

# Tabla de Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Trabajos Previos . . . . .	2
1.3. Hipótesis . . . . .	3
1.4. Objetivos . . . . .	3
1.4.1. Objetivo General . . . . .	3
1.4.2. Objetivos Específicos . . . . .	3
1.5. Estructura de la Tesis . . . . .	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>4</b>
2.1. Regresión Simbólica . . . . .	4
2.1.1. Aprendizaje de Máquinas Interpretativo . . . . .	5
2.2. Modelos de Regresión Simbólica . . . . .	6
2.2.1. Programas Computacionales Tipo Árbol . . . . .	6
2.2.2. Algoritmos Evolutivos . . . . .	7
2.2.2.1. Algoritmos Genéticos (AG) y Regresión Simbólica . . . . .	8
2.2.3. Equation Learning Networks (EQL) . . . . .	10
2.2.3.1. Redes Neuronales (MLP) . . . . .	10
2.2.3.2. Equation Learning Networks . . . . .	11
2.2.4. Modelos Secuencia a Secuencia . . . . .	12
2.2.4.1. Redes Recurrentes . . . . .	13
2.2.4.2. Transformers . . . . .	15
2.2.4.3. Seq2Seq En Regresión Simbólica . . . . .	16
2.2.5. Deep Symbolic Regression (DSR) . . . . .	18
2.2.5.1. Aprendizaje Reforzado . . . . .	18
2.2.5.2. Tipos de Episodios . . . . .	18
2.2.5.3. Episodios Periódicos y Ecuaciones de Bellman . . . . .	19
2.2.5.4. Gradiente de la Política . . . . .	21
2.2.6. Teorema del Gradiente de la Política . . . . .	21
2.2.6.1. Aprendizaje Reforzado en Regresión simbólica . . . . .	22
2.2.7. AI Feynmann . . . . .	24
2.2.7.1. Análisis Dimensional . . . . .	25
2.2.7.2. Ajuste Polinomial . . . . .	25
2.2.7.3. Fuerza Bruta . . . . .	25
2.2.7.4. Uso de Redes Neuronales . . . . .	26
2.2.7.5. Transformaciones . . . . .	26

2.3.	Métricas . . . . .	27
2.4.	Regularización . . . . .	28
2.5.	Resumen . . . . .	28
<b>3.</b>	<b>Metodología Modelo SRNet</b>	<b>30</b>
3.1.	Uso de Redes Neuronales . . . . .	30
3.2.	Ideas Basales . . . . .	30
3.3.	Estructura de la Red Propuesta . . . . .	31
3.4.	Bloques de Funciones . . . . .	32
3.4.1.	Bloques de Selección . . . . .	33
3.4.2.	Transformación de Bloques a Ecuaciones Escritas . . . . .	34
3.4.3.	Obtención de Ecuaciones . . . . .	35
3.4.4.	Función de Potencia . . . . .	35
3.4.5.	Aproximación de Saito-Nakano . . . . .	35
3.4.6.	Aproximación de Potencia Propuesta . . . . .	36
3.4.7.	Inicialización de Pesos . . . . .	38
3.4.7.1.	Inicialización Pesos Función Potencia . . . . .	38
3.4.7.2.	Inicialización Pesos Función Exponencial . . . . .	39
3.4.7.3.	Inicialización de Pesos Función Seno . . . . .	40
3.4.8.	Cálculo de la Salida de Cada Capa . . . . .	41
3.4.9.	Generación de Redes . . . . .	42
3.5.	Regularización de Redes . . . . .	43
3.6.	Método de Entrenamiento . . . . .	44
3.6.1.	Problemas de dominio de expresiones generadas: . . . . .	46
3.7.	Algoritmo de Búsqueda Estructural (SS) . . . . .	47
3.7.1.	Parámetros Estructurales . . . . .	48
3.7.2.	Función Objetivo a Maximizar . . . . .	48
3.7.3.	Restricciones . . . . .	49
3.7.4.	Algoritmo de Búsqueda Estructural . . . . .	50
3.7.5.	Métricas . . . . .	51
3.7.6.	Modelos Para Comparar . . . . .	51
3.8.	Limitaciones del Método . . . . .	52
<b>4.</b>	<b>Resultados</b>	<b>54</b>
4.1.	Experimentos . . . . .	54
4.1.1.	Nguyen . . . . .	54
4.1.2.	Modelo de Baterías . . . . .	55
4.2.	Resultado . . . . .	55
4.2.1.	Nguyen . . . . .	56
4.2.1.1.	Búsqueda Estructural . . . . .	57
4.2.1.1.1.	Algoritmo de Búsqueda Estructural . . . . .	57
4.2.1.1.2.	Estructuras Correctas . . . . .	57
4.2.1.1.3.	Efecto de los Hiperparámetros del SSA . . . . .	60
4.2.1.1.4.	Estructuras Incorrectas . . . . .	62
4.2.1.2.	Ajuste de Parámetros . . . . .	64
4.2.1.2.1.	Ajuste de Expresiones a la Curva . . . . .	64

4.2.1.2.2	Diferencia entre Expresiones Generadas y Modelo de Red Entrenado . . . . .	66
4.2.1.3.	Curvas de Aprendizaje . . . . .	67
4.2.1.3.1	Curvas de Aprendizaje en Modelos con Estructura Correcta	68
4.2.1.3.2	Curvas de Aprendizaje en Modelos con Estructura Incorrecta	70
4.2.1.4.	Resultados Finalizado el Entrenamiento . . . . .	71
4.2.1.5.	Comparación con Métodos SOTA . . . . .	72
4.2.2.	Modelo de Baterías de Litio . . . . .	73
4.2.2.1.	Normalizando los Datos . . . . .	74
<b>5.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>76</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>79</b>
	<b>Anexos</b>	<b>83</b>
A.	Marco Teórico . . . . .	83
A.1.	Secuencia a Secuencia . . . . .	83
A.2.	Algoritmo AIFeynmann . . . . .	84
B.	Metodología . . . . .	85
B.1.	Función Objetivo SSA . . . . .	85
B.2.	Cálculo de Gradiente con Estructuras: . . . . .	86
C.	Resultados . . . . .	87
C.1.	Nguyen . . . . .	87
C.1.1.	Hiperparámetros . . . . .	87
C.1.2.	Resultados Comparativos . . . . .	88
C.2.	Modelo de Batería: . . . . .	90
C.2.1.	Búsqueda Estructural para Modelo de Baterías: . . . . .	91