

## PROGRAMA DE VINCULACIÓN DE CIENTÍFICOS Y TECNÓLOGOS - Convocatoria 2018

Métodos de Krylov desde una perspectiva de Teoría de Control

Facultad Politécnica - Universidad Nacional de Asunción

Juan Carlos Cabral Figueredo - Email: jccabral19@gmail.com

### RESUMEN

**Métodos de Subespacio de Krylov** para resolución de sistemas lineales son ampliamente utilizados para la resolución de sistemas lineales de grandes dimensiones y del tipo disperso (muchos ceros). En particular nos centramos en matrices no simétricas, siendo el Residuo Mínimo Generalizado, más conocido por GMRES (Generalized Minimal Residual) uno de los más populares. Es utilizado con reinicios para reducir costos computacionales. En esta investigación se busca evitar la convergencia lenta a través de estrategias de enriquecimiento del subespacio de búsqueda y Teoría de Control.

#### OBJETIVOS

Fortalecer conocimientos en el área de Ciencias de la Computación y establecer vínculos con investigadores que permitirán una transferencia continua de conocimientos y tecnologías. Con la vinculación se procura avanzar en el entendimiento de los métodos numéricos para resolución de sistemas lineales de gran porte. Se busca mejorar métodos iterativos de subespacio de Krylov a través de técnicas utilizadas en Teoría de Control. Discutir resultados preliminares y compararlos con métodos existentes que son utilizados por el grupo de investigadores del Núcleo Avanzado de Computação de Alto Desempenho NACAD/ COPPE-UFRJ.

Palabras claves: Métodos Iterativos, Subespacio de Krylov, GMRES con reinicio, Teoría de Control.

#### APORTES DE LA ESTANCIA

Se fortaleció conocimientos en el área de Ciencias de la Computación, específicamente en el área de Métodos Numéricos y Control. El NACAD es un laboratorio especializado en computación de alto desempeño para problemas de Ingeniería y Ciencias en general. Fueron implementados y comparados nuevos algoritmos, presentando estos buena convergencia y robustez. La discusión y alcance de lo propuesto será presentado en un artículo, el cuál se encuentra en revisión por parte de los colaboradores. En el marco de la transferencia de conocimientos, actualmente se trabaja con alumnos de iniciación científica y los resultados preliminares fueron presentados en el XXXVIII Congreso Nacional de Matemática Aplicada y Computacional (Campinas-Brasil).

**Tabla 1:** Problemas seleccionados para Experimentos numéricos.

| Id | Matriz        | n     | nnz    | Área de Aplicación        |
|----|---------------|-------|--------|---------------------------|
| 1  | add20         | 2395  | 13151  | Simulación de circuitos   |
| 2  | circuit_2     | 4510  | 21199  | Simulación de circuitos   |
| 3  | raefsky1      | 3242  | 293409 | Dinámica de fluidos       |
| 4  | raefsky2      | 3242  | 293551 | Dinámica de fluidos       |
| 5  | fpga_trans_01 | 1220  | 7382   | Simulación de circuitos   |
| 6  | sherman1      | 1000  | 3750   | Dinámica de fluidos       |
| 7  | sherman4      | 1104  | 3786   | Dinámica de fluidos       |
| 8  | orsreg_1      | 2205  | 14133  | Dinámica de fluidos       |
| 9  | cdle1         | 961   | 4681   | Dinámica de fluidos       |
| 10 | orsirr_1      | 1030  | 6858   | Dinámica de fluidos       |
| 11 | pde2961       | 2961  | 14585  | Problema 2D/3D            |
| 12 | rdb2048       | 2048  | 12032  | Dinámica de fluidos       |
| 13 | steam2        | 600   | 5660   | Dinámica de fluidos       |
| 14 | wang2         | 2903  | 19093  | Dispositivo semiconductor |
| 15 | watt_1        | 1856  | 11360  | Dinámica de fluidos       |
| 16 | memplus       | 17758 | 99147  | Simulación de circuitos   |
| 17 | cavity05      | 1182  | 32632  | Dinámica de fluidos       |
| 18 | sherman5      | 3312  | 20793  | Dinámica de fluidos       |

