

# Aplicación del método de Newton - Raphson para analizar la eficiencia térmica de la turbina de gas antes y después del reemplazo de motor

Brenes Brenes Bertha, Guzmán Quesada Joshua  
*Ingeniería en Computadores*  
*Instituto Tecnológico de Costa Rica*  
Cartago, 30101, Costa Rica  
bertacar01996, joshagq@estudiantec.cr

**Resumen**—El rendimiento térmico de las turbinas de gas es una de las principales preocupaciones en la operación de plantas industriales para garantizar el éxito de las mismas. El propósito de esta investigación es analizar la eficiencia térmica del gas en la turbina después de un reemplazo de motor realizado. Para esto se recogieron datos de su operación los cuales son procesados con el método de Newton-Raphson, ya que permite manejar una gran cantidad de datos y proporciona un desempeño más rápido si se compara con otros métodos.

## I. INTRODUCCIÓN

Una turbina de gas es una turbo maquina cuyo trabajo es el gas. Estas turbinas toma el aire del ambiente y eleva su presión por medio de un compresor, después se añade combustible e inmediatamente se quema de modo que el sistema genera un flujo de alta temperatura. Una turbina de gas tiene un tipo de motor de combustión interna, este es el que se encargada de transformar la energía almacenada en energía mecánica en forma de potencia de rotación. El reemplazo y mantenimiento de este motor permite mantener un buen rendimiento en óptimas condiciones.

En 2018, una de las industrias de gas en Kutai Kartanegara, Kalimantan Oriental, realizó la sustitución del motor de la turbina de gas después de alcanzar más de 100.000 horas de funcionamiento (Pamungkas, 2018). El rendimiento de la turbina de gas disminuyó gradualmente; por lo que se requiere la sustitución del motor. Newton - Raphson puede utilizarse para analizar el rendimiento de la turbina de gas turbina de gas para calcular el rendimiento térmico. El método Newton - Raphson puede simular directamente muchas variables y datos más complejos (Stoecker, 1989).

Después de varias pruebas para reducir el decremento de la eficiencia térmica, y varias simulaciones basadas en el ciclo de Brayton combinadas con el proceso de PLTG y PLTU pudieron probar que la eficiencia subió de 52,41 hasta 63,842 MW, y justifican la conclusión que la utilización de los gases de escape mejorará el rendimiento de la turbina de

gas. eficiencia global (Gusnita y Said, 2017).

Por lo que el método de Newton-Raphson fue usado para el análisis de la eficiencia térmica del PLTGU, debido a que este método demuestra las diferencias mínimas entre eficiencia térmica calculada en una simulación y un experimento real.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo General

Aplicar el método de Newton - Raphson, haciendo uso de los datos provistos por el artículo base, para analizar la eficiencia térmica de la turbina de gas antes y después de su reemplazo.

### B. Objetivos Específicos

- 1- Implementar el método de Newton - Raphson computacionalmente haciendo uso del lenguaje de programación *Python*, para poder procesar los datos que el artículo base dispone.
- 2-Analizar por medio de una gráfica, los resultados obtenidos por el método de Newton - Raphson para determinar la usabilidad del mismo en el análisis de la eficiencia térmica de la turbina de gas.

## III. METODOLOGÍA

En primera instancia se debe comprender que el método que se describe en este paper es de carácter recursivo, por lo que como el artículo base describe y fue pertinente para la aplicación del mismo, se debió recolectar datos de forma diaria con los cuales poder trabajar. La ecuación 1 denota la forma en la cual se modelará la función para la aplicación iterativa del mismo será realizado, partiendo como condiciones inicial  $p_0 = 50$  y como función principal la siguiente:

$$p(m) = 2.419m^2 + 432.48m + 16450$$

Lo segundo es aplicar el método computacionalmente para ello se utilizará el lenguaje *Python* tal y como lo muestra la figura 1, donde se instancia la función, junto a su

condición inicial dada anteriormente. El punto para utilizar este lenguaje, es por el gran desempeño matemático que posee el mismo, además de las librerías de sympy y numpy para poder hacer uso de derivadas, ya que el método así lo requiere.

Como último punto aprovechándose de que Python es de código abierto y existe un gran sin número de librerías gráficas, con las cuales se pueden mostrar diferentes datos, para eso se utilizará matplotlib. Esto último se requiere en la implementación de este problema, con el objetivo de dimensionar la eficiencia del método y para analizar la eficiencia mencionada en las turbinas de gas ante el cambio de estas.

#### A. Código

```
import sympy as sp
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
def newton_raphson( x0, tol, iterMax):
    x = sp.Symbol('x')
    f1 = sp.sympify('2.4719*x**2 -432.49*x + 16450')
    df1 = sp.diff(f1,x)
    er = []
    err = tol+1
    k = 0
    xk = x0
    while err> tol and k<iterMax:
        k = k+1
        n = sp.N(f1.subs(x,xk))
        d = sp.N(df1.subs(x,xk))
        xk = xk-n/d
        err = abs(f1.subs(x,xk))
        er.append(sp.N(err))
    plt.rcParams.update({'font.size':14})
    ejex = np.arange(1,k+1,1)
    fig, graf = plt.subplots()
    graf.plot(ejex,er, 'b')
    graf.set_xlabel('Iteraciones ($k$)')
    graf.set_ylabel('$|f(x_k)|$')
    graf.set_title('Iteraciones vrs Error')
    graf.grid(True)
    plt.show()
    return [xk, k, err]

x0 = 50
tol = 10**-9
iterMax = 1000

y = newton_raphson(x0,tol, iterMax)
print(y)
```

#### IV. RESULTADOS NUMÉRICOS

Resultados Numéricos Para el resultado numérico de la implementación donde  $x_k = 55.8873647191659$  para solamente 4 iteraciones de  $k$ .

Además tenemos la gráfica donde vemos la respuesta de  $k$  contra el error. Además podemos ver que el sistema después de 4 iteraciones finalmente llega al 0 máquina, dando una aproximación bastante alta y suponiendo que esto tiene mucho que ver con el valor de entrada y la eficiencia.

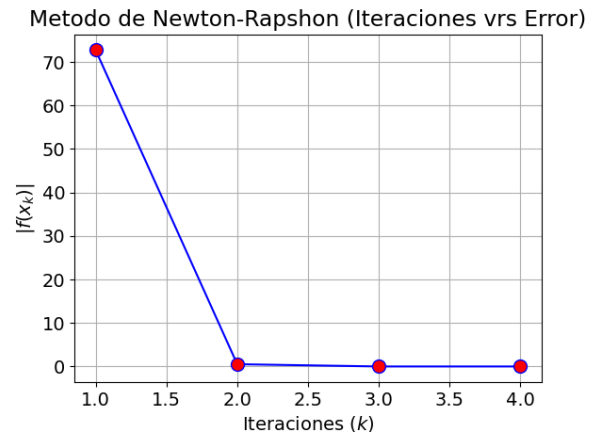


Fig. 1. Resultados de la implementación

#### V. BIBLIOGRAFÍA

##### REFERENCES

- [1] R.Fernando, J.Waluyo, N.Dewayanto Electronica: APPLICATION OF NEWTON – RAPHSON METHOD TO ANALYZE THERMAL EFFICIENCY OF GAS TURBINE BEFORE AND AFTER ENGINE REPLACEMENT, ASEAN Journal of Systems Engineering, Vol. 4, No. 1, July 2020:8-12.,