia de una representación mental mientras el estímulo no está siendo percibido, esta fue creada durante la fase de percepción, tiene las características del estímulo y dan la experiencia subjetiva de percepción”* Moulton and Kosslyn (2009). Sin embargo existen planteamientos que afirman que la creación de una representación mental, no parte necesariamente de un estímulo sensorial previo, en este sentido, es posible considerar que las imágenes mentales sean resultado del funcionamiento mental que se da durante el desarrollo de algún proceso cognitivo.

Martínez (2014) Define el concepto como *las representaciones mentales que dan la experiencia de percepción sin la presencia de un estímulo sensorial aferente, por lo cual podemos considerarlo un fenómeno subjetivo*, también establece que es un término que genera controversia en el sentido que son varios los autores que lo definen como representación que surgen de una funcionalidad mental sin que sea necesario una estimulación sensorial.

De allí que la autora formule que los estudios de imaginería se basan en los sistemas aferentes somáticos(entendida como un input o entrada por donde se recibe y percibe información esta relacionado con las neuronas encargadas de los estímulos tales como el tacto, la presión, la temperatura y el dolor), como lo son el visual, auditivo motor y auditivo. Así mismo se establece que las imágenes mentales provienen o aparecen como una medio en que el cerebro percibe y genera un sistema de recordación de la información que recibe, de tal manera que la imaginería mental se entendería como un rastro o sello que las aferencias dejan registradas en el sistema nervioso.

Acorde con Martínez (2014) la imaginería puede afectar o influir en otras actividades cognitivas, la memoria por ejemplo, partiendo de la premisa que el cerebro como órgano tiene funcionalidades como las de almacenamiento de información la cual debe ser decodificada para ser almacenada, y posteriormente recuperada para su uso, en este proceso se requiere de imágenes mentales que permitan asociar la información almacenada ya sea con elementos visuales o auditivos. del mismo modo se considera que influye en un proceso conocido como fenómeno computacional Martínez (2014) establece que la imaginería se hace presente cuando se intenta responder a la pregunta "¿qué pasaría si...", allí el cerebro genera una serie de revisiones sobre experiencias pasadas, y genera una idea aproximada de lo que sucedería según la información almacenada. por último la denominada simulación mental, basados en el principio que al recobrar información y traerla a una zona de conciencia, es posible trabajar con ella en una o varias representaciones mentales, un ejemplo de esta función es cuando se relacionan dos relatos de un mismo hecho que provienen de personas diferentes, donde el cerebro construye información sobre los datos que tiene llegando a conclusiones o suposiciones, además se acompaña de los dos conceptos que Martínez (2014) ha definido como *simulación instrumental* basadas en reconstrucciones mentales a partir de experiencias narradas o vividas por terceros y *simulación por emulación* que corresponde a construir representaciones con base en una perspectiva propia permitiendo tener la sensación de recrear o revivir el momento.

El estudio de la Imaginería mental abarca no solo los estímulos visuales como generadores de imágenes mentales, sino que además considera el sistema olfativo, motor y auditivo como referentes que nos permiten crear una imagen del mundo en que vivimos. En consecuencia, *las representaciones mentales de las cosas del mundo son el resultado de un proceso cognitivo en que el sujeto percipiente, a partir de los datos sensoriales,*

proporcionados por los sentidos, elabora o construye una representación mental del objeto en la que operan sus propios expectativas, experiencias previas o conocimientos. Navarro (2008). Por lo anterior la imaginería estudia y diferencia la imaginería visual, imaginería auditiva, imaginería motora y táctil y la imaginería olfatoria y gustativa, y para cada una de ellas se reconocen zonas cerebrales implicadas en la creación de imágenes mentales.

3.6.1. Imaginería auditiva

Este concepto se asocia con la idea de escuchar melodías o sonidos internamente sin un referente externo. Algunos estudios relacionados con la imaginería musical han descrito que áreas alrededor de la corteza auditiva secundaria se activaron cuando se pidió a algunas personas imaginar un sonido. Así mismo observaron una activación en el área motora suplementaria y asociaron esta respuesta principalmente al uso de estrategias como el tarareo durante la generación de la imaginería. Matute, E. (2012).

3.6.2. Imaginería olfatoria y gustativa

La imaginería olfatoria parte de la experiencia de recordar un aroma y está acompañada del movimiento nasal que se realiza al olfatear; la imaginería gustativa es más difícil de evocar y son pocos los estudios que se han concentrado en su estudio, no obstante algunos de ellos han encontrado activación de la corteza gustativa primaria.

3.6.3. Imaginería visual

La imaginería mental visual se estudia desde dos perspectivas: una relacionada con la forma, color, textura y tamaño del objeto del cual se construye una imagen mental, y otra que considera el lugar y su ubicación. Cada perspectiva involucra procesos neurológicos

diferentes y zonas de activación cerebral distintas sobre las cuales se hará mención más adelante.

La imagería mental visual considera la formación de representaciones internas en ausencia de estímulos externos percibidos con anterioridad o contruidos a partir del uso de información almacenada en la memoria a largo plazo y aunque como resultado se obtiene una imagen mental de un objeto o escena de la realidad, algunos autores afirman además que a partir de las imágenes mentales se puede extraer información nueva, *información que no había sido codificada explícitamente mediante el análisis para volver a montar las imágenes visuales en nuevas formas* Finke (1989)

Desde la ciencia cognitiva se proponen dos teorías para el estudio de la imagería mental y los detalles de su organización interna; la primera de ellas se relaciona con la representación mental de objetos visuales y de escenas, considerando que todas las propiedades como tamaño, forma y distancia, entre otras, se mantienen invariantes durante el proceso imaginativo y corresponden en su totalidad a las del objeto percibido, esta representación es llamada analógica; y la segunda que afirma que las representaciones mentales creadas a partir de la imagería visual son de carácter proposicional. A continuación ampliaremos más estas dos concepciones.

Las representaciones analógicas *asumen una correspondencia directa o isomórfica entre las características y relaciones fundamentales del mundo representante y del mundo representado* Ortells and Tudela (1996), en ese sentido una representación analógica es una copia que contiene toda la información y las propiedades del objeto representado, no es de carácter abstracto y al ser una representación pictórica no se puede atribuir a ella un valor de verdad, es decir, no se puede decir que sea verdadera o falsa dicha representación.

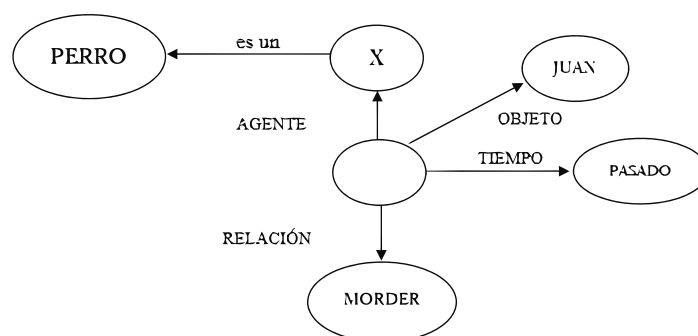


Figura 3.19: Imagen tomada de: Richardson and Barquero (2005).

Por su parte, dentro de las representaciones proposicionales, se debe definir el concepto de proposición entendido como *Una unidad de significado que refleja conceptos y relaciones entre conceptos, y que posee un carácter abstracto* Ortells and Tudela (1996), es decir, que una proposición puede expresarse de diversas maneras y en lenguajes diferentes sin que cambie con ello la definición del concepto, se usan símbolos formales que describen la imagen representada de una manera abstracta y además al establecerse relaciones de naturaleza abstracta cualquier concepto puede ser referido como una proposición, sin necesariamente ser pictóricos. Para entender con más claridad esta perspectiva tomamos un ejemplo de una representación proposicional de una escena “el perro mordió a Juan”

En el ejemplo anterior se realiza una representación de una situación, pero esta representación no tiene ningún parecido físico con la representación visual que de la situación se podría realizar.

Hasta este momento es evidente que el estudio de la imagería mental visual parte de la consideración de las representaciones mentales que no son más que imágenes creadas a partir de estímulos visuales o de la recuperación de información almacenada en la memoria de largo plazo de experiencias previas que nos permiten atribuir propiedades y significado al mundo que nos rodea y a nuestras propias experiencias; por lo anterior, a continuación se desarrollará el concepto de imagen mental

3.6.4. Perspectiva psicológica

Antes de definir el concepto de imagen mental dirijamos la atención a un ejemplo que permita proporcionar una idea básica sobre este concepto: Trate de imaginar un objeto o una serie de objetos que puede encontrar en una casa, ahora imagine los elementos que la componen, como ventanas, puertas o los enceres. Sin necesidad de tener una imagen física de la casa y de los objetos, el cerebro proporciona una imagen que le permite identificar los elementos que la componen, este proceso se le denomina imagen mental. En este sentido una imagen mental visual suele considerarse como *La experiencia consciente de “ver” algo en ausencia del input sensorial apropiado*. Ortells and Tudela (1996),

Autores como Wundt afirman que las imágenes mentales no pueden ser estudiadas dado que corresponden a una proyección interna que realiza el cerebro y que reside en él. Por su parte Pinker, (1984) argumenta que su estudio se dificulta debido a que son una impresión subjetiva pues depende de la percepción individual de cada sujeto y de las experiencias previas que hayan tenido. Por lo anterior, desde algunas teorías, se considera que no es posible averiguar nada acerca de las imágenes mentales de otras personas sobre la base de su conducta observable.

No obstante, estudios como los desarrollados por Galton (1880) analizan la calidad de las imágenes mentales de varios sujetos basados en lo que dicen, en su conducta verbal evidenciada a partir de preguntas específicas relacionadas con luminosidad, nitidez, colorido, distancias, entre otras cosas; otros estudios con imágenes mentales se han centrado en el tiempo que tardan las personas en crear una imagen de un objeto o una escena, y finalmente encontramos estudios en los que se analiza el tiempo que tarda una persona en decidir si dos objetos que se muestran son iguales o no, variando los ángulos de rotación del llamado objeto base.

Es importante resaltar que se ha considerado que las imágenes mentales son análogas o similares a las percepciones que se tiene cuando se observa el objeto directamente, de esta manera si alguien ve una imagen por ejemplo una foto de alguien y la foto está al revés lo primero que intentará será orientarla de manera correcta, para poder identificarla; de la misma manera actúa el cerebro con las imágenes mentales, si hay un objeto que se esté observando pero que no se identifica por su orientación, el cerebro procura orientarla de tal manera que logre identificar y relacionarla con la información que posee ya sea por una asociación con otro objeto, o por información que tiene almacenada.

Algunos estudios han demostrado que las imágenes mentales trascienden el plano de la reproducción precisa de propiedades de objetos como el tamaño, forma, orientación, etc, y que éstas involucran además componentes como la distancia Pinker and Kosslyn (1978) citados Dahir et al. (2005) *Imágenes mentales*. Hallaron que *el tiempo empleado en registrar mentalmente el espacio entre dos objetos en una escena memorizada aumenta en relación directa y lineal con la distancia real en el espacio tridimensional de los objetos*.

En este sentido las imágenes mentales se consideran como un modelo relativamente exacto de la información perceptiva en la que se basa, y por lo tanto sus propiedades funcionales se consideran importantes y productivas en una amplia serie de actividades cognitivas; es importante mencionar Schendan and Ganis (2013) quien establece que las imágenes mentales son fundamentales dado que sin ellas no se podrían llevar a cabo procesos como reactivar y relacionar objetos y escenas que han sido transformados en representaciones visuales y a partir de las cuales se crean, recrean y producen conocimiento.

Algunos estudios muestran paralelismos entre las imágenes mentales y la percepción visual, proporcionado así una perspectiva en la que se involucra la habilidad espacial.

3.6.5. Las imágenes mentales y su relación con habilidades espaciales

Autores como Linn and Petersen (1985) citados en Dahir et al. (2005). Imágenes mentales, han identificado distintos tipos de habilidad espacial:

Percepción espacial referida a la determinación de relaciones espaciales respecto a la posición de su propio cuerpo en el espacio.

Rotación Mental relacionada con el giro mental que se hace de imágenes 3D o 2D hasta que tengan una posición particular.

Visualización espacial en la que se contempla particularmente la solución de problemas relacionados con el manejo de información espacial.

Estas habilidades se han utilizado como indicador para determinar las diferencias en las habilidades espaciales entre hombres y mujeres a través de test, siendo la percepción espacial y la rotación mental una de las habilidades en la que los hombres superan a las mujeres, mientras que en la habilidad de visualización hay resultados poco concluyentes por su variabilidad y por ser estadísticamente no significativos.

No obstante, para ampliar la visión de la relación que existe entre las imágenes mentales y las habilidades espaciales, desarrollaremos más su conceptualización desde la perspectiva geométrica.

3.6.6. Habilidad espacial

Dentro del pensamiento geométrico, particularmente en procesos de visualización, se entienden las imágenes mentales como las representaciones mentales que las personas podemos hacer de objetos físicos, relaciones, conceptos, etc. Presmeg (1986) ha encontrado diferentes tipos de imágenes mentales: *Imágenes concretas pictóricas*, *Imágenes de*

fórmulas, Imágenes de Patrones, Imágenes cinéticas, Imágenes Dinámicas.

De igual forma se puede afirmar que dentro de la habilidad espacial, la visualización implica mucho más que ver o percibir un objeto de forma inmediata en cualquier contexto, se trata de construir una representación que, aún en ausencia del objeto, proporcione información acerca de sus características y propiedades, en este sentido investigadores como Encarnación Castro y Enrique Castro han definido la visualización como:

“el término visualización se emplea, por lo general, con referencia a figuras o representaciones pictóricas ya sean éstas externas o internas, es decir, sobre soporte material (papel, pantalla, etc.) o en la mente. Se aprecia así que en la idea de visualización aparecen dos facetas básicas complementarias, una externa a los sujetos (con soporte material) y otra interna a los mismos sujetos (imagen mental). La noción de visualización o pensamiento visual está fuertemente ligada a la capacidad para la formación de imágenes mentales. Lo que caracteriza a una imagen mental es hacer posible la evocación de un objeto sin que él mismo esté directamente presente”.

Por su parte Cantoral, Ponce (1987) expresa que *“se entiende por visualización la habilidad para representar, transformar, generar, comunicar, documentar y reflejar información visual. En este sentido se trata de un proceso mental muy usado en distintas áreas del conocimiento matemático y, más generalmente, científico”.*

En general la visualización está relacionada no solo con la correspondencia entre una imagen mental con objetos reales, sino que además involucra las representaciones internas y externas de dichos objetos, la habilidad para interpretarlos y transformarlos en diferentes contextos, la habilidad para construirlos teniendo en cuenta reglas y propiedades fundamentales y la traducción de dichas propiedades a un registro escrito o de lenguaje natural.

Desde esta perspectiva la visualización requiere de destrezas relacionadas con la percepción de representaciones externas de los objetos geométricos (externo) y del procesamiento de imágenes mentales (Interno).

Algunos autores reconocen dentro del proceso de visualización algunas actividades fundamentales, ellas son: Coordinar e integrar vistas, Rotar un objeto tridimensional en el espacio, Plegar y desplegar desarrollos de objetos tridimensionales, Componer y descomponer en partes un objeto tridimensional.

Teniendo en cuenta estas cuatro actividades, se infiere que la visualización de una figura geométrica no se trata solamente de la percepción de su forma, además implica la consideración de un conjunto de propiedades y relaciones que lleven a la expresión de su definición mediante diferentes tipos de registro y en contextos particulares.

Al retomar las ideas anteriormente descritas es posible establecer una relación entre el planteamiento que desde la psicología se desarrolla en relación a la imágenes mentales y lo que se desarrolla a partir de los preceptos teóricos propios de la geometría, al considerar desde las dos perspectivas las imágenes mentales como representaciones mentales que se hacen de objetos físicos y escenas de la realidad, que son susceptibles a manipulaciones y diversas transformaciones y que por su naturaleza dan cabida a la construcción y reconstrucción de nuevos conocimientos. Desde este mismo punto de vista, se retoma la idea de rotación mental, pues desde ambas perspectivas se considera como una transformación o un proceso que se aplica sobre las imágenes mentales, y que actualmente es considerado como objeto de estudio e investigación.

3.7. Rotación Mental

Los primeros estudios de rotación mental se remontan a Shepard and Metzler (1971) el estudio consistía en presentar una serie de tarjetas en pares con imágenes en diferentes ángulos de rotación donde el sujeto debía determinar si estas imágenes eran iguales o no. El tiempo que una persona requiere para identificar o reconocer si una figura que se muestra con un ángulo de rotación es la misma que una imagen de referencia, el proceso se puede aplicar tanto a imágenes bidimensionales como tridimensionales.

Frente al proceso de rotación mental es importante establecer lo seres humanos tienen la capacidad de determinar que si dos imágenes representan el mismo objeto, el experimento de Shepard and Metzler (1971) se basó en medir los tiempos que un sujeto requiere para determinar si son o no iguales.

De la misma forma Parsons et al. (1995) donde relacionan la rotación mental con los procesos de imagen mental, aclarando que este proceso no se relacionaba con las áreas motoras del cerebro, en este proceso se hizo uso de diferentes condiciones la primera de ellas eran imágenes iguales que estaban rotados con base en su eje central, la segunda condición los objetos no estaban rotados, durante este experimento Fox y sus colaboradores plantearon que las tareas de rotación mental cuentan con áreas específicas del cerebro independientes de las motoras.

Sin embargo el concepto de rotación mental se ha construido desde diferentes perspectivas Tarr and Pinker (1989) establece que una de las preguntas que se debe formular al momento de hablar de rotación mental es cómo reconocemos los objetos a pesar de las diferencias en sus proyecciones en la retina y cuando estos se ven en diferentes orientaciones, para ello se remiten a las ideas de Marr and Nishihara (1978) establecen que las figuras, o formas residen en la memoria y en ella se conservan las condiciones estructurales

del objeto y se representa de manera idéntica al real sin importar su orientación.

De allí se considere la noción que las formas u objetos se guardan como un conjunto de representaciones independientes, una para cada orientación de tal manera que el cerebro realiza un proceso de clasificación y asociación donde a cada uno lo categoriza de manera independiente, del mismo modo se establece que existes diferentes maneras que el cerebro guarde dicha información, es decir la forma en que se representa, la posición en que se almacena y las características que se le asignas a dichas formas. Teniendo en cuenta esto se pueden establecer diferentes formas de reconocimiento y recuperación de la información para llevar a cabo la tarea de rotación mental.

Es así como los procesos de reconocimiento de objetos se pueden agrupar en tres categorías la primera corresponde a Pinker (como se citó en Tarr and Pinker (1989)) que establece que la forma del objeto tiene prioridad indiferentemente de su tamaño y orientación, la segunda los denominados single-view-plus-transformation models, esta teoría sugiere que el objeto se representa en una sola orientación desde la perspectiva que tuvo el sujeto que observo dicha forma, y por último se establece que el objeto se representa en un conjunto de representaciones y se busca las coincidencias con una categorías ya establecidas previamente y almacenadas por el cerebro.

En este punto es importante establecer cuáles son las evidencias de los procesos de rotación mental, para ello es importante remitirse a Cooper and Shepard (1973) y Metzler and Shepard (1974) “ [...]found several converging kinds of evidence suggesting the existence of an incremental or analog transformation process, which they called “mental rotation.” Ellos establecen la rotación mental bajo cuatro condiciones o características, la primera es que al presentar estímulos que involucraban una variedad de orientaciones los tiempos de análisis y reacción para identificar la similitud de los objetos aumentó,

la segunda cuando se suministra información al sujeto sobre el objeto y la orientación que tenía, permitiéndole prepararse para dicho estímulo, el tiempo que se tomaron para identificar el objeto se modificó, en tercer lugar al dar la explicación de cómo rotar las formas los tiempos para solucionar y encontrar la coincidencia fueron similares para las diferentes figuras y orientaciones. La cuarta característica al dar nuevas orientaciones incluidas rotaciones de más de 180° los tiempos fueron bimodales distribuidos. Esto le permitió establecer que la rotación mental es un proceso de transformación.

Para Theberge (2008) la rotación mental es un concepto fundamental al momento de hablar de representaciones espaciales en el cerebro, los estudios sobre este campo se basan en acciones de tipo comparativos donde se proyecta dos estímulos que son comparables es decir que tienen relación (imagen en espejo), procurando establecer si coinciden, teniendo en cuenta que estas pueden variar según orientación y rotación en sus ejes.

(Theberge (2008) Nos permite tener una perspectiva de los estudios clásicos de rotación mental debemos retomar el referente principal que es Shepard and Metzler (1971) , en este estudio que se llevó a cabo con adultos entre ocho y diez sesiones se les mostraron 1600 pares de imágenes en perspectiva, para esto se usaron dibujos de figuras con diferentes orientaciones , el experimento se basó en establecer si se trataba de la misma figura. Este proceso permitió argumentar por parte Shepard y Metzler, citado en Theberge (2008) que el proceso de rotación se ejecuta sobre una de las figuras.

“[...]that one of the paired objects is mentally rotated into congruence with the other in order to report a shape match or mismatch.[...]” Se establece de la misma manera que este proceso es análogo al que se llevaría a cabo si los objetos se presentaran de manera física es decir es un proceso análogo a la rotación de objetos reales, y se establece que los tiempos de respuesta aumentan de manera proporcional con el grado de rotación de las

formas que se muestran.

Es importante establecer que hasta este punto los procesos de rotación mental eran analizados en concordancia con tiempos de respuesta, frente al cambio de perspectiva en los estudios de rotación mental Cohen et al. (1996) menciona que los estudios sobre los mecanismo neurales que intervienen en los procesos de rotación mental no son tan amplios, la mayoría hasta la época se habían centrado en estudios asociados a los campos visuales y la percepción visual.

Sin embargo un estudio llevado a cabo por Deutsch et al. (1988) citado en Cohen et al. (1996) Quien realizo el escaneo con la técnica Xe-133 mientras se realizaban las tareas de rotación mental, encontró un flujo sanguíneo en el hemisferio derecho, y que se extiende desde el lóbulo frontal hasta el parietal, sin embargo este estudio no permitió establecer con la suficiente precisión características principales de la actividad neural durante las tareas de rotación mental.

Por ende para el actual proceso de investigación la rotación mental se tomara como : Proceso cognitivo que consiste en la construcción de una representación mental asociada a una figura u objeto, que cambia de posición respecto a alguno de sus ejes, ya sea horizontal o vertical, de tal forma que sea equiparable con un objeto o figura de referencia.

3.7.1. condiciones de la rotación mental

Dentro de los procesos de rotación mental que se utilizan para imaginar la posición de un objeto en el espacio existen dos posibilidades: imaginar el cambio de posición de uno mismo respecto al objeto o bien imaginar el cambio de posición del objeto; algunas investigaciones sugieren que dependiendo de la rotación mental utilizada se involucran diferentes procesos neuronales y se activan diferentes áreas del cerebro. A continuación

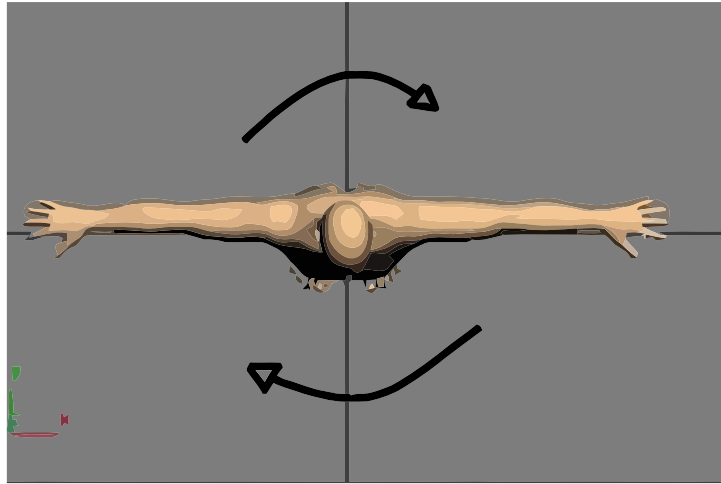


Figura 3.20: Movimiento cuerpo completo. Imagen tomada de: Creem et al. (2001)

se desarrolla con más profundidad este planteamiento.

3.7.2. Rotación mental del cuerpo en el espacio en relación a los objetos.

Los estímulos relacionados con este tipo de rotación mental consisten en imaginar el giro de todo el cuerpo a una ubicación específica para determinar la posición de un objeto desde el nuevo punto de vista o de referencia. Este tipo de rotación tiene algunas ventajas frente a la rotación de una sola extremidad del cuerpo (Mano), Pearson (1987, 1994) afirma que la rotación de las partes del cuerpo tienen las mismas restricciones físicas que los movimientos reales, por lo que algunos giros imaginados resultan difíciles o incómodos, mientras que la rotación de todo el cuerpo afirma Creem et al. (2001) desafía las leyes de la gravedad y es posible realizar fácilmente cualquier tipo de giro. (Fig. 3.20).

La investigación llevada a cabo por Creem et al. (2001) muestra que la rotación mental del cuerpo en el espacio involucra áreas del cerebro relacionadas con el movimiento físico y la planificación y ejecución de movimientos, como la activación del área motora suplementaria y el área premotora izquierda. Además encontraron una lateralización

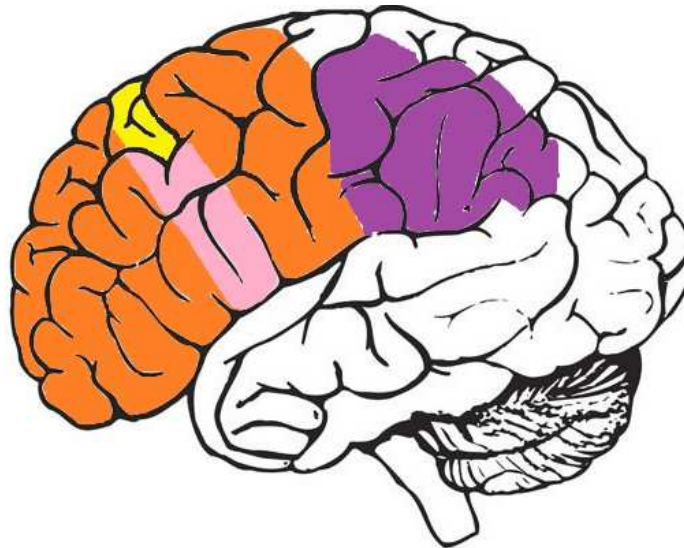


Figura 3.21: Zonas de activación cerebral, Imagen tomada de: Creem et al. (2001)

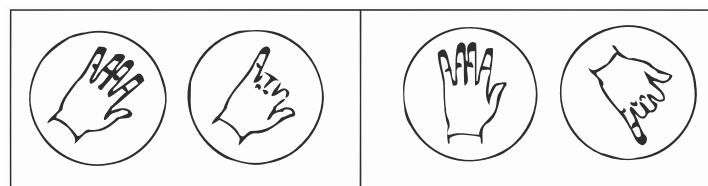


Figura 3.22: Imagen que muestra la rotación de manos. Kosslyn et al. (1998)

izquierda del lóbulo parietal, la participación del lóbulo frontal y de ambas estructuras motoras corticales y subcorticales. (Fig. 3.21).

3.7.3. Rotación mental de partes del cuerpo en el espacio (Mano).

Este tipo de rotación consiste en girar mentalmente dibujos o representaciones en 2D de manos humanas. Investigaciones como las llevadas a cabo por Kosslyn et al. (1998) Sugieren diferentes mecanismos para este tipo de rotación, pues ella recluta procesos equiparables con la preparación de movimientos motores, mientras que la rotación de objetos abstractos no lo hace. (Fig. 3.22).

La rotación mental de manos generó activación en el giro precentral (M1), lóbulo parietal inferior y superior, corteza visual primaria, las áreas frontales 6 y 9. Las activaciones

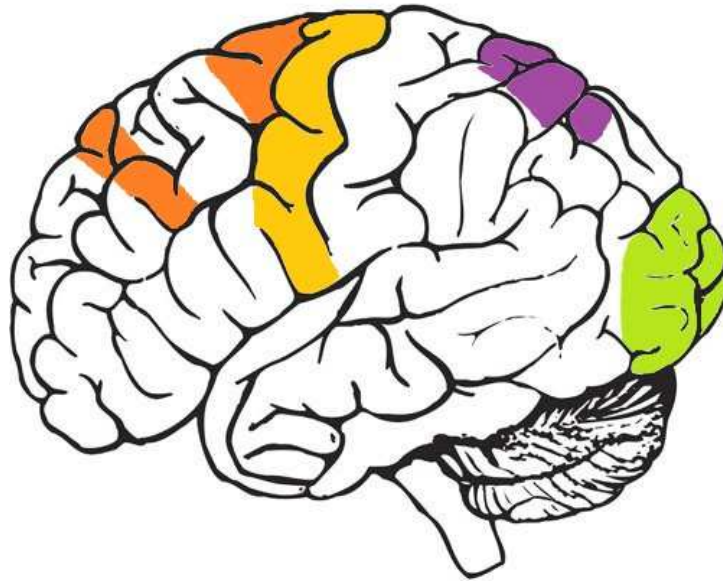


Figura 3.23: Zonas de activación cerebral. Imagen tomada de: Creem et al. (2001)

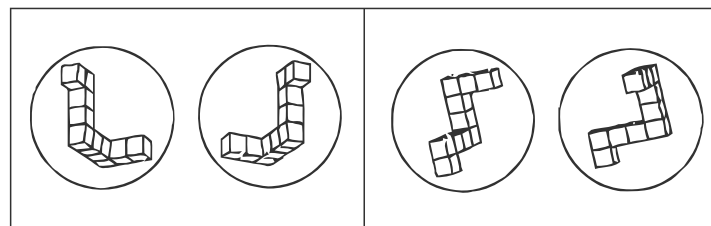


Figura 3.24: Imagen que muestra la rotación de objetos 3D: Kosslyn et al. (1998)

más fuertes se presentan en el giro precentral M1, el área 6 de Brodman y el área parietal 7 de Brodman; estas áreas generalmente se asocian a la preparación de un movimiento real de manos o la preparación motora. (Fig. 3.23).

3.7.4. Rotación mental de objetos

Este tipo de rotación consiste en girar un objeto ya sea en 2D o 3D hasta que quede en una posición determinada. La mayoría de investigaciones que centran su atención en este tipo de rotación utilizan el test MRT-A desarrollado por Vandenberg and Kuse (1978) o el test de Shepard and Metzler (1971) que consisten básicamente en comparar una o varias figuras con una imagen base y determinar si son iguales o no. (Fig. 3.24).

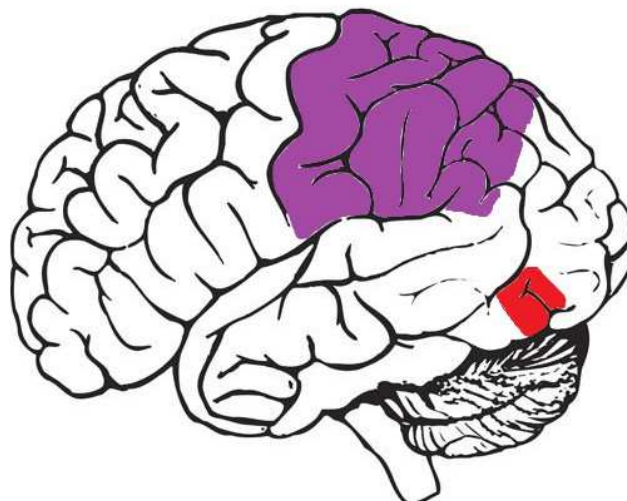


Figura 3.25: Zonas de activación cerebral en tareas rotación mental. Imagen tomada de: Kosslyn et al. (1998).

Investigaciones realizadas por Kosslyn et al. (1998) resaltan la activación en el lóbulo parietal, en el área cortical V5. A diferencia de la rotación de manos, la rotación de figuras 3D no muestra activación en áreas motoras. (Fig. 3.25).

3.7.5. Test MRT-A

Esta prueba fue diseñada por Vandenberg and Kuse (1978) y se basa en el test desarrollado por Shepard and Metzler (1971). Es una prueba de lápiz y papel que evalúa la habilidad espacial, en ella se presentan representaciones 2D de objetos 3D, cada imagen se muestra en diferentes orientaciones giradas alrededor del eje vertical y horizontal y se trata de definir por medio de procesos de rotación mental, cuáles de las imágenes son iguales. (Fig. 3.26).

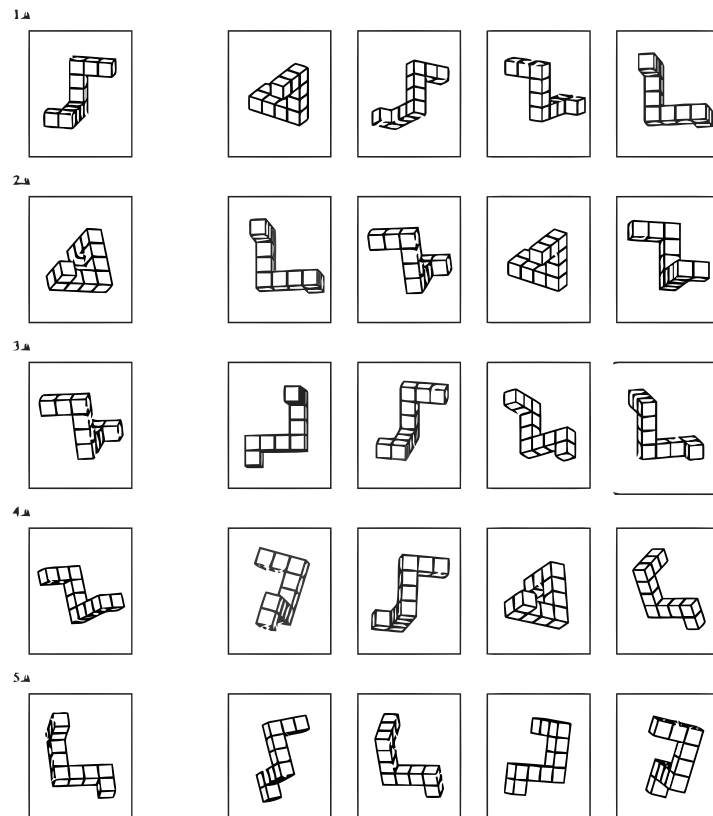


Figura 3.26: versión redibujada del rediseñado por: Vandenberg and Kuse (1978)

3.8. Diferencias de Género

Una serie de experimentos han demostrado que generalmente los hombres desarrollan de mejor manera las tareas relacionadas con aspectos visuales y espaciales, como lo menciona Jaušovec and Jaušovec (2012), entre las tareas que más diferencias ha mostrado está la rotación mental, entendida para el estudio como la capacidad de imaginar formas visuales y girar para darles una orientación diferente.

Jaušovec and Jaušovec (2012) menciona que una serie de estudios que han aplicado sistemas de resonancia magnética, donde se evidenciaron que hay diferencias significativas representadas en la actividad cerebral relacionada directamente con el sexo e incluso hay un mejor rendimiento y resolución de tareas de rotación mental por parte de los hombres. Una de las evidencias de estas diferencias se puede representar en (Butler et al. (2006);

Hugdahl et al. (2006) citado en Jaušovec and Jaušovec (2012) Quien encontró que hay un predominancia en la activación de la zona parietal en los hombres mientras que en las mujeres dicha activación se da en la zona frontal, de la misma manera se establece que hay una activación superlativa en el hemisferio derecho de los hombres, en comparación con las mujeres donde no se evidencia diferencias significativas en las zonas de activación.

De allí que Johnson y Bouchard citado en Jaušovec and Jaušovec (2012) han planteado tres factores que pueden ser los causantes de las diferencias frente a la tarea de la rotación mental entre hombre y mujeres, la primera de ellas asociadas a las capacidades cognitivas y las habilidades específicas con la rotación mental, para sustentar este punto se referencia que una mujer puede tener gran inteligencia pero poca capacidad de rotación mental, puede que tenga un desempeño similar o igual al de un hombre que tiene una mayor capacidad para tareas de rotación mental pero que su inteligencia es menor, esto puede entenderse desde la perspectiva que ambos usarían diferentes estrategias y áreas del cerebro para resolver dicha tarea.

Otro aspecto que se menciona Amin et al. (2006) citado en Jaušovec and Jaušovec (2012) es que una serie de condicionales como la liberación de hormonas puede afectar la resolución de dichas tareas, dado que los altos niveles de estrógeno y progesterona se han vinculado con procesos más eficientes en la zona de la corteza pre frontal y superior, mientras que algunos ciclos hormonales en la mujer afecta algunas zonas relacionadas con las respuestas cognitivas.

De la misma manera Parsons et al. (2004) menciona que la exposición temprana (prenatal) a las hormonas sexuales influye en el desarrollo de algunas áreas del cerebro, también se menciona que las mujeres tiene un mayor grado de procesamiento bi lateral es decir que involucran los dos hemisferios en las tareas espaciales en comparación

con los hombres que presentan una tendencia hemisférica específica para las tareas de lateralización y espaciales que se centra en el hemisferio derecho.

De allí que la presente investigación se realiza bajo la premisa de sistema que integre el procesamiento de señales cerebrales que permita la identificación las zonas de activación cerebral tanto en hombres como mujeres, donde se procesan las tareas de rotación mental.

Capítulo 4

Metodología

En este capítulo se presentan los aspectos metodológicos de esta investigación, se expone la perspectiva metodológica y el enfoque bajo el cual se desarrolla ésta, teniendo en cuenta las características específicas del problema y la pregunta de investigación planteadas en el apartado I.

Para este estudio se desarrolla una investigación descriptiva correlacional, ya que ésta proporciona indicios de la relación que podría existir entre una o más variables, Vega and Medina (2011); sin necesariamente precisar el sentido de causalidad ni pretender analizar relaciones de causalidad. Los estudios correlacionales descriptivos establecen la existencia de una relación entre una o más variables, a partir de lo cual se mide la magnitud y dirección de la misma, haciendo la claridad de que la magnitud indica la fuerza y claridad de la tendencia, y la dirección se refiere al tipo de cambio del conjunto de las variables.

En este estudio particular interesa encontrar la relación entre el grado de rotación de objetos 3D y las zonas de activación cerebral de hombres y mujeres. Se recolecta, describe e interpreta datos de dos grupos, realizándose un estudio de correlaciones entre factores neuropsicológicos y procesos de rotación mental.

Entiéndase como factores neuropsicológicos *la expresión o resultado del trabajo de zonas cerebrales que actúan al interior de sistemas funcionales complejos en vinculación con las funciones psicológicas superiores*. Gabriel (2013).

4.1. Población

La población objeto de estudio son profesores de matemáticas en ejercicio, ya que en su formación profesional se promueve el desarrollo de habilidades espaciales a través del manejo de programas de diseño de cuerpos geométricos y el estudio de la geometría espacial.

4.2. Muestra

La muestra se escogió con criterio no probabilístico, de carácter intencional, ya que se consideró la formación académica con el fin de garantizar la comprensión de los ejercicios objeto de estudio y una buena habilidad espacial. En el experimento participaron diez profesionales graduados del programa de Licenciatura en Matemáticas de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, 5 mujeres y 5 hombres con una edad promedio de 30.2 años, neurológicamente normales, todos diestros según informaron ellos mismos. Los participantes fueron voluntarios y no se les pago por realizar el experimento.

4.3. variables

Variable independiente:

Ángulo de rotación de las figuras 3D.

Se definieron específicamente ángulos de 50° , 100° y 150° .

Variables dependientes:

Zonas de Activación Cerebral: Activación cerebral en el lóbulo parietal, medido a través del registro de ondas con electroencefalograma. Se registra la frecuencia de las ondas y se mide en hertzios (Hz). En este estudio se tomaran solo ondas Beta.

4.4. Etapas

A continuación se realiza una descripción de las etapas desarrolladas en esta investigación, comenzando con la selección del instrumento para la situación experimental, el diseño de la estrategia y su aplicación.

4.5. Seleccion del instrumento

Los estímulos fueron se tomaron de la batería de estímulos desarrollada por Ganis and Kievit (2015). *En su estudio A New Set of Three-Dimensional Shapes for Investigating Mental Rotation Processes: Validation Data and Stimulus Set* diseñaron un total de 48 objetos diferentes y sus versiones rotadas; este estudio utilizó el motor gráfico Bryce 3D para la creación de estímulos basados en el test de rotación mental de Shepard y Metzler. Cada estímulo está conformado por dos figuras tridimensionales iguales o especulares formadas por el mismo número de cubos; su diseño considera elementos como sombra y profundidad, para mejorar la experiencia de percepción.

En la (Fig. 4.1) se pueden ver algunas de las figuras utilizadas en la situación experimental. Cada una de ellas se compone de dos imágenes: Un objeto de referencia (Lado izquierdo) que es girada mentalmente en un ángulo de 50° , 100° o 150° en el sentido de las manecillas del reloj hasta que coincida o no, con un objeto de destino (lado derecho);

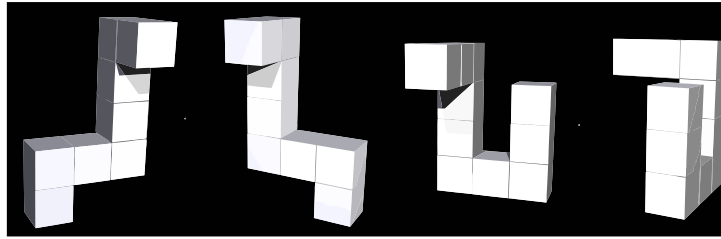


Figura 4.1: Figuras utilizadas en el experimento. En la presentación de estímulos, la figura de la derecha debe ser rotada mentalmente de tal forma que coincida con la figura de la izquierda. Imagen tomada de :Ganis and Kievit (2015)

las figuras están dispuestas lado a lado, de tal forma que pueden alinearse por medio de la rotación mental del eje vertical. Todas las figuras son blancas sobre fondo negro y están constituidas entre 7 -11 cubos de igual tamaño.

Se toman los estímulos ya elaborados de este estudio debido a que fueron probados, validados y puestos a disposición para el desarrollo de posteriores investigaciones relacionadas con el proceso de rotación mental.

En total se tomaron 18 estímulos, que junto con los estímulos de relajación y la pantalla de respuesta conformarán la situación experimental.

4.6. Diseño de la estrategia

Se inicia definiendo la zona cerebral en la que se van a ubicar los electrodos para la adquisición de las señales EEG durante el desarrollo de los ejercicios de rotación mental teniendo en cuenta los estudios considerados en el capítulo de antecedentes.

A partir de la definición de esta zona cerebral se diseña un casco de silicona en el que es posible ubicar 30 electrodos de estaño cubriendo el lóbulo parietal y una parte del lóbulo occipital como se muestra en (Fig. 4.2).

Para definir la ubicación de los veinte electrodos que se van a emplear, se estudia el

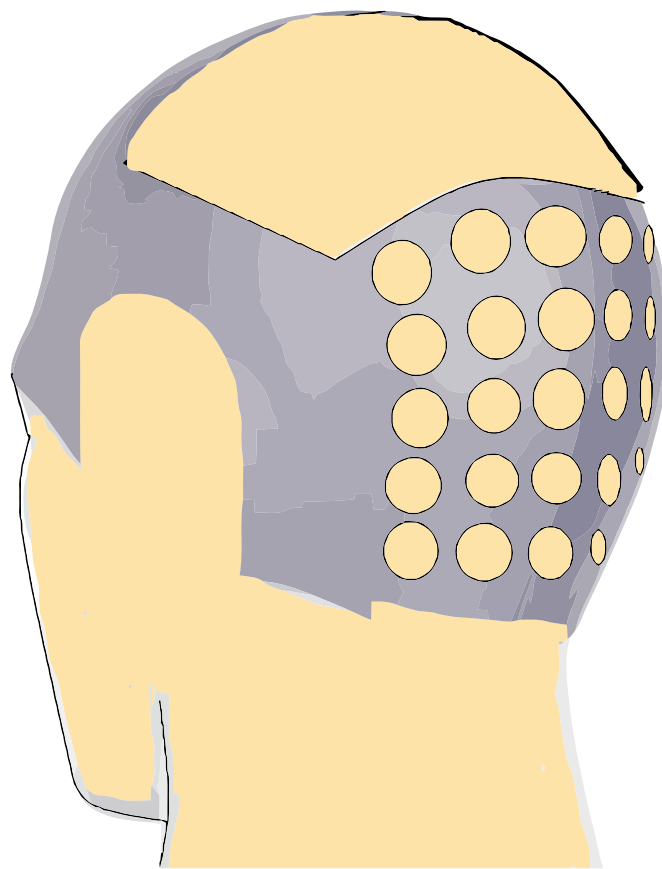


Figura 4.2: Casco de silicona para la ubicación de los electrodos. Elaboración propia

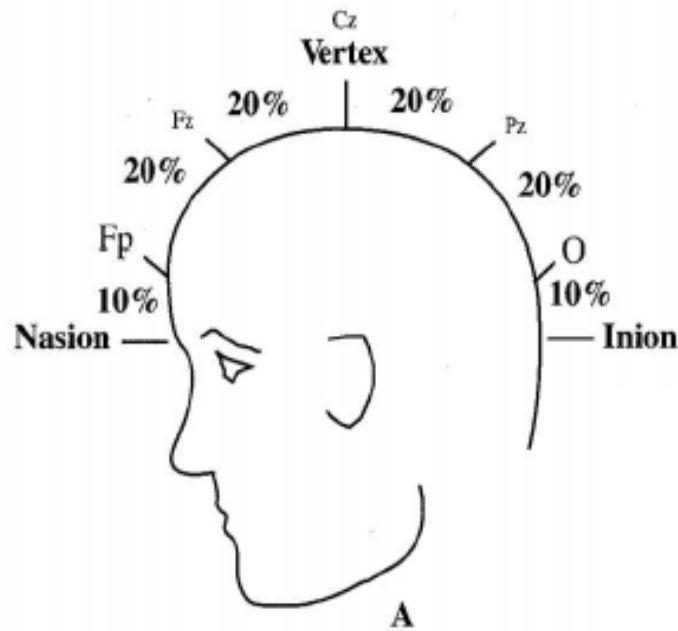


Figura 4.3: Definición de puntos Fp, Fz, Cz, Pz y O a partir del sistema internacional 10 +20.

sistema internacional de posicionamiento de electrodos 10-20; este consiste en la medida de distancias entre los puntos NASIÓN y el INION, y a partir de estos dos puntos y de cinco distancias específicas se definen los puntos Fp (Frontal Polar), O (Occipital), Fz (Frontal), Cz (Central) y Pz (Parietal), tal y como se describió en el marco teórico. (Fig. 4.3).

Este último punto Pz (parietal) es el punto básico sobre el cual se sitúan los veinte electrodos con el fin de abarcar el área del lóbulo parietal.

Se decide ubicar 10 electrodos en el hemisferio izquierdo y otros 10 electrodos en el hemisferio derecho, rodeando el punto Pz como se muestra en (Fig. 4.4)

Una vez determinada la ubicación de los electrodos y seleccionados los estímulos, se crea una secuencia entre los estímulos de relajación, los estímulos para la rotación mental y la pantalla de respuesta en el programa MATLAB.

