



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**Diseño y elaboración de un prototipo para trampa de grasa,  
aplicable al sector comercial de la ciudad de Cuenca**

**Autores:**

**Jonnathan Fabián Torres Vázquez  
David Francisco Tosi Murillo**

**Director: Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez**

**Cuenca, Ecuador  
2019**

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por brindarme esta hermosa experiencia llamada vida. A mis padres, Oswaldo y Yolanda, quienes inculcaron en mí valores, y son mi apoyo en cada decisión. A mis hermanos, Karina y Oswaldo, quienes me enseñan el significado de trabajo duro y honesto. A mis sobrinas, quienes me enseñan el valor de la imaginación. A Bruno, un integrante más de la familia, artífice de alegría en el momento menos esperado.

*Jonnathan Torres Vázquez*



## Dedicatoria

Este presente trabajo lo dedico a mi familia, la cual me ha apoyado en toda esta etapa. Gracias a ustedes estoy aquí en la culminación de mi carrera, a mi papa, Carlos y a todos mis hermanos por estar todo el tiempo dando apoyo en todo momento y en toda circunstancia y permitirme llegar a cumplir todas mis metas. Esto es de ustedes y para ustedes.

*David Tosi Murillo*

# Índice de Contenido

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Dedicatoria</b>                                                                            | <b>I</b>   |
| <b>Índice de Figuras</b>                                                                      | <b>IV</b>  |
| <b>Índice de Tablas</b>                                                                       | <b>V</b>   |
| <b>Resumen</b>                                                                                | <b>VI</b>  |
| <b>Abstract</b>                                                                               | <b>VII</b> |
| <b>Introducción</b>                                                                           | <b>1</b>   |
| Problemática . . . . .                                                                        | 1          |
| Motivación . . . . .                                                                          | 1          |
| Pregunta de investigación . . . . .                                                           | 1          |
| Objetivo general . . . . .                                                                    | 1          |
| Objetivos específicos . . . . .                                                               | 1          |
| Alcance . . . . .                                                                             | 2          |
| <b>Estado del Arte y Marco Teórico</b>                                                        | <b>2</b>   |
| Estado del Arte . . . . .                                                                     | 2          |
| Marco Teórico . . . . .                                                                       | 3          |
| <b>1 Métodos para separar grasa y aceite del agua residual</b>                                | <b>5</b>   |
| 1.1 Teoría de la flotación . . . . .                                                          | 5          |
| 1.2 ¿Qué es una emulsión? . . . . .                                                           | 7          |
| 1.2.1 Ruptura de las emulsiones . . . . .                                                     | 8          |
| 1.3 Flotación mediante aire disuelto (DAF) . . . . .                                          | 8          |
| 1.3.1 Solubilidad del aire en el agua . . . . .                                               | 9          |
| 1.3.2 Efecto del tamaño de la burbuja . . . . .                                               | 10         |
| 1.3.3 Solubilidad del aire en el agua . . . . .                                               | 11         |
| 1.3.4 Parámetro A/S . . . . .                                                                 | 11         |
| 1.3.5 Forma del tanque . . . . .                                                              | 13         |
| 1.3.6 Aditivos químicos . . . . .                                                             | 15         |
| 1.3.7 Tiempo de retención . . . . .                                                           | 15         |
| 1.4 Flotación por dispersión de aire (IAF) . . . . .                                          | 15         |
| 1.4.1 Rendimiento del IAF . . . . .                                                           | 18         |
| 1.4.2 Unidades <i>IAF</i> de celdas múltiples . . . . .                                       | 21         |
| 1.4.3 <i>IAF</i> como parte de una unidad de tratamiento en una<br>fábrica de papel . . . . . | 21         |
| 1.5 Boquilla de aire de flotación . . . . .                                                   | 23         |
| 1.5.1 Desarrollo del equipo. . . . .                                                          | 23         |
| 1.5.2 Rendimiento del <i>Nozzle Air Flotation</i> . . . . .                                   | 24         |
| 1.6 Flotación <i>Jet</i> y Flotación centrífuga . . . . .                                     | 24         |
| 1.6.1 Flotación <i>Jet</i> . . . . .                                                          | 24         |
| 1.6.2 Flotación centrífuga . . . . .                                                          | 25         |
| 1.7 Separación por gravedad . . . . .                                                         | 27         |
| 1.8 Separador API . . . . .                                                                   | 28         |
| 1.8.1 Diseño . . . . .                                                                        | 29         |

|          |                                                                                      |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.8.2    | Consideraciones de diseño . . . . .                                                  | 32        |
| 1.8.3    | Conclusiones . . . . .                                                               | 33        |
| 1.9      | Flotación mediante aire por cavitación . . . . .                                     | 33        |
| 1.10     | Columna de flotación . . . . .                                                       | 34        |
| 1.11     | Corrugated Plate Interceptor (CPI) . . . . .                                         | 36        |
| 1.11.1   | Diseño . . . . .                                                                     | 38        |
| 1.11.2   | Conclusiones . . . . .                                                               | 41        |
| 1.12     | Parallel Plate Interceptors (PPI) . . . . .                                          | 41        |
| 1.12.1   | Diseño . . . . .                                                                     | 43        |
| 1.12.2   | Parámetros de diseño . . . . .                                                       | 44        |
| 1.13     | Conclusiones . . . . .                                                               | 44        |
| <b>2</b> | <b>Modelamiento de la trampa de grasa</b>                                            | <b>45</b> |
| 2.1      | Filosofía de uso de FLOW-3D . . . . .                                                | 46        |
| 2.1.1    | Respuesta a las preguntas . . . . .                                                  | 46        |
| 2.2      | Diseño de la trampa de grasa . . . . .                                               | 47        |
| 2.2.1    | Dimensionamiento del tanque . . . . .                                                | 47        |
| 2.3      | Modelamiento de los tanques en Flow-3D . . . . .                                     | 49        |
| 2.3.1    | <i>Flux surface</i> y marcadores . . . . .                                           | 49        |
| 2.3.2    | Modelo 1 (P <sub>2</sub> ) . . . . .                                                 | 50        |
| 2.3.3    | Modelo 2 (P <sub>3</sub> ) . . . . .                                                 | 51        |
| 2.3.4    | Modelo 3 (P <sub>4</sub> ) . . . . .                                                 | 52        |
| 2.3.5    | Modelo 4 (P <sub>5</sub> ) . . . . .                                                 | 53        |
| 2.3.6    | Modelo 5 (Pared Inclínada 1) . . . . .                                               | 54        |
| 2.3.7    | Modelo 6 (Pared Inclínada 2) . . . . .                                               | 55        |
| 2.3.8    | Modelo 7 (Pared Inclínada 3) . . . . .                                               | 56        |
| 2.3.9    | Modelo 8 (Pared Inclínada 4) . . . . .                                               | 57        |
| 2.3.10   | Modelo 9 (Pared Inclínada 5) . . . . .                                               | 58        |
| 2.3.11   | Modelo 10 (Pared Inclínada 6) . . . . .                                              | 59        |
| 2.3.12   | Modelo 11 (Pared Inclínada 7) . . . . .                                              | 60        |
| 2.4      | Resultados . . . . .                                                                 | 61        |
| 2.4.1    | Prueba del modelo 10 (Pared inclinada 6), para un caudal<br>de 1.16 L/s . . . . .    | 65        |
| 2.5      | Conclusión . . . . .                                                                 | 66        |
| <b>3</b> | <b>Funcionamiento del prototipo</b>                                                  | <b>67</b> |
| 3.1      | Industria láctea . . . . .                                                           | 67        |
| 3.1.1    | Parámetros presentes en el modelo ya construido de la<br>industria láctea . . . . .  | 67        |
| 3.1.2    | Parámetros para la propuesta de diseño de la industria láctea                        | 68        |
| 3.1.3    | Comparación de parámetros . . . . .                                                  | 68        |
| 3.2      | Industria cárnica . . . . .                                                          | 70        |
| 3.2.1    | Parámetros presentes en el modelo ya construido de la<br>industria cárnica . . . . . | 70        |
| 3.2.2    | Parámetros para propuesta de diseño de la industria cárnica                          | 70        |
| 3.3      | Conclusión . . . . .                                                                 | 71        |
| <b>4</b> | <b>Conclusiones</b>                                                                  | <b>73</b> |

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Referencias</b>                                    | <b>74</b> |
| <b>Anexos</b>                                         | <b>79</b> |
| <b>A Resultados numéricos de cada modelo (Tablas)</b> | <b>79</b> |

## Indice de Figuras

|      |                                                                                                                                   |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1  | Esquema de un sistema de flotación mediante disolución de aire sin recirculación. . . . .                                         | 8  |
| 1.2  | Esquema de un sistema de flotación mediante disolución de aire con recirculación. . . . .                                         | 9  |
| 1.3  | Velocidad de elevación de las burbujas de aire (calculado por la ley de Stokes) como función del tamaño de las burbujas . . . . . | 11 |
| 1.4  | Correlación típica del parámetro A/S en función de SS, en el effluente                                                            | 12 |
| 1.5  | Efecto de la carga superficial sobre la cualidad del effluente . . . .                                                            | 15 |
| 1.6  | Unidad de flotación por dispersión de aire. . . . .                                                                               | 17 |
| 1.7  | Características hidráulicas de una unidad IAF . . . . .                                                                           | 18 |
| 1.8  | Uso de un análisis cinético para ilustrar el efecto de los aditivos químicos en el rendimiento de un sistema IAF . . . . .        | 20 |
| 1.9  | Unidad IAF . . . . .                                                                                                              | 22 |
| 1.10 | Aspiración de aire en fluido en el centro de concentración . . . . .                                                              | 24 |
| 1.11 | Curva de energía/densidad para <i>Nozzle Air Flotation</i> . Define el régimen para una operación óptima. . . . .                 | 25 |
| 1.12 | Sistema BAF. . . . .                                                                                                              | 26 |
| 1.13 | Vista transversal del tanque usado en el experimento. . . . .                                                                     | 27 |
| 1.14 | Esquema de una separador API . . . . .                                                                                            | 29 |
| 1.15 | Densidades relativas de hidrocarburos . . . . .                                                                                   | 31 |
| 1.16 | Sistema de flotación por cavitación de aire . . . . .                                                                             | 34 |
| 1.17 | columna de flotación . . . . .                                                                                                    | 35 |
| 1.18 | Separador de placas corrugadas (CPI) . . . . .                                                                                    | 36 |
| 1.19 | Separación Agua-Aceite por medio de la placas corrugadas (CPI)                                                                    | 38 |
| 1.20 | Esquema de una separador PPI . . . . .                                                                                            | 42 |
| 1.21 | Diagrama detallado del separador PPI . . . . .                                                                                    | 43 |
| 2.1  | Producción de leche condensada . . . . .                                                                                          | 48 |
| 2.2  | Producción de leche en polvo. . . . .                                                                                             | 48 |
| 2.3  | Modelo Base 1 . . . . .                                                                                                           | 49 |
| 2.4  | Modelo Base 2 . . . . .                                                                                                           | 49 |
| 2.5  | Marcadores . . . . .                                                                                                              | 50 |
| 2.6  | <i>Flux surface</i> . . . . .                                                                                                     | 50 |
| 2.7  | Modelo 1 ( $P_2$ ) . . . . .                                                                                                      | 50 |
| 2.8  | Velocidades promedio . . . . .                                                                                                    | 51 |
| 2.9  | Velocidades puntuales . . . . .                                                                                                   | 51 |
| 2.10 | Modelo 2 ( $P_3$ ) . . . . .                                                                                                      | 51 |
| 2.11 | Velocidades promedio . . . . .                                                                                                    | 52 |
| 2.12 | Velocidades puntuales . . . . .                                                                                                   | 52 |
| 2.13 | Modelo 3 ( $P_4$ ) . . . . .                                                                                                      | 52 |
| 2.14 | Velocidades promedio . . . . .                                                                                                    | 53 |
| 2.15 | Velocidades puntuales . . . . .                                                                                                   | 53 |
| 2.16 | Modelo 4 ( $P_5$ ) . . . . .                                                                                                      | 53 |
| 2.17 | Velocidades promedio . . . . .                                                                                                    | 54 |
| 2.18 | Velocidades puntuales . . . . .                                                                                                   | 54 |
| 2.19 | Modelo 5 (Pared Inclínada 1) . . . . .                                                                                            | 54 |
| 2.20 | Velocidades promedio . . . . .                                                                                                    | 55 |

|      |                                                                 |    |
|------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.21 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 55 |
| 2.22 | Modelo 6 (Pared Inclínada 2) . . . . .                          | 55 |
| 2.23 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 56 |
| 2.24 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 56 |
| 2.25 | Modelo 7 (Pared Inclínada 3) . . . . .                          | 56 |
| 2.26 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 57 |
| 2.27 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 57 |
| 2.28 | Modelo 8 (Pared Inclínada 4) . . . . .                          | 57 |
| 2.29 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 58 |
| 2.30 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 58 |
| 2.31 | Modelo 9 (Pared Inclínada 5) . . . . .                          | 58 |
| 2.32 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 59 |
| 2.33 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 59 |
| 2.34 | Modelo 10 (Pared Inclínada 6) . . . . .                         | 59 |
| 2.35 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 60 |
| 2.36 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 60 |
| 2.37 | Modelo 11 (Pared Inclínada 7) . . . . .                         | 60 |
| 2.38 | Velocidades promedio . . . . .                                  | 61 |
| 2.39 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 61 |
| 2.40 | Variación de la velocidad en el <i>flux surface 1</i> . . . . . | 62 |
| 2.41 | Variación de la velocidad en el <i>flux surface 2</i> . . . . . | 62 |
| 2.42 | Variación de la velocidad en el <i>flux surface 3</i> . . . . . | 63 |
| 2.43 | Variación de la velocidad en el punto 1 . . . . .               | 63 |
| 2.44 | Variación de la velocidad en el punto 2 . . . . .               | 64 |
| 2.45 | Variación de la velocidad en el punto 3 . . . . .               | 64 |
| 2.46 | Variación de la velocidad en el punto 4 . . . . .               | 65 |
| 2.47 | Geometría modelo 10 . . . . .                                   | 65 |
| 2.48 | Geometría modelo 10 (Dimensiones de los pozos) . . . . .        | 65 |
| 2.49 | Velocidades en los <i>flux surface</i> . . . . .                | 66 |
| 2.50 | Velocidades puntuales . . . . .                                 | 66 |
| 3.1  | Industria láctea. . . . .                                       | 67 |
| 3.2  | Modelo propuesto para industria láctea. . . . .                 | 68 |
| 3.3  | Velocidades en <i>flux surface</i> . . . . .                    | 69 |
| 3.4  | Velocidades puntuales. . . . .                                  | 69 |
| 3.5  | Velocidades puntuales en el interior del tanque. . . . .        | 69 |
| 3.6  | Industria cárnica. . . . .                                      | 70 |
| 3.7  | Modelo propuesto para industria cárnica. . . . .                | 71 |
| 3.8  | Velocidades en <i>flux surface</i> . . . . .                    | 71 |
| 3.9  | Velocidades puntuales. . . . .                                  | 72 |

## Indice de Tablas

|      |                                                                    |     |
|------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.1  | Viscosidad y densidad del agua . . . . .                           | 6   |
| 1.2  | Solubilidad de saturación del aire en agua a una atmósfera. . . .  | 10  |
| 1.3  | Valores de A/S para diferentes presiones de operación, a 20°C .    | 13  |
| 1.4  | Densidad del aire a 1 atm . . . . .                                | 14  |
| 1.5  | Presión de vapor del agua . . . . .                                | 14  |
| 1.6  | Parámetros según diferentes autores . . . . .                      | 16  |
| 1.7  | Rendimiento del IAF en un prototipo a escala . . . . .             | 19  |
| 1.8  | Efecto de diferentes presiones proporcionadas por la boquilla. . . | 26  |
| 1.9  | Volumen de la zona de circulación en diferentes ubicaciones . .    | 28  |
| 1.10 | Valores recomendados para $F_2$ . . . . .                          | 30  |
| A.1  | Producción de leche condensada . . . . .                           | 79  |
| A.2  | Producción de leche en polvo . . . . .                             | 80  |
| A.3  | Modelo 1 (P2) FS <sub>1</sub> PI <sub>2</sub> . . . . .            | 81  |
| A.4  | Modelo 1 (P2) FS2PI2 . . . . .                                     | 82  |
| A.5  | Modelo 1 (P2) FS3PI2 . . . . .                                     | 83  |
| A.6  | Modelo 1 (P2) PUNTO1P2 . . . . .                                   | 84  |
| A.7  | Modelo 1 (P2) PUNTO2P2 . . . . .                                   | 85  |
| A.8  | Modelo 1 (P2) PUNTO3P2 . . . . .                                   | 86  |
| A.9  | Modelo 1 (P2) PUNTO4P2 . . . . .                                   | 87  |
| A.10 | Modelo 2 (P3) FS1P3 . . . . .                                      | 88  |
| A.11 | Modelo 2 (P3) FS2P3 . . . . .                                      | 89  |
| A.12 | Modelo 2 (P3) FS3P3 . . . . .                                      | 90  |
| A.13 | Modelo 2 (P3) PUNTO1P3 . . . . .                                   | 91  |
| A.14 | Modelo 2 (P3) PUNTO2P3 . . . . .                                   | 92  |
| A.15 | Modelo 2 (P3) PUNTO3P3 . . . . .                                   | 93  |
| A.16 | Modelo 2 (P3) PUNTO4P3 . . . . .                                   | 94  |
| A.17 | Modelo 3 (P4) FS1P4 . . . . .                                      | 95  |
| A.18 | Modelo 3 (P4) FS2P4 . . . . .                                      | 96  |
| A.19 | Modelo 3 (P4) FS3P4 . . . . .                                      | 97  |
| A.20 | Modelo 3 (P4) PUNTO1P4 . . . . .                                   | 98  |
| A.21 | Modelo 3 (P4) PUNTO2P4 . . . . .                                   | 99  |
| A.22 | Modelo 3 (P4) PUNTO3P4 . . . . .                                   | 100 |
| A.23 | Modelo 3 (P4) PUNTO4P4 . . . . .                                   | 101 |
| A.24 | Modelo 4 (P5) FS1P5 . . . . .                                      | 102 |
| A.25 | Modelo 4 (P5) FS2P5 . . . . .                                      | 103 |
| A.26 | Modelo 4 (P5) FS3P5 . . . . .                                      | 104 |
| A.27 | Modelo 4 (P5) PUNTO1P5 . . . . .                                   | 105 |
| A.28 | Modelo 4 (P5) PUNTO2P5 . . . . .                                   | 106 |
| A.29 | Modelo 4 (P5) PUNTO3P5 . . . . .                                   | 107 |
| A.30 | Modelo 4 (P5) PUNTO4P5 . . . . .                                   | 108 |
| A.31 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS1PI1 . . . . .                      | 109 |
| A.32 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS2PI1 . . . . .                      | 110 |
| A.33 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS3PI1 . . . . .                      | 111 |
| A.34 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO1PI1 . . . . .                   | 112 |
| A.35 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO2PI1 . . . . .                   | 113 |
| A.36 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO3PI1 . . . . .                   | 114 |

|      |                                                                              |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A.37 | Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO4PI1 . . . . .                             | 115 |
| A.38 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS1PI2 . . . . .                                | 116 |
| A.39 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS2PI2 . . . . .                                | 117 |
| A.40 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS3PI2 . . . . .                                | 118 |
| A.41 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO1PI2 . . . . .                             | 119 |
| A.42 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO2PI2 . . . . .                             | 120 |
| A.43 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO3PI2 . . . . .                             | 121 |
| A.44 | Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO4PI2 . . . . .                             | 122 |
| A.45 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS1PI3 . . . . .                                | 123 |
| A.46 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS2PI3 . . . . .                                | 124 |
| A.47 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS3PI3 . . . . .                                | 125 |
| A.48 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO1PI3 . . . . .                             | 126 |
| A.49 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO2PI3 . . . . .                             | 127 |
| A.50 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO3PI3 . . . . .                             | 128 |
| A.51 | Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO4PI3 . . . . .                             | 129 |
| A.52 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS1PI4 . . . . .                                | 130 |
| A.53 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS2PI4 . . . . .                                | 131 |
| A.54 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS3PI4 . . . . .                                | 132 |
| A.55 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO1PI4 . . . . .                             | 133 |
| A.56 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO2PI4 . . . . .                             | 134 |
| A.57 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO3PI4 . . . . .                             | 135 |
| A.58 | Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO4PI4 . . . . .                             | 136 |
| A.59 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS1PI5 . . . . .                                | 137 |
| A.60 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS2PI5 . . . . .                                | 138 |
| A.61 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS3PI5 . . . . .                                | 139 |
| A.62 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO1PI5 . . . . .                             | 140 |
| A.63 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO2PI5 . . . . .                             | 141 |
| A.64 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO3PI5 . . . . .                             | 142 |
| A.65 | Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO4PI5 . . . . .                             | 143 |
| A.66 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS1PI6 . . . . .                               | 144 |
| A.67 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS2PI6 . . . . .                               | 145 |
| A.68 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS3PI6 . . . . .                               | 146 |
| A.69 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO1PI6 . . . . .                            | 147 |
| A.70 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO2PI6 . . . . .                            | 148 |
| A.71 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO3PI6 . . . . .                            | 149 |
| A.72 | Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO4PI6 . . . . .                            | 150 |
| A.73 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS1PI7 . . . . .                               | 151 |
| A.74 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS2PI7 . . . . .                               | 152 |
| A.75 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS3PI7 . . . . .                               | 153 |
| A.76 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO1PI7 . . . . .                            | 154 |
| A.77 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO2PI7 . . . . .                            | 155 |
| A.78 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO3PI7 . . . . .                            | 156 |
| A.79 | Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO4PI7 . . . . .                            | 157 |
| A.80 | Industria Cárnica con parámetros recomendados FS INICIAL . .                 | 158 |
| A.81 | Industria Cárnica con parámetros recomendados FS FINAL . . .                 | 159 |
| A.82 | Industria Cárnica con parámetros recomendados FS MEDIO . .                   | 160 |
| A.83 | Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO1<br>EUROPEA NP . . . . . | 161 |



|       |                                                                                      |     |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A.84  | Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO2 EUROPEA NP . . . . .            | 162 |
| A.85  | Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO3 EUROPEA NP . . . . .            | 163 |
| A.86  | Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO4 EUROPEA NP . . . . .            | 164 |
| A.87  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS1 EUROPEA . . . . .         | 165 |
| A.88  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS2 EUROPEA . . . . .         | 166 |
| A.89  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS3 EUROPEA . . . . .         | 167 |
| A.90  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO1 EUROPEA . . . . .      | 168 |
| A.91  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO2 EUROPEA . . . . .      | 169 |
| A.92  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO3 EUROPEA . . . . .      | 170 |
| A.93  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO4 EUROPEA . . . . .      | 171 |
| A.94  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS1 PARMALAT . . . . .         | 172 |
| A.95  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS2 PARMALAT . . . . .         | 173 |
| A.96  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS3 PARMALAT . . . . .         | 174 |
| A.97  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO1 . . . . .           | 175 |
| A.98  | Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO1NP . . . . . | 176 |
| A.99  | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO2 . . . . .           | 177 |
| A.100 | Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO2NP . . . . . | 178 |
| A.101 | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO3 . . . . .           | 179 |
| A.102 | Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO3NP . . . . . | 180 |
| A.103 | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO4 . . . . .           | 181 |
| A.104 | Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO4NP . . . . . | 182 |
| A.105 | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO1 PARMALAT . . . . .      | 183 |
| A.106 | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO2 PARMALAT . . . . .      | 184 |
| A.107 | Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO3 PARMALAT . . . . .      | 185 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| A.108 Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO4 |     |
| PARMALAT . . . . .                                                 | 186 |

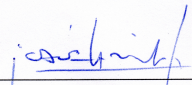
## Resumen

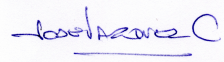
“DISEÑO Y ELABORACION DE UN PROTOTIPO COMPACTO PARA TRAMPA DE GRASA APLICABLE AL SECTOR COMERCIAL DE LA CIUDAD DE CUENCA”

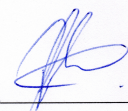
### RESUMEN

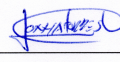
Para el diseño de un prototipo para trampa de grasa para la ciudad de Cuenca se realizó varias simulaciones en programa Flow-3D, con el fin de buscar el modelo más óptimo para la remoción de grasas y aceites. Una vez encontrado el modelo óptimo, se procedió a evaluar su funcionamiento respecto a modelos ya construidos. A partir de estas comparaciones se llegó a la conclusión que los parámetros recomendados, en el trabajo de investigación, brindan mejores condiciones para una adecuada remoción de grasas y aceites del agua residual. El método seleccionado para su modelación fue el que consideramos más eficiente, tanto al momento de su construcción como mantenimiento.

**Palabras Clave:** flotación, modelación, métodos, trampa, grasa, aceite, remoción.

  
\_\_\_\_\_  
Josué Bernado Larriva Vásquez.  
**Director del Trabajo de Titulación**

  
\_\_\_\_\_  
José Fernando Vázquez Calero  
**Director de escuela**

  
\_\_\_\_\_  
David Francisco Tosi Murillo

  
\_\_\_\_\_  
Jonnathan Fabián Torres Vázquez

**Autores**

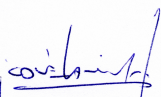
## Abstract

“DESIGN AND DEVELOPMENT OF A COMPACT PROTOTYPE FOR A GREASE TRAP APPLICABLE TO THE COMMERCIAL SECTOR OF CUENCA”

### ABSTRACT

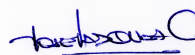
Several simulations were carried out in the Flow-3D program for the design of a prototype grease trap for the city of Cuenca in order to find the optimal model for the removal of greases and oils. Once the optimal model was found, its performance was evaluated with respect to previously constructed models. From these comparisons, it was concluded that the parameters recommended in the research work provide better conditions for an adequate removal of fats and oils from wastewater. The method selected for its modeling was considered the most efficient, both at the time of its construction and maintenance.

**Keywords:** flotation, modeling, methods, trap, grease, oil, removal.



Josué Bernado Larriva Vázquez.

**Thesis Director**



José Fernando Vázquez Calero

**Faculty Director**



David Francisco Tosi Murillo

**Authors**



Jonnathan Fabián Torres Vázquez



Translated by  
Ing. Paúl Arpi



# Introducción

## Problemática

La sociedad va creciendo en una forma exponencial, expandiéndose a los alrededores de las ciudades, necesitando cada vez más recursos hídricos, ya sea para su consumo, agricultura o elaboración de productos en forma masiva. Cualquiera sea su uso, el agua es contaminada siendo necesario un tratamiento el cual elimine todos los contaminantes existentes. Los aceites, ya sean vegetales o hidrocarburos contaminan el agua. El crecimiento de la sociedad implica más consumo de recursos, aumentando el consumo y la fabricación de aceites; los cuales, indirectamente llegan al sistema de tratamiento.

La presencia de aceites y grasas en el agua residual a menudo causan problemas en los tratamientos biológicos (Nisola et al., 2009). Esto se debe a la formación de capas de lípidos alrededor de los flocs, por lo tanto la transferencia de oxígeno a la biomasa disminuye (Becker et al., 1999; Dueholm, Andreasen, y Nielsen, 2001). Además, esta condición genera un ambiente favorable para el crecimiento de *nocardia amarae*, la cual es señalada por causar *foaming* en sistemas de lodos activados (Becker et al., 1999; Madoni, Davoli, y Gibin, 2000). Otro de los problemas es la percepción de malos olores, producto de la formación de aldehídos, cetonas y alcoholes.

Otro gran problema causado por las grasas y aceites es su acumulación en los sistemas sanitarios de la ciudad. Su presencia en colectores, bombas, pozos y otras obras o accesorios hidráulicos pueden obstruir el agua residual. Causando eventualmente reflujo a las instalaciones servidas por sus respectivos colectores (Mattsson, Hedström, Viklander, y Blecken, 2014).

## Motivación

El consumo de aceites, cualquiera sea su origen, llega a nuestro sistema de alcantarillado conduciéndolo a la planta de tratamiento existente. La empresa ETAPA EP está generando un programa de control de efluentes industriales; es ahí donde surge la motivación para la realización de este trabajo. Se buscará realizar un prototipo viable y acorde a las necesidades de los sectores industriales de la ciudad de Cuenca. Este es un proyecto que no solo ayudará ciertas industrias de la ciudad a cumplir con la normativa vigente, sino que también ayudará a disminuir el impacto ambiental que tienen los aceites y las grasas en el ambiente.

