

[<Volver>](#)

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE PEQUEÑA SEÑAL  
EN LA INTERACCIÓN DE LOS CONVERTIDORES  
HVDC-MMC CONECTADOS A UN SISTEMA DE  
POTENCIA.**

**SANTIAGO NOREÑA ARROYAVE**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2023**

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE PEQUEÑA SEÑAL  
EN LA INTERACCIÓN DE LOS CONVERTIDORES  
HVDC-MMC CONECTADOS A UN SISTEMA DE  
POTENCIA.**

**SANTIAGO NOREÑA ARROYAVE**

**ASESORES**

**CARLOS DAVID ZULUAGA RÍOS  
SANTIAGO BUSTAMANTE MESA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN**

**2023**

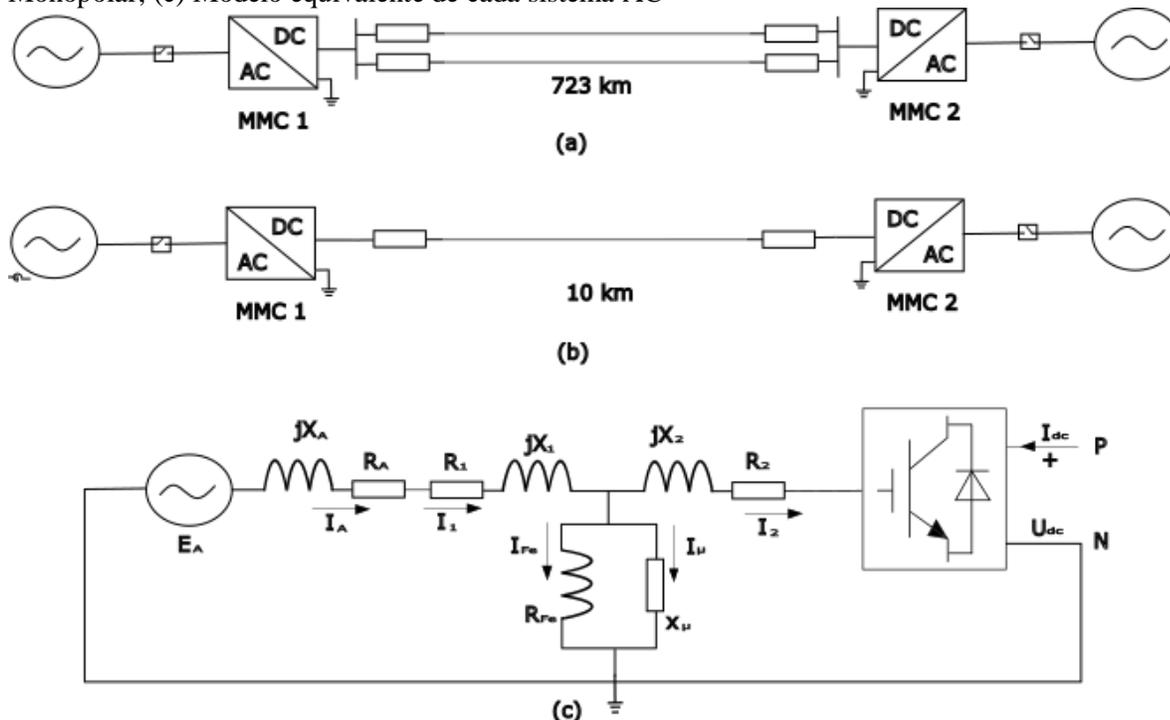
## RESUMEN EJECUTIVO

La creciente necesidad de abordar el cambio climático y mejorar la eficiencia energética en el marco de la transición energética, se presentan diferentes desafíos en la integración de fuentes no convencionales de energía renovable como los convertidores MMC-HVDC, la falta de análisis sobre la estabilidad de pequeña señal de estos convertidores y su interacción con el sistema de potencia genera incertidumbre y constituye una barrera sustancial para su efectiva implementación.

Este estudio presenta una solución mediante simulaciones detalladas en DIgSILENT, las cuales se enfocan en la integración eficiente de un enlace MMC-HVDC en un entorno realista, ajustado a las condiciones nominales de la propuesta tres del proyecto colectora dos en la guajira planteado en el plan de expansión 2022-2037 de la UPME.

En esta interacción se llevó a cabo un análisis de estabilidad de pequeña señal, el cual se comprobó mediante el resultado de los valores propios y la simulación dinámica del sistema en estudio; en ninguno de los 2 análisis, esta interacción presentó distorsiones que pudiesen haber afectado el sistema de potencia nacional.