En esta secuencia se define el orden en que se presentarán los estímulos de rotación

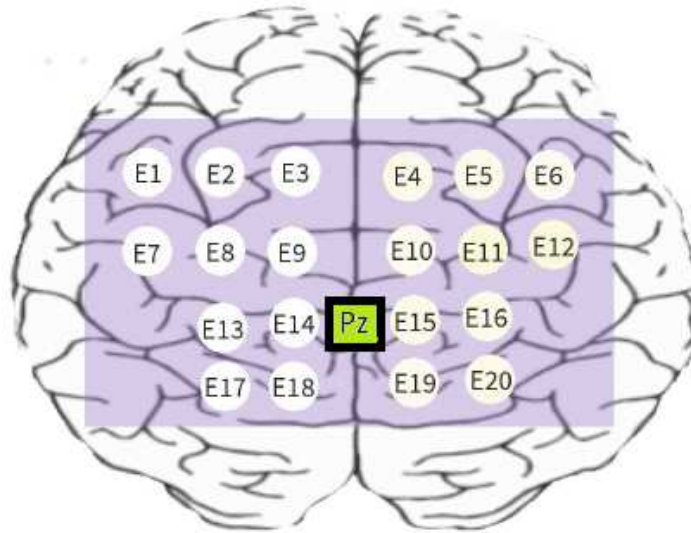


Figura 4.4: Posicionamiento de electrodos a partir de Pz

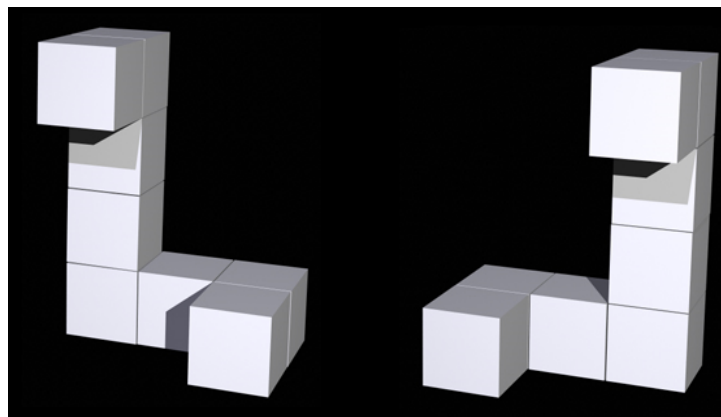


Figura 4.5: Imagen Especular o imagen espejo sin ángulo de rotación

metal, es decir, se inicia con un estímulo con un ángulo de rotación de 50° , a continuación se presentara un estímulo con un ángulo de rotación de 100° y finalmente uno con un ángulo de rotación de 150° , teniendo en cuenta que entre cada estimulo de rotación mental se presentará un estímulo de relajación y una pantalla de respuesta.

Es importante mencionar que se incluyeron seis estímulos con un ángulo de rotación de 50° , seis estímulos con un ángulo de rotación de 100° y seis estímulos con un ángulo de rotación de 150° , para un total de dieciocho estímulos siendo la mitad de ellos imágenes iguales y la otra mitad imágenes espejo. (Fig. 4.5)y (Fig. 4.6)

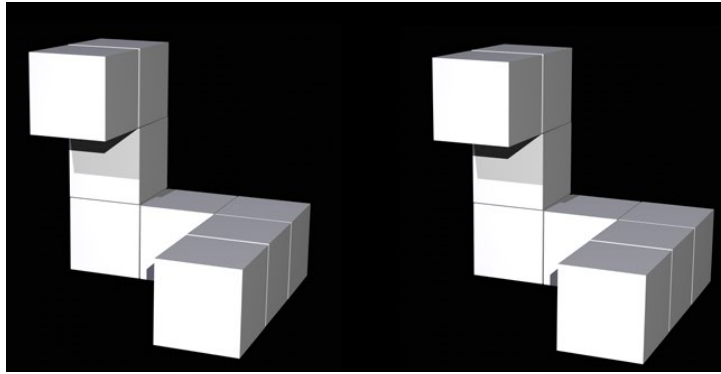


Figura 4.6: Misma imagen sin ángulo de rotación.

Además de los estímulos de rotación mental, se presentan dieciocho imágenes de relajación con el fin de centrar la atención de los participantes; así mismo se presentan dieciocho pantallas de respuesta. A continuación se muestra el orden de presentación de las imágenes de relajación, los estímulos de rotación mental y la pantalla de respuesta tal y como se realiza en el desarrollo de la situación experimental. (Fig. 4.7)

Para la presentación de la situación experimental se inicia con una pantalla en blanco y un punto negro fijo (fig. 5.8) para centrar la atención, con una duración de siete segundos. (Fig. 4.8).

A continuación aparece uno de los estímulos de rotación mental por un espacio de siete segundos, tiempo durante el cual los sujetos deben realizar la rotación mental, para en seguida responder en voz alta **SI** en caso de que las imágenes sean iguales, o **NO** en caso de que sean imágenes espejo. (Fig. 4.9).

Cada participante debe responder de forma oral con el fin de evitar movimientos corporales y no involucrar otras zonas cerebrales relacionadas con tareas motoras. Luego de la presentación de cada estímulo siempre aparece la pantalla en blanco y un punto negro fijo para centrar la atención de los sujetos.

Antes de la ejecución de la situación experimental se explica a los participantes la

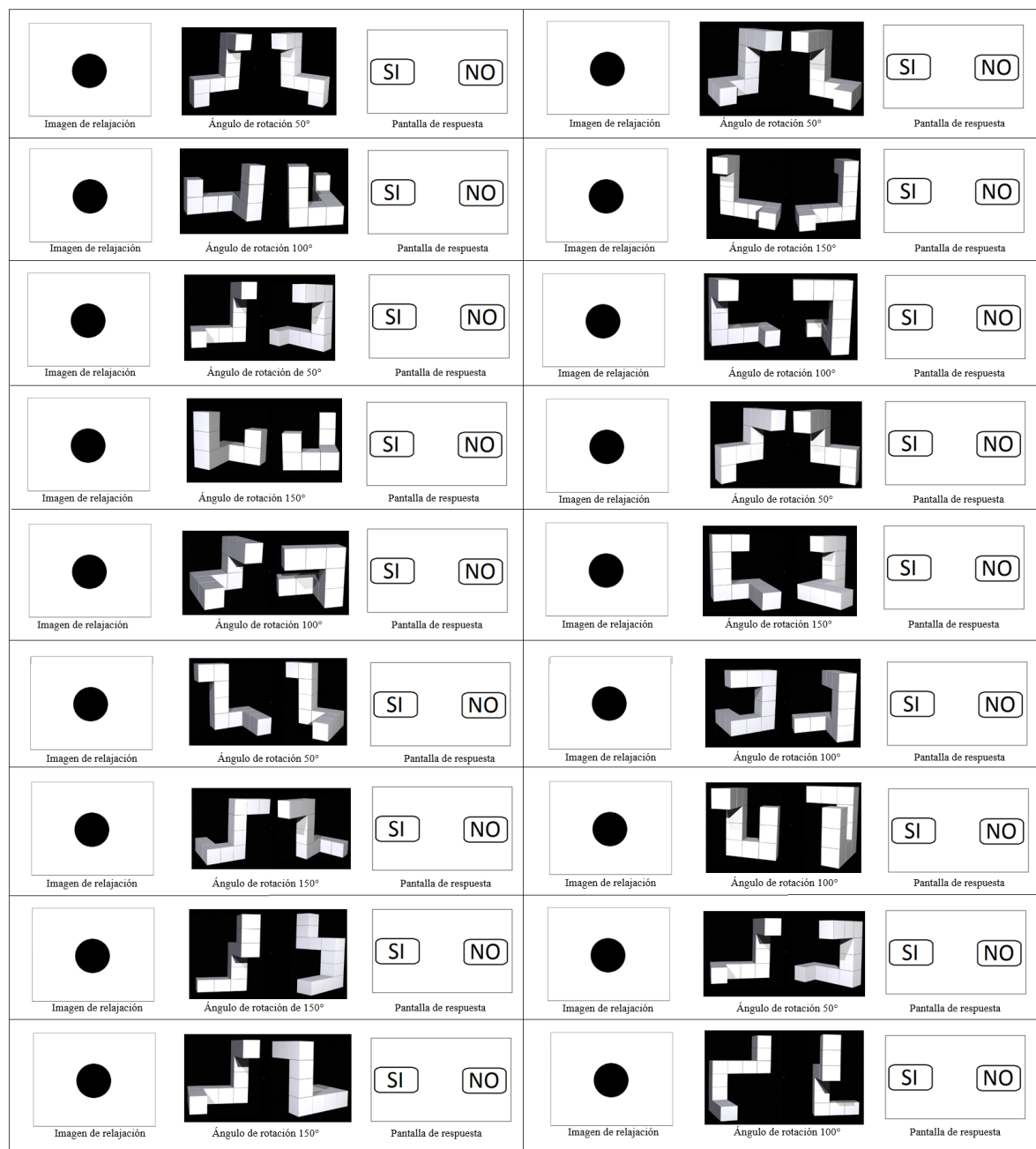


Figura 4.7: Secuencia de la situación experimental. Elaboración propia.

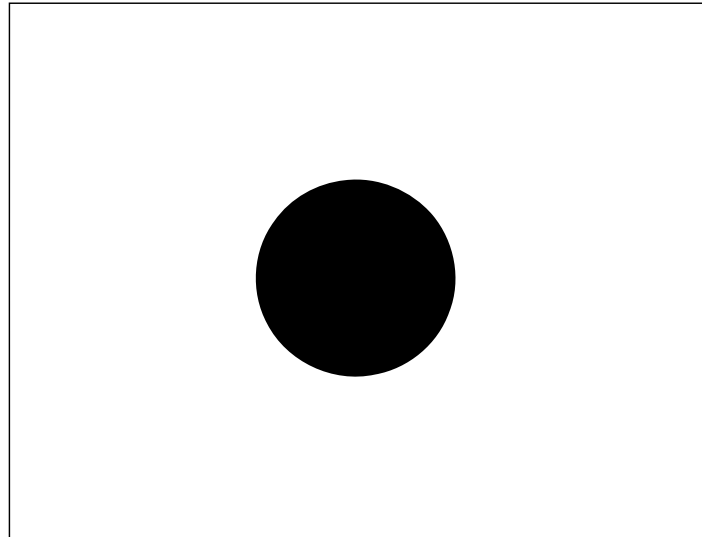


Figura 4.8: Imagen de relajación. Elaboración propia.

dinámica de los ejercicios de rotación mental; se muestra un ejemplo de un ensayo. En las instrucciones se pedía a los participantes que evitarán en la medida de lo posible el pestañeo y los movimientos oculares durante la presentación del punto de fijación y del estímulo. El registro de los datos se realiza mediante MATLAB, para el procesamiento de las señales y su posterior análisis.

A continuación se muestra la secuencia de la situación experimental (Fig. 4.10).

4.7. Aplicación de la estrategia

La aplicación de la estrategia se realizó durante dos días en el laboratorio de neurología de la Universidad Nacional de Colombia, con una duración promedio de 40 minutos por cada participante.

Para la adquisición del EEG a cada sujeto se le colocó un arreglo de 20 electrodos superficiales con pasta conductora sobre los dos hemisferios, abarcando el lóbulo parietal, incluyendo la posición PZ, con una impedancia de menos de 5 k Ω . (Fig. 4.11).

Para la colocación del casco de silicona y los electrodos se realizó a cada participante

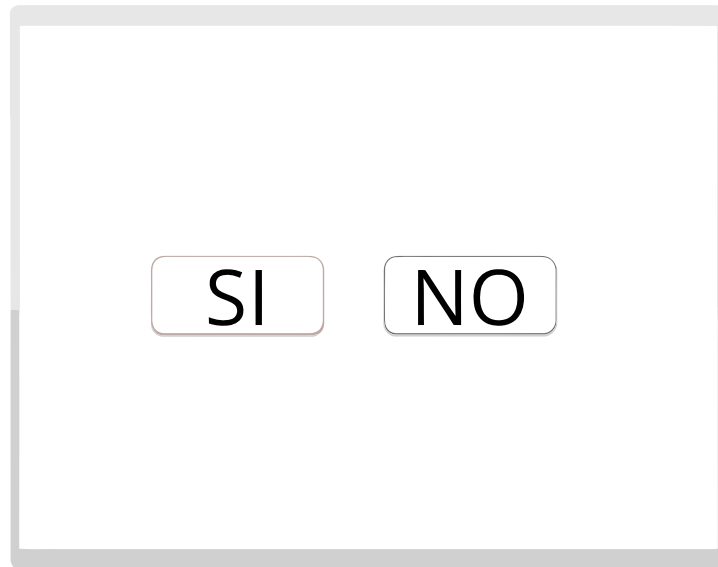


Figura 4.9: Pantalla de respuesta. Elaboración propia

el siguiente procedimiento:

1. Limpieza del cuero cabelludo en los puntos específicos en los que se ubican los electrodos.
2. Ubicación de los electrodos junto con una pasta conductora Ten 20 para facilitar la adhesión de los electrodos al cuero cabelludo y proveer la conductividad.
3. Confirmar el buen posicionamiento de los electrodos y su lectura en el sistema.

A continuación se dieron nuevamente las indicaciones generales a cada participante y se inició con el desarrollo de la situación experimental.

La situación experimental se presentó en un computador portátil ubicado aproximadamente a 40 cm de cada sujeto.

En el laboratorio se encontraban tres personas, además del participante del experimento. Cada una de las personas realiza una tarea específica durante la experimentación. El primer sujeto es el encargado de ubicar los electrodos y verificar el nivel de pedancia de cada uno de ellos, el segundo sujeto es el encargado de dar clic con el mouse en la pantalla de respuesta al escuchar la respuesta de los participantes y el tercer sujeto realiza



Figura 4.10: Imagen proceso realización del experimento. Elaboración propia

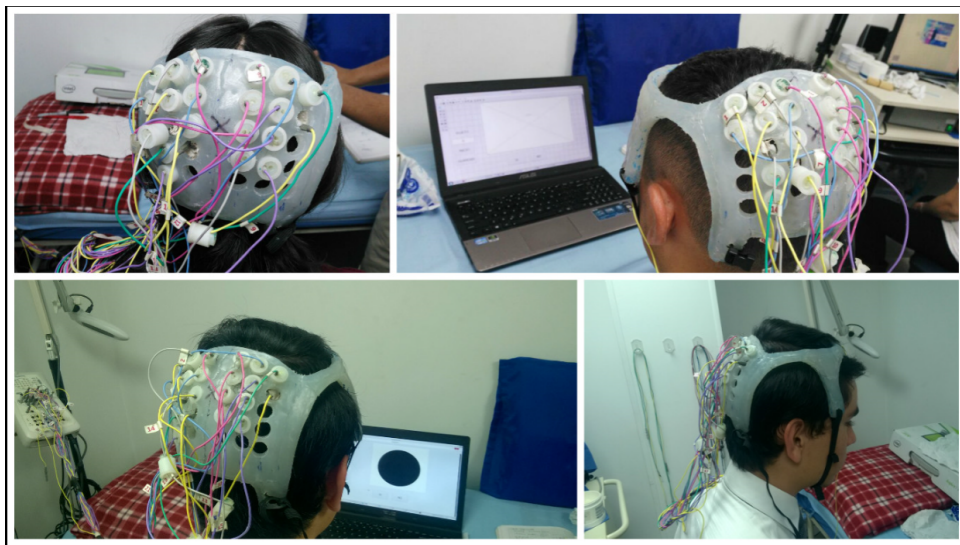


Figura 4.11: Se realizó registro fotográfico y de video de cada participante durante la fase de experimentación.

el registro audiovisual para cada participante. (Fig. 4.12).

Luego de cada experimentación, se realiza la limpieza de cada uno de los electrodos, para ser utilizados en el siguiente participante.

Los datos fueron registrados automáticamente por MATLAB, para su posterior análisis.

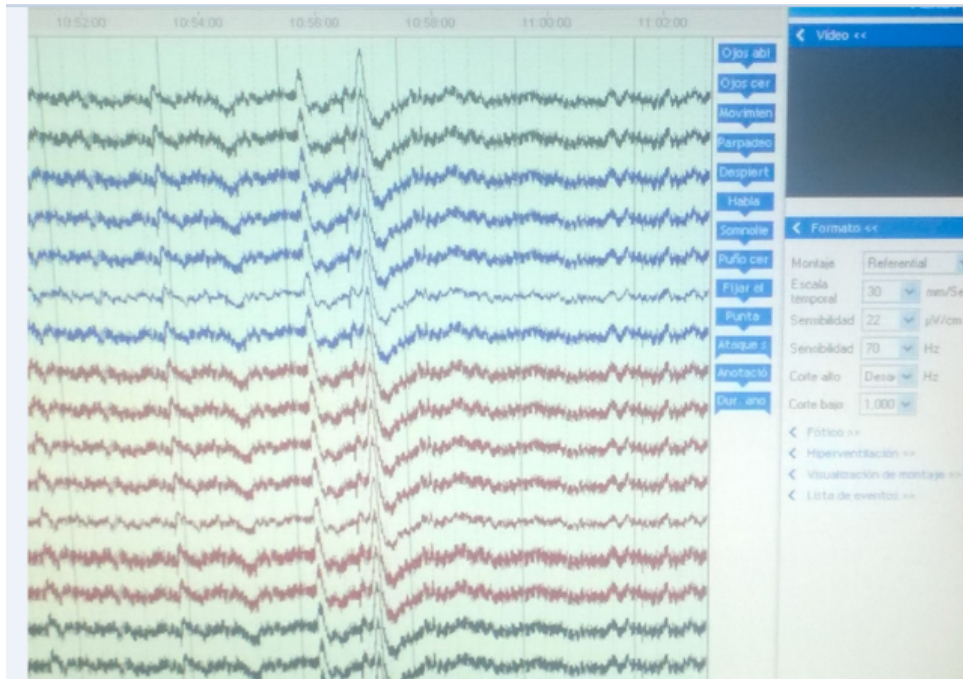


Figura 4.12: Imagen señales EEG registradas durante el desarrollo de la situación experimental por uno de los individuos.

4.8. Pruebas estadísticas para el tratamiento de los datos

Se realiza una prueba de normalidad en el programa MATLAB para cada uno de los electrodos con el fin de determinar si la distribución de los datos es normal; para todos los casos la prueba arroja que los datos no se distribuyen de forma normal. (Fig. 4.13).

4.9. Prueba no paramétrica kruskall – Wallis

Es una prueba no paramétrica que permite comparar poblaciones en las que las distribuciones no son normales o en las que el tamaño de la muestra es (≥ 30). La prueba Kruskal Wallis (William Kruskal y W. Allen Wallis) se utiliza para comparar más de dos muestras o condiciones experimentales independientes de grupos independientes; es

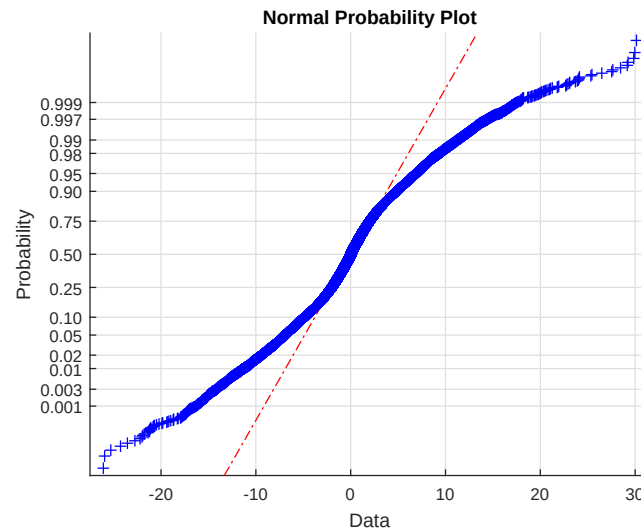


Figura 4.13: Imagen producida en MatLab como resultado de la aplicación de la prueba de normalidad.

el equivalente NO paramétrico del análisis de varianza de una vía (ANOVA de un factor).

Las hipótesis para la prueba Kruskal – Wallis serian:

- H0: Las medias o medianas de los n grupos son todas iguales.
- H1: Hay diferencia en al menos una de las medias o medianas.

Así, la prueba de Kruskal-Wallis proporciona información sobre la posible igualdad de medias o medianas entre grupos (3 o más) y permite rechazar esta hipótesis de igualdad cuando el valor de p sea mayor de 0,05 Soto (2013).

A continuación se mencionan los requerimientos según Pitarque (2002) (sf)

1. Se requiere escala ordinal de medición
2. La distribución Chi cuadrado es el estadístico de prueba
3. Cada muestra debe tener al menos cinco observaciones
4. Los datos de la muestra se jerarquizan de mayor a menor como si fueran de un solo grupo

Capítulo 5

Resultados

El presente capítulo se divide en seis secciones que se presentarán de la siguiente manera: primero se presentará la sección *base de datos* se explicará cómo se organizaron los datos en matrices para el análisis. la segunda sección abordará el análisis sobre las *medidas de dispersión*, en la tercera sección se mostrarán resultados de la aplicación de *las pruebas de normalidad y homocedasticidad*, la cuarta sección abordarán los resultados de la prueba de *varianza (Kruskall - Wallis)*, en la quinta sección se presentará el análisis correspondiente a la posición de los electrodos usando *curvas de nivel*, finalmente se presenta el *análisis correlacional*.

5.1. Base de datos para análisis de resultados

Para realizar el presente análisis se requiere hacer uso de los datos que se obtuvieron a partir del registro de las ondas electroencefalográficas de cada uno de los sujetos mientras desarrollaban ejercicios de rotación mental con estímulos de 50°, 100°, 150° e imágenes especulares, en un intervalo de tiempo de cuatro minutos y medio para cada uno de ellos.

De la captura de datos se generaron 8 matrices de 20 columnas cada una, estas co-

Tabla 5.1: Tabla designación matrices para análisis

Categoría	Convenciones	Categoría	Convenciones
Hombres 50°	H^{50}	Mujeres 50°	M^{50}
Hombres 100°	H^{100}	Mujeres 100°	M^{100}
Hombres 150°	H^{150}	Mujeres 150°	M^{150}
Hombres Espejo	H^E	Mujeres Espejo	M^E

lumnas corresponden a cada uno de los electrodos, con un total aproximado de 155.200 datos por electrodo. cada matriz corresponde a los datos obtenidos por cada género en cada uno de los ángulos de rotación en que se presentaron los estímulos. las primeras cuatro matrices corresponden al grupo de hombres para los estímulos de 50°, 100°, 150° e imágenes espejo. las otras cuatro matrices corresponden al grupo de mujeres para los estímulos de 50° 100° 150° e imágenes espejo. Se designan las matrices teniendo en cuenta el ángulo al que corresponden los estímulos y el género de la siguiente manera: (Tab. 5.1).

5.2. Análisis descriptivo medidas de dispersión

Para el análisis de las medidas de dispersión se utilizaron diagramas (Anex. A) de caja para cada una de las matrices correspondientes al grupo de hombres y al grupo de mujeres. Además realizó un compendio de estas medidas en tablas (Tab. 5.2, Tab. 5.4, Tab. 5.6, Tab. 5.8) de siete columnas que permitan contrastar los datos de los dos grupos, por otra parte las tablas (Tab. 5.3, Tab. 5.5, Tab. 5.7, Tab. 5.9) contienen los datos correspondientes a los puntos máximos, mínimos y outliers;

en se muestra los valores de los percentiles, las medianas y el rango intercuartil.

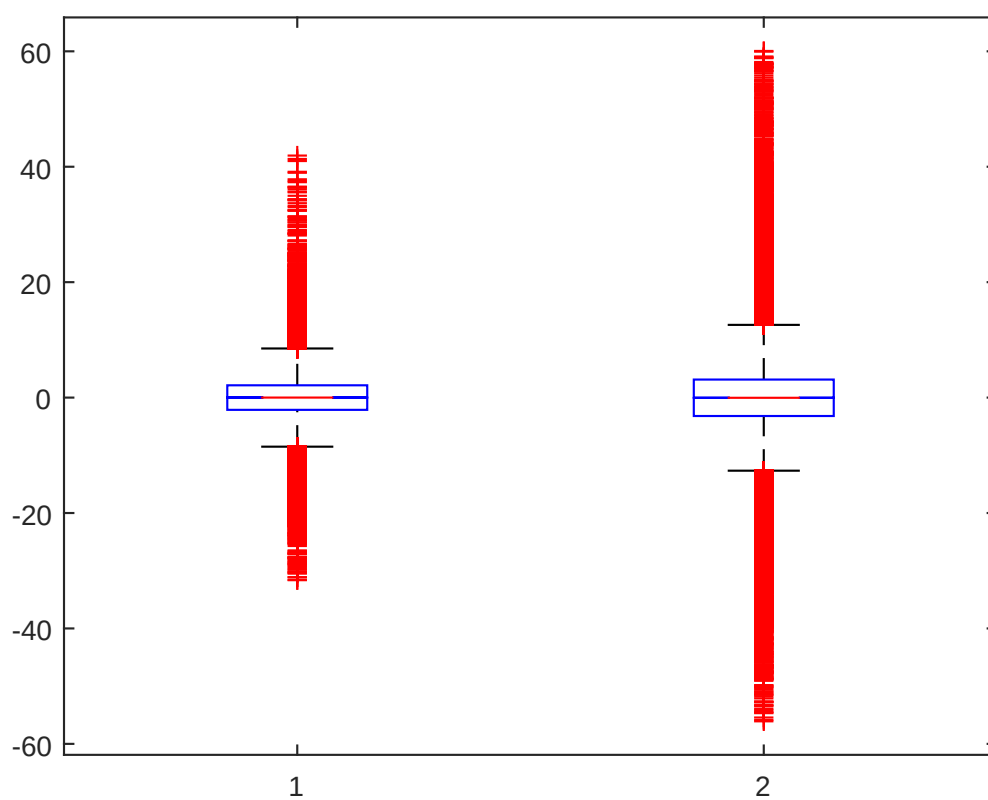


Figura 5.1: Ejemplo diagrama medidas de dispersión obtenido por el procesamiento en Matlab correspondiente al electrodo 1 en H^{50}

Electrodo	Máximos		Mínimos		Outliers	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1	30,1407	60,2449	-26,0846	-52,7456	4970	6784
2	30,3467	59,7376	-26,6332	-53,0434	5046	6775
3	30,8113	59,8005	-27,4033	-52,8730	4994	6819
4	32,4044	58,8101	-29,3531	-53,3296	4870	6679
5	33,0468	57,2569	-29,2303	-52,5496	4864	6819
6	33,3444	56,0990	-29,1873	-52,0463	4342	6751
7	30,8181	60,2471	-26,1069	-54,9222	4817	6734
8	31,9727	60,5122	-27,6923	-55,0396	4883	6635
9	32,2316	60,4282	-28,2063	-54,7409	4849	6729
10	32,7319	59,6496	-29,4221	-53,7369	4776	6576
11	33,4200	54,2732	-29,5354	-55,1745	4782	6753
12	33,0299	57,1129	-29,3382	-53,7341	4223	6783
13	32,5265	61,1469	-28,2752	-55,3173	4597	6687
14	33,0874	61,7346	-29,3525	-56,1814	4835	6722
15	34,2473	61,2442	-30,2573	-56,9527	4581	6535
16	33,8904	59,7491	-29,8807	-55,7960	4686	6646
17	33,4086	64,0462	-36,5457	-57,9166	4796	6599
18	126,8281	61,6869	-126,2330	-56,3220	4880	6621
19	35,2278	62,9636	-30,5041	-58,4868	4612	6646
20	35,3316	62,8417	-30,2030	-58,8839	4553	6497

Tabla 5.2: Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{50} y M^{50} **Medidas dispersión para H^{50} y M^{50}**

En la segunda y tercera columna de la (Tab. 5.2). se observa que en los electrodos del 1- 20 con excepción del electrodo 18, los puntos máximos siempre son mayores para el grupo de mujeres; en la cuarta y quinta columna se evidencia que los puntos mínimos siempre son mayores para el grupo de hombres. Para el grupo de los hombres el electrodo 18 cuenta con un máximo de 126,8281 y un mínimo de -126,2337 frente a un máximo de 61,6869 y un mínimo de -56,322 del grupo de las mujeres. La comparación de la columna 7 y 8 para ambos géneros, indica que en todos los electrodos del 1 – 20 se presentan más outliers en el grupo de mujeres.

En (Tab. 5.3). la comparación de la tercera y cuarta columna indica que para los electrodos 1, 2, 3, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19 y 20 la mediana es mayor en el grupo de

	Percentil 25		Mediana		Percentil 75		Rango intercuartil	
Ele.	Hombres	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres
1	-1,98750	-2,79850	0,02104	-0,00098	2,00630	2,77510	3,9938	5,5736
2	-1,99480	-2,78980	0,01917	0,00337	2,00910	2,76010	4,0039	5,5499
3	-2,00680	-2,75870	0,01760	0,00577	2,01700	2,76350	4,0238	5,5222
4	-2,06550	-2,82660	0,01516	0,01750	2,06470	2,81290	4,1302	5,6395
5	-2,06480	-2,77810	0,01470	0,01784	2,06750	2,78150	4,1323	5,5596
6	-2,09200	-2,78500	0,01932	0,00450	2,09240	2,79710	4,1844	5,5821
7	-2,06630	-2,86890	0,02092	-0,00083	2,07630	2,84710	4,1426	5,716
8	-2,06690	-2,90300	0,01771	0,00402	2,06950	2,87090	4,1364	5,7739
9	-2,07770	-2,89990	0,01770	0,01713	2,06920	2,85830	4,1469	5,7582
10	-2,15390	-2,92040	0,01059	0,00534	2,15310	2,90960	4,307	5,83
11	-2,13440	-2,86070	0,01723	0,01328	2,12910	2,84500	4,2635	5,7057
12	-2,13480	-2,82370	0,01901	0,00331	2,12930	2,80910	4,2641	5,6328
13	-2,24410	-2,97880	0,00154	0,00442	2,22730	2,95110	4,4714	5,9299
14	-2,21640	-2,98410	0,01177	0,00347	2,20650	2,95040	4,4229	5,9345
15	-2,23230	-2,98460	0,01388	0,00661	2,23090	2,97610	4,4632	5,9607
16	-2,19270	-2,94950	0,01909	0,00080	2,19000	2,92660	4,3827	5,8761
17	-2,30470	-3,13990	0,00769	0,00600	2,30210	3,13250	4,6068	6,2724
18	-2,31340	-3,07550	0,00199	0,00428	2,30340	3,03830	4,6168	6,1138
19	-2,26270	-3,04970	0,01331	0,00601	2,26440	3,03500	4,5271	6,0847
20	-2,29760	-3,12580	0,01532	-0,00041	2,30850	3,12400	4,6061	6,2498

Tabla 5.3: Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{50} y M^{50}

los hombres en comparación con el grupo de mujeres; en los electrodos 4, 5, 7, 8, 13, 18 la mediana es mayor en el grupo de mujeres en comparación con el grupo de hombres. En el electrodo 9 las medianas coinciden para los dos grupos. El electrodo 1 es el que cuenta con mayor valor de la mediana para el grupo de hombres con un valor de 0,02103; el electrodo 5 es el que cuenta con mayor valor en la mediana para el grupo de mujeres con un valor 0,0178. La comparación de la columna dos con la columna tres, en la tabla 2, nos indica que el valor del percentil 25 siempre es menor para el grupo de mujeres, mientras que la columna seis y siete muestra que el valor del percentil 75 siempre es menor para el grupo de hombres. Finalmente la comparación de las dos últimas columnas indica que el rango intercuartilico es siempre mayor en el grupo de mujeres que en el grupo de hombres.

Medidas de dispersión para H^{100} y M^{100}

En la segunda y tercera columna de (Tab. 5.4). del grupo de hombres y mujeres se observa que en los electrodos del 1- 20 los puntos máximos siempre son mayores para el grupo de mujeres y en la columna cuatro y cinco, los puntos mínimos siempre son mayores en el grupo de hombres. La comparación de la columna seis y siete indica que en todos los electrodos del 1 – 20 se presentan más outliers en el grupo de mujeres.

Se puede observar en (Tab. 5.5), la comparación de la cuarta y quinta columna indica que para todos los electrodos la mediana es mayor en el grupo de los hombres en comparación con el grupo de mujeres; los electros 2, 17 y 18 tienen medianas negativas. El electrodo 20 es el que cuenta con mayor valor de la mediana para el grupo de hombres con un valor de 0.046549; el electrodo 18 es el que cuenta con mayor valor en la mediana para el grupo de mujeres con un valor 0.0062329, la comparación de la columna dos y tres, nos indica que el valor del percentil 25 siempre es menor para el grupo de mujeres,

Electrodo	Máximos		Mínimos		Outliers	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1	25,23060	60,80100	-20,46130	-42,42450	4236	6064
2	25,08960	60,62810	-20,42580	-43,15140	4385	6027
3	24,58650	60,19380	-20,30470	-43,43660	4388	6072
4	22,39810	59,68340	-21,07260	-47,13660	4421	5767
5	23,11070	58,97630	-21,65120	-46,37080	4462	5816
6	23,19450	60,35210	-21,87440	-47,21640	4344	5805
7	26,50300	62,09320	-21,52950	-44,65350	4278	5800
8	26,20580	61,56190	-21,13020	-44,71580	4265	5849
9	26,28940	61,47050	-20,82220	-44,49820	4301	5960
10	24,66520	59,79000	-21,34370	-48,34550	4330	5867
11	24,71780	60,34300	-22,60710	-48,21100	4481	5778
12	22,58920	82,24980	-21,98400	-62,73720	4258	5776
13	27,15520	62,04730	-25,59780	-45,03790	4189	5679
14	26,68080	62,45580	-23,58090	-47,33380	4274	5699
15	25,59230	61,44470	-22,37160	-49,13190	4420	5734
16	24,20900	60,47110	-22,95930	-48,84500	4371	5789
17	28,68940	63,87520	-25,81730	-50,10930	4247	5452
18	27,64880	62,72220	-25,92250	-47,57120	4243	5780
19	26,53710	62,81610	-23,34310	-50,77800	4449	5778
20	25,97010	62,75690	-23,81530	-53,71100	4384	5716

Tabla 5.4: Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{100} y M^{100}

Ele	Percentil 25		Mediana		Percentil 75		Rango intercuartil	
	Hombres	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres
1	-2,04350	-2,80900	0,02364	-0,00842	2,11140	2,72640	4,1549	5,5354
2	-2,04200	-2,77570	0,02950	0,00093	2,10281	2,70790	4,1448	5,4836
3	-2,05120	-2,75710	0,03383	-0,00750	2,11270	2,68500	4,1639	5,4421
4	-2,09240	-2,85190	0,03813	-0,01592	2,14160	2,79770	4,2340	5,6496
5	-2,08880	-2,82810	0,03618	-0,02091	2,14160	2,76590	4,2304	5,594
6	-2,08770	-2,83520	0,03984	-0,01533	2,13310	2,77030	4,2208	5,6055
7	-2,08470	-2,89650	0,03052	-0,00814	2,15170	2,81450	4,2364	5,711
8	-2,10050	-2,10520	0,04024	-0,01325	2,18870	2,17650	4,2892	4,2817
9	-2,10520	-2,90430	0,03441	-0,00823	2,17650	2,81820	4,2817	5,7225
10	-2,17120	-2,92340	0,03694	-0,01746	2,23870	2,86130	4,4099	5,7847
11	-2,12710	-2,90040	0,03807	-0,01595	2,19110	2,84250	4,3182	5,7429
12	-2,11290	-2,90100	0,04267	-0,02379	2,16540	2,82460	4,2783	5,7256
13	-2,24050	-3,02280	0,03559	-0,00032	2,32930	2,96420	4,5698	5,987
14	-2,22720	-3,03370	0,03552	-0,01040	2,32040	2,94700	4,5476	5,9807
15	-3,01210	-3,01210	0,04266	-0,01300	2,27240	2,97080	5,2845	5,9829
16	-2,17120	-2,96830	0,03912	-0,01934	2,25420	2,91830	4,4254	5,8866
17	-2,29400	-3,24210	0,03696	0,00198	2,40650	3,18970	4,7005	6,4318
18	-2,29590	-3,09720	0,03514	0,00623	2,40350	3,03370	4,6994	6,1309
19	-2,21460	-3,08850	0,04548	-0,01552	2,31010	3,04970	4,5247	6,1382
20	-2,24790	-3,14240	0,04655	-0,02596	2,34590	3,11830	4,5938	6,2607

Tabla 5.5: Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{100} y M^{100}

Electrodo	Máximos		Mínimos		Outliers	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1	35,51140	59,55760	-28,50220	-46,88930	5899	6371
2	35,95600	58,59920	-28,67060	-46,79090	6056	6340
3	36,14650	59,05940	-28,76300	-46,78500	6102	6357
4	36,81300	57,85700	-27,82440	-45,33010	5834	6458
5	36,58680	57,60740	-28,11210	-45,62400	5821	6438
6	36,73020	57,15630	-28,44040	-47,44310	5521	6483
7	36,39090	58,50450	-28,65720	-48,16240	5734	6368
8	37,21400	58,15450	-29,27910	-47,64660	5851	75015
9	37,21280	58,47180	-29,24010	-47,70620	5989	6343
10	37,16860	57,37250	-29,22420	-45,98860	5802	6385
11	36,93950	57,70610	-29,08290	-46,51260	5700	6411
12	36,66420	57,83620	-28,55730	-48,95280	5368	6269
13	37,09110	58,10510	-29,42120	-46,60820	5386	6533
14	37,78190	60,44150	-29,84290	-51,19360	5723	6511
15	38,14330	59,36690	-30,17900	-47,21760	5589	6432
16	37,22920	58,40290	-30,18320	-47,16860	5697	6499
17	38,41120	62,61270	-30,57980	-51,80020	5307	6050
18	38,27360	60,43700	-30,52950	-50,88190	5318	6365
19	38,29050	60,53020	-30,83310	-48,29550	5564	6342
20	38,33470	62,51780	-30,80890	-50,29590	5421	6260

Tabla 5.6: Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers para H^{150} y M^{150}

mientras que las columnas seis y siete, muestra que el valor del percentil 75 siempre es menor para el grupo de hombres. La comparación de las dos últimas columnas indica que el rango intercuartílico es mayor en el grupo de mujeres que en el grupo de hombres, con excepción del electrodo 8.

Medidas de dispersión para H^{150} y M^{150}

En (Tab. 5.6) se observa en la segunda y tercera columna del grupo de hombres y mujeres que en todos los electrodos los puntos máximos siempre son mayores para el grupo de mujeres y en la cuarta y quinta columna los puntos mínimos siempre son mayores en el grupo de hombres. La comparación de la columna seis y siete indica que en todos los electrodos del 1 – 20 se presentan más outliers en el grupo de mujeres.

	Percentil 25		Mediana		Percentil 75		Rango intercuartil	
Ele	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres
1	-1,91580	-2,88670	-0,00628	-0,02327	1,92050	2,84390	3,8363	5,7306
2	-1,91180	-2,86970	-0,01262	-0,01257	1,92290	2,84760	3,8347	5,7173
3	-1,92110	-2,88220	-0,00679	-0,01873	1,92640	2,82450	3,8475	5,7067
4	-1,99640	-2,89250	0,00057	-0,00256	1,99090	2,83690	3,9873	5,7294
5	-1,98880	-2,88610	-0,00184	0,00120	1,99200	2,80660	3,9808	5,6927
6	-2,00760	-2,87740	0,00101	0,00511	1,98900	2,79590	3,9966	5,6733
7	-1,97150	-2,93930	-0,00988	-0,01011	1,96400	2,89940	3,9355	5,8387
8	-1,97780	-2,98140	-0,01396	-0,01617	1,98640	2,94680	3,9642	5,9282
9	-1,96430	-2,98640	-0,00941	-0,01180	1,97830	2,96140	3,9426	5,9478
10	-2,06800	-2,99010	-0,00518	-0,00009	2,06350	2,94020	4,1315	5,9303
11	-2,05510	-2,95750	0,00569	-0,00514	2,04790	2,88100	4,103	5,8385
12	-2,04470	-2,93410	0,00176	0,00201	2,02520	2,86380	4,0699	5,7979
13	-2,14420	-3,07010	-0,01269	-0,00786	2,14360	3,03590	4,2878	6,106
14	-2,10850	-3,05110	-0,00864	-0,00140	2,09940	3,02230	4,2079	6,0734
15	-2,12640	-3,03270	-0,03256	-0,00653	2,12500	3,00320	4,2514	6,0359
16	-2,09700	-3,00180	0,00460	-0,00788	2,07850	2,95500	4,1755	5,9568
17	-2,21680	-3,29590	-0,01317	0,00545	2,21510	3,25660	4,4319	6,5525
18	-2,22010	-3,16010	-0,01731	0,00590	2,20540	3,11970	4,4255	6,2798
19	-2,16240	-3,11390	0,00335	0,00222	2,15360	3,10060	4,316	6,2145
20	-2,19890	-3,20480	-0,00219	0,06836	2,21100	3,17480	4,4099	6,3796

Tabla 5.7: Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^{150} y M^{150}

Es posible afirmar según la (Tab.5.7), la comparación de la cuarta y quinta columna indica que para los electrodos 1, 3,4, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 18, 19 la mediana es mayor en el grupo de los hombres en comparación con el grupo de mujeres; en los electrodos 5, 6, 12, 13, 14, 15, 17 y 20 la mediana es mayor en el grupo de mujeres en comparación con el grupo de hombres. El electrodo 16 es el que cuenta con mayor valor de la mediana para el grupo de hombres con un valor de 0,004596; el electrodo 20 es el que cuenta con mayor valor en la mediana para el grupo de mujeres con un valor 0,068364 La comparación de la segunda y tercera columna, nos indica que el valor del percentil 25 siempre es menor para el grupo de mujeres, mientras que la columna seis y siete muestra que el valor del percentil 75 siempre es menor para el grupo de hombres. Finalmente la comparación de las dos últimas columnas indica que el rango intercuartilico es siempre mayor en el grupo de mujeres que en el grupo de hombres.

Medidas de dispersión para H^E y M^E

En la segunda y tercera columna de la (Tab. 5.8). se observa que en todos los electrodos los puntos máximos siempre son mayores para el grupo de mujeres y en la cuarta y quinta columna los puntos mínimos siempre son mayores en el grupo de hombres. La comparación de la columna seis y siete indica que en todos los electrodos del 1 – 20 se presentan más outliers en el grupo de mujeres.

Es posible afirmar según (Tab. 5.9), la comparación de la cuarta y quinta columna indica que para los electrodos 1, 3,4, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 18, 19 la mediana es mayor en el grupo de los hombres en comparación con el grupo de mujeres; en los electrodos 5, 6, 12, 13, 14, 15, 17 y 20 la mediana es mayor en el grupo de mujeres en comparación con el grupo de hombres. El electrodo 16 es el que cuenta con mayor valor de la mediana para

Electrodo	Máximos		Mínimos		Outliers	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1	41,93580	60,06340	-31,63950	-56,09530	13228	15197
2	42,05140	60,44030	-31,56670	-55,97960	13543	15234
3	42,37770	60,49490	-31,80090	-56,30080	13544	15378
4	42,58280	66,01450	-31,83490	-57,75760	13652	15671
5	42,67060	65,18450	-31,68930	-57,71810	13403	15699
6	41,97970	66,99450	-31,05380	-57,42770	12822	15440
7	43,16620	60,78450	-32,81750	-56,33460	13016	15278
8	42,43980	61,37500	-32,41550	-56,43800	13172	15182
9	42,61470	61,42100	-32,20290	-56,76640	13163	15305
10	43,67010	66,64180	-33,24760	-57,93220	13072	15351
11	43,85960	66,93880	-32,78600	-58,17620	13076	15495
12	42,48190	68,64130	-31,63210	-58,11370	12740	15147
13	44,88280	61,92140	-33,07700	-57,61830	12671	15056
14	43,66960	63,22110	-32,80190	-57,59060	12770	15308
15	44,16280	68,12940	-33,60330	-58,32480	12981	15052
16	44,19660	67,86160	-33,38180	-58,56980	13069	15065
17	45,05780	64,13600	-34,26220	-57,62080	12503	14794
18	44,95280	63,23330	-36,85720	-57,63390	12828	15351
19	44,27120	68,82000	-33,59350	-58,99140	12919	14932
20	44,45530	70,21880	-33,65070	-58,84560	12898	14547

Tabla 5.8: Tabla comparativa máximos, mínimos y outliers H^E y M^E

Ele	Percentil 25		Mediana		Percentil 75		Rango intercuartil	
	Hombre	Mujeres	Hombre	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombre	Mujeres
1	-2,1240	-3,1918	0,0040	-0,0352	2,1295	3,1246	4,2535	6,3164
2	-2,1191	-3,1767	0,0060	-0,0354	2,1338	3,1045	4,2529	6,2812
3	-2,1272	-3,1459	0,0117	-0,0340	2,1369	3,0806	4,2641	6,2265
4	-2,1730	-3,1867	0,0080	-0,0427	2,1663	3,1001	4,3393	6,2868
5	-2,1816	-3,1749	0,0039	-0,0499	2,1800	3,0753	4,3616	6,2502
6	-2,1803	-3,1922	0,0026	-0,0468	2,1830	3,0958	4,3633	6,288
7	-2,1817	-3,2751	0,0036	-0,0196	2,1778	3,1977	4,3595	6,4728
8	-2,1854	-3,3054	0,0106	-0,0264	2,1989	3,2271	4,3843	6,5325
9	-2,1932	-3,2981	0,0097	-0,0320	2,2001	3,2108	4,3933	6,5089
10	-2,2724	-3,3161	0,0064	-0,0356	2,2728	3,2158	4,5452	6,5319
11	-2,2427	-3,2672	0,0037	-0,0356	2,2486	3,1750	4,4913	6,4422
12	-2,2112	-3,2408	0,0022	-0,0419	2,2180	3,1544	4,4292	6,3952
13	-2,3498	-3,4155	0,0060	-0,0285	2,3638	3,3286	4,7136	6,7441
14	-2,3422	-3,3910	0,0097	-0,0287	2,3432	3,3121	4,6854	6,7031
15	-2,3142	-3,4090	0,0078	-0,0375	2,3226	3,3157	4,6368	6,7247
16	-2,2849	-3,3749	0,0046	-0,0348	2,2880	3,2781	4,5729	6,653
17	-2,4230	-3,6221	0,0634	-0,0225	2,4390	3,5652	4,862	7,1873
18	-2,4264	-3,4915	0,0036	-0,0281	2,4342	3,4076	4,8606	6,8991
19	-2,3469	-3,5121	0,0091	-0,0335	2,3575	3,4163	4,7044	6,9284
20	-2,3700	-3,5866	0,0094	-0,0281	2,3885	3,5176	4,7585	7,1042

Tabla 5.9: Tabla comparativa percentil 25, mediana, percentil 75 y rango intercuartil para H^E y M^E

el grupo de hombres con un valor de 0,004596; el electrodo 20 es el que cuenta con mayor valor en la mediana para el grupo de mujeres con un valor 0,068364. Las medianas de todos los electrodos, correspondientes al grupo de mujeres, son negativas. La comparación de la segunda y tercera columna, nos indica que el valor del percentil 25 siempre es menor para el grupo de mujeres, mientras que las columnas seis y siete indican que el valor del percentil 75 siempre es menor para el grupo de hombres. Finalmente la comparación de las dos últimas columnas indica que el rango intercuartilico es siempre mayor en el grupo de mujeres que en el grupo de hombres.

5.3. Pruebas Normalidad y homocedasticidad

5.3.1. Prueba Normalidad

Se realiza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para cada una de las matrices en el programa SPSS para determinar si la distribución de los datos es normal. (Anex. B)

Además se realiza una prueba gráfica de normalidad en MATLAB que confirma los resultados obtenidos con la prueba Kolmogorov-Smirnov.

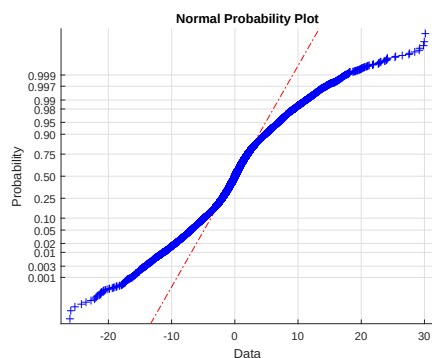
HIPÓTESIS NULA

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

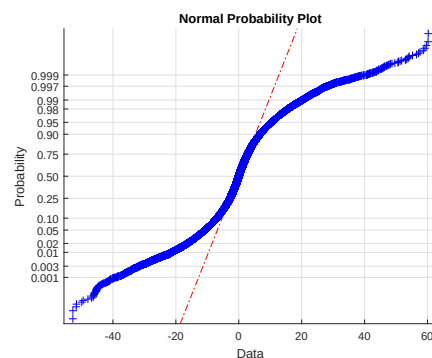
HIPÓTESIS ALTERNATIVA

H_1 : Los datos no se distribuyen normalmente

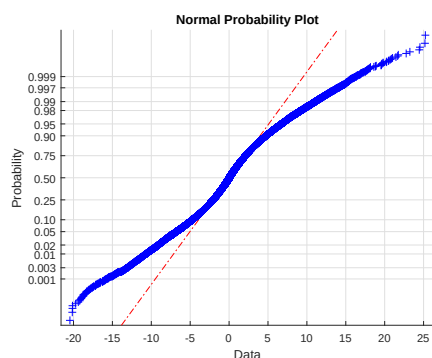
A continuación se muestran las tablas de prueba de normalidad, (Tab. 5.10, Tab. 5.11, Tab. 5.12, Tab. 5.13, Tab. 5.14, Tab. 5.15, Tab. 5.16, Tab. 5.17, Tab. 5.18, Tab. 5.19) compuestas por cuatro columnas, la primera de ellas corresponde a cada uno de los



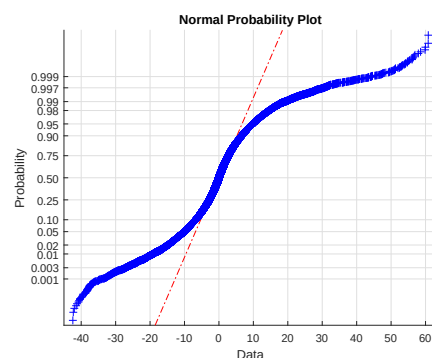
(a) Prueba normalidad 50° electrodo 1 hombres



(b) Prueba normalidad 50° electrodo 1 mujeres



(c) Prueba normalidad 100° electrodo 1 hombres



(d) Prueba normalidad 100° electrodo 1 mujeres

Figura 5.2: Pruebas normalidad

electrodos según el ángulo de rotación, la segunda columna corresponde al Estadístico, la tercera columna corresponde a los grados de libertad (gl) y la cuarta a la significación del estadístico (Sig.) que debe ser mayor a 0.05 para aceptar la hipótesis nula. (Fig. 5.2)

Así mismo se incluyen las figuras que muestran de forma cualitativa la prueba de normalidad. Cada uno de los 150.000 datos de las columnas de cada una de las matrices son representados por un “+”, las líneas rojas punteadas representan el primer y tercer cuartil, de los datos de cada sujeto. Entre más normal sea la distribución de los datos, más lineal debe ser, sobreponiéndose a la línea de referencia.