## Pregunta de investigación

¿Un análisis detallado de las trampas de grasa podría conducir a un diseño más eficiente?

## Objetivo general

Determinar la mejor configuración para un dispositivo de trampas de grasa para la ciudad de Cuenca.

## Objetivos específicos

- Analizar los diferentes métodos de separación de trampas de grasa y optar por el más aplicable en la ciudad de Cuenca.
- Modelar una trampa de grasa acorde a las necesidades de la industria de la ciudad de Cuenca.
- Evaluar la configuración de la trampa de grasa respecto a otros modelos.

## Alcance

La investigación realizada brinda información preliminar de distintos métodos para separar grasa y aceite del agua. Todos los métodos presentados aquí tienen su uso dependiendo de las características del influente; el caudal que descarga la industria; la normativa que dicte la carga de grasa y aceite en el effluente, y por supuesto el costo de operación y mantenimiento. Se prestará especial atención en tres métodos, los cuales, por sus características son los más aplicables en el sector industrial de Cuenca. Por lo tanto, este proyecto brindará información a las industrias de como se puede separar la grasa y aceite del agua.

## Estado del Arte y Marco Teórico

### Estado del arte

Para el diseño de un modelo físico de trampa de grasa se consultaron varias fuentes, entre las cuales están: artículos, páginas web, libros y patentes.

En España, Madrid, se realizó un estudio de tratamiento de aguas residuales titulado “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas para poblaciones entre 20 y 25 mil habitantes”, tesis elaborada por Domínguez Ollero (2015), en el cual estiman los caudales de aguas servidas. Con una carga de 80 mg/l, las cuales se asemejan a los valores de las industrias. Este proyecto tiene el fin de eliminar grasas, aceites y materias flotantes, y así evitar posibles interferencias en el tratamiento posterior, tales como:

- La falla de los decantadores en los cuales se forma una capa superficial que dificulta la sedimentación.
- Las reacciones biológicas no hacen efecto ya que no tiene la correcta aireación a causa de la grasa disminuyendo el coeficiente de transparencia.
- Perturban en el proceso de desinfección.
- El DQO incrementó de un 20 a 30 % por las grasas contenidas en las aguas.

En estos tratamientos lo más importante es la eliminación de sustancias insolubles con métodos físicos. El desengrasador de aguas residuales del estudio tiene unas medidas aproximadas de 4m de ancho, 12m de longitud, con una altura de 3m, estas medidas incluyen un desarenador. La estructura de la planta de tratamiento contiene una bomba de extracción de arenas, en el fondo del desengrasador, la cual impulsa una mezcla de arena y agua. Por otro lado, existe un canal de recolección de grasas y partículas flotantes las cuales se evalúan en un recolector.

En Estados Unidos se encontró un paper titulado “Cell Immobilized FOG-Trap System for Fat, Oil, and Grease Removal from Restaurant Wastewater” (Nisola et al., 2009). Se utilizaron bacterias productoras de células lipasa inmovilizadas en trampas de grasa. Durante un ensayo de 16 días, a escala de laboratorio, entre el sistema con lipasa y el convencional no se observaron significativas diferencias en la remoción de grasa y aceite; esto cuando las grasas y aceites en el influente eran menores a 1000mg/L. Sin embargo, la trampa típica mostró menor eficiencia cuando la concentración de grasa y aceite fue mayor o igual a 5000mg/L. Por otro lado, la trampa de grasa con lipasa mostraron una concentración, de grasa y aceite, en el efluente de 100mg/L; esto incluso cuando la concentración en el influente era de 10 000mg/L. Posteriormente realizaron un experimento de 30 días, a escala real. El sistema donde se usó la lipasa, mostró una efectividad de remoción del  $92,7 \pm 9,06\%$  respecto a un  $74,6 \pm 27,3\%$  del sistema convencional. Similarmente, las trampas con lipasa mostraron una remoción del  $85,9 \pm 11,99\%$  del DQO respecto a un  $60,4 \pm 31,26\%$  del sistema convencional.

En Ecuador en el cantón Playas, provincia del Guayas, se realizó el estudio y construcción de una trampa de grasa, por parte de (Hidroplayas EP), para uso de la comunidad, el cual se encuentra entre las líneas de desagüe y los puntos generadores de aguas servidas. Este tiene una función de recolectar grasas y aceites usados los cuales, evitan que ingresen a las plantas de tratamiento retrasando el flujo procedente del sistema de alcantarillado. En este estudio se realizó la presentación de 3 modelos de trampas de grasa; los cuales están dirigidos a pequeña y mediana industria. El modelo más pequeño está dirigido a restaurantes o similares con una venta diaria aproximada de 100 platos, el cual tiene unas medidas aproximadas de 1.2m de largo por 0.50m de ancho y 0.50 m de profundidad; el segundo modelo dirigido a restaurantes o similares con una venta aproximada de 200 platos, cuyas medidas son de 1.5m de largo por 0.60m de ancho y 0.60m de profundidad; el último modelo está dirigido a las lavadoras de automotores las cuales no constan con un modelo de saneamiento, siendo sus medidas de 2m de largo por 0.80m de ancho y 1 m de profundidad.

## Marco Teórico

**Flotación natural:** Proceso mediante el cual el fluido con densidad más baja se eleva hacia la superficie (Smets, 2009).

**Flotación por inducción de aire:** Proceso mediante el cual burbujas de

aire se adhieren a las moléculas, acelerando su ascensión a la superficie (Smets, 2009).

**Grasas y Aceite:** "El término grasas y aceites es comúnmente usado para hacer referencia a: grasas, aceites, ceras y otros componentes relacionados. Aceite y grasas son similares químicamente; son una combinación de alcohol o glicerol con ácidos grasos. Los glicerol de los ácidos grasos que son líquidos a temperaturas ordinarias son llamados aceites y los que son sólidos son llamados grasas."(Metcalf y Eddy, 1979)

**Efluente:** Agua residual que ha pasado por un proceso de tratamiento. (Rodríguez Fernández-Alba et al., 2006)

**Influente:** Agua residual que está entrando a un proceso de tratamiento.(Rodríguez Fernández-Alba et al., 2006)

**Aguas residuales:** Agua usada proveniente de casas, negocios, ciudades y agricultura.(Metcalf y Eddy, 1979)

**Caudal:** Cantidad de un fluido, por unidad de tiempo, que circula por una sección.(Chow, Maidment, Mays, Saldarriaga, et al., 1994)

**Aguas residuales industriales:** Aguas residuales donde predominan los residuos industriales. (Metcalf y Eddy, 1979)

**Caudales de diseño:** Cantidad de agua sobre tiempo para la cual va a estar una infraestructura hidráulica.(Metcalf y Eddy, 1979)

**Periodo de diseño:** Tiempo en el cual va a estar operativo una infraestructura (Metcalf y Eddy, 1979)



# 1. Métodos para separar grasa y aceite del agua residual

Existen una gran cantidad de métodos para separar grasa y aceite del agua residual. Su selección dependerá de las condiciones de la mezcla. Jameel, Muyubi, Karim, Alam, et al. (2011) menciona que gotas alrededor de  $50\mu\text{m}$  han sido removidas con éxito por equipamientos de bajo costo como: separadores *API*, *Corrugated Plate Interceptors (CPI)* y *Parallel Plate Interceptors (PPI)*. Por otro lado Jameel et al. (2011) dicen que gotas menores a  $50\mu\text{m}$  fueron removidas exitosamente mediante *Dissolved Air Flotation (DAF)* y *Packed Beds*. El método común para separar grasa y aceite del agua residual es la flotación. Según Rubio, Souza, y Smith (2002) las técnicas convencionales de flotación son: Electro-flotación, flotación por dispersión de aire (IAF), por sus siglas en inglés, flotación mediante aire disuelto (DAF), por sus siglas en inglés. Además Rubio et al. (2002) señalan como técnicas emergentes de flotación a: *Nozzle Flotation (NF)*, *Column Flotation (CF)*, *Centrifugal Flotation (CF)*, *Jet Flotation*, *Cavitation Air Flotation (CAF)*.

Cabe recalcar que este proyecto informará de métodos de separación físicos; pero no hay que olvidar la existencia de mecanismos en donde la biología o la química toman el protagonismo.

Para empezar con la descripción de cada uno de los métodos hay que entender primero la teoría de la flotación.

## 1.1. Teoría de la flotación

Existen dos tipos de flotación, flotación natural y flotación por medio de aire. En la primera las partículas mas livianas que el agua se elevan hacia la superficie para ser removidas; en la segunda, las partículas que son mas pesadas que el agua se elevan hacia la superficie por medio de burbujas de aire que se adhieren a ellas. Bennett y Peters (1988) menciona que la flotación consiste en cuatro pasos básicos, los cuales son:

1. Generación de burbujas en el agua residual.
2. Contacto entre las burbujas de aire y las gotas de aceite suspendidas en el agua.
3. Adhesión de las gotas de aceite con las burbujas del gas.
4. Elevación de la combinación aire-aceite a la superficie, donde el aceite es removido.

### ¿Cuándo una partícula flota?

Al momento de depositarse una partícula en un fluido en reposo, esta se acelera hasta que la resistencia de fricción o arrastre del fluido iguale a la fuerza impulsora que actúa sobre la partícula (Maskew Fair,

Alexander Okun, y Charles Geyer, 1966). De aquí en adelante la partícula empieza a asentarse o elevarse, dependiendo de su peso específico.

La fuerza impulsora es igual al peso efectivo de la partícula dentro del fluido,

$$F_I = (\rho_s - \rho)gV \quad (1.1)$$

donde FI es la fuerza impulsora, g la gravedad, V el volumen de la partícula,  $\rho_s$  y  $\rho$  son, respectivamente la densidad de la partícula y del fluido.

$F_D$ , fuerza de arrastre del fluido, está en función de la viscosidad dinámica  $\mu$ , de la densidad del fluido  $\rho$ , de la velocidad  $v$  y de un diámetro  $d$  representativo. Para que el diámetro sea representativo este debe reflejar primero la orientación de la partícula en relación con su dirección de movimiento, y segundo, la superficie relativa que la partícula presenta en contacto con el fluido (Maskew Fair et al., 1966).

La fuerza de arrastre  $F_D$ , quedaría representada de la siguiente manera:

$$F_D = v^2 d^2 \rho \phi \left( v \frac{d\rho}{\mu} \right) = v^2 d^2 \rho \phi(\mathbf{R}) \quad (1.2)$$

en donde  $\mathbf{R}$  es el número de Reynolds, cuyos valores se muestran en la siguiente tabla:

| Temperatura<br>°C | Densidad $\gamma, \rho$<br>(gramos/cm <sup>3</sup> ) | Viscosidad absoluta,<br>$\mu$ , cp | Viscosidad cinemática,<br>$\nu$ , cs | Temperatura<br>°F |
|-------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| 0                 | 0.99987                                              | 1.7921                             | 1.7923                               | 32.0              |
| 2                 | 0.99997                                              | 1.674                              | 1.6741                               | 35.6              |
| 4                 | 1.00000                                              | 1.5676                             | 1.5676                               | 39.2              |
| 6                 | 0.99997                                              | 1.4726                             | 1.4726                               | 42.8              |
| 8                 | 0.99988                                              | 1.3872                             | 1.3874                               | 46.4              |
| 10                | 0.99973                                              | 1.3097                             | 1.3101                               | 50.0              |
| 12                | 0.99952                                              | 1.239                              | 1.2396                               | 53.6              |
| 14                | 0.99927                                              | 1.1748                             | 1.1757                               | 57.2              |
| 16                | 0.99897                                              | 1.1156                             | 1.1168                               | 60.8              |
| 18                | 0.99862                                              | 1.0603                             | 1.0618                               | 64.4              |
| 20                | 0.99823                                              | 1.0087                             | 1.0105                               | 68.0              |
| 22                | 0.99780                                              | 0.9608                             | 0.9629                               | 71.6              |
| 24                | 0.99733                                              | 0.9161                             | 0.9186                               | 75.2              |
| 26                | 0.99681                                              | 0.8746                             | 0.8774                               | 78.8              |
| 28                | 0.99626                                              | 0.8363                             | 0.8394                               | 82.4              |
| 30                | 0.99568                                              | 0.8004                             | 0.8039                               | 86.0              |

**Tabla 1.1:** Viscosidad y densidad del agua

Fuente: (Maskew Fair et al., 1966)

Combinando las ecuaciones 1.2 y 1.1 se establece una relación general de elevación o asentamiento de las partículas discretas.

$$\nu_s = [(2g/C_D)[(\rho_s - \rho)/\rho](V/A_C)]^{1/2} \quad (1.3)$$

Siendo más precisos

$$\nu_s \approx [(4/3)(C_D)(S_S - 1)d]^{1/2} \quad (1.4)$$

$S_S$ , es el peso específico de la partícula y  $d = (3/2)V/A_C = 6V/A$ , A es el área superficial de la partícula.

$C_D$  es cercano a 0.4 cuando Reynolds se encuentra desde  $10^3$  a  $10^4$ , se obtiene (Maskew Fair et al., 1966).

$$v_s \approx [3,3g(S_S - 1)d]^{1/2} \quad (1.5)$$

Cuando  $R < 0.5$ ,  $C_D = 24/R$  la ecuación 1.4 toma la siguiente forma (Maskew Fair et al., 1966):

$$v_s \approx (g/18)[(S_S - 1)/\nu]d^2 \quad (1.6)$$

La ecuación 1.6 es la ley de Stokes;  $\nu$  es la viscosidad cinemática.

Como se puede apreciar en las diferentes ecuaciones, entre ellas la 1.6 y 1.4, el término  $S_S$  determina si el resultado de la ecuación es positivo o negativo. Cuando el resultado es positivo, la partícula se asienta; por el contrario, si el resultado es negativo, la partícula asciende.

Otro aspecto clave para entender como se separan grasas y aceites del agua, es la emulsión.

## 1.2. ¿Qué es una emulsión?

Se llama emulsión cuando dos líquidos inmiscibles se encuentran dispersos; uno de ellos forma gotas de pequeño tamaño (de 0.1 a 100 micras), a este se le denomina fase dispersa o interna, al otro, fase continua o externa (Muñoz, Alfaro, y Zapata, 2007). Fernández Arteaga et al. (2006) describe a la fase continua como aquella a través de la cual se puede acceder desde cualquier punto a otro, sin abandonarla. Por otra parte explica que para ir de un punto a otro en la fase dispersa hay que atravesar porciones de la fase continua. Muñoz et al. (2007) indica que en la práctica se necesita un tercer componente, un emulsionante. Esta sustancia facilita la formación de la emulsión disminuyendo la tensión interfacial entre la fase acuosa y la fase oleosa. La leche, mayonesa, mata, mantequilla, margarina, son ejemplos de emulsiones.

Como ejemplo de la fase dispersa de las emulsiones se puede nombrar: hidrocarburos, o grasas y aceites procedentes de materias primas. Por otro lado la fase externa rara vez consiste en agua pura, lo normal es encontrarse con productos de naturaleza hidrófila. Sales, ácidos, azúcares, proteínas, son ejemplos de componentes solubles en medios acuosos (Muñoz et al., 2007).

Un gran número de propiedades de las emulsiones, como estabilidad y viscosidad dependen del tamaño de la gota y su distribución en el medio acuoso. El tamaño de la gota va desde los 10 nm hasta casi 1000  $\mu\text{m}$ ; pero lo normal es que estén entre 1 y 100  $\mu\text{m}$ .

Fernández Arteaga et al. (2006) resumen a las emulsiones de la siguiente manera: son dispersiones de un líquido en otro en forma de gotas, son inestables termodinamicamente; dependiendo de el método de preparación adquirirán diferentes propiedades; en la gran mayoría de los casos no son transparentes.

### 1.2.1. Ruptura de las emulsiones

Gotas mayores a un 1 mm rompen la emulsión de manera espontánea. Para la ruptura es necesario que se produzca coalescencia, es decir, que se junten gotas para formar gotas de mayor tamaño, de esta manera se rompe la tensión interfacial que mantiene a la gota en la fase continua.

Una emulsión adquiere estabilidad cuando las viscosidad del líquido aumenta; este aumento restringe la movilidad de la fase dispersa (Muñoz et al., 2007). Por lo tanto una de las maneras de romper la emulsión es elevando la temperatura.

## 1.3. Flotación mediante aire disuelto (DAF)

Este método consiste en almacenar agua residual en un tanque de presurización; una vez presurizada el agua residual ésta pasa a un tanque de flotación, el cual se encuentra a presión atmosférica, donde se retirarán la grasas y los aceites por medio de palas mecánicas.

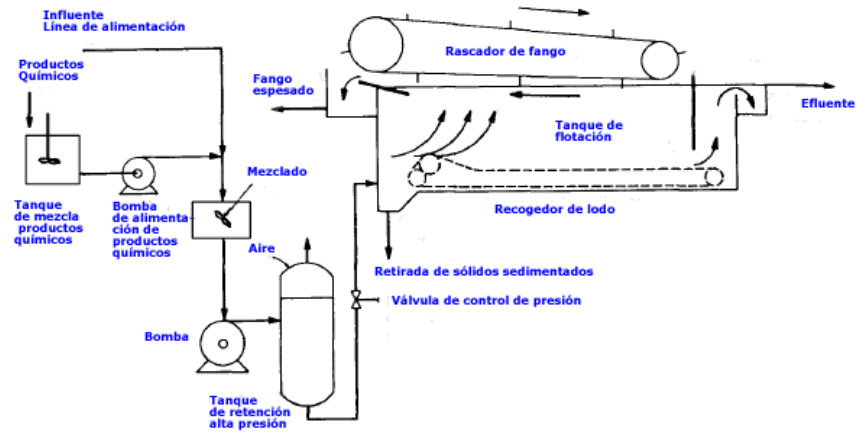
El proceso es el siguiente. El afluente es presurizado mediante bomba, a presiones de 275-483 KPa, 40-70 psi; todo el afluente se retiene, en un tanque a presión para permitir la disolución de aire; una vez que el aire se ha disuelto en el agua residual por medio de una válvula reductora de presión, ésta ingresa al tanque de flotación (Romero Rojas, 2000). Es aquí donde el aire se desprende del agua, ya que el tanque está a presión atmosférica; las burbujas de aire suben hacia la superficie acarreado con ellas partículas de aceite y grasa.

Otra manera en la que se puede llevar acabo este proceso es reciclando el caudal, parte del efluente del tanque de flotación es reciclado, presurizado y saturado con aire, el agua reciclada presurizada pasa por un tanque donde se le somete a una presión superior a la atmosférica; para posteriormente ser introducida al tanque de flotación (Zabel, 1992); en el tanque de flotación las burbujas de aire ascenderán llevando con ellas las partículas de grasa y aceite.

### 1.3.1. Solubilidad del aire en el agua

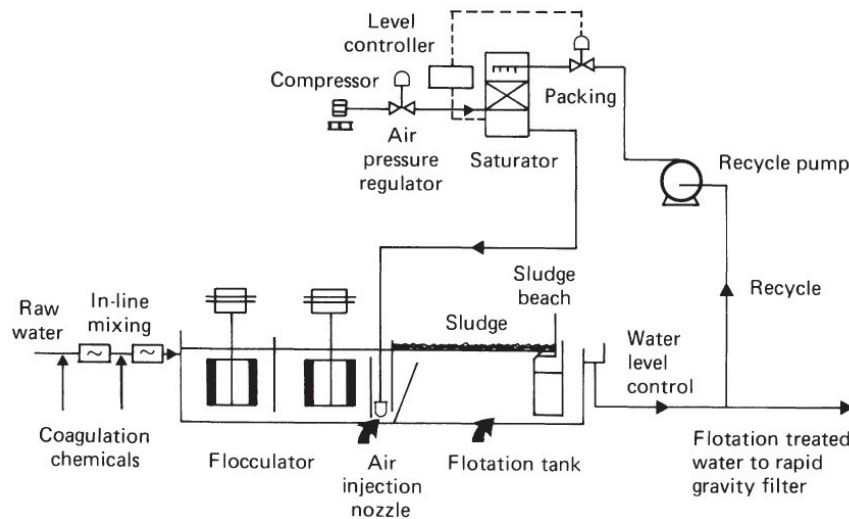
“La clave para la flotación mediante aire disuelto es la disolución de aire a presión y la reducción de la misma para formar burbujas. ”(Bennett y Peters, 1988). La cantidad de gas en una solución obedece a la ley de Henry:

$$p = Hc \tag{1.7}$$



**Figura 1.1:** Esquema de un sistema de flotación mediante disolución de aire sin recirculación.

Fuente: (Zabel, 1992)



**Figura 1.2:** Esquema de un sistema de flotación mediante disolución de aire con recirculación.

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

Siendo  $p$  la presión parcial del gas,  $c$  la concentración del gas disuelto y  $H$  la constante de Henry.

La solubilidad de los gases depende de la concentración de sólidos disueltos y la temperatura. Por ejemplo, la solubilidad del aire es reducida en un 45 % en agua destilada, esto cuando la temperatura se eleva de 0 a 30°C. La solubilidad del oxígeno se reduce en un 19 % cuando la salinidad aumenta de 0 a 20000 mg/l (Bennett y Peters, 1988).

La cantidad de gas teórica, que se liberará de la solución cuando la presión es reducida a 1 atm se determina de la siguiente manera:

$$C' = C \left( \frac{P' - P_V}{760 - P_V} \right) \quad (1.8)$$

Donde  $C'$  es la solubilidad del aire en agua, a la presión absoluta  $P'$ , (mL

aire)/(L de agua).  $P'$  presión absoluta del aire, mm de Hg.  $C$ , solubilidad del aire en agua, a presión de una atmósfera, (mL aire)/(L de agua). Los valores se muestran en la tabla 1.2.  $P_v$ , presión de vapor del agua, mm de Hg.

| Temperaturas<br>°C | Solubilidad, C<br>mL aire/L de agua |
|--------------------|-------------------------------------|
| 0                  | 29.2                                |
| 5                  | 25.7                                |
| 10                 | 22.8                                |
| 15                 | 20.6                                |
| 20                 | 18.7                                |
| 25                 | 17.1                                |
| 30                 | 15.7                                |

**Tabla 1.2:** Solubilidad de saturación del aire en agua a una atmósfera.

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

La mayoría; pero no todo el aire disuelto se precipitará fuera del tanque de flotación (Bratby y Marais, 1975).

Como expresa Bennett y Peters (1988); los sistemas de disolución no son 100 % efectivos. Por ello la ecuación 1.8 debe ser modificada influyendo el factor de eficiencia,  $f$ .

Al reducir la presión a presión atmosférica 1.8; esto se cuantifica a por la diferencia de solubilidad calculada según la siguiente ecuación (Romero Rojas, 2000).

$$C_T - C_L = C \left[ \frac{f(P_T - P_V) - (P_L - P_V)}{760 - P_V} \right] \quad (1.9)$$

Siendo  $C_T$ , solubilidad de saturación del aire, a la presión del tanque, mL/L.  $C_L$ , solubilidad de saturación del aire, a la presión local atmosférica, mL aire/L.  $P_T$ , presión de peración del tanque, mm de Hg.  $P_L$ , presión local atmosférica, mm de Hg.  $C$ , solubilidad de saturación del aire a una atmósfera de presión, mL aire/L de agua.  $P_V$ , presión de vapor del agua a la temperatura del ensayo, mm de Hg.  $f$ , fracción de saturación alcanzada en el tanque de presurización, generalmente 0.5 a 0.8 (Romero Rojas, 2000).

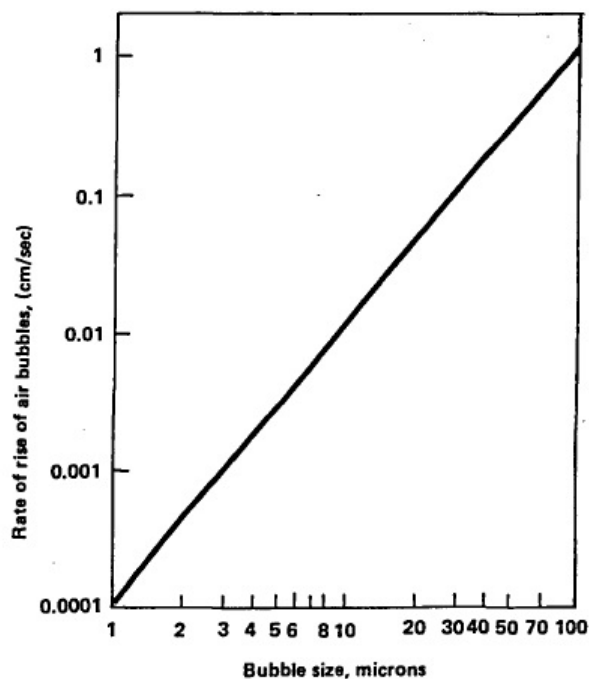
El aire, normalmente, ha sido el elegido. También  $CO_2$ ,  $NO_2$  y  $CH_4$  han sido probados. Conway, Nelson, y Young (1981) encontró que usando mayor solubilidad, podía mejorar la eficiencia del tratamiento.

Flotación y coagulación deben hacerse antes de introducir aire al agua, con el fin de lograr una adecuada clarificación del agua (Zabel, 1992).

### 1.3.2. Efecto del tamaño de la burbuja

Con el objetivo de alcanzar una máxima aglomeración entre la fase sólida y el gas, es necesario que el gas se eleve hacia la superficie bajo condiciones de régimen laminar. Esto, con el fin de evitar desprendimientos en los flocs (Zabel, 1992). Así mismo Zabel (1992) menciona que el tamaño máximo de las burbujas de aire bajo régimen laminar es de  $130\mu\text{m}$ .

Así mismo, para saber a que velocidad se va a elevar la burbuja de aire se puede usar la ecuación 1.6. Esto solo cuando el tamaño de la burbuja es menor a  $130\mu\text{m}$ .



**Figura 1.3:** Velocidad de elevación de las burbujas de aire (calculado por la ley de Stokes) como función del tamaño de las burbujas

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

### 1.3.3. Solubilidad del aire en el agua

Mientras más pequeñas son las burbujas, más cantidad de ellas habrá por unidad de área. La presencia de más burbujas incrementarán las probabilidades de que estas se adhieran al floc; pero mientras más pequeñas sean estas, más tardarán en llegar a la superficie; mientras más tarden en llegar a la superficie, más grande será el tanque.

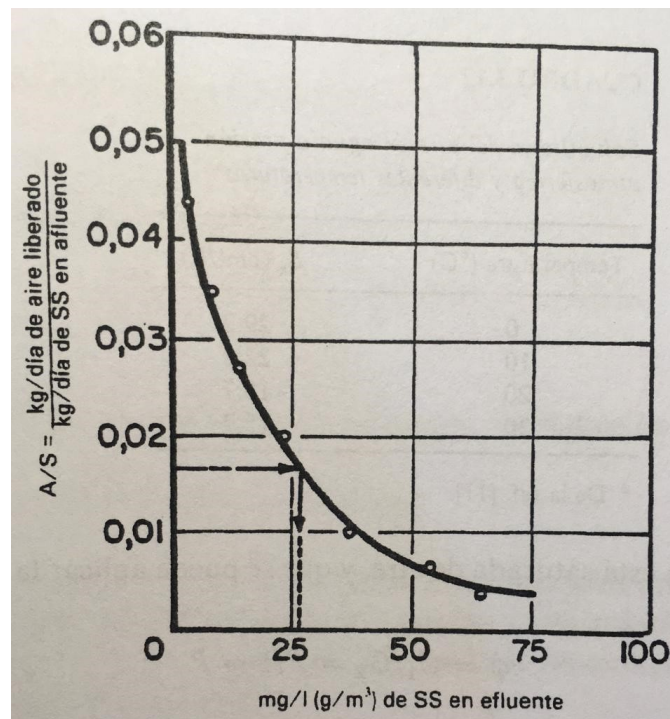
La cantidad de burbujas y su tamaño formadas en un volumen de agua son función del sistema físico y la cantidad de químicos presentes en el agua (Bennett y Peters, 1988). Katz et al. (1960) reportó que mientras la tensión superficial disminuye, burbujas mas pequeñas y en mayor cantidad son formadas.