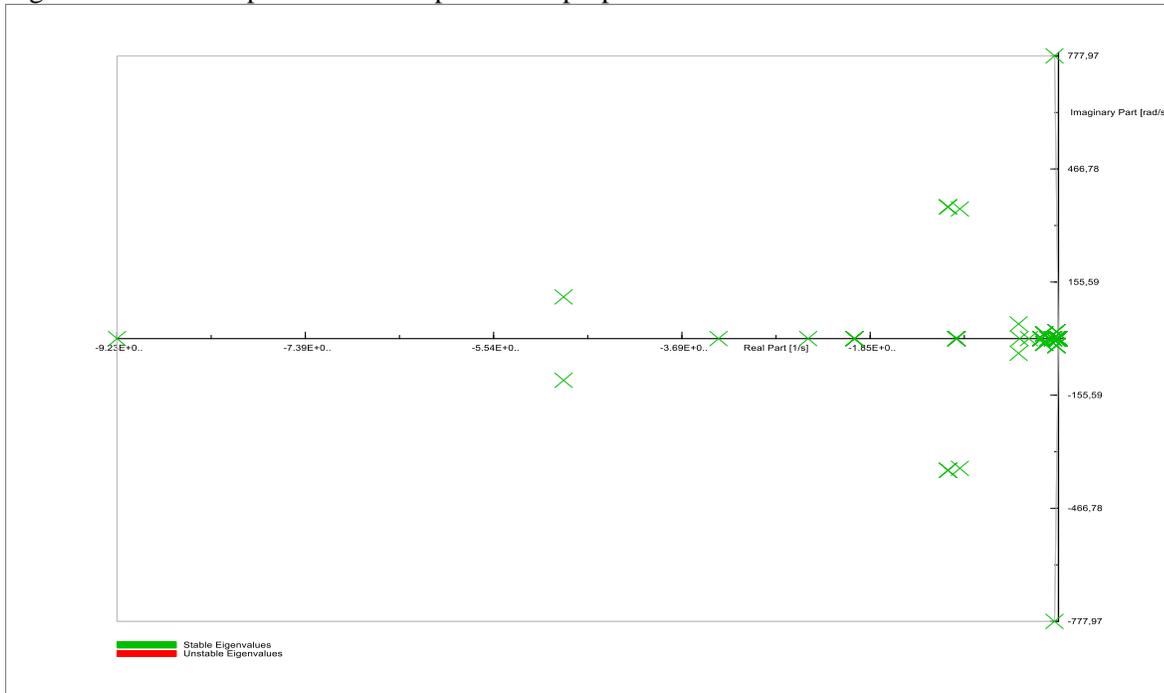
Figura 1. (a) Diagrama esquemático del modelo replica colectora 2, (b) Diagrama esquemático modelo Monopolar, (c) Modelo equivalente de cada sistema AC



La Figura 1(a y b) detalla los diagramas unifilares de los modelos llevados a cabo en el informe previo, el cual se desarrolló en dos fases. La primera fase consistió en la implementación de un modelo monopolar para verificar la integración eficiente de los convertidores MMC en un sistema de potencia robusto. En la segunda fase, se replicaron los parámetros propuestos en la tercera propuesta del proyecto colectora 2 en la Alta Guajira, conforme al plan de expansión 2022-2037 establecido por la UPME.

En cuanto a la Figura 1(c), se presenta el modelo equivalente del sistema en AC antes y después de la intervención del convertidor. Este modelo es aplicado de manera consistente en ambos modelos desarrollados.

Figura 2. Gráfica de polos modelo réplica de la propuesta 3 colectora 2



La figura 2 refleja un resultado positivo en el ámbito de estabilidad de pequeña señal de los convertidores MMC en un sistema de potencia robusto con características similares al sistema de potencia colombiano. Esto debido a todos los valores propios obtenidos mediante la simulación de pequeña señal se encuentran concentrados en el semiplano negativo izquierdo, dándonos a entender que las pequeñas distorsiones que se pudieran presentar van a tener un amortiguamiento positivo, evitando que este entre en inestabilidad.

El análisis confirma que los convertidores MMC-HVDC presentan una respuesta favorable en la interacción con sistemas de potencia, incluso en condiciones extremas, lo que permite una integración eficiente de sistemas de generación distribuida, como parques eólicos marinos o plantas solares fotovoltaicas, en el sistema existente. Además, se demuestra la capacidad de gestionar y controlar activamente el flujo de energía en el punto de acoplamiento común a través de los enlaces HVDC, los cuales brindan la flexibilidad necesaria para equilibrar la variabilidad inherente de las fuentes de energía renovable, posicionándose como una opción eficiente y sostenible para impulsar la transición energética en Colombia