Al observar las figuras es posible afirmar que los datos no tienen una distribución normal, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,065	154000	,000
2	,055	154000	,000
3	,056	154000	,000
4	,056	154000	,000
5	,055	154000	,000
6	,055	154000	,000
7	,050	154000	,000
8	,054	154000	,000
9	,054	154000	,000
10	,058	154000	,000
11	,053	154000	,000
12	,040	154000	,000
13	,052	154000	,000
14	,053	154000	,000
15	,058	154000	,000
15	,054	154000	,000
17	,051	154000	,000
18	,045	154000	,000
19	,059	154000	,000
20	,059	154000	,000

Tabla 5.10: Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 1

Normalidad hombres

Sujeto 1: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal. (Tab. 5.10).

Sujeto 2: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.11).

Sujeto 3: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.12).

Sujeto 4: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,046	155000	,000
2	,038	155000	,000
3	,034	155000	,000
4	,040	155000	,000
5	,041	155000	,000
6	,075	155000	,000
7	,039	155000	,000
8	,032	155000	,000
9	,031	155000	,000
10	,037	155000	,000
11	,035	155000	,000
12	,057	155000	,000
13	,024	155000	,000
14	,026	155000	,000
15	,029	155000	,000
15	,030	155000	,000
17	,025	155000	,000
18	,021	155000	,000
19	,025	155000	,000
20	,024	155000	,000

Tabla 5.11: Pruebas de normalidad aplicadas a hombre:sujeto 2

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,157	155500	,000
2	,158	155500	,000
3	,158	155500	,000
4	,158	155500	,000
5	,159	155500	,000
6	,158	155500	,000
7	,154	155500	,000
8	,153	155500	,000
9	,154	155500	,000
10	,155	155500	,000
11	,157	155500	,000
12	,159	155500	,000
13	,151	155500	,000
14	,150	155500	,000
15	,152	155500	,000
15	,155	155500	,000
17	,144	155500	,000
18	,154	155500	,000
19	,151	155500	,000
20	,151	155500	,000

Tabla 5.12: Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 3

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,037	152500	,000
2	,036	152500	,000
3	,036	152500	,000
4	,036	152500	,000
5	,034	152500	,000
6	,037	152500	,000
7	,036	152500	,000
8	,037	152500	,000
9	,035	152500	,000
10	,032	152500	,000
11	,033	152500	,000
12	,034	152500	,000
13	,033	152500	,000
14	,031	152500	,000
15	,032	152500	,000
15	,032	152500	,000
17	,030	152500	,000
18	,033	152500	,000
19	,031	152500	,000
20	,031	152500	,000

Tabla 5.13: Pruebas de normalidad aplicada a hombre: sujeto 4

hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.13).

Sujeto 5: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal. (Tab. 5.14).

Normalidad Mujeres

Sujeto 1: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.15).

Sujeto 2: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.16).

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,131	153500	,000
2	,130	153500	,000
3	,130	153500	,000
4	,126	153500	,000
5	,127	153500	,000
6	,126	153500	,000
7	,128	153500	,000
8	,129	153500	,000
9	,128	153500	,000
10	,122	153500	,000
11	,123	153500	,000
12	,125	153500	,000
13	,121	153500	,000
14	,123	153500	,000
15	,121	153500	,000
15	,121	153500	,000
17	,121	153500	,000
18	,121	153500	,000
19	,120	153500	,000
20	,119	153500	,000

Tabla 5.14: Pruebas de normalidad aplicadas a hombre: sujeto 5

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,184	159500	,000
2	,184	159500	,000
3	,184	159500	,000
4	,183	159500	,000
5	,183	159500	,000
6	,180	159500	,000
7	,180	159500	,000
8	,180	159500	,000
9	,181	159500	,000
10	,180	159500	,000
11	,180	159500	,000
12	,180	159500	,000
13	,176	159500	,000
14	,176	159500	,000
15	,176	159500	,000
15	,176	159500	,000
17	,171	159500	,000
18	,173	159500	,000
19	,173	159500	,000
20	,170	159500	,000

Tabla 5.15: Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 1

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,023	153000	,000
2	,025	153000	,000
3	,020	153000	,000
4	,037	153000	,000
5	,039	153000	,000
6	,039	153000	,000
7	,028	153000	,000
8	,035	153000	,000
9	,031	153000	,000
10	,027	153000	,000
11	,034	153000	,000
12	,038	153000	,000
13	,028	153000	,000
14	,027	153000	,000
15	,031	153000	,000
15	,035	153000	,000
17	,017	153000	,000
18	,015	153000	,000
19	,035	153000	,000
20	,037	153000	,000

Tabla 5.16: Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 2

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,186	157500	,000
2	,186	157500	,000
3	,186	157500	,000
4	,186	157500	,000
5	,187	157500	,000
6	,187	157500	,000
7	,186	157500	,000
8	,185	157500	,000
9	,185	157500	,000
10	,186	157500	,000
11	,186	157500	,000
12	,187	157500	,000
13	,184	157500	,000
14	,184	157500	,000
15	,185	157500	,000
15	,185	157500	,000
17	,183	157500	,000
18	,184	157500	,000
19	,185	157500	,000
20	,185	157500	,000

Tabla 5.17: Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 3

Sujeto 3: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.17).

Sujeto 4: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.18).

Sujeto 5: Como el valor de Sig en todos los casos es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir, que los datos no tienen una distribución normal (Tab. 5.19).

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,124	154000	,000
2	,125	154000	,000
3	,127	154000	,000
4	,123	154000	,000
5	,124	154000	,000
6	,123	154000	,000
7	,125	154000	,000
8	,124	154000	,000
9	,125	154000	,000
10	,122	154000	,000
11	,122	154000	,000
12	,122	154000	,000
13	,123	154000	,000
14	,123	154000	,000
15	,121	154000	,000
15	,122	154000	,000
17	,120	154000	,000
18	,123	154000	,000
19	,119	154000	,000
20	,118	154000	,000

Tabla 5.18: Pruebas de normalidad aplicadas a mujer: sujeto 4

Pruebas de normalidad			
Electrodo	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
1	,098	152000	,000
2	,097	152000	,000
3	,097	152000	,000
4	,094	152000	,000
5	,094	152000	,000
6	,097	152000	,000
7	,098	152000	,000
8	,095	152000	,000
9	,095	152000	,000
10	,092	152000	,000
11	,093	152000	,000
12	,100	152000	,000
13	,093	152000	,000
14	,093	152000	,000
15	,091	152000	,000
15	,093	152000	,000
17	,083	152000	,000
18	,089	152000	,000
19	,091	152000	,000
20	,090	152000	,000

Tabla 5.19: Pruebas de normalidad aplicadas a mujer:sujeto 5

5.3.2. Prueba homocedasticidad

Se realiza la prueba de LEVENE para comprobar si las varianzas son homogéneas para cada uno de los ángulos de rotación en los grupos de hombres y mujeres; la prueba se realiza en MATLAB.

HIPÓTESIS NULA

$H_0: \sigma = \sigma$ Las varianzas del conjunto de datos son iguales

HIPÓTESIS ALTERNATIVA

$H_1: \sigma \neq \sigma$ Las varianzas del conjunto de datos son diferentes

En (Tab. 5.20) que se genera a partir del test de Levene está compuesta por siete columnas, la primera de ellas corresponde al número del electrodo, la segunda y tercera columna indican el valor del estadístico F y la probabilidad de este estadístico para los datos correspondientes al ángulo de rotación de 50°; la cuarta y quinta columna indican el valor del estadístico F y la probabilidad de este estadístico para los datos correspondientes al ángulo de rotación de 100°; la sexta y séptima columna indican el valor del estadístico F y la probabilidad de este estadístico para los datos correspondientes al ángulo de rotación de 150°.

Mientras más similares sean las varianzas, el valor de la probabilidad del estadístico F tomará un valor más próximo a 1.

Teniendo en cuenta que Probabilidad asociada al estadístico $F = 0.0000$ en todos los casos, y este valor es menor al valor de significación nominal 0.05 es posible afirmar que no se cumple el supuesto de homocedasticidad, se rechaza H_0 . (Tab. 5.20)

doce tablas

TEST DE LEVENE						
Electrodo	50°		100°		150°	
	F	Probability	F	Probability	F	Probability
1	5031.4899	0.0000	4522.5946	0.0000	5548.7601	0.0000
2	4865.5606	0.0000	4333.6408	0.0000	5355.9186	0.0000
3	4723.5945	0.0000	4082.8186	0.0000	5228.1381	0.0000
4	4616.6382	0.0000	4175.9075	0.0000	4908.0846	0.0000
5	4459.3305	0.0000	3987.0442	0.0000	4785.9162	0.0000
6	4641.5197	0.0000	4187.2825	0.0000	4915.2156	0.0000
7	4974.3489	0.0000	4688.5186	0.0000	5583.0216	0.0000
8	5081.6607	0.0000	4623.6143	0.0000	5709.4795	0.0000
9	5107.2183	0.0000	4619.1508	0.0000	5772.9581	0.0000
10	4493.5901	0.0000	4004.8432	0.0000	4865.7709	0.0000
11	4447.8716	0.0000	4035.9588	0.0000	4698.2243	0.0000
12	4584.3157	0.0000	4369.9328	0.0000	4891.7930	0.0000
13	4289.9347	0.0000	4080.0231	0.0000	5230.2915	0.0000
14	4380.4441	0.0000	4062.7776	0.0000	5149.1795	0.0000
15	485.2843	0.0000	4167.9266	0.0000	4894.7218	0.0000
16	4534.6832	0.0000	4201.7462	0.0000	4868.9756	0.0000
17	4712.6740	0.0000	4791.2954	0.0000	5760.5732	0.0000
18	2309.8467	0.0000	3973.7201	0.0000	5090.6032	0.0000
19	4606.4183	0.0000	4434.2717	0.0000	5144.3544	0.0000
20	4799.2965	0.0000	4599.4020	0.0000	5284.1523	0.0000

Tabla 5.20: Tabla prueba homocedasticidad

5.4. Análisis de varianzas utilizando kruskall wallis

A partir de los resultados en la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov que indica que los datos no tienen una distribución normal, y de la prueba de homocedasticidad que indica que las varianzas no son homogéneas, se realiza un análisis de varianza utilizando la prueba no paramétrica Kruskall – Wallis en MATLAB.

HIPOTESIS NULA:

H_0 = No hay diferencias significativas entre los grupos.

HIPOTESIS ALTERNATIVA:

H_1 = Hay diferencias significativas entre los grupos.

Las tablas (Tab. 5.21, Tab. 5.22, Tab. 5.23, Tab. 5.24, Tab. 5.25) generadas a partir de la prueba están compuestas por tres columnas, la primera de ellas indica el número del electrodo, la segunda el valor de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado y la tercera la probabilidad del estadístico Chi cuadrado. Se rechaza la hipótesis nula si de la probabilidad de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado es menor a 0.05.

5.4.1. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^{50} y M^{50}

Según los datos contenidos en (Tab. 5.21) de análisis de varianza kruskall wallis con ángulo de 50° se evidencia que no hay diferencias significativas entre hombre y mujeres en relación con la actividad cerebral ya que ningún valor de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado es menor a 0.05.

5.4.2. Kruskall- Wallis tabla covarianza para H^{100} y M^{100}

Según los datos contenidos en (Tab. 5.22) de análisis de varianza kruskall wallis con ángulo de 100° se evidencia que en todos los electrodos hay diferencias significativas entre

N° de electrodo	Chi – sq	Prob > chi sq
1	0.65	0.4201
2	0.32	0.5733
3	0.23	0.6303
4	0.01	0.9031
5	0.04	0.8476
6	0.38	0.5362
7	0.56	0.4546
8	0.39	0.5327
9	0.18	0.6693
10	0.05	0.8313
11	0.17	0.6833
12	0.57	0.4497
13	0.07	0.7948
14	0.09	0.7656
15	0.1	0.7463
16	0.3	0.584
17	0	0.9892
18	0.15	0.6999
19	0.31	0.5803
20	0.47	0.4928

Tabla 5.21: Tabla covarianza H^{50} y M^{50}

Número de electrodo	Chi – sq	Prob chi sq
1	6.12	0.0134
2	6	0.0143
3	7.03	0.008
4	8.75	0.0031
5	8.68	0.0032
6	9.54	0.002
7	6.52	0.0107
8	6.74	0.0094
9	6.9	0.0086
10	8.61	0.0033
11	9.4	0.0022
12	11.24	0.0008
13	6.48	0.0109
14	7.45	0.0064
15	9.13	0.0025
16	10.07	0.0015
17	5.16	0.0231
18	5.59	0.0181
19	9.87	0.0017
20	9.27	0.0023

Tabla 5.22: Tabla covarianza H^{100} y M^{100}

hombre y mujeres en relación con la actividad cerebral, dado que todos los valores de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado cuadrados son menores a 0.05, se destaca que el menor valor se presentó en el electro 12 donde $0.0008 > 0.05$ y el mayor valor en el electrodo 17 donde $0.0231 > 0.05$.

5.4.3. Kruskal- Wallis tabla covarianza para H^{150} y M^{150}

Según los datos contenidos en (Tab. 5.23) de análisis de varianza kruskall wallis con ángulo de 150° se evidencia que no hay diferencias significativas entre hombre y mujeres en relación con la actividad cerebral, dado que todos los valores de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado son mayores que 0.05.

5.4.4. Kruskal- Wallis tabla covarianza para H^E y M^E

Según los datos contenidos en (Tab. 5.24) de análisis de varianza kruskall wallis con imagen en espejo se evidencia que en diecinueve de los 20 electrodos hay diferencias significativas entre hombre y mujeres en relación con la actividad cerebral, dado que todos los valores de la probabilidad del estadístico Chi Cuadrado son menores a 0.05, se destaca que el menor valor entre los diecinueve se presentó en el electro 6 donde $0.0004 > 0.05$ y el mayor valor en el electrodo 7 donde $0.0226 > 0.05$.

Basados en las comparaciones generadas por los Anova Kruskall wallis, en los diferentes ángulos de rotación se evidencia que:

En las tareas de rotación mental se presentan diferencias en la activación cerebral entre hombres y mujeres, mostrando en general mayor activación en los hombres.

Sin embargo basado en esta prueba no paramétrica, el ángulo de 100° y los estímulos de imágenes espejo presentan una diferencia significativa, que evidencia mayores valores

Número de electrodo	Chi – sq	Prob chi sq
1	1.16	0.2807
2	0.7	0.4037
3	0.79	0.3743
4	0.46	0.4977
5	0.39	0.5325
6	0.28	0.5938
7	0.43	0.5111
8	0.31	0.5747
9	0.31	0.5798
10	0.19	0.6617
11	0.32	0.5704
12	0.21	0.6478
13	0.05	0.8187
14	0.01	0.9208
15	0.14	0.7132
16	0.34	0.5587
17	0.01	0.9037
18	0.1	0.7543
19	0.06	0.812
20	0.1	0.7518

Tabla 5.23: Tabla covarianza H^{150} y M^{150}

Número de electrodo	Chi – sq	Prob chi sq
1	8.52	0.0035
2	10.59	0.0011
3	11.1	0.0009
4	11.6	0.0009
5	12.23	0.0005
6	12.77	0.0004
7	5.2	0.0226
8	7.74	0.0054
9	9.56	0.002
10	8.93	0.0028
11	9.34	0.0022
12	11.9	0.0006
13	6.91	0.0086
14	7.05	0.0079
15	8.79	0.003
16	8.93	0.0028
17	3.79	0.0515
18	6.09	0.0136
19	8.8	0.003
20	6.7	0.0096

Tabla 5.24: Tabla covarianza H^E y M^E

de potencia EEG en hombres.

5.5. Análisis posición electrodos usando curvas de nivel

A continuación se realiza un analisis de la posición de los electrodos utilizando curvas de nivel para cada genero en cada ángulo de rotación. La barra de colores que se muestra a la derecha de las imágenes (Fig. 5.3, Fig. 5.6, Fig. 5.9, Fig. 5.12, Fig. 5.15, Fig. 5.18, Fig. 5.21, Fig. 5.24). Indica el potencial electrico medido en Micro voltios (μ V). Las letras E mayusculas con los números representan el posicionamiento de cada uno de los electrodos

5.6. Análisis posición electrodos usando curvas de nivel en hombres

Se presenta (Tab. 5.25) con los datos correspondientes al potencial electrico de los electrodos para el grupo de hombres para cada uno de los ángulos de rotación (50° 100° 150° e Imágenes Espejo). Los valores de cada recuadro reflejan el promedio de los 150.000 datos obtenidos del potencial electrico de cada uno de los electrodos para cada sujeto. Así mismo, se presenta un análisis por hemisferios teniendo en cuenta los valores del potencial eléctrico en cada uno de los electrodos.

5.6.1. Descripción de curvas de nivel H^{50}

En la imagen (Fig. 5.3) se observa sobre el hemisferio izquierdo alrededor del electrodo 18, doce curvas concéntricas aparentemente equidistantes con una gran aproximación

GRUPO DE HOMBRES					
ELECTRODO	HEMISFERIO	50°	100°	150°	ESPEJO
1	Izquierdo	0,006076	0,03182	-0,01652	-0,004408
2	Izquierdo	0,005619	0,03229	-0,01647	-0,004529
3	Izquierdo	0,00536	0,03304	-0,01739	-0,004744
4	Derecho	0,008166	0,03545	-0,01564	-0,005008
5	Derecho	0,007962	0,03321	-0,01474	-0,0051
6	Derecho	0,009013	0,03345	-0,01489	-0,005062
7	Izquierdo	0,005846	0,03416	-0,01796	-0,00389
8	Izquierdo	0,004144	0,03382	-0,01666	-0,004167
9	Izquierdo	0,003837	0,03513	-0,01757	-0,004558
10	Derecho	0,006395	0,03629	-0,01696	-0,005369
11	Derecho	0,007275	0,03462	-0,01602	-0,005156
12	Derecho	0,008418	0,03529	-0,01594	-0,004852
13	Izquierdo	0,002111	0,02673	-0,01315	-0,002301
14	Izquierdo	0,007744	0,0382	-0,0177	-0,005218
15	Derecho	0,005565	0,03959	-0,01802	-0,005145
16	Derecho	0,003851	0,02289	-0,0105	-0,003111
17	Izquierdo	0,0003874	0,02782	-0,01267	-0,002401
18	Izquierdo	0,02601	0,03699	-0,01935	-0,006969
19	Derecho	0,004744	0,04096	-0,01858	-0,004817
20	Derecho	0,002961	0,02547	-0,01228	-0,002722

Tabla 5.25: Tabla comparativa actividad cerebral en hombre

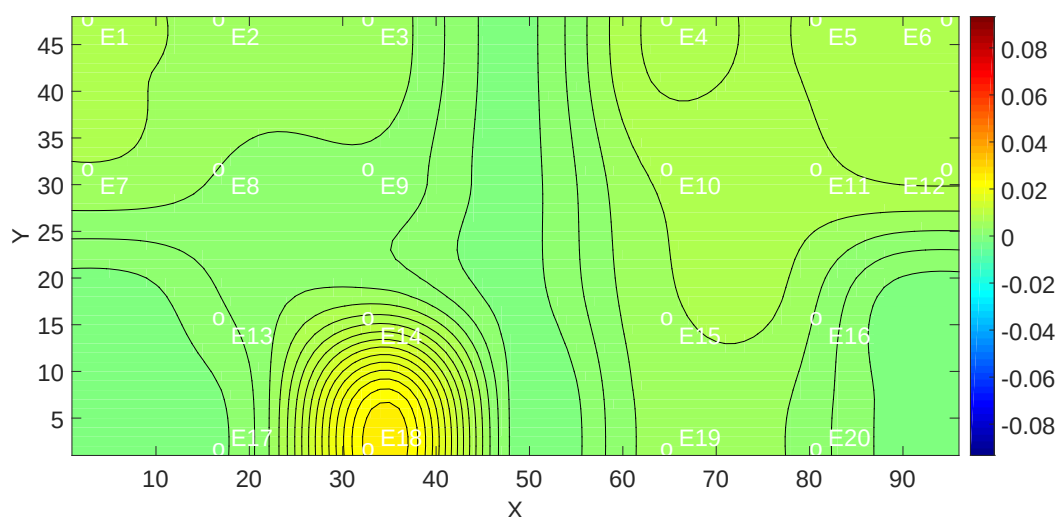


Figura 5.3: Gráfica curvas de nivel hombres angulo 50°

entre ellas, lo que indica que en este punto se encuentra la máxima pendiente en la gráfica, por lo anterior es posible afirmar que en esta zona hay un máximo crecimiento y por lo tanto el electrodo 18 representa el máximo global. El valor de los micro voltios (μV) desde donde inicia el crecimiento es de $0.003218 \mu V$ y su punto máximo en el electrodo 18 es $0.02674 \mu V$. De igual forma en la parte superior izquierda de la gráfica se observan ondulaciones en la superficie con un pequeño aumento de elevación cerca al electrodo 1 con $0.00606 \mu V$, mientras que las zonas cercanas E2, E3 y E7 muestran una intensidad de $0.00558 \mu V$, $0.005322 \mu V$ y $0.00564 \mu V$ respectivamente. Estas mismas características se observan en el hemisferio derecho con una elevación moderada en la zona de los electrodos 4, 5, 6, 10, 11 y 12, con un máximo local en E6 en el que se muestra un valor de $0.009013 \mu V$, respecto a la zona de los electrodos 15, 16, 19 y 20, con un mínimo local en E20 con $0.002969 \mu V$. En la zona central, en el cuerpo calloso, se identifican líneas verticales paralelas que indican según la tonalidad del color un desnivel cóncavo. (Fig. 5.3).

Actividad cerebral hombres: hemisferio izquierdo 50°

Para el ángulo de rotación correspondiente a 50° los electrodos 1,2,3,7,8,9,13,14,17 y 18 corresponden al hemisferio izquierdo en el registro de la actividad cerebral para este conjunto de electrodos se puede observar que.

Electrodo 18, seguido por el electrodo 14 son los de mayor activación; de igual forma es posible afirmar que los que tienen menor activación son el electrodo 17 y el electrodo 13. (Fig. 5.4).

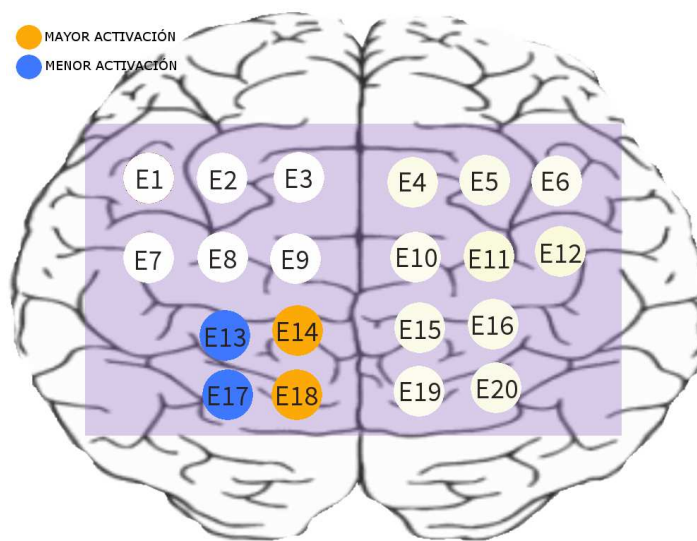


Figura 5.4: hemisferio izquierdo 50° hombres

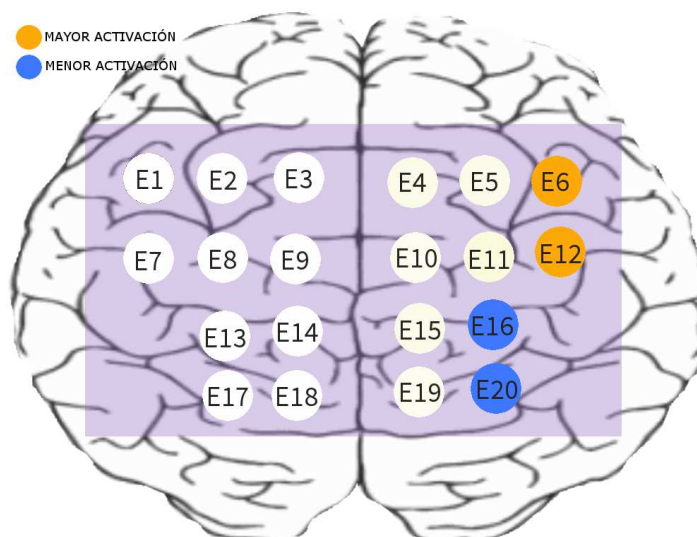


Figura 5.5: hemisferio derecho 50° hombres

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	<	5
3	<	4
7	<	12
8	<	11
9	<	10
13	<	16
14	>	15
17	<	20
18	>	19

Tabla 5.26: Cuadro comparativo ángulo 50° hombres

Actividad cerebral hombres:hemisferio derecho 50°

Por otra parte, el hemisferio derecho en el cual se encuentran localizados los electrodos 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 19 y 20; los electrodos que presentan mayor activación en esta zona son el 6 y 12 y los que presentan menor activación son los electrodos 20 y el 16. (Fig. 5.5).

Observaciones generales para H^{50}

Al observar los resultados de la actividad eléctrica de forma general para el ángulo de rotación de 50° se evidencia: 1. mayor activación en los electrodos 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16 y 20 correspondientes al hemisferio derecho.

2. Menor activación de los electrodos 3, 2, 1, 9, 8, 7, 13, 17, correspondientes al hemisferio izquierdo y los cuales su posicionamiento es equivalente a los del hemisferio derecho.

3. Los electrodos 15 y 19 del hemisferio derecho, que presentan menor activación en comparación con sus pares del hemisferio izquierdo los electrodos 14 y 18. (Tab. 5.26).

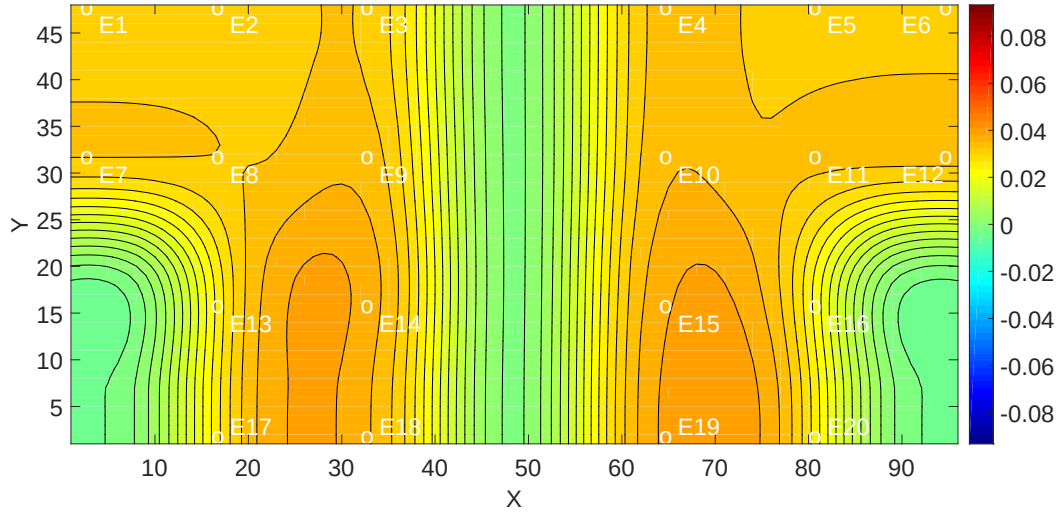


Figura 5.6: Gráfica curvas de nivel hombres angulo 100°

5.6.2. Descripción de curvas de nivel H^{100}

Sobre los dos hemisferios, izquierdo y derecho, se observan 11 y 12 curvas paralelas uniformemente espaciadas, con un gran proximidad entre ellas, convexas que forma contornos alrededor de un punto bajo, y cuyas cotas van disminuyendo por lo que se indica la existencia de una depresión con una pendiente muy inclinada; el valor de los micro voltios desde donde inicia el decrecimiento es de $0.03366 \mu V$ en E8 y su punto mínimo en la zona inferior izquierda donde no se ubica ningún electrodo con $-0.00528 \mu V$. Por otra parte se observan dos curvas uniformes en forma de U próximas a los electrodos 14 y 18, con una amplia distancia entre ellas que indican un cambio de pendiente positiva suave, por lo cual es posible afirmar que esta superficie representa un máximo local con $0.04099 \mu V$ entre la zona E17 y E18. De igual forma sucede en el hemisferio derecho, en el que se observan dos curvas uniformes en forma de U próximas a los electrodos 15 y 19, con una amplia distancia entre ellas que indican un cambio de pendiente positiva suave, por lo cual es posible afirmar que esta superficie también representa un máximo local entre E15 y E19 con $0.04269 \mu V$. (Fig. 5.6).

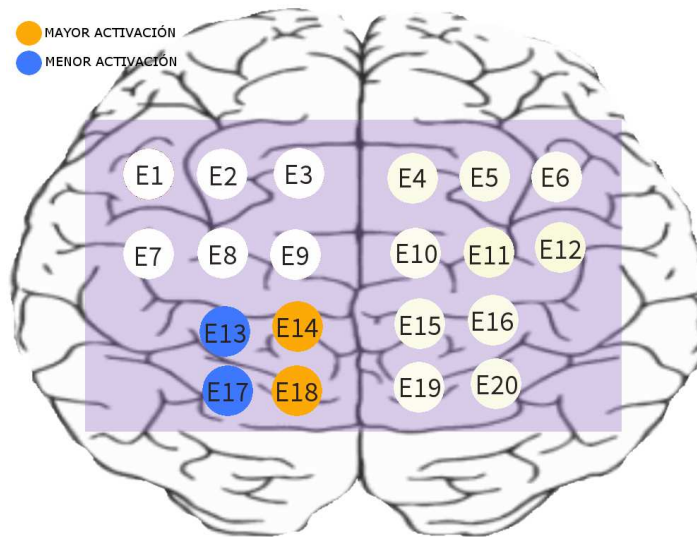


Figura 5.7: hemisferio izquierdo 100° hombres

Actividad cerebral hombres: hemisferio derecho 100°

Los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo para el ángulo de rotación de 100° son el 14 y el 18; mientras que los que muestran menor activación son los electrodos 13 y 17. (Fig.5.7).

Actividad cerebral hombres: hemisferio derecho 100°

Por otra parte los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio derecho son el 15 y el 19; mientras que los que presentan menor activación son los electrodos 16 y 20. (Fig. 5.8).

Observaciones generales para actividad cerebral H^{100}

Al contrastar la actividad cerebral de los dos hemisferios para el ángulo de rotación de 100° se puede observar:

1. Mayor actividad eléctrica en los electrodos 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15 y 19 correspondientes al hemisferio derecho. en comparación con sus equivalentes del hemisferio izquierdo.

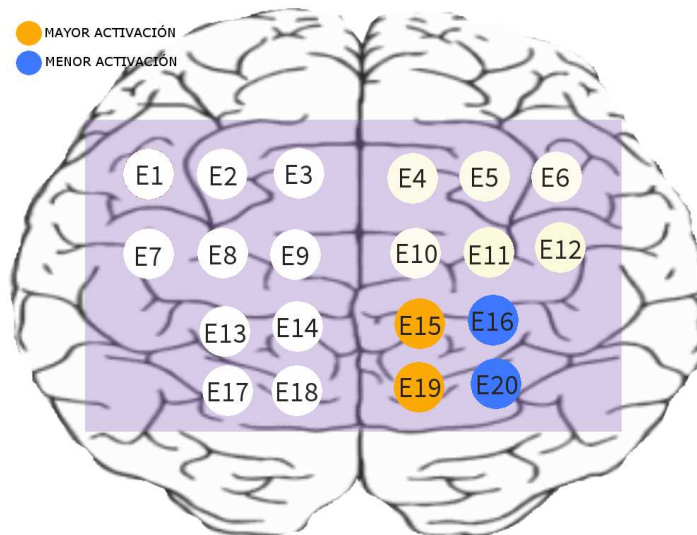


Figura 5.8: hemisferio derecho 100° hombres

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	<	5
3	<	4
7	<	12
8	<	11
9	<	10
13	>	16
14	<	15
17	>	20
18	<	19

Tabla 5.27: Cuadro comparativo ángulo 100° hombres

2. los electrodos 16 y 20 que son los que presentan una actividad eléctrica más baja en comparación con sus pares del hemisferio izquierdo, los electrodos 13 y 17. (Tab. 5.27).

5.6.3. Descripción de curvas de nivel H^{150}

Sobre los dos hemisferios, izquierdo y derecho, se observan 12 curvas paralelas uniformemente espaciadas, con una gran proximidad entre ellas, convexas que forman contornos alrededor de un punto alto, y cuyas cotas van aumentando por lo que se indica la existencia de una elevación en la superficie con una gran pendiente. Para el hemisferio izquierdo

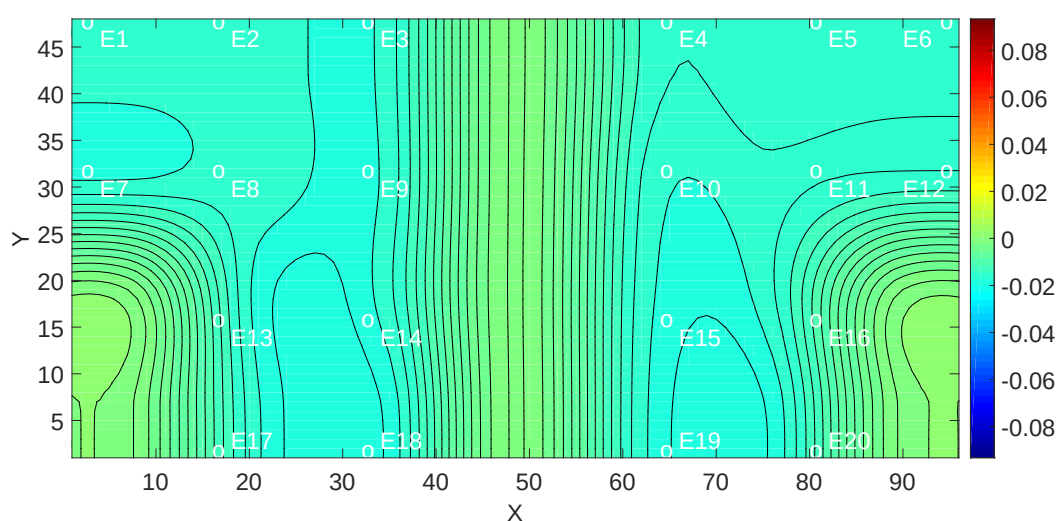


Figura 5.9: Gráfica curvas de nivel hombres ángulo 100°

el valor de los micro voltios desde donde inicia el crecimiento es de $-0.01579 \mu V$ en la zona comprendida entre E8 y E13 y su punto máximo en la zona inferior izquierda donde no se ubica ningún electrodo con $0.002661 \mu V$. En el hemisferio derecho en la ubicación del electrodo 10, 15, 19 se encuentran dos curvas uniformes en forma de U con una amplia distancia entre ellas que indican un cambio de pendiente negativa suave. El decrecimiento inicia cerca al electrodo 10 con $-0.01725 \mu V$ hasta llegar a su punto mínimo en $-0.02 \mu V$. En este sentido es posible afirmar que la zona comprendida entre el electrodo 19 y 20 se encuentra un mínimo global.(Fig. 5.9).

Actividad cerebral hombres: hemisferio izquierdo 150° .

Para el ángulo de 150° los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo, en el grupo de los hombres, son el 13 y 17, mientras que los que muestran menor activación son el 18 y el 8.(Fig. 5.10).

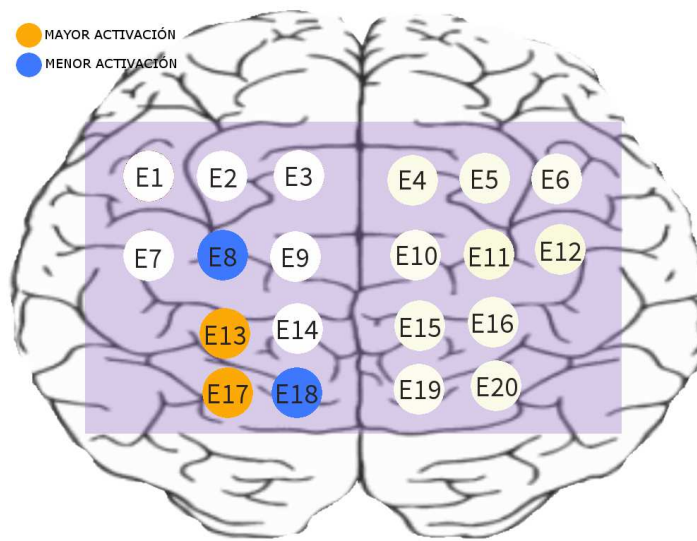


Figura 5.10: hemisferio izquierdo 150° hombres

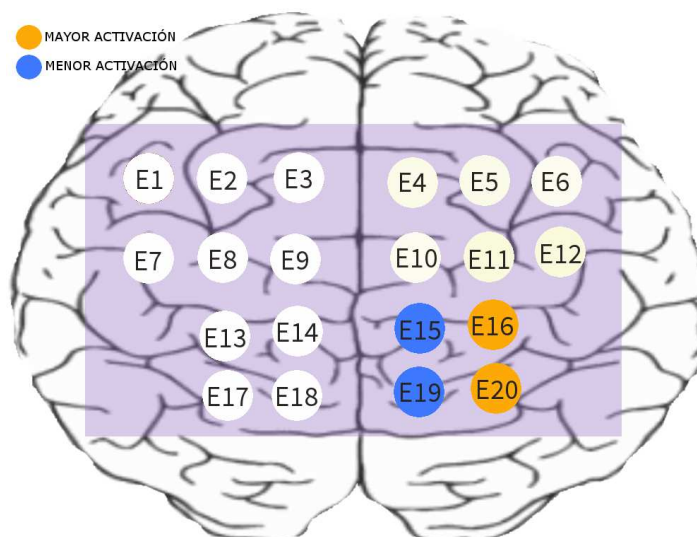


Figura 5.11: hemisferio derecho 150° hombres

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	<	5
3	<	4
7	<	12
8	<	11
9	<	10
13	>	16
14	<	15
17	>	20
18	<	19

Tabla 5.28: Cuadro comparativo ángulo 150° hombres

Actividad cerebral hombres: hemisferio derecho 150°.

En el caso del hemisferio derecho los electrodos que muestran mayor activación son el 16 y el 20; los que muestran menor activación son los electrodos 15 y 19. (Fig. 5.11).

Observaciones generales para actividad cerebral H^{150}

Para los estímulos con un ángulo de rotación de 150° se encuentra mayor activación eléctrica en los electrodos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 14 y 18 correspondientes al hemisferio izquierdo comparados con sus equivalentes del hemisferio derecho; es decir que con excepción de los electrodos 13 y 17, hay predominancia en la activación del hemisferio izquierdo. (Tab. 5.28).

5.6.4. Descripción de curvas de nivel H^E

En el hemisferio izquierdo se observan alrededor del electrodo 18, cuatro curvas concéntricas equidistantes que indican la existencia de una pendiente negativa. El punto en donde comienza el decrecimiento es alrededor del electrodo 14 en donde se encuentra $-0.005065 \mu V$ hasta llegar al punto mínimo local alrededor del electrodo 18 con $-0.006969 \mu V$. En las dos esquinas inferiores de los hemisferios derecho e izquierdo se encuentran

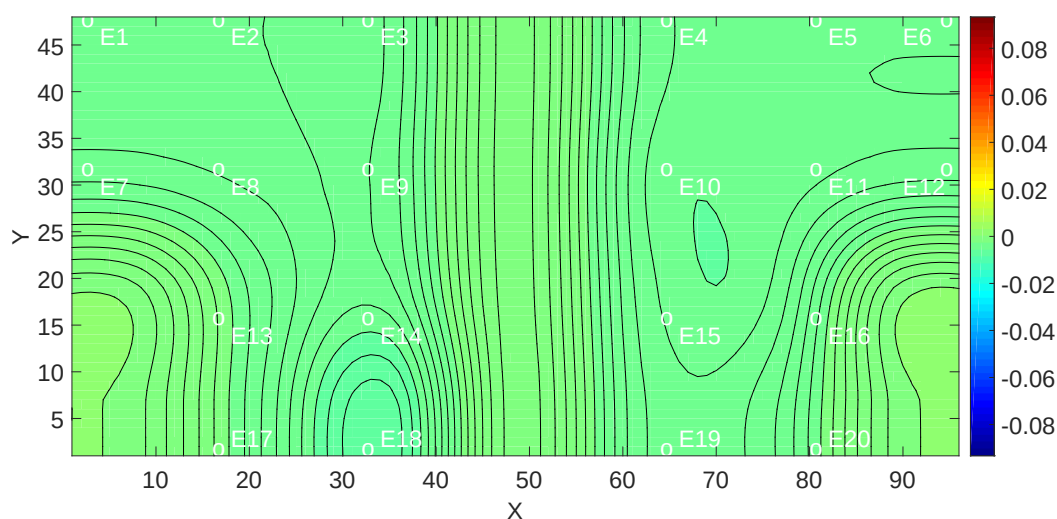


Figura 5.12: Gráfica curvas de nivel hombres imagen en espejo

respectivamente 9, 10 curvas paralelas uniformemente espaciadas, con un gran proximidad entre ellas, convexas que forma contornos alrededor de un punto alto, y cuyas cotas van aumentando por lo que se indica la existencia de una elevación en la superficie con una gran pendiente. Para el hemisferio derecho el valor de los micro voltios desde donde inicia el crecimiento es de $-0.004061 \mu V$ en la zona próxima a E8 y su punto máximo en la zona inferior derecha donde no se ubica ningún electrodo con $0.0005385 \mu V$. Para el hemisferio izquierdo el valor de los micro voltios desde donde inicia el crecimiento es de $-0.004542 \mu V$ en la zona próxima a E11 y su punto máximo en la zona inferior izquierda donde no se ubica ningún electrodo con $0.0007117 \mu V$. (Fig. 5.22).

Actividad cerebral hombres: hemisferio izquierdo imágenes en espejo.

En el caso de las imágenes especulares, los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo son el 13 y el 17, mientras que los que muestran menor activación son el 14 y el 18. (Fig. 5.13).

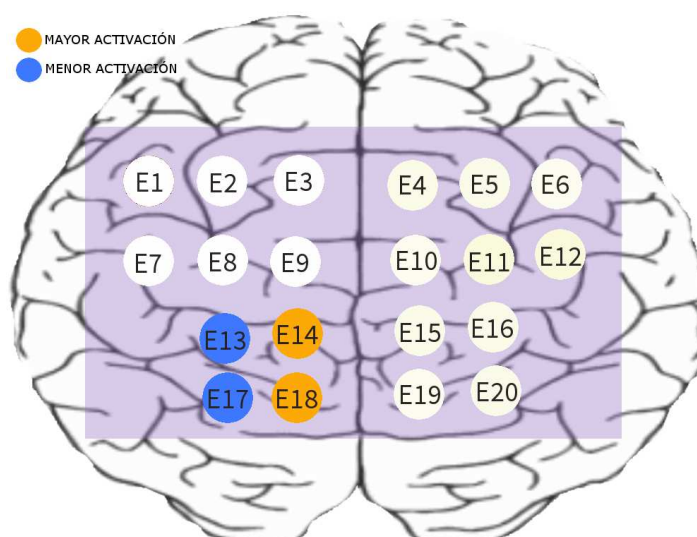


Figura 5.13: hemisferio izquierdo imagen en espejo

Actividad cerebral hombres:hemisferio derecho imágenes en espejo

Para el hemisferio derecho los electrodos que muestran mayor activación son los electrodos 16 y 20, mientras que los que muestran menor activación cerebral son el 10 y 11. (Fig. 5.14).

Observaciones generales para actividad cerebral H^E

Al observar los resultados de la actividad eléctrica de forma general para las imágenes especulares se evidencia:

1.Mayor activación en los electrodos 4, 5, 6, 10, 11, 12, 16 y 20 correspondientes al hemisferio derecho, en comparación con sus equivalentes respectivos 3, 2, 1, 9, 8, 7, 13, 17. (Tab. 5.29).

Los electrodos 15 y 19 del hemisferio derecho, que presentan una estimulación más baja en comparación con sus pares del hemisferio izquierdo los electrodos 14 y 18. Este comportamiento en la actividad eléctrica del cerebro es exactamente el mismo que el que se presentó en el caso del ángulo de rotación de 50° .

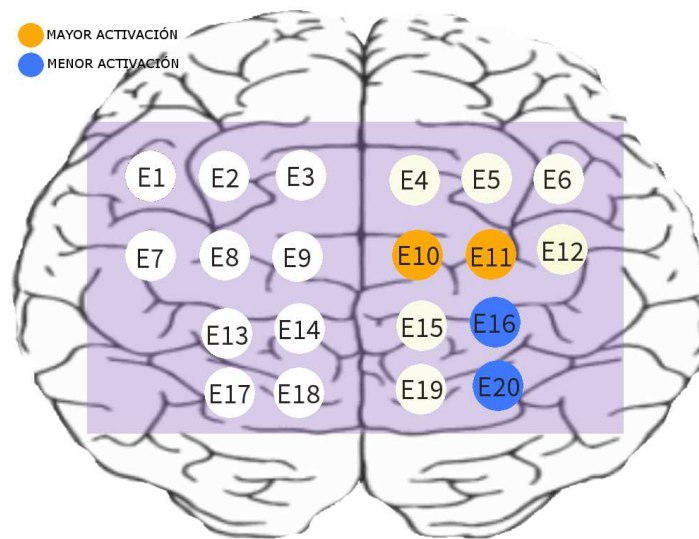


Figura 5.14: hemisferio derecho imagen en espejo

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	<	5
3	<	4
7	<	12
8	<	11
9	<	10
13	<	16
14	>	15
17	<	20
18	>	19

Tabla 5.29: Cuadro comparativo imagen en espejo

Al comparar la respuesta de la actividad eléctrica en los electrodos que corresponden a estímulos con diferentes ángulos de rotación se observa que la totalidad de electrodos que corresponden a un ángulo de rotación de 100° presentan mayor activación que las condiciones de 50° 150° y la condición de imágenes espejo.

5.6.5. Observaciones generales en hombres

Al comparar los electrodos que tienen mayor y menor activación en el hemisferio izquierdo para los ángulos de rotación correspondientes a 50° y 100° encontramos coincidencias en los cuatro electrodos, para los dos ángulos de rotación los electrodos de mayor activación son el 14 y 18, mientras que los de menor activación son los electrodos 13 y 17. En el hemisferio derecho para estos mismo ángulos se encuentra coincidencias en los dos electrodos de menor activación, es decir, el 16 y 20.