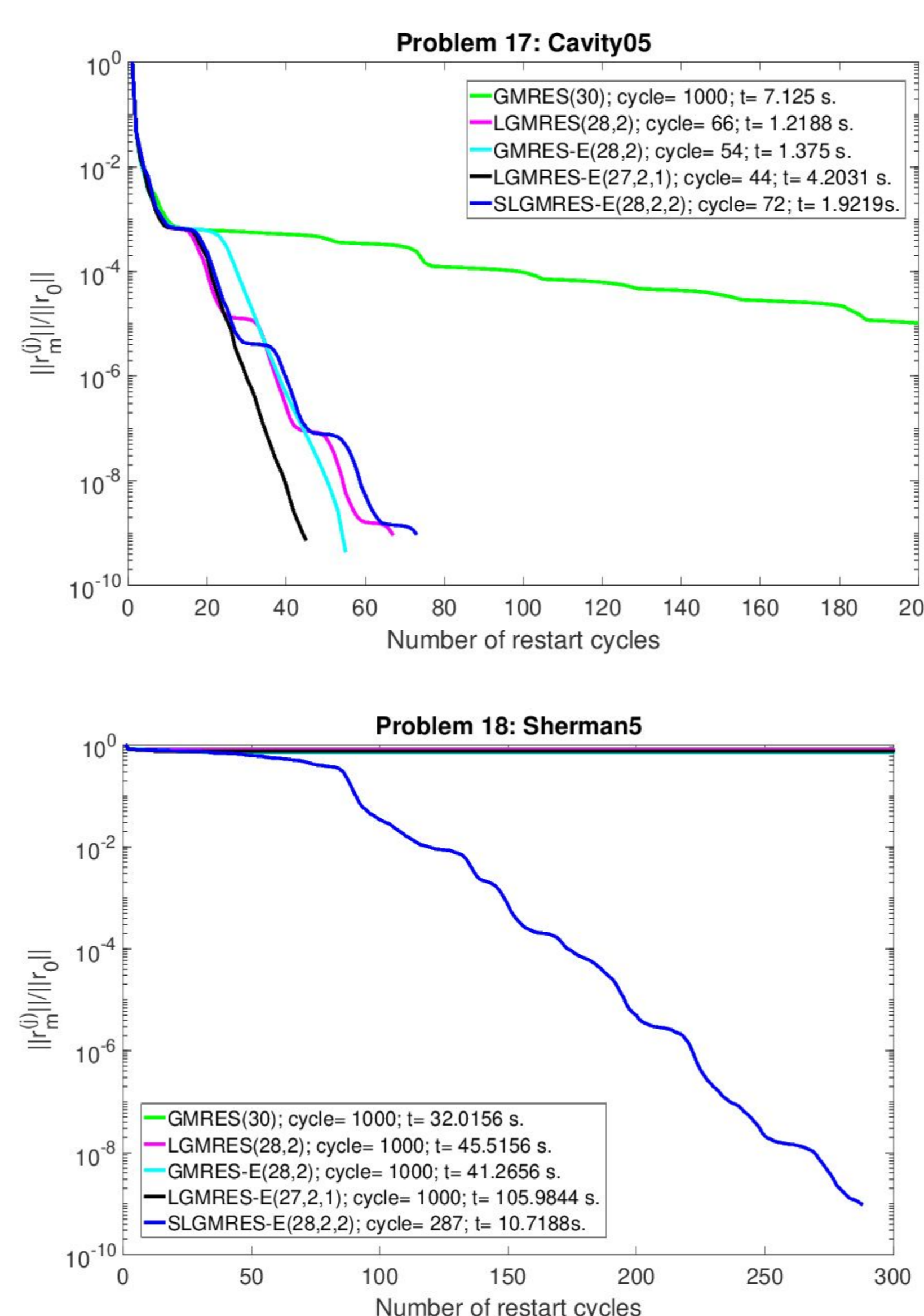
#### ACTIVIDADES REALIZADAS

Para los métodos propuestos, las rutinas implementadas están orientadas a métodos que utilizan enriquecimiento del subespacio de búsqueda y variaciones adaptativas del parámetro de reinicio a través de una formulación de control que es detallada en el borrador de artículo que se encuentra en etapa de revisión por parte de los colaboradores. En particular, se discutieron las condiciones para caracterizar el estancamiento del GMRES con reinicio, y se muestran varias alternativas utilizando un control adaptativo para conmutar convenientemente el enriquecimiento entre varias opciones posibles obtenidas de la literatura.

