



APÉNDICE

A.1 REPOSITORIO DE GITHUB

Se ha preparado el repositorio de GitHub “[Reconocimiento de símbolos matemáticos](#)” que complementa este trabajo¹. En él se puede encontrar la demo de una interfaz web que permite interactuar con el sistema de aprendizaje automático que mejores resultados produce. También se han añadido los datos y programas utilizados durante el proyecto, así como los archivos en los que se recogen los resultados obtenidos y el código para crear varias de las imágenes y tablas de este documento.

A.2 TABLA DE LOS SÍMBOLOS EQUIVALENTES

La tabla [A.1](#) contiene los grupos de símbolos equivalentes utilizados para definir la métrica [MER](#). Estos símbolos también se han utilizado para construir el menú desplegable en la demo, que permite visualizar las imágenes de los símbolos del mismo grupo.

A.3 TABLAS DE TODOS LOS SÍMBOLOS

Como referencia, se han añadido las tablas [A.2-A.10](#) que recogen los comandos de \LaTeX de los 369 símbolos de la base de datos utilizada. Estas tablas se han obtenido directamente del artículo que acompaña la base de datos HASY [7].

¹ Enlace: <https://github.com/BeBerasategi/Reconocimiento-simbolos-matematicos>.

Tabla A.1: Grupos de símbolos equivalentes, que son imposibles o muy difíciles de distinguir cuando se escriben a mano. Se han considerado para construir la función MER.

i	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4
0	$\backslash 0 \emptyset$	$\backslash o \emptyset$	$\backslash emptyset \emptyset$	$\backslash diameter \emptyset$
1	$\backslash fullmoon \bigcirc$	$\backslash circ \circ$	o	$\backslash degree ^\circ$
2	c	C	$\backslash subset \subset$	$\backslash mathcal{C} \mathcal{C}$
3	$\backslash epsilon \epsilon$	$\backslash varepsilon \varepsilon$	$\backslash in \in$	$\backslash mathcal{E} \mathcal{E}$
4	$\backslash prod \prod$	$\backslash Pi \Pi$	$\backslash sqcap \sqcap$	
5	$\backslash triangle \triangle$	$\backslash Delta \Delta$	$\backslash vartriangle \triangle$	
6	$\backslash shortrightarrow \rightarrow$	$\backslash rightarrow \rightarrow$	$\backslash longrightarrow \longrightarrow$	
7	$\backslash mathcal{D} \mathcal{D}$	D	$\backslash mathscr{D} \mathcal{D}$	
8	$\backslash mathcal{N} \mathcal{N}$	N	$\backslash mathscr{N} \mathcal{N}$	
9	$\backslash mathcal{R} \mathcal{R}$	R	$\backslash mathscr{R} \mathcal{R}$	
10	$\backslash mathcal{O} \mathcal{O}$	O	0	
11	$\backslash mathcal{S} \mathcal{S}$	S	s	
12	$\backslash mathcal{Z} \mathcal{Z}$	Z	z	
13	v	V	$\backslash vee \vee$	
14	x	X	$\backslash times \times$	
15	$\backslash coprod \coprod$	$\backslash amalg \amalg$	$\backslash sqcup \sqcup$	
16	$\backslash diamond \diamond$	$\backslash diamondsuit \blacklozenge$	$\backslash lozenge \lozenge$	
17	$\backslash varpropto \propto$	$\backslash propto \propto$	$\backslash alpha \alpha$	
18	$\backslash checked \checkmark$	$\backslash checkmark \checkmark$		
19	$\backslash Longrightarrow \Longrightarrow$	$\backslash Rightarrow \Rightarrow$		
20	$\backslash backslash \backslash$	$\backslash setminus \setminus$		
21	$\backslash with \&$	$\backslash \& \&$		
22	$\backslash triangledown \nabla$	$\backslash nabla \nabla$		
23	$\backslash longmapsto \mapsto$	$\backslash mapsto \mapsto$		
24	$\backslash dotsc \dots$	$\backslash dots \dots$		
25	$\backslash mathsection \S$	$\backslash S \S$		
26	$\backslash vDash \vDash$	$\backslash models \models$		
27	T	$\backslash top \top$		
28	$\backslash mathbb{R} \mathbb{R}$	$\backslash mathds{R} \mathbb{R}$		
29	$\backslash mathbb{Q} \mathbb{Q}$	$\backslash mathds{Q} \mathbb{Q}$		
30	$\backslash mathbb{N} \mathbb{N}$	$\backslash mathds{N} \mathbb{N}$		
31	$\backslash mathbb{Z} \mathbb{Z}$	$\backslash mathds{Z} \mathbb{Z}$		
32	$\backslash oiint \oiint$	$\backslash varoiint \varoiint$		
33	$\backslash lhd \triangleleft$	$\backslash triangleleft \triangleleft$		
34	$\backslash sum \Sigma$	$\backslash Sigma \Sigma$		
35	$\backslash mathcal{B} \mathcal{B}$	B		