El mismo caso ocurre al comparar los electrodos que tienen mayor y menor activación en el hemisferio izquierdo, para el ángulo de 150° y las imágenes especulares, los cuatro electrodos coinciden; los electrodos de mayor activación son el 13 y 17, mientras que los de menor activación son los electrodos 14 y 18. En el hemisferio derecho para estos mismo ángulos se encuentra coincidencias en los dos electrodos de mayor activación, es decir, el 16 y 20.

Por otra parte al comparar la respuesta de la actividad eléctrica en los electrodos que corresponden a estímulos con diferentes ángulos de rotación se observa que la totalidad de electrodos que corresponden a un ángulo de rotación de 100° presentan mayor activación que las condiciones de 50° 150° y la condición de imágenes espejo.

GRUPO DE MUJERES					
ELECTRODO	HEMISFERIO	50°	100°	150°	ESPEJO
1	Izquierdo	-0,07042	-0,01627	-0,08711	-0,03342
2	Izquierdo	-0,07033	-0,0148	-0,08653	-0,03416
3	Izquierdo	-0,07415	-0,01492	-0,09194	-0,03653
4	Derecho	-0,08067	-0,01311	-0,09446	-0,03955
5	Derecho	-0,07586	-0,0136	-0,08715	-0,03738
6	Derecho	-0,0763	-0,01431	-0,08647	-0,03777
7	Izquierdo	-0,07606	-0,01719	-0,09305	-0,03658
8	Izquierdo	-0,07433	-0,0153	-0,0896	-0,03613
9	Izquierdo	-0,0772	-0,01481	-0,09348	-0,03797
10	Derecho	-0,08217	-0,01421	-0,09649	-0,04057
11	Derecho	-0,07987	-0,01313	-0,08901	-0,03849
12	Derecho	-0,08311	-0,01384	-0,08917	-0,03887
13	Izquierdo	-0,057	-0,01192	-0,06639	-0,02758
14	Izquierdo	-0,08336	-0,01463	-0,0974	-0,03982
15	Derecho	-0,08895	-0,01295	-0,09963	-0,0443
16	Derecho	-0,05223	-0,08119	-0,05801	-0,02563
17	Izquierdo	-0,06097	-0,01302	-0,0689	-0,02824
18	Izquierdo	-0,08445	-0,01491	-0,09601	-0,04067
19	Derecho	-0,0929	-0,01176	-0,1006	-0,0449
20	Derecho	-0,05649	-0,007819	-0,06037	-0,02823

Tabla 5.30: Tabla comparativa actividad cerebral en mujeres

5.7. Análisis posición electrodos usando curvas de nivel en mujeres

Se presenta a continuación los datos relacionados con el análisis de electrodos para las mujeres teniendo en cuenta los distintos ángulos de rotación (50°, 100°, 150 ° e imagen en espejo), acompañado de un análisis teniendo en cuenta tanto el hemisferio izquierdo como el derecho.(Tab. 5.30)

5.7.1. Descripción de curvas de nivel M^{50}

En la imagen se observa sobre el hemisferio izquierdo alrededor de los electrodos 14 y 18, tres curvas uniformes, con una amplia distancia entre ellas que indica un cambio de inclinación suave, que se asocia según el cambio de tonalidad de color azul, a una

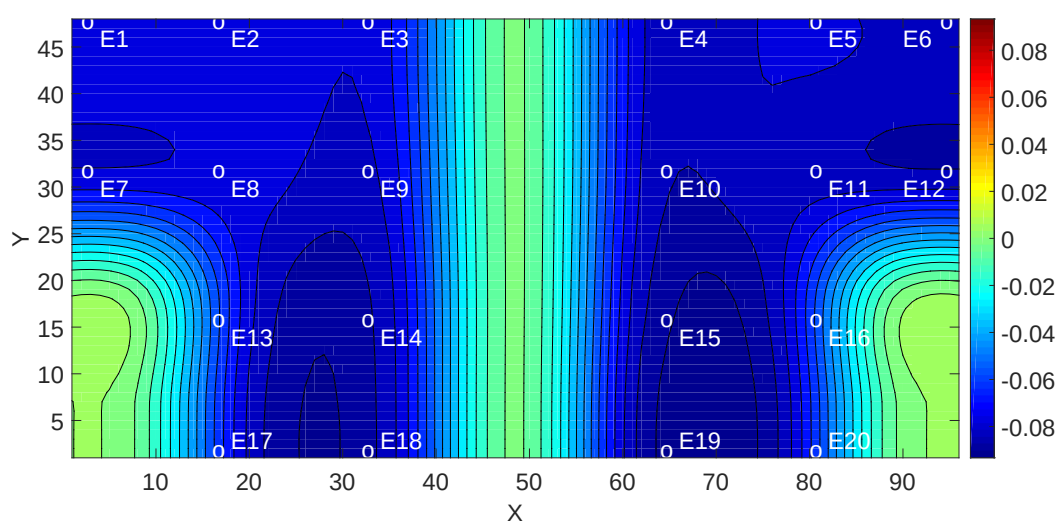


Figura 5.15: Gráfica curvas de nivel mujeres angulo 50°

depresión cuya pendiente disminuye desde la zona del electrodo 9 con $-0.07832 \mu V$, hasta encontrar un punto mínimo en la zona próxima del electrodo 18 con $-0.09075 \mu V$. Además se observa en la parte inferior izquierda de la gráfica, 11 curvas paralelas espaciadas uniformemente, con una gran aproximación entre ellas, convexas que forman contornos alrededor de un punto alto con $0.01075 \mu V$, y cuyas cotas van aumentando lo que indica la existencia de una elevación en la superficie.

En la zona superior izquierda próxima al electrodo 7 se observa una curva en forma de U que indica, según el cambio de tonalidad del color azul, una leve disminución en la pendiente desde E1 con $-0.07042 \mu V$, E2 con $-0.07033 \mu V$, E3 con $-0.07415 \mu V$ y E8 con -0.07406 hasta la zona próxima E7 con $-0.0777 \mu V$. Una situación similar se puede observar en el hemisferio derecho alrededor de los electrodos 15 y 19, dos curvas uniformes, con una amplia distancia entre ellas que indica un cambio de inclinación suave, que se asocia según el cambio de tonalidad de color azul, a una depresión cuya pendiente disminuye desde la zona del electrodo 10 con $-0.08217 \mu V$, hasta encontrar un punto mínimo en la zona próxima del electrodo 19 con $-0.0963 \mu V$.

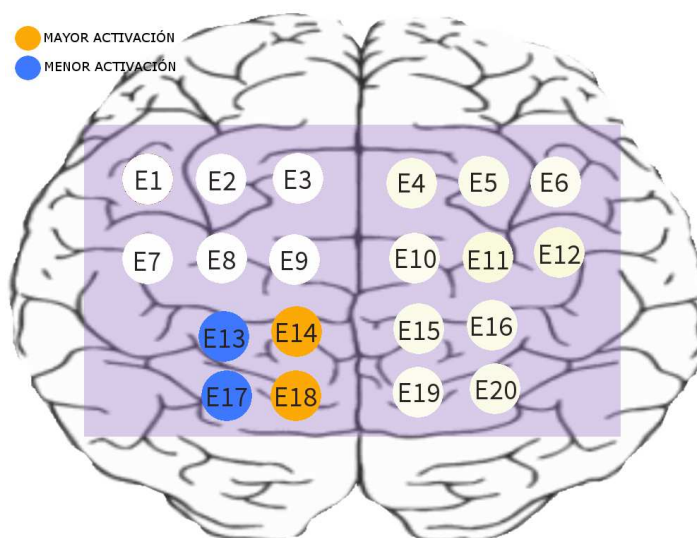


Figura 5.16: hemisferio izquierdo 50° mujeres

Además se observa en la parte inferior derecha de la gráfica, 12 curvas paralelas espaciadas uniformemente, con una gran aproximación entre ellas, convexas que forman contornos alrededor de un punto alto con $0.0123 \mu V$, y cuyas cotas van aumentando lo que indica la existencia de una elevación en la superficie. En la zona superior derecha sobre el electrodo 7 se observa una curva en forma de U que indica, según el cambio de tonalidad del color azul, una leve disminución en la pendiente desde E11 con $-0.07987 \mu V$, E6 con $-0.0763 \mu V$, hasta la zona de E12 con $-0.08482 \mu V$. (Fig. 5.15).

mujeres:hemisferio izquierdo 50°.

Para el ángulo de rotación correspondiente a 50° los electrodos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 17 y 18 corresponden al hemisferio izquierdo; en el registro de la actividad cerebral para este conjunto de electrodos se puede observar que:

Electrodo 13 seguido por el electrodo 17 son los de mayor activación; de igual forma es posible afirmar que los que tienen menor activación son el electrodo 14 y el electrodo 18. (Fig. 5.16)

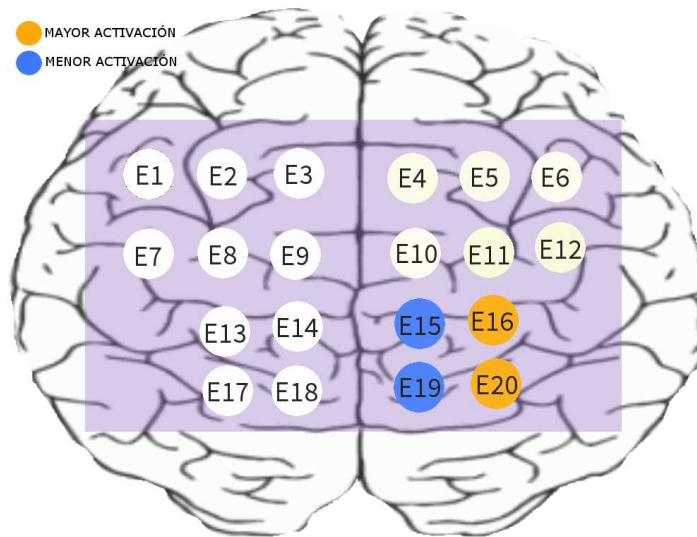


Figura 5.17: hemisferio derecho 50° mujeres

Actividad cerebral hemisferio derecho para 50°

Por otra parte, el hemisferio derecho en el cual se encuentran localizados los electrodos 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 19 y 20; los electrodos que presentan mayor activación en esta zona son el 16 y 20 los que presentan menor activación son los electrodos 15 y el 19.(Fig.5.17).

Observaciones generales para M^{50}

Al observar los resultados de la actividad eléctrica de forma general para el ángulo de rotación de 50° se evidencia:

1. mayor activación en los electrodos 2, 3, 7, 8, 9, 14, 17 y 18 correspondientes al hemisferio izquierdo.
2. Menor activación de los electrodos 5, 4, 12, 11, 10, 15, 20, y 19 correspondientes al hemisferio derecho y los cuales su posicionamiento es equivalente a los del hemisferio derecho.
3. Los electrodos 6 y 16 del hemisferio derecho, que presentan menor activación en

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	>	5
3	>	4
7	>	12
8	>	11
9	>	10
13	<	16
14	>	15
17	>	20
18	>	19

Tabla 5.31: Cuadro comparativo ángulo 50° mujeres

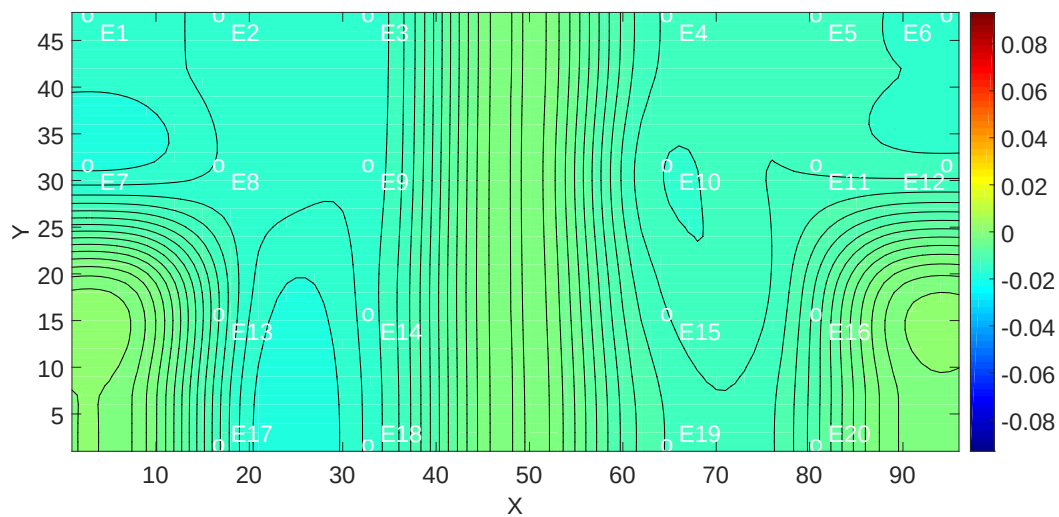


Figura 5.18: Gráfica curvas de nivel mujeres ángulo 100°

comparación con sus pares del hemisferio izquierdo los electrodos 1 y 13. (Tab. 5.31).

CUADRO COMPARATIVO MENOR Y MAYOR rescuadrocompamenmayor50mujer.eps

5.7.2. Descripción de curvas de nivel M^{100}

Sobre los dos hemisferios, izquierdo y derecho, se observan respectivamente 12 y 9 curvas paralelas uniformemente espaciadas, con un gran proximidad entre ellas, convexas que forma contornos alrededor de un punto alto, y cuyas cotas van aumentando por lo

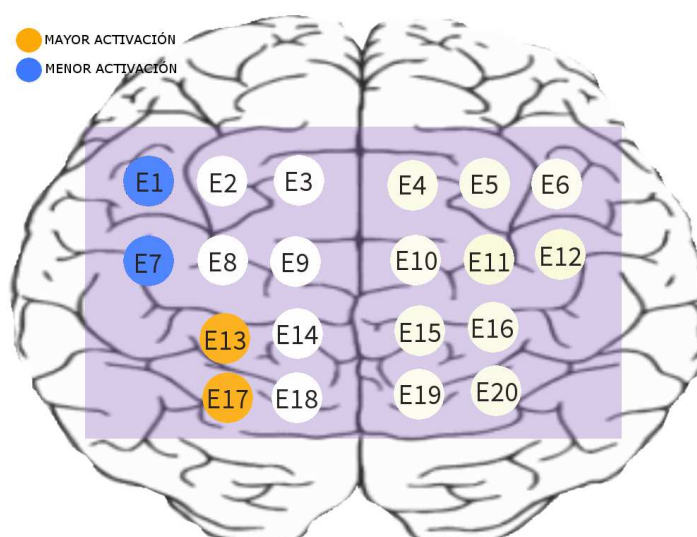


Figura 5.19: hemisferio izquierdo 100° mujeres

que se indica la existencia de una elevación en la superficie con una gran pendiente. Para el hemisferio izquierdo el valor de los micro voltios desde donde inicia el crecimiento es de $-0.01405 \mu V$ en la zona comprendida entre E8 y E13 y su punto máximo en la zona inferior izquierda donde no se ubica ningún electrodo con $0.002476 \mu V$. En el hemisferio izquierdo entre el electrodo 17 y 18 se encuentran dos curvas uniformes en forma de U con una amplia distancia entre ellas que indican un cambio de pendiente negativa suave, por lo cual es posible afirmar que esta superficie representa un mínimo local con $-0.01798 \mu V$. En el hemisferio derecho se observan curvas irregulares que indican cambios repentinos de desnivel y discontinuidad en las pendientes. (Fig. 5.18).

Actividad cerebral mujeres: hemisferio izquierdo 100°

Los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo para el ángulo de rotación de 100° son el 13 y el 17; mientras que los que muestran menor activación son los electrodos 1 y 7. (Fig. 5.19).

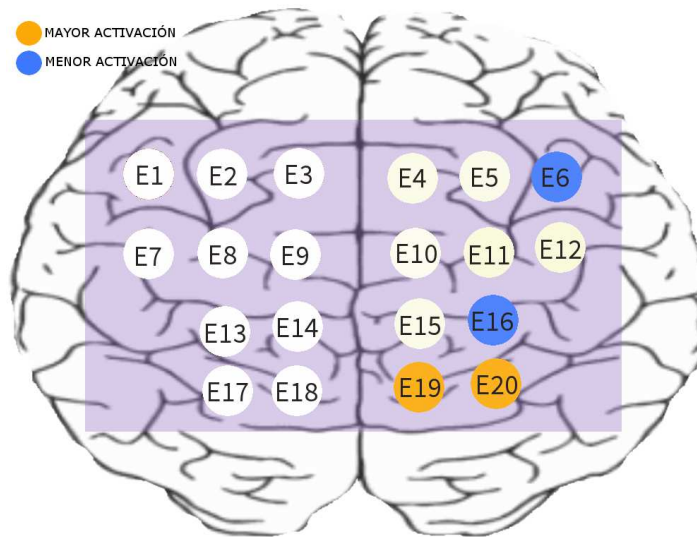


Figura 5.20: hemisferio derecho 100° mujeres

Actividad cerebral mujeres: hemisferio derecho 100°.

Por otra parte los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio derecho son el 20 y el 19; mientras que los que presentan menor activación son los electrodos 6 y 16. (Fig. 5.20).

Observaciones generales para M^{100}

Al contrastar la actividad cerebral de los dos hemisferios para el ángulo de rotación de 100° se puede observar:

1. Mayor actividad eléctrica en los electrodos 6, 5, 4, 12, 11, 10, 15, 20 y 19 correspondientes al hemisferio derecho. en comparación con sus equivalentes del hemisferio izquierdo.
2. El electrodo 16 presenta una actividad eléctrica más baja en comparación con sus pares del hemisferio izquierdo, del electrodo 13. (Tab.5.32).

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	<	5
3	<	4
7	<	12
8	<	11
9	<	10
13	>	16
14	<	15
17	<	20
18	<	19

Tabla 5.32: Cuadro comparativo ángulo 100° mujeres

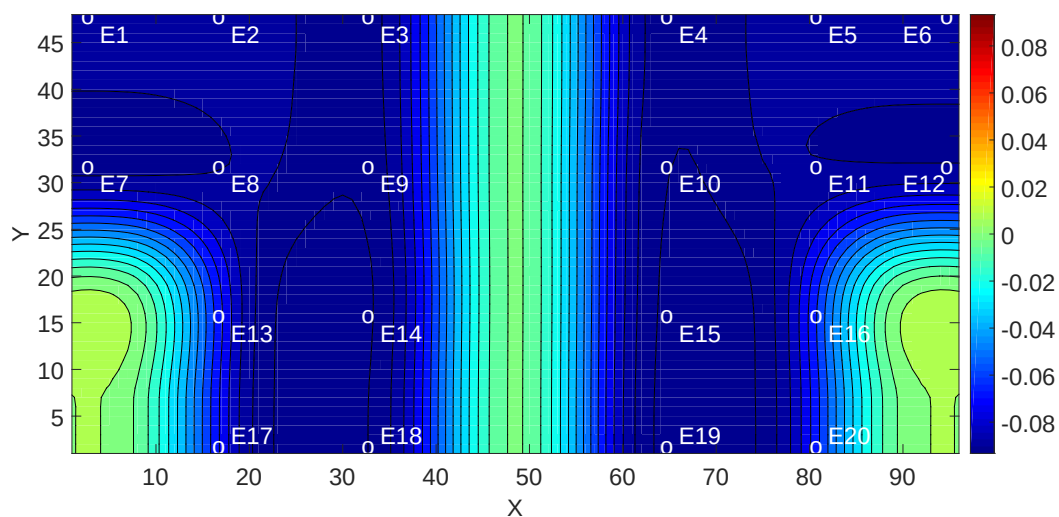


Figura 5.21: Gráfica curvas de nivel mujeres angulo 150°

5.7.3. Descripción de curvas de nivel M^{150}

Los dos hemisferios presentan cierta simetría en la superficie; sobre los dos hemisferios, izquierdo y derecho, se observan 12 curvas paralelas uniformemente espaciadas, con gran proximidad entre ellas, convexas que forma contornos alrededor de un punto alto, y cuyas cotas van aumentando por lo que se indica la existencia de una elevación en la superficie con una gran pendiente. Para el hemisferio derecho el valor de los micro voltios desde donde inicia el crecimiento es de $-0.0833 \mu \text{ V}$ en la zona comprendida entre E11 y E12 y su punto máximo en la zona inferior derecho donde no se ubica ningún electrodo con $0.01341 \mu \text{ V}$.

En la imagen se observa sobre el hemisferio izquierdo alrededor de los electrodos 7 y 8, una curva uniforme, con forma de U que indica un cambio de inclinación suave, que se asocia según el cambio de tonalidad de color azul, a una depresión. Para el hemisferio derecho el valor de los micro voltios desde donde inicia el decrecimiento es de $-0.0888 \mu \text{ V}$ en la zona comprendida entre E2 y E8 y su punto mínimo en la zona E7 con $-0.0946 \mu \text{ V}$. Esta misma situación se presenta en el hemisferio derecho en la proximidad de los electrodos 11 y 12. Para el hemisferio derecho el valor de los micro voltios desde donde inicia el decrecimiento es de $-0.0892 \mu \text{ V}$ en la zona próxima a E11 y su punto mínimo en la zona próxima a E12 en con $-0.09192 \mu \text{ V}$. (Fig. 5.21).

Actividad cerebral mujeres: hemisferio izquierdo 150°

IMAGENES HEMISFERIO

Para el ángulo de 150° los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo, en el grupo de las mujeres, son el 13 y 17, mientras que los que muestran menor activación son el 18 y el 14. (Fig. 5.22).

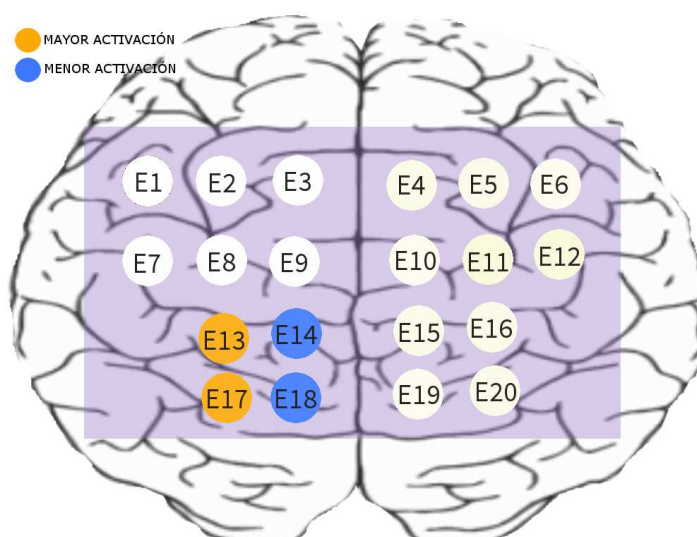


Figura 5.22: hemisferio izquierdo 150° mujeres

Actividad cerebral mujeres: hemisferio derecho 150°

En el caso del hemisferio derecho los electrodos que muestran mayor activación son el 16 y el 20; los que muestran menor activación son los electrodos 15 y 19. (Fig. 5.23).

Observaciones generales para actividad cerebral M^{150}

Para los estímulos con un ángulo de rotación de 150° se encuentra mayor activación eléctrica en los electrodos 5, 4, 11, 16, 20 y 19 correspondientes al hemisferio derecho comparados con sus equivalentes del hemisferio izquierdo.

Para los electrodos 1, 7, 9, 14 hay una mayor activación del hemisferio izquierdo, frente a sus equivalentes del hemisferio derecho. (Tab. 5.33).

5.7.4. Descripción de curvas de nivel mujeres M^E

En la imagen se observa sobre el hemisferio izquierdo alrededor de los electrodos 14 y 18, dos curvas uniformes, con una amplia distancia entre ellas que indica un cambio de inclinación suave, que se asocia según el cambio de tonalidad de color azul, a una

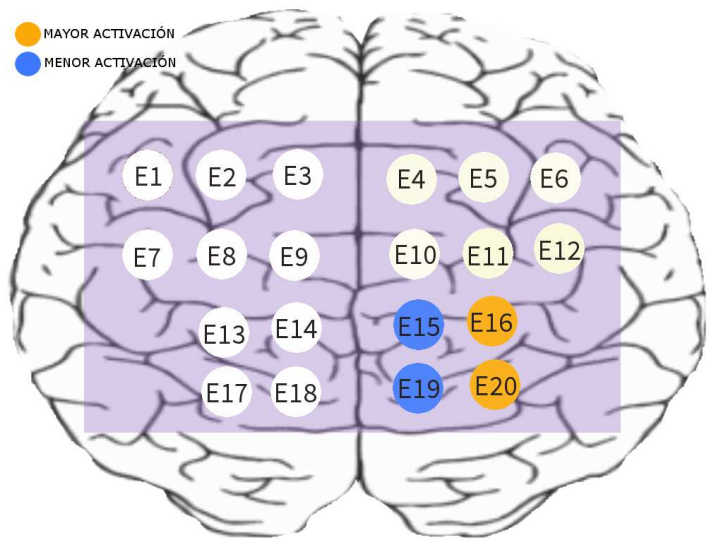


Figura 5.23: hemisferio derecho 150° mujeres

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	<	6
2	>	5
3	<	4
7	<	12
8	>	11
9	<	10
13	>	16
14	<	15
17	>	20
18	>	19

Tabla 5.33: Cuadro comparativo ángulo 150° mujeres

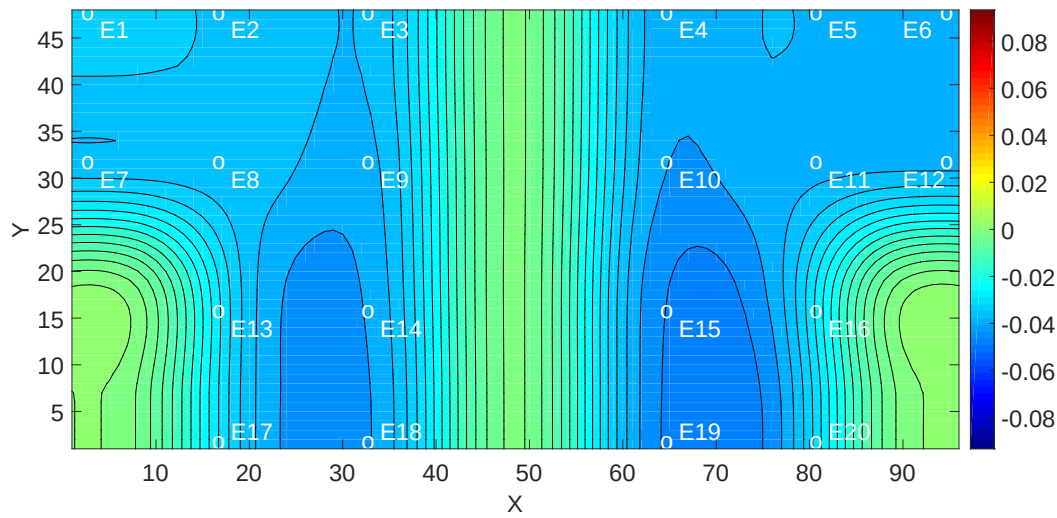


Figura 5.24: Gráfica curvas de nivel mujeres imagen en espejo

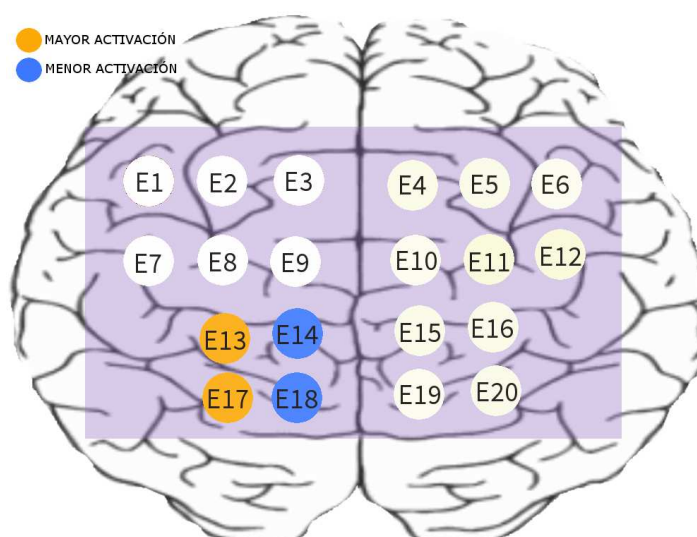


Figura 5.25: hemisferio izquierdo imagen en espejo mujeres

depresión cuya pendiente disminuye desde la zona del electrodo 9 con $-0.03881 \mu V$ hasta encontrar un punto mínimo en la zona entre el electrodo 17 y 18 con $0.04303 \mu V$. Además se observa en tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, en la parte inferior izquierda de la gráfica, 11 curvas paralelas espaciadas uniformemente, con una gran aproximación entre ellas - lo que indica una pendiente alta - convexas que forman contornos alrededor de un punto alto, y cuyas cotas van aumentando lo que indica la existencia de una elevación en la superficie. (Fig. 5.24).

Actividad cerebral mujeres: hemisferio izquierdo imágenes en espejo

En el caso de las imágenes especulares, los electrodos que muestran mayor activación en el hemisferio izquierdo son el 13 y el 17, mientras que los que muestran menor activación son el 14 y el 18. (Fig. 5.25).

Actividad cerebral mujeres: hemisferio derecho imágenes en espejo

Para el hemisferio derecho los electrodos que muestran mayor activación son los electrodos 16 y 20, mientras que los que muestran menor activación cerebral son el 15 y 19.

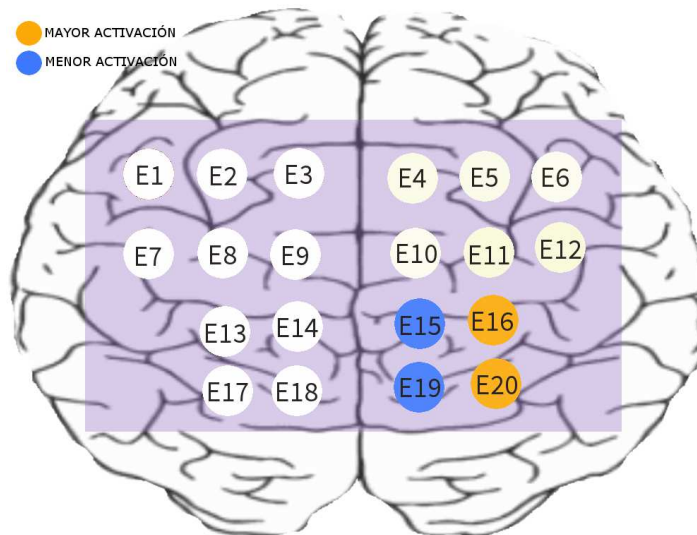


Figura 5.26: hemisferio derecho imagen en espejo mujeres

Hemisferio izquierdo	Comparación	Hemisferio derecho
1	>	6
2	>	5
3	>	4
7	>	12
8	>	11
9	>	10
13	<	16
14	>	15
17	<	20
18	>	19

Tabla 5.34: Cuadro comparativo imagen en espejo mujeres

(Fig. 5.26).

Observaciones generales para actividad cerebral M^E .

Al observar los resultados de la actividad eléctrica de forma general para las imágenes especulares se evidencia:

1. Mayor activación en los electrodos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 14 y 18 correspondientes al hemisferio izquierdo, en comparación con sus equivalentes respectivos del hemisferio derecho.
2. Los electrodos 13 y 17 del hemisferio izquierdo, presentan una estimulación más baja en comparación con sus pares del hemisferio derecho.

3. Al comparar la respuesta de la actividad eléctrica en los electrodos que corresponden a estímulos con diferentes ángulos de rotación se observa que la totalidad de electrodos que corresponden a un ángulo de rotación de 100° presentan mayor activación que las condiciones de 50° 150° y la condición de imágenes espejo. (Tab. 5.34).

5.8. Análisis actividad cerebral en hombres y mujeres: Realización de tareas de rotación mental en 50° , 100° , 150° e Imagen en espejo.

rescomparatodosangulhmm.eps

Al realizar la comparación de la actividad cerebral tanto en hombre como en mujeres se pueden encontrar los siguientes aspectos. (Tab. 5.35).

Actividad cerebral hemisferio izquierdo en hombres y mujeres

Al realizar la comparación de los electrodos que mayor actividad tienen en el hemisferio izquierdo tanto en hombre como en mujeres en los diferentes ángulos de rotación se observa en (Tab. 5.36) que:

1. En la tarea de imagen en espejo y 150° ; tanto en hombre como mujeres la mayor activación se presenta en los electrodos 13 y 17 al igual que en los de menor activación con el 14 y 18.
2. En las mujeres se destaca que en los electrodos 13 y 17 son los que presentan mayor actividad en todas las tareas.

E	H	50°		100°		150°		espejo	
		H	M	H	M	H	M	H	M
1	I	0,00608	-0,0704	0,0318	-0,0163	-0,0165	-0,0871	-0,00441	-0,0334
2	I	0,00562	-0,0703	0,0323	-0,0148	-0,0165	-0,0865	-0,00453	-0,0342
3	I	0,00536	-0,0742	0,033	-0,0149	-0,0174	-0,0919	-0,00474	-0,0365
4	D	0,00817	-0,0807	0,0355	-0,0131	-0,0156	-0,0945	-0,00501	-0,0396
5	D	0,00796	-0,0759	0,0332	-0,0136	-0,0147	-0,0872	-0,0051	-0,0374
6	D	0,00901	-0,0763	0,0335	-0,0143	-0,0149	-0,0865	-0,00506	-0,0378
7	I	0,00585	-0,0761	0,0342	-0,0172	-0,018	-0,0931	-0,00389	-0,0366
8	I	0,00414	-0,0743	0,0338	-0,0153	-0,0167	-0,0896	-0,00417	-0,0361
9	I	0,00384	-0,0772	0,0351	-0,0148	-0,0176	-0,0935	-0,00456	-0,038
10	D	0,0064	-0,0822	0,0363	-0,0142	-0,017	-0,0965	-0,00537	-0,0406
11	D	0,00728	-0,0799	0,0346	-0,0131	-0,016	-0,089	-0,00516	-0,0385
12	D	0,00842	-0,0831	0,0353	-0,0138	-0,0159	-0,0892	-0,00485	-0,0389
13	I	0,00211	-0,057	0,0267	-0,0119	-0,0132	-0,0664	-0,0023	-0,0276
14	I	0,00774	-0,0834	0,0382	-0,0146	-0,0177	-0,0974	-0,00522	-0,0398
15	D	0,00557	-0,089	0,0396	-0,013	-0,018	-0,0996	-0,00515	-0,0443
16	D	0,00385	-0,0522	0,0229	-0,0812	-0,0105	-0,058	-0,00311	-0,0256
17	I	0,00039	-0,061	0,0278	-0,013	-0,0127	-0,0689	-0,0024	-0,0282
18	I	0,02601	-0,0845	0,037	-0,0149	-0,0194	-0,096	-0,00697	-0,0407
19	D	0,00474	-0,0929	0,041	-0,0118	-0,0186	-0,1006	-0,00482	-0,0449
20	D	0,00296	-0,0565	0,0255	-0,0078	-0,0123	-0,0604	-0,00272	-0,0282

Tabla 5.35: Cuadro comparativo potencia cada uno de los electrodos en cada ángulo de rotación en hombres y mujeres

HEMISFERIO IZQUIERDO									
	50°		100°		150°		ESPEJO		
	H	M	H	M	H	M	H	M	
Mayor activación N° de electrodo	18	13	14	13	17	13	13	13	
	14	17	18	17	13	17	17	17	
Menor activación N° de electrodo	13	14	17	1	7	18	14	14	
	17	8	13	7	18	14	18	18	

Tabla 5.36: Cuadro comparativo actividad cerebral hemisferio izquierdo

5.8. ANÁLISIS ACTIVIDAD CEREBRAL EN HOMBRES Y MUJERES: REALIZACIÓN DE TAREA

3. En los ángulos de rotación 100° y 50° los electrodos no tienen coincidencias entre hombres y mujeres.
4. En las zonas de menor activación en la tarea de imagen en espejo coinciden los electrodos 14 y 18. Tanto en hombre como en mujeres.
5. La frecuencia de los electrodos de mayor activación es la siguiente:
 - a) Electrodo 13: 6 veces (4M / 2H)
 - b) Electrodo 17: 6 veces (4M / 2 H)
 - c) Electrodo 18: 2 veces (2H)
 - d) Electrodo 14: 2 veces (2H)
6. La frecuencia de los electrodos de menor activación es la siguiente:
 - a) Electrodo 18: 4 veces (2H / 2M)
 - b) Electrodo 14: 4 veces (3M / 2H)
 - c) Electrodo 13: 2 veces (2H)
 - d) Electrodo 7: 2 veces (1H / 1 M)
 - e) Electrodo 17: 2 veces (2H)
 - f) Electrodo 1: 1 vez (1H)

Actividad cerebral hemisferio derecho en hombres y mujeres

Al realizar la comparación de los electrodos que mayor actividad tienen en el hemisferio derecho tanto en hombre como en mujeres en los diferentes ángulos de rotación se observa en (Tab. 5.37) que:

HEMISFERIO DERECHO								
	50°		100°		150°		ESPEJO	
	H	M	H	M	H	M	H	M
Mayor activación N° de electrodo	6	16	19	20	16	4	20	16
	12	20	15	19	20	5	16	20
Menor activación N° de electrodo	16	15	20	6	15	15	11	15
	20	19	16	16	19	19	10	19

Tabla 5.37: Cuadro comparativo actividad cerebral hemisferio derecho

1. A diferencia del hemisferio izquierdo no se presentan coincidencias entre hombres y mujeres en ya sea en la mayor o menor activación al comparar al misma tarea.
2. En los ángulos de rotación 50° y espejo en las mujeres las zonas mayor activación con los electrodos 16 y 20, al igual que la zona menor activación los electrodos son los mismos 15 y 19.
3. Los hombres y mujeres coinciden en los electrodos de activación para la tarea de 50° y 100° en mujeres y 150° en hombre en los electrodos 16 y 20 en mayor activación al igual que el 15 y 19 en menor activación.
4. La frecuencia de los electrodos de mayor activación es la siguiente:
 - a) Electrodo 20: 5 veces (3M / 2H)
 - b) Electrodo 16: 3 veces (2M / 1 H)
 - c) Electrodo 19: 2 veces (1H / 1M)
 - d) Electrodo 15: 1 vez (1H)
 - e) Electrodo 4: 1 vez (1M)
 - f) Electrodo 5: 1 vez (1M)

g) Electrodo 6: 1 vez (1H)

h) Electrodo 12: 1 vez (1H)

5. 5. La frecuencia de los electrodos de menor activación es la siguiente:

a) Electrodo 19: 4 veces (1H /3M)

b) Electrodo 15: 4 veces (1H /3M)

c) Electrodo 16: 2 veces (2H)

d) Electrodo 20: 2 veces (2H)

e) Electrodo 11: 1 veces (1H)

f) Electrodo 10: 1 vez (1H)

g) Electrodo 6: 1 vez (1M)

5.9. Prueba Análisis coeficiente de correlación

En esta parte del análisis de los resultados, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para establecer el grado de asociación entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos y para cada uno de los ángulos de rotación de los estímulos (50° 100° 150° e imágenes especulares) en hombres y mujeres.

Para cada pareja de ángulos 50° y 100°; 50° y 150°; 50° e imágenes Espejo; 100° y 150°; 100° e Imágenes Espejo; 150° e Imágenes Espejo - se obtiene una matriz de 20x20 en la que se establece el valor de la correlación. (Anex. C)

Según el resultado de las matrices se establece una correlación significativa, positiva, entre cada uno de los ángulos de rotación y cada uno de los electrodos ya que el valor r

es muy cercano a 1. A continuación se muestran las correlaciones más altas y más bajas para cada uno de los casos.

Según el resultado de las matrices se establece una correlación significativa, positiva, entre cada uno de los ángulos de rotación y cada uno de los electrodos ya que el valor r es muy cercano a 1. A continuación se muestran las correlaciones más altas y más bajas para cada uno de los casos.

5.9.1. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 100° desarrolladas por los hombres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 100° en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 100° en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de 100°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 2 y 3, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 5 y 18, 13 y 18 (Tab. 5.38).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	1 y 2	2 y 3	8 y 9	15 y 16
VALOR DE r	0.9964	0.9976	0.9982	0.9971
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	4 Y 18	5 Y 18	6 Y 18	13 Y 18
VALOR DE r	0.7965	0.7941	0.7762	0.7756

Tabla 5.38: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en hombres

5.9.2. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 150° desarrolladas por los hombres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 150° en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 150° en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de 150°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 18, 12 y 18(Tab. 5.39).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	3 y 9	4 y 5	8 y 9
VALOR DE r	0.9979	0.9972	0.9980	0.9983
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 Y 18	5 Y 18	11 Y 18	12 Y 18
VALOR DE r	0.7818	0.8002	0.8054	0.7812

Tabla 5.39: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 150° en hombres

5.9.3. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y espejo desarrolladas por los hombres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° e imágenes Espejo en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° e imágenes Espejo en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 18, 12 y 18 (Tab. 5.40).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	1 y 2	2 y 3	4 y 5	8 y 9
VALOR DE r	0.9969	0.9979	0.9981	0.9982
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 Y 18	5 Y 18	11 Y 18	12 Y 18
VALOR DE r	0.8337	0.8515	0.8571	0.8328

Tabla 5.40: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y espejo en hombres

5.9.4. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y 150° desarrolladas por los hombres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° y 150° en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° y 150° en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 100° y los estímulos con ángulo de rotación de 150°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 17, 12 y 17 (Tab. 5.41).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	15 y 19
VALOR DE r	0.9977	0.9979	0.9982	0.9976
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	12 y 18	6 y 17	12 y 13	12 Y 17
VALOR DE r	0,9171	0.9123	0.9166	0.9112

Tabla 5.41: Tabla correlaciones correspondientes a 100° y 150° en hombres

5.9.5. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y espejo desarrolladas por los hombres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° e imágenes Espejo en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° e imágenes Espejo en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 100° y los estímulos con ángulo de rotación de imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 18, 12 y 18 (Tab. 5.42).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	11 y 16
VALOR DE r	0.9978	0.9981	0.9982	0.9978
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	5 y 18	5 y 17	12 y 18	7 y 12
VALOR DE r	0.9080	0.9186	0.9068	0.9113

Tabla 5.42: Tabla correlaciones correspondientes a 100° y espejo en hombres

5.9.6. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 150° y espejo desarrolladas por los hombres.

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 150° e imágenes Espejo en el grupo de hombres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 150° e imágenes Espejo en el grupo de hombres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de hombres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 150° y los estímulos con ángulo de rotación de imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 18, 12 y 18.

En general se observan algunas coincidencias en los electrodos que tienen correlación más alta, en la mayoría de los casos estos son 4 y 5, 8 y 9; lo mismo ocurre con los que tienen correlaciones más bajas 6 y 18, 12 y 18 (Tab. 5.43).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	1 y 2	2 y 3	8 y 9	15 y 16
VALOR DE r	0.9964	0.9976	0.9982	0.9971
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	4 Y 18	5 Y 18	6 Y 18	13 Y 18
VALOR DE r	0.7965	0.7941	0.7762	0.7756

Tabla 5.43: Tabla correlaciones correspondientes a 150° y espejo en hombres

5.9.7. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 100° desarrolladas por las mujeres.

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 100° en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 100° en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de 100°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 2 y 3, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 1 y 12, 12 y 17 (Tab. 5.44).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	13 y 14
VALOR DE r	0.9977	0.9975	0.9976	0.9973
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	1 y 12	7 y 12	12 y 17	6 y 17
VALOR DE r	0.9065	0.9076	0.9071	0.9157

Tabla 5.44: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en mujeres

5.9.8. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y 150° desarrolladas por las mujeres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 150° en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° y 150° en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de 150°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 2 y 3, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 17, 1 y 20 (Tab. 5.45).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	6 y 12	8 y 9
VALOR DE r	0.9978	0.9976	0.9972	0.9978
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 y 17	7 y 12	12 y 17	1 y 20
VALOR DE r	0.9165	0.9232	0.9196	0.9163

Tabla 5.45: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 150° en mujeres

5.9.9. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 50° y espejo desarrolladas por las mujeres

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 50° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 50° y los estímulos con ángulo de rotación de Imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 17, 1 y 20 (Tab. 5.46).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	6 y 12	8 y 9
VALOR DE r	0.9978	0.9978	0.9974	0.9978
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 y 17	6 y 7	12 y 17	1 y 20
VALOR DE r	0.9147	0.9231	0.9178	0.9149

Tabla 5.46: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y espejo en mujeres

5.9.10. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y 150° desarrolladas por las mujeres.

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° y 150° en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° y 150° en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 100° y los estímulos con ángulo de rotación de 150°. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 2 y 3, 4 y 5, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 1 y 12, 1 y 17 (Tab. 5.47).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	10 y 15
VALOR DE r	0.9977	0.9976	0.9975	0.9965
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 y 17	1 y 12	12 y 17	1 y 20
VALOR DE r	0.9099	0.9035	0.9016	0.9074

Tabla 5.47: Tabla correlaciones correspondientes a 50° y 100° en mujeres

5.9.11. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 100° y espejo desarrolladas por las mujeres.

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 100° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 100° y los estímulos con ángulo de rotación de Imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 2 y 3, 4 y 5, y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 12 y 17, 1 y 20 (Tab. 5.48).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	11 y 16
VALOR DE r	0.9977	0.9978	0.9977	0.9968
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 y 17	1 y 12	12 y 17	1 y 20
VALOR DE r	0.9115	0.9116	0.9089	0.9105

Tabla 5.48: Tabla correlaciones correspondientes a 100° y espejo en mujeres

5.9.12. Coeficientes de correlación entre los electrodos correspondientes a las tareas de rotación de 150° y espejo desarrolladas por las mujeres.

H_0 = Hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 150° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres. H_1 = No hay correlación entre los potenciales eléctricos de cada uno de los electrodos para los ángulos de rotación de 150° e imágenes Espejo en el grupo de mujeres.

Dado el valor de r en toda la matriz ver Anexo C se acepta la hipótesis nula. En el grupo de mujeres se observa un grado de asociación significativo entre la potencia en los valores EEG de cada uno de los electrodos, para los estímulos con ángulos de rotación de 150° y los estímulos con ángulo de rotación de Imágenes espejo. El mayor grado de significación r se encuentra en los electrodos 4 y 5, 8 y 9 y las correlaciones más bajas se encuentran en los electrodos 6 y 17, 1 y 20.

Al igual que en el caso de los hombres, se observan algunas coincidencias en los electrodos que tienen correlación más alta, en la mayoría de los casos estos son 2 y 3, 8 y 9; lo mismo ocurre con los que tienen correlaciones más bajas 6 y 17, 1 y 20 (Tab. 5.49).

CORRELACIONES MAS ALTAS				
ELECTRODOS	2 y 3	4 y 5	8 y 9	6 y 12
VALOR DE r	0.9978	0.9979	0.9978	0.9972
CORRELACIONES MÁS BAJAS				
ELECTRODOS	6 y 17	1 y 12	12 y 17	1 y 20
VALOR DE r	0.9119	0.9201	0.9152	0.9130

Tabla 5.49: Tabla correlaciones correspondientes a 150° y espejo en mujeres

5.10. Discusión

Los resultados obtenidos con el método propuesto tienen algunos puntos de coincidencia con trabajos recientes en los que se utilizan tareas de rotación mental para comparar las zonas de activación en hombres y mujeres con diferentes técnicas de neuroimagen.

A continuación se relacionan los resultados obtenidos en este estudio con los estudios que hacen parte de los antecedentes y algunos de los planteamientos desarrollados en el marco teórico.

En su estudio Cortical Activations during the Mental Rotation of Different Visual Objects Jordan et al. (2001) demuestran que en las tareas de rotación mental se genera activación del lóbulo parietal superior e inferior, de acuerdo a la presente investigación se confirma participación del lóbulo parietal durante el desarrollo de tareas de rotación mental en el grupo de hombres y mujeres a partir del análisis de potenciales eléctricos mostrados en los gráficos de posicionamiento de electrodos en las curvas de nivel.(Fig. 5.3, Fig. 5.6, Fig. 5.9, Fig. 5.12, Fig. 5.15, Fig. 5.18, Fig. 5.21, Fig. 5.24)

Windischberger et al. (2003) en su estudio Human motor cortex activity during mental rotation encontraron mediante un estudio con fMRI que la principal zona de activación cerebral durante el desarrollo de tareas de rotación mental está asociada con el lóbulo

parietal, este hallazgo es similar al encontrado en la presente investigación donde las curvas de nivel confirman la participación del lóbulo parietal en las tareas de rotación mental tanto en el grupo de hombres como mujeres.