### 1.3.4. Parámetro A/S

La relación entre el aire utilizado y los sólidos es algo fundamental en los sistemas de flotación.

$$A/S = \frac{\frac{kg}{d} \text{ de aire liberado por despresurización}}{\frac{kg}{d} \text{ de sólidos en el efluente}} \quad (1.10)$$

Esta relación, ecuación 1.10, permitirá lograr un grado de clarificación deseado. Este valor varía de acuerdo al tipo de suspensión. Se puede determinar mediante celdas de flotación en laboratorio, o con los datos de plantas piloto. Además, se ha establecido una correlación entre los sólidos en suspensión (mg/L) y el parámetro A/S (Ramalho, 1990). Utilizando de divisor, la concentración de



**Figura 1.4:** Correlación típica del parámetro A/S en función de SS, en el efluente

Fuente: (Ramalho, 1990)

sólidos suspendidos ( $S_O$ , mg de sólidos/L de líquido), en la ecuación 1.9, se obtiene la relación adimensional A/S.

$$A/S = \frac{Cd[f(P_T - P_V) - (P_L - P_V)]}{S_O(760 - P_V)} \quad (1.11)$$

Donde, A/S es la relación adimensional aire/sólidos. "d", densidad del aire a las condiciones del problema, mg/mL, cuadro 1.4.  $S_O$ , concentración de sólidos suspendidos del afluente, mg/L. C, solubilidad de saturación del aire a una atmósfera, mL/L.  $P_T$ , presión absoluta de operación, mm de Hg.  $P_L$ , presión local atmosférica, mm de Hg.  $P_V$ , presión de vapor del agua a la temperatura de operación, mm de Hg, tabla 1.5. "f", fracción de aire disuelto, a la presión  $P_T$ ,



usualmente 0.5

Se han calculado diferentes valores de A/S, mediante la ecuación 1.11, para diferentes presiones de operación y para un  $f=0.5$ , a una presión barométrica de 560 mm de Hg.

| Sólidos suspendidos<br>So<br>mg/L | Presión manométrica suministrada por el compresor, PT |       |       |       |       |       |       | psi<br>kPa<br>mm Hg |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
|                                   | 40                                                    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    | 100   |                     |
|                                   | 276                                                   | 345   | 414   | 483   | 552   | 621   | 690   |                     |
|                                   | 2.068                                                 | 2.585 | 3.102 | 3.619 | 4.136 | 4.653 | 5.17  |                     |
| 1000                              | 0.017                                                 | 0.023 | 0.029 | 0.034 | 0.040 | 0.046 | 0.052 |                     |
| 900                               | 0.019                                                 | 0.025 | 0.032 | 0.038 | 0.045 | 0.051 | 0.057 |                     |
| 800                               | 0.021                                                 | 0.029 | 0.036 | 0.043 | 0.050 | 0.057 | 0.065 |                     |
| 700                               | 0.024                                                 | 0.033 | 0.041 | 0.049 | 0.057 | 0.066 | 0.074 |                     |
| 600                               | 0.028                                                 | 0.038 | 0.048 | 0.057 | 0.067 | 0.076 | 0.086 |                     |
| 500                               | 0.034                                                 | 0.046 | 0.057 | 0.069 | 0.080 | 0.092 | 0.103 |                     |
| 400                               | 0.043                                                 | 0.057 | 0.071 | 0.086 | 0.100 | 0.115 | 0.129 |                     |
| 300                               | 0.057                                                 | 0.076 | 0.095 | 0.114 | 0.134 | 0.153 | 0.172 |                     |
| 200                               | 0.085                                                 | 0.114 | 0.143 | 0.172 | 0.201 | 0.229 | 0.258 |                     |
| 100                               | 0.170                                                 | 0.226 | 0.286 | 0.343 | 0.401 | 0.459 | 0.517 |                     |

**Tabla 1.3:** Valores de A/S para diferentes presiones de operación, a 20°C

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

Cuando se va a elaborar un sistema con recirculación, la ecuación 1.11 se convierte en:

$$A/S = \frac{CdQ - r[f(P_T - P_V) - (P_L - P_V)]}{S_O Q(760 - P_V)} \quad (1.12)$$

Donde  $Q_R$  es el caudal recirculado presurizado, L/s.  $Q$ , el caudal afluente al sistema de flotación.

$S_O$  es un valor fijo. Liberando mayor aire en la despresurización, se aumenta la relación A/S. Obteniendo así un efluente de mayor calidad.

“La densidad de aire en mg/L a la temperatura  $T$ , °C, a la presión  $H$  en cm de Hg, se puede calcular por” (Romero Rojas, 2000):

$$d = \frac{1,293}{1 + 0,00367T} \left( \frac{H}{76} \right) \quad (1.13)$$

El diseño de las unidades de flotación se ve influenciado por la concentración de sólidos, cantidad de aire, velocidad de crecimiento de las partículas y tasa de alimentación.

Según Romero Rojas (2000) en estudios de plantas piloto, las cuales contenían aguas residuales crudas, se usó relaciones A/S de 0.01 a 0.020. En plantas que contenían aguas domésticas e industriales, se utilizaron valores de 0.03 a 0.05.

| Temperatura °C | Densidad, mg/mL |
|----------------|-----------------|
| 0              | 1.293           |
| 2              | 1.284           |
| 4              | 1.274           |
| 5              | 1.270           |
| 6              | 1.265           |
| 8              | 1.256           |
| 10             | 1.247           |
| 12             | 1.224           |
| 14             | 1.230           |
| 15             | 1.226           |
| 16             | 1.221           |
| 18             | 1.213           |
| 20             | 1.205           |
| 22             | 1.196           |
| 24             | 1.188           |
| 25             | 1.184           |
| 26             | 1.180           |
| 28             | 1.173           |
| 30             | 1.165           |
| 35             | 1.146           |
| 40             | 1.127           |
| 50             | 1.093           |
| 60             | 1.060           |
| 70             | 1.029           |
| 80             | 1.000           |
| 90             | 0.972           |
| 100            | 0.946           |

**Tabla 1.4:** Densidad del aire a 1 atm

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

| Temperatura | Presión de vapor |       |
|-------------|------------------|-------|
| °C          | kPa              | mm Hg |
| 0           | 0.61             | 4.6   |
| 2           | 0.71             | 5.3   |
| 4           | 0.82             | 6.2   |
| 5           | 0.87             | 6.5   |
| 6           | 0.94             | 7.1   |
| 8           | 1.09             | 8.2   |
| 10          | 1.23             | 9.2   |
| 12          | 1.42             | 10.7  |
| 14          | 1.61             | 12.1  |
| 15          | 1.7              | 12.8  |
| 16          | 1.81             | 13.6  |
| 18          | 2.02             | 15.2  |
| 20          | 2.34             | 17.6  |
| 22          | 2.66             | 20.0  |
| 24          | 3.02             | 22.7  |
| 25          | 3.17             | 23.8  |
| 26          | 3.38             | 25.4  |
| 28          | 3.71             | 27.8  |
| 30          | 4.24             | 31.8  |
| 40          | 7.38             | 55.4  |
| 50          | 12.33            | 92.5  |
| 60          | 19.92            | 149.4 |
| 70          | 31.16            | 233.7 |
| 80          | 47.34            | 355.1 |
| 90          | 70.1             | 525.8 |
| 100         | 101.33           | 760.0 |

**Tabla 1.5:** Presión de vapor del agua

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

### 1.3.5. Forma del tanque

Existen dos formas básicas, rectangular y circular. Infilco Degremont Inc indica que en general el diseño circular debe ser elegido, siempre y cuando el espacio lo permita.

Según Bennett y Peters (1988) las ventajas del diseño circular incluyen.

- Economía en la construcción.
- Baja velocidad en toda la zona de flotación.
- El limpiador en pivote reduce los requerimientos de mantenimiento y lubricación.
- Se pueden agregar raspadores en el fondo, con un pequeño incremento en el costo.

Así mismo muestra las ventajas de los tanques rectangulares.

- Se conserva más espacio en el sitio donde se sitúe.
- Se puede estandarizar las piezas que lo conforman.
- La parte inferior de la tolva elimina la necesidad de un raspador inferior.

#### **1.3.6. Aditivos químicos**

La mayoría de los sistemas de flotación con incorporación de aire usan aditivos químicos. Desde los inicios de los sistemas de flotación por aire la importancia de los químicos para romper emulsiones y formar flocs fue reconocida. Biesinger, Vining, y Shell (1974) probó la eficiencia de este sistema (con reciclaje) en una planta de empacado de carne, con y sin el uso de químicos. Sin el uso de químicos se removió un 73 % de grasa y aceite; mientras que con el uso de químicos (alumbre) se incrementó la remoción a un 86 %.

Hart (1970) experimentó el uso de aditivos. Se alcanzó un 65 % de remoción de grasas y aceites, sin el uso de aditivos; mientras que con el uso de aditivos se alcanzó una remoción del 79 %.

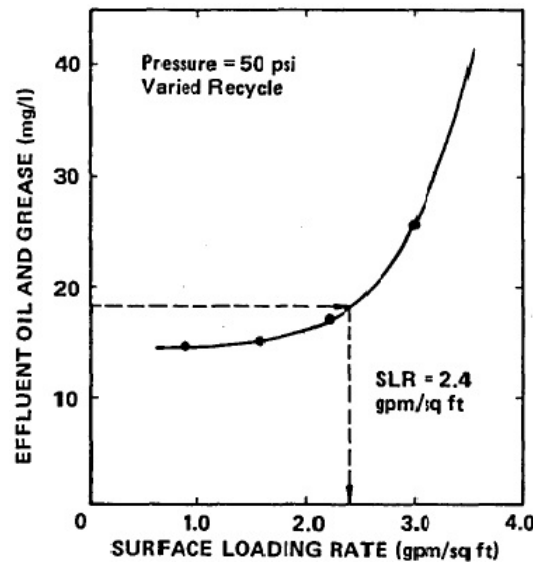
#### **1.3.7. Tiempo de retención**

En la tabla 1.6 se puede notar que el tiempo de retención está entre 10 y 60 min. Murakami y Robe (1975) reportó que el tiempo óptimo de residencia es de 7 min, basándose en maximizar la remoción de DQO.

Adams, Ford, y Eckenfelder (1981) demostró la importancia de la carga superficial. Graficó la concentración de FOG contra la carga superficial. En la figura 1.5 se puede apreciar como existe un punto en la curva, en el cual existe un gran cambio de pendiente.

### **1.4. Flotación por dispersión de aire (IAF)**

La flotación por dispersión de aire se empezó a usar para tratamiento de aguas residuales alrededor del año 1970, antes de eso solo se había usado en la industria minera (Murakami y Robe, 1975). Es un proceso usado para la remoción de aceites emulsionados y sólidos suspendidos en aguas residuales. En este sistema las burbujas son formadas mediante la introducción del gas directamente en la fase líquida, mediante un impulsor giratorio. Burbujas de alrededor de 1000  $\mu\text{m}$  son formadas. El impulsor actúa como una bomba, forzando al líquido a través de las aperturas del dispersor, creando un vacío en el tubo vertical. El vacío lleva aire al tubo vertical, mezclándose con el líquido (Metcalf y Eddy, 1979). La mezcla líquido-gas viaja a través del dispersador, causando un gas con burbujas muy pequeñas (Metcalf y Eddy, 1979). Posteriormente las burbujas se adhieren a las partículas de grasa y aceite. Se elevan hacia la superficie para posteriormente ser removidas por palas

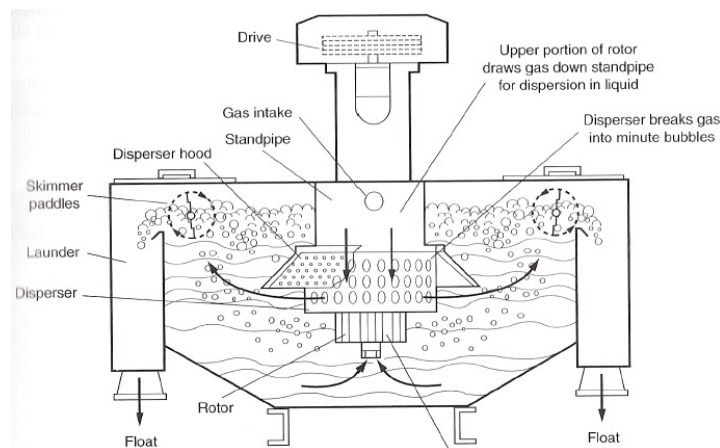


**Figura 1.5:** Efecto de la carga superficial sobre la cualidad del efluente

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

mecánicas.

El equipamiento necesario para desarrollar flotación por aire disuelto es simple; pero su mecánica de fluidos no. La forma y dimensiones de la turbina se han determinado mediante ensayos de prueba y error en pequeños modelos a escala (Sylvester, Byeseda, et al., 1980).



**Figura 1.6:** Unidad de flotación por dispersión de aire.

Fuente: (EIMCO)

Metcalf y Eddy (1979) menciona ventajas y desventajas de la flotación por dispersión de aire. Entre las ventajas tenemos:

- Son pequeños en relación a otros equipos.
- Menor costo.
- Capacidad de remover relativamente aceite libre y partículas en suspensión.

|                                                                           |                            |                                |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Presión de aire en el tanque de saturación<br/>(lb/in<sup>2</sup>)</b> |                            |                                |
| (Adams et al., 1981)                                                      |                            |                                |
| (De Renzo, 1981)                                                          |                            |                                |
| (Beychock, 1967)                                                          |                            |                                |
| <b>Tiempo de retención (min)</b>                                          | <b>Tanque de flotación</b> | <b>Tanque de presurización</b> |
| (De Renzo, 1981)                                                          | 20–60                      | 0.5–3.0                        |
| (Beychock, 1967)                                                          | 15–20                      | 2                              |
| (of Refining, 1969a)                                                      | 10–40                      | 1–2                            |
| <b>Carga hidráulica (gal/min/ft<sup>2</sup>)</b>                          |                            |                                |
| (Adams et al., 1981)                                                      |                            | 1–4                            |
| (Beychock, 1967)                                                          |                            | 3–0                            |
| (of Refining, 1969a)                                                      |                            | 2–2.5                          |
| <b>Requerimiento de aire (SCF/100gal)</b>                                 |                            |                                |
| (Beychock, 1967)                                                          |                            | 0.25–5.5                       |
| (of Refining, 1969a)                                                      |                            | 0.5–1.0                        |

**Tabla 1.6:** Parámetros según diferentes autores

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

Las desventajas son que nombra Metcalf y Eddy (1979) son:

- Más necesidad de energía en comparación con el sistema de presurizado.
- El rendimiento depende de un control hidráulico estricto.
- En cuanto a la floculación, funciona bajo parámetros mas estrictos.
- La cantidad de nata que se retira de la superficie es significativamente mayor que el sistema de flotación mediante aire disuelto.

V. Degner y Winter (1979) describe al DAF como un proceso relativamente estático, con un alto tiempo de retención, usando relativamente pequeñas cantidades de gas. Por otro lado, el IAF es un proceso con menor tiempo de retención , menos estático que el DAF, usando altas cantidades de gas.

La principal diferencia es el mecanismo que se usa para introducir aire (Wang, 2006), (Krofta y Wang, 1999), (Bennett y Peters, 1988). Wang, Shammas, Selke, y Aulenbach (2010) hace un listado de las diferencias entre DAF Y IAF:

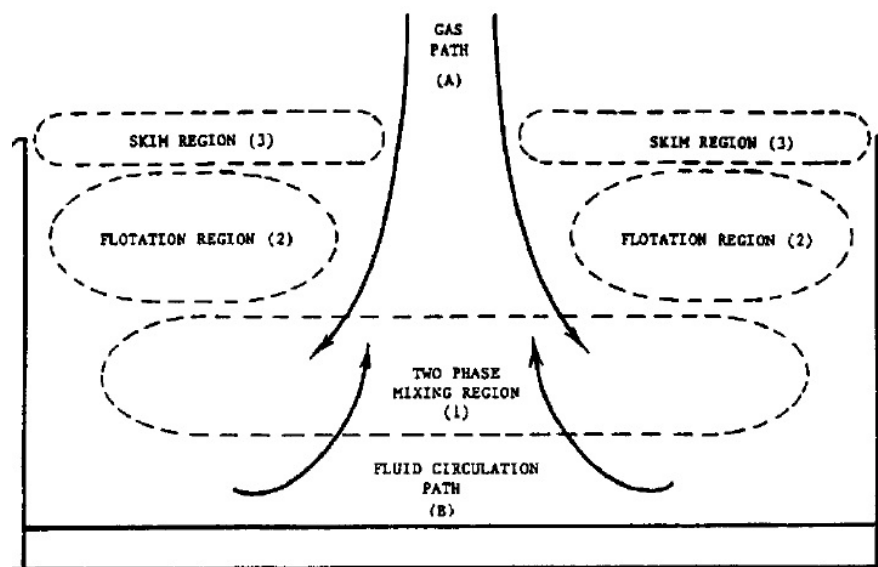
- En los sistemas DAF el aire primero es sometido a una presión mayor a la atmosférica, después sale en forma de burbujas pequeñas a presión atmosférica. En los sistemas DAF, los rotadores de alta velocidad producen mayor cantidad de aire, produciendo burbujas mucho más grandes que las burbujas de los sistemas DAF.
- El IAF tiene un corto tiempo de retención (5 min o menos), lo que conlleva a un menor tamaño de la equipación (V. Degner, 1976).
- Unidades comerciales de IAF utilizan el principio de multicelda para sus diseños. Esto con el fin de evitar cortocircuitos, mientras se permite mas de una oportunidad de remover los contaminantes.

- En DAF los aditivos químicos son añadidos con el fin de flocular el aceite y los sólidos suspendidos, así las burbujas pueden adherirse de una manera mas fácil al floc y elevarse hacia la superficie. En IAF, los químicos son añadidos con el fin de disminuir la cantidad de aire.
- En los sistemas DAF, los químicos son incorporados y mezclados en un tanque que precede al tanque de flotación. Por el contrario, en los sistemas IAF, los químicos son introducidos justo antes de la primera boquilla expulsora de aire. Esta boquilla provoca la energía necesaria para que el aditivo se mezcle.

V. Degner (1976) describió las características hidráulicas, figura 1.7, de las unidades IAF de la siguiente manera: “ Las unidades de flotación por dispersión de aire consiste en dos flujos (gas y líquido) juntos con tres distintas regiones, cada una de las cuales es importante para alcanzar una adecuada depuración del agua residual. Si la celda de flotación ingiere aire naturalmente, es decir, el aire no se suministra a la celda a través de un compresor externo, el aire entrará en el líquido por la parte alta, en vez de la parte baja del vaso de flotación (*Path A*). Al mismo tiempo, el líquido circula desde la región inferior del vaso (*Path B*) reuniéndose y mezclándose con el aire ingerido a través de la porción superior del recipiente en la zona de mezcla de dos fases *Region 1*.” V. Degner (1976) describe dos zonas adicionales:

**La zona de flotación (*Region 2*).** Está generalmente arriba de la zona de mezcla, a través de la cual las burbujas que llevan las partículas contaminantes pueden elevarse sin una perturbación física excesiva, la cual podría causar que la partícula contaminante se separe de la burbuja de aire y por consiguiente no se eleve a la superficie para ser retirada.

**La zona de desnataje (*Region 3*).** En zona se debe proporcionar un patrón de flujo a la superficie para barrer la nata cargada de contaminantes.



**Figura 1.7:** Características hidráulicas de una unidad IAF

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

### 1.4.1. Rendimiento del IAF

| Aditivo químico | Concentración (mg/L) | Ph | Influyente COD (mg/L) | COD removal (%) | Influyente aceite (mg/L) | Aceite (%) | Influyente sulfuros (mg/L) | Sulfuros remoción (%) |
|-----------------|----------------------|----|-----------------------|-----------------|--------------------------|------------|----------------------------|-----------------------|
| Agua cruda      | –                    | 9  | 1                     | –               | 222                      | –          | 318                        | –                     |
| Ninguno         | 0                    | 9  | 1.06                  | 23              | 58                       | 48         | 238                        | 25                    |
| Polielectrolito | 25                   | 9  | 1.171                 | 15              | 42                       | 62         | 256                        | 20                    |
| Polielectrolito | 6                    | 9  | 988                   | 28              | 41                       | 63         | 256                        | 20                    |
| Polielectrolito | 12.5                 | 9  | 868                   | 37              | 41                       | 63         | –                          | –                     |
| Polielectrolito | 12.5                 | 9  | 892                   | 35              | 44                       | 60         | 223                        | 30                    |

**Tabla 1.7:** Rendimiento del IAF en un prototipo a escala

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

Adams et al. (1981) desarrolló un modelo a escala y obtuvo algunos resultados mostrados en la tabla 1.7.

Van Ham, Behie, y Svrcek (1983) estudió este sistema de flotación experimentando con columnas de 10 cm de diámetro y 150 cm de alto. Se descubrió que su rendimiento es altamente afectado por la forma de distribuir el aire. Las variables que fueron investigadas fueron: platos porosos; platos de un solo agujero; o platos de varios agujeros; la concentración inicial de aceite (30 - 600 mg/L); la distribución de las gotas de aceite (1.0 - 30  $\mu\text{m}$ ); el surfactante a usar y la velocidad del gas.

Las conclusiones a las que llegó Van Ham et al. (1983) fueron las siguientes:

- Los datos experimentales de la columna de flotación siguen un modelo cinético de primer orden.
- La manera en la cual se introduce aire afecta en gran magnitud el rendimiento del sistema.
- Distribuidores agujeros múltiples dieron mejores resultados que los porosos o distribuidores de un solo agujero.
- La adición de hasta 4 por ciento en peso de cloruro de sodio dió como resultado un mejor rendimiento de la columna.
- En condiciones óptimas con un distribuidor de aire de agujeros múltiples, era posible operar la columna de flotación de manera que las concentraciones finales de aceite fueran muy bajas.

Sylvester et al. (1980) estudió la separación del aceite, estabilizado con sulfonato de petróleo, de soluciones de sal muera mediante flotación por dispersión de aire. Se investigó los efectos de la concentración de aceite, tiempo de residencia, cantidad de aire, tamaño de la burbuja, dimensión de la gota de aceite, temperatura, concentración del cloruro de sodio y del plieléctrico caótico. Según el estudio, la gota de aceite; el tamaño de la burbuja; tiempo de residencia, y concentración del plieléctrico caótico fueron las variables más

significativas en el rendimiento del *IAF*. Se observó que solo gotas mayores a  $2\mu\text{m}$  fueron significativamente removidas; por lo contrario gotas más pequeñas fueron generadas por el rotor inyector de aire. Además, el polieléctrico caótico mejoró el rendimiento de la flotación ya que incrementó el número de grandes gotas de aceite. Este experimento también mostró que el mecanismo para la eliminación de gotas pequeñas de aceite se dió por parte de burbujas de 0.2 a 0.7 mm.

El estudio de Sylvester et al. (1980) arrojó las siguientes conclusiones:

- Solo burbujas superiores a  $2\mu\text{m}$  mostraron una remoción significativa.
- Gotas menores a  $2\mu\text{m}$  fueron creadas por la fuerza cortante producida por la inducción de aire.
- Para el *IAF* de etapas múltiples la mayoría de las gotas fueron removidas en la primera etapa.
- El tamaño de las gotas de aceite y el de las burbujas de aire hacen que varíe la calidad de la remoción.
- Un rango de temperaturas entre 17 y  $32^{\circ}\text{C}$  no tuvieron un efecto significativo en la remoción.
- En el rango práctico de operaciones el caudal de aire no fue importante al momento de alterar la calidad de la remoción.
- El polímero caótico incrementó la eliminación del aceite, ya que aumentó el tamaño de las gotas en el tanque de flotación.
- Para burbujas de diámetro entre 0.2 a 0.7 mm y gotas de 1 a  $15\mu\text{m}$  de diámetro el mecanismo de remoción fue la captura hidrodinámica.

Burkhardt (1983) por su parte, investigó la importancia relativa de las variables en un sistema *IAF*. Pasó agua residual de una celda *IAF* a través de un espectrofotómetro y midió la absorbancia (debido a la concentración de aceite) como una función del tiempo, figura 1.8. Los datos que recaudó se adaptaban a un modelo de primer orden:

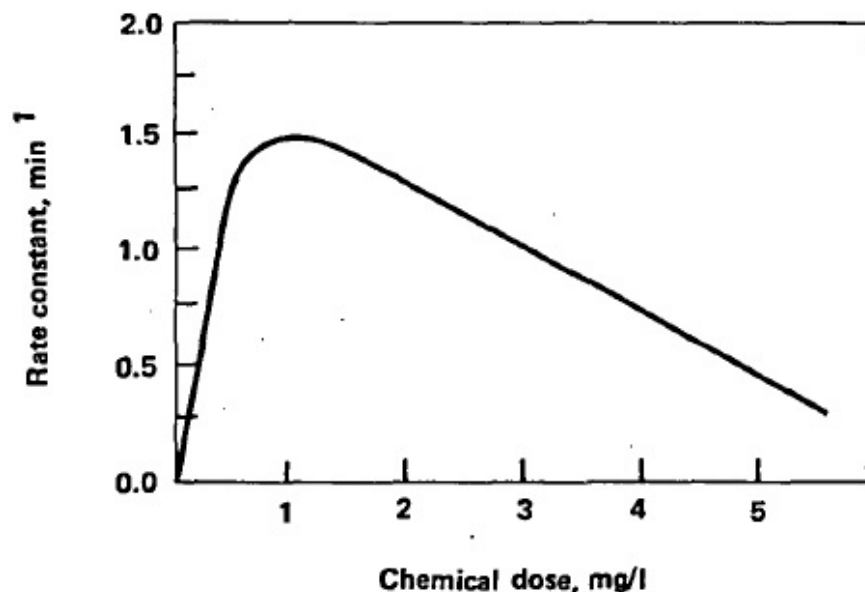
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -KC \quad (1.14)$$

Donde  $t$ , es el tiempo de tratamiento en el sistema.  $K$ , la constante de velocidad y  $C$ , la concentración del contaminante (aceite). La extensión de la ecuación 1.14 de una simple estación a una de cuatro, secuencial de igual volumen de operación responde a la siguiente ecuación (Bennett y Peters, 1988):

$$\frac{C_4}{C_0} = \left(\frac{1}{1 + Kt}\right)^4 \quad (1.15)$$

Donde,  $C_4$  es la concentración del contaminante a la salida de la celda 4,  $C_0$ , la concentración del influente,  $K$ , la constante de velocidad y  $t$ , el tiempo de residencia total en el sistema *IAF*.





**Figura 1.8:** Uso de un análisis cinético para ilustrar el efecto de los aditivos químicos en el rendimiento de un sistema IAF

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

La figura 1.8 muestra que hay un punto óptimo de la cantidad de aditivo químico; después de ese punto la cantidad del aditivo disminuye el rendimiento del sistema.

#### 1.4.2. Unidades *IAF* de celdas múltiples

Las investigaciones de Ellis, Fischer, et al. (1973) han convencido que una unidad multiceldas es mas versátil y confiable que las unidades que solo constan de una celda. Al estar cada celda conectada, cada celda mejora la calidad procedente de la celda anterior, por lo tanto una unidad tendrá varias oportunidades de mejorar la calidad del agua residual. Al contrario, un sistema de una sola unidad solo tendrá una oportunidad de mejorar la calidad del agua residual; por lo tanto, si no se presentan las condiciones óptimas el resultado de la depuración del agua será deficiente (Bennett y Peters, 1988). Una prueba comparó un sistema de una celda única versus un sistema de varias celdas. El efluente del sistema multicelda mostró una concentración de 2 a 10 mg/L versus una concentración de 10 a 21 mg/L del sistema de una celda.

#### 1.4.3. *IAF* como parte de una unidad de tratamiento en una fábrica de papel

Las unidades IAF usan el principio en el cual la extracción de espuma es proporcional al área superficial y no al volumen del tanque de flotación. Por ello, para este caso en específico, se usó una superficie larga y un fondo de 80 cm. Grandes cantidades de espuma se producen en un tanque de bajo costo (Wood y Sci., 2002). La unidad IAF para este proyecto fue específicamente diseñada para remover tinta de agua residual mediante la producción artificial de espuma. La tinta es atrapada por la espuma; por lo tanto al extraer la espuma se extrae la tinta

(Somasundaran, Zhang, Krishnakumar, y Slepetys, 1999). Según Zhao, Deng, y Zhu (2004), Drelich, Nalaskowski, Gosiewska, Beach, y Miller (2000), Drelich, Pletka, et al. (2001) y Pirttinen y Stenius (2000) el destintado por flotación tiene tres ventajas notables:

- El desprendimiento de las partículas de la tinta de las fibras.
- Una adhesión efectiva de las partículas de tinta con las burbujas de aire.
- La eliminación de espuma y tinta de las unidades de flotación.

