

Universidad de Extremadura

Escuela de Ingenierías Industriales

**ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE AVANCE
GENERADA POR EL MOVIMIENTO DE ONDA VIAJERA
MEDIANTE INTEGRACIÓN NUMÉRICA**

Traver Becerra, José Emilio

BADAJOS, 17 DE AGOSTO DE 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. BIBLIOGRAFÍA	3
ANEXOS	4
A. EJEMPLO DE CÓDIGO DE MATLAB	5

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento pretender exponer las dificultades algebraicas que plantea el cálculo de la velocidad de avance generada a través del movimiento de onda viajera realizado por microorganismos [?] y animales acuáticos (peces *Carangiform*) [? ?]. Exponer una solución a estas dificultades mediante computación numérica e interpretar y analizar los resultados ofrecidos por la solución propuesta.

El movimiento de onda viajera realizado por la mayoría de los peces, según la ictiología es doblando su cuerpo su cuerpo [?]. Este tipo de movimiento denominado “*body and caudal fin*” (BCF) se encuentra categorizado en diferentes clases, de las cuáles el tipo *Carangiform* presenta la mayor similitud al movimiento del flagelo de las células. El movimiento descrito por este tipo de peces fue sugerido originalmente por Lighthill [?], y su expresión matemática es

$$y(x, t) = (c_1x + c_2x^2) \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x - V_p t)\right), \quad (1.1)$$

donde x es el desplazamiento sobre el eje principal, V_p la velocidad de propagación de las ondas respecto al cuerpo y de sentido contrario a la velocidad de avance, λ la longitud de onda y c_1 y c_2 los coeficientes lineal y cuadrático de la amplitud de la onda, respectivamente. Esta expresión recoge la dinámica del movimiento *Carangiform* realizado desde el punto de unión del cuerpo hasta el extremo final de la cola [? ? ?]. Para recoger en una misma expresión la posibilidad de una onda viajera armónica como la estudiada para los flagelos en [?], se debe introducir un nuevo coeficiente c_0 quedando la expresión anterior de la forma

$$y(x, t) = (c_0 + c_1x + c_2x^2) \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}(x - V_p t)\right). \quad (1.2)$$

En (1.2), el coeficiente c_0 permite definir el movimiento armónico puro de la onda viajera, como se ilustra en la Figura ??, pero no define el realizado por la cola de un pez. Es necesario sustituirlo por el coeficiente c_1 , que impone la condición de contorno $y(0, t) = 0$, es decir, el inicio de la cola se encuentra unido a la cabeza en todo instante de tiempo. Sin embargo, dicho coeficiente define una onda viajera cuya amplitud crece linealmente en el eje principal (ver Figura ??). Para corregir este comportamiento se introduce el término cuadrático c_2 , con el cual es posible modular el crecimiento de la onda viajera para alcanzar una amplitud mantenida sobre el eje principal.

2 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sitio web del Lock-In Amplifier UHFli,
<<https://www.zhinst.com/products/uhfli#>>,
Consultada el día 28 de abril de 2016.
- [2] A. D'Amico, A. De Marcellis, C. Di Carlo, C. Di Natale, et al., "Low-voltage low-power integrated analog lock-in amplifier for gas sensor applications," *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 144, no. 2, pp. 400-406, 2010.

ANEXOS

A EJEMPLO DE CÓDIGO DE MATLAB

Estos es un Anexo, donde se muestra un ejemplo de como escribir un código de Matlab. La actual versión de la plantilla no admite tildes en el código.

```
1 %Parametros de funcion de transferencia tipo
2 wn = sqrt(m3*m1);
3 d = (m3+m1)/(2*wn);
4 %Ganancia
5 k = -m2/(m3*m1);
6 %Polos
7 p1 = -d*wn+i*wn*sqrt(1-d^2);
8 p2 = -d*wn-i*wn*sqrt(1-d^2);
9
10 %Simulacion
11 y = lsim(G,u,t);
12 y0 = lsim(G0,u,t);
13 plot(t,y,t,y0,'--','linewidth',2);
14 legend('SS','FdT','Orginal')
15 set(gca, 'fontsize', 44);
16 grid on
17 ylabel('Nivel de glucosa','Interpreter','latex','FontSize',46)
18 xlabel('Tiempo (s)','Interpreter','latex','FontSize',46)
19 title('Metabolismo de la glucosa','Interpreter','latex','FontSize',46)
```