Lamm et al. (2007) en su proceso investigativo *The functional role of dorso-lateral premotor cortex during mental rotation An event-related fMRI study separating cognitive processing steps using a novel task paradigm* dividen el proceso de rotación mental en cinco pasos: codificación, indicación, rotación, coincidencia y respuesta. A partir de esto afirman que la mayor activación cerebral durante el paso de rotación, está vinculada principalmente al lóbulo parietal superior. De allí que sea un resultado acorde a las evidencias que presentan los gráficos de las curvas de nivel en donde se confirma la participación del lóbulo parietal en las tareas de rotación mental en el grupo de hombres (Fig. 5.3, Fig. 5.6, Fig. 5.9 Fig. 5.12).

Gogos et al. (2010) establecen en su estudio *Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: An fMRI study* que en las tareas de rotación mental en las que se presentan estímulos con mayor ángulo (100° y 150°) se presenta activación bilateral, es decir actividad eléctrica cerebral en ambos hemisferios, tanto en el lóbulo parietal superior como en el inferior, en un grupo de mujeres. Además hay un aumento en la señal cerebral relacionada con un aumento en los ángulos de rotación mental; este resultado es contrario a los resultados encontrados en la presente investigación, ya que la (Fig. 5.15, Fig. 5.18, Fig. 5.21, Fig. 5.24) muestran que hay un mayor potencial eléctrico en 100° en comparación con el ángulo de 150° grados que presenta menor activación en el grupo de mujeres.

En la investigación *Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory* adelantada por Awh and Jonides (2001), se identificó que hay un aumento en el

potencial eléctrico en la corteza cerebral del lóbulo parietal superior e inferior relacionada directamente con el aumento del ángulo de rotación mental, por lo cual establecen que el aumento de ángulo implica aumento de señales eléctricas del cerebro; la presente investigación encontró que el mayor potencial eléctrico en el grupo de mujeres se presenta al desarrollar tareas de rotación mental con estímulos de 100° .

Por su parte Seurinck et al. (2011) en su trabajo *Mental rotation meets the motion aftereffect: the role of hV5/MT+ in visual mental imagery* establecen una correlación entre el aumento de ángulo de rotación y el aumento de actividad neuronal, este resultado es discutible para la presente investigación dado que para el grupo de hombres el ángulo de rotación que presentó mayor actividad fue 100° seguido por el de 50° 150° y finalmente la ejecución de la tarea con imágenes espejo (Tab. 5.35).

Del mismo modo para el grupo de mujeres frente al planteamiento de Seurinck et al. (2011), se refuta este resultado para grupo de mujeres que participó en la presente investigación puesto que el ángulo de rotación que presentó mayor actividad fue el de 100° seguido por imagen en espejo, 50° y finalmente 150° (Tab. 5.35).

En particular, y a pesar que en los resultados se aprecia de manera clara que los estímulos con ángulos de rotación de 100° son los que muestran mayor actividad eléctrica, tanto en el grupo de hombres como en el grupo de mujeres, no hay claridad de las razones por las cuales se presenta este tipo de diferencia, más aún cuando en estudios realizados por Shepard y Metzler (1979) se demuestra que el tiempo de respuesta para determinar si dos figuras son iguales aumenta conforme la diferencia angular aumenta. En este sentido se podría inferir que entre menos diferencia angular tengan las figuras menos compleja es la tarea de rotación mental y por ende menor potencia en los valores EEG.

Por su parte Jaušovec and Jaušovec (2012) muestran en su estudio *Sex differences in*

mental rotation and cortical activation patterns: Can training change them? Que existen diferencias significativas en la actividad cerebral asociadas al género durante el desarrollo de tareas de rotación mental; en general los hombres muestran mayor actividad eléctrica que las mujeres. Estos resultados son acordes a los hallazgos de la presente investigación donde se muestra que los hombres presentaron mayor potencia en los valores EEG durante el desarrollo de tareas de rotación mental en comparación con las mujeres, aunque estas diferencias solo son significativas en los estímulos que tienen un ángulo de rotación de 100° e imágenes espejo (Tab. 5.35).

Kucian et al. (2005) identificaron en su trabajo investigativo Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks que no hay diferencias significativas en el desempeño al momento de desarrollar la tarea de rotación mental entre hombres y mujeres, sin embargo destaca que las mujeres muestran mayores zonas de activación para la misma tarea. Este resultado es contrario a los hallazgos de la presente investigación dado que se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres en el desarrollo de las tareas de rotación mental para el ángulo de 100° e imágenes espejo (Tab. 5.24, Tab. 5.22).

De la misma manera frente a los resultados de Kucian et al. (2005) donde establece que las mujeres muestran mayores zonas de activación, la presente investigación identificó que el grupo de mujeres presentan menores valores en el potencial eléctrico en todos los ángulos de las tareas de rotación mental en comparación con el grupo de hombres (Fig. 5.15, Fig. 5.18, Fig. 5.21, Fig. 5.24).

Jordan et al. (2002) concluyen que no hay diferencias significativas entre hombres y mujeres que permita afirmar que la activación de las zonas del cerebro son sustancialmente diferentes en el desarrollo de tareas de rotación mental. Para la presente investigación

estos resultados son contrarios ya que se evidenció a partir del análisis de varianzas (Tab. 5.24, Tab. 5.22), que existen diferencias significativas entre el grupo de hombres y mujeres en las tareas de rotación mental que involucran ángulos de 100° e imagen en espejo.

Thomsen et al. (2000) establecen en su trabajo investigativo Functional magnetic resonance imaging (fMRI) study of sex differences in a mental rotation task que aunque los hombres respondieron mejor durante las pruebas de rotación mental no hay diferencias significativas en la actividad eléctrica cerebral. Este resultado es equivalente a los hallazgos de la presente investigación para los ángulos de rotación 50° y 150° (Tab. 5.21, Tab. 5.23), donde se evidenció que no hay diferencias significativas entre el grupo de hombres y mujeres en las tareas de rotación mental.

Titze et al. (2008) concluyen en su trabajo investigativo Gender Differences in the Mental Rotations Test(MRT) Are Not Due to Task Complexity que las diferencias en el desarrollo de las tareas de rotación mental entre hombres y mujeres, donde el hombre tiene mejores resultados no está asociada a las zonas de activación cerebral, dado que no hay diferencias significativas. Este resultado es concordante parcialmente a los hallazgos de la presente investigación ya que se evidencia en las tablas (Tab. 5.21, Tab. 5.23), que para los ángulos de rotación 50° y 150° no hay diferencias significativas entre el grupo de hombres y mujeres en las tareas de rotación mental.

Uno de los hallazgos de Roberts (1998) en su investigación Sex differences on a mental rotation task: Variations in hemispheric activation between children and college students es que los hombres presentan menor potencial eléctrico(Voltios) en los valores EEG en comparación con las mujeres. Estos resultados se contraponen a los hallazgos de la presente investigación, ya que en este caso se evidencia que los hombres presentan mayor potencia eléctrica(Voltios) en la actividad cerebral para el desarrollo de las tareas de

rotación mental en todos los ángulos frente a la actividad cerebral de las mujeres (Tab. 5.35). aunque esta diferencia solo es significativa para los ángulos de rotación de 50° y 150° .

En general este estudio muestra que existen diferencias significativas en las zonas de activación cerebral en hombres y mujeres cuando desarrollan tareas de rotación mental, específicamente con estímulos de 100° y con estímulos de imágenes espejo; particularmente los hombres muestran mayor actividad eléctrica cerebral frente a las mujeres en todos los ángulos de rotación de los estímulos que hicieron parte de la experimentación.

En este sentido es posible afirmar que la formación profesional no se considera un factor que influya en la existencia de estas diferencias, pues tanto el grupo de hombres, como el grupo de mujeres tienen una buena capacidad espacial asociada a un buen rendimiento en matemáticas. Desde esta perspectiva se hace necesario considerar otros factores que pueden influir en la generación de dichas diferencias, como el factor ambiental en el que se tienen en cuenta las experiencias individuales o factores hormonales que estimulan el buen rendimiento en este tipo de tareas. Es importante considerar en este punto lo establecido por Kosciak et al. (2009) en su investigación *Sex Differences in Parietal Lobe Morphology: Relationship to Mental Rotation Performance* en la cual se afirma que las diferencias en el rendimiento en la ejecución de la tarea de rotación mental está asociada con las diferencias morfológicas que existen entre hombres y mujeres en el lóbulo parietal, y aunque no es un aspecto que se aborde en la presente investigación, puede ser uno de los factores que permita dar explicación a estas diferencias.

En el trabajo investigativo adelantado por Gogos et al. (2010) establecen que las tareas de rotación mental generan activación en el lóbulo parietal superior derecho, este resultado es acorde con lo encontrado en la presente investigación en relación a que los

hombres presentan mayor activación cerebral en el hemisferio derecho en comparación con el izquierdo cuando desarrollan tareas de rotación mental con estímulos de 50° (Fig. 5.3).

Del mismo modo Gogos et al. (2010), establece que el lóbulo parietal inferior derecho participa en las actividades de rotación mental, este resultado es semejante al obtenido en esta investigación en relación al grupo de mujeres que evidenció mayor activación eléctrica en el hemisferio derecho cuando desarrollan tareas de rotación mental con estímulos de 100° (Fig. 5.18).

El trabajo investigativo *Parietal Lobe Contribution to Mental Rotation Demonstrated with rTMS* adelantado por Harris and Miniussi (2003) se centró en identificar cuál de los dos hemisferios tiene mayor influencia en las tareas de rotación mental, por lo cual se diseñó un experimento que permitiera bloquear la señal eléctrica en alguno de los hemisferios del lóbulo parietal, hallando que la interrupción en el lóbulo parietal derecho afectaba significativamente el desarrollo de la tarea, este resultado se relaciona con la evidencia hallada en el presente estudio donde en general el grupo de hombres muestran mayor potencial eléctrico en el lóbulo parietal derecho durante el desarrollo de la tarea de rotación mental.

Del mismo modo Harris and Miniussi (2003) establecen que la rotación mental principalmente se ejecuta en su mayoría en el lóbulo parietal derecho. Sin embargo este resultado es contrario al hallazgo en la presente investigación frente al grupo de mujeres donde se evidencio que no hay predominancia de alguno de los hemisferios durante el desarrollo de tareas de rotación mental.

Milivojevic et al. (2009) en su estudio *Hemispheric dominance for mental rotation: it is a matter of time* destacan una asimetría en la activación cerebral en el lóbulo parietal

derecho frente al lóbulo parietal izquierdo cuando se realizan tareas de rotación mental, esta diferencia radica en que el lóbulo parietal derecho procesa con mayor rapidez la información, este resultado es acorde con el presente estudio investigativo se halló mayor activación cerebral en hemisferio derecho para estímulos con ángulos de rotación de 50° 100° e imágenes espejo en grupo de hombres (Fig. 5.3, Fig. 5.6, Fig. 5.12).

Como aporte final Milivojevic et al. (2009) establece que el uso de sistemas EEG son más eficientes dado que permite una mejor resolución en las imágenes y mayor precisión en la ubicación de señales cerebrales.

De allí que para la presente investigación se hizo uso del sistema EEG a fin de lograr mayor precisión y generar los gráficos de posicionamiento de electrodos en las curvas de nivel, estos son fundamentales puesto que detallan la actividad eléctrica en del lóbulo parietal.

Jordan et al. (2001) concluyen que ambos hemisferios se activan de manera equivalente al desarrollar tareas de rotación mental. Para la presente investigación se logra establecer que para el grupo de mujeres hay mayor activación en el hemisferio derecho para las tareas rotación de 100° y 150° mientras para las tareas de 50° e imagen en espejo se presenta mayor activación en el hemisferio izquierdo.

Los resultados obtenidos por Jordan et al. (2002) en su estudio *Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks* establecen que para el grupo de mujeres se observa activación cerebral en el lóbulo parietal superior en ambos hemisferios cuando desarrollan tareas de rotación mental con imágenes 3D. Estos resultados son acordes a los hallazgos en la presente investigación con el grupo de mujeres puesto que en las tareas de rotación mental con figuras 3D se genera activación en lóbulo parietal superior e inferior, así mismo se confirma que esta activación se produce

en ambos hemisferios (Fig. 5.15, Fig. 5.18, Fig. 5.21, Fig. 5.24).

Del mismo modo Thomsen et al. (2000) afirman que existen diferencias en la actividad eléctrica en el lóbulo parietal superior durante el desarrollo de tareas de rotación mental, donde hay predominancia en la actividad cerebral en general para el hemisferio derecho, comparada con su homóloga del hemisferio izquierdo. Este resultado es acorde a los observados en la presente investigación ya que en el análisis de posicionamiento de electrodos las curvas de nivel permiten observar mayor activación en el lóbulo parietal derecho en comparación con el izquierdo en el caso del grupo de los hombres en todos los ángulos de rotación con la excepción de las tareas de rotación en el ángulo de 150° (Fig. 5.9).

Al considerar las diferencias en la actividad eléctrica de los hemisferios cerebrales cuando se desarrollan tareas de rotación mental se encuentra que este estudio se suma a la evidencia que muestra mayor participación del hemisferio derecho en comparación con el izquierdo; sin embargo esta dominancia se aplica solo para el género masculino, las mujeres por su parte muestran actividad eléctrica bilateral. Este hallazgo se relaciona en particular con las estrategias que se utilizan para resolver una tarea de rotación mental.

Algunas investigaciones diferencian las estrategias utilizadas por los hombres de las utilizadas por las mujeres. Los primeros emplean estrategias integrales en las que se manipula y transforma mentalmente el estímulo como un todo, mientras que las mujeres manipulan los componentes por separado, se centran en los detalles de los estímulos y en su análisis por lo que se requiere no solamente más tiempo para completar la rotación, sino además la participación del hemisferio izquierdo encargado en este caso de tareas como el análisis y procesamiento lógico de una situación.

Por otra parte el trabajo investigativo trabajo Sex differences in brain activation

pattern during a visuospatial desarrollado por Weiss et al. (2003) les permitió identificar que los hombres tienen mayor activación del lóbulo parietal inferior. Al contrastar estos resultados con los hallazgos de la presente investigación se establece que para el grupo de hombres no hay evidencia que permita establecer que hay una mayor activación del lóbulo parietal inferior durante la ejecución de tareas de rotación mental.

Del mismo modo Weiss et al. (2003) establece que en las mujeres se presenta una activación significativa en el lóbulo parietal superior. Al comparar estos resultados con los hallazgos de la presente investigación se identificó que para el grupo de mujeres no hay evidencia que permita establecer que hay una mayor activación del lóbulo parietal superior durante la ejecución de tareas de rotación mental.

Finalmente Weiss et al. (2003) plantean que la diferencia de las zonas de activación en el hombre y la mujer pueden radicar en los diferentes niveles de procesamiento al momento de desarrollar la tarea de rotación mental, para la presente investigación este resultado no es comparable dado que no se hallan evidencias que permitan establecer que hay diferentes niveles de procesamiento de la información en el grupo de hombres y mujeres al momento de desarrollar la tarea de rotación mental.

En general los resultados de este estudio nos permiten afirmar que existen diferencias en la actividad eléctrica en el lóbulo parietal, entre hombres y mujeres cuando desarrollan tareas de rotación mental para diferentes ángulos, sin embargo esta diferencia solo es significativa en el caso de figuras con un ángulo de rotación de 100° y para imágenes espejo.

Así mismo y en relación con lo expuesto anteriormente no solo se evidencio con los hallazgos una diferencia significativa entre géneros en las tareas en las que se utilizó el ángulo de rotación de 100° , sino que al realizar una comparación por grados de rotación

entre hombres se observó también mayor actividad eléctrica para el ángulo de rotación de 100° sobre todos los demás.

Por otra parte, es indudable que hay un grado de asociación significativo entre la actividad eléctrica presentada en los estímulos de 50° con los estímulos de 100° , 150° e imágenes espejo, tanto en el caso de hombres como en el caso de mujeres. Lo anterior indica que se desarrollan procesos cognitivos similares o equiparables en las tareas de rotación mental para estímulos de 50° , 100° , 150° e imágenes espejo.

Para futuros estudios se sugiere plantear una investigación que aborde las razones por las cuales hay mayor potencial eléctrico en el ángulo de rotación de 100° tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres y establecer si existe correlación entre el desempeño en las tareas de rotación mental con la actividad eléctrica. Así mismo sería interesante realizar un trabajo en el que se consideren las diferencias de género ya establecidas y se desarrolle una propuesta que con miras a reducirlas, esto con el fin de mejorar el desempeño de las mujeres en campos como la ingeniería, las matemáticas, la geometría, el deporte, entre otros, en los que tiene una gran implicación el desarrollo de procesos de rotación mental.

Capítulo 6

Conclusiones

Al finalizar la investigación sobre la actividad cerebral en la rotación mental en hombres y mujeres por medio de EEG, es fundamental para presentar las conclusiones remitirnos al inicio de este proceso cuando se establecieron los objetivos.

En el transcurso de la investigación se establecieron dos objetivos específicos. el primero *la caracterización en hombres y mujeres de las señales EEG asociadas a diferentes ángulos de rotación basadas en el test MRT-A*, el segundo *comparar y evaluar entre hombres y mujeres la actividad cognitiva EEG durante el desarrollo de tareas de rotación mental basadas en el test MRT-A*. Para el cumplimiento de ellos se requirió diseñar un sistema EEG, que acompañado de casco en silicona, permitiera ubicar 20 electrodos en la zona del lóbulo parietal, esta ubicación se genera teniendo en cuenta la revisión de antecedentes en el cual se indica que esta es la zona donde se presenta la mayor actividad cerebral relaciona con los procesos de rotación, mental.

Posteriormente se definió uso de imágenes, software y pasos para la experimentación; los cuales debían ser acordes a las investigaciones realizadas donde se aborda el desarrollo de tareas de rotación mental y captura de señales con sistemas EEG, se realizaron las

pruebas correspondientes que permitieron verificar que el sistema de captura de señales, visualización de imágenes y captura se desempeñara de manera acorde para poder llevar a cabo la experimentación.

Cabe señalar, que el uso de un sistema EEG permite una captura de datos bastante confiable, además supera algunos problemas de otros sistemas como el fMRI relacionados con la resolución y calidad de las imágenes, de allí que se generaron gráficas bastante detalladas las cuales se denominaron gráficas de posicionamiento de electrodos en curvas de nivel, que fue el insumo principal para el análisis.

Posteriormente llevo a cabo la experimentación es importante mencionar para este proceso se recurrió a 10 profesores de matemáticas en ejercicio graduados de la universidad Distrital los cuales poseen habilidades espaciales; el paso que se dio a continuación fue la captura de datos con equipos especializados (Laboratorio Universidad Nacional), con los datos capturados se procede a realizar la categorización por género y angulo de rotación.

Se concluye que en procesos de registro y captura de señales es idóneo hacer uso de sistemas de procesamiento de señales cerebrales (encefalograficas) EEG a fin de tener resultados más precisos acompañados de gráficos e imágenes que facilitan el proceso de comparación y análisis.

De la misma manera se confirma que en las tareas de rotación mental hay activación del lóbulo parietal tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres.

Para el desarrollo del primer objetivo se recurrimos a tres componentes, el primero los gráficos de potencia eléctrica en curvas de nivel, el segundo las bases de datos conformadas por el registro de información de los potenciales eléctricos (Voltios) para cada uno de los sujetos de la investigación organizados por género y angulo de rotación, y el tercero el análisis correlacional.

En primera medida se debe resaltar el proceso adelantado durante el análisis descriptivo de las curvas de nivel tanto en hombres como en mujeres, puesto que éstas dieron una imagen concreta de la actividad cerebral relacionada a la ejecución de las tareas de rotación mental, acompañado del análisis descriptivo de los cuadros de potencia eléctrica donde se permite observar cada electrodo con su respectivo potencial eléctrico.

finalmente el tercer elemento para caracterización es el análisis correlacional que permitió establecer la correlación entre la actividad cerebral y cada uno de los ángulos de rotación, tanto para el grupo de hombres como para el grupo de mujeres.

Los coeficientes de correlación muestran que hay un grado de asociación significativo entre la actividad eléctrica presentada en los estímulos de 50° con los estímulos de 100° , 150° e imágenes espejo, tanto en el caso de hombres como en el caso de mujeres. Lo anterior indica que se desarrollan procesos cognitivos similares o equiparables en las tareas de rotación mental para estímulos de 50° , 100° , 150° e imágenes espejo.

El análisis de estos tres elementos permite concluir que: En el grupo de hombres hay predominancia de la actividad eléctrica en el lóbulo parietal derecho, mientras que en el grupo de mujeres no existe un hemisferio predominante mientras se está desarrollando tareas de rotación mental, de la misma manera se evidencia que para el grupo de hombres y el grupo de mujeres el ángulo de rotación mental que muestra mayor activación es el de 100° .

Adicionalmente para esta investigación se logra establecer que hay mayor activación eléctrica en el hemisferio derecho para las tareas de rotación de 100° y 150° , de la misma manera que se establece que 50° e imágenes en espejo hay una activación superior para el hemisferio izquierdo.

Esta caracterización arroja como aspecto innovador en el caso de los hombres que se

presenta mayor potencial eléctrico en el lóbulo parietal derecho durante el desarrollo de las tareas de rotación mental.

finalmente el segundo objetivo de esta investigación se orientó en comparar y evaluar entre hombres y mujeres la actividad cognitiva EEG durante el desarrollo de tareas de rotación mental basadas en el test MRT-A.

Para lograr dicho objetivo se recurre a tres elementos, dos de ellos usados para la caracterización. El primero las curvas de nivel, el segundo la base de datos de comparación de potenciales eléctricos por electrodos, y el tercer elementos que es el análisis de varianza Kruskall Wallis, el cual se fundamenta en identificar las diferencias significativas entre los resultados obtenidos.

Se concluye que aunque en general hay diferencias en la actividad eléctrica de hombres y mujeres para todos los ángulos de rotación mental, es significativa esta diferencia para estímulos que tienen ángulos de rotación de 100° e imagen en espejo..

Del mismo modo este estudio revela que en el grupo de hombres se presentan mayor potencial eléctrico en la actividad cerebral para el desarrollo de tareas de rotación mental en todos los ángulos de rotación frente al potencial eléctrico de la actividad cerebral en las mujeres.

El desarrollo y logro de estas acciones permitió alcanzar el objetivo general que se estableció para la presente investigación el cuál estaba orientado a identificar, en un grupo de hombres y mujeres, las diferencias en las señales electroencefalograficas relacionadas con el desarrollo de tareas de rotación mental basadas en el test MRT-A.

Estas diferencias se pueden sintetizar en las siguientes ideas:

1. Se confirma que en las tareas de rotación mental hay activación del lóbulo parietal tanto en el grupo de hombres como en el de mujeres.

2. Aunque en general hay diferencias en la actividad eléctrica de hombres y mujeres para todos los ángulos de rotación mental, se identifica que es significativa para estímulos que tienen ángulos de rotación de 100° e imágenes en espejo.

3. En el grupo de hombres hay predominancia de la actividad eléctrica en el lóbulo parietal derecho, mientras que en el grupo de mujeres no existe un hemisferio que .

4. Para el grupo de hombres y el grupo de mujeres el ángulo de rotación mental que muestra mayor activación es el de 100° .

5. El grupo de hombres muestra mayor potencial eléctrico en todos los ángulos de rotación mental frente al grupo de mujeres.

Apéndice A

Anexo A

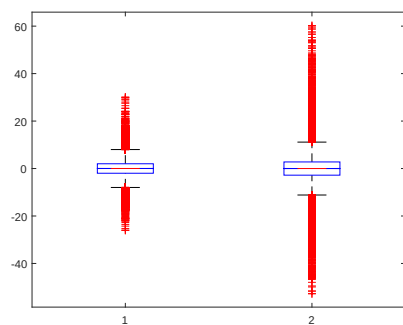
A.1. Medidas de dispersión

A.1.1. Gráficos medidas de dispersión para 50°

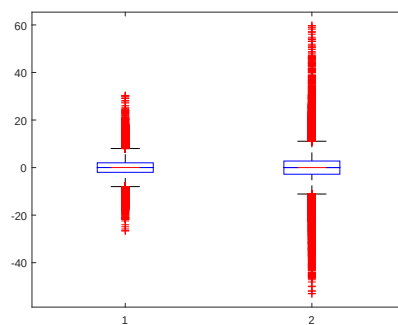
A.1.2. Gráficos medidas de dispersión para 100°

A.1.3. Gráficos medidas de dispersión para 150°

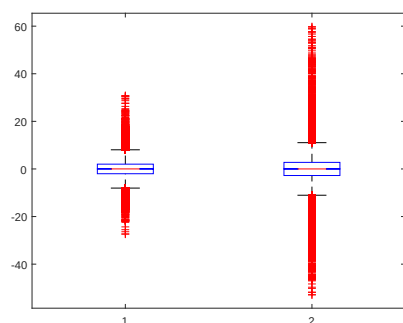
A.1.4. Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo



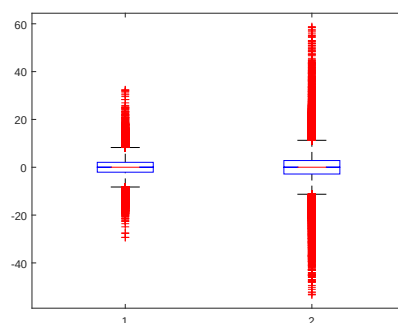
(a) Electrodo 1



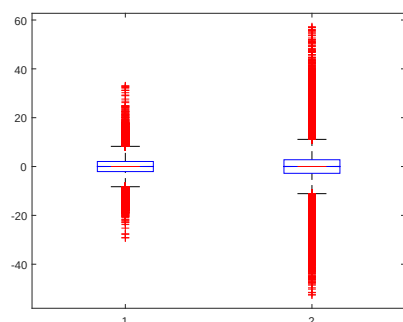
(b) Electrodo 2



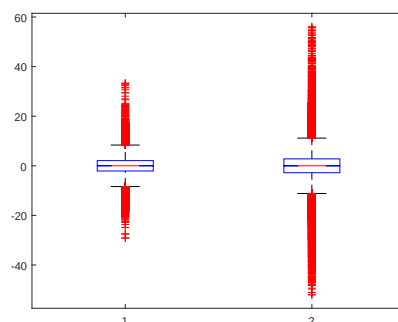
(c) Electrodo 3



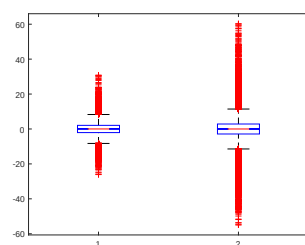
(d) Electrodo 4



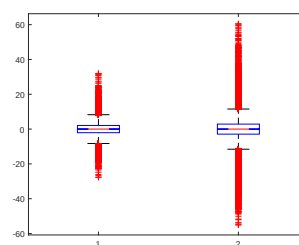
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

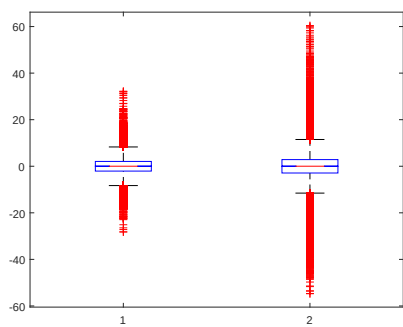


(g) Electrodo 7

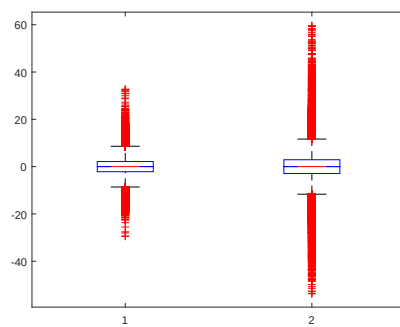


(h) Electrodo 8

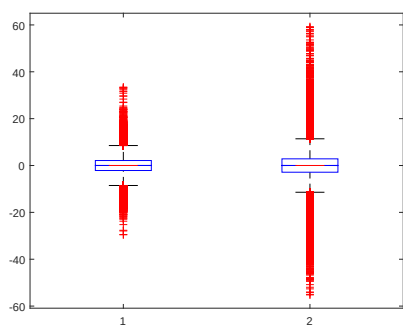
Figura A.1: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°



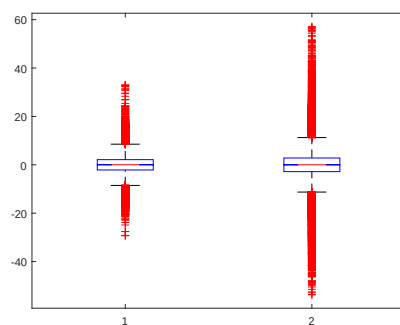
(a) Electrodo 9



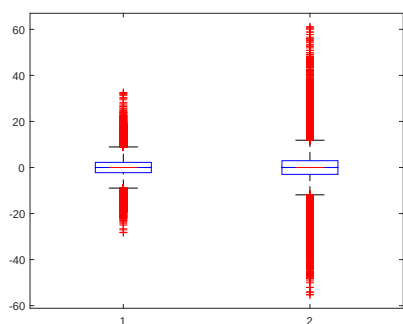
(b) Electrodo 10



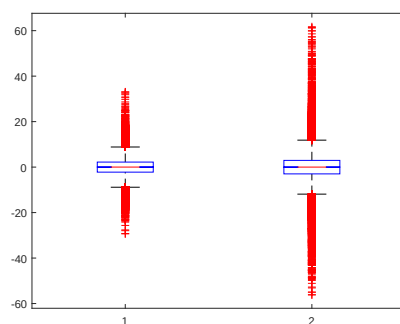
(c) Electrodo 11



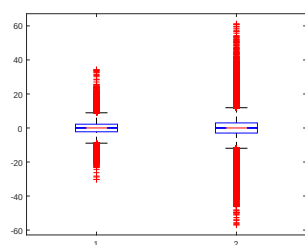
(d) Electrodo 12



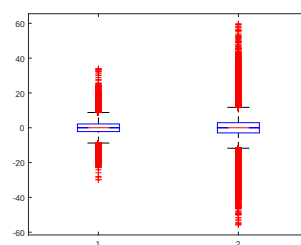
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

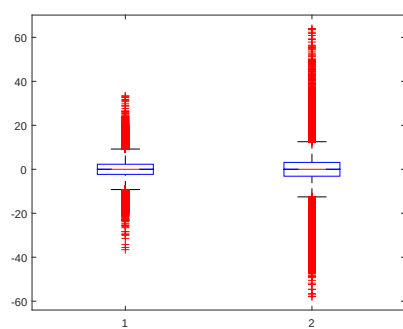


(g) Electrodo 15

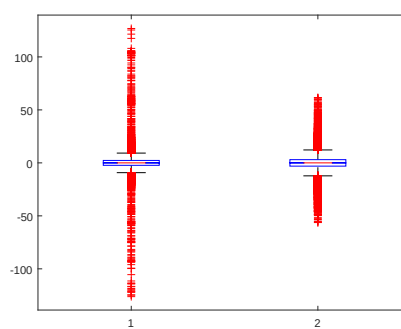


(h) Electrodo 16

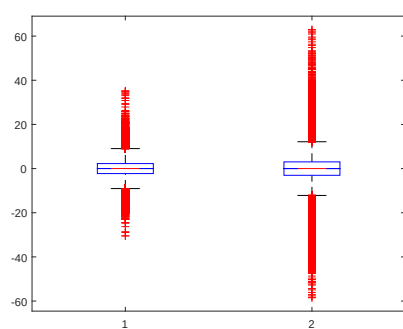
Figura A.2: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°



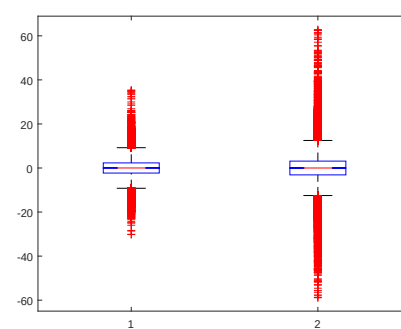
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18

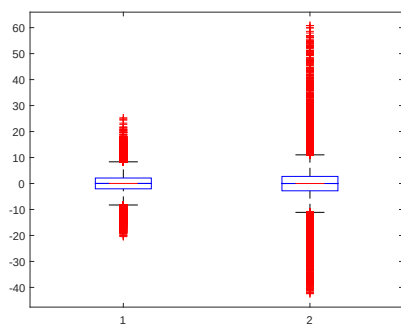


(c) Electrodo 19

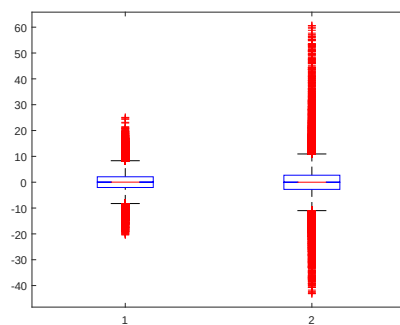


(d) Electrodo 20

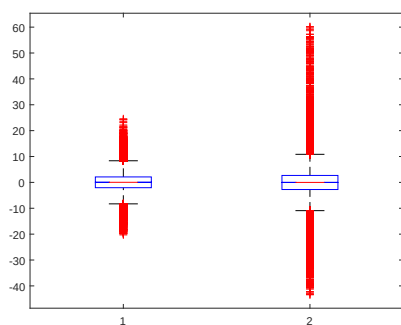
Figura A.3: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 50°



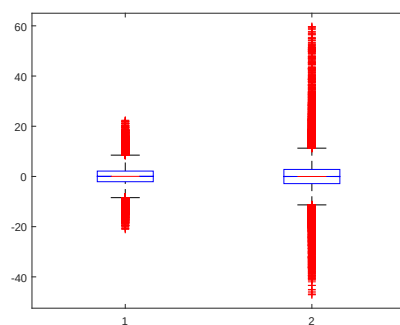
(a) Electrodo 1



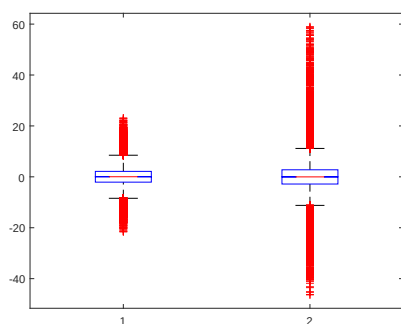
(b) Electrodo 2



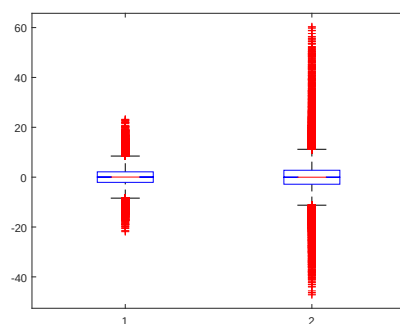
(c) Electrodo 3



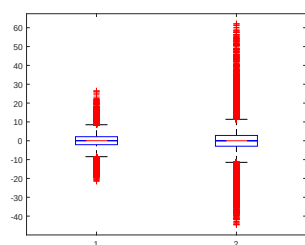
(d) Electrodo 4



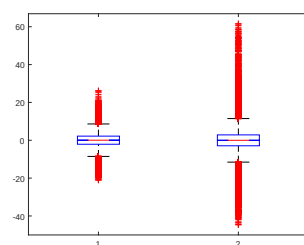
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

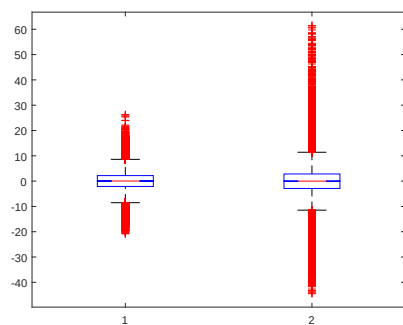


(g) Electrodo 7

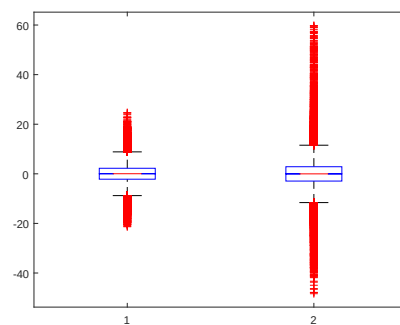


(h) Electrodo 8

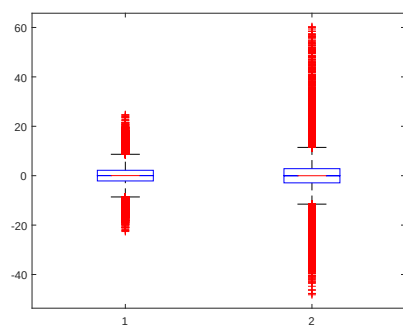
Figura A.4: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°



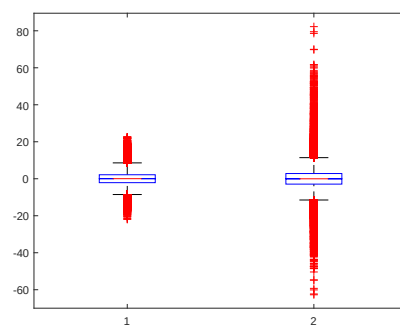
(a) Electrodo 9



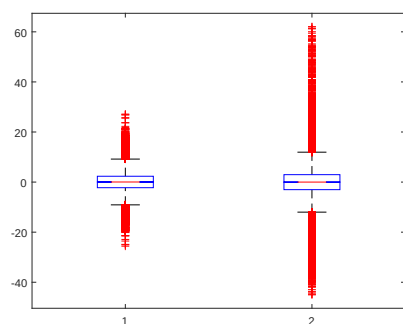
(b) Electrodo 10



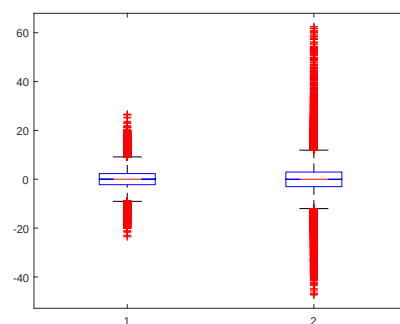
(c) Electrodo 11



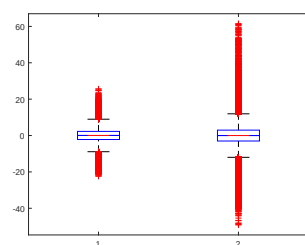
(d) Electrodo 12



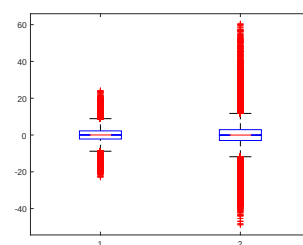
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

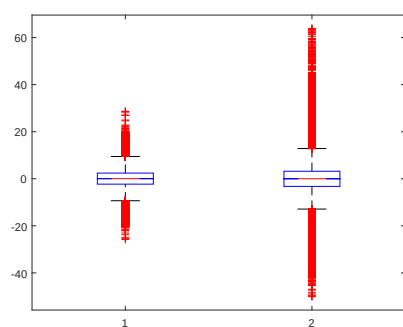


(g) Electrodo 15

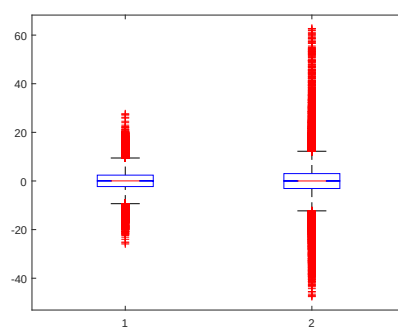


(h) Electrodo 16

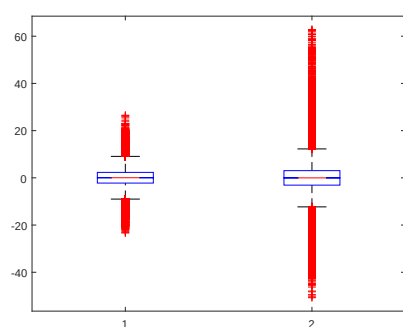
Figura A.5: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°



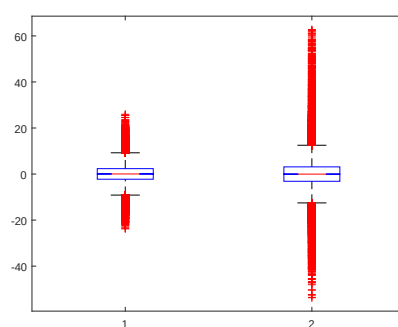
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18

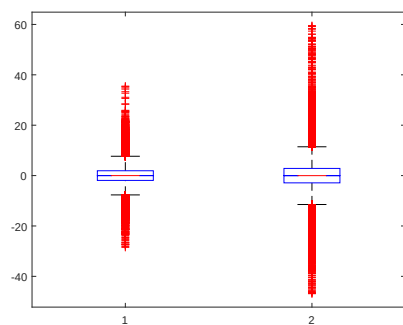


(c) Electrodo 19

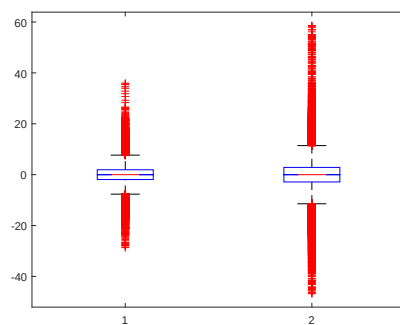


(d) Electrodo 20

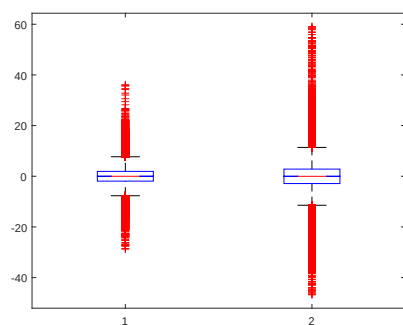
Figura A.6: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 100°



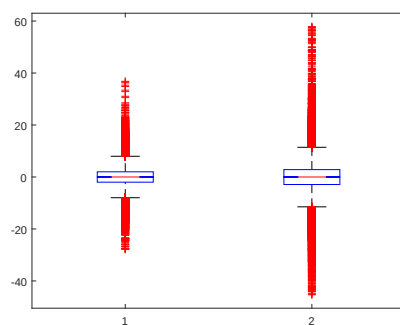
(a) Electrodo 1



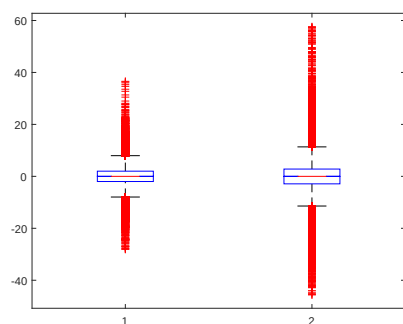
(b) Electrodo 2



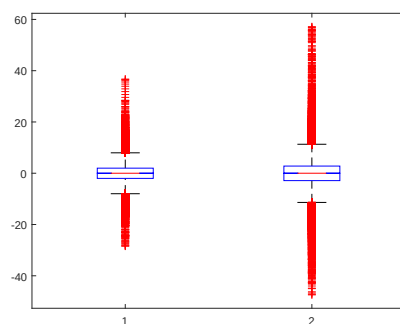
(c) Electrodo 3



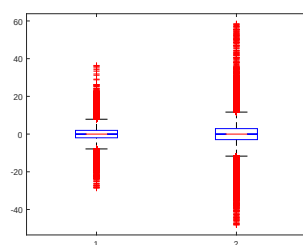
(d) Electrodo 4



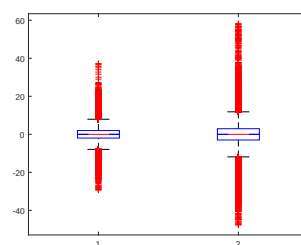
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

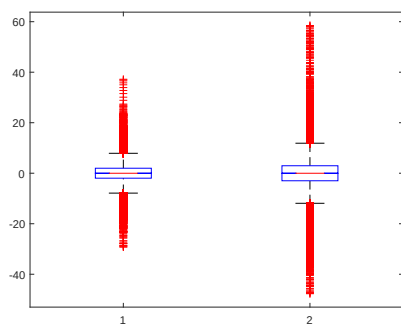


(g) Electrodo 7

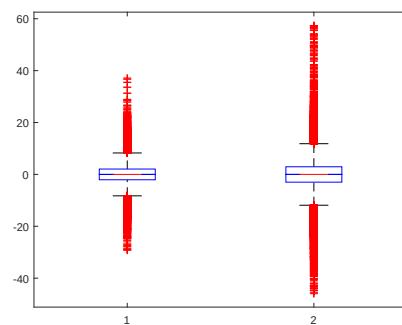


(h) Electrodo 8

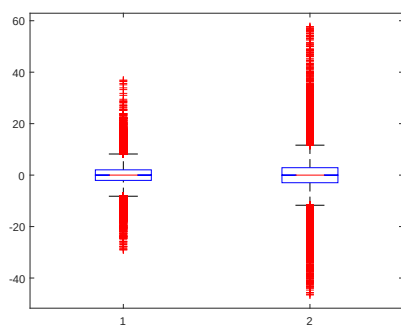
Figura A.7: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°



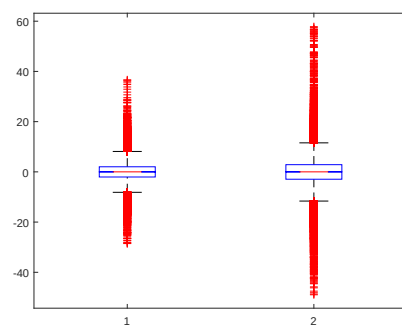
(a) Electrodo 9



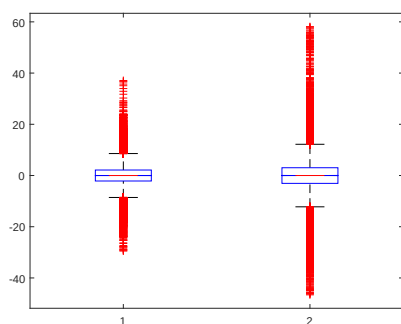
(b) Electrodo 10



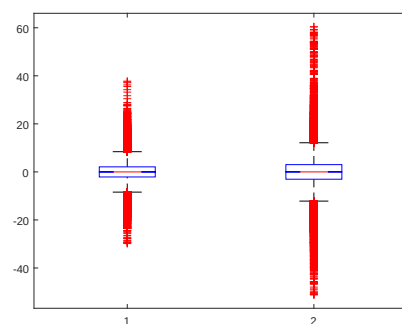
(c) Electrodo 11



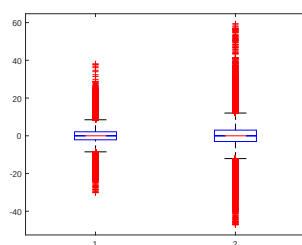
(d) Electrodo 12



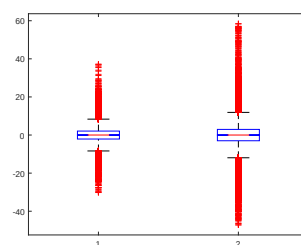
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

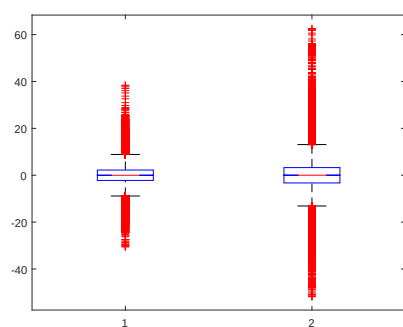


(g) Electrodo 15

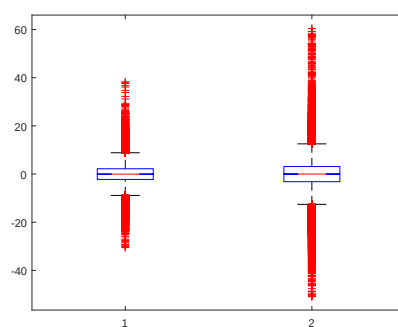


(h) Electrodo 16

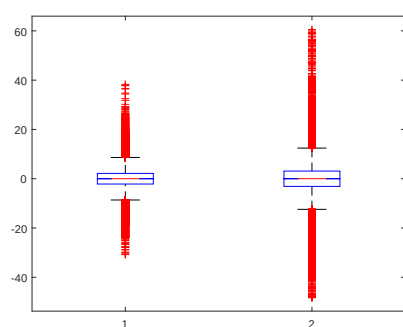
Figura A.8: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°



