

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}  $\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_t, \mathbf{u}_t; \theta) + \mathbf{w}_t$ ,  $\mathbf{y}_t = \mathbf{h}(\mathbf{x}_t; \theta) + \mathbf{v}_t$ . Estado incluye  $\mathbf{a}, R_s, R_n, I, \rho_{sen}, M, \mathbf{S}$ ; acciones: estímulos no invasivos y rutinas seguras; sensores: EEG/ECG/PPG/resp/actigrafía.
\section{Cierre TMRCU}  $\mathbf{a}_{t+1} = \mathbf{a}_t + \Delta t[-\mathbf{L}D\mathbf{a}_t - \eta \mathbf{a}_t - \beta \nabla \mathbf{a} V(\mathbf{a}_t) + \alpha_{sn} R_s + \alpha_{nn} R_n - \lambda_I I]$ ; dinámicas para  $R_s, R_n, I, \rho_{sen}, M$  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  $J_t = \mathbb{E}[\sum(\|\mathbf{x} - \mathbf{x}^*\|^2_Q + \|\mathbf{u}\|^2_R)]$  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:  $\mathbb{E}[\Delta V] \leq -\delta \|\mathbf{x} - \mathbf{x}^*\|^2 + c \|\mathbf{w}\|^2$ .
\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  $\langle \mathbf{S} \rangle \geq +0.02 \pm 0.02$  (24--48 h); robustez  $P(\mathbf{x} \in \mathcal{C}) \geq 0.9$  por 30 días. Refutación si no se alcanzan a  $\alpha=0.01$  y potencia  $\geq 0.9$ .
\section{Privacidad y failsafe} Fusión on-device; límites duros en  $\mathcal{U}_{safe}$ ; congelar control si deriva del modelo o error fuera de banda.
\section{Bucle} \texttt{loop: y\_t -> filtro -> MPC -> aplicar u -> adaptar parámetros -> loggear}
\end{document}
```