<i>i</i>	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3	Elemento 4
36	<code>\mathcal{H}</code> \mathcal{H}	H		
37	<code>\mathcal{M}</code> \mathcal{M}	M		
38	<code>\mathcal{P}</code> \mathcal{P}	P		
39	<code>\bot</code> \perp	<code>\perp</code> \perp		
40	<code>\parallel</code> \parallel	<code>\parallel</code> \parallel		
41	<code>\sharp</code> \sharp	#		
42	<code>\mathcal{A}</code> \mathcal{A}	<code>\mathscr{A}</code> \mathscr{A}		
43	<code>\Lambda</code> Λ	<code>\wedge</code> \wedge		
44	<code>\Leftrightarrow</code> \Leftrightarrow	<code>\Longleftrightarrow</code> \Longleftrightarrow		
45	<code>\mathds{1}</code> $\mathbb{1}$	<code>\mathbb{1}</code> $\mathbb{1}$		
46	<code>\mathscr{L}</code> \mathscr{L}	<code>\mathcal{L}</code> \mathcal{L}		
47	<code>\rho</code> ρ	<code>\varrho</code> ϱ		
48	<code>\odot</code> \odot	<code>\astrosun</code> \odot		
49	<code>\cdot</code> \cdot	<code>\bullet</code> \bullet		
50	<code>\chi</code> χ	<code>\mathcal{X}</code> \mathcal{X}		
51	<code>\beta</code> β	<code>\text{\ss}</code> \ss		
52	<code>\male</code> $\♂$	<code>\mars</code> $\♂$		
53	<code>\female</code> $\♀$	<code>\venus</code> $\♀$		
54	<code>\bowtie</code> \bowtie	<code>\Bowtie</code> \bowtie		
55	<code>\mathcal{T}</code> \mathcal{T}	<code>\tau</code> τ		
56	<code>\ohm</code> Ω	<code>\Omega</code> Ω		
57	<code>\mid</code> $ $			

Tabla A.2: 112 símbolos de HASY.

L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo
\&	&	\nmid	⊥
\Im	ℑ	\nvDash	⊈
\Re	ℜ	\int	∫
\S	§	\fint	∫
\Vdash	⊥	\odot	⊙
\aleph	ℵ	\oiint	∬
\amalg	∪	\oint	∮
\angle	∠	\varoiint	∬
\ast	*	\ominus	⊖
\asymp	≈	\oplus	⊕
\backslash	\	\otimes	⊗
\between	∕	\parallel	∥
\blacksquare	■	\parr	⌘
\blacktriangleright	▶	\partial	∂
\bot	⊥	\perp	⊥
\bowtie	⋈	\pitchfork	⋈
\boxdot	⊠	\pm	±
\boxplus	⊞	\prime	'
\boxtimes	⊠	\prod	∏
\bullet	•	\propto	∝
\checkmark	✓	\rangle	⟩
\circ	○	\rceil	⌈
\circledR	®	\rfloor	⌋
\circledast	⊛	\rrbracket	⌋
\circledcirc	⊙	\rtimes	⋈
\clubsuit	♣	\sharp	♯
\coprod	∏	\sphericalangle	∠
\copyright	©	\sqcap	⊔
\dag	†	\sqcup	⊔
\dashv	⊥	\sqrt{}	√
\diamond	◇	\square	□
\diamondsuit	♠	\star	*
\div	÷	\sum	∑
\ell	ℓ	\times	×
\flat	♭	\top	⊤
\frown	⋀	\triangle	△
\guillemotleft	«	\triangledown	▽

