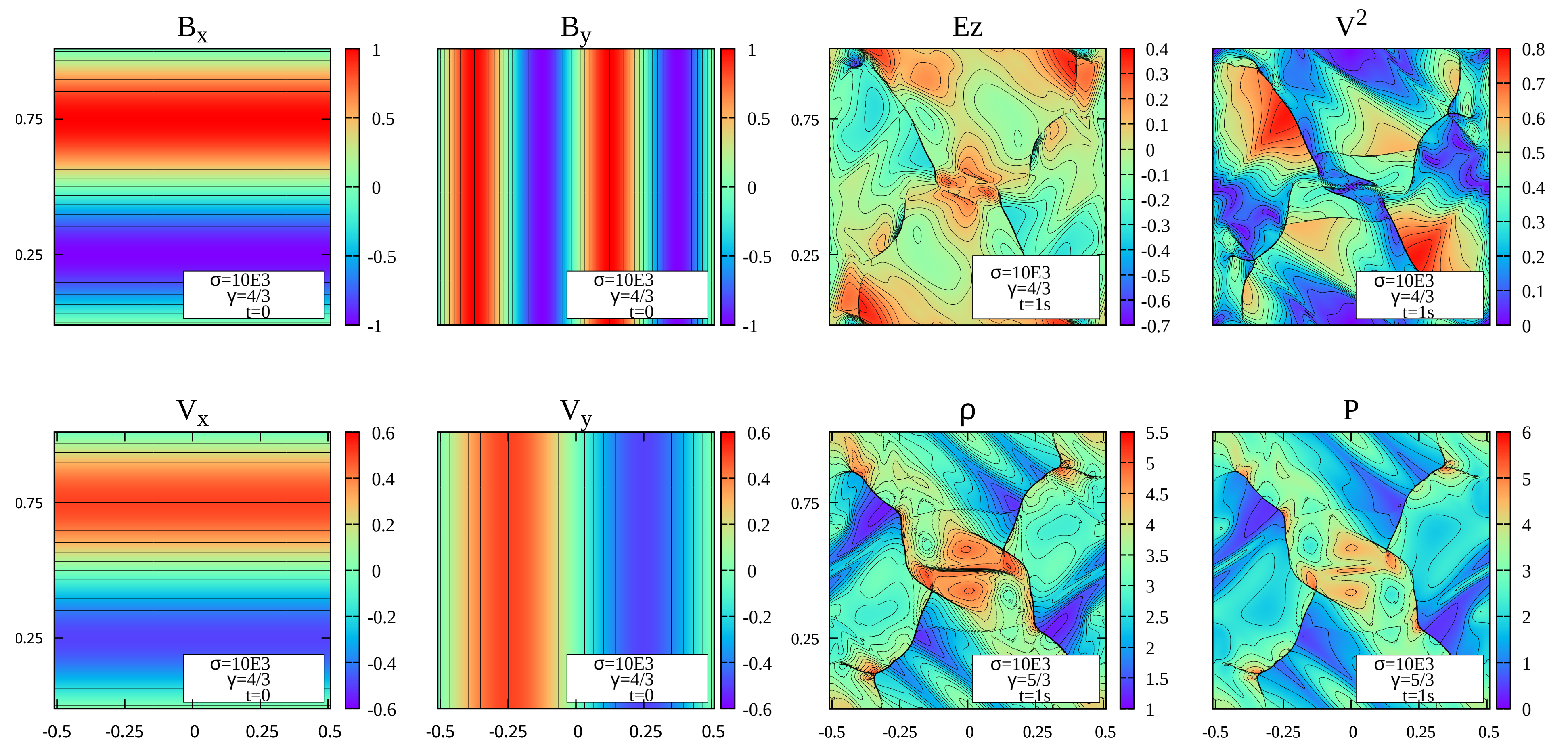


RESUMEN

La turbulencia, común en sistemas astrofísicos como la atmósfera solar y el medio interestelar, genera patrones caóticos debido a interacciones no lineales, produciendo efectos de choques y disipación.[4]. Este trabajo estudia el vórtice de Orszag-Tang (OT) en el marco de la Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista (RRMHD), un conocido test numérico usado para evaluar simulaciones de flujos turbulentos.[7] [9].