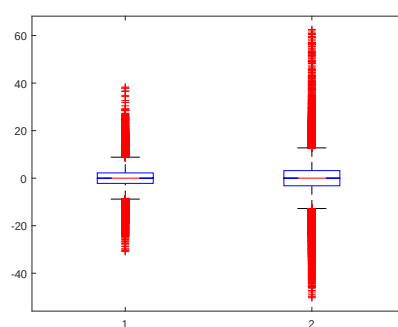
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18

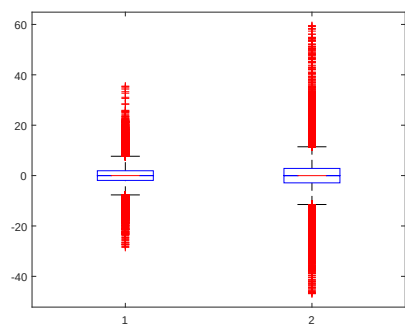


(c) Electrodo 19

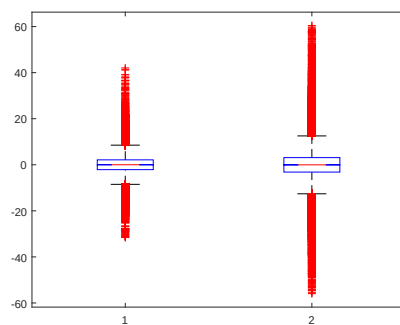


(d) Electrodo 20

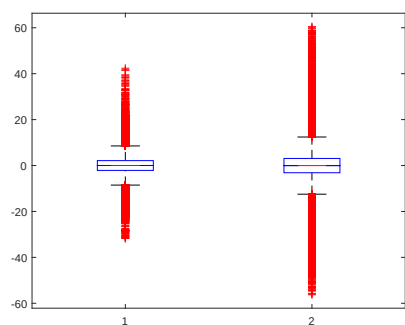
Figura A.9: Gráficos medidas de dispersión para ángulo 150°



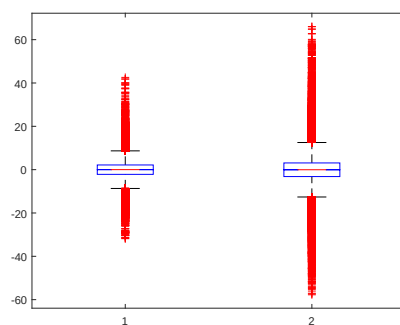
(a) Electrodo 1



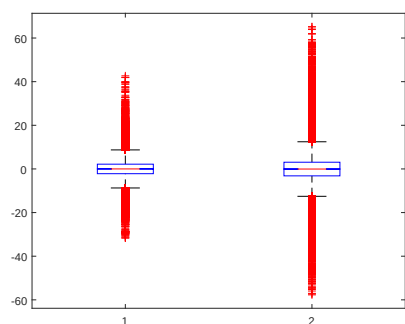
(b) Electrodo 2



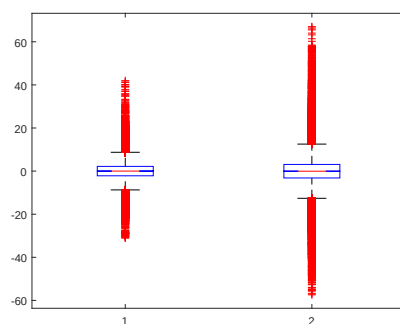
(c) Electrodo 3



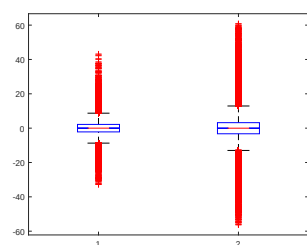
(d) Electrodo 4



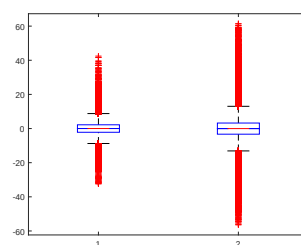
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

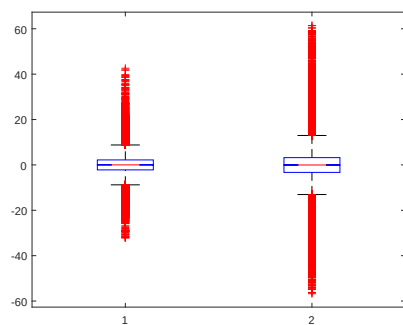


(g) Electrodo 7

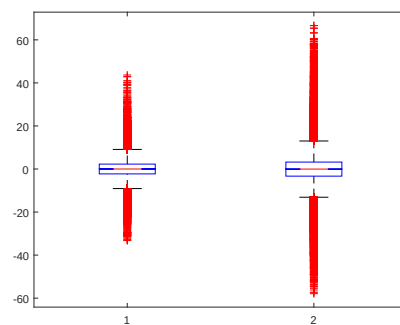


(h) Electrodo 8

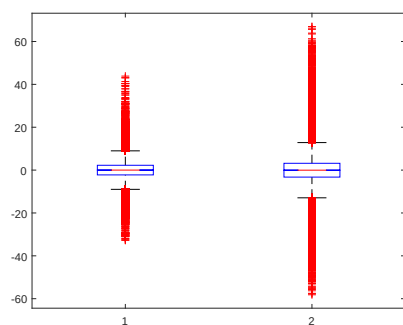
Figura A.10: Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo



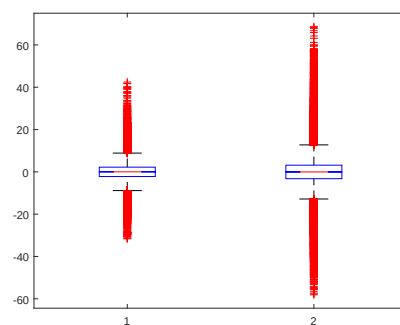
(a) Electrodo 9



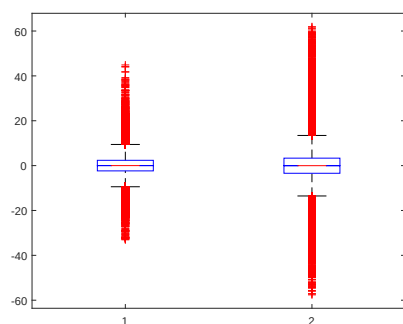
(b) Electrodo 10



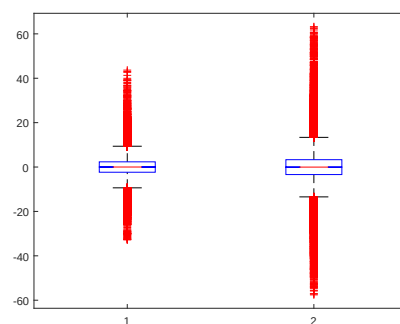
(c) Electrodo 11



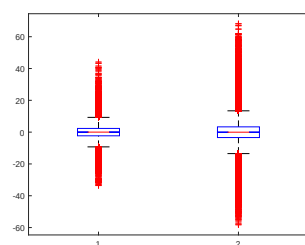
(d) Electrodo 12



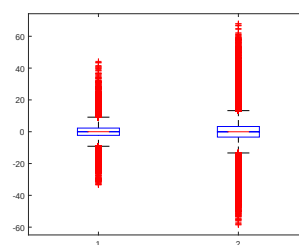
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

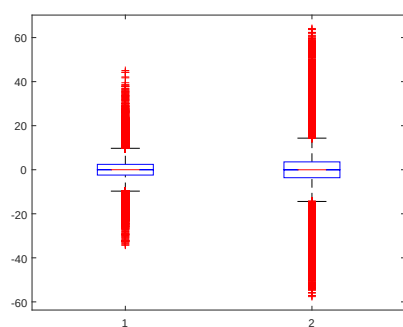


(g) Electrodo 15

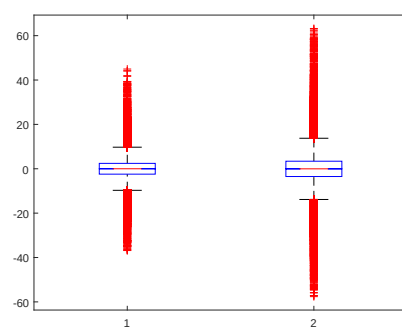


(h) Electrodo 16

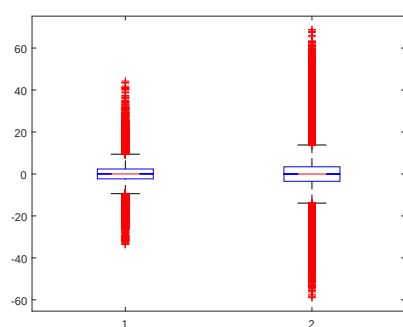
Figura A.11: Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo



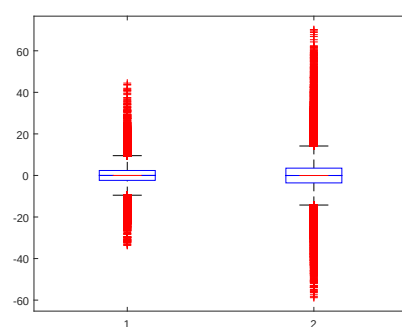
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



(c) Electrodo 19



(d) Electrodo 20

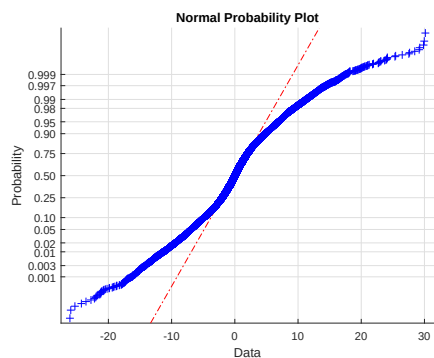
Figura A.12: Gráficos medidas de dispersión para imagen en espejo

Apéndice B

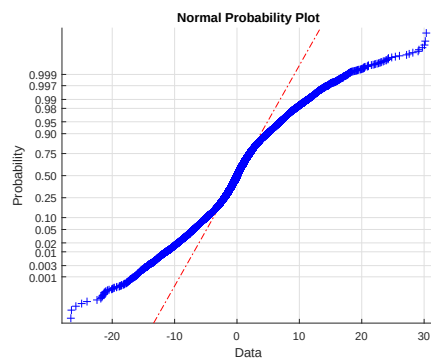
Anexo B

B.1. Gráficos pruebas de normalidad

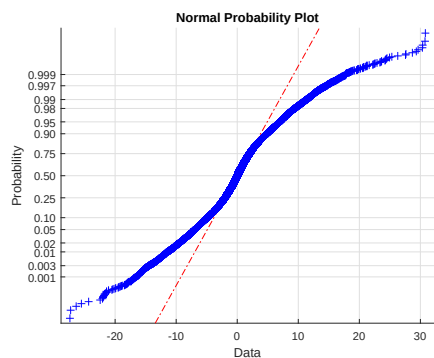
B.1.1. Gráficos pruebas normalidad 50° en hombres



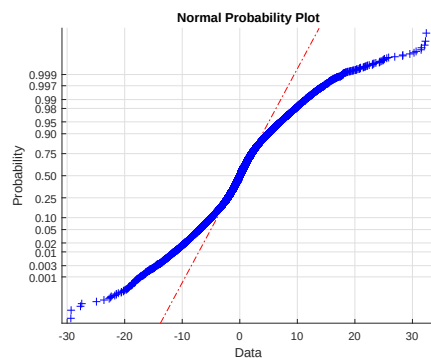
(a) Electrodo 1



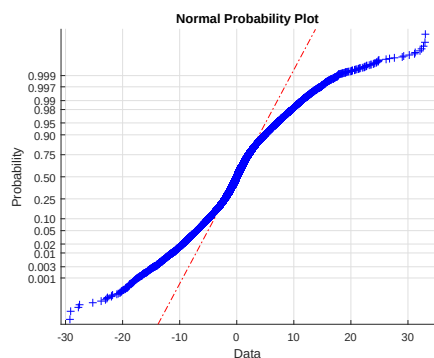
(b) Electrodo 2



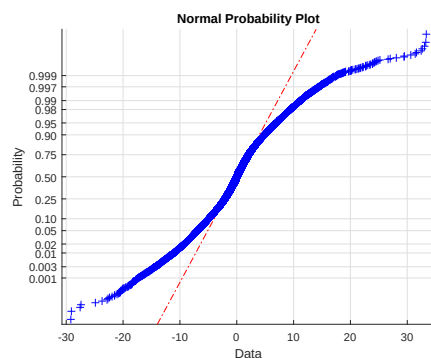
(c) Electrodo 3



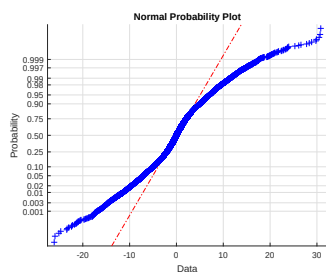
(d) Electrodo 4



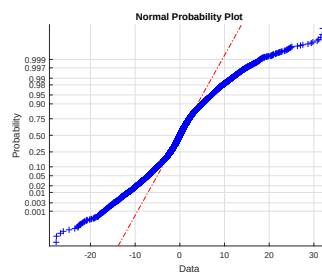
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

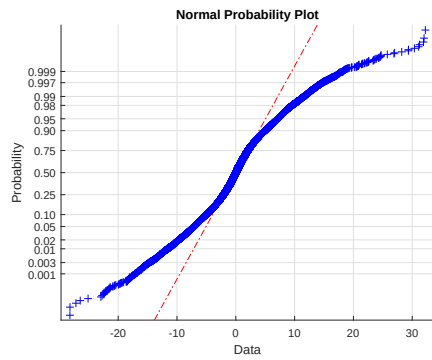


(g) Electrodo 7

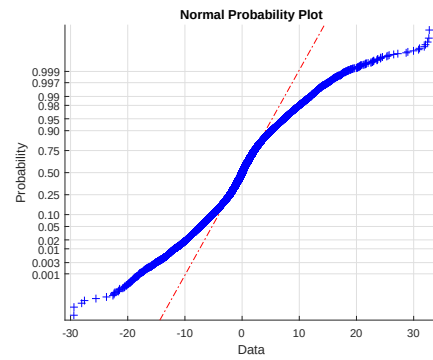


(h) Electrodo 8

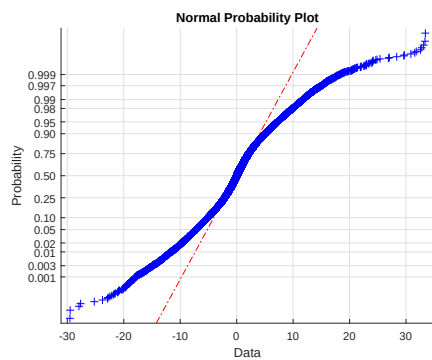
Figura B.1: Gráficas pruebas normalidad H^{50}



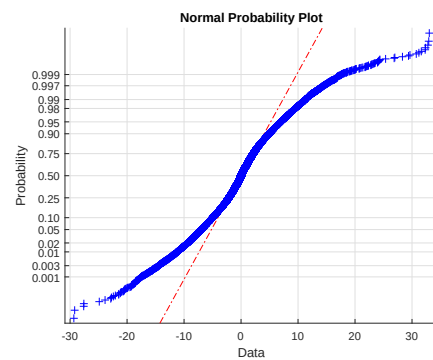
(a) Electrodo 9



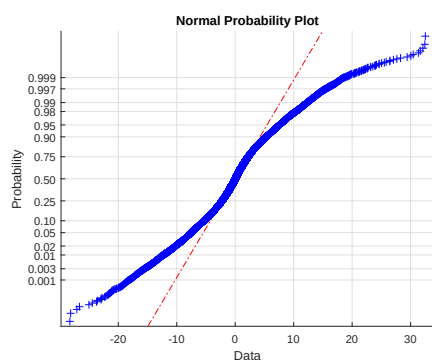
(b) Electrodo 10



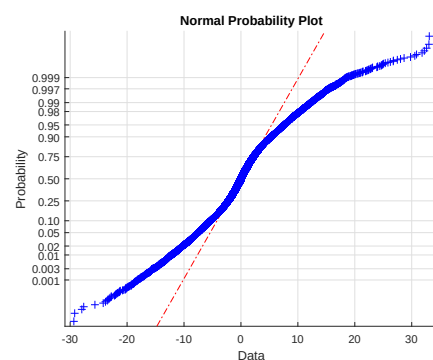
(c) Electrodo 11



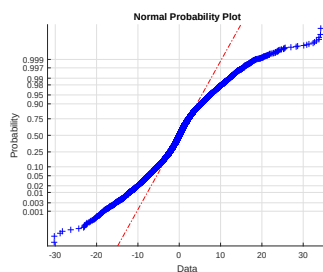
(d) Electrodo 12



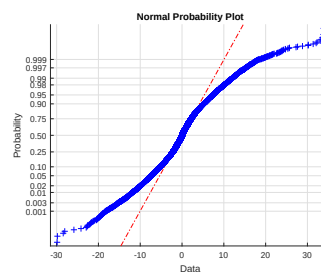
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

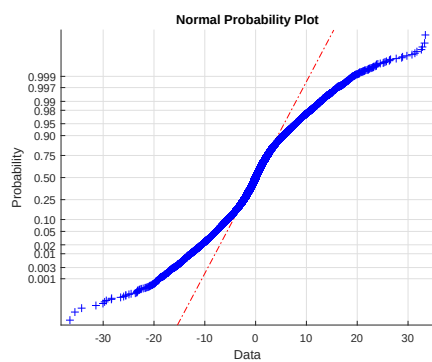


(g) Electrodo 15

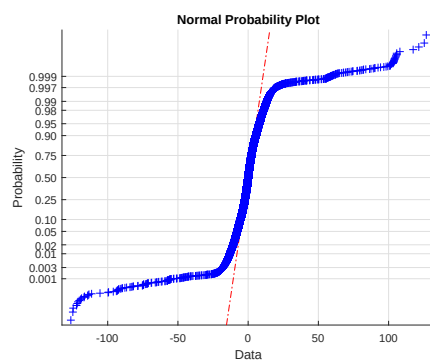


(h) Electrodo 16

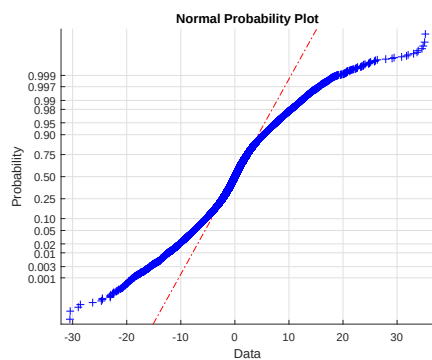
Figura B.2: Gráficas pruebas normalidad H^{50}



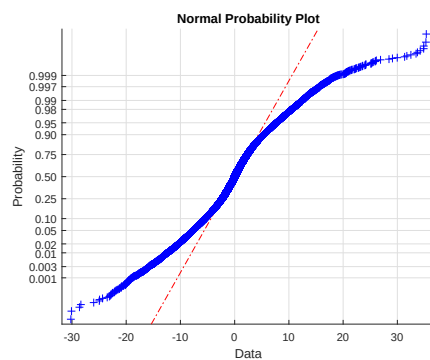
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



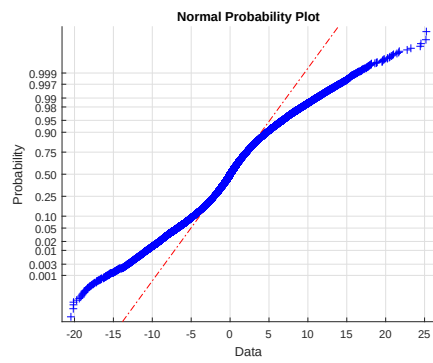
(c) Electrodo 19



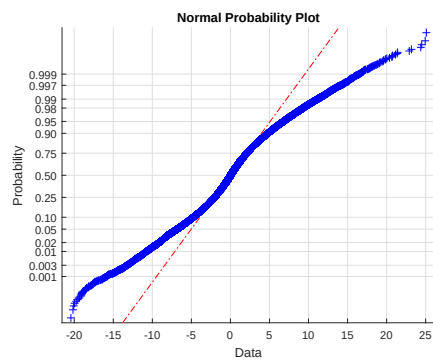
(d) Electrodo 20

Figura B.3: Gráficas pruebas normalidad H^{50}

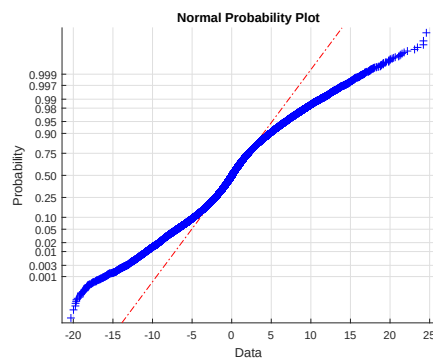
B.1.2. Gráficos pruebas normalidad 100^o en hombres



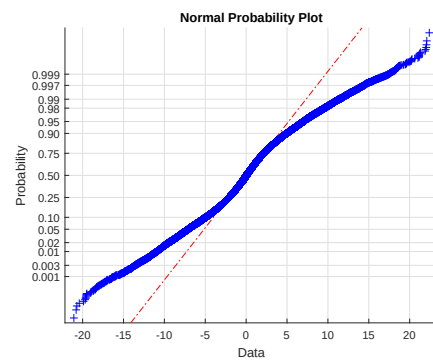
(a) Electrodo 1



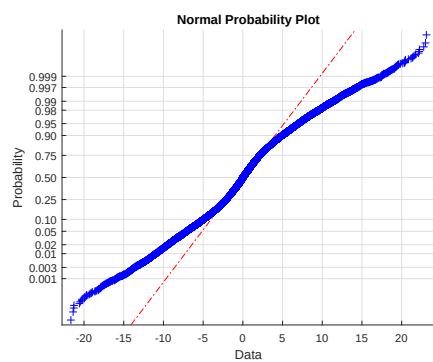
(b) Electrodo 2



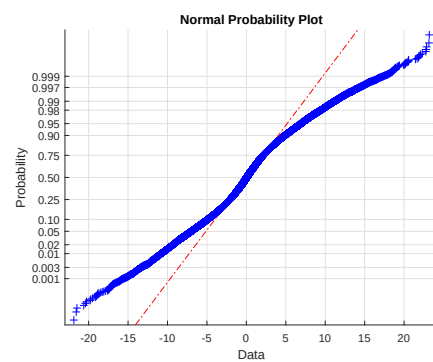
(c) Electrodo 3



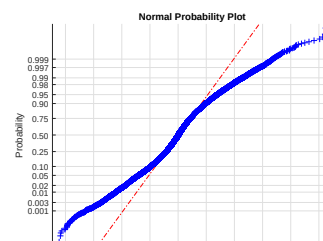
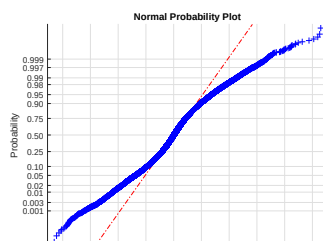
(d) Electrodo 4

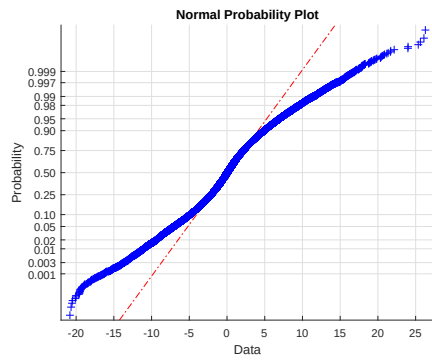


(e) Electrodo 5

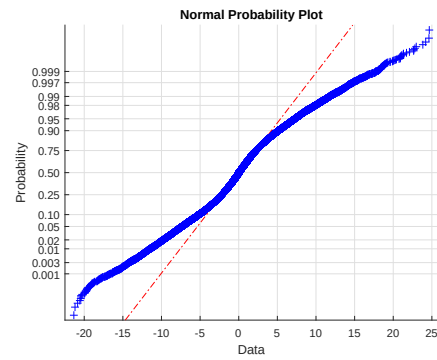


(f) Electrodo 6

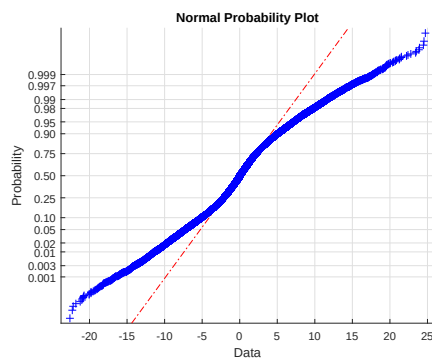




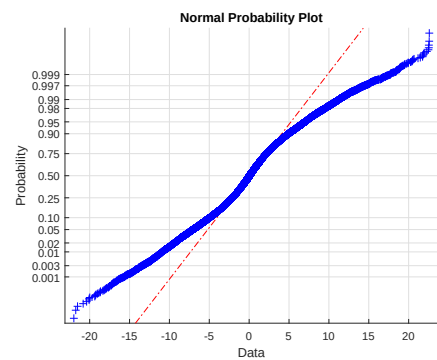
(a) Electrodo 9



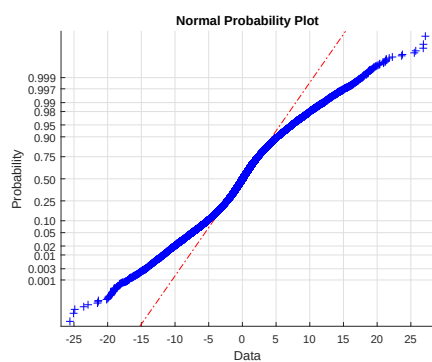
(b) Electrodo 10



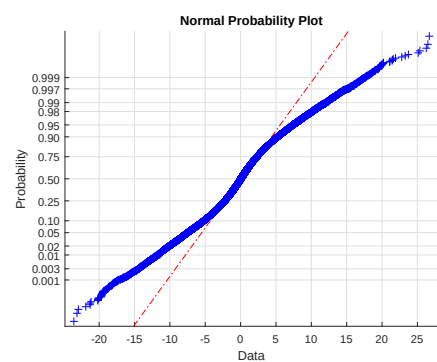
(c) Electrodo 11



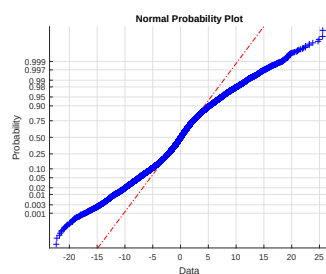
(d) Electrodo 12



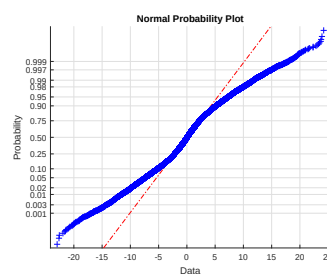
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

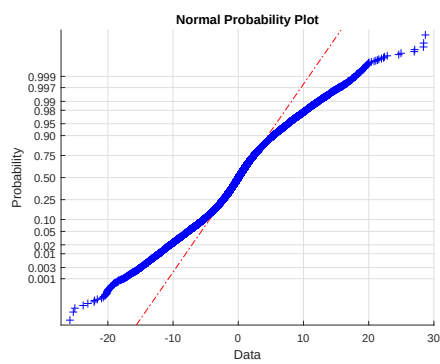


(g) Electrodo 15

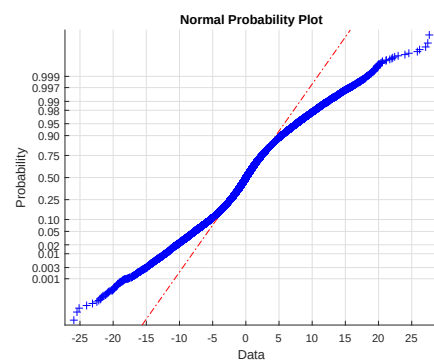


(h) Electrodo 16

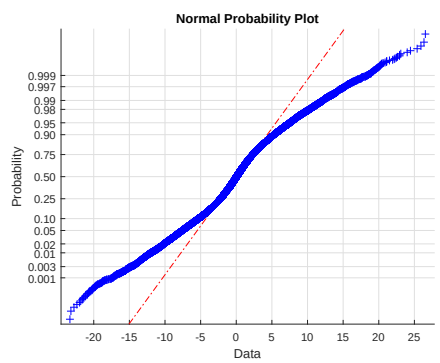
Figura B.5: Gráficas pruebas normalidad H^{100}



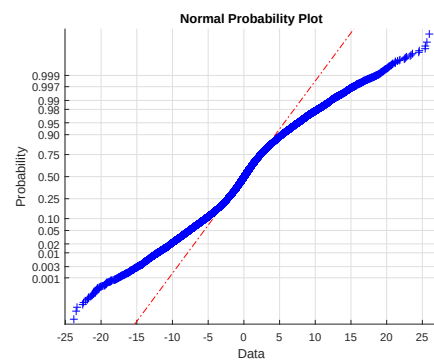
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



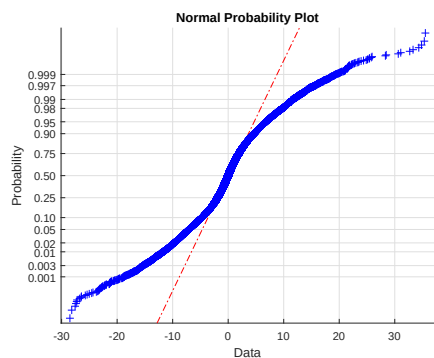
(c) Electrodo 19



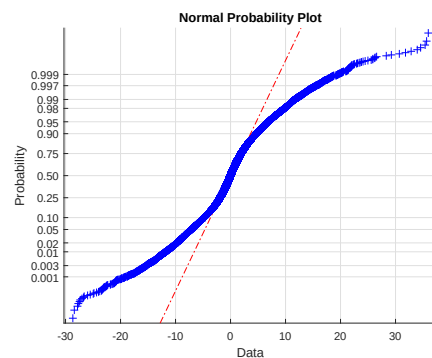
(d) Electrodo 20

Figura B.6: Gráficas pruebas normalidad H^{100}

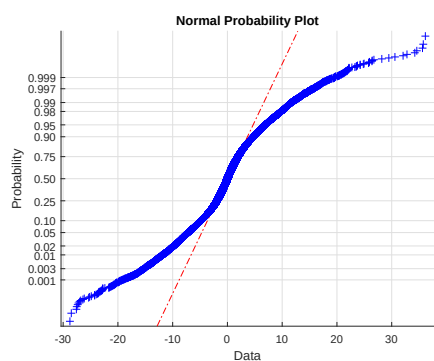
B.1.3. Gráficos pruebas normalidad 150° en hombres



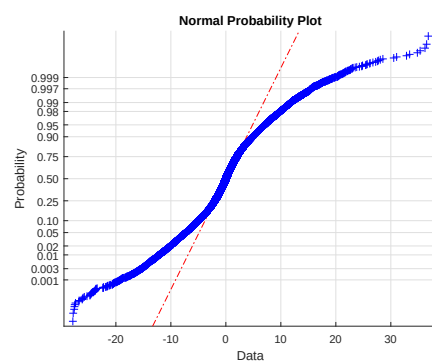
(a) Electrodo 1



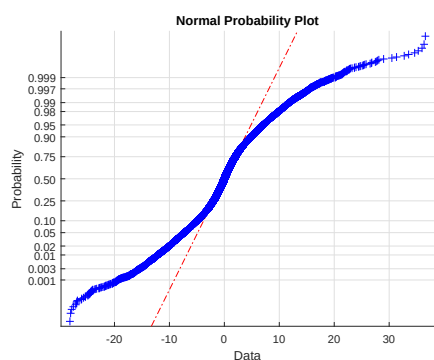
(b) Electrodo 2



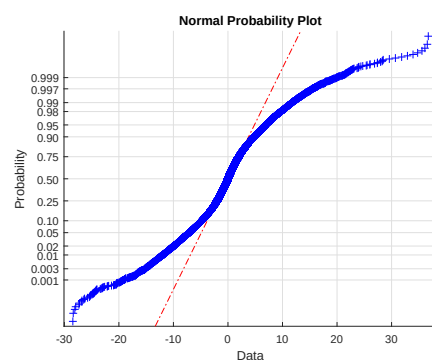
(c) Electrodo 3



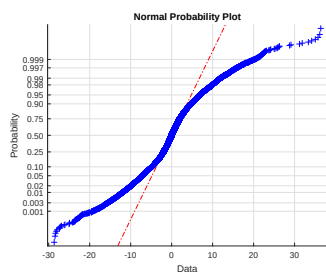
(d) Electrodo 4



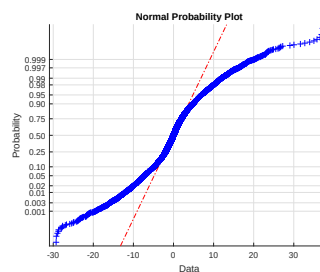
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

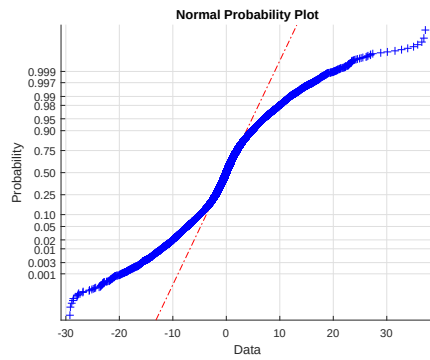


(g) Electrodo 7

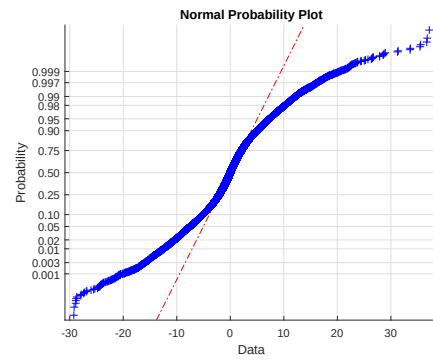


(h) Electrodo 8

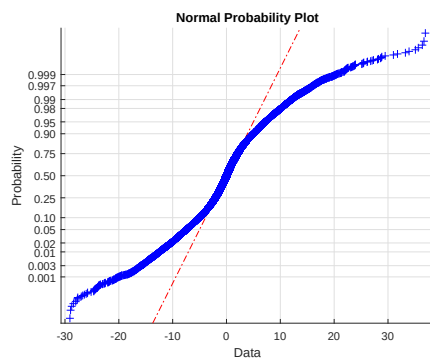
Figura B.7: Gráficas pruebas normalidad ángulo H^{150}



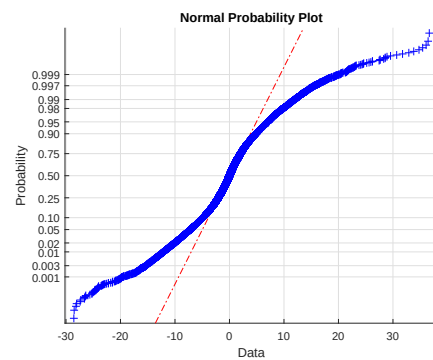
(a) Electrodo 9



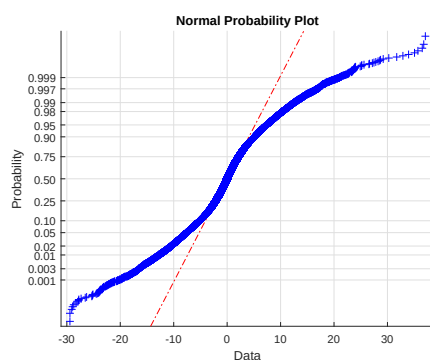
(b) Electrodo 10



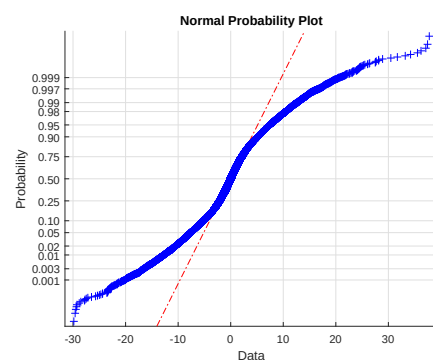
(c) Electrodo 11



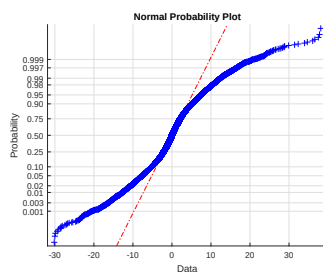
(d) Electrodo 12



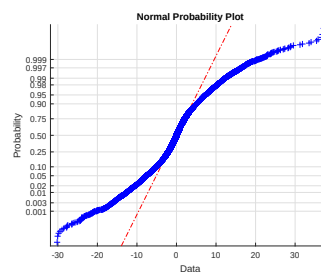
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

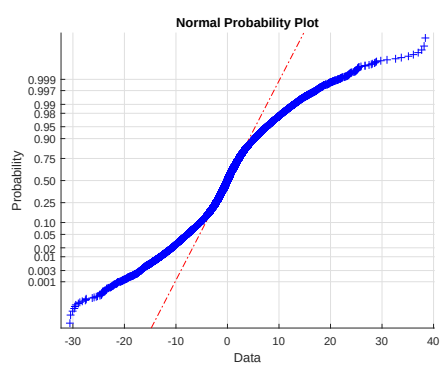


(g) Electrodo 15

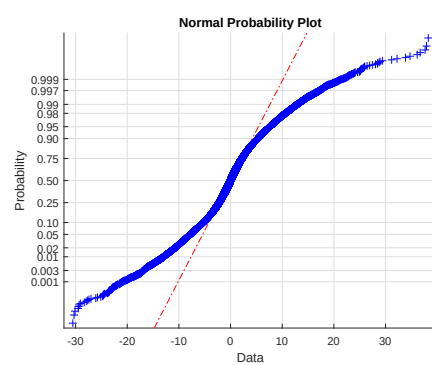


(h) Electrodo 16

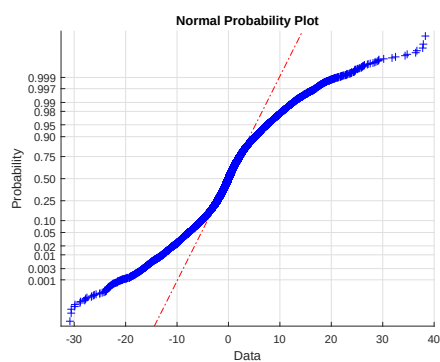
Figura B.8: Gráficas pruebas normalidad H^{150}



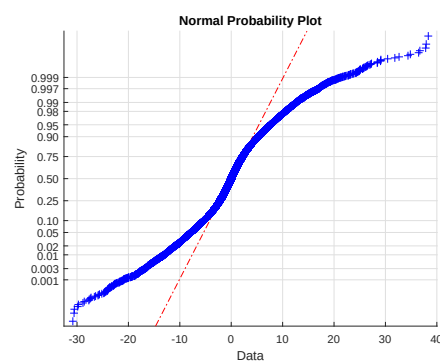
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



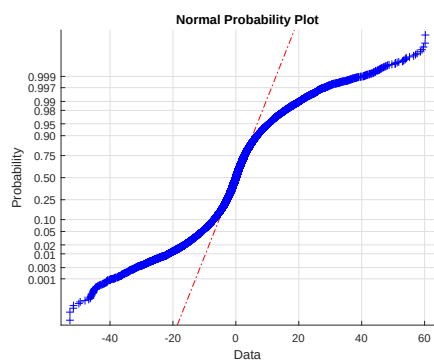
(c) Electrodo 19



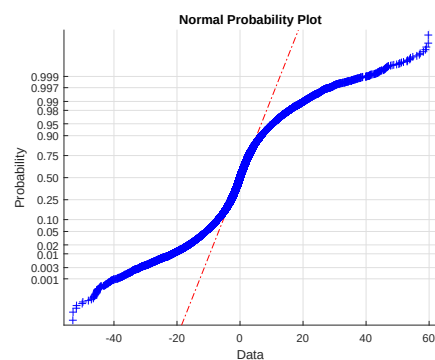
(d) Electrodo 20

Figura B.9: Gráficas pruebas normalidad ángulo H^{150}

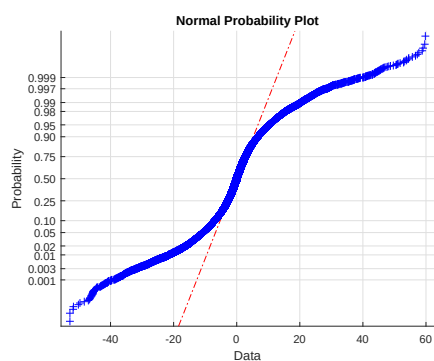
B.1.4. Gráficos pruebas normalidad 50^o en mujeres



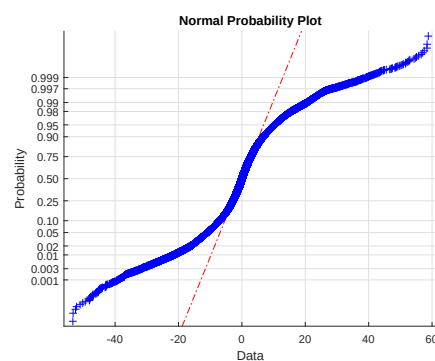
(a) Electrodo 1



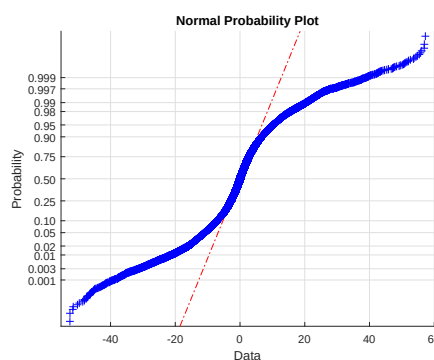
(b) Electrodo 2



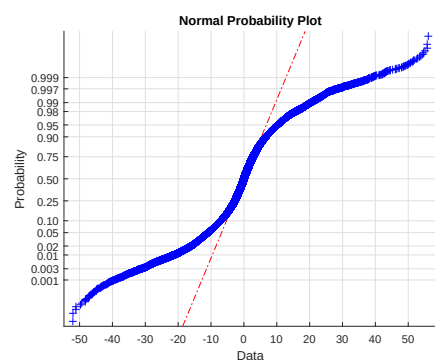
(c) Electrodo 3



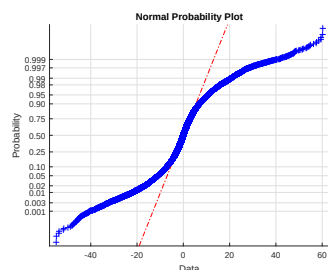
(d) Electrodo 4



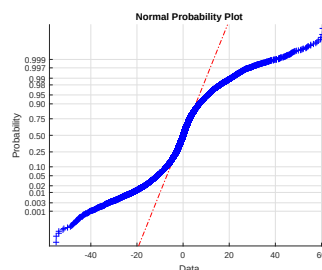
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

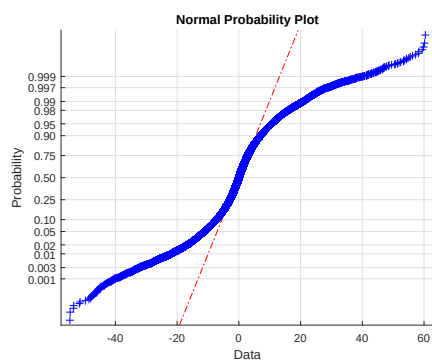


(g) Electrodo 7

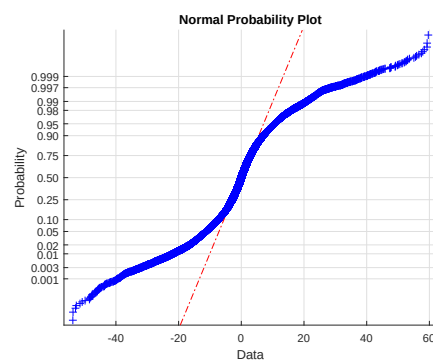


(h) Electrodo 8

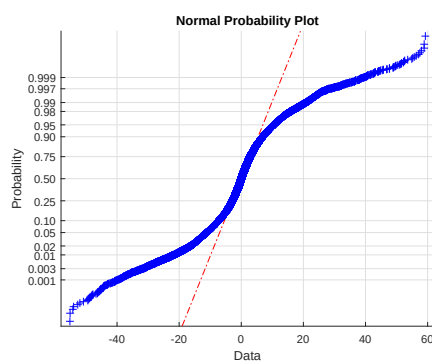
Figura B.10: Gráficas pruebas normalidad M^{50}



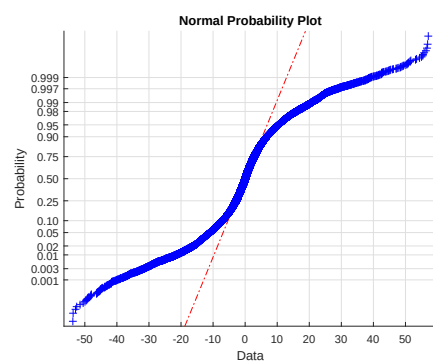
(a) Electrodo 9



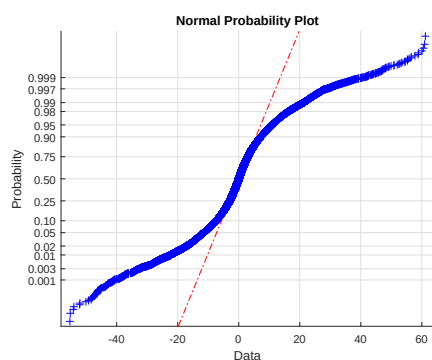
(b) Electrodo 10



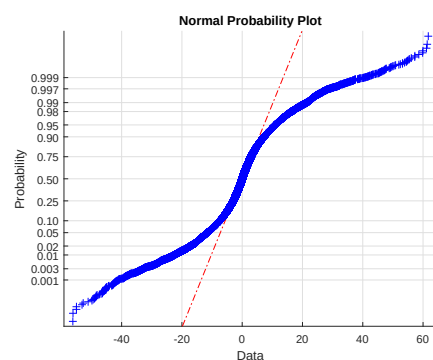
(c) Electrodo 11



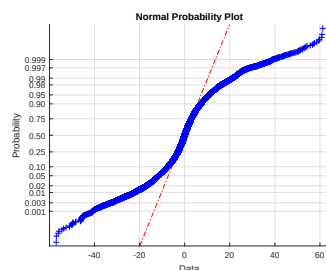
(d) Electrodo 12



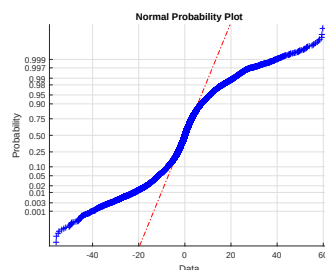
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

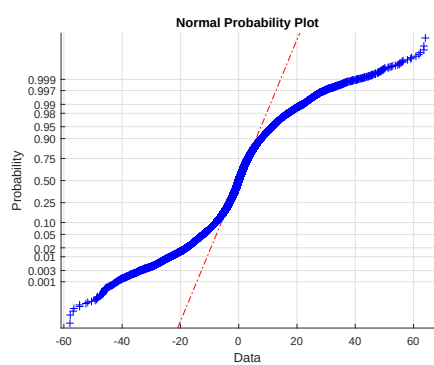


(g) Electrodo 15

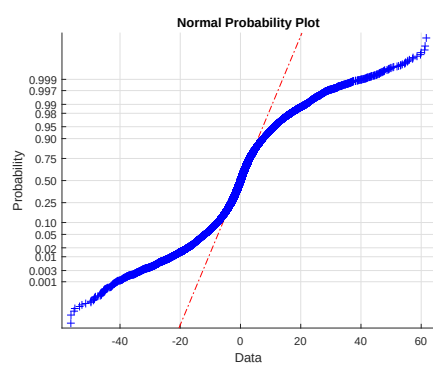


(h) Electrodo 16

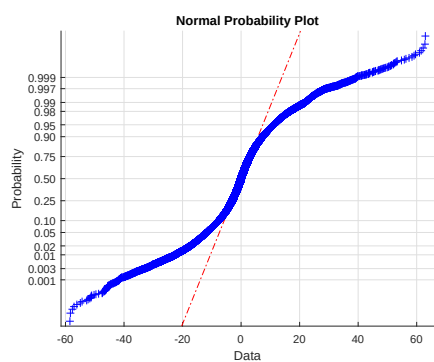
Figura B.11: Gráficas pruebas normalidad M^{50}