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\hbar</code>	\hbar	<code>\triangleleft</code>	\triangleleft
<code>\heartsuit</code>	\heartsuit	<code>\trianglelefteq</code>	\trianglelefteq
<code>\infty</code>	∞	<code>\triangleq</code>	\triangleq
<code>\langle</code>	\langle	<code>\triangleright</code>	\triangleright
<code>\lceil</code>	\lceil	<code>\uplus</code>	\uplus
<code>\lfloor</code>	\lfloor	<code>\vDash</code>	\vDash
<code>\lhd</code>	\lhd	<code>\varnothing</code>	\varnothing
<code>\lightning</code>	\lightning	<code>\varpropto</code>	\varpropto
<code>\llbracket</code>	\llbracket	<code>\vartriangle</code>	\vartriangle
<code>\lozenge</code>	\lozenge	<code>\vdash</code>	\vdash
<code>\ltimes</code>	\ltimes	<code>\with</code>	$\&$
<code>\mathds{1}</code>	$\mathds{1}$	<code>\wp</code>	\wp
<code>\mathsection</code>	\mathsection	<code>\wr</code>	\wr
<code>\mid</code>	\mid	<code>\{</code>	$\{$
<code>\models</code>	\models	<code>\ </code>	$\ $
<code>\mp</code>	\mp	<code>\}</code>	$\}$
<code>\multimap</code>	\multimap	<code>\vee</code>	\vee
<code>\nabla</code>	∇	<code>\wedge</code>	\wedge
<code>\neg</code>	\neg	<code>\barwedge</code>	\barwedge

Tabla A.3: 18 símbolos de HASY relacionados con conjuntos.

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\cup</code>	\cup	<code>\varsubsetneq</code>	\varsubsetneq	<code>\exists</code>	\exists
<code>\cap</code>	\cap	<code>\nsubseteq</code>	\nsubseteq	<code>\nexists</code>	\nexists
<code>\emptyset</code>	\emptyset	<code>\sqsubseteq</code>	\sqsubseteq	<code>\forall</code>	\forall
<code>\setminus</code>	\setminus	<code>\subseteq</code>	\subseteq	<code>\in</code>	\in
<code>\supset</code>	\supset	<code>\subsetneq</code>	\subsetneq	<code>\ni</code>	\ni
<code>\subset</code>	\subset	<code>\supseteq</code>	\supseteq	<code>\notin</code>	\notin

Tabla A.4: 72 símbolos ASCII de HASY, incluyendo los diez dígitos, el abecedario latino tanto en minúsculas como en mayúsculas, y otros cuantos símbolos.

L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo
\#	#	A	<i>A</i>	S	<i>S</i>	i	<i>i</i>
\\$	\$	B	<i>B</i>	T	<i>T</i>	j	<i>j</i>
\%	%	C	<i>C</i>	U	<i>U</i>	k	<i>k</i>
+	+	D	<i>D</i>	V	<i>V</i>	l	<i>l</i>
-	-	E	<i>E</i>	W	<i>W</i>	m	<i>m</i>
/	/	F	<i>F</i>	X	<i>X</i>	n	<i>n</i>
0	0	G	<i>G</i>	Y	<i>Y</i>	o	<i>o</i>
1	1	H	<i>H</i>	Z	<i>Z</i>	p	<i>p</i>
2	2	I	<i>I</i>	[[q	<i>q</i>
3	3	J	<i>J</i>]]	r	<i>r</i>
4	4	K	<i>K</i>	a	<i>a</i>	s	<i>s</i>
5	5	L	<i>L</i>	b	<i>b</i>	u	<i>u</i>
6	6	M	<i>M</i>	c	<i>c</i>	v	<i>v</i>
7	7	N	<i>N</i>	d	<i>d</i>	w	<i>w</i>
8	8	O	<i>O</i>	e	<i>e</i>	x	<i>x</i>
9	9	P	<i>P</i>	f	<i>f</i>	y	<i>y</i>
<	<	Q	<i>Q</i>	g	<i>g</i>	z	<i>z</i>
>	>	R	<i>R</i>	h	<i>h</i>		

Tabla A.5: 21 símbolos de HASY que indican una relación.