De acuerdo a J. Borchardt (1992), J. K. Borchardt (1997), Drelich, Zahn, Miller, y Borchardt (2001) y Shammas, Wang, y Selke (2010) los surfactantes pueden afectar de una manera positiva o negativa los tres procesos anteriormente mencionados. Para Beneventi y Carre (2000), J. Borchardt (1994) y Rao y Stenius (1998) desempeñan la siguiente función:

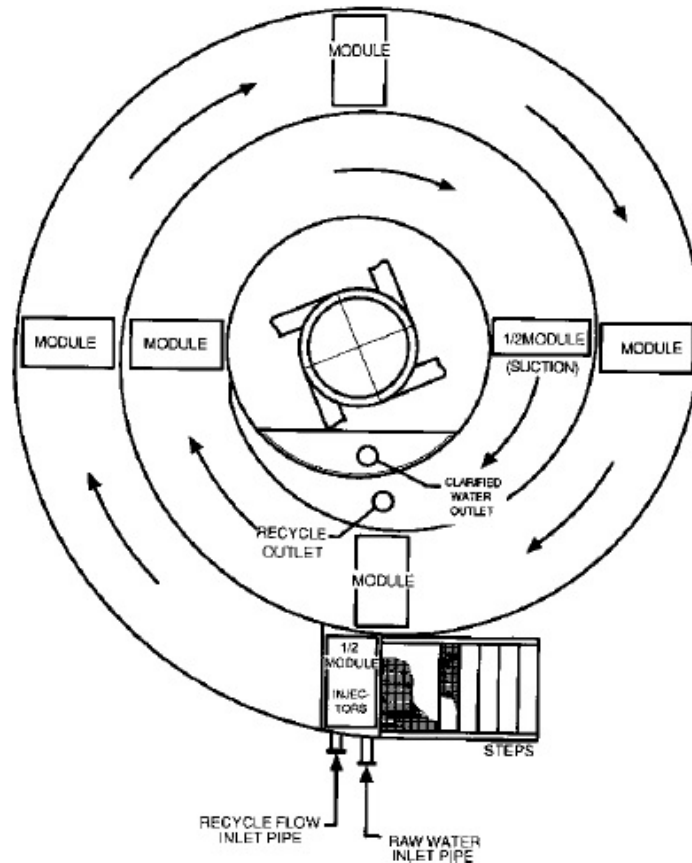
- Como dispersante para separar las partículas de tinta de la superficie de la fibra y prevenir que se asienten las partículas separadas en las fibras.
- Como colector para aglomerar desde partículas pequeñas a grandes y cambiar la superficie de las partículas de hidrófilas a hidrófobas.
- Como generador de una capa de espuma en la parte superior; para posteriormente ser eliminada.

La figuras 1.9 muestra una unidad IAF con 40 pies de diámetro.

Shammas et al. (2010) presenta otro caso donde se usa una unidad *IAF*. El lugar es una planta de tratamiento de papel reciclado en Italia. De igual manera que en la fábrica anterior; la unidad *IAF* producía grandes cantidades de espuma. La extracción era proporcional a la superficie y no al fondo del tanque, siendo el fondo del tanque 80 cm.

La unidad *IAF* fue equipada con múltiples inyectores para así crear finas burbujas de espuma. Una bomba alimenta el segundo círculo interno con la espuma del círculo externo. Las boquillas ayudan a formar un movimiento circular en el tanque. El movimiento puede ser regulado ajustando el caudal que circula, la cantidad de aire y la dirección de las boquillas. Lo que ha sido limpiado es descargado al centro, al fondo de las unidad *IAF*. Si se desea se puede volver a recircular el agua residual, cuantas veces se desee (Shammas et al., 2010).

Además Shammas et al. (2010) menciona que la construcción se hizo usando acero inoxidable, a un bajo costo de fabricación. El tanque es abierto, permite el fácil acceso, observación del proceso y limpieza. La espuma es aspirada y pasada a un ciclón. Aire aspirado por la aspiradora de espuma mantiene la intalación limpia. El tiempo de retención es pequeño, de 5 a 10 min, esto debido a que el tanque es largo y posee un volumen pequeño.



**Figura 1.9:** Unidad IAF

Fuente: (Shammas et al., 2010)

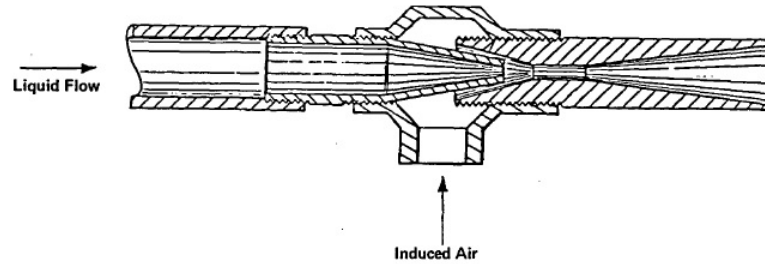
### 1.5. Boquilla de aire de flotación

Esta técnica, *Nozzle Air Flotation*, por su nombre en inglés; puede ser vista como una innovación en el campo de la flotación por dispersión de aire (IAF) (Bennett y Peters, 1988). Las burbujas producidas son de 400–800  $\mu\text{m}$  (Gopalratnam, Bennett, y Peters, 1988). Como su nombre lo indica es una boquilla que inyecta aire, cuyas patentes fueron otorgadas a V. R. Degner y Colbert (1978). Según Bennett y Peters (1988) hay cuatro aspectos únicos de esta técnica:

- El dispositivo de inyección utiliza como boquilla de aspiración de gas un extractor, figura 1.10, para extraer aire en aguas residuales tratadas con reciclaje, desarrollando verdaderamente una mezcla de dos fases de aire y agua que posteriormente se descarga en el recipiente de flotación.
- El éxito de la operación de este sistema depende si se encuentra en un régimen de la curva, figura 1.11, en el cual la densidad de energía del efluente (definida como la energía cinética de la descarga del líquido igual a  $1/2mv^2/g$ ) dividida para el volumen del tanque es graficada en contra de la densidad del efluente en la mezcla.
- Más de una celda de flotación es usada, usualmente cuatro, cada una con un tiempo de residencia de un minuto aproximadamente. El agua residual

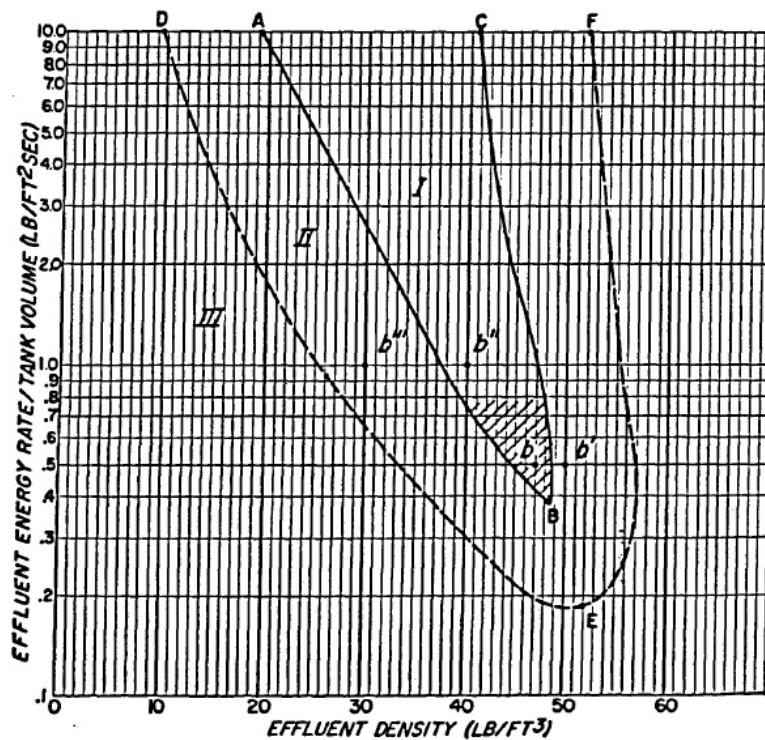
pasa de celda en celda por debajo de una barrera que divide una celda de otra.

- Una contrapresión de 0.5 a 1.0 oz mantiene una manta de gas entre el nivel del líquido y la cubierta a prueba de gas que elimina los olores y permitiría tratar cualquier gas residual en un dispositivo de contaminación del aire, reduciendo así las emisiones atmosféricas de hidrocarburos



**Figura 1.10:** Aspiración de aire en fluido en el centro de concentración

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)



**Figura 1.11:** Curva de energía/densidad para *Nozzle Air Flotation*. Define el régimen para una operación óptima.

Fuente: (Bennett y Peters, 1988)

### 1.5.1. Desarrollo del equipo.

Wemco, empresa dedicada al desarrollo de tecnología para el tratamiento de aguas residuales, ha desarrollado un sistema basado en los principios discutidos

anteriormente. En la figura , se muestra una sola celda de flotación, la cual es usada para ensayos a escala en laboratorio (Bennett y Peters, 1988). Wemco, asegura que el sistema *Nozzle Air Flotation* tiene grandes ventajas respecto al sistema convencional *IAF*, ventajas tales como:

- Mejor necesidad de energía puesto que se necesita solo de una bomba para mezclar y proveer de aire.
- Eliminación de las celdas de flotación externas, ya que los floculantes se mezclan en la primera celda de flotación.
- Requiere menos mantenimiento. Además poseen más tiempo de vida, debido a que no posee piezas de alta velocidad que se desgasten.

### 1.5.2. Rendimiento del *Nozzle Air Flotation*

J. Steiner, Bennett, Mohler, y Clere (1978) y Hobe (1978) estudiaron este método en clarificación y aguas residuales de conservas de atún, respectivamente. Cardile y Fronczak (1982) son los únicos autores que proporcionan datos sobre un sistema en operación. David y Vose (1977) notaron que Chevron prefiere el sistema *IAF* y posee una gran cantidad de unidades en funcionamiento en sus refinerías en Norte América, lamentablemente no brindaron información. J. L. Steiner (1977) estudió el rendimiento del *Nozzle Air Flotation* en el tratamiento de aguas residuales provenientes de los separadores API. Los parámetros que variaron fueron los siguientes: concentración de polímero, el porcentaje de reciclaje (varió como resultado de una tasa de inducción de aire variable) y el tiempo de residencia total. Un 77 % fue el mejor resultado que se obtuvo de la remoción de grasa y aceite; este porcentaje se obtuvo cuando la tasa de reciclaje fue la más alta, tabla 1.8.

|                                                  | Presión de la<br>boquilla (lb/in <sup>2</sup> ) |      |     |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------|-----|
|                                                  | 10                                              | 7.5  | 5   |
| Caudal reciclado (gal/min)                       | 28                                              | 24   | 20  |
| Tasa de inducción de aire (ft <sup>3</sup> /min) | 1.67                                            | 1.08 | 0.5 |
| Tiempo de residencia (min)                       | 1.4                                             | 1.55 | 1.8 |
| Aceite (mg/L)                                    |                                                 |      |     |
| Influyente                                       | 36                                              | 54   | 41  |
| Efluente                                         | 9                                               | 12   | 8   |
| Reomoción (%)                                    | 75                                              | 78   | 80  |
| Solidos Supendidos (mg/L)                        |                                                 |      |     |
| Influyente                                       | 64                                              | 60   | 57  |
| Efluente                                         | 15                                              | 17   | 17  |
| Reomoción (%)                                    | 77                                              | 72   | 70  |

**Tabla 1.8:** Efecto de diferentes presiones proporcionadas por la boquilla.

Fuente: (Wang et al., 2010)

Hobe (1978) brinda pocos detalles experimentales. Su estudio estuvo más enfocado en la necesidad de químicos, comparando el grado de eliminación con y sin químicos. Cuando el influente tuvo 1045 mg/L de grasa y aceite se obtuvo una remoción del 85 %, usando 25 mg/L de polímeros; sin aditivo, la eliminación fue de un 67 %. Los sobrenadantes estuvieron entre 25 a 30 % de grasas y aceites, 30 a 35 % de sólidos totales y 3 a 8 % de proteínas totales.

## **1.6. Flotación *Jet* y Flotación centrífuga**

### **1.6.1. Flotación *Jet***

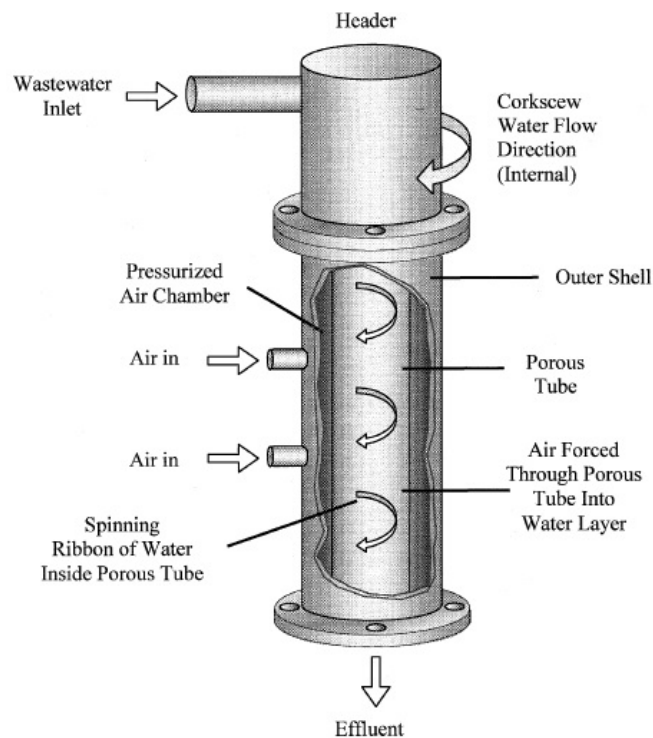
Según G. Jameson y Manlapig (1991) estas celdas de separación poseen un gran potencial para separar sólidos de líquidos y líquidos de líquidos. Sus grandes ventajas son: costo moderado; alto rendimiento y alta eficiencia (Clayton, Jameson, y Manlapig, 1991). Además, al tener partes móviles, sus costos de operación y mantenimiento son bajos. Las celdas jet consisten de una zona de aireación contacto (la bajada), una zona de separación de partículas o agregados de burbujas (el área de pulpa adecuada del tanque) y una zona de limpieza o formación de espuma (la zona adecuada del tanque).

Las burbujas formadas en este equipo son de tamaño medio, entre 100 y 600  $\mu\text{m}$  de diámetro (G. Jameson y Manlapig, 1991). Inicialmente su uso se daba solo en la industria minera; pero recientes avances han permitido que su uso se extienda al tratamiento de aguas residuales (G. J. Jameson et al., 2004).

### **1.6.2. Flotación centrífuga**

Mediante un hidrociclón o un cilindro simple se desarrolla un campo centrífugo, el mismo que sirve de separador (Rubio et al., 2002). La aereación se produce inyectando aire, por medio de limitaciones de flujo, como mezcladores estáticos o boquillas. Jordan y Susko (1992) asegura que las medidas de las burbujas producidas por este mecanismo van desde 100 a 1000  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Se puede clasificar como una unidad de flotación centrífuga al hidrociclón rociado con aire, ASH, por sus siglas en inglés (Ye, Gopalakrishnan, Pacquet, y Miller, 1988). El sistema consiste en expulsar aire a través de una pared de tubo poroso, este aire se corta en numerosas burbujas por el flujo de remolino de alta velocidad de la fase acuosa (Rubio et al., 2002).



**Figura 1.12:** Sistema BAF.

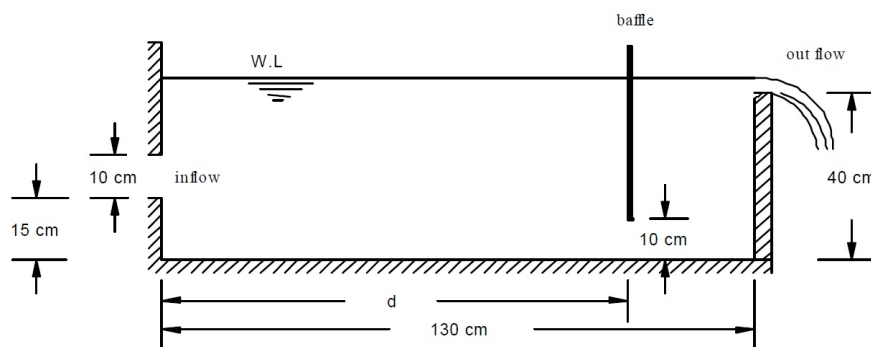
Fuente: (Rubio et al., 2002)

Recientes reportes han mostrado aplicaciones en remoción de grasas, aceites, DBO, etc. Sistemas de burbuja de flotación acelerada, BAF, por sus siglas en inglés, figura 1.12, tienen bajos tiempos de retención (Colic et al., 2001).

### 1.7. Separación por gravedad

El tanque de separación de grasas y aceites del agua residual es uno de los tratamientos más usados. A causa de la diferencia de densidades entre el agua, las grasas y aceites; la sustancia más liviana se elevará a la superficie. Para un desempeño eficaz del tanque es necesario un flujo uniforme; esto permitirá que las partículas se eleven de una manera rápida hacia la superficie (ley de Stokes) (Hussein, Abdullah, Harun, y Abdulkhaleq, 2013).

Morrow y Dodget (1991) instaló placas separadoras de flujo a diferentes distancias de la entrada del tanque; demostrando que su posición tiene gran importancia. Sus experimentos se dieron en un tanque de 1.80 m de largo por 0.46 m de ancho. La velocidad axial en el centro del tanque fue validada con predicciones en computadora. Chen y Nor (2011) desarrolló un modelo en cual se ensaya el espaciamiento entre perforaciones en una placa separadora de flujo. La simulación con un espaciamiento de 40 mm tuvo un mejor desempeño que un espaciamiento de 69.3 mm, los diámetros de los agujeros fueron de 10.5 mm. Aziz, Holt, Keener, Groninger, y Ducoste (2010) analizó modelos numéricos y físicos, sus estudios se basaron en probar diferentes geometrías, colocar placas divisorias de flujo. Se obtuvo una remoción del 90 % cuando el tiempo de retención hidráulica fue de una hora.



**Figura 1.13:** Vista transversal del tanque usado en el experimento.

Fuente: (Hussein et al., 2013)

Hussein et al. (2013) investigó la mejor ubicación, para una sola placa separadora, en un tanque de flotación rectangular, figura 1.13. La mejor locación es cuando el volumen de la zona de circulación (tabla 1.9) y la zona muerta son mínimas (Razmi, Firoozabadi, y Ahmadi, 2009). Este estudio investigó el efecto de la posición de la placa separadora mediante el programa flow 3D. Se llegó a la conclusión de que una locación entre el 75 y 80 % del largo del tanque es la mejor para conseguir una uniformidad en el flujo, necesaria para que la remoción de grasas y aceites sea eficiente.

| Distancia de la placa (d) desde la entrada (cm) | 60    | 80   | 100  | 120  |
|-------------------------------------------------|-------|------|------|------|
| Volumen de la zona de circulación (%)           | 66.42 | 64.7 | 58.7 | 59.8 |

**Tabla 1.9:** Volumen de la zona de circulación en diferentes ubicaciones

Fuente: (Hussein et al., 2013)

Los separadores de grasa remueven entre el 20 y 30 % del DBO, 40 a 45 % de sólidos suspendidos y 50 a 60 % de grasas (Somasundaran et al., 1999). Los químicos pueden mejorar la eficiencia de los tratamientos; pero para ello son necesarios 20 min de floculación para que los efectos sean significantes (Somasundaran et al., 1999). Frecuentemente la flotación se logra sin químicos, a menos que se deba mejorar la calidad del efluente.

Hussein, Abdullah, Ibrahim, y Said (2016) investigó el efecto, sobre el flujo, de una placa separadora a la entrada del tanque de flotación. En sus conclusiones indican que la mejor ubicación, de una placa, es aquella que mitiga la velocidad horizontal de entrada tanto como sea posible. Esta situación permitirá a la gotas de aceite juntarse con otras gotas y elevarse de una manera tranquila, sin perturbaciones en el flujo. Los autores recalcan que para saber con certeza cual es la mejor posición para colocar una placa; se tiene que estudiar en dos direcciones el perfil de velocidad, la distribución de la concentración de



aceite y la eficiencia de la eliminación.

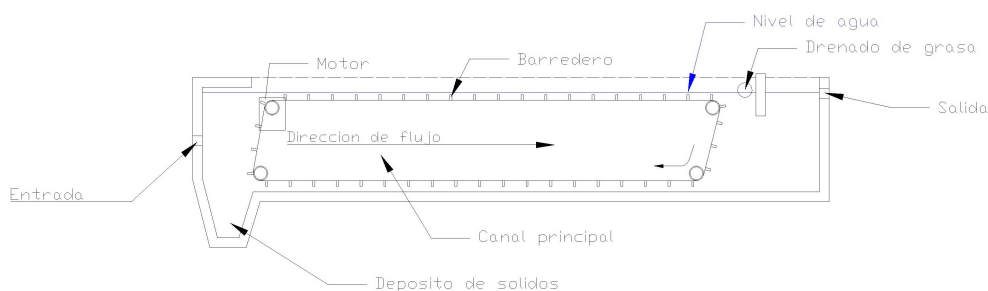
En el estudio realizado por Hussein et al. (2016) mostró que colocando la placa a una distancia que cumpla con la relación  $d/L=0.12$  ayuda a obtener una velocidad mínima horizontal y se obtiene una mayor remoción de aceite.

Los separadores por gravedad son dispositivos económicos, de fácil instalación y mantenimiento. Son eficientes cuando las grasas y aceites a remover son de origen animal y vegetal.

### 1.8. Separador API

Los separadores API son usados para remover aceites de las aguas residuales en los procesos industriales y refinerías. El uso de estos separadores API está limitado a la remoción de aceites y grasas insolubles en el agua y a la retención de sólidos en suspensión, separados por medio de la gravedad (método físico), haciendo que las grasas y aceites se eleven y los sólidos se depositen en el fondo del tanque API debido a la diferencia de densidades. La eficacia de los separadores API está ligada al tiempo de retención del caudal de aguas servidas. La remoción de elementos en el agua residual va a variar dependiendo del tiempo de retención que tenga el mismo con un tiempo mínimo de 20 minutos, obteniendo una remoción de alrededor del 65%; pero con un tiempo de retención de 60 minutos, dará a lugar una remoción aproximada de 95% (López-Vázquez y Fall, 2004). Los criterios de diseño del separador API es patentado por el American Petroleum Institute (API).

En los separadores API para mejorar su eficiencia se instalan unas barrederas en los costados del separador, las cuales ayudan a acumular los aceites y grasas en la parte superior y los sólidos suspendidos en la parte inferior del tanque. El aceite se concentra en las proximidades de un recolector de grasas, ubicado en la parte delantera del separador, retirados por un dren. Mientras que los sólidos son depositados en los depósitos en la parte posterior, para su acumulación y posterior drenado. La velocidad de la barredera instalada deberá tener una velocidad muy baja, equivalente a la velocidad del flujo para evitar posibles turbulencias en el proceso.



**Figura 1.14:** Esquema de una separador API

Fuente: Autores

### 1.8.1. Diseño

Para el diseño de un separador de aceites y grasas API, se tomaran en cuenta factores necesarios para el diseño tales como:

- $Q$  = Caudal medio del agua residual en  $\frac{m^3}{s}$ .
- $T$  = Temperatura de diseño en  $^{\circ}C$ .
- $\rho_w$  = Densidad del agua residual en  $\frac{Kg}{m^3}$ .
- $\rho_o$  = Densidad del aceite en  $\frac{Kg}{m^3}$ .
- $\mu$  = Viscosidad del agua residual en  $\frac{N \cdot s}{m^2}$ .

Los criterios básicos para el diseño de separadores API, fueron formuladas por of Refining (1969b), tomando en consideración el diámetro de la gota de aceite mínima de 150 micras, es decir, 0.015 centímetros. Donde el área horizontal mínima se calcula con la expresión:

$$A_H = \frac{Q \cdot F}{V_t} \quad (1.16)$$

En donde:

- $A_H$  = Área horizontal mínima en  $m^2$ .
- $Q$  = Caudal del agua residual en  $\frac{m^3}{s}$ .
- $F$  = Factor de turbulencia y corto circuito.
- $V_t$  = Velocidad de ascenso de las burbujas aceite en  $\frac{m}{s}$

El factor por turbulencia y cortocircuito

$$F = F_1 \cdot F_2 \quad (1.17)$$

En donde:

- $F$  = Factor de turbulencia y corto circuito.
- $F_1$  = Factor de compensación por cortocircuito. Se usa el valor de 1.2 .
- $F_2$  = Factor de compensación por turbulencia. En este intervienen los factores velocidad de elevación ( $V_t$ ) y la velocidad horizontal ( $V_H$ ), como se ve en la tabla 1.10.

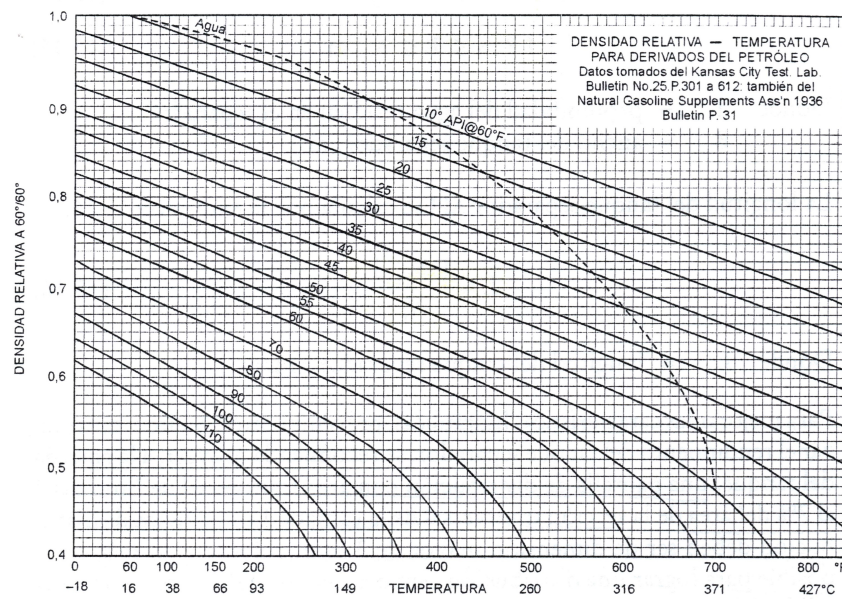
La velocidad a la que se elevan las gotas de aceite se puede calcular por la ecuación de Stokes o por la ecuación 1.6.

En las industrias, en general, el agua después de su uso la temperatura media es de  $45^{\circ}C$ , la viscosidad de diseño se puede tomar como  $6.0 \times 10^{-4} \frac{N \cdot s}{m^2}$  o 0.006 poise. Las densidades de los aceites que se muestran en la figura 1.15, son las densidades relativas para los diferentes hidrocarburos en diferentes grados

| $\frac{V_H}{V_t}$ | $F_2$ |
|-------------------|-------|
| 20                | 1.45  |
| 15                | 1.37  |
| 10                | 1.27  |
| 6                 | 1.14  |
| 3                 | 1.07  |

**Tabla 1.10:** Valores recomendados para  $F_2$ 

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

**Figura 1.15:** Densidades relativas de hidrocarburos

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

API.

En la siguiente figura el autor del libro "Tratamiento de aguas residuales y principios de diseño"(Romero Rojas, 2000). La velocidad horizontal máxima permisible en el separador viene dada por la siguientes ecuaciones:

$$V_H \leq 15 \cdot V_t \quad (1.18)$$

$$V_H \leq 0,0015 \cdot \frac{m}{s} \quad (1.19)$$

Se toma como 0 el valor de la velocidad horizontal ( $V_H$ ) al menor valor. En donde:

- $v_t$  = Velocidad de ascenso de la burbuja de aceite en  $\frac{m}{s}$ .

El área de sección transversal mínima se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A_C = \frac{Q}{V_H} \quad (1.20)$$

En el cual:

- $A_C$  = Área de la sección transversal en  $m^2$ .
- $Q$  = Caudal del agua residual en  $\frac{m^3}{s}$ .
- $V_H$  = Velocidad horizontal en  $\frac{m}{s}$ .

