

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivo general	3
1.4. Objetivos específicos	3
1.5. Alcances	3
1.6. Organización del documento	3
2. Antecedentes	5
2.1. El electroencefalograma (EEG) del sueño	5
2.1.1. Actividad eléctrica del cerebro	5
2.1.2. Registro de la actividad cerebral mediante EEG	5
2.1.3. Artefactos en el EEG	7
2.1.4. Estándares para el estudio del sueño	7
2.1.5. Etapas del sueño	8
2.1.6. Complejos K y husos de sueño	8
2.1.7. Desplazamientos de los datos	11
2.2. Representaciones de tiempo-frecuencia	12
2.2.1. Transformada de Fourier de Tiempo Corto (STFT)	12
2.2.2. Transformada de Wavelet Continua (CWT)	13
2.2.3. Comparación entre STFT y CWT	14
2.2.4. Una transformación intermedia	15
2.3. Aprendizaje profundo	15
2.3.1. Redes neuronales artificiales	16
2.3.2. Entrenamiento por retropropagación del error	16
2.3.3. Técnicas para mejorar el gradiente	17
2.3.4. Técnicas para mejorar la generalización	17
2.3.5. Tipos de capas neuronales	17
2.4. Trabajos relacionados	20
2.4.1. Medición del desempeño	20
2.4.2. Métodos de detección de husos de sueño y complejos K	23
2.4.3. Limitaciones de los detectores existentes	25
2.4.4. Causalidad: Limitaciones fundamentales	27
3. Metodología	31

3.1.	Vista general del problema	31
3.2.	Evaluación del modelo	32
3.2.1.	Métricas de desempeño	32
3.2.2.	Bases de datos	34
3.2.3.	Partición de los datos para la evaluación	40
3.3.	Detector propuesto basado en aprendizaje profundo	41
3.3.1.	Vista global del método	41
3.3.2.	Preprocesamiento de señales	42
3.3.3.	Transformación de señales con wavelets	43
3.3.4.	Arquitectura del modelo secuencial profundo	44
3.3.5.	Entrenamiento del modelo	47
3.3.6.	Inferencia	50
3.3.7.	Postprocesamiento de detecciones	50
3.4.	Filtrado de señales con filtro finito	51
3.5.	Aumento de datos	52
3.5.1.	Ruido independiente	53
3.5.2.	Adición de ondas y anti-ondas	53
3.6.	Medición de parámetros de husos de sueño y complejos K	58
3.7.	Comparación con la literatura	58
3.8.	Código	59
4.	Resultados	61
4.1.	Efecto del aumento de datos	61
4.2.	Desempeño comparado con la literatura	62
4.2.1.	Desempeño general	62
4.2.2.	Ajuste de parámetros por evento	66
4.2.3.	Ajuste de parámetros por sujeto	68
4.2.4.	Desempeño por subconjuntos de parámetros	68
4.2.5.	Desempeño ante transferencia directa	71
4.3.	Acuerdo entre los modelos propuestos	74
4.4.	Desempeño ante perturbaciones y datos artificiales	75
4.4.1.	Perturbaciones de la entrada	75
4.4.2.	Detecciones en ruido rosado	77
4.4.3.	Desempeño en etiquetas artificiales	80
4.5.	Transferencia a sujetos nuevos	84
4.5.1.	Transferencia externa: Distinto criterio de anotación	84
4.5.2.	Transferencia interna: Mismo criterio de anotación	87
4.6.	Tendencias en datos sin etiquetas	89
4.6.1.	Caracterización de las detecciones	90
4.6.2.	Interpretación de la probabilidad predicha	94
5.	Discusión	99
5.1.	Diferencias entre REDv2-Time y REDv2-CWT	99
5.2.	Efectividad de la perturbación de la entrada durante el entrenamiento	99
5.3.	Desempeño de la detección	100
5.3.1.	Comparación del desempeño	100
5.3.2.	Métricas	101

5.3.3.	La importancia del procesamiento del contexto	101
5.3.4.	Efecto del desbalance de clases	102
5.4.	Validación extensa de REDv2	102
5.4.1.	Respuesta ante escenarios artificiales	102
5.4.2.	Transferencia del aprendizaje	104
5.4.3.	Requerimiento de datos	105
5.4.4.	Reproducción de tendencias demográficas en husos de sueño	107
5.4.5.	Interpretación de lo aprendido por REDv2	109
5.5.	Robustez frente a la variabilidad entre sujetos	109
6.	Conclusión	113
6.1.	Recomendaciones de investigación futura	114
	Bibliografía	117
	Anexos	125
A.	Generación de PINK	127
B.	Partición de datos en MASS-SS2	129
C.	Amplitud máxima por bandas	131
D.	Ejemplos de casos de detección	133
E.	Resultados complementarios	137