El estudio del vórtice OT se llevó a cabo a partir de simulaciones numéricas con ayuda del código CUEVA [5], este implementa métodos numéricos específicos para RRMHD como son los integradores temporales IMEX [8] y MIRK [2]. CUEVA se basa en una formulación de las ecuaciones de RRMHD, en la cual los flujos numéricos en las interfaces de las celdas se calculan utilizando los resolvers aproximados de Riemann [1][3][6], mientras que en la reconstrucción de las variables conservadas utiliza esquemas de preservación de monotonía MP5, MP7 y MP9. La recuperación entre variables conservadas a primitivas se realiza a partir de los métodos numéricos de Cardano-Ferrari o Newton-Raphson.

EXPERIMENTOS NUMÉRICOS



Setup inicial OT Para desencadenar el comportamiento turbulento disponemos de un perfil inicial dado por un vortice de velocidades y campo magnético junto con los siguientes parámetros [11]:

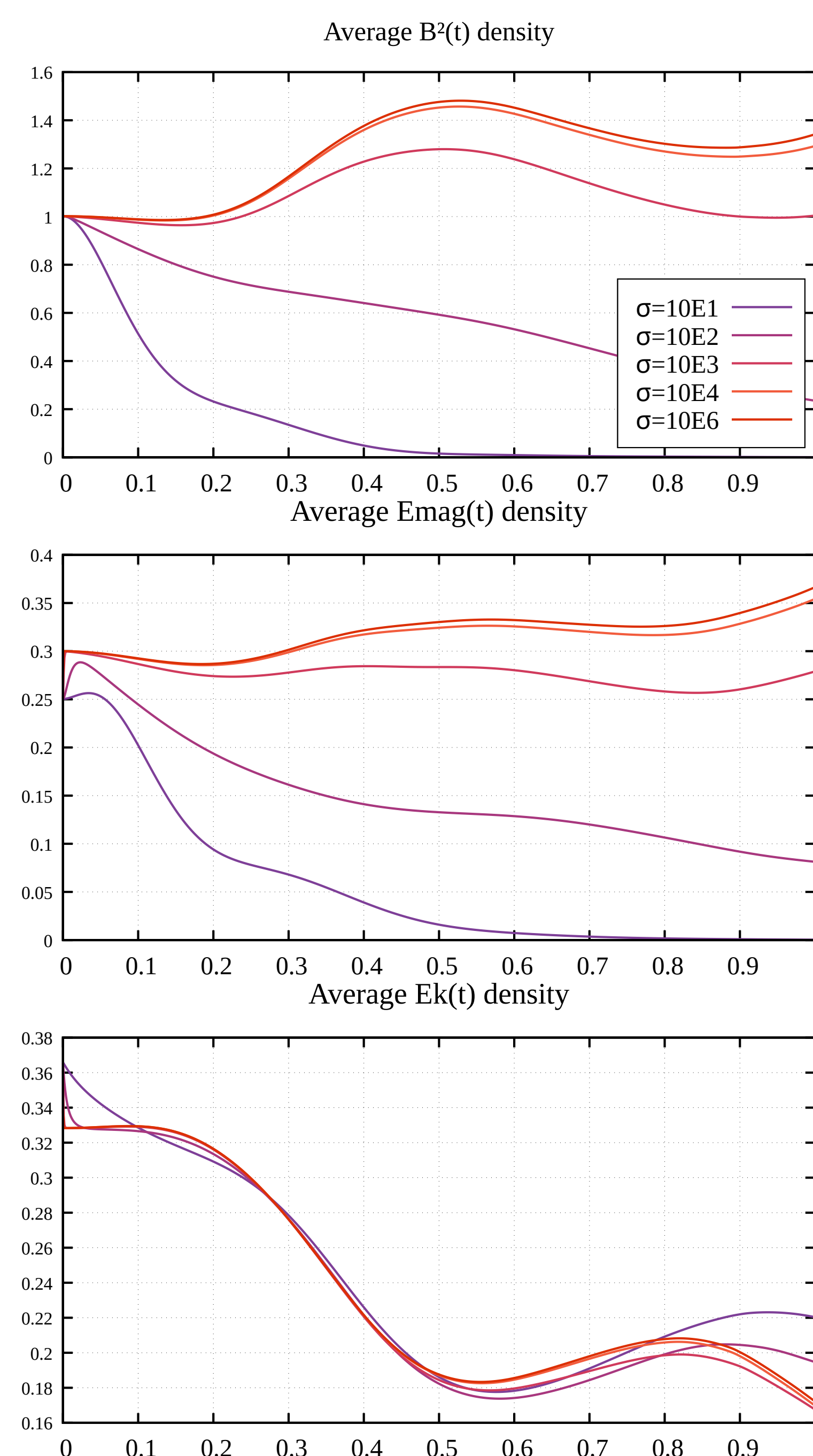
$$\begin{aligned} B_{0x} &= -\sin(2\pi y), & V_0 &= 1/2, \\ B_{0y} &= \sin(4\pi x), & p &= \gamma, \\ v_{0x} &= -v_0 \sin(2\pi y), & \rho &= \gamma^2, \\ v_{0y} &= v_0 \sin(2\pi x), & E_0 &= 0. \end{aligned}$$

