

SAC – Especificación Forense (Fuente LaTeX)

```
\documentclass[11pt,a4paper]{article}
\usepackage[utf8]{inputenc}\usepackage[T1]{fontenc}\usepackage[spanish,es-nodecimaldot]{babel}
\usepackage{lmodern}\usepackage{geometry}\geometry{margin=2.2cm}
\usepackage{setspace}\onehalfspacing\usepackage{amsmath,amssymb,mathtools,bm}
\usepackage{siunitx}\usepackage{microtype}\usepackage{hyperref}\usepackage{enumitem}
\title{\textbf{SAC: Especificación Matemática Forense}\large Interfaz personal TMRCU con
falsabilidad y control seguro}
\author{Proyecto TMRCU / MSL}\date{\today}
\newcommand{\Sig}{\Sigma}\newcommand{\Chi}{\chi}\newcommand{\1}{\mathbf{1}}
\begin{document}\maketitle
\section*{Resumen} Esqueleto forense del SAC: estado latente multiescala, gemelo digital, inferencia
bayesiana en línea y control predictivo robusto (MPC) con CVaR y barreras de seguridad.
Predicciones y pruebas preregistradas.
\section{Estado, acción, observación}  $\mathbf{x}_{t+1}=$ 
 $\mathbf{f}(\mathbf{x}_t, \mathbf{u}_t; \bm{\theta}) + \mathbf{w}_t$ ,
 $\mathbf{y}_t = \mathbf{h}(\mathbf{x}_t; \bm{\theta}) + \mathbf{v}_t$ . Estado incluye
 $\mathbf{a}, R_s, R_n, I, \rho_{\text{sen}}, M, \text{Sig}_g$ ; acciones: estímulos no invasivos y rutinas
seguras; sensores: EEG/ECG/PPG/resp/actigrafía.
\section{Cierre TMRCU}  $\mathbf{a}_{t+1} = \mathbf{a}_t + \Delta$ 
 $[-\mathbf{L}D\mathbf{a}_t - \eta\mathbf{a}_t - \beta\nabla_{\mathbf{a}}V(\mathbf{a}_t) + \alpha_{\text{sn}}R_s + \alpha_{\text{nn}}R_n - \lambda_I I]$ ; dinámicas para  $R_s, R_n, I, \rho_{\text{sen}}, M$ 
acopladas.
\section{Inferencia} Filtro no lineal (UKF/EnKF/partículas) para  $p(\mathbf{x}_t | \mathbf{y}_{1:t})$ 
adaptación de parámetros con EM/SGD bayesiano.
\section{MPC con seguridad} Envolvente saludable  $\mathcal{C}$  y costo  $J_t = \mathbb{E}[\sum(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}^{\star}\|^2_{\mathbf{Q}_c} + \|\mathbf{u}\|^2_{\mathbf{U}_c} + \lambda_{\text{env}}\mathbf{1}_{\mathbf{x} \notin \mathcal{C}})]$  con riesgo CVaR. Barrera  $B(\mathbf{x})$ 
garantiza  $B(\mathbf{x}_{t+1}) - B(\mathbf{x}_t) \geq -\kappa_B B(\mathbf{x}_t)$ .
\section{Estabilidad} Lyapunov práctico:  $\mathbb{E}[\Delta V] \leq -\delta\|\mathbf{x} - \mathbf{x}^{\star}\|^2 + c\|\mathbf{w}\|^2$ .
\section{Falsabilidad} Pruebas preregistradas:  $\Delta R_n \geq 0.06 \pm 0.02$  (10 Hz, 8 min);  $\Delta I \leq -0.03 \pm 0.02$  y  $\Delta \angle \text{Sig}_c \angle \geq 0.02 \pm 0.02$  (24--48 h); robustez  $\mathbb{P}(\mathbf{x} \in \mathcal{C}) \geq 0.9$  por 30 días. Refutación si no se alcanzan a  $\alpha=0.01$  y
potencia  $\geq 0.9$ .
\section{Privacidad y failsafe} Fusión \emph{on-device}; límites duros en  $\mathcal{C}$ 
 $\mathbf{U}_{\text{safe}}$ ; congelar control si deriva del modelo o error fuera de banda.
\section{Bucle} \texttt{loop: }  $\mathbf{y}_t \rightarrow \text{filtro} \rightarrow \text{MPC} \rightarrow \text{aplicar } \mathbf{u} \rightarrow \text{adaptar parámetros} \rightarrow \text{loggear}$ 
\end{document}
```