L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo	L ^A T _E X	Símbolo
\approx	≈	\geqslant	≥	\lesssim	≈
\doteq	≐	\neq	≠	\backsim	≈
\simeq	≈	\not\equiv	≠	\sim	≈
\equiv	≡	\preccurlyeq	⋪	\succ	⋻
\geq	≥	\preceq	⋬	\prec	⋭
\leq	≤	\succeq	⋮	\gtrless	≈
\leqslant	≤	\gtrsim	≈	\cong	≅

Tabla A.6: 32 símbolos de flechas de HASY.

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\Downarrow</code>	\Downarrow	<code>\nrightarrow</code>	\nrightarrow
<code>\Leftarrow</code>	\Leftarrow	<code>\rightarrow</code>	\rightarrow
<code>\Leftrightarrow</code>	\Leftrightarrow	<code>\rightleftarrows</code>	\rightleftarrows
<code>\Longleftarrow</code>	\Longleftarrow	<code>\rightrightarrows</code>	\rightrightarrows
<code>\Longrightarrow</code>	\Longrightarrow	<code>\rightsquigarrow</code>	\rightsquigarrow
<code>\Rrightarrow</code>	\Rrightarrow	<code>\searrow</code>	\searrow
<code>\circlearrowleft</code>	\circlearrowleft	<code>\shortrightarrow</code>	\rightarrow
<code>\circlearrowright</code>	\circlearrowright	<code>\twoheadrightarrow</code>	\twoheadrightarrow
<code>\curvearrowright</code>	\curvearrowright	<code>\uparrow</code>	\uparrow
<code>\downarrow</code>	\downarrow	<code>\rightharpoonup</code>	\rightharpoonup
<code>\hookrightarrow</code>	\hookrightarrow	<code>\rightleftharpoons</code>	\rightleftharpoons
<code>\leftarrow</code>	\leftarrow	<code>\longmapsto</code>	\longmapsto
<code>\leftrightharrow</code>	\leftrightharrow	<code>\mapsfrom</code>	\leftarrow
<code>\longrightarrow</code>	\longrightarrow	<code>\mapsto</code>	\mapsto
<code>\nrightarrow</code>	\nrightarrow	<code>\leadsto</code>	\leadsto
<code>\nearrow</code>	\nearrow	<code>\upharpoonright</code>	\upharpoonright

Tabla A.7: Todas las letras griegas, y alguna variante. 38 de ellas están en esta tabla, el resto son idénticas a las letras latinas.

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\alpha</code>	α	<code>\xi</code>	ξ	<code>\Xi</code>	Ξ
<code>\beta</code>	β	<code>\pi</code>	π	<code>\Pi</code>	Π
<code>\gamma</code>	γ	<code>\rho</code>	ρ	<code>\Sigma</code>	Σ
<code>\delta</code>	δ	<code>\sigma</code>	σ	<code>\Phi</code>	Φ
<code>\epsilon</code>	ϵ	<code>\tau</code>	τ	<code>\Psi</code>	Ψ
<code>\zeta</code>	ζ	<code>\phi</code>	ϕ	<code>\Omega</code>	Ω
<code>\eta</code>	η	<code>\chi</code>	χ	<code>\varepsilon</code>	ε
<code>\theta</code>	θ	<code>\psi</code>	ψ	<code>\varkappa</code>	\varkappa
<code>\iota</code>	ι	<code>\omega</code>	ω	<code>\varpi</code>	ϖ
<code>\kappa</code>	κ	<code>\Gamma</code>	Γ	<code>\varrho</code>	ϱ
<code>\lambda</code>	λ	<code>\Delta</code>	Δ	<code>\varphi</code>	φ
<code>\mu</code>	μ	<code>\Theta</code>	Θ	<code>\vartheta</code>	ϑ
<code>\nu</code>	ν	<code>\Lambda</code>	Λ		

Tabla A.8: 44 variantes de las letras latinas en HASY.