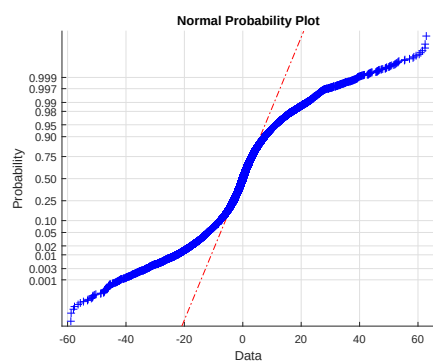
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



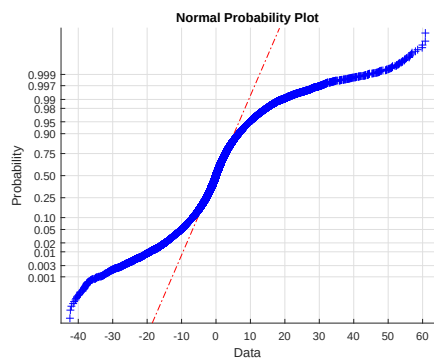
(c) Electrodo 19



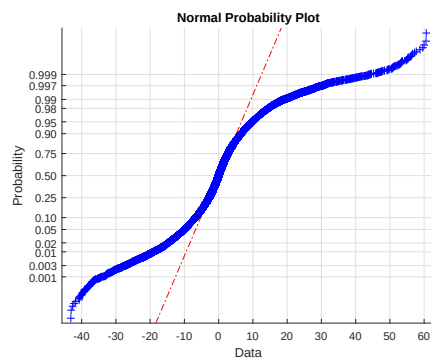
(d) Electrodo 20

Figura B.12: Gráficas pruebas normalidad M^{50}

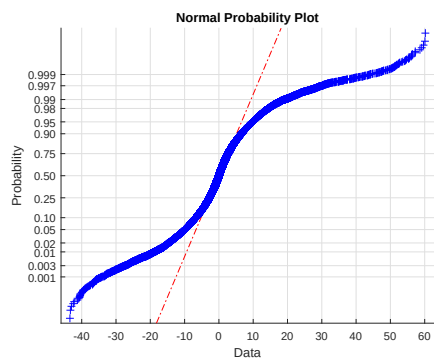
B.1.5. Gráficos pruebas normalidad 100^o en mujeres



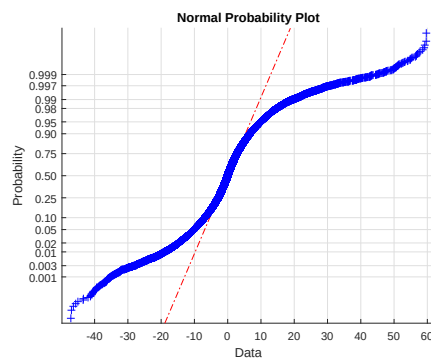
(a) Electrodo 1



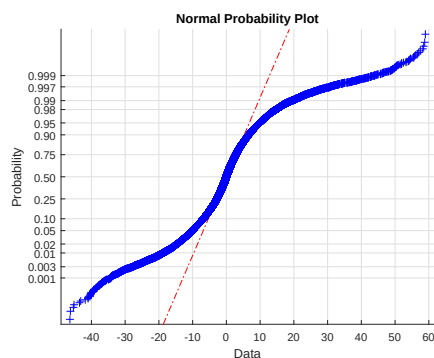
(b) Electrodo 2



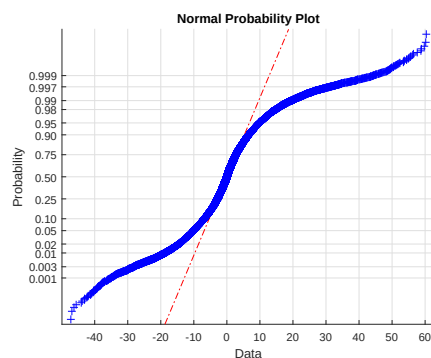
(c) Electrodo 3



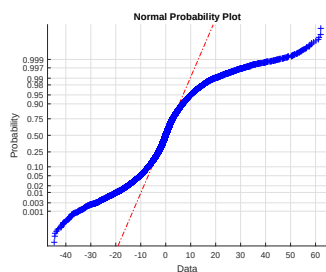
(d) Electrodo 4



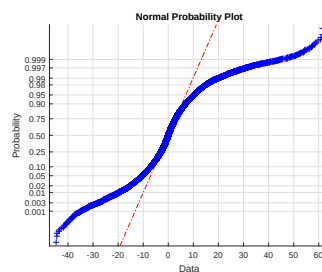
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

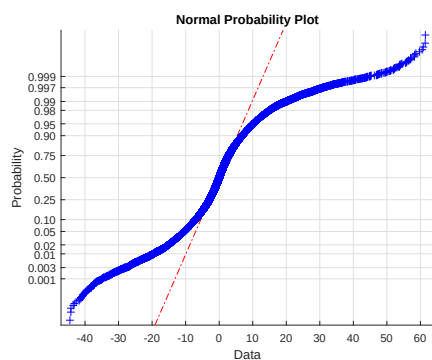


(g) Electrodo 7

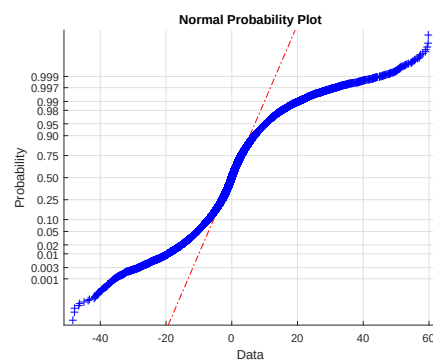


(h) Electrodo 8

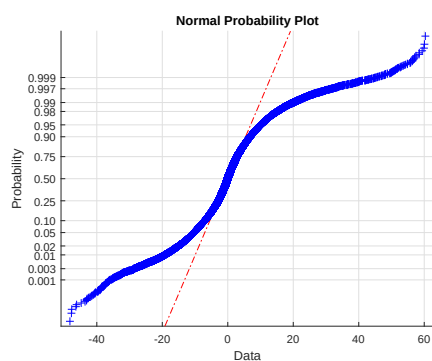
Figura B.13: Gráficas pruebas normalidad M^{100}



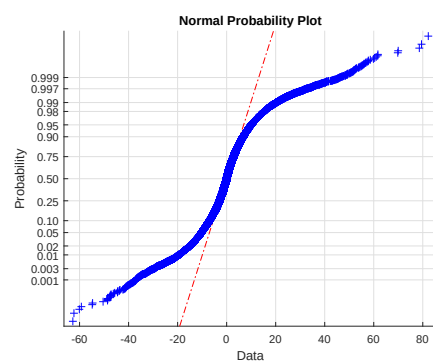
(a) Electrodo 9



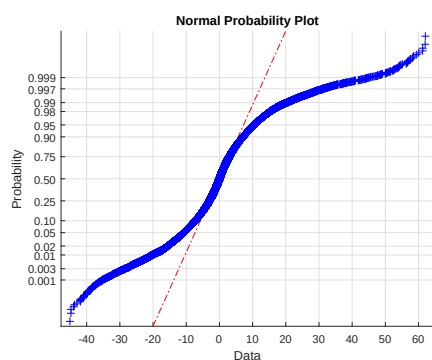
(b) Electrodo 10



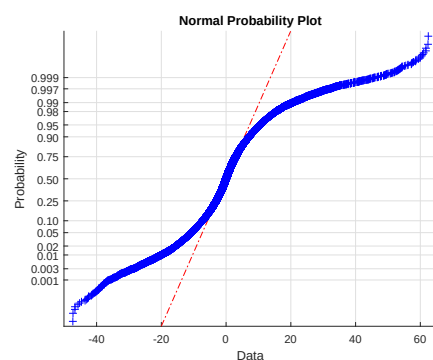
(c) Electrodo 11



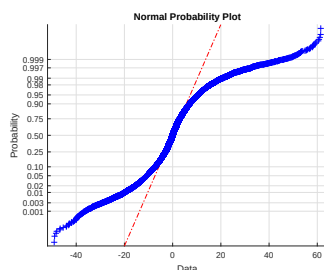
(d) Electrodo 12



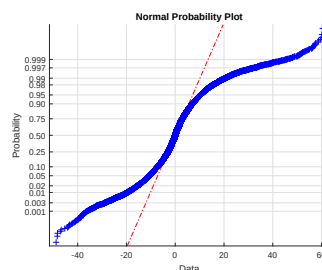
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

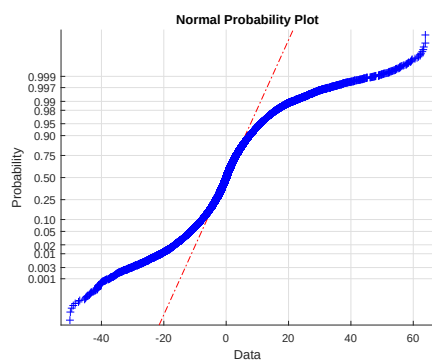


(g) Electrodo 15

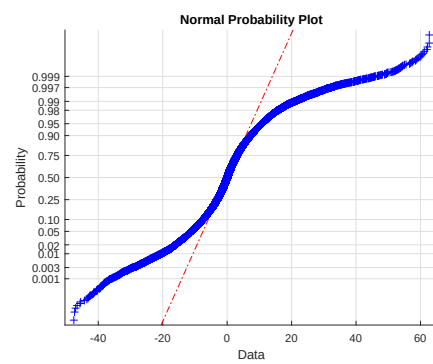


(h) Electrodo 16

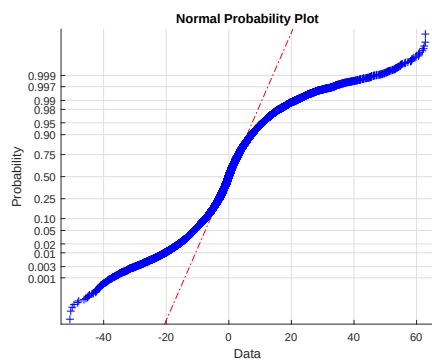
Figura B.14: Gráficas pruebas normalidad M^{100}



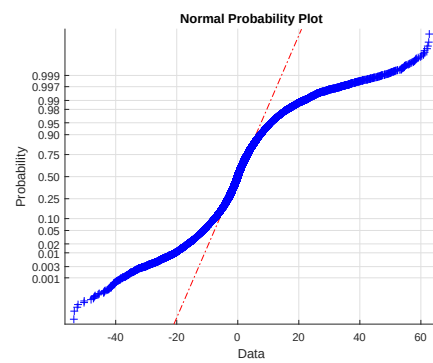
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



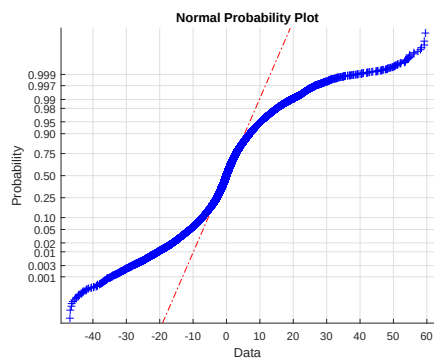
(c) Electrodo 19



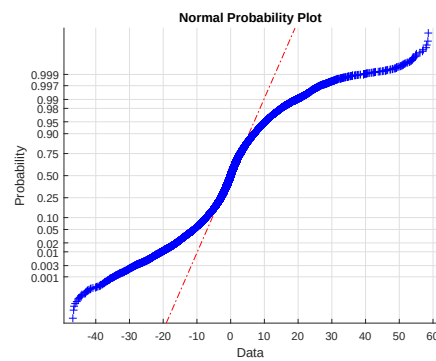
(d) Electrodo 20

Figura B.15: Gráficas pruebas normalidad M^{100}

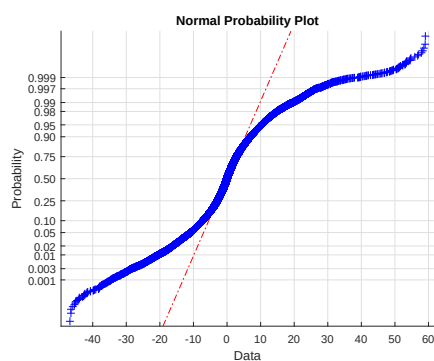
B.1.6. Gráficos pruebas normalidad 150° en mujeres



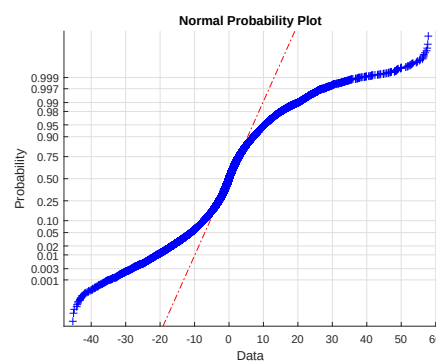
(a) Electrodo 1



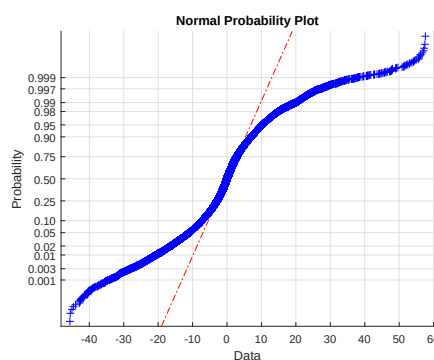
(b) Electrodo 2



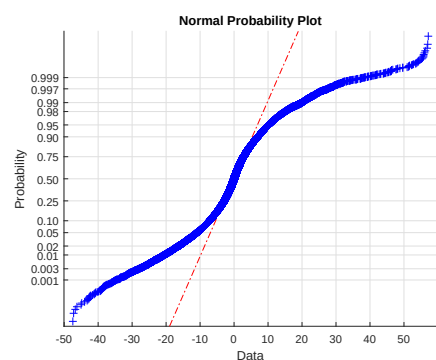
(c) Electrodo 3



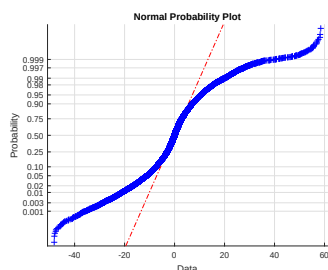
(d) Electrodo 4



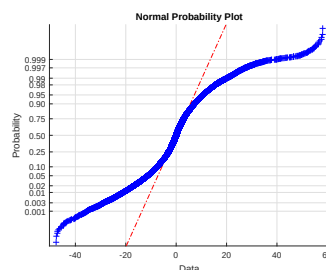
(e) Electrodo 5



(f) Electrodo 6

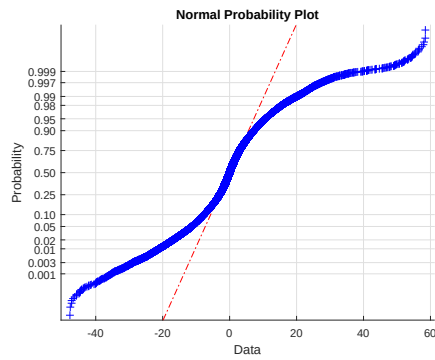


(g) Electrodo 7

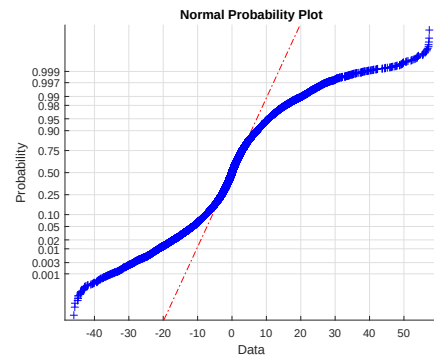


(h) Electrodo 8

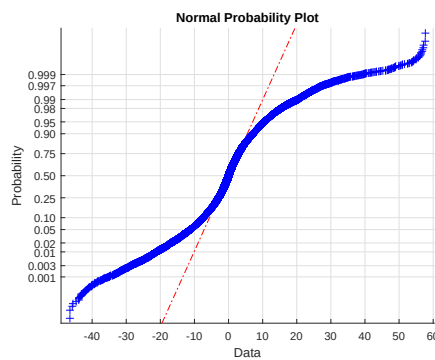
Figura B.16: Gráficas pruebas normalidad M^{150}



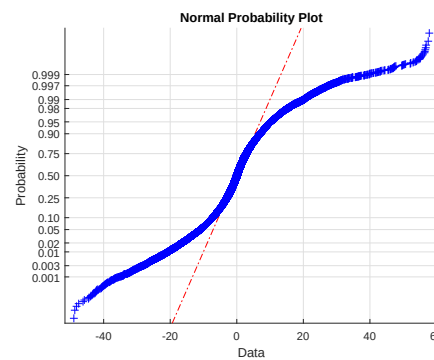
(a) Electrodo 9



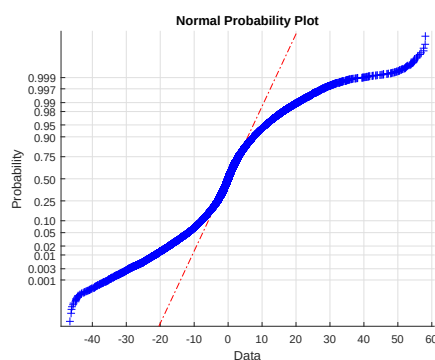
(b) Electrodo 10



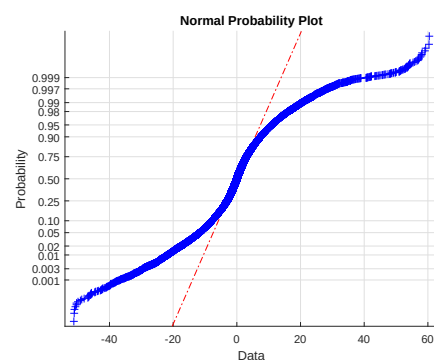
(c) Electrodo 11



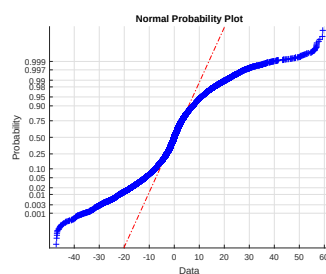
(d) Electrodo 12



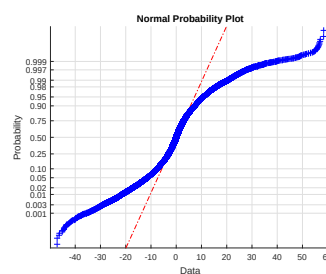
(e) Electrodo 13



(f) Electrodo 14

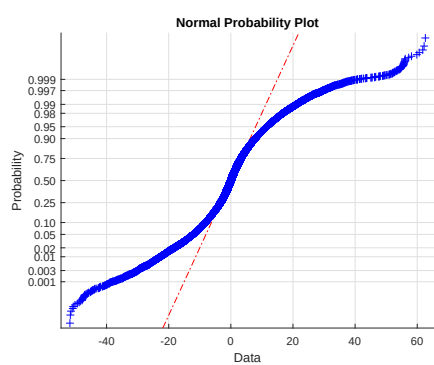


(g) Electrodo 15

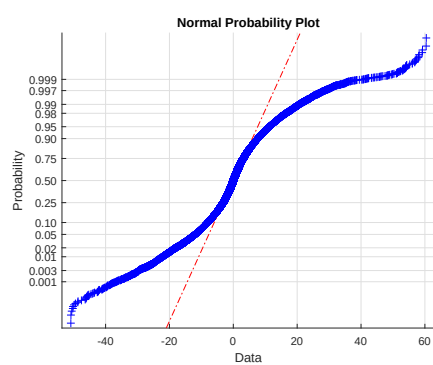


(h) Electrodo 16

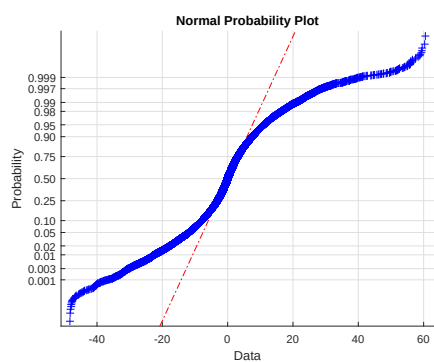
Figura B.17: Gráficas pruebas normalidad M^{150}



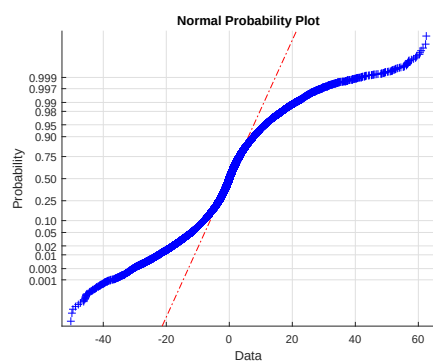
(a) Electrodo 17



(b) Electrodo 18



(c) Electrodo 19



(d) Electrodo 20

Figura B.18: Gráficas pruebas normalidad M^{150}

Apéndice C

Anexo C

Tablas coeficiente correlación.

Coeficiente de correlación entre H^{50} y H^{100}																			
1	0,99649269	0,99372287	0,93924952	0,93442822	0,91145635	0,99480327	0,99622842	0,99036325	0,94076569	0,93395777	0,90711032	0,97830845	0,97477923	0,937304	0,93350743	0,96539696	0,82109395	0,93278073	0,92541975
0,99649269	1	0,99763127	0,95135664	0,94717432	0,92467385	0,99181228	0,99626983	0,99030903	0,95268699	0,94588945	0,92033306	0,9805093	0,98369844	0,94915373	0,94582482	0,96738782	0,93234656	0,94404617	0,93725870
0,99372287	0,99763127	1	0,954748	0,9323465	0,98829181	0,99620648	0,99687857	0,95918124	0,95315057	0,92833415	0,97794507	0,98414088	0,95540065	0,95270238	0,96681303	0,8231083	0,950709	0,9435719	0,9245719
0,93924952	0,95135664	0,95863127	1	0,99783901	0,98824271	0,95119095	0,9522733	0,95783217	0,9414784	0,95850601	0,98575616	0,94176055	0,9543803	0,99040214	0,9282063	0,93180668	0,7965954	0,98614396	0,98292468
0,93442822	0,94717432	0,954478	0,99783901	1	0,99096645	0,92653808	0,94831017	0,95440478	0,9310259	0,98855366	0,98888158	0,93774863	0,95059817	0,93013581	0,9395396	0,92809312	0,97419388	0,9861158	0,98355407
0,91145635	0,92467385	0,9323465	0,98824271	0,99096645	1	0,926537295	0,96217008	0,93223339	0,98239719	0,98854506	0,99654585	0,91569831	0,92900922	0,97970145	0,9486143	0,90639893	0,77627229	0,79761015	0,73784883
0,99480327	0,99182228	0,98829181	0,93119095	0,92653808	0,926537295	1	0,99201731	0,98964035	0,93498086	0,92688252	0,95001509	0,98120237	0,9786166	0,93289025	0,92846079	0,96965525	0,82419143	0,92916735	0,9222005
0,99622842	0,99687857	0,99620648	0,9522733	0,94831017	0,96217008	0,99201731	1	0,98821582	0,95576384	0,94777202	0,92261478	0,98603933	0,98850795	0,95432003	0,95021132	0,97556025	0,82848216	0,9507224	0,94202988
0,99036325	0,99565209	0,99687857	0,95783217	0,95440478	0,9323339	0,98964035	0,99821582	1	0,96111901	0,95436491	0,92882266	0,9856979	0,98952679	0,95937467	0,9555481	0,97489183	0,82932449	0,95572821	0,94900977
0,94076569	0,95268699	0,95918124	0,99414784	0,99310259	0,98239719	0,93498086	0,95576384	0,96111901	1	0,99558479	0,98127038	0,95326205	0,96438299	0,95695502	0,99616342	0,94564578	0,80774392	0,93973463	0,99119175
0,93395777	0,94588945	0,95315057	0,95980601	0,9665336	0,98964035	0,92688252	0,94777202	0,95436491	0,99558479	1	0,98470999	0,94290069	0,9512975	0,99462036	0,9973787	0,93426335	0,79954403	0,93291498	0,98987064
0,90711032	0,92053306	0,92833415	0,98575616	0,98888158	0,99654585	0,95015909	0,92821748	0,92882266	0,98127038	0,98470999	1	0,91433115	0,92698547	0,97937822	0,98431383	0,90536937	0,77561102	0,97640194	0,98734349
0,97830845	0,9805093	0,97974507	0,94176055	0,93774863	0,95169831	0,98120237	0,98603933	0,9856979	0,95326205	0,94290069	0,91433115	1	0,99231591	0,95424932	0,94813283	0,939039425	0,83987414	0,95313284	0,94867612
0,97477923	0,93869844	0,98414088	0,9543803	0,95059817	0,92900922	0,98786166	0,98805795	0,9852679	0,96438299	0,9512975	0,92698547	0,99231591	1	0,964					

Coeficiente de correlación entre H^{50} y H^{150}																			
1	0,99678772	0,99443471	0,9437703	0,939267	0,91656629	0,99518323	0,99751999	0,99377422	0,94526857	0,94816067	0,91248112	0,97984052	0,98126532	0,94224249	0,93850213	0,96748155	0,82574437	0,93756716	0,93055235
0,99678772	1	0,99794661	0,95487773	0,9509603	0,9283239	0,99527149	0,99685606	0,95609003	0,94350603	0,94243416	0,98178732	0,98491216	0,95286094	0,94956131	0,96955132	0,82772801	0,94804003	0,9413588	
0,99443471	0,99794661	1	0,96117069	0,95710852	0,93493765	0,98953661	0,96657443	0,96072054	0,96171464	0,95593428	0,93092979	0,98101039	0,98528892	0,95822754	0,955447	0,96876807	0,82751568	0,95347519	0,9465152
0,9437703	0,95487773	0,96117069	1	0,99801305	0,98833149	0,93642564	0,95529169	0,96028704	0,99447377	0,95994944	0,98587361	0,94531817	0,95710792	0,99101747	0,93903824	0,93579551	0,80241035	0,88669739	0,8298857
0,93927	0,95059603	0,95710852	0,99801305	1	0,99909004	0,93200343	0,9519503	0,9566306	0,99586623	0,98661668	0,98861186	0,94161994	0,95356179	0,99067801	0,93971445	0,93232969	0,80024573	0,98713947	0,9337588
0,91656629	0,9283239	0,93493765	0,98833149	0,99909004	1	0,99005864	0,92909726	0,93464309	0,98244224	0,98851187	0,95626524	0,91920499	0,98315826	0,98011838	0,84696743	0,91002616	0,78180658	0,7654111	0,93756716
0,99518323	0,99257149	0,98953661	0,93642564	0,93200343	0,99005864	1	0,92921238	0,99075756	0,94011983	0,93260569	0,90549622	0,98301308	0,98076667	0,93838891	0,93401895	0,97188174	0,82895873	0,93466114	0,92795853
0,9515999	0,99723094	0,96957443	0,9529169	0,951503	0,92909726	0,99291238	1	0,99831864	0,95826865	0,95207873	0,92587665	0,98606008	0,98921697	0,95728045	0,9524838	0,97688841	0,83242982	0,95356029	0,94710019
0,99377422	0,99685606	0,99720504	0,96028704	0,9566306	0,93646309	0,99077567	0,99831864	1	0,96328278	0,95685977	0,93126099	0,98269121	0,990062	0,96165604	0,95792598	0,97615584	0,83312176	0,95936644	0,95157591
0,94526857	0,95609003	0,96711464	0,99477377	0,99358623	0,98284224	0,94011983	0,95826865	0,96328278	1	0,99586468	0,98165012	0,95597861	0,96324608	0,99690448	0,96641448	0,94869524	0,81252989	0,95990406	0,99104033
0,93816067	0,94950803	0,95593822	0,9594442	0,96666768	0,98851181	0,93260569	0,95207873	0,95685977	0,99586468	1	0,98748751	0,94665288	0,95730442	0,99480813	0,99739916	0,938343	0,80544558	0,79270909	0,98882297
0,91248112	0,92434316	0,9399279	0,98587361	0,98861188	0,99625124	0,90594962	0,92587665	0,93126099	0,98165012	0,98748751	1	0,91804191	0,92705442	0,99787808	0,98462698	0,9094753	0,78122015	0,7699425	0,94622997
0,97984052	0,98178732	0,98101039	0,94531817	0,94161994	0,91920499	0,98301308	0,98606008	0,98629169	0,95597861	0,94665288	0,91804191	1	0,99251809	0,95721435	0,95132886	0,93929452	0,84314235	0,95606433	0,95163791
0,98126532	0,98491216	0,98528892	0,95710792	0,95356179	0,93158286	0,98076667	0,98291679	0,990062	0,96632468	0,95704504	0,92705442	0,99251809	1	0,96674907	0				

0.99678772	1	0.99678772	0.99434471	0.94370373	0.9309227	0.91652669	0.99518323	0.99515999	0.99377422	0.95425687	0.93816603	0.91248112	0.97984052	0.98126532	0.94224249	0.93852013	0.96748155	0.82574437	0.93456610	0.93055233
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739	0.99723094	0.9968506	0.95609003	0.94650853	0.92431631	0.98178732	0.98491216	0.95286094	0.94956131	0.96718551	0.82772801	0.93754040	0.9113588
0.99434471	0.99794662	1	0.99479462	0.95478774	0.9509603	0.9283239	0.99514739													

0.94377703	0.9547874	0.96117085	1	0.99801305	0.99833404	0.99834254	0.95259169	0.96028748	0.99447377	0.99594447	0.9858361	0.94531817	0.95170792	0.99101747	0.99303244	0.93375951	0.80241035	0.98663979	0.98288578
0.939227	0.95059603	0.95171082	0.99801305	1	0.99833404	0.99834254	0.95259169	0.96028748	0.99447377	0.99594447	0.9858361	0.94531817	0.95170792	0.99101747	0.99303244	0.93375951	0.80241035	0.98663979	0.98288578
0.91656269	0.92823239	0.93493765	0.9883149	0.99003043	1	0.99058624	0.92909726	0.93464309	0.98284224	0.98851181	0.99625654	0.91204299	0.98158826	0.98103388	0.98469743	0.91002616	0.78180658	0.97651141	0.97356827
0.95518323	0.9257149	0.98953661	0.93642564	0.93020043	0.99058624	1	0.99291238	0.99077567	0.94011983	0.93206569	0.98260692	0.98301038	0.98076626	0.98338891	0.93401895	0.97188174	0.82958573	0.93646114	0.97525853
0.95515999	0.99723094	0.99675443	0.95529169	0.951503	0.92909726	0.99291238	1	0.99831864	0.95862865	0.95207873	0.92587265	0.98680608	0.98921679	0.95728054	0.95324838	0.97688841	0.83242982	0.95356029	0.94710019
0.99377422	0.99685068	0.99720504	0.96028748	0.9566036	0.9364309	0.99077567	0.99831864	1	0.96328278	0.9568957	0.93129099	0.98629161	0.990062	0.96165064	0.97592598	0.97615584	0.83321176	0.9596684	0.95157591
0.95426857	0.9560903	0.96171464	0.99477377	0.99358623	0.98284224	0.94011983	0.95862865	0.96328278	1	0.99586468	0.98165012	0.95597871	0.9632468	0.9960448	0.99641448	0.94869224	0.81252598	0.99394046	0.99104033
0.93816067	0.9456083	0.95993238	0.95994447	0.96666788	0.98851181	0.93206569	0.95207873	0.9568957	0.99586468	1	0.98748511	0.94665288	0.97034031	0.99480813	0.99739916	0.938343	0.80544558	0.99270909	0.9888228
0.91248112	0.92434316	0.93019929	0.98587361	0.98861188	0.9962546	0.95094962	0.92587265	0.93129099	0.98748511	0.98165012	0.94678571	1	0.91804191	0.92970542	0.97978098	0.98426958	0.9094753	0.78122015	0.76999425
0.97984052	0.98178372	0.98109279	0.94531817	0.94161994	0.91204299	0.98301038	0.98606808	0.98629161	0.95597871	0.94678571	0.98748511	0.91804191	1	0.99251809	0.95721435	0.91532886	0.93925493	0.8122015	0.95604333
0.98126532	0.98491212	0.98528275	0.95570792	0.9356179	0.93158826	0.98076626	0.98921679	0.990062	0.96632468	0.95703403	0.92970542	0.99251809	1	0.9674907	0.96118574	0.98709416	0.85007137	0.96489465	0.96114583
0.9422449	0.95286094	0.95822754	0.99101747	0.9907801	0.98011388	0.93838891	0.95728054	0.96165064	0.9960448	0.99480813	0.97978098	0.95721435	0.9674907	1	0.99713581	0.98253449	0.81148942	0.99749281	0.99520487
0.93850213	0.94956131	0.9554437	0.99308324	0.99371445	0.98069743	0.93401895	0.95324838	0.97951584	0.99641448	0.99739916	0.98426958	0.91532886	0.96118574	0.99713581	1	0.94476178	0.80993631	0.9914607	0.94918221
0.96748515	0.95955132	0.96878007	0.93579551	0.93232969	0.91477814	0.97688481	0.97615584	0.94869224	0.938343	0.9094753	0.93924952	0.98709166	0.95234449	0.94476178	0.94476178	1	0.81636385	0.	

0.99518323	0.99257149	0.98953661	0.93642564	0.93200344	0.90905864	1	0.99291238	0.99077567	0.94011983	0.93260569	0.90584962	0.98301308	0.98216667	0.93838891	0.93401895	0.97188174	0.82895873	0.93466114	0.92795853
0.99515999	0.99723094	0.99657449	0.95529169	0.951503	0.92907276	0.9921238	1	0.99837854	0.95862865	0.95207873	0.92587265	0.98606808	0.98217669	0.95728045	0.95243838	0.97688841	0.83242982	0.95360209	0.94710019
0.99377422	0.99680003	0.99720504	0.96028748	0.9566036	0.93643039	0.99077567	0.99831864	1	0.96328278	0.95685997	0.93129009	0.98269211	0.990062	0.9616504	0.95792598	0.97615584	0.83312136	0.95796684	0.9515791
0.94526857	0.9965006	0.99714054	0.99477377	0.99338623	0.98284224	0.94011983	0.95862865	0.96328278	1	0.99586468	0.98165012	0.95597861	0.96362468	0.99604448	0.99641448	0.94694448	0.81252989	0.99394046	0.99104033
0.93816607	0.94965083	0.99599328	0.9594442	0.98666768	0.98851181	0.93260569	0.95207873	0.95685997	0.99586468	1	0.98748751	0.94665288	0.95703404	0.99480813	0.99739916	0.938343	0.80545588	0.99279009	0.98882822
0.91248112	0.92434316	0.93099279	0.9587361	0.98661178	0.99625524	0.90549662	0.92587265	0.93129009	0.98165012	0.98748751	1	0.91804191	0.92970542	0.97978098	0.98426958	0.9094753	0.87122015	0.97699425	0.97462997
0.97984052	0.98178372	0.98101039	0.94531817	0.94161994	0.91920499	0.98303108	0.98680608	0.98269211	0.95597861	0.94665288	0.91804191	1	0.99251809	0.95721435	0.95132886	0.99324592	0.84314235	0.95606433	0.9516379
0.98126532	0.98491212	0.98528892	0.95710792	0.95361679	0.93158826	0.98076667	0.98219679	0.990062	0.96324628	0.95703404	0.92970542	0.99251809	1	0.96674903	0.96118574	0.98709916	0.85007137	0.96894965	0.96114548
0.94224429	0.95286094	0.95822474	0.99101747	0.99067781	0.99081138	0.93388891	0.95728045	0.9616504	0.99604448	0.99480813	0.97978098	0.95721435	0.96749072	1	0.99713581	0.95234449	0.81148942	0.99749281	0.99506287
0.93850213	0.94956131	0.9554453	0.99308324	0.99371445	0.98649743	0.93401895	0.95324838	0.95792598	0.99641448	0.99739916	0.98426958	0.95721435	0.96118574	0.99713581	1	0.94476178	0.80995361	0.99749281	0.99418221
0.96748155	0.96955132	0.96878007	0.93795551	0.93232969	0.91002616	0.97188174	0.97688841	0.97615584	0.94869224	0.938343	0.9094753	0.99324592	0.98709916	0.95234449	0.94476178	1	0.81636385	0.95355261	0.9407465
0.8254437	0.82772801	0.82751568	0.80241035	0.80024573	0.78180658	0.82895873	0.83242982	0.83312136	0.81252989	0.80344558	0.87122015	0.84314235	0.85007137	0.81148942	0.80995361	0.81636385	1	0.8068251	0.8912698
0.93756716	0.94804403	0.95347519	0.98669379	0.98713947	0.97654111	0.93466114	0.95356029	0.95796684	0.99394046	0.99279009	0.97699425	0.95606433	0.96489465	0.99749281	0.99614607	0.95355261	0.80684521	1	0.99735657
0.9305523	0.94113588	0.94651521	0.98298857	0.9837385	0.97356827	0.92795853	0.94710019	0.95157591	0.99104033	0.98982822	0.97462997	0.95163791	0.96114583	0.99520687	0.99418221	0.94927645			

[illegible]

0.9794405	0.9817832	0.9810139	0.94531817	0.9461199	0.9120499	0.9830130	0.9868060	0.9862911	0.9557861	0.9465528	0.9180491	1	0.99251809	0.9572435	0.95132886	0.99329452	0.94314235	0.95606433	0.95163791
0.98126532	0.98491216	0.9820809	0.95710792	0.95361679	0.95315886	0.9807667	0.9821679	0.990062	0.96632468	0.95703404	0.92975052	0.99251809	1	0.96674907	0.96118574	0.9899196	0.85007137	0.96489465	0.96114583
0.94224249	0.95286094	0.95822754	0.99101747	0.99067180	0.98011838	0.93838891	0.95728045	0.96165604	0.96960408	0.94980813	0.97978008	0.957212435	0.96674907	1	0.99713581	0.95234499	0.98148942	0.99749281	0.99502687
0.93850213	0.94956131	0.9554427	0.99308324	0.99377445	0.98469473	0.93401895	0.95324838	0.95792598	0.99641448	0.98246958	0.95132886	0.96118574	0.99713581	1	0.94716718	0.80995361	0.99614607	0.99418221	0.99502687
0.96748155	0.96955132	0.96875608	0.93795551	0.93232969	0.91002616	0.97188174	0.97688841	0.97615584	0.94869224	0.938343	0.9094753	0.99329452	0.98709916	0.95234499	0.94476178	1	0.81636385	0.95535261	0.94927645
0.82574437	0.82777801	0.82875168	0.80241035	0.80024573	0.78180658	0.82895873	0.83242982	0.83121276	0.81252989	0.80544558	0.78122015	0.84314235	0.85007137	0.98148942	0.80995361	0.81636385	1	0.80684521	0.81074698
0.93756716	0.94804403	0.95347519	0.98669379	0.98713947	0.97654111	0.93466114	0.95356029	0.95796684	0.99394046	0.99270909	0.97699425	0.95606433	0.96489465	0.99749281	0.99614607	0.95355261	0.80684521	1	0.99735657
0.9305523	0.94113588	0.94651521	0.98298857	0.9837385	0.97356827	0.92795853	0.94710019	0.95157591	0.99104033	0.98988228	0.97462997	0.95163791	0.96114583	0.99520687	0.99418221	0.94927645	0.81074698	0.99735657	1

Coefficiente de correlación entre H^{50} y γH^E

1	0.9969836	0.99463106	0.94717407	0.94302403	0.92247614	0.99536372	0.99516243	0.99398895	0.94816359	0.942033905	0.91807776	0.98016437	0.98206195	0.94496637	0.94204746	0.97008482	0.87692551	0.94108857	0.93430295
0.9969836	1	0.99794461	0.95789056	0.95408216	0.93404817	0.92966138	0.99712022	0.99069637	0.95864032	0.95317455	0.92899113	0.98210486	0.98541802	0.95540378	0.95285031	0.97200055	0.87914253	0.95146368	0.94487735
0.99463106	0.99794461	1	0.96385257	0.96021033	0.94039257	0.98967685	0.96653164	0.99721258	0.96407221	0.95195154	0.93633145	0.98139741	0.98586004	0.96055634	0.95855287	0.97118885	0.87885337	0.95658884	0.94993838
0.94717407	0.95789056	0.96385257	1	0.99814874	0.98913627	0.94031712	0.95879269	0.99371188	0.94767225	0.96069091	0.98634391	0.94854554	0.95966336	0.99150001	0.99356146	0.94050117	0.85425442	0.98555388	0.94826324
0.94302403	0.95408216	0.96021033	0.99814874	1	0.99162214	0.96329297	0.95536213	0.96000692	0.99399777	0.99679799	0.98955528	0.94949697	0.99366153	0.99126083	0.99402319	0.93712238	0.85153084	0.98801296	0.94864329
0.92247614	0.93404817	0.94039257	0.98916387	0.99162214	1	0.91559584	0.93533977	0.94030847	0.9841196	0.9829994	0.99675259	0.92486387	0.93669593	0					

[illegible]

0.9275437		0.9271281		0.9237568		0.80241035		0.8002459		0.7816086		0.8265618		0.8324298		0.8331212		0.8125298		0.8034598		0.7812205		0.8451233		0.85007137		0.8114892		0.8095931		0.8163685		1		0.8084521		0.81074698			
0.93756716		0.9480403		0.9354715		0.98669379		0.98713947		0.9765411		0.9346614		0.9352602		0.9571266		0.9939046		0.9720909		0.7862245		0.9355623		0.9648965		0.9974281		0.9561467		0.9355361		0.80684521		1		0.99735657			
0.9305523		0.9413588		0.94651521		0.98298857		0.9837385		0.97356827		0.92795853		0.94710019		0.95157591		0.99104033		0.98988228		0.97462997		0.95163791		0.96114583		0.99520687		0.99418221		0.94927645		0.81074698		0.99735657					
Coefficiente de correlación entre H⁵⁰ y H^E																																									
1	0.9996986	0.99463106	0.94717407	0.94302403	0.92247614	0.99536372	0.99516243	0.99398895	0.94816359	0.94203905	0.91807776	0.98016437	0.98206195	0.94496637	0.94204746	0.97008482	0.87692551	0.94108857	0.93430295	0.9969836	1	0.99794461	0.95789056	0.95408216	0.93404817	0.92966138	0.99712022	0.99696357	0.95846032	0.9517455	0.92899113	0.98210486	0.98541802	0.95540378	0.95285031	0.9720055	0.87914253	0.95146388	0.94487735		
0.99463106	0.99794461	1	0.96385257	0.96021033	0.94039257	0.98967685	0.96531614	0.99712258	0.96407221	0.95195114	0.96333145	0.98139741	0.98586004	0.96055634	0.9585287	0.97118885	0.87885337	0.95558884	0.9499838	0.99463106	0.99794461	1	0.96385257	0.96021033	0.94039257	0.98967685	0.96531614	0.99712258	0.96407221	0.95195114	0.96333145	0.98139741	0.98586004	0.96055634	0.9585287	0.97118885	0.87885337	0.95558884	0.9499838		
0.94717407	0.95789056	0.96385257	1	0.99814874	0.98913687	0.94031712	0.9879269	0.96331886	0.9476725	0.96069091	0.98694391	0.94854554	0.9599636	0.9915001	0.99356146	0.94050117	0.85424552	0.94855388	0.94862436	0.94717407	0.95789056	0.96385257	1	0.99814874	0.98913687	0.94031712	0.9879269	0.96331886	0.9476725	0.96069091	0.98694391	0.94854554	0.9599636	0.9915001	0.99356146	0.94050117	0.85424552	0.94855388	0.94862436		
0.94302403	0.95408216	0.96021033	0.99814874	1	0.99162214	0.93629297	0.95563213	0.96000692	0.93999773	0.99679979	0.98955588	0.98555588	0.94496497	0.95661514	0.99126083	0.94020319	0.93712338	0.85153084	0.98801296	0.98464329	0.94302403	0.95408216	0.96021033	0.99814874	1	0.99162214	0.93629297	0.95563213	0.96000692	0.93999773	0.99679979	0.98955588	0.98555588	0.94496497	0.95661514	0.99126083	0.94020319	0.93712338	0.85153084	0.98801296	0.98464329
0.92247614	0.93404817	0.94039257	0.98916387	0.99162214	1	0.91559584	0.9333977	0.94030847	0.9841196	0.98292994	0.96795259	0.92486387	0.93669653	0.98164743	0.98587096	0.97142138	0.83377023	0.97840901	0.98763615	0.92247614	0.93404817	0.94039257	0.98916387	0.99162214	1	0.91559584	0.9333977	0.94030847	0.9841196	0.98292994	0.96795259	0.92486387	0.93669653	0.98164743	0.98587096	0.97142138	0.83377023	0.97840			

[illegible]

1	0.9969836	0.99463106	0.94717407	0.9430240	0.9224674	0.99536372	0.9951623	0.9939885	0.9841639	0.9420395	0.9810776	0.9801347	0.98206195	0.94496637	0.94204746	0.9700485	0.87692551	0.94108755	0.93430295
0.9969836	1	0.99794461	0.95789056	0.95408216	0.9404817	0.99266138	0.99712022	0.99696357	0.95864032	0.95317455	0.9289913	0.98210486	0.98541802	0.95540378	0.92580531	0.9720082	0.87914253	0.95146368	0.9437075
0.99463106	0.99794461	1	0.96385257	0.96021033	0.94039257	0.98967685	0.96653164	0.99712258	0.96407221	0.95195154	0.93633145	0.98139741	0.98586004	0.96055634	0.95855287	0.97118885	0.87885337	0.95558884	0.9499838
0.94717407	0.95789056	0.96385257	1	0.99814874	0.98916387	0.94031712	0.95879269	0.96331886	0.94767225	0.96069091	0.9864339	0.94854554	0.95963536	0.9915001	0.99356146	0.94050117	0.85244552	0.98765388	0.98426235
0.9430240	0.95408216	0.96021033	0.99814874	1	0.99162214	0.93629297	0.95536213	0.96006092	0.93999773	0.9967979	0.9895528	0.94949697	0.95661514	0.99126083	0.99402319	0.9371236	0.85153084	0.98801296	0.98464329
0.92247614	0.9404817	0.94039257	0.98916387	0.99162214	1	0.91559584	0.9533977	0.94030847	0.9841196	0.98929994	0.98675259	0.92486387	0.93669653	0.98164743	0.98587096	0.91742138	0.83377023	0.97840901	0.9753615
0.95536372	0.99266138	0.98967685	0.94031712	0.93629297	0.91559584	1	0.9296546	0.99090899	0.94342234	0.93695991	0.91194474	0.98344426	0.98174093	0.94146702	0.93804274	0.97951431	0.80828521	0.93848367	0.93210288
0.99516243	0.99712022	0.95963164	0.95879269	0.95536213	0.9353977	0.9296546	1	0.99826018	0.96158503	0.95659654	0.93182367	0.98731957	0.98989728	0.96030025	0.95681641	0.97405732	0.88403142	0.95070957	0.95805748
0.9939885	0.9966302	0.99721258	0.96331886	0.96009992	0.94030847	0.99090899	0.99826018	1	0.96587992	0.96047049	0.93680183	0.98669122	0.99067028	0.96412992	0.96115665	0.97841458	0.88476849	0.9610946	0.95005946
0.94816359	0.9584372	0.96407221	0.94767225	0.93999773	0.9841196	0.94342234	0.96158503	0.96587992	1	0.99642141	0.983166	0.95870584	0.99067877	0.99277771	0.99698171	0.95259604	0.86456691	0.94949013	0.99187348
0.9420395	0.95317455	0.95195154	0.96099091	0.9967679	0.98929994	0.93695991	0.95956654	0.96047049	0.99642141	1	0.98852828	0.9501814	0.96107692	0.9954718	0.99779822	0.94318467	0.85712493	0.99352488	0.99074259
0.91807776	0.9289913	0.93633145	0.98694339	0.98955528	0.98725959	0.91194474	0.93182367	0.93680183	0.983166	0.98852828	1	0.92338544	0.9470769	0.98145784	0.98567174	0.91641891	0.83288273	0.97885783	0.97675185
0.98016437	0.98210486	0.98139741	0.94854554	0.94949697	0.92486387	0.98344426	0.98731957	0.98669122	0.95870584	0.9501814	0.92338544	1	0.99308409	0.99595447	0.95438481	0.94799177	0.86923058	0.95885146	0.95466297
0.98206195	0.98541802	0.98586004	0.95965336	0.95661514	0.93696953	0.98174093	0.98987928	0.99067028	0.98657857	0.96010692	0.93370554	0.99308409	1	0.96888159	0.96394361	0.98964643	0.89982344	0.96757504	0.96361701
0.944																			