ECUACIONES DE LA RRMHD

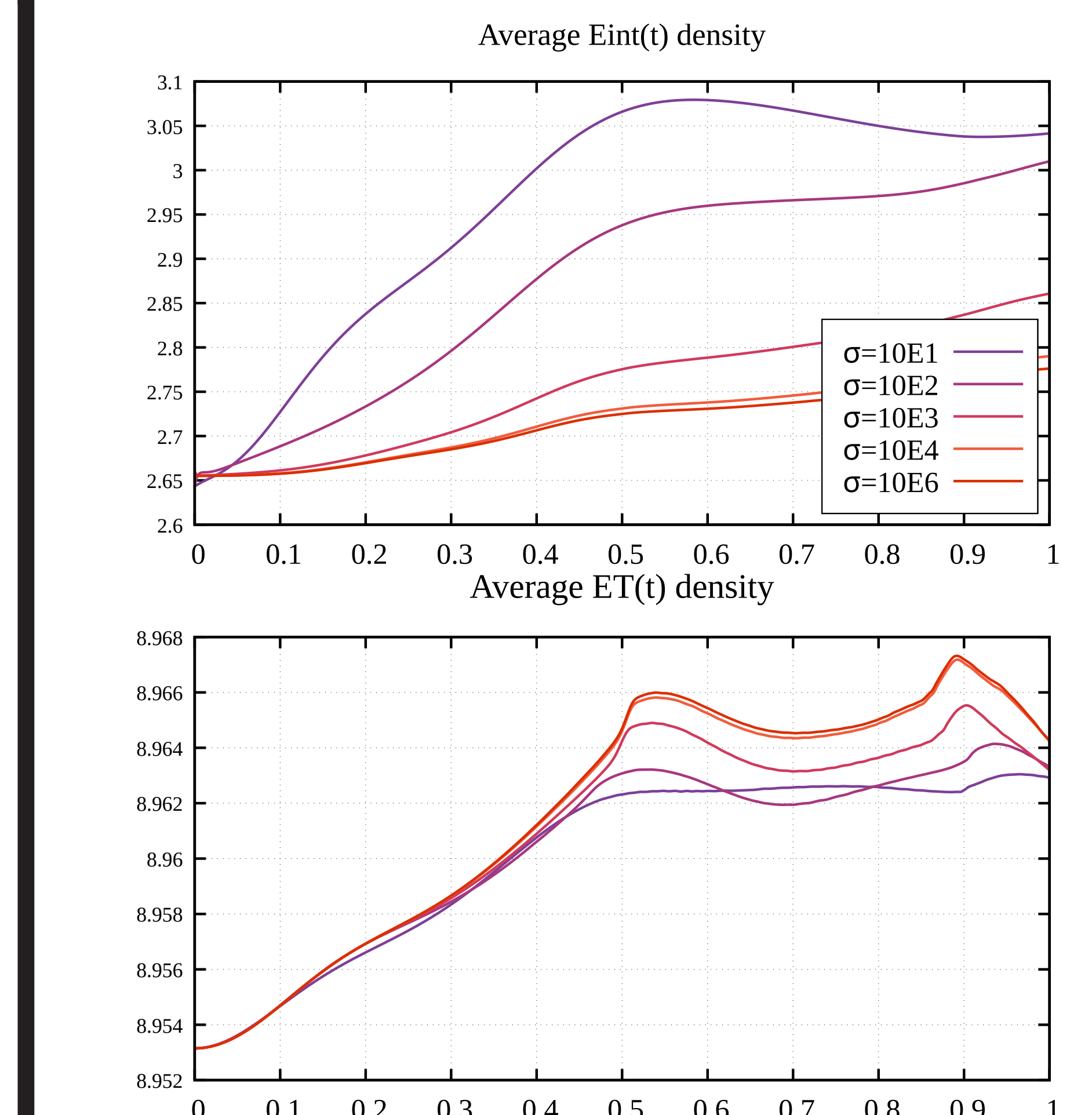
$$\begin{aligned} \partial_t \psi &= -\nabla \cdot \mathbf{E} + q - \kappa \psi \\ \partial_t \phi &= -\nabla \cdot \mathbf{B} - \kappa \phi \\ \partial_t \mathbf{E} &= \nabla \times \mathbf{B} - \nabla \psi - \mathbf{J} \\ \partial_t \mathbf{B} &= -\nabla \times \mathbf{E} - \nabla \phi \\ \partial_t q &= -\nabla \cdot \mathbf{J} \\ \partial_t D &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_D \\ \partial_t \mathcal{E} &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_\mathcal{E} \\ \partial_t \mathbf{S} &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_\mathbf{S} \end{aligned}$$