Según (Romero Rojas, 2000) las relaciones para el diseño mínimas y máximas están representados por:

$$0,3 \leq \frac{d}{B} \leq 0,5 \quad (1.21)$$

$$0,9m \leq d \leq 2,4m \quad (1.22)$$

$$2,8m \leq B \leq 6m \quad (1.23)$$

En el cual:

- $d$  = Profundidad del agua en el separador en metros.
- $B$  = Ancho del tanque separador en metros.

La longitud del separador viene dada con la expresión:

$$L = \frac{F \cdot V_H \cdot d}{V_t} \quad (1.24)$$

En donde:

- $L$  = Longitud del separador API.
- $F$  = Factor de turbulencia y corto circuito.
- $V_H$  = Velocidad horizontal en  $\frac{m}{s}$ .
- $d$  = Profundidad del agua en el separador en metros.
- $v_t$  = Velocidad de ascenso de la burbuja de aceite en  $\frac{m}{s}$ .

Para maximizar el rendimiento y evitar cortocircuito al momento de que el agua residual entra en el tanque separador es recomendable que el área de distribución del agua sea de un 3 a 7 % del área transversal del tanque API. El área de distribución debe tener orificios de 3 milímetros (mínimo) ya que esto lograría una distribución más uniforme. El sumidero de aceite deberá sumergirse entre 0.5d hasta 0.6d. En el vertedero de salida, encontramos una perdida de pared delgada en caída libre. La cual es posible calcular mediante la ecuación de Francis.

$$H = \left( \frac{Q}{1,84 \cdot L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1.25)$$

En donde:

- $H$  = Altura de la lamina de agua sobre el vertedero en metros.
- $Q$  = Caudal de agua en  $\frac{m^3}{s}$ .
- $L$  = Longitud del vertedero en metros.

### 1.8.2. Consideraciones de diseño

- El agua deberá llegar por gravedad, ya que se pueden llegar a formar mezclas y baja el rendimiento del separador.
- Evitar las variaciones bruscas del caudal, esto puede llegar a formar turbulencias al ingresar al mismo.
- Es recomendable la previa regulación del caudal por medio de tanques almacenadores de agua.
- La temperatura de diseño lleva un papel muy importante al momento del diseño del mismo; ya que a menos temperatura las gotas ascienden en un mayor tiempo, y su funcionamiento requeriría una mayor área.
- La densidad de las grasas y aceites influyen de manera importante al momento del diseño. Si la diferencia de densidades es mayor, la gota de aceite o grasa se eleva con un menor tiempo, obteniendo un tiempo de retención menor.
- Para maximizar el rendimiento del separador, la entrada deberá tener una pantalla de distribución la cual puede ser del 3 al 7 % del área de la sección transversal. Los orificios de entrada deberán ser mayores a 3 milímetros, y ser colocados lo mas cercanos posible para asemejar una distribución ideal del caudal.
- Si la caída libre del vertedero es mayor a 1.5 metros de altura es recomendable tener una salida de escaleras para evitar la formación de aerosoles.
- Cuando el area horizontal es muy grande se recomienda diseñar 2 tanques separadores juntos para maximizar su rendimiento.

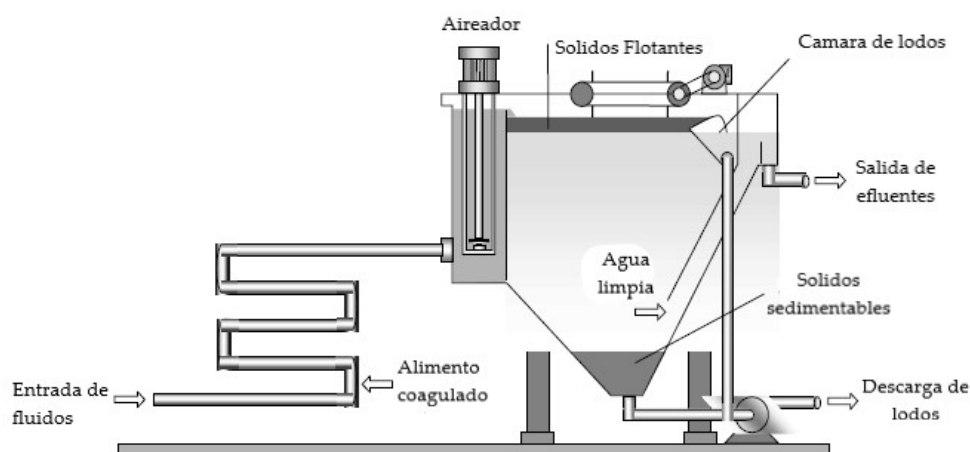
### 1.8.3. Conclusiones

- Cuando el caudal de diseño es muy grande las áreas de diseño de los separadores API van a aumentar.
- Influye de manera importante las condiciones en las que se encuentra el separador API; la temperatura, humedad, viento, etc. generando alteraciones importantes en el sistema.
- Los largos tiempos de retención pueden dar a lugar a la evaporación de los aceites y grasas volátiles, provocando contaminación atmosférica.
- Tiene una facilidad operacional, así mismo una buena eficiencia al momento de la remoción.
- Es muy seguro, tiene un mantenimiento y operaciones muy sencillas, amigables con los usuarios de este sistema.

### 1.9. Flotación mediante aire por cavitación

*Cavitation Air Flotation* (CAF), en nuestro medio es mas conocido como sistema de flotación por cavitación de aire. El sistema CAF separa los sólidos suspendidos. En este sistema se inyecta micro burbujas de aire en el flujo de agua residual. Consta con boquillas especiales, por ellas solo puede pasar aire y retiene el agua residual. En el sistema CAF no es necesario la utilización de bombas de agua, compresores, tanques hidroneumaticos o tanques a presión, este sistema utiliza un aereador que extrae el aire del ambiente. Esta unidad CAF está compuesta por 4 secciones:

- Sección de aereación, aquí se encuentra un aereador que funciona por cavitación.
- La sección de flotación de partículas.
- La sección del canal de descarga.
- La sección de descarga del agua ya limpia, la cual es dirigida hacia el vertedero de salida.



**Figura 1.16:** Sistema de flotación por cavitación de aire

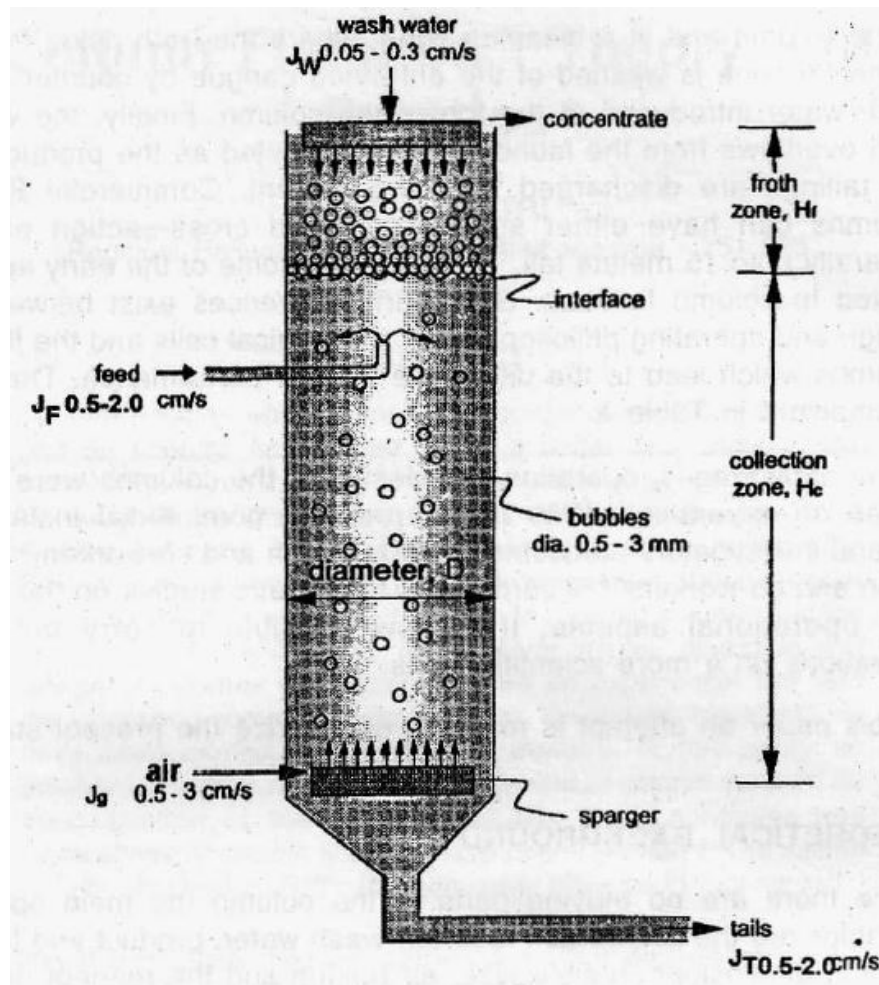
Fuente: (Rubio et al., 2002)

CAF consiste en un tanque rectangular dividido en las 4 secciones antes mencionadas. El sistema CAF es utilizado en el ámbito de las industrias, tales como, alimenticia, cárnica y láctea. También es utilizado en las fábricas productoras de pintura. En el sector de los cueros es utilizada para el tratamiento de los mismos, para mejorar calidad. En el agua residual es utilizada para la eliminación de los sólidos en suspensión, aceite, grasa e hidrocarburos. En el sistema CAF siempre hay que tener a consideración los niveles de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y DQO ( Demanda Química de Oxígeno)(Rubio et al., 2002). El sistema CAF tiene un fácil funcionamiento, de fácil operación. Su costo de implementación, funcionamiento y mantenimiento es bajo; lo cual lo hace ideal para ciertas industrias.

### 1.10. Columna de flotación

*Column flotation* (CF), en español se conoce más como columnas de flotación. La CF es muy utilizada en gran parte en el procesamiento de minerales, en el mundo cada vez más utilizado y estudiado. Como consecuencia de los avances tecnológicos y de eficiencia, en los últimos años, se ha aplicado en ámbitos de la minería. Uno de estos casos es el tratamiento primario de aguas residuales, obteniendo eficiencia al momento de la separación de los aceites y grasas contenido en el agua residual. Otro ámbito, es en el campo industrial; en la separación de componentes por medio de componentes físicos. Las CF son muy utilizadas en muchos lugares por sus ventajas, en las cuales podemos encontrar:

- Mejor separación de aceites y grasas, incluidos hidrocarburos.
- Menor costo de capital inicial para su funcionamiento.
- El costo de operación a comparación de otros sistemas más complicados, con la misma eficiencia que los anteriores.
- Tiene menor desgaste. Al no tener partes móviles el desgaste es menor, por lo cual su duración es mayor.
- No necesita mucho espacio. Al ser una estructura en forma de columna no ocupa mucho espacio en la base, pero tiene una gran altura.
- La limpieza del CF es mucho más fácil y rápida.



**Figura 1.17:** columna de flotación

Fuente: (Sastri, 1998)

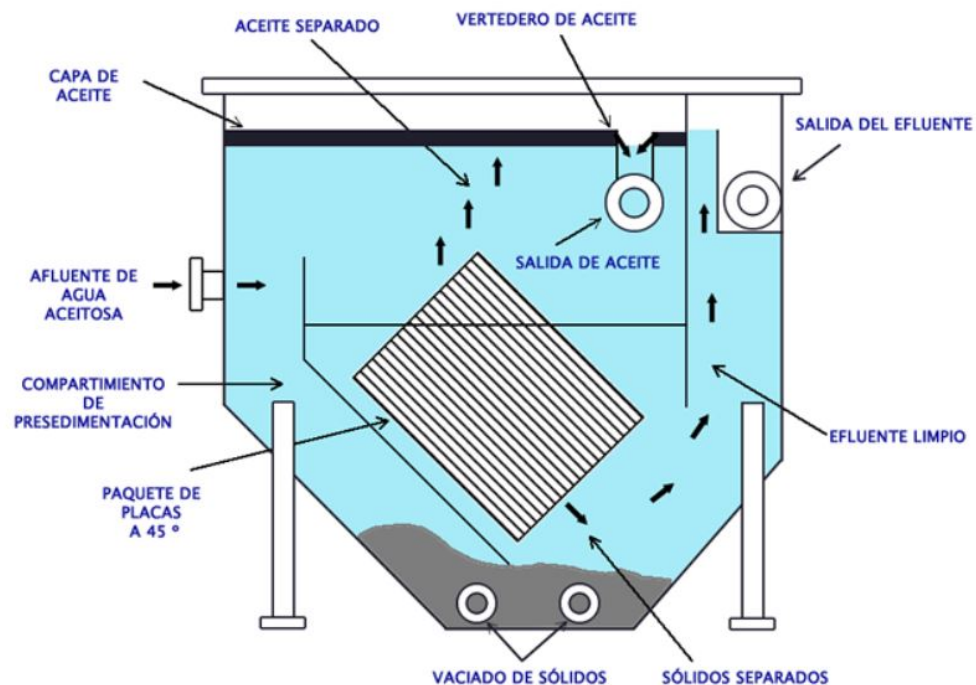
En el sistema CF existen diferentes zonas o partes de la columna de flotación. La Zona donde entra el agua residual generalmente esta ubicada de 1 a 2 metros de distancia de la parte superior, donde el caudal tiene un flujo descendente, mientras que las burbujas de aire son ingresadas al sistema por la parte inferior del CF. Consta con una zona de limpieza, la cual está ubicada en la parte superior del CF, donde el aceite e hidrocarburos son recolectados, mientras que los sólidos suspendidos son sedimentados. Existen CF comerciales, pueden venir cuadrados o circulares. Generalmente se usan circulares, las cuales tienen un diámetro dependiendo del caudal de diseño con una altura máxima de 15 metros. El agua residual fluye hacia abajo por medio del tubo de entrada, cuando las gotas de aceite e hidrocarburos chocan con las burbujas de aire el aceite produce coalescencia y suben por diferencia de densidades, las mismas se depositan en la parte superior para luego ser removidos manualmente o por medio de una bomba.



### 1.11. Corrugated Plate Interceptor (CPI)

*Corrugated Plate interceptor* (CPI), es conocido en nuestro medio como interceptor de placas corrugadas. Se utiliza en la separación agua-aceite, principalmente en los caudales con baja cantidad de sólidos suspendidos. Ya que no dispone de partes móviles presenta una mayor área de distribución para el efluente de agua residual. Su uso está netamente ligado en la separación de aceites y sólidos; en menor cantidad para la separación de aguas aceitosas, sistema denominado Sistema de Agua Grasosa (OWS; oily water system). El principio básico de funcionamiento es la diferencia de densidades; mientras la densidad sea mayor a la del agua se asientan (sólidos), si esta es menor, las partículas flotarán a la superficie del CPI (aceite o grasa). La eficiencia del CPI esta ligada a varios factores como:

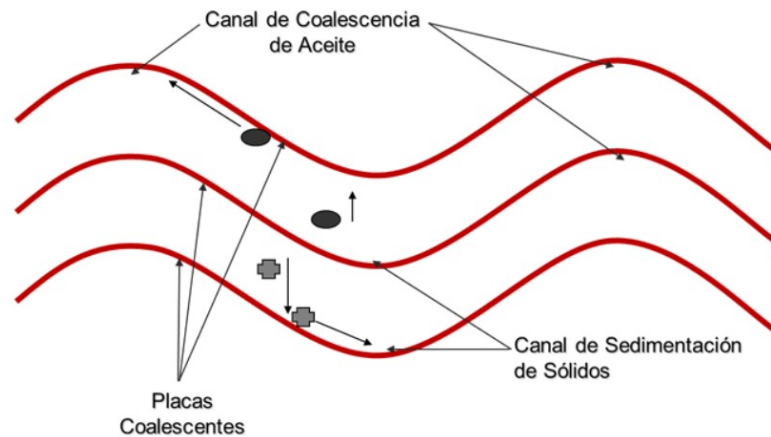
- La diferencia de densidades.
- Viscosidad del agua residual.
- Temperatura.
- Turbulencia.
- Impurezas en el agua residual.
- Factores ambientales.



**Figura 1.18:** Separador de placas corrugadas (CPI)

Fuente: Sumio Water Systems. (2019). Separador de Placas Corrugadas. La Primera Opción en Tratamiento Primario de Aguas Producidas.. 15-mayo-2019, de Sumio Water Systems Sitio web: <http://www.sumiowater.com/separador-de-placas-corrugadas/>

En estos interceptores los tiempos de retención son más cortos a comparación de los separadores API, algunos diseñadores prefieren usar este método a los tanques skimmer, ya que en estos, el área y el espacio de funcionamiento es crítico. Son capaces de separar gotas mayores a 50 micrones. Su funcionamiento esta basado en la ley de Stokes, la cual depende de la diferencia de densidades de los componentes en el agua residual. Se colocan varios paneles corrugados en paralelo, al ingreso de el sistema CPI. Estas placas ayudan a ampliar el área de contacto a la cual la distribución del flujo de agua es más uniforme, y así facilitar la separación de los sedimentos y de las gotas de aceite o grasa que se encuentran en el caudal ingresado. Más comúnmente en los diseños encontramos una separación entre placas de  $3/4$  de pulgada. En ciertas ocasiones se puede ampliar la distancia entre las mismas, ya que a caudales más grandes hay una posibilidad de taponamiento. Esto se debe a que pueden tener una concentración más alta de sólidos suspendidos. Las placas o paneles se colocan direccionadas hacia abajo del CPI en un ángulo de  $45^\circ$ . Existen ocasiones en las que el ángulo puede llegar hasta  $60^\circ$ , debido a que los caudales son más grandes y puede existir peligro de taponamiento. Con esta inclinación el agua se ve forzada a circular hacia abajo y así separar el agua del aceite. Los separadores de placas corrugadas normalmente están construidas de materiales variados tales como: cloruro de polivinilo (CPVC), policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestrer reforzado, fibra de vidrio o de acero inoxidable de alta resistencia. La temperatura máxima de los polímeros (CPVC, PVC, PP) pueden llegar a alcanzar temperaturas de  $55^\circ C$  ( $140^\circ F$ ); el poliester reforzado puede llegar resistir temperaturas al rededor de  $190^\circ C$  ( $3740^\circ F$ ); la fibra de vidrio temperaturas al rededor de  $1713^\circ C$  ( $3115^\circ F$ ), mientras que el acero inoxidable a temperaturas al rededor de  $125^\circ C$  ( $350^\circ F$ ). Las temperaturas que resisten los materiales con los cuales se diseñan las placas corrugadas son muy altas. El polopropileno tiene propiedades muy singulares, atrae a las gotas de los productos derivados del petróleo y repele el agua, reduciendo la posibilidad de las incrustaciones de los sólidos suspendidos. El caudal de agua entrante al entrar en contacto con el paquete de placas se establece en un flujo laminar hasta su salida (CAMPOS y JIMENEZ, s.f.). Como se muestra en la figura 1.19.



**Figura 1.19:** Separación Agua-Aceite por medio de la placas corrugadas (CPI)

Fuente: Sumio Water Systems. (2019). Separador de Placas Corrugadas. La Primera Opción en Tratamiento Primario de Aguas Producidas.. 15-mayo-2019, de Sumio Water Systems Sitio web: <http://www.sumiowater.com/separador-de-placas-corrugadas/>

Los tanques de separación CPI básicamente esta conformado por 3 fases principales(Figueroa Casas y Martínez Sañudo, 2014):

- Separación de aceites y grasas.
- Evacuación de lodos.
- Salida del agua.

#### 1.11.1. Diseño

Para el diseño de un separador CPI, se deben tomar en cuenta varios datos (Villacorta Llerena, Ulloa, y Del Rosario, 2016).

- $P$  = Presión a la que estará sometido.
- $T$  = Temperatura.
- $Q$  = Caudal de agua residual.
- $\rho_o$  = Densidad de los hidrocarburos.
- $r_o$  = Radio promedio de las gotas de aceite.
- $\rho_w$  = Densidad del agua residual.
- $\mu_w$  = Viscosidad del agua residual.
- $V_w$  = Viscosidad cinemática.

Al momento del diseño es necesario tener ciertas variables necesarias para el diseño, como son:

- Dimensiones de las placa.

El ancho ( $W_P$ ), el largo ( $L_P$ ) y el espesor ( $e_P$ ) de las placas corrugadas.

- Inclinação de las placas ( $\theta_p$ ).

El ángulo de inclinación de las placas varía entre los 45° hasta los 60°; de acuerdo a la norma de la empresa PDVSA (PDVSA, 1997).

- Separación entre placas ( $S_p$ ).

Generalmente la separación de estas puede ir desde los 2 a los 5 centímetros.

La velocidad de sedimentación, es la velocidad mínima necesaria con la cual, el caudal entrante en el separador CPI sedimente los sólidos suspendidos en el fondo del depósito. (Ec: 1.26).

$$V_{sc} = \left[ \frac{8 \cdot g \cdot \beta \cdot d_o \cdot (1 - S_o)}{F_f} \right]^{0,5} \quad (1.26)$$

En donde:

- $V_{sc}$  = Velocidad de sedimentación.
- $g$  = Gravedad en  $\frac{m}{s^2}$
- $\beta$  = Es una constante por un material no uniforme equivalente a 0.06.
- $d_o$  = Diámetro de las gotas de aceite en metros.
- $F_f$  = Factor de fricción (Weisbach - Darcy), por tratarse de un flujo laminar se toma el valor de 0.03.

La velocidad entre placas participa bastante el ángulo en el que están ubicadas (Ec: 1.27).

$$V_p = \frac{L_p + S_p \cdot \tan \theta}{\frac{\alpha \cdot S_p}{V_{sc}} + \frac{0,058 \cdot S_p^2}{V_w}} \quad (1.27)$$

En donde:

- $V_p$  = Velocidad a la cual el flujo se desplaza entre placas en  $\frac{m}{s}$ .
- $L_p$  = Longitud de la placa corrugada en metros.
- $S_p$  = Separación entre placas en metros.
- $\theta$  = Ángulo de inclinación de las placas.
- $\alpha$  = Es una constante para flujo laminar entre placas, cuyo valor es 1.3 .
- $V_{sc}$  = Velocidad de sedimentación en  $\frac{m}{s}$ .
- $V_w$  = Viscosidad cinemática del agua residual en  $\frac{m^2}{s}$ .

Es importante calcular el número de Reynolds, los cálculos son validos solo en un flujo laminar. Reynolds debe oscilar entre 400 a 1600 (Ec: 1.28).

$$R_e = \frac{V_p \cdot S_p}{V_w} \quad (1.28)$$

En donde:

- $R_e$  = Número de Reynolds.
- $V_p$  = Velocidad a la cual el flujo se desplaza entre placas en  $\frac{m}{s}$ .
- $S_p$  = Separación entre placas en metros.
- $V_w$  = Viscosidad cinemática del agua residual en  $\frac{m^2}{s}$ .

Con el área superficial podemos calcular el número de placas corrugadas, este valor se calcula mediante la siguiente expresión (Ec: 1.29):

$$A_s = \frac{Q}{V_p} \quad (1.29)$$

En donde:

- $A_s$  = Área superficial en  $m^2$ .
- $Q$  = Caudal de agua residual en  $\frac{m^3}{s}$ .
- $V_p$  = Velocidad a la cual el flujo se desplaza entre placas en  $\frac{m}{s}$ .

El numero de placas en las cuales van a fluir el caudal a la cual va a estar diseñado nuestro separador CPI, viene dada por la siguiente ecuación (Ec: 1.30):

$$N_p = \frac{A_s \cdot \sin \theta}{W \cdot (S_p - e_p)} \quad (1.30)$$

En donde:

- $N_p$  = Número de placas corrugadas.
- $A_s$  = Área superficial en  $m^2$ .
- $\theta$  = Angulo de inclinación de las placas.
- $W$  = Es el ancho del CPI, este será fijado en referencia a el ancho de las placas ( $W_P$ ).
- $S_p$  = Separación entre placas en metros.
- $e_p$  = Espesor de las placas en metros.

La longitud del CPI viene dada por la expresión (Ec: 1.31):

$$L = \frac{A_s}{W} \quad (1.31)$$

En donde:

- $L$  = Longitud del CPI en metros.
- $A_s$  = Área superficial en  $m^2$ .
- $W$  = Es el ancho del CPI, este sera fijado en referencia a el ancho de las placas ( $W_P$ ).

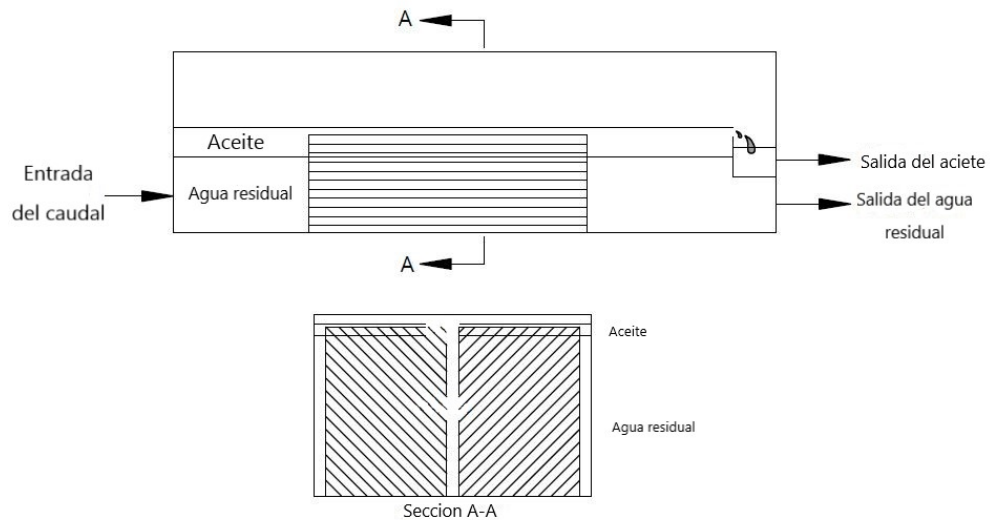
### 1.11.2. Conclusiones

- Es muy bueno a la hora de separar. Tiene una remoción aproximadamente al 90 % de aceites y sólidos suspendidos.
- Tiene un tamaño muy compacto y peso mucho menor al separador API.
- Puede desempeñar sus funciones en temperaturas altas.
- Cuando el aceite asciende y los sólidos suspendidos descienden, se reduce los problemas con el flujo del caudal.
- Al no tener partes móviles, tiene un bajo costo de operación.
- Se requieren limpiezas más seguidas. En las placas se pueden generar taponamientos.
- La limpieza de las placas corrugadas pueden generar conflictos con la maniobrabilidad.
- Se requiere más de una unidad, debido a las labores de limpieza.
- Tiene una ineficiencia en caudales con alto porcentaje de aceites u otros derivados del petróleo.

### 1.12. Parallel Plate Interceptors (PPI)

*Parallel Plate Interceptor* (PPI), es mejor conocido en nuestro medio como interceptor de placas paralelas. Consiste en placas paralelas con un grosor de 1 milímetro separadas paralelamente, estas placas son instaladas en un separador tipo API. El caudal se divide entre las placas aumentando el área de contacto entre el agua residual y los paneles, haciendo la separación mas efectiva. Las gotas de aceite se elevan y al pasar por las dos placas paralelas se produce la unión de las gotas, al sumar más volumen se elevan a la parte superior del separador, esto debido a la diferencia de densidades. Los sólidos suspendidos se dirigen hacia abajo deslizándose por las placas para ser removidos posteriormente. El separador PPI requiere un menor espacio que el convencional, debido a la eficiencia superior a la del separador API. El área de contacto de las placas aumenta la eficiencia del separador , debido a esto la misma se tiene una mayor eficiencia con canales mas pequeños.

Los separadores API, CPI y PPI (estudiados en este documento) funcionan a presión atmosférica. Comúnmente las placas tienen una inclinación de 45° grados. Se puede presentar problemas de taponamiento cuando el agua residual de entrada tiene muchos sólidos suspendidos, ya que tienden a adherirse en las placas. El angulo de inclinación de las placas puede llegar hasta 60°, para evitar taponamientos. Para maximizar la efectividad de los PPI el flujo debe estar paralelamente.