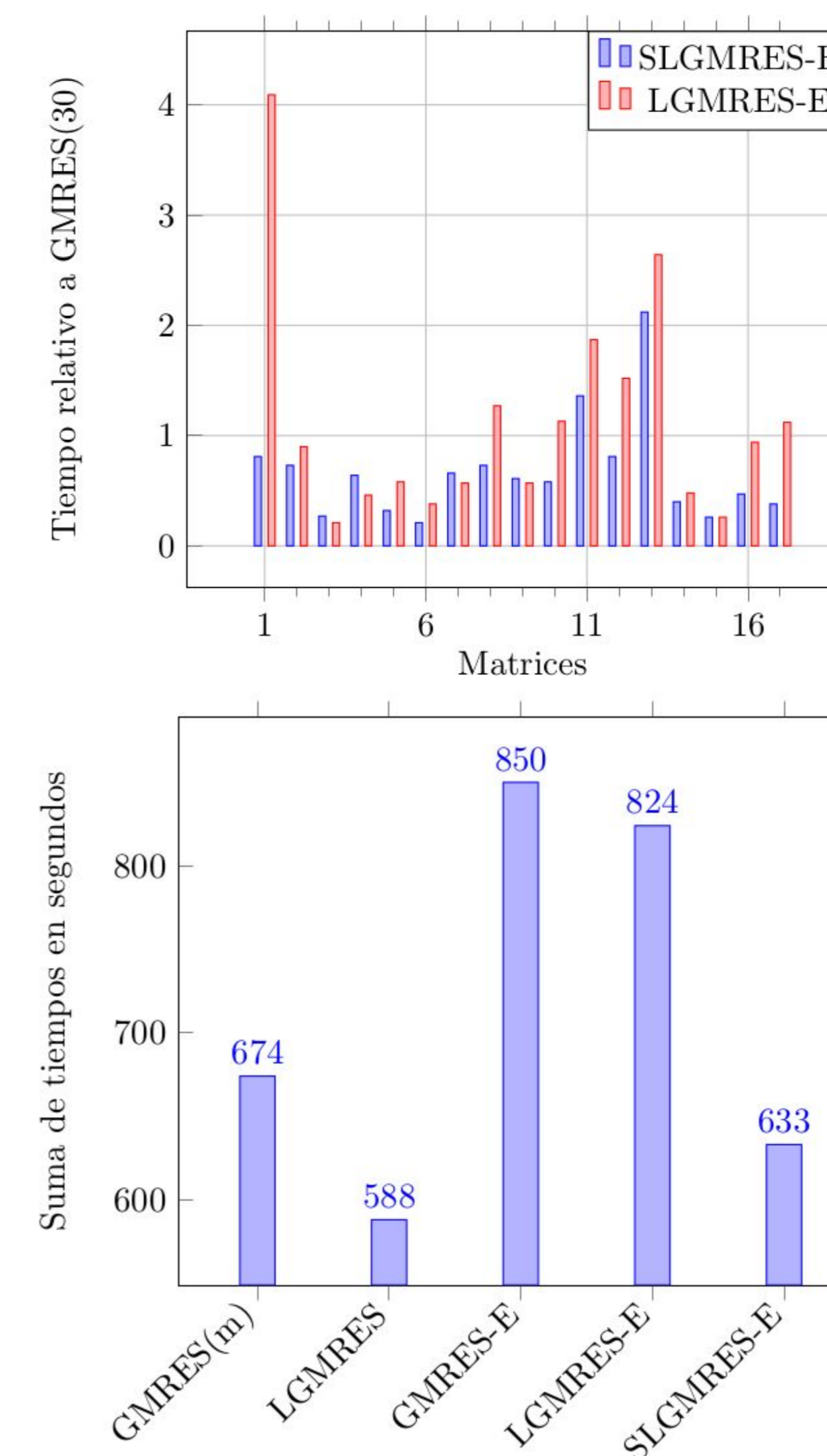
#### RESULTADOS OBTENIDOS

El método con mejor desempeño, al cual denominamos SLGMRES-E, fue comparado con los métodos del Estado de Arte. Para comparar la propuesta fueron utilizados las matrices obtenidas del repositorio Sparse Matrix Collection de la Universidad de Florida.

**Figura 1:** Curvas de convergencia.



**Figura 2:** Comparación de tiempo de ejecución.



#### CONCLUSIÓN

La propuesta permite aumentar y enriquecer el subespacio de búsqueda de solución, manteniendo propiedades de la norma residual mínima. Usando una regla de conmutación apropiada se busca evitar convergencias lentas e inclusive el estancamiento. Es un método robusto que preserva las buenas características de los métodos de enriquecimiento, logrando la convergencia inclusive donde otros no.

#### VISIÓN Y PLANES FUTUROS

Se espera continuar trabajos en conjunto, lo cual permitirá continuar esta línea de investigación con estudiantes de iniciación científica y de posgrado. Una acción futura es construir Precondicionadores adaptativos y verificar rendimientos con matrices de prueba generadas en problemas estudiados en el NACAD.

“Esta estancia de (Investigación, Transferencia tecnológica o Internacionalización de la Educación superior) fue cofinanciada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT con recursos del FEEI”