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\mathcal{A}</code>	\mathcal{A}	<code>\mathcal{T}</code>	\mathcal{T}	<code>\mathds{Z}</code>	\mathbb{Z}
<code>\mathcal{B}</code>	\mathcal{B}	<code>\mathcal{U}</code>	\mathcal{U}	<code>\mathfrak{A}</code>	\mathfrak{A}
<code>\mathcal{C}</code>	\mathcal{C}	<code>\mathcal{X}</code>	\mathcal{X}	<code>\mathfrak{M}</code>	\mathfrak{M}
<code>\mathcal{D}</code>	\mathcal{D}	<code>\mathcal{Z}</code>	\mathcal{Z}	<code>\mathfrak{S}</code>	\mathfrak{S}
<code>\mathcal{E}</code>	\mathcal{E}	<code>\mathbb{H}</code>	\mathbb{H}	<code>\mathfrak{X}</code>	\mathfrak{X}
<code>\mathcal{F}</code>	\mathcal{F}	<code>\mathbb{N}</code>	\mathbb{N}	<code>\mathscr{A}</code>	\mathscr{A}
<code>\mathcal{G}</code>	\mathcal{G}	<code>\mathbb{Q}</code>	\mathbb{Q}	<code>\mathscr{C}</code>	\mathscr{C}
<code>\mathcal{H}</code>	\mathcal{H}	<code>\mathbb{R}</code>	\mathbb{R}	<code>\mathscr{D}</code>	\mathscr{D}
<code>\mathcal{L}</code>	\mathcal{L}	<code>\mathbb{Z}</code>	\mathbb{Z}	<code>\mathscr{E}</code>	\mathscr{E}
<code>\mathcal{M}</code>	\mathcal{M}	<code>\mathds{C}</code>	\mathbb{C}	<code>\mathscr{F}</code>	\mathscr{F}
<code>\mathcal{N}</code>	\mathcal{N}	<code>\mathds{E}</code>	\mathbb{E}	<code>\mathscr{H}</code>	\mathscr{H}
<code>\mathcal{O}</code>	\mathcal{O}	<code>\mathds{N}</code>	\mathbb{N}	<code>\mathscr{L}</code>	\mathscr{L}
<code>\mathcal{P}</code>	\mathcal{P}	<code>\mathds{P}</code>	\mathbb{P}	<code>\mathscr{P}</code>	\mathscr{P}
<code>\mathcal{R}</code>	\mathcal{R}	<code>\mathds{Q}</code>	\mathbb{Q}	<code>\mathscr{S}</code>	\mathscr{S}
<code>\mathcal{S}</code>	\mathcal{S}	<code>\mathds{R}</code>	\mathbb{R}		

Tabla A.9: 7 símbolos que contienen solo puntos en HASY.

\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo	\LaTeX	Símbolo
<code>\therefore</code>	\therefore	<code>\cdot</code>	\cdot	<code>\dots</code>	\dots
<code>\because</code>	\because	<code>\vdots</code>	\vdots	<code>\ddots</code>	\ddots
<code>\dotsc</code>	\dotsc				

Tabla A.10: 25 símbolos de HASY.

\LaTeX	S	\LaTeX	S	\LaTeX	S	\LaTeX	S	\LaTeX	S
<code>\AA</code>	Å	<code>\L</code>	Ł	<code>\male</code>	♂	<code>\ohm</code>	Ω	<code>\sun</code>	☀
<code>\AE</code>	Æ	<code>\O</code>	Ø	<code>\mars</code>	♂	<code>\fullmoon</code>	◯	<code>\degree</code>	°
<code>\aa</code>	å	<code>\o</code>	ø	<code>\female</code>	♀	<code>\leftmoon</code>	☾	<code>\iddots</code>	⋯
<code>\ae</code>	æ	<code>\Bowtie</code>	⊞	<code>\venus</code>	♀	<code>\checked</code>	✓	<code>\diameter</code>	∅
<code>\ss</code>	ß	<code>\celsius</code>	°C	<code>\astrosun</code>	☉	<code>\pounds</code>	£	<code>\mathbb{1}</code>	ℙ