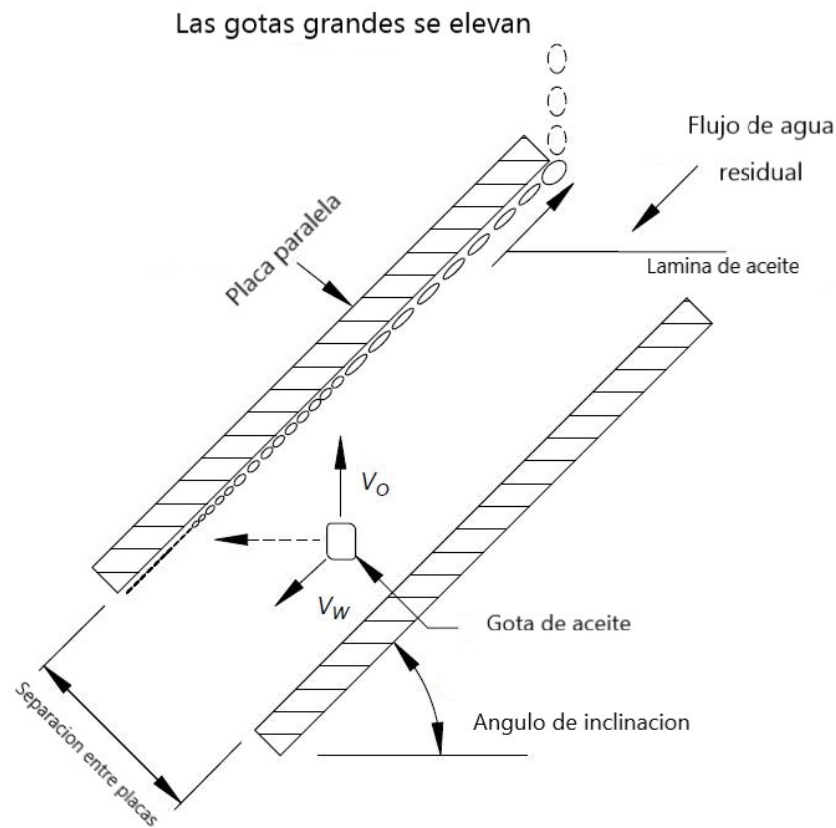


**Figura 1.20:** Esquema de una separador PPI

Fuente: (Stewart y Arnold, 2008)

El diseño del separador tipo PPI, es un poco más dificultoso. Se tienen unos rangos empíricos que pueden servir para el diseño.

- Distancia entre laminas: 1.9 -3.5 centímetros.
- Angulo de inclinación con respecto a la horizontal:  $45^{\circ}$  -  $60^{\circ}$ .



**Figura 1.21:** Diagrama detallado del separador PPI

Fuente: (Stewart y Arnold, 2008)

### 1.12.1. Diseño

Para el diseño PPI se usa el mismo método del separador API. En la siguiente ecuación (Ec:1.32) se considera el caudal de diseño, en número de las placas. El diámetro mínimo de las gotas deben ser mayores a 60 micrones, para el uso de la ecuación.

$$\frac{Q_m}{A_H} = 0,00386 \cdot \left[ \frac{(S_w - S_o)}{\mu} \right] A_H = n \cdot \text{Área de la lamina} \quad (1.32)$$

En donde:

- $Q_m$  = Caudal de diseño en  $\frac{ft^3}{min}$ .
- $A_H$  = Área horizontal en  $ft^2$ .
- $n$  = Número de laminas.
- $S_w$  = Densidad específica del agua residual.
- $S_o$  = Densidad específica de los hidrocarburos.
- $\mu$  = Viscosidad del agua residual, en Poise.



### 1.12.2. Parámetros de diseño

- El ancho máximo del separador es de 6 metros.
- La longitud máxima (con cadenas metálicas) es de 40 metros.
- La longitud máxima (con cadenas plásticas) es de 75 metros.
- La profundidad máxima es de 4 metros.
- Las velocidades máximas permisibles son de  $0.008 \frac{m}{s}$  a  $0.02 \frac{m}{s}$ , para evitar turbulencias en el flujo en el separador PPI.

Para el diseño de separadores, en el proceso primario existen ciertos parámetros de diseños que son una base para el diseño, las cuales son:

- Carga hidráulica, cuyos valores deben estar entre  $1.25$  a  $2.5 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$ .
- Tiempo estimado de retención de 1.5 a 2 horas.
- Carga del vertedero  $< 20 \frac{m^3}{ml \cdot h}$ .

### 1.13. Conclusiones

Durante la búsqueda de información de métodos para separar aceites y grasas del agua residual, se han encontrado varios métodos utilizados, hemos considerado los mas importantes y eficientes para nuestro medio el cual ve necesario un método que sea de fácil uso y económico a la hora de su implementación y funcionamiento.

Entre los métodos encontrados encontramos métodos en los cuales es necesario el uso de una bomba de aire, motores para su funcionamiento, cuyo funcionamiento principalmente se basan en la introducción de aire en el agua residual, y otros se basan en la separación por gravedad cuyo principio es la separación por diferencia de densidades.

En la separación por medio de maquinaria tiene varias ventajas las cuales son: una remoción mayor, pueden manejar mas caudal. Las desventajas son que es necesario una inversión inicial mayor, ya que consta con partes móviles puede llegar a un desgaste o reparación de los separadores y así aumentar el costo de operación.

Los separadores por gravedad como las ventajas son que la inversión inicial es menor comparada con de otros equipos, y su bajo costo de mantenimiento ya que la mayoría no tienen partes móviles propensas al desgaste. Una desventaja de esta tipología de el tamaño para el manejo de caudales grandes es mucho mayor y su remoción es buena.

## 2. Modelamiento de la trampa de grasa

En la ciudad de Cuenca existen un gran número de industrias y restaurantes, las cuales necesitan de una trampa de grasa para cumplir con la legislación existente. El desarrollo de un modelo adecuado requiere de un entendimiento de las necesidades de las industrias cuencanas. El fin principal de una empresa es tener rentabilidad, es decir, generar un beneficio. Es por ello que el costo al momento de construcción, operación y mantenimiento de cualquier sistema, no solo de tratamiento de aguas residuales, es de vital importancia.

En el capítulo 1 se mencionó una gran cantidad de métodos que sirven para el tratamiento de grasas y aceites. Cada uno se adapta a diferentes realidades; por ejemplo: *jet flotation* y flotación centrífuga son métodos desarrollados para la industria minera; equipos de este tipo son extremadamente difíciles de conseguir. Se puede encontrar en el mercado chino; pero su calidad es dudosa. En cuanto al método *Dissolved Air Flotation* (DAF), es más fácil de conseguir en el mercado internacional; pero así mismo hay que tener cuidado con la calidad del producto que se está adquiriendo. El precio de un *DAF*, en el mercado chino, para un caudal de  $5 \text{ m}^3$  está alrededor de los \$5000 dólares de los Estados Unidos de América. En cuanto a las variantes del *DAF*, *Induced Air Flotation* (IAF) y *Cavitation Air Flotation* son difíciles de conseguir en el mercado global. Estos sistemas, dependientes de electricidad para su funcionamiento, a largo plazo se pueden convertir en una carga para las industrias de la ciudad. Esto debido a la dificultad de encontrar repuestos y a la calidad del equipo que ingresa al mercado ecuatoriano. La gran mayoría de estas máquinas ofrecen únicamente un año de garantía. En conclusión, este tipo de sistemas de flotación, viendo como una inversión a largo plazo, no son factibles por su corta vida útil y la dificultad de obtener repuestos.

Los métodos que usan la gravedad para separar grasa y aceite del agua son los más factibles; ya que todos los materiales para su construcción son económicos y fácilmente obtenibles en el país. La construcción de los mismos es sencilla, no se necesita de un personal con alto grado de capacitación para la construcción. Como ya se indicó en el capítulo anterior, el funcionamiento es sencillo. Su fin es reducir a la mínima expresión posible la velocidad horizontal del fluido, esto con el objetivo de brindar unas condiciones óptimas para el cumplimiento de la ley de Stokes. Otro de los principios de funcionamiento de estos sistemas es provocar coalescencia entre las partículas de la fase dispersa, ya que las mismas al juntarse aumentan su tamaño y de esta manera su velocidad ascensional aumenta.

En síntesis, al momento de separar específicamente grasas y aceites del agua, lo más factible y económico en nuestro medio es el uso de separadores a gravedad. Es por ello que se procederá a evaluar el comportamiento de diferentes modelos de separadores a gravedad. Se analizará que configuración es la más óptima para reducir la velocidad horizontal al mínimo.

Para el análisis de diferentes configuraciones del tanque se hará uso del

programa FLOW-3D; este es un programa especializado para dar solución a problemas de mecánica de fluidos.

## 2.1. Filosofía de uso de FLOW-3D

Flow-3D es un programa que usa el método de dinámica de fluidos computacionales. Este método discretiza ecuaciones como la de Navier-Stokes y de la continuidad, para resolver cada una en una celda computacional (Flow-Science, 2008).

Si el experimento no es preparado adecuadamente para reflejar situaciones de la vida real, entonces los resultados no reflejarán lo que ocurre en la realidad. Así mismo, si el modelo computacional no es preparado adecuadamente, sus resultados no reflejarán lo que ocurre en la realidad. Se recomienda plantearse una serie de preguntas que ayuden al desarrollo de un modelo adecuado (Flow-Science, 2008).

- ¿Qué quiero aprender del cálculo?
- ¿Cuál es la escala y como debería ser el mallado para captar las situaciones físicas?
- ¿Cuáles son las condiciones de borde necesarias para representar la situación física?
- ¿Qué tipo de fluido debería usar?
- ¿Qué propiedades del fluido son importantes para este problema?
- ¿Qué otros fenómenos físicos son importantes?
- ¿Cuál debería ser el estado inicial del fluido?
- ¿Qué sistema de unidades debería usar?

Es importante estar seguro que el modelo es lo más cercano a la realidad como sea posible. Es recomendable empezar con modelos sencillos, para estar seguros de que se está haciendo lo correcto. Una vez que estemos seguros del funcionamiento del modelo podemos añadir más fenómenos físicos, acercándonos más a las situaciones reales (Flow-Science, 2008).

### 2.1.1. Respuesta a las preguntas

- Lo que se desea obtener de los cálculos son las velocidades horizontales, de esta manera estamos en capacidad de decidir que modelo es el más adecuado.
- Se probará varios modelos, los cuales se modelarán a escala real en el programa.

- En cuanto a las condiciones de borde al inicio se colocó *volume flow rate*, al final *outflow*, en el piso de tanque y a los costados se colocó *wall*. Condiciones que hacen entender al programa de que manera debe comportarse el fluido en el tanque.
- El tipo de fluido que se usará es agua, ya que solo se analizará de una manera hidrodinámica.
- La propiedad importante para el fluido es la densidad.
- Otro fenómeno físico importante es la temperatura, a mayor temperatura, más rápido se separa la fase continua de la discontinua.
- El análisis se hará a partir de un tanque lleno. En el tanque lleno ingresará el caudal pico y a partir de aquí se analizará el comportamiento del fluido.
- Se usará el sistema internacional de unidades (S.I.)

Lo que se desea obtener de los cálculos son las velocidades horizontales, de esta manera estamos en capacidad de decidir que modelo es el más adecuado.

## 2.2. Diseño de la trampa de grasa

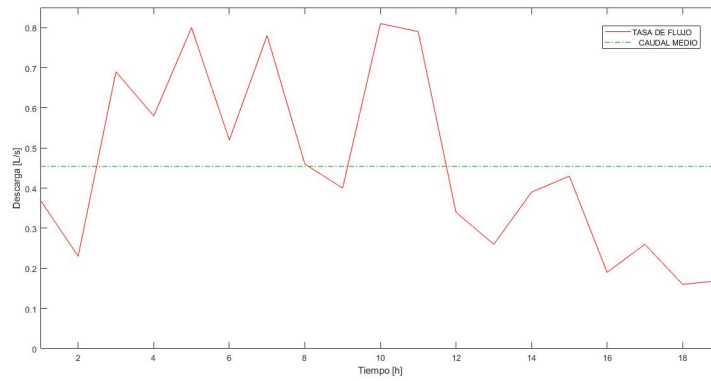
Según Wang et al. (2010) la tasa de flujo del fluido es el criterio más importante al momento de diseñar un separador a gravedad. Él mismo recomienda utilizar un tiempo de retención entre 30-40 min para la hora del caudal pico, como parámetros para el dimensionamiento. Una profundidad de 5-6 ft es recomendada, esta profundidad produce una carga superficial hidráulica alrededor de 1 gmp/ft<sup>2</sup>. La relación largo ancho debe ser al menos de 3 a 1 (Wang et al., 2010).

La temperatura es otro factor a tener en cuenta, ya que variaciones de temperatura provocan densidades no uniformes, reduciendo así la eficiencia de la trampa de grasa (Wang et al., 2010). A temperaturas muy bajas la fase continua del fluido posee mayor viscosidad, dificultando así la subida de la fase discontinua hacia la superficie.

De acuerdo a Wang et al. (2010) el diseño de las entradas y salidas del tanque afectan la eficiencia de la remoción. La entrada de agua debe estar por encima del nivel de agua del tanque. Barreras de flujo y agujeros en la entrada reducen la velocidad; pero pueden causar acumulación de grasa aguas arriba. En síntesis, barreras de flujo en la entrada ayudan a que el flujo se distribuya a lo ancho de todo el tanque, permitiendo así velocidades más uniformes. Además, estas barreras ayudan a que no se acumule excesivamente grasa en la entrada del tanque. También es importante una barrera de flujo colocada a la salida para retener la grasa.

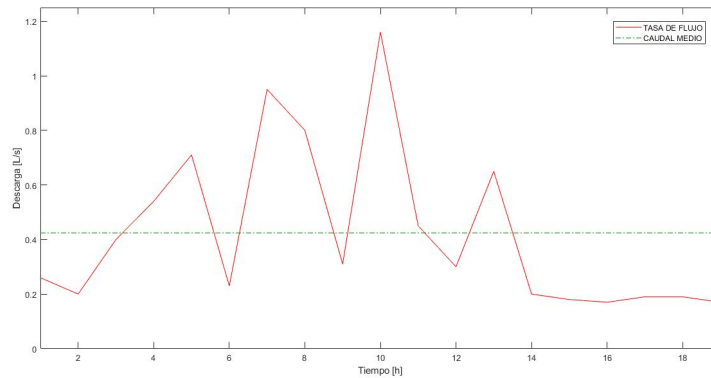
### 2.2.1. Dimensionamiento del tanque

Para el dimensionamiento del tanque se buscó tasas de flujo de una industria local. Se tuvo acceso a las tasas de flujo de una industria productora de lácteos.



**Figura 2.1:** Producción de leche condensada

Fuente: Autores



**Figura 2.2:** Producción de leche en polvo.

Fuente: Autores

Esta industria produce las descargas presentadas en las figuras 2.1 y 2.2. Como se puede apreciar en las figuras 2.1 y 2.2, las máximas descargas son 0.81 L/s y 1.16 L/s, las medias de 0.45 y 0.42 L/s, respectivamente. Por lo tanto, a la hora de escoger el caudal de diseño se puede observar claramente que un diseño con caudal medio no es el apropiado; ya que no se trataría la gran mayoría de caudales punta horarios. Por esta razón y por la recomendación de Wang et al. (2010) el caudal escogido para el dimensionamiento del tanque es de 1.16 L/s.

En cuanto al tiempo de retención se ha escogido 36 minutos, tiempo adecuado para una correcta separación de grasa.

Una vez escogido el tiempo de retención y el caudal de diseño se procede a sacar el volumen que ocupará el fluido en el tanque con la fórmula:

$$V = Q * t \quad (2.1)$$

En donde:

- $V$  = Volumen del tanque en  $m^3$ .

- $Q$  = Caudal de diseño  $\frac{m^3}{h}$ .
- $t$  = Tiempo de retención en horas.

Con un caudal de 1.16 L/s (4.176 m<sup>3</sup>/h) y un tiempo de retención de 36 min (0.6 h). Se obtiene un volumen de 2.51 m<sup>3</sup>. Una vez obtenido el volumen se empieza a dimensionar el tanque. Wang et al. (2010) recomienda una profundidad no menor a 5-6 pies (1.52-1.83 m), menciona que esta profundidad produce una carga hidráulica superficial alrededor de 1 gpm/ft<sup>2</sup>. En cuanto a la relación largo ancho se hizo caso a la recomendación de Wang et al. (2010), siendo ésta de al menos 3/1.

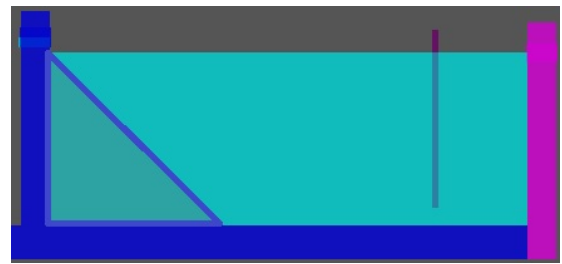
Otro aspecto importante a tomar en cuenta es la colocación de las barreras de flujo. De acuerdo a las investigaciones realizadas por Hussein et al. (2013) un separador de flujo al inicio del tanque debe estar a una distancia igual al 12 % del largo del tanque. En cuanto al separador de flujo al final del tanque; éste debe ser colocado entre el 75 % y 80 % por ciento del largo del tanque.

### 2.3. Modelamiento de los tanques en Flow-3D



**Figura 2.3:** Modelo Base 1

Fuente: Autores



**Figura 2.4:** Modelo Base 2

Fuente: Autores

Para llegar a obtener el modelo más adecuado se probarán varios diseños para un caudal de 3.48 L/s, se utilizará este caudal con el fin tener un tanque de mayores proporciones; esto facilita el modelamiento en el programa. Una vez que se obtenga el modelo más adecuado, el mismo, se probará para un caudal de 1.16 L/s, mencionado anteriormente, caudal de diseño correspondiente a la trampa de grasa de la industria láctea.

A partir de esos dos modelos se fue haciendo modificaciones en su geometría. Se cambió la altura de los separadores de flujo, se colocó un tubo de manera horizontal en el medio del tanque, se cambió la geometría entre el separador de entrada y de salida, etc.

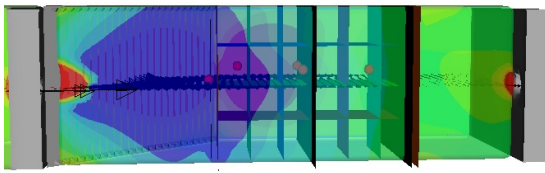
#### 2.3.1. *Flux surface* y marcadores

Flow 3D tiene diferentes maneras de entregar los resultados al usuario, entre ellas *flux surface* y los marcadores. Los marcadores se encuentran de color rojo

en la figura 2.5 y los *flux surface* de color negro, en la figura 2.6.

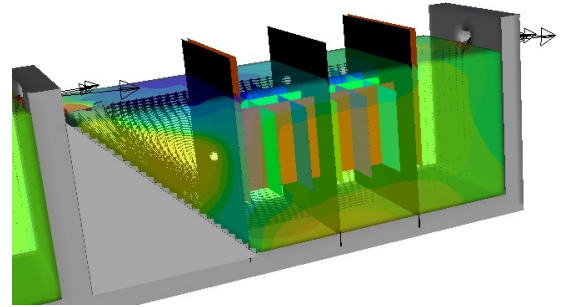
El *flux surface* entrega la velocidad promedio en la sección donde se encuentra colocado. Por otro lado, los marcadores proporcionan la velocidad puntual del lugar donde se encuentre colocado.

Los *flux surface* se han colado cerca de las barreras de flujo y en la mitad de las mismas. Los marcadores o medidores puntuales se han colocado dos cerca de la superficie y dos entre la superficie y la base del tanque.



**Figura 2.5:** Marcadores

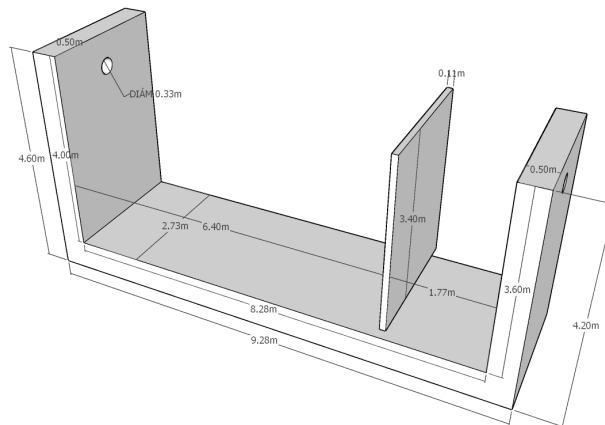
Fuente: Autores



**Figura 2.6:** *Flux surface*

Fuente: Autores

### 2.3.2. Modelo 1 ( $P_2$ )

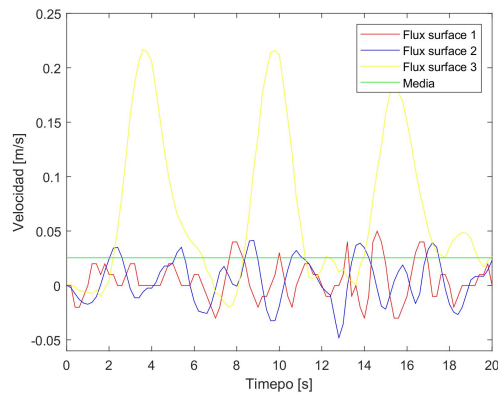


**Figura 2.7:** Modelo 1 ( $P_2$ )

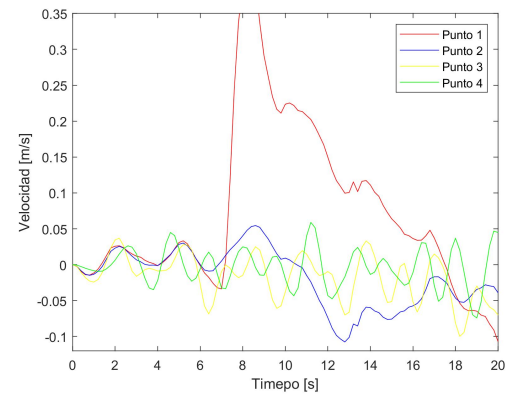
Fuente: Autores

El modelo 1 consta únicamente de una barrera de flujo ubicada a 6.40 m de la pared de inicio. El inicio es a 20 cm de la base y el final a 3.6 metros, medidos desde la base.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.8 y 2.9.

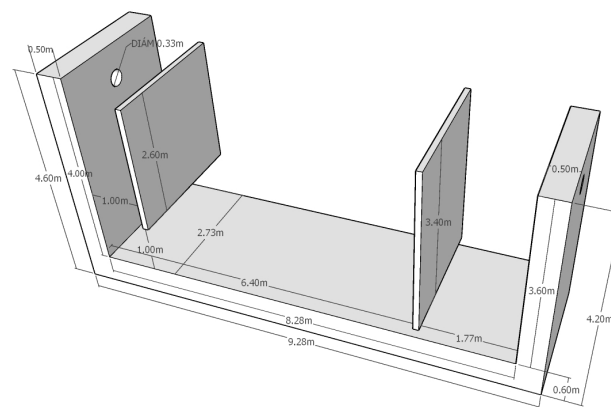
**Figura 2.8:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.9:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.3. Modelo 2 ( $P_3$ )

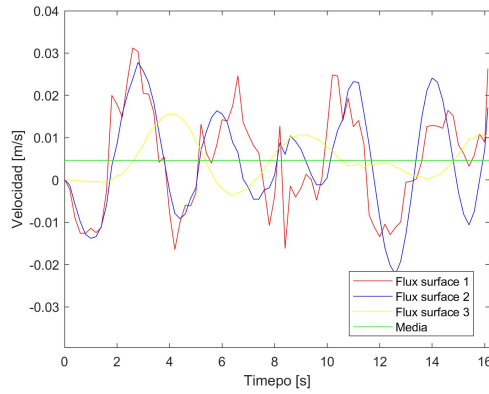
**Figura 2.10:** Modelo 2 ( $P_3$ )

Fuente: Autores

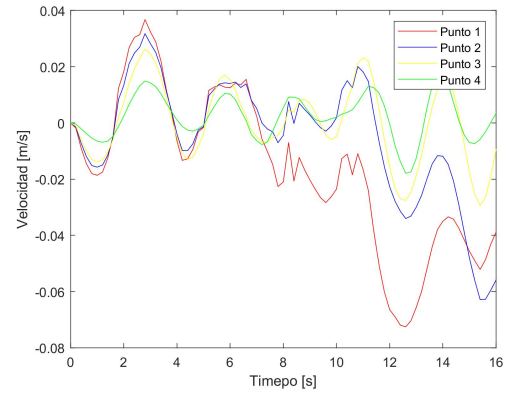
El modelo 2 además de poseer el separador de flujo en la parte final del tanque, consta de un separador de flujo ubicado a 1 m de la pared de inicio. Su inicio es a 1 m, medido desde la base, y su final es a 3.6 m, medidos desde la base.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.11 y 2.12.



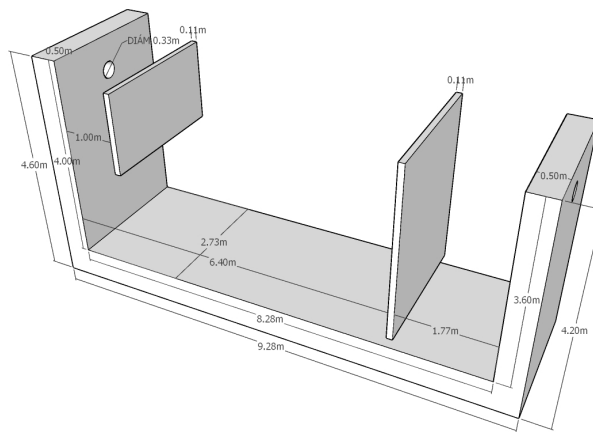
**Figura 2.11:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.12:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

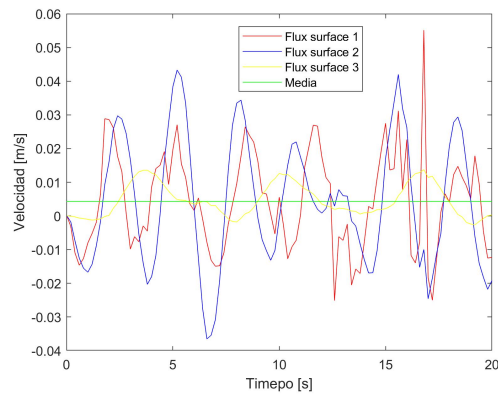
### 2.3.4. Modelo 3 ( $P_4$ )

**Figura 2.13:** Modelo 3 ( $P_4$ )

Fuente: Autores

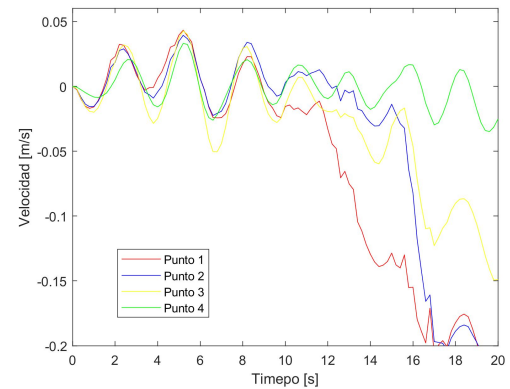
La única diferencia del modelo 3 respecto al modelo 2 es la altura de inicio de la barrera de flujo inicial. La misma, inicia a 2 m de la base.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.14 y 2.15.