Para este trabajo, se uso el sistema aumentado de las ecuaciones de Maxwell [10], el cual reduce los errores de inestabilidad en los códigos de MHD

COMPONENTES ENERGÉTICAS



Gracias al modelo utilizado se hallan incrementos en ciertas densidades que corresponden a conversiones energéticas que no se darían en el caso ideal. También debido a la naturaleza resistiva se aprecia claramente la conversión a energía interna, sobre todo para bajas conductividades.



REFERENCIAS

- [1] Alic, D., et al., 2007, PR D, 76, 104007
- [2] Aloy, M.Á., Cordero-Carrión, I., 2015, JP Conf. Series, 719,
- [3] Harten, A., et al., 1983, SIAM, 25, 35
- [4] Kayanikhoo, F., et al., 2023, MNRAS, 527, 10151
- [5] Miranda S., et al., 2014, IAUS, 302, 64
- [6] Miranda S., et al., 2018, MNRAS, 476, 3837
- [7] Orszag, S., Tang, C., 1979, JFM, 90, 129
- [8] Palenzuela, C., et al., 2009, MNRAS, 394, 1727
- [9] Snow B., et al., 2021, Exp.R 2, 2, e35
- [10] Dedner, A., et al., 2002, JCP, 175, 645
- [11] Núñez, J., Munz, C., 2016, MNRAS, 460, 535

CONCLUSIONES

Con base en las gráficas de densidad promedio se observa el comportamiento del sistema a diferentes grados de difusión magnética; Las integrales de campo y energía magnética disminuyen, acompañados por una conversión a energía cinética probablemente debida a un proceso de reconexión. Finalmente, se ve que E_{Total} es conservada en buena medida, pues $E_{residuo} = E_{Total}(t) - E_{Total}(0)$ alcanza un máximo de 0,016.