9.94717407	0.95780926	0.85382557	1	0.99814874	0.98916387	0.94031712	0.95879269	0.96331886	0.99476725	0.99609091	0.98643939	0.94854554	0.99565366	0.99150001	0.99356146	0.94050117	0.85245422	0.98755385	0.98462634
9.94302403	0.95740816	0.96021033	0.99814874	1	0.99162124	0.93629297	0.95536213	0.96006392	0.99399773	0.9967679	0.98955528	0.94496497	0.95661514	0.99126083	0.99042039	0.9371236	0.85153084	0.98801296	0.98462634
0.92247614	0.93404817	0.94039257	0.98916387	0.99162124	1	0.91559584	0.93533977	0.94038407	0.9841196	0.98929994	0.99675259	0.92468387	0.93696593	0.98164743	0.98587096	0.97124138	0.83377023	0.97840091	0.97573615
0.95563672	0.92662138	0.98967685	0.94031712	0.99162124	0.91559584	1	0.92926546	0.95909889	0.94342234	0.96395991	0.91194474	0.98344426	0.98174093	0.9416702	0.98304274	0.97451431	0.88025821	0.93848367	0.93210678
0.99516243	0.99710222	0.99536164	0.95879269	0.95536213	0.93533977	0.92926546	1	0.99826018	0.96158503	0.95956664	0.93182367	0.98731957	0.98987828	0.96003025	0.95681641	0.97905732	0.88430142	0.95709957	0.95085748
0.99398895	0.99609637	0.99721258	0.96331886	0.96006692	0.94038407	0.99090889	0.99826018	1	0.96587992	0.96047049	0.93680183	0.98669122	0.98967028	0.96412992	0.96115665	0.97841458	0.84876849	0.9610946	0.95500496
0.94816359	0.95864302	0.96407221	0.99476725	0.99399773	0.9841196	0.94342234	0.96158503	0.96587992	1	0.99642141	0.981366	0.95870584	0.96857857	0.99727771	0.99698171	0.95296064	0.86456691	0.99490913	0.99187348
0.94203905	0.95317455	0.95919514	0.96096091	0.9967679	0.98962994	0.93695991	0.95956664	0.96047049	0.99642141	1	0.98852828	0.9501814	0.96107069	0.99545718	0.99779822	0.94318467	0.85714293	0.99524888	0.99074259
0.91807776	0.92898113	0.93631455	0.98694339	0.98955528	0.98972529	0.91194474	0.93182367	0.93680183	0.983166	0.98852828	1	0.92338544	0.94017692	0.98145784	0.98567174	0.91641891	0.83288273	0.97885783	0.97675185
0.98016437	0.98210486	0.98139471	0.94854554	0.94496497	0.92468387	0.98344426	0.98731957	0.98669122	0.95870584	0.9501814	0.92338544	1	0.99308409	0.99595541	0.95434841	0.97497917	0.86923028	0.95885146	0.95466297
0.9826195	0.98541802	0.98866004	0.95965366	0.95661514	0.93696593	0.98174093	0.98987828	0.99607028	0.96857857	0.96010692	0.93370554	0.99308409	1	0.96888159	0.96394361	0.98964643	0.89982324	0.96757504	0.93631701
0.94496637	0.9550378	0.96055634	0.99150001	0.99126083	0.98164743	0.9416702	0.96031295	0.96412992	0.99727771	0.99545718	0.98145784	0.99595541	0.96888159	1	0.99755612	0.95525217	0.86470153	0.99798455	0.99547206
0.94204746	0.92825003	0.95055628	0.99356146	0.99402319	0.98587096	0.93804274	0.96081641	0.96115665	0.96988171	0.99779822	0.98567174	0.95434841	0.96394361	0.99755612	1	0.94895802	0.86187535	0.99655879	0.99547091
0.97000842	0.9720055	0.97118885	0.94050117	0.93712368	0.93742138	0.97451431	0.97905732	0.98417648	0.95296064	0.94318467	0.93168823	0.94979917	0.98964643	0.95525217	0.94895802				

0.99536372	0.99261138	0.98967685	0.94031712	0.93629299	0.93559584	1	0.99296546	0.99090898	0.94432234	0.93659991	0.91194474	0.98344426	0.98174093	0.94167025	0.93804274	0.97051432	0.98025821	0.93843667	0.93210288
0.99516243	0.99712022	0.99653164	0.95879269	0.95536213	0.93533977	0.99295646	1	0.99826018	0.96158085	0.95696564	0.93182367	0.98731957	0.98989728	0.96030025	0.95681641	0.97945731	0.98403142	0.95709957	0.95025748
0.99398895	0.99696357	0.99722158	0.96331886	0.96009992	0.94038047	0.99090899	0.99826109	1	0.96587992	0.96047049	0.93680183	0.98669122	0.99067028	0.96412992	0.96115665	0.97841458	0.98467849	0.9610946	0.95005496
0.94816359	0.99863027	0.94072221	0.99476725	0.93939773	0.9841196	0.94432234	0.96158053	0.98578992	1	0.99642141	0.983166	0.95870584	0.98657857	0.99727771	0.96989171	0.95259604	0.96456691	0.94909193	0.99187348
0.94203905	0.95317455	0.95195154	0.96090901	0.9967679	0.98929994	0.93659991	0.95596564	0.96047049	0.99642141	1	0.98852828	0.9501814	0.96010692	0.9954718	0.99779822	0.94318467	0.95714293	0.99532488	0.99074525
0.91807776	0.92899113	0.93633145	0.98694339	0.98955528	0.98972599	0.91194474	0.93182367	0.93680183	0.983166	0.98852828	1	0.92338544	0.93470699	0.98145784	0.98567174	0.91641891	0.93282273	0.97885783	0.97675185
0.98016437	0.98210486	0.98139741	0.94854554	0.94649697	0.92486387	0.98344426	0.98731957	0.98669122	0.95870584	0.9501814	0.93238544	1	0.99308409	0.99585411	0.95438481	0.94799717	0.98623058	0.95885146	0.95466297
0.9265195	0.98541802	0.98386004	0.95996536	0.95661514	0.93696953	0.98174093	0.98989728	0.9967028	0.96857857	0.96010692	0.93470699	0.99308409	1	0.9888159	0.96394361	0.98964643	0.98952344	0.96755704	0.96361731
0.94496637	0.95503033	0.96055634	0.99150001	0.99126083	0.98164743	0.94146702	0.96003265	0.96412992	0.99727771	0.9954718	0.98145784	0.95955417	0.96888159	1	0.99755612	0.95552175	0.96470153	0.99798455	0.99547026
0.94204746	0.95280531	0.95855287	0.99356146	0.99402319	0.98587096	0.93804274	0.96158053	0.96115665	0.96989171	0.99779822	0.95856714	0.95438481	0.96349361	0.99756512	1	0.94895802	0.96185735	0.99599558	0.99547291
0.97008482	0.97200555	0.97118885	0.94050117	0.93713236	0.91742138	0.97451431	0.97405312	0.98474458	0.95259604	0.98168271	0.93488273	0.94799717	0.98966443	0.95552175	0.94895802	1	0.88073592	0.95643684	0.95238663
0.87692551	0.87914253	0.87885337	0.85245452	0.85133084	0.83377023	0.88025821	0.88430142	0.88746549	0.86456691	0.85174293	0.83218821	0.89632058	0.98958234	0.86470153	0.86185735	0.88073592	1	0.86223113	0.86232832
0.94108857	0.95146368	0.95658838	0.98785538	0.98801296	0.97840901	0.93848367	0.95709957	0.9610946	0.94909193	0.9352488	0.97885783	0.95851467	0.96757504	0.99798455	0.99655838	0.95643684	0.86223113	1	0.99720829
0.93403025	0.94487735	0.94998838	0.98462634	0.98464329	0.97573615	0.93210288	0.95085748	0.95500496	0.98187348	0.99704259	0.97855146	0.95446297	0.96361731	0.99574426	0.99457091				

0.94816359	0.95864302	0.96407221	0.99476725	0.99399771	0.9841196	0.94342234	0.96158503	0.96587992	1	0.99642141	0.983166	0.95870584	0.96857857	0.99727771	0.9698171	0.9525904	0.8645691	0.9494903	0.99187348
0.94203905	0.95317455	0.9591151	0.99609901	0.9967679	0.9892594	0.93695991	0.95596564	0.9604709	0.99642141	1	0.98852828	0.9501814	0.93407069	0.9954718	0.99779822	0.94318467	0.85714293	0.99352488	0.99074258
0.91807776	0.92899113	0.96393145	0.98694339	0.98955528	0.99672599	0.91194474	0.9812367	0.93680183	0.983166	0.98852828	1	0.92338544	0.96010692	0.98145784	0.98561714	0.91641891	0.83288273	0.97885783	0.97675185
0.98016437	0.98210486	0.98139704	0.94854554	0.94649497	0.92486387	0.98344426	0.9873152	0.98696122	0.95870584	0.9501814	0.92338544	1	0.99308409	0.99595541	0.95434841	0.94799177	0.86923058	0.95885146	0.95466297
0.98206195	0.98541802	0.98863004	0.95966536	0.95661514	0.93696953	0.98174093	0.98989728	0.99067028	0.96857857	0.96010692	0.93470554	0.99308409	1	0.96888159	0.96394361	0.98964463	0.89982324	0.96757504	0.93636173
0.94496637	0.9550378	0.96056364	0.9915001	0.99126083	0.9816743	0.94146702	0.9603025	0.96412929	0.99727771	0.9954718	0.98145784	0.99595541	0.96888159	1	0.99755127	0.95525172	0.86470153	0.99798455	0.99547246
0.94204746	0.92850033	0.95855287	0.99356146	0.99402319	0.98587096	0.93804274	0.96813641	0.96115665	0.96988171	0.99779822	0.98561714	0.95434841	0.96349361	0.99756512	1	0.94895802	0.86187535	0.99655879	0.99547091
0.97008482	0.9720055	0.97118885	0.94050117	0.93123236	0.91742138	0.97451431	0.97905732	0.97844588	0.95259604	0.94318467	0.93168293	0.94799177	0.98964463	0.95525172	0.94895802	1	0.88073592	0.9546384	0.95263632
0.87692551	0.87914253	0.87885337	0.85245452	0.85130634	0.83377023	0.88028521	0.88403142	0.88476849	0.8645691	0.8714293	0.83268273	0.89632058	0.95895234	0.86470153	0.86187535	0.88073592	1	0.86223113	0.86328863
0.94108857	0.95146368	0.95998838	0.87855338	0.98801296	0.97840901	0.93848367	0.95709957	0.9610946	0.94990913	0.99352488	0.97885783	0.95885146	0.96757504	0.99798455	0.99655879	0.95643684	0.86223113	1	0.9720829
0.93402095	0.94487735	0.94598838	0.98462329	0.98644329	0.97573615	0.93210288	0.95085748	0.95500494	0.99187348	0.99074259	0.97578185	0.95446297	0.96367171	0.99547246	0.99547091	0.95263632	0.86328863	0.99720829	1

[illegible]

9.94496637	9.95045378	9.96053640	9.99150001	9.99126088	9.98167435	9.94167435	9.96003265	9.96412929	9.99127771	9.99541878	9.98518478	9.99595417	9.96888199	1	9.99565132	9.95552175	0.86147535	0.99948455	0.99544720
9.94204746	9.95280531	9.95855287	9.99356140	9.99402319	9.98587096	9.93042074	9.96801641	9.96115665	9.96988171	9.99779822	9.98565174	9.95434841	9.96384361	1	9.94895802	0.86410573	0.86185735	0.99655858	0.99547091
9.97008482	9.97200555	9.97118885	9.94050117	9.93713268	9.97142138	9.97451431	9.97905732	9.97841458	9.95259604	9.94318467	9.91641891	9.94799177	9.98964643	1	9.95521575	0.84895802	1	0.88073592	0.95436884
0.87925251	0.87914253	0.87885337	0.85244552	0.85451208	0.83377023	0.8802521	0.8840142	0.88476849	0.86456691	0.87142493	0.83288273	0.89632058	0.8958234	1	0.86470153	0.86185735	0.88073592	1	0.86232113
0.94108857	0.95143668	0.95658884	0.98785538	0.98801296	0.97840901	0.93848367	0.95709597	0.9610946	0.94909013	0.99352488	0.97885783	0.95885146	0.96775704	1	0.99788455	0.99659558	0.95263684	0.86223113	1
0.93403025	0.94487735	0.95499838	0.98425334	0.98464329	0.97573615	0.93210288	0.95085748	0.95500494	0.99187348	0.99074259	0.97587185	0.95464297	0.96361713	1	0.95474626	0.99457091	0.95643632	0.86328863	0.99720829

0.87692551	0.87914253	0.87885337	0.85424542	0.85133084	0.83377023	0.88028521	0.88430412	0.88476849	0.86456691	0.85714293	0.83288273	0.89632058	0.89958234	0.86470153	0.86185735	0.88073592	1	0.86223113	0.86328863
0.94108857	0.95142638	0.95658884	0.98785538	0.98801296	0.97840091	0.93848367	0.95070957	0.9610946	0.99409013	0.99352483	0.97885783	0.95885146	0.96757504	0.99798455	0.99659558	0.95643684	0.86223113	1	0.99720829
0.93403025	0.94487735	0.9499838	0.98426234	0.98644329	0.97573615	0.93102888	0.95085748	0.95500496	0.99187348	0.99074259	0.9756185	0.95446297	0.96361701	0.99547426	0.99457091	0.95263632	0.86328863	0.99720829	

Coeficiente de correlación entre H ¹⁰⁰ y H ¹⁵⁰																											
1	0,99677679	0,99416802	0,94239472	0,93772613	0,91559209	0,99542986	0,9949838	0,99349486	0,94440271	0,93690354	0,91142916	0,98018111	0,98082742	0,94140469	0,93742395	0,97100499	0,97092291	0,93722588	0,92966671								
0,99677679	1	0,99779075	0,95414597	0,94990991	0,92821252	0,9925911	0,99702639	0,99680193	0,95580932	0,94911708	0,92412375	0,98199029	0,98469113	0,95261029	0,94920508	0,97297016	0,97369643	0,9486232	0,9408585								
0,99416802	0,99779075	1	0,96062553	0,95656439	0,93520083	0,98924574	0,9963397	0,9971568	0,96157284	0,95569419	0,93107446	0,98099409	0,98495396	0,95819418	0,95533669	0,97328659	0,97328659	0,9380976	0,94638642								
0,94239472	0,95414597	0,96062553	1	0,99798675	0,98871174	0,93495381	0,95449149	0,95967059	0,99453707	0,99611928	0,98581114	0,94402614	0,95635442	0,99104957	0,9933219	0,9376321	0,94292107	0,9872807	0,98342312								
0,93772613	0,94990991	0,95656439	0,99798675	1	0,99129154	0,93045819	0,95058217	0,95583787	0,99337495	0,99684001	0,98880555	0,94009279	0,95263756	0,99076394	0,99400146	0,93417325	0,93967132	0,98751754	0,98412516								
0,91559209	0,92821252	0,93520083	0,98871174	0,99129154	1	0,90802529	0,92895309	0,93463273	0,98301808	0,98889524	0,99619366	0,9183097	0,93122861	0,98045881	0,98526512	0,91233315	0,91827115	0,97738836	0,97448435								
0,99542986	0,9925911	0,98924574	0,93495381	0,93045819	0,90802529	1	0,99273254	0,99044676	0,9982845	1	0,9630064	0,95651488	0,95136513	0,92547146	0,98689381	0,9892421	0,9568356	0,97920525	0,98023408								
0,9949838	0,99702639	0,9963397	0,95449149	0,95058217	0,92895309	0,99273254	1	0,9982845	0,95805598	0,95136513	0,92547146	0,98689381	0,9892421	0,9568356	0,97920525	0,9568356	0,97920525	0,9568356	0,97920525								
0,99349486	0,99680193	0,9971568	0,95967059	0,95583787	0,93463273	0,99044676	0,9982845	1	0,9630064	0,95651488	0,95136513	0,92547146	0,98689381	0,9892421	0,9568356	0,97920525	0,9568356	0,97920525	0,9568356								
0,9440271	0,95580932	0,96157284	0,99453707	0,99337495	0,98301808	0,93919331	0,95805598	0,9630064	1	0,9957741	0,98139702	0,95494103	0,96587135	0,9964971	0,99638429	0,95068296	0,95590735	0,99441607	0,99118423								
0,93690354	0,94911708	0,95569419	0,99611928	0,99684001	0,98889524	0,93120923	0,95136513	0,95651488	0,9957741	1	0,98748659	0,94497871	0,95618844	0,99486768	0,99750447	0,9998571	0,9951723	0,95487385	0,99015762								
0,91142916	0,92412375	0,93107446	0,98581114	0,98880555	0,99619366	0,90472897	0,92547146	0,93105803	0,98139702	0,98748659	1	0,9166779	0,92897292	0,97966717	0,98444028	0,91128665	0,91711782	0,97724714	0,97507748								
0,98018111	0,98199029	0,98094905	0,94402614	0,94009279	0,9183097	0,98340242	0,98689381	0,98643031	0,95494103	0,94497871	0,9166779	1	0,99273398	0,95601116	0,99490794	0,99591723	0,95477861	0,95487385	0,94988991								
0,98082742	0,98469113	0,98495396	0,95635442	0,95263756	0,93122861	0,98044261	0,9892421	0,9899753	0,96587135	0,95618844	0,92897292	0,99273398	1	0,96650793	0,96058821	0,99167698	0,99265397	0,961596	0,96050328								
0,94140469	0,95261029	0,95819418	0,99104957	0,99076394	0,98045881	0,93749121	0,95688356	0,96151242	0,9964971	0,99486768	0,97966717	0,95601116	0,96650793	1	0,99718749	0,95350829	0,95860867	0,9976122	0,9951444								
0,93742395	0,94920508	0,95533669	0,9933219	0,9933219	0,99400146	0,98526512	0,93283578	0,95264636	0,95756876	0,99638429	0,99750447	0,98444028	0,94990794	0,96058821	0,99718749	1	0,94645654	0,99646248	0,99437471								
0,97100499	0,97297016	0,97369643	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	0,97328659	1	0,99694597	0,99015762								
0,97092291	0,97369643	0,97328659	0,94292107	0,93967132	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588	0,93722588								
0,93722588	0,9482632	0,9380976	0,9872807	0,98751754	0,97738836	0,97448435	0,92701899	0,94657424	0,95128461	0,99118423	0,99015762	0,97507748	0,94988991	0,96050328	0,9951444	0,99437471	0,95019097	0,95501241	0,99751878	1							
0,92966671	0,9408585	0,94638642	0,98342312	0,98412516	0,97448435	0,92701899	0,94657424	0,95128461	0,99118423	0,99015762	0,97507748	0,94988991	0,96050328	0,9951444	0,99437471	0,95019097	0,95501241	0,99751878	0,99751878								

Coeficiente de correlación entre H^{100} y H^E																											
1	0,99698067	0,99450086	0,94651582	0,94230887	0,9220437	0,99548908	0,99507388	0,99385108	0,94776047	0,94144596	0,91760453	0,98030739	0,98185311	0,94457334	0,94154257	0,97187295	0,95554831	0,94095288	0,93389548								
0,99698067	1	0,99786687	0,957594	0,9376852	0,93403965	0,99267274	0,99701619	0,99692205	0,958526	0,95293702	0,92982947	0,98221061	0,98531335	0,95530059	0,95270173	0,97373806	0,95818422	0,95160533	0,94477289								
0,99450086	0,99786687	1	0,96359888	0,95996189	0,94056514	0,98953433	0,9964114	0,9971884	0,96402039	0,9597007	0,9364143	0,98139048	0,9856985	0,96055843	0,95852536	0,97274546	0,95779966	0,95678374	0,94995159								
0,94651582	0,957594	0,96359888	1	0,99813628	0,98958959	0,93961739	0,95842053	0,99303382	0,99480092	0,99618748	0,98691794	0,94791691	0,95960888	0,99151943	0,99368438	0,94145763	0,93058322	0,9881587	0,98449562								
0,94230887	0,95736852	0,95996189	0,99813628	1	0,99812613	0,93556302	0,95493401	0,95965162	0,99389447	0,99685493	0,98965747	0,94422263	0,95617666	0,99139025	0,99416973	0,93080681	0,92727695	0,98821035	0,94885069								
0,9220437	0,93403965	0,94056514	0,98953433	0,99813628	1	0,9151418	0,93531827	0,94037477	0,98421438	0,98949663	0,99671937	0,92445488	0,93683095	0,98182814	0,98616354	0,9186416	0,90808307	0,97884813	0,97621841								
0,99548908	0,99267274	0,98953433	0,93961739	0,93556302	0,9151418	1	0,99287507	0,99074499	0,95688356	0,96151242	0,9964971	0,99486768	0,97966717	0,95601116	0,99490794	0,99591723	0,95477861	0,95487385	0,94988991								
0,99507388	0,99701619	0,9964114	0,95842053	0,95493401	0,93531827	0,99287507	1	0,99824252	0,96132578	0,9564125	0,93167322	0,98139048	0,9856985	0,96055843	0,95852536	0,97274546	0,95779966	0,95678374	0,94995159								
0,99385108	0,99692205	0,9971884	0,96359888	0,95996189	0,94056514	0,98953433	0,9964114	0,9971884	0,96402039	0,9597007	0,9364143	0,98139048	0,9856985	0,96055843	0,95852536	0,97274546	0,95779966	0,95678374	0,94995159								
0,94776047	0,958526	0,96402039	0,99480092	0,99685493	0,98421438	0,94299501	0,96132578	0,96576495	1	0,99637997	0,98304761	0,95820257	0,9637007	0,94987871	0,95618844	0,99486768	0,99730252	0,99673208	0,99730252								
0,94144596	0,9529372	0,95907007	0,996818748	0,99634947	0,98949663	0,93630427	0,95612542	0,96026314	0,99637997	1	0,98853412	0,95820257	0,9637007	0,94987871	0,95618844	0,99486768	0,99730252	0,99673208	0,99730252								
0,91760453	0,92962947	0,9364143	0,98691794	0,98965747	0,99671937	0,91139509	0,93167322	0,93673027	0,98304761	0,98853412	1	0,92274364	0,93438203	0,98141252	0,95876747	0,97139033	0,90688387	0,97898991	0,9769908								
0,98030739	0,98221061	0,98139048	0,94791691	0,94422263	0,92445488	0,98363787	0,98736539	0,98676004	0,95820257	0,94936789	0,92274364	1	0,99319592	0,95876747	0,99612478	0,9787139	0,95827865	0,95361199	0,95361199								
0,98185311	0,98531335	0,9856985	0,95960888	0,95617666	0,93683095	0,98159214	0,99007559	0,99063244	0,96837048	0,95970779	0,93438203	0,99319592	1	0,96877806	0,96366801	0,99195644	0,97681848	0,96773122	0,96317478								
0,94457334	0,95530059	0,96055843	0,99139529	0,99130825	0,98182814	0,94104917	0,95985596	0,96407927	0,99730252	0,99550623	0,98141252	0,95876747	0,99319592	0,96877806	0,96366801	0,99195644	0,97681848	0,96773122	0,96317478								
0,94154257	0,95270173	0,95852536	0,93968438	0,9916973	0,98616354	0,93744928	0,95654696	0,96100585	0,99697233	0,99785393	0,98576747	0,95369759	0,96366801	0,99195644	0,97681848	0,96773122	0,96317478	0,96317478	0,96317478								
0,97187295	0,97373806	0,97274546	0,94145763	0,93808681	0,9186416	0,97964935	0,98058284	0,97995708	0,95362482	0,94404828	0,91739033	0,99612478	0,99195644	0,9560842	0,99804885	0,96773122	0,99804885	0,95660441	0,94453263	1	0,9972894						
0,9554831	0,95818422	0,95779966	0,93058322	0,92727695	0,90808307	0,95925088	0,96448884	0,96440667	0,94236751	0,93321212	0,90688837	0,9787139	0,99168148	0,9444543	0,93886128	0,97809597	1	0,94453263	0,95660441	0,94453263	1	0,9972894					
0,94095288	0,95160533	0,95678374	0,93058322	0,92727695	0,90808307	0,95925088	0,96448884	0,96440667	0,94236751	0,93321212	0,90688837	0,9787139	0,99168148	0,9444543	0,93886128	0,97809597	1	0,94453263	0,95660441	0,94453263	1	0,9972894					
0,93389548	0,94477289	0,94995159	0,98449562	0,98485069	0,97621841	0,93167322	0,95062919	0,95489091	0,99156131	0,90809233	0,96799098	0,95361199	0,96331748	0,99544738	0,99467328	0,95312318	0,94453263	0,95660441	0,94453263	0,95660441	0,94453263	1	0,9972894				

Coeficiente de correlación entre M ⁵⁰ y M ^E																									
1	0,99604392	0,99150827	0,94974298	0,94185788	0,9256834	0,99053261	0,987962	0,98514993	0,94674697	0,94030572	0,92147431	0,97920297	0,97696698	0,94254446	0,93517575	0,9525938	0,96224223	0,93205543	0,91492927						
0,99604392	1	0,9978728	0,96456172	0,95716268	0,94049638	0,98723262	0,99011711	0,99010981	0,96000852	0,95480057	0,93628697	0,98140102	0,98152515	0,95517516	0,9487157	0,95483567	0,96680007	0,94404558	0,92693626						
0,99150827	0,9978728	1	0,97205046	0,96499946	0,94905543	0,98117341	0,98711372	0,98868836	0,96555726	0,96154926	0,94387223	0,97992772	0,95994775	0,95437381	0,95099039	0,9633082	0,94796692	0,93308492	0,92693626						
0,94974298	0,96456172	0,97205046	1	0,99784351	0,99005634	0,9450799	0,96104867	0,96734415	0,99304835	0,99533338	0,98702256	0,95550208	0,96379646	0,98734338	0,98874557	0,93427132	0,94862144	0,977401	0,96798555						
0,94185788	0,95716268	0,96499946	0,99784351	1	0,99460287	0,9375734	0,95409143	0,96071832	0,99138716	0,99600722	0,99149731	0,94897975	0,95728025	0,98514119	0,98923059	0,92763414	0,94251509	0,9751368	0,96792044						
0,9256834	0,94094638	0,94905543	0,99005634	0,99460287	1	0,92310599	0,93925142	0,94595257	0,98421469	0,99277046	0,99745365	0,93509478	0,94395509	0,97856856	0,98695401	0,91479573	0,92949028	0,96973187	0,96715806						
0,99053261	0,98723262	0,98117341	0,9450799	0,9375734	0,92310599	1	0,99475874	0,9905031	0,95030089	0,94137579	0,92195855	0,99121826	0,98800271	0,94977164	0,9411443	0,97565043	0,98119642	0,94383448	0,92876097						
0,987962	0,99011711	0,98711372	0,96104867	0,95409143	0,93925142	0,99475874	1	0,99787821	0,96659756	0,95801641	0,93766562	0,99215855	0,99121826	0,98800271	0,94977164	0,9411443	0,97565043	0,98119642	0,92876097						
0,98514993	0,99010981	0,98868836	0,96734415	0,96071832	0,94595257	0,9905031	0,99787821	1	0,97210541	0,96418484	0,94411362	0,99498707	0,99605479	0,97084257	0,96345222	0,97866682	0,98797123	0,96399997	0,94920192						
0,94674697	0,96000852	0,96555726	0,99304835	0,99138716	0,98421469	0,95030089	0,96659756	0,97210541	1	0,99600417	0,98447272	0,96477047	0,97269617	0,99633433	0,9956911	0,94999961	0,96269598	0,99065427	0,983472						
0,94030572	0,95480057	0,96154926	0,95437381	0,95099039	0,9633082	0,94796692	0,93308492	0,92693626	0,92693626	1	0,99726586	0,96425148	0,9935305	0,9967997	0,93903534	0,95237749	0,98714677	0,98236796	0,983472						
0,92147431	0,93628697	0,94387223	0,98702256	0,99149731	0,99745365	0,92195855	0,93766562	0,94411362	0,98447272	0,99275463	1	0,93471782	0,94388248	0,98085123	0,98919643	0,91785098	0,93100177	0,9743211	0,97404053						
0,97920297	0,98140102	0,9782126	0,95550208	0,94897975	0,93509478	0,99121826	0,99622082	0,99498707	0,96477047	0,95540952	0,93471782	1	0,99726586	0,96425148	0,9935305	0,9967997	0,93903534	0,95237749	0,98714677						
0,97696698	0,98152515	0,97992772	0,96379646	0,95728025	0,94395509	0,98800271	0,99579448	0,99605479	0,97269617	0,96425148	0,94388248	0,99726586	1	0,97463382	0,96646038	0,98763684	0,99478029	0,97076675	0,95782938						
0,94254446	0,95517516	0,95994775	0,98734338	0,98514119	0,97856856	0,94977164	0,96590712	0,9634333	0,9935305	0,98085123	0,9662127	0,97463382	0,9662127	0,97463382	0,96646038	0,98763684	0,99478029	0,97076675	0,95782938						
0,93517575	0,9487157	0,95437381	0,98874557	0,98923059	0,98695401	0,9411443	0,95747863	0,96345222	0,9956911	0,9967997	0,98919643	0,95783193	0,96646038	0,99626578	1	0,94561002	0,97564834	0,99303761	0,99077068						
0,9525938	0,95483567	0,95099039	0,93427132	0,92763414	0,91479573	0,97565043	0,98797123	0,97866682	0,94999961	0,93930534	0,91785098	0,988372	0,98763684	0,95613704	0,94561002	1	0,99391031	0,95775475	0,96600191	0,99463327					
0,96224223	0,96600807	0,9633082	0,94862144	0,94251509	0,92949028	0,98119642	0,98862092	0,98797123	0,96269598	0,95237749	0,93100177	0,9743211	0,99403623	0,99478029	0,96687505	0,95764834	0,99391031	1	0,96600191	0,95469152					
0,93205543	0,94404558	0,94796642	0,977601	0,9751368	0,96973187	0,94383448	0,95950995	0,96399997	0,98714677	0,9743211	0,99403623	0,99478029	0,96687505	0,95764834	0,99391031	1	0,96600191	0,95469152	0,99463327	1					
0,91492927	0,92693626	0,93084092	0,96798555	0,96792044	0,96715806	0,92876097	0,94462775	0,94920192	0,983472	0,98236796	0,97404053	0,94890531	0,95782938	0,99035561	0,99077068	0,94765554	0,95469152	0,99463327	0,99463327	1					

Coeficiente de correlación entre M ¹⁵⁰ y M ^E																									
1	0,99592433	0,99122119	0,94804375	0,9401262	0,92424804	0,99031229	0,98739616	0,98444018	0,94510845	0,93880692	0,92013495	0,97719001	0,97416849	0,94073186	0,93343315	0,95118373	0,95901305	0,93007878	0,9130547						
0,99592433	1	0,99781242	0,96367426	0,95621442	0,94028784	0,98680895	0,98968613	0,98964722	0,95903313	0,95402503	0,93563965	0,97953865	0,97896549	0,95393477	0,94760518	0,95345818	0,96294457	0,94252767	0,92534627						
0,99122119	0,99781242	1	0,97145017	0,95331247	0,94875049	0,98050433	0,98648079	0,98807145	0,96468892	0,96099586	0,94346174	0,97605702	0,97727463	0,95880007	0,95341406	0,94929088	0,95999009	0,94648893	0,9293498						
0,94804375	0,96367426	0,97145017	1	0,99790701	0,99024051	0,94295332	0,95972665	0,96622155	0,99267608	0,9952949	0,98705597	0,9526747	0,96051382	0,98675436	0,98833022	0,93137027	0,94457104	0,97641462	0,96679718						
0,9401262	0,95621442	0,96443326	0,99790701	1	0,99471219	0,93531247	0,95267449	0,9955089	0,99107075	0,99594733	0,99141457	0,94597916	0,95404324	0,98455821	0,93919446	0,92453655	0,93849841	0,97411497	0,96665631						
0,92424804	0,94807874	0,94875049	0,99024051	0,99471219	1	0,92126148	0,93819947	0,94514895	0,98410691	0,99282575	0,99729472	0,93239933	0,9410426	0,97819303	0,98664678	0,9319459	0,92578364	0,96893083	0,9659463						
0,99031229	0,98680895	0,98050433	0,94295332	0,95331247	0,92126148	1	0,99451363	0,99007763	0,98504415	0,93956757	0,99208915	0,99208915	0,98898842	0,9852539	0,94786317	0,93919446	0,9752904	0,97878121	0,94188931	0,92683421					
0,98739616	0,98968613	0,98648079	0,95972665	0,95267449	0,93819947	0,99451363	1	0,99783154	0,96540206	0,95702572	0,93673981	0,99399091	0,99399091	0,99700722	0,96271816	0,97836544	0,9857826	0,96305254	0,94348605						
0,98444018	0,98964722	0,98807145	0,96622155	0,95955089	0,94514895	0,99007763	0,99783154	1	0,97142046	0,96342513	0,93437981	0,99399091	0,99399091	0,99700722	0,96271816	0,97836544	0,9857826	0,96305254	0,94348605						
0,94510845	0,95903313	0,96468892	0,99267608	0,99107075	0,98410691	0,94850415	0,96568502	0,97142046	1	0,99601877	0,98441337	0,96261729	0,96193137	0,99691337	0,99627215	0,94808179	0,959823	0,99047919	0,98322125						
0,93880692	0,95402503	0,96099586	0,9952949	0,99594733	0,99282575	0,93956757	0,95702572	0,96342513	0,99601877	1	0,99283388	0,95293773	0,9614886	0,99338297	0,96391397	0,9683919	0,96879799	0,9670395	0,99035561						
0,92013495	0,93563965	0,94346174	0,98705597	0,99141457	0,99729472	0,92028915	0,93673981	0,94339781	0,98441337	0,99283388	1	0,93222498	0,94110468	0,98065612	0,98900407	0,951252748	0,92751838	0,97388925	0,97326713						
0,97719001	0,97953865	0,97605702	0,96051382	0,95403424	0,9410426	0,98552539	0,99341234	0,99399091	0,9699137	0,9614886	0,94110468	0,99135068	1	0,97201562	0,9638185	0,98593656	0,99445245	0,96814228	0,95508389						
0,94716849	0,97896549	0,97727463	0,96051382	0,95403424	0,9410426	0,98552539	0,99341234	0,99399091	0,9699137	0,9614886	0,94110468	0,99135068	0,97201562	1	0,9638185	0,98593656	0,99445245	0,96814228	0,95508389						
0,94073186	0,95393477	0,95880007	0,98675436	0,98455821	0,97819303	0,94786317	0,96490335	0,99700722	0,99626715	0,99338297	0,98065612	0,96391337	0,97201562	0,9638185	1	0,98593656	0,99445245	0,96814228	0,95508389						
0,93343315	0,94760518	0,95341406	0,98833022	0,98879393	0,98664678	0,93919446	0,96578022	0,96271816	0,99577219	0,99678664	0,98900407	0,95549535	0,9638185	0,98593656	0,99445245	1	0,96814228	0,95508389	0,95053079						
0,95118373	0,95345818	0,94929088	0,93137027	0,92453655	0,9119459	0,9752904	0,9850298	0,97836544	0,9480171	0,95122748	0,98593656	0,99445245	0,96814228	0,95508389	0,99445245	0,96814228	1	0,95508389	0,95053079						
0,95901305	0,96294457	0,95999009	0,94457104	0,93																					

Bibliografía

- Alcala, U. D. (2013). Electroencefalografía. *Facultad universitaria*.
- Amin, Z., Epperson, C. N., Constable, R. T., and Canli, T. (2006). Effects of estrogen variation on neural correlates of emotional response inhibition. *Neuroimage*, 32(1):457–464.
- Andersen, S. L., Thompson, A. T., Rutstein, M., Hostetter, J. C., and Teicher, M. H. (2000). Dopamine receptor pruning in prefrontal cortex during the periadolescent period in rats. *Synapse*, 37(2):167–169.
- Antroporama (2016). ondas gama. http://antroporama.net/wp-content/uploads/2013/11/400px-Eeg_gamma.svg_.png. (Accessed on 06/06/2016).
- Arg, H. (2016). Image52. http://www.herrera.unt.edu.ar/bioingenieria/temas_inves/sist_nervioso/Image52.gif. (Accessed on 06/06/2016).
- Awh, E. and Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in cognitive sciences*, 5(3):119–126.
- Bhattacharya, J., Petsche, H., Feldmann, U., and Rescher, B. (2001). Eeg gamma-band phase synchronization between posterior and frontal cortex during mental rotation in humans. *Neuroscience letters*, 311(1):29–32.

- Butler, T., Imperato-McGinley, J., Pan, H., Voyer, D., Cordero, J., Zhu, Y.-S., Stern, E., and Silbersweig, D. (2006). Sex differences in mental rotation: Top-down versus bottom-up processing. *Neuroimage*, 32(1):445–456.
- Chatrian, G., Lettich, E., and Nelson, P. (1985). Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked eeg activities. *American Journal of EEG Technology*, 25(2):83–92.
- cismedica (2016). electroencefalografo digital 2 peru. <http://www.cismedica.com/electroencefalografo%20digital%202%20peru.jpg>. (Accessed on 06/06/2016).
- Cohen, M. S., Kosslyn, S. M., Breiter, H. C., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L., Anderson, A., Bookheimer, S., Rosen, B. R., and Belliveau, J. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation a mapping study using functional mri. *Brain*, 119(1):89–100.
- Cooper, L. A. and Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images.
- Corballis, M. C. (1988). Recognition of disoriented shapes. *Psychological review*, 95(1):115.
- Corballis, M. C. and Sergent, J. (1989). Hemispheric specialization for mental rotation. *Cortex*, 25(1):15–25.
- Creem, S. H., Downs, T. H., Wraga, M., Harrington, G. S., Proffitt, D. R., and Downs, J. H. (2001). An fmri study of imagined self-rotation. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(3):239–249.

- Dahir, V. B., Richardson, J. T., Ginsburg, G. P., Gatowski, S. I., Dobbin, S. A., and Merlino, M. L. (2005). Judicial application of daubert to psychological syndrome and profile evidence: A research note. *Psychology, Public Policy, and Law*, 11(1):62.
- Deutsch, G., Bourbon, W. T., Papanicolaou, A. C., and Eisenberg, H. M. (1988). Visuospatial tasks compared via activation of regional cerebral blood flow. *Neuropsychologia*, 26(3):445–452.
- droiders (2016). Ondas cerebrales. <http://www.droiders.com/wp-content/uploads/image011.jpg>. (Accessed on 06/06/2016).
- ferran (2016). areasbroadmann. <http://www.ferran-tucoach.com/areasbroadmann.swf>. (Accessed on 06/06/2016).
- Finke, R. A. (1989). *Principles of mental imagery*. The MIT Press.
- Gabriel, R. C. (2013). Asociación entre factores neuropsicológicos, procesos cognitivos y niveles de lectura en niños de diferente nivel socioeconómico del callao. *Revista de Investigación en Psicología*, 16(2):89–103.
- Galton, F. (1880). I.—statistics of mental imagery. *Mind*, (19):301–318.
- Ganis, G. and Kievit, R. (2015). A new set of three-dimensional shapes for investigating mental rotation processes: Validation data and stimulus set. *Journal of Open Psychology Data*, 3(1).
- Gogos, A., Gavrilescu, M., Davison, S., Searle, K., Adams, J., Rossell, S. L., Bell, R., Davis, S. R., and Egan, G. F. (2010). Greater superior than inferior parietal lobule activation with increasing rotation angle during mental rotation: an fmri study. *Neuropsychologia*, 48(2):529–535.

- González, A. C., Moratti, S., Díez, R. G., Ramón, J. T., and Arangüena, L. C. (2008). 9 - métodos de análisis de la señal eléctrica-magnética cerebral (electroencefalograma/magnetoencefalografía). In Unturbe, F. M., Lago, M. R., and Alonso, R. C., editors, *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos*, pages 195 – 212. Elsevier España, Barcelona.
- Harris, I. M. and Miniussi, C. (2003). Parietal lobe contribution to mental rotation demonstrated with rtms. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3):315–323.
- Heinrich, H., Gevensleben, H., and Strehl, U. (2007). Annotation: Neurofeedback—train your brain to train behaviour. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(1):3–16.
- Hochberg, J. and Gellman, L. (1977). The effect of landmark features on mental rotation times. *Memory & Cognition*, 5(1):23–26.
- Hugdahl, K., Thomsen, T., and Ersland, L. (2006). Sex differences in visuo-spatial processing: an fmri study of mental rotation. *Neuropsychologia*, 44(9):1575–1583.
- Jaušovec, N. and Jaušovec, K. (2012). Sex differences in mental rotation and cortical activation patterns: Can training change them? *Intelligence*, 40(2):151–162.
- Jordan, K., Heinze, H.-J., Lutz, K., Kanowski, M., and Jäncke, L. (2001). Cortical activations during the mental rotation of different visual objects. *Neuroimage*, 13(1):143–152.
- Jordan, K., Wüstenberg, T., Heinze, H.-J., Peters, M., and Jäncke, L. (2002). Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks. *Neuropsychologia*, 40(13):2397–2408.
- Koscik, T., O’Leary, D., Moser, D. J., Andreasen, N. C., and Nopoulos, P. (2009). Sex

- differences in parietal lobe morphology: relationship to mental rotation performance. *Brain and cognition*, 69(3):451–459.
- Kosslyn, S. M., Digirolamo, G. J., Thompson, W. L., and Alpert, N. M. (1998). Mental rotation of objects versus hands: Neural mechanisms revealed by positron emission tomography. *Psychophysiology*, 35(02):151–161.
- Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Martin, E., and Von Aster, M. (2005). Gender differences in brain activation patterns during mental rotation and number related cognitive tasks. *Psychology Science*, 47(1):112.
- la lupa3 (2016). encefalo. <http://lalupa3.webcindario.com/biologia/imagenes/encefalo.jpg>. (Accessed on 06/06/2016).
- Lamm, C., Windischberger, C., Moser, E., and Bauer, H. (2007). The functional role of dorso-lateral premotor cortex during mental rotation: an event-related fmri study separating cognitive processing steps using a novel task paradigm. *NeuroImage*, 36(4):1374–1386.
- lifeder (2016). Funciones y partes del cerebro humano. <http://www.lifeder.com/funciones-partes-del-cerebro-humano/>. (Accessed on 06/06/2016).
- Linn, M. C. and Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, pages 1479–1498.
- Marr, D. and Nishihara, H. K. (1978). Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 200(1140):269–294.

- Martínez, N. T. (2014). Imaginería mental: neurofisiología e implicaciones en psiquiatría. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 43(1):40–46.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological bulletin*, 86(5):889.
- Metzler, J. and Shepard, R. N. (1974). Transformational studies of the internal representation of three-dimensional objects.
- Milivojevic, B., Hamm, J. P., and Corballis, M. C. (2009). Hemispheric dominance for mental rotation: it is a matter of time. *Neuroreport*, 20(17):1507–1512.
- Moulton, S. T. and Kosslyn, S. M. (2009). Imagining predictions: mental imagery as mental emulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1521):1273–1280.
- Mumaw, R. J., Pellegrino, J. W., Kail, R. V., and Carter, P. (1984). Different slopes for different folks: Process analysis of spatial aptitude. *Memory & Cognition*, 12(5):515–521.
- Muñoz, H. and Nureibis, C. (2014). Estudio de técnicas de análisis y clasificación de señales eeg en el contexto de sistemas bci (brain computer interface).
- Navarro, M. R. (2008). *Procesos cognitivos y aprendizaje significativo*.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1):1–10.
- Oostenveld, R. and Praamstra, P. (2001). The five percent electrode system for high-resolution eeg and erp measurements. *Clinical neurophysiology*, 112(4):713–719.

- Ortells, J. J. and Tudela, P. (1996). Positive and negative semantic priming of attended and unattended parafoveal words in a lexical decision task. *Acta Psychologica*, 94(2):209–226.
- Parsons, L. M., Fox, P. T., Downs, J. H., Glass, T., Hirsch, T. B., Martin, C. C., Jerabek, P. A., and Lancaster, J. L. (1995). Use of implicit motor imagery for visual shape discrimination as revealed by pet.
- Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G., and Rizzo, A. A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42(4):555–562.
- Pinker, S. and Kosslyn, S. M. (1978). The representation and manipulation of three-dimensional space in mental images. *Journal of Mental Imagery*.
- Pitarque, A. (2002). Métodos y diseños de investigación. *Recuperado de [http://www. uv. es/pitarque/TRANSPARENCIAS. pdf](http://www.uv.es/pitarque/TRANSPARENCIAS.pdf)*.
- Ponce, D. (1987). Pl. doctor jesús mata de gregorio, papel en la neurofisiología clínica. *Jesús Mata De Gregorio, libro jubilar, Manuel Matute, Rubén Rendón A, Mauro Villegas A.(Eds), Sociedad Venezolana de Psiquiatría, Caracas*, pages 257–261.
- Presmeg, N. C. (1986). Visualisation in high school mathematics. *For the learning of mathematics*, 6(3):42–46.
- Richardson, J. T. and Barquero, B. (2005). *Imágenes mentales*. A. Machado Libros.
- Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R. S., Gati, J. S., Georgopoulos, A. P., Tegeler, C., Ugurbil, K., and Kim, S.-G. (2000). Motor area activity

- during mental rotation studied by time-resolved single-trial fmri. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(2):310–320.
- Roberts, J. E. (1998). Sex differences on a mental rotation task: Variations in hemispheric activation between children and college students.
- Schendan, H. E. and Ganis, G. (2013). Face-specificity is robust across diverse stimuli and individual people, even when interstimulus variance is zero. *Psychophysiology*, 50(3):287–291.
- Seurinck, R., de Lange, F. P., Achten, E., and Vingerhoets, G. (2011). Mental rotation meets the motion aftereffect: the role of hv5/mt+ in visual mental imagery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(6):1395–1404.
- Shepard, R. N. and Cooper, L. A. (1986). *Mental images and their transformations*. The MIT Press.
- Shepard, R. N. and Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects.
- Soto, P. L. (2013). Contraste de hipótesis. comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de kruskal-wallis. *Revista Enfermería del Trabajo*, 3(4):166–171.
- Tarr, M. J. and Pinker, S. (1989). Mental rotation and orientation-dependence in shape recognition. *Cognitive psychology*, 21(2):233–282.
- Theberge, J. (2008). *A Distributional Analysis of Reaction Times in Mental Rotation*. PhD thesis, Carleton University.
- Thomsen, T., Hugdahl, K., Ersland, L., Barndon, R., Lundervold, A., Smievoll, A. I., Roscher, B. E., and Sundberg, H. (2000). Functional magnetic resonance imaging

- (fmri) study of sex differences in a mental rotation task. *Medical Science Monitor*, 6(6):1186–1196.
- Titze, C., Heil, M., and Jansen, P. (2008). Gender differences in the mental rotations test (mrt) are not due to task complexity. *Journal of Individual Differences*, 29(3):130–133.
- Turgut, M. (2015). Individual differences in the mental rotation skills of turkish prospective teachers.
- Vandenberg, S. G. and Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and motor skills*, 47(2):599–604.
- Vega, D. C. and Medina, I. F. (2011). Páramo, p.(2011) sociolugares. universidad piloto de colombia. pp. 148. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 43(3):538–543.
- Weiss, E., Siedentopf, C., Hofer, A., Deisenhammer, E., Hoptman, M., Kremser, C., Golaszewski, S., Felber, S., Fleischhacker, W., and Delazer, M. (2003). Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. *Neuroscience letters*, 344(3):169–172.
- Windischberger, C., Lamm, C., Bauer, H., and Moser, E. (2003). Human motor cortex activity during mental rotation. *NeuroImage*, 20(1):225–232.
- youbioit (2016). homunculo. <http://www.youbioit.com/files/newimages/5779/323/homunculo.jpg>. (Accessed on 06/06/2016).