**Figura 2.14:** Velocidades promedio

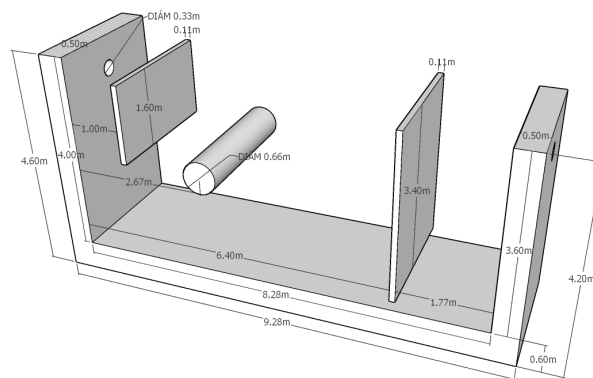
Fuente: Autores



**Figura 2.15:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.5. Modelo 4 ( $P_5$ )

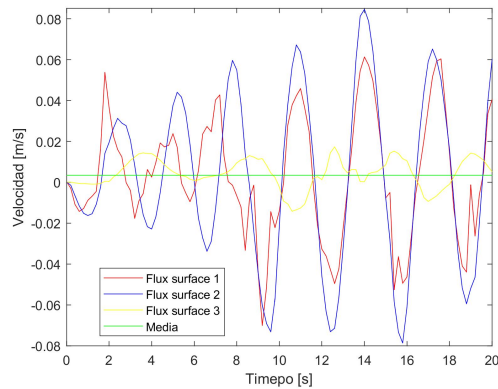


**Figura 2.16:** Modelo 4 ( $P_5$ )

Fuente: Autores

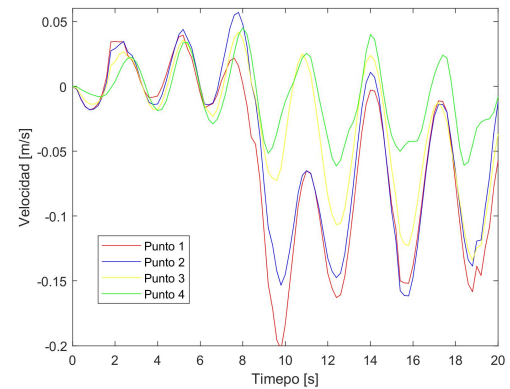
El modelo 4 es el modelo 5 más un tubo de 0.33 m de radio, colocado su centro a 3 m de la pared inicial y a 2 m de la base.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.17 y 2.18.



**Figura 2.17:** Velocidades promedio

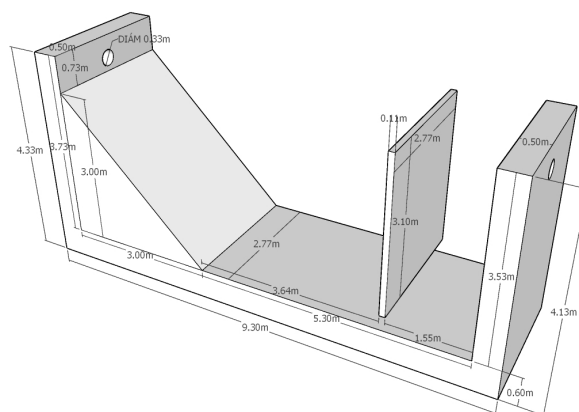
Fuente: Autores



**Figura 2.18:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.6. Modelo 5 (Pared Inclínada 1)

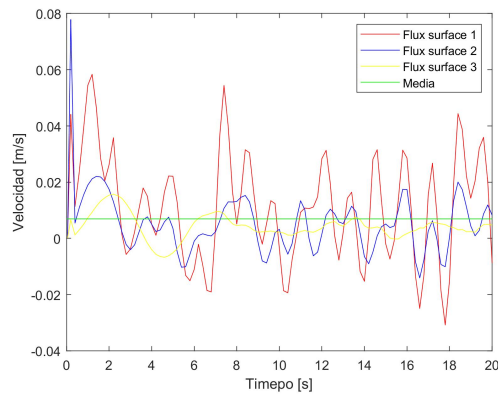


**Figura 2.19:** Modelo 5 (Pared Inclínada 1)

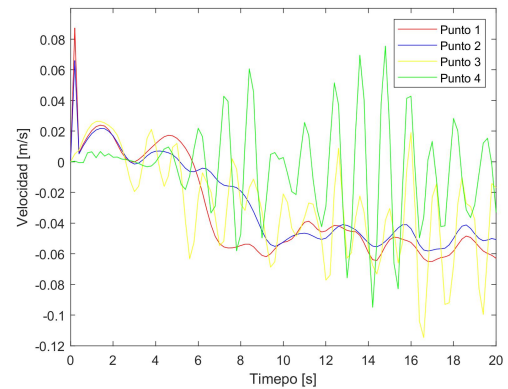
Fuente: Autores

Con el modelo 5 se empieza la serie de modelos que llevan la pared inclinada, tal y como se muestra en la figura 2.4. El separador de flujo a la salida inicia a 0.30 m de la base y termina a 3.4 m de la misma; la distancia que lo separa de la pared inicial es de 6.64 m.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.20 y 2.21.

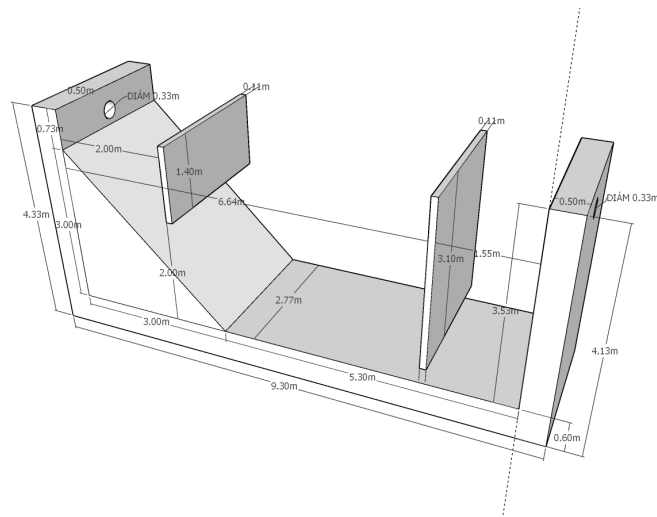
**Figura 2.20:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.21:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

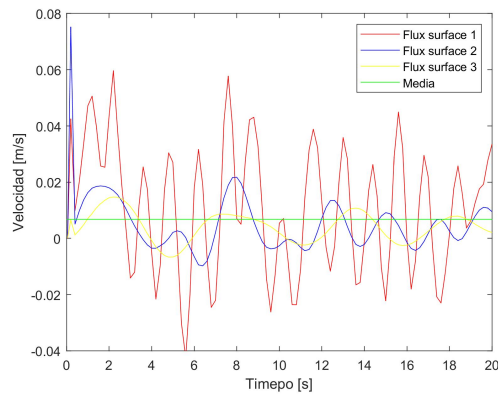
### 2.3.7. Modelo 6 (Pared Inclínada 2)

**Figura 2.22:** Modelo 6 (Pared Inclínada 2)

Fuente: Autores

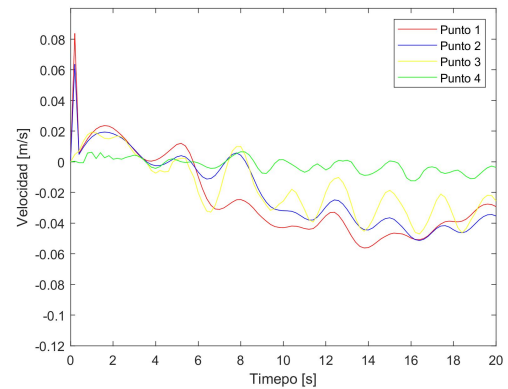
Este modelo, además de tener un separador de flujo igual al del modelo 5, posee un separador de flujo a 2 m de la pared de inicio, inicia a 2 m de la base y termina a 3.4 m de la misma.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.23 y 2.24.



**Figura 2.23:** Velocidades promedio

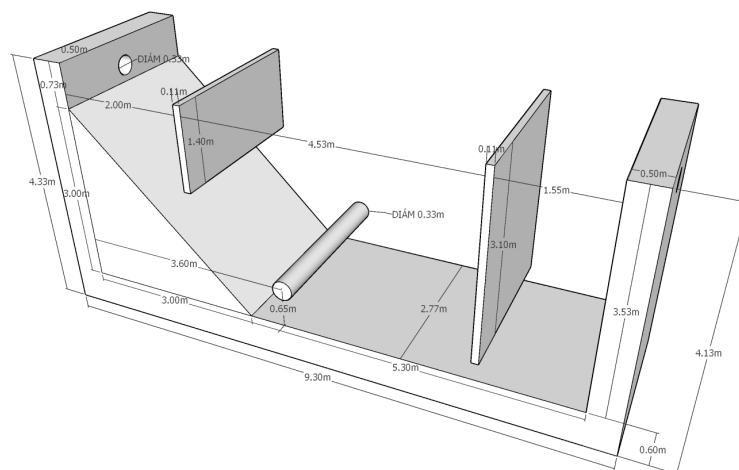
Fuente: Autores



**Figura 2.24:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.8. Modelo 7 (Pared Inclínada 3)

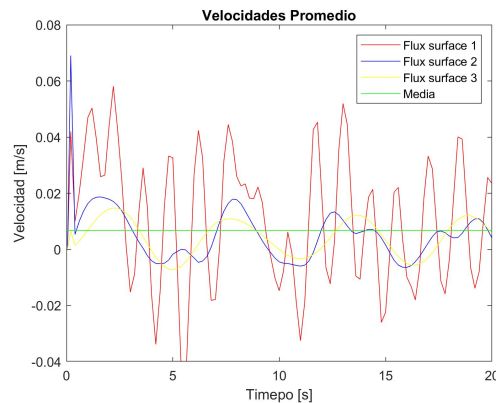


**Figura 2.25:** Modelo 7 (Pared Inclínada 3)

Fuente: Autores

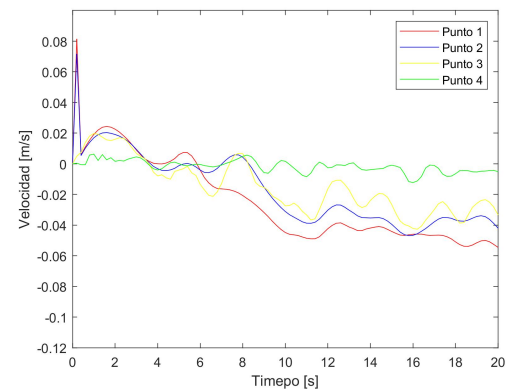
Un tubo de 0.33 m de diámetro, cuyo centro está colocado a 3.6 m de la pared inicial y a 0.65 m de la base. Esta es la única diferencia del modelo 7 respecto al modelo 6.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.26 y 2.27.



**Figura 2.26:** Velocidades promedio

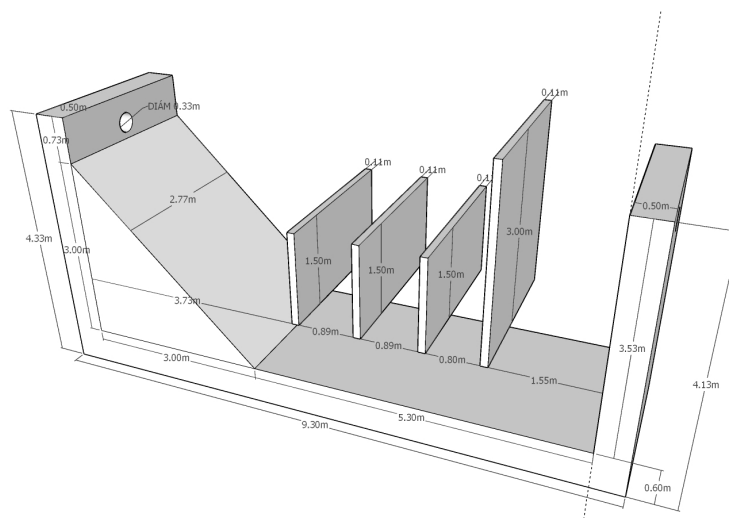
Fuente: Autores



**Figura 2.27:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.9. Modelo 8 (Pared Inclínada 4)

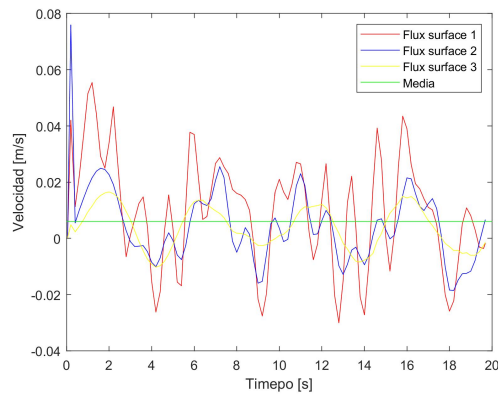


**Figura 2.28:** Modelo 8 (Pared Inclínada 4)

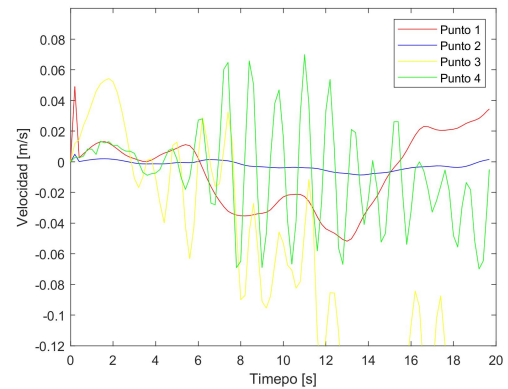
Fuente: Autores

Este modelo consta de cuatro barreras de flujo. La primera a 3.73 m de la pared inicial, las tres siguientes separadas, entre sí 0.89 m. Las tres primeras barreras están a 1 m de la base y terminan a 2.5 m de la misma. La última barrera empieza a una distancia de la base igual a las anteriores; pero finaliza 3.6 m de la base.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.29 y 2.30.

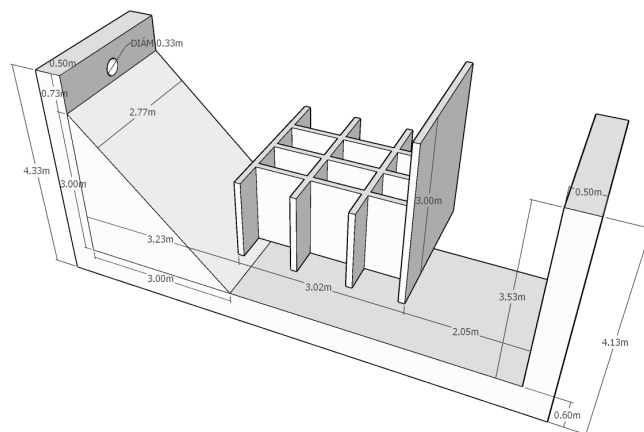
**Figura 2.29:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.30:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

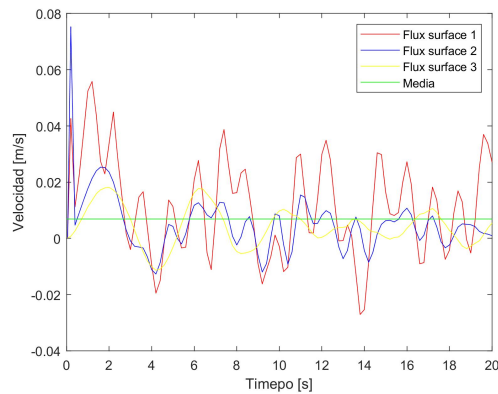
### 2.3.10. Modelo 9 (Pared Inclínada 5)

**Figura 2.31:** Modelo 9 (Pared Inclínada 5)

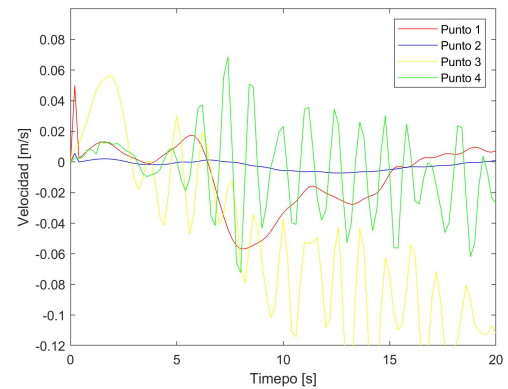
Fuente: Autores

El modelo 9, a más de poseer todas las características del modelo 8, posee divisores de flujo colocados a lo ancho del tanque. Entre los divisores de flujo horizontales y verticales se forma espacios rectangulares de 0.89 m por 0.6 m.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.32 y 2.33.

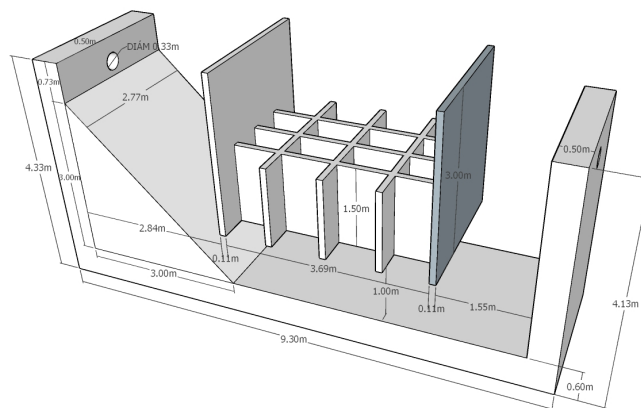
**Figura 2.32:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.33:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

### 2.3.11. Modelo 10 (Pared Inclínada 6)

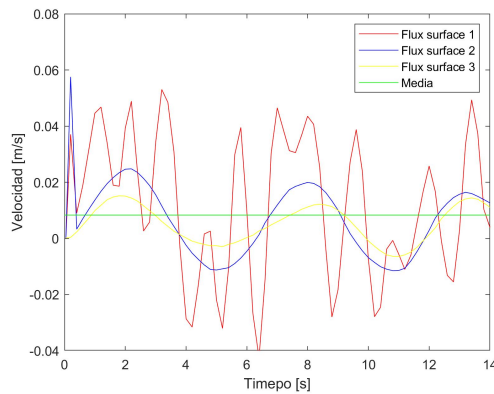
**Figura 2.34:** Modelo 10 (Pared Inclínada 6)

Fuente: Autores

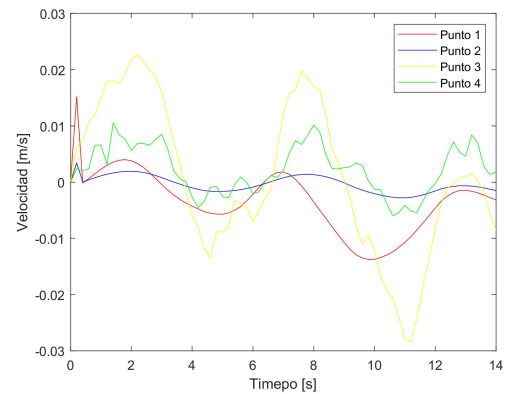
Este modelo posee las mismas características del modelo 9; la única incorporación extra es, una barrera de flujo colocada a 2.84 m de la pared de inicio.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.35 y 2.36.



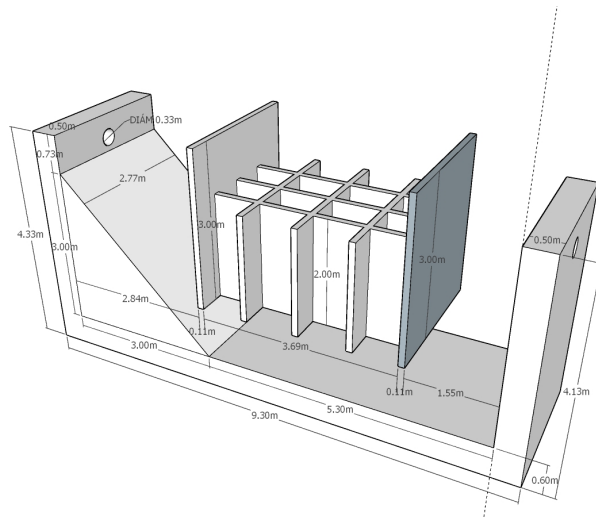
**Figura 2.35:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.36:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

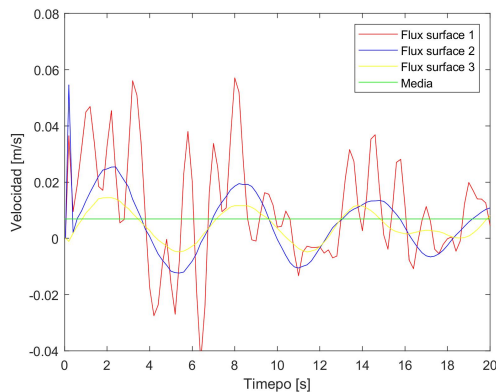
### 2.3.12. Modelo 11 (Pared Inclínada 7)

**Figura 2.37:** Modelo 11 (Pared Inclínada 7)

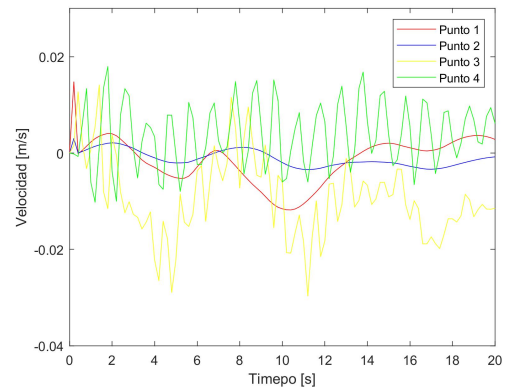
Fuente: Autores

En el modelo 11 a diferencia de su predecesor, los separadores de flujo interiores llegan hasta la superficie.

Los resultados del funcionamiento del modelo se muestran en la figura 2.38 y 2.39.

**Figura 2.38:** Velocidades promedio

Fuente: Autores

**Figura 2.39:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores

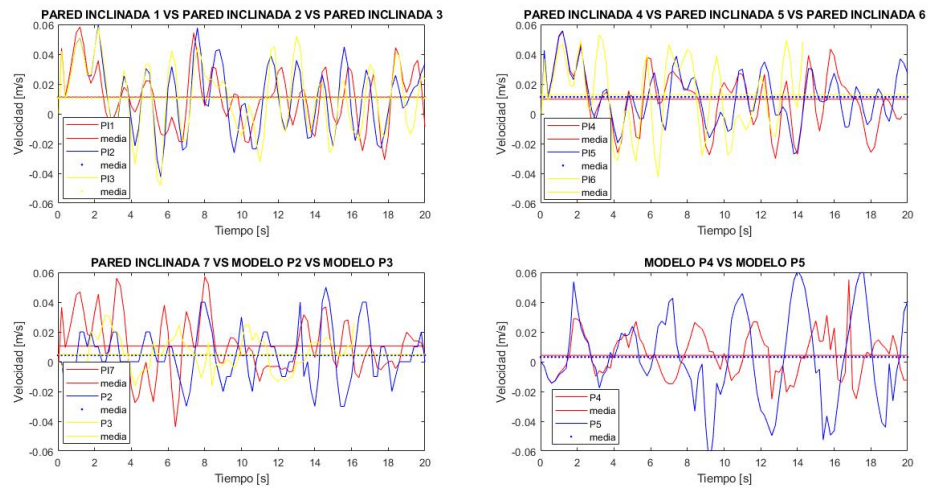
## 2.4. Resultados

Para una mejor comprensión de los resultados se va comparar los modelos tal y como se indica en la figuras 2.40, 2.41, 2.42, 2.43, 2.44, 2.45 y 2.46.

Como se puede apreciar en la figura 2.40 la mayoría de los modelos presenta resultados relativamente semejantes, a excepción del modelo P3 que muestra una superioridad respecto a los otros modelos. Según la figura 2.41 se puede descartar los modelos P2, P4 y P5. La figura 2.42 muestra una relativa similitud entre los modelos, a excepción del modelo P2, que además ya fue descartado anteriormente.

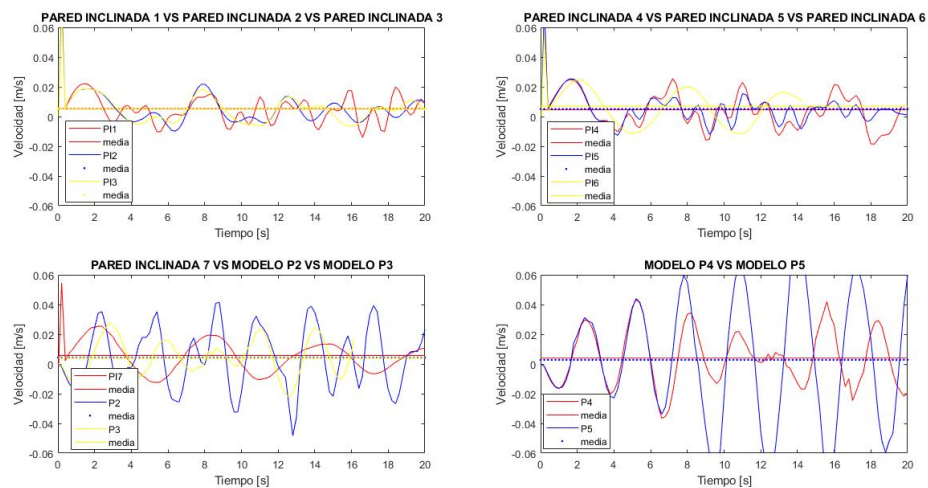
A partir de las velocidades puntuales, se puede saber con mayor certeza que modelo presenta mejores condiciones para una separación de grasas y aceites. Es así, que, a partir de la figura 2.43 se empieza a observar que los modelos, pared inclinada 6 y pared inclinada 7, muestran una superioridad respecto a los otros modelos. Con los datos presentes en la figura 2.44 se descartan los modelos pared inclinada 1, pared inclinada 2, pared inclinada 3 y el modelo P3. Es decir, por el momento pared inclinada 4, pared inclinada 5, pared inclinada 6 y pared inclinada 7 son modelos con las mejores condiciones para separar grasas y aceites. Con la figura 2.45 se pueden descartar los modelos pared inclinada 4 y pared inclinada 5; quedando únicamente los modelos pared inclinada 6 y pared inclinada 7. La figura 2.46 es una corroboración de que los posibles modelos son pared inclinada 6 y pared inclinada 7. Para efectos de facilidad de retirar la grasa del tanque se escoge el modelo pared inclinada 6.

Los valores de las velocidades en los *flux surface* y en los puntos de medición se presentan en los anexos.



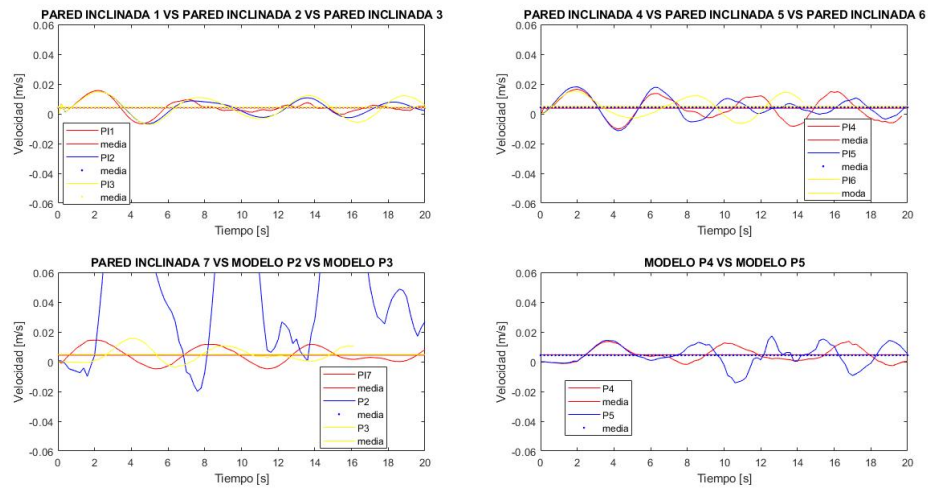
**Figura 2.40:** Variación de la velocidad en el *flux surface 1*

Fuente: Autores



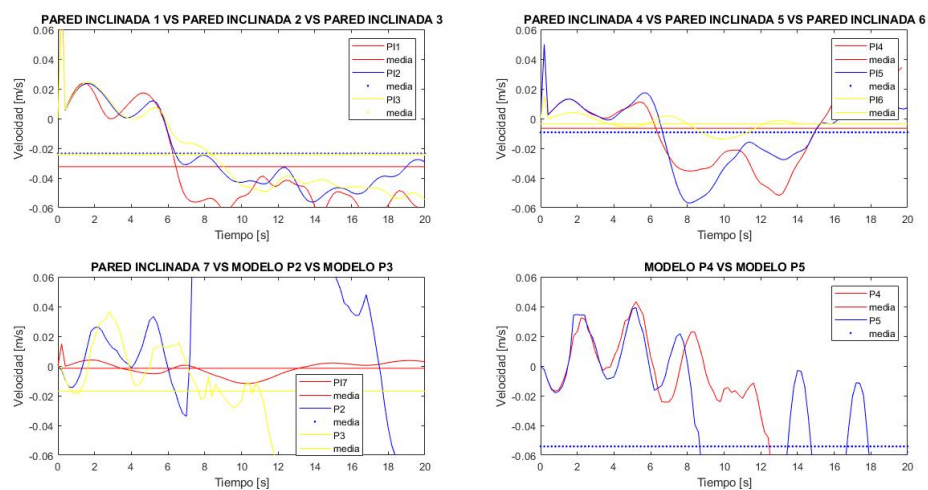
**Figura 2.41:** Variación de la velocidad en el *flux surface 2*

Fuente: Autores



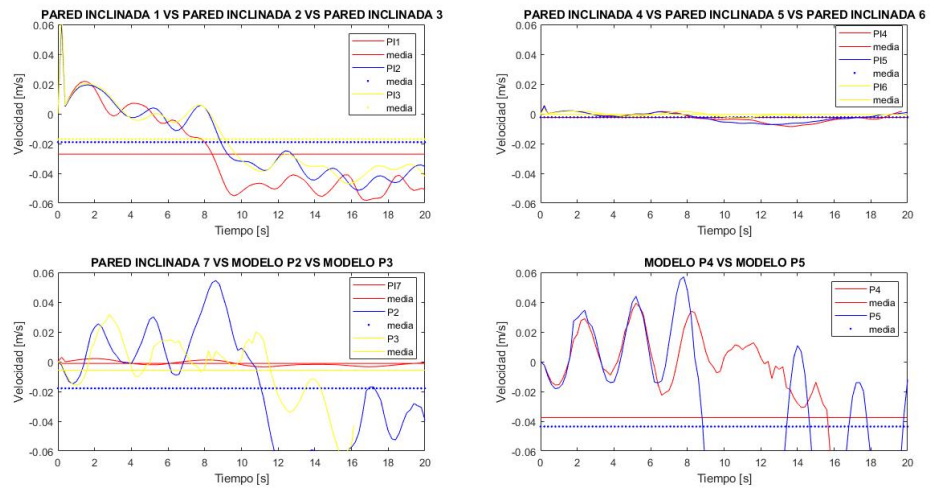
**Figura 2.42:** Variación de la velocidad en el *flux surface 3*

Fuente: Autores



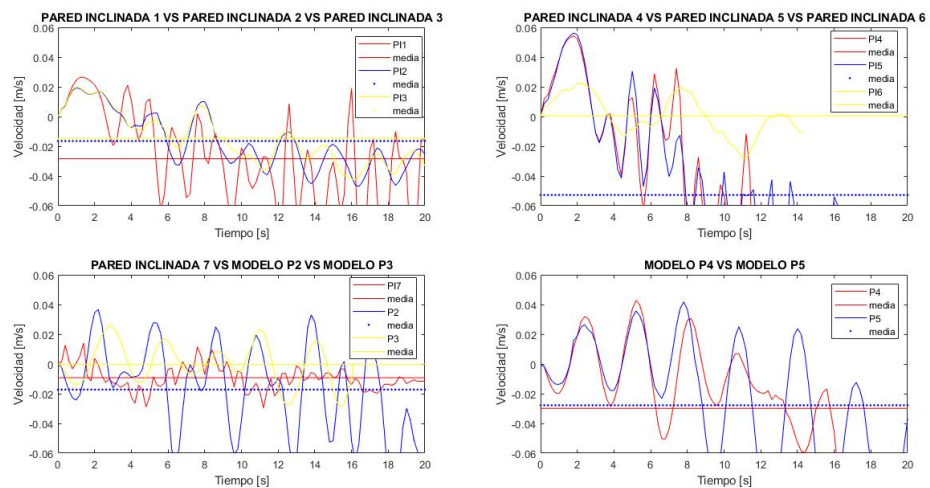
**Figura 2.43:** Variación de la velocidad en el punto 1

Fuente: Autores



**Figura 2.44:** Variación de la velocidad en el punto 2

Fuente: Autores



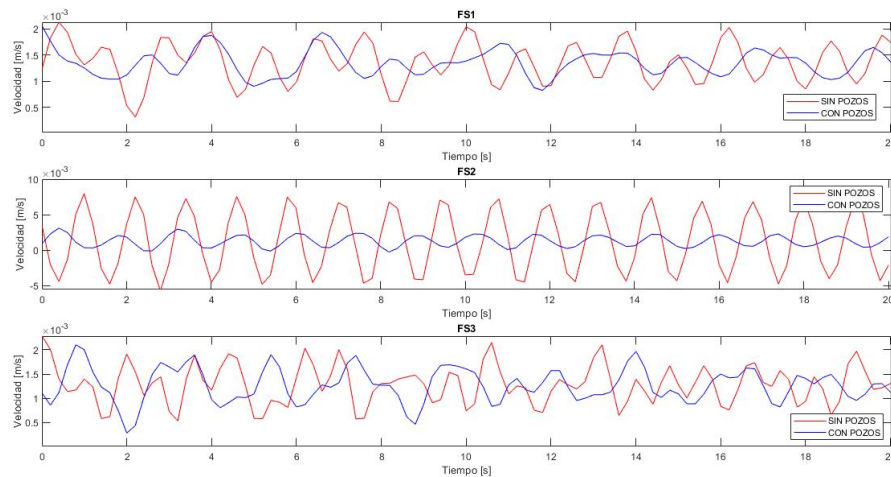
**Figura 2.45:** Variación de la velocidad en el punto 3

Fuente: Autores



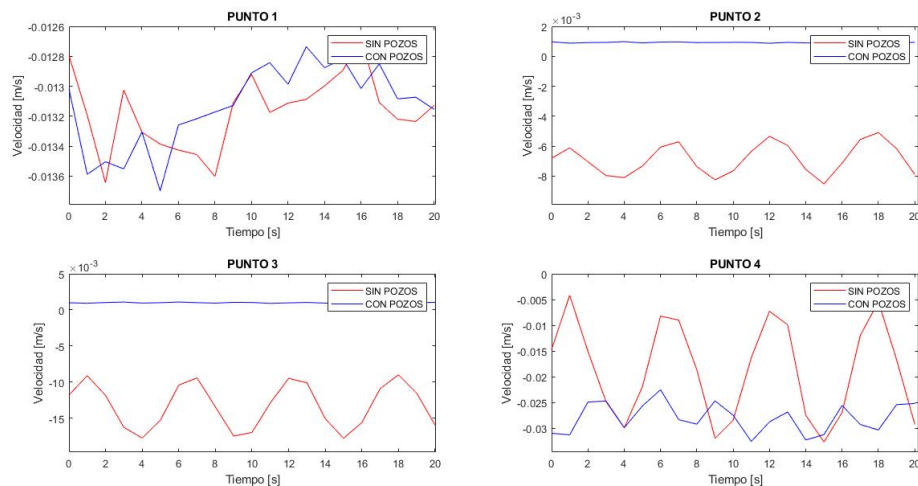
## 2.5. Conclusión

El modelo con pozos internos muestra mejores condiciones para que una partícula con menor densidad que el agua se eleve a la superficie bajo las condiciones de la ley de Stokes. Además, al poseer más placas, el choque entre partículas aumenta y por ende la velocidad ascensional de la partícula será mayor. Chu y Ng (2000) demostró que al usar *tube settler* la remoción de grasas y aceites aumenta de un 8 a 10 %. Es decir, existe evidencia que al poseer pozos internos la remoción de grasas y aceites mejora.



**Figura 2.49:** Velocidades en los *flux surface*

Fuente: Autores



**Figura 2.50:** Velocidades puntuales

Fuente: Autores



### 3. Funcionamiento del prototipo

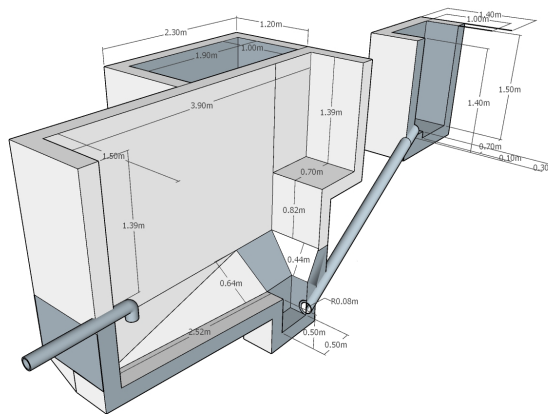
Para evaluar el comportamiento del modelo propuesto se compara el mismo respecto a otros modelos. Esto se llevará acabo mediante una simulación por computadora. Es decir, se evaluará los parámetros propuestos versus los parámetros utilizados para los diferentes diseños. A continuación se presenta los parámetros de diseño de los modelos ya construidos y los párametros propuestos.

#### 3.1. Industria láctea

##### 3.1.1. Parámetros presentes en el modelo ya construido de la industria láctea

- Caudal máximo de muestreo:  $1.16 \frac{lt}{s}$ .
- Caudal medio de muestreo:  $0.43 \frac{lt}{s}$ .
- Caudal máximo proyectado (caudal de diseño):  $2.5 \frac{lt}{s}$ .
- Caudal medio proyectado:  $0.93 \frac{lt}{s}$ .
- Temperatura media:  $22.68^{\circ}C$ .
- Tiempo de retención: 15 min.
- Relación largo/ancho: 2.
- Peso específico de las grasas:  $850 \frac{Kg}{m^3}$ .

En la figura 3.1 se muestra el modelo construido para la industria láctea.



**Figura 3.1:** Industria láctea.

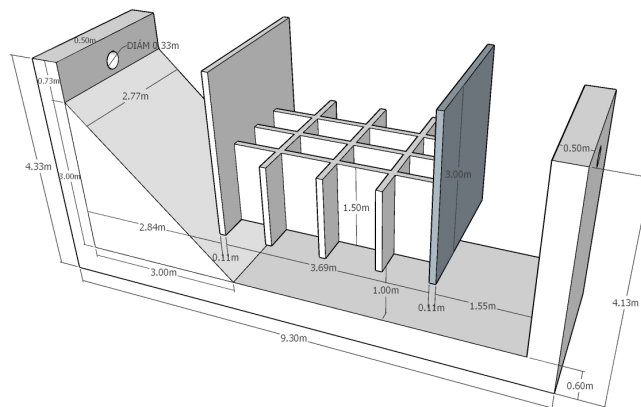
Fuente: Autores



### 3.1.2. Parámetros para la propuesta de diseño de la industria láctea

- Relación largo/ancho: 3/1
- Tiempo de retención mínimo: 30 minutos.
- Uso de una pared inclinada.
- Bloqueador de flujo a una distancia de la entrada igual al 12 % del largo del tanque.
- Bloqueador de flujo ubicado entre el 0.77-0.80 % del largo del tanque.
- Uso de *tube settler*, o pozos internos.
- Todos los separadores de flujo y *tube settler* deben empezar a una altura recomendada de 1/3 de la altura que ocupará el agua en su volumen de diseño.
- Caudal de diseño:  $1.16 \frac{lt}{s}$ .

La figura 3.2 muestra el diseño propuesto.



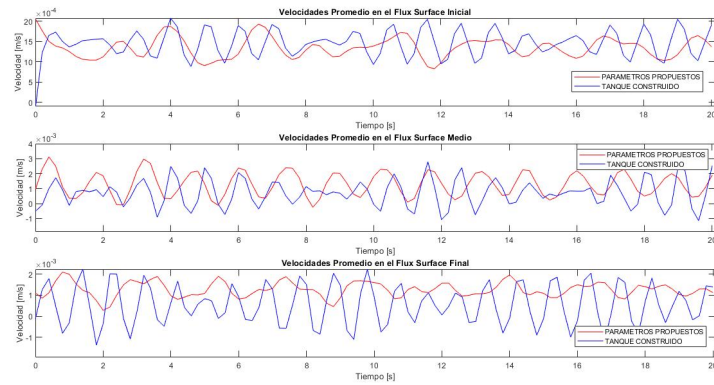
**Figura 3.2:** Modelo propuesto para industria láctea.

Fuente: Autores

### 3.1.3. Comparación de parámetros

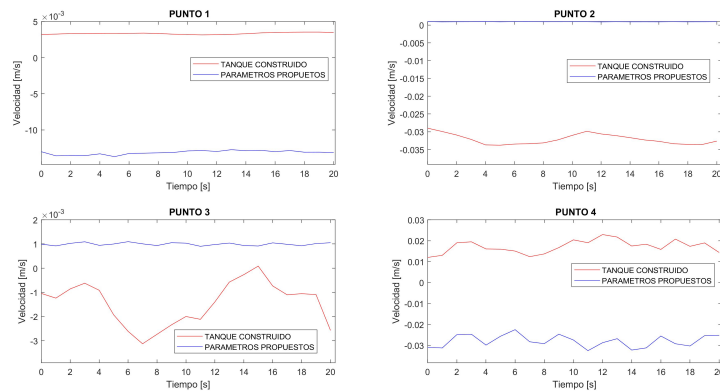
Como se puede observar en la figura 3.3; el modelo con los parámetros propuestos tiene muchos menos picos. Analizando la figura, se puede concluir que el modelo construido posee velocidades circulares y por lo tanto su eficiencia en la remoción de grasas y aceites es menor (Razmi et al., 2009). Parece que en cuanto a velocidades los parámetros propuestos no son muy efectivos; pero es desmentido por las figuras 3.5 y 3.4. En la figura 3.4, los puntos que se encuentran entre los divisores de flujo, puntos 2 y 3, se puede apreciar una clara superioridad del modelo con los parámetros propuestos. Para ser más precisos en el análisis se colocó mas medidores puntuales, figura 3.5; se puede corroborar

que los parámetros propuestos disminuyen la velocidad del flujo, permitiendo una mayor eficiencia de remoción.



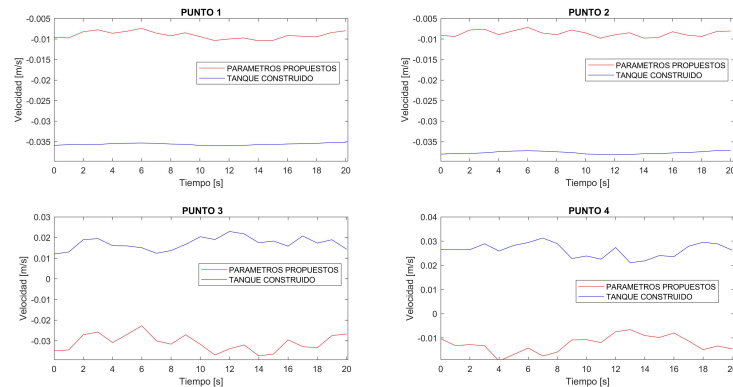
**Figura 3.3:** Velocidades en *flux surface*

Fuente: Autores



**Figura 3.4:** Velocidades puntuales.

Fuente: Autores



**Figura 3.5:** Velocidades puntuales en el interior del tanque.

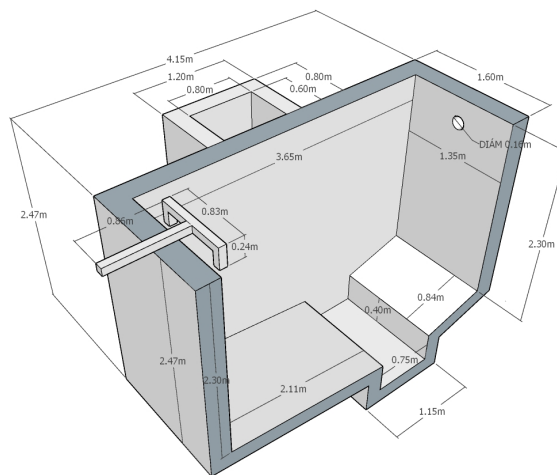
Fuente: Autores

### 3.2. Industria cárnica

#### 3.2.1. Parámetros presentes en el modelo ya construido de la industria cárnica

- Caudal de diseño:  $5.405 \frac{lt}{s}$ .
- Caudal máximo:  $6.66 \frac{lt}{s}$ .
- Peso específico de la grasa a separar:  $950 \frac{Kg}{m^3}$ .
- Relación largo/ancho: 1.8
- Tiempo de retención: 15 min.
- Tiempo de retención real para el caudal medio: 19.98 min.
- Tiempo de retención real para el caudal máximo: 16.22 min.

El modelo presente en la 3.6 es la trampa de grasa implementada en dicha empresa.



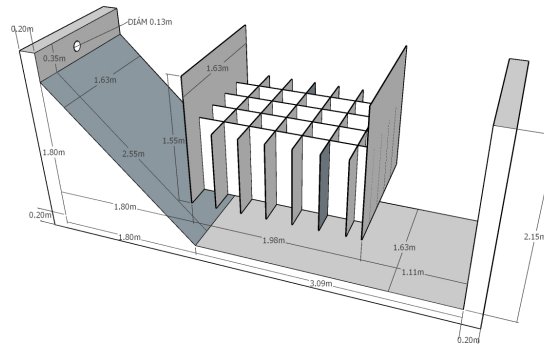
**Figura 3.6:** Industria cárnica.

Fuente: Autores

#### 3.2.2. Parámetros para propuesta de diseño de la industria cárnica

- Relación largo/ancho: 3/1
- Tiempo de retención mínimo: 36 minutos.
- Uso de una pared inclinada.
- Bloqueador de flujo a una distancia de la entrada igual al 12 % del largo del tanque.
- Bloqueador de flujo ubicado entre el 0.77-0.80 % del largo del tanque.
- Uso de *tube settler*, o pozos internos.

- Todos los separadores de flujo y *tube settler* deben empezar a una altura recomendada de  $1/3$  de la altura que ocupará el agua en su volumen de diseño.
- Caudal de diseño:  $5.405 \frac{lt}{s}$ .

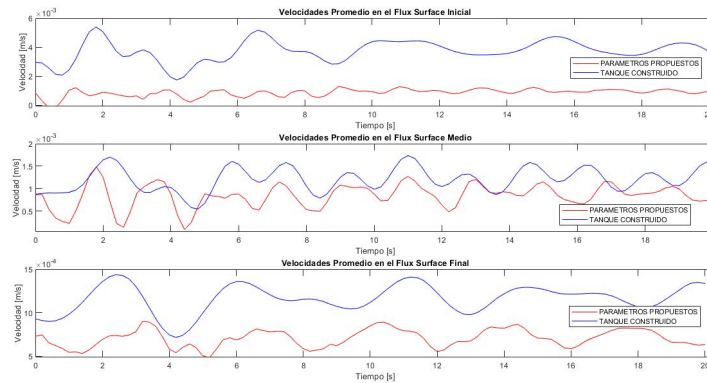


**Figura 3.7:** Modelo propuesto para industria cárnica.

Fuente: Autores

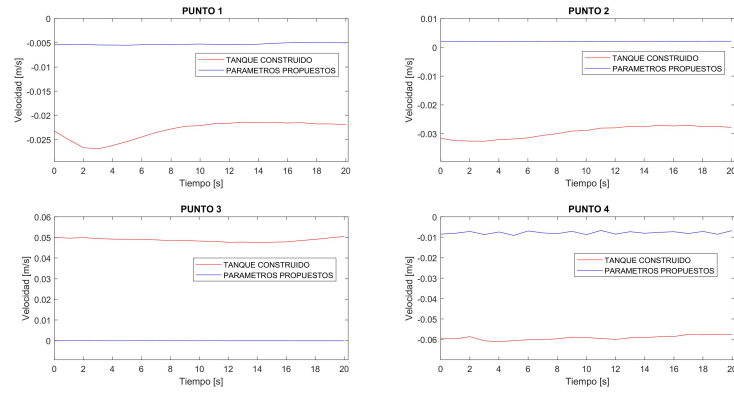
### 3.3. Conclusión

Como se puede apreciar en las dos figuras 3.8 y 3.9, las velocidades son menores en el modelo con los parámetros propuestos.



**Figura 3.8:** Velocidades en *flux surface*.

Fuente: Autores



**Figura 3.9:** Velocidades puntuales.

Fuente: Autores

## 4. Conclusiones

Mediante la investigación realizada se concluye que los métodos utilizados para la separación de grasas y aceites del agua residual se pueden dividir en dos, flotación natural y flotación por inducción de aire. Se optó por el primero ya que su uso es mucho más sencillo y económico; esto se debe a que en comparación con el segundo no se necesita de una fuente de energía para su funcionamiento. El sistema de flotación natural no necesita de un mantenimiento tan riguroso; por el contrario el sistema de inducción de aire necesitará de un mantenimiento periódico de bombas, poleas, sistema de arrastre de grasas, sistema eléctrico del mismo, etc.

Una vez vistas las necesidades de las industrias de la ciudad de Cuenca, vimos reflejada una profunda necesidad de una trampa de grasa que minimice los costos de operación y a su vez mantenga una eficiencia requerida para la descarga de efluentes. En el modelamiento de los prototipos se realizaron con varios parámetros acorde a la bibliográfica escogida para cada modelo. Teniendo como resultado final el modelo 6 por su reducción de velocidades, garantizando la remoción de grasas al momento de su funcionamiento.

En conclusión el modelo para las industrias de la ciudad de Cuenca, es un modelo económico, tanto en la construcción, operación y mantenimiento.

Respondiendo a la pregunta de investigación. Un análisis detallado de las trampas de grasa sí conduce a un modelo mas eficiente. La eficiencia de un modelo esta relacionada directamente con el cumplimiento de la ley de Stokes; por lo tanto un diseño en el cual sus partículas choquen entre si, para formar partículas más grandes y a la vez la velocidad de flujo sea la menor posible, brindará una mayor remoción de las grasas y aceites.

## Referencias

- Adams, C. E., Ford, D. L., y Eckenfelder, W. W. (1981). Development of design and operational criteria for wastewater treatment. En *Development of design and operational criteria for wastewater treatment*. Enviro Press.
- Aziz, T. N., Holt, L. M., Keener, K. M., Groninger, J. W., y Ducoste, J. J. (2010). Performance of grease abatement devices for removal of fat, oil, and grease. *Journal of Environmental Engineering*, 137(1), 84–92.
- Becker, P., Köster, D., Popov, M., Markossian, S., Antranikian, G., y Märkl, H. (1999). The biodegradation of olive oil and the treatment of lipid-rich wool scouring wastewater under aerobic thermophilic conditions. *Water Research*, 33(3), 653–660.
- Beneventi, D., y Carre, B. (2000). The mechanisms of flotation deinking and the role of fillers. *Progress in Paper Recycling*, 9(2), 77–85.
- Bennett, G. F., y Peters, R. W. (1988). The removal of oil from wastewater by air flotation: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 18(3), 189–253.
- Beychock, M. R. (1967). Aqueous wastes from petroleum and petrochemical plants, John Wiley & Sons.
- Biesinger, M., Vining, I., y Shell, G. (1974). Industrial experience with dissolved-air flotation. En *Proc. ind. waste conf. (united states)*.
- Borchardt, J. (1992). Chemical structure, property relationships of deinking surfactants. *Prog Pap Recycl*, 1(2), 45–60.
- Borchardt, J. (1994). Possible deinking mechanisms and potential analogies to laundering. *Prog Pap Recycl*, 2(2), 47–53.
- Borchardt, J. K. (1997). The use of surfactants in de-inking paper for paper recycling. *Current opinion in colloid & interface science*, 2(4), 402–408.
- Bratby, J., y Marais, G. (1975). Saturator performance in dissolved-air (pressure) flotation. *Water Research*, 9(11), 929–936.
- Burkhardt, C. W. (1983). Control pollution by air flotation. En *Hydrocarbon process*.
- CAMPOS, D. M. J., y JIMENEZ, M. I. P. (s.f.). Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales y de producción evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras-aplicación campo colorado.
- Cardile, R., y Fronczak, R. (1982). Resolution of an industry's oily waste problem. En *Proc. ind. waste conf. (united states)* (Vol. 36).
- Chen, M. I., G.M., y Nor, M. (2011). Flow pattern in a horizontal primary separator with a perforated baffle. *Journal-the Institution of Engineers*, 72:3.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L. W., Saldarriaga, J. G., y cols. (1994). *Hidrología aplicada* (n.º 551.48 C4H5).
- Chu, W., y Ng, F.-L. (2000). Upgrading the conventional grease trap using a tube settler. *Environment international*, 26(1-2), 17–22.
- Clayton, R., Jameson, G., y Manlapig, E. (1991). The development and application of the Jameson cell. *Minerals Engineering*, 4(7-11), 925–933.
- Colic, M., Morse, D., Morse, W., Matherly, T., Carty, S., y Miller, J. (2001). From airsparged hydrocyclone to bubble accelerated flotation: Mineral industry technology sets stage for development of new wastewater

- treatment flotation. En *Proceedings engineering foundation conference, froth flotation/dissolved air flotation: Bridging the gap*.
- Conway, R. A., Nelson, R. F., y Young, B. A. (1981). High-solubility gas flotation. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 1198–1205.
- David, B., y Vose, R. (1977). Custom designs cut effluent treating costs: case histories at chevron, usa inc. En *Proceedings of purdue industrial waste conference* (Vol. 32).
- Degner, V. (1976). Dispersed air flotation cell design and operation. En *Water-1975, aiche symposium series* (Vol. 71).
- Degner, V., y Winter, M. (1979). Recent advances in wastewater treatment using induced-air-flotation (iaf). En *Aiche symp. ser.:(united states)* (Vol. 75).
- Degner, V. R., y Colbert, W. V. (1978, agosto 29). *Dispersed gas flotation process*. Google Patents. (US Patent 4,110,210)
- De Renzo, E., D.J. (1981). Pollution control technology for industrial wastewaters. *Noyes Data Corp.*
- Domínguez Ollero, R. (2015). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas para poblaciones entre 20 y 25 mil habitantes* (B.S. thesis).
- Drelich, J., Nalaskowski, J., Gosiewska, A., Beach, E., y Miller, J. (2000). Long-range attractive forces and energy barriers in de-inking flotation: Afm studies of interactions between polyethylene and toner. *Journal of adhesion science and technology*, 14(14), 1829–1843.
- Drelich, J., Pletka, J., Boyd, P., Raber, E., Herron, D., Luhta, E., ... others (2001). Interfacial chemistry aspects of de-inking flotation of mixed office paper. En *Sme annual meeting, denver, colorado*.
- Drelich, J., Zahn, R., Miller, J., y Borchardt, J. (2001). Contact angle relaxation for ethoxylated alcohol solutions on hydrophobic surfaces. *Contact angles, wettability and adhesion. VSP, the Netherlands*.
- Dueholm, T., Andreasen, K., y Nielsen, P. H. (2001). Transformation of lipids in activated sludge. *Water science and technology*, 43(1), 165–172.
- Ellis, M., Fischer, P., y cols. (1973). Clarifying oilfield and refinery waste waters by gas flotation. *Journal of Petroleum Technology*, 25(04), 426–430.
- Fernández Arteaga, A., y cols. (2006). Preparación, caracterización y estabilidad de emulsiones y microemulsiones o/w.
- Figuerola Casas, J. I., y Martínez Sañudo, A. F. (2014). Construcción, instalación, puesta en marcha de una planta de tratamiento de agua de 30.000 bwpd, campo contayaco.
- Flow-Science. (2008). User manual: Flow-3d [Manual de software informático].
- Gopalratnam, V. C., Bennett, G. F., y Peters, R. W. (1988). The simultaneous removal of oil and heavy metals from industrial wastewater by joint precipitation and air flotation. *Environmental Progress*, 7(2), 84–92.
- Hart, J. (1970). Air flotation treatment and reuse of refinery wastewater.
- Hobe, D. (1978, octubre). Tuna cannery waste treatment. *Pacific Northwest Pollution Control Assoc.*
- Hussein, H. A., Abdullah, R., Harun, S., y Abdulkhaleq, M. (2013). Numerical model of baffle location effect on flow pattern in oil and water gravity separator tanks. *World Applied Sciences Journal*, 26(10), 1351–1356.
- Hussein, H. A., Abdullah, R., Ibrahim, M. A., y Said, M. A. M. (2016).



- Experimental investigation of the effect of inlet baffle position on the flow pattern, oil concentration, and efficiency of rectangular separator tank. *Desalination and Water Treatment*, 57(51), 24333–24340.
- Jameel, A. T., Muyubi, S. A., Karim, M. I. A., Alam, M. Z., y cols. (2011). Removal of oil and grease as emerging pollutants of concern (epc) in wastewater stream. *IJUM Engineering Journal*, 12(4).
- Jameson, G., y Manlapig, E. (1991). Applications of the jameson flotation cell. *Column*, 91, 535.
- Jameson, G. J., y cols. (2004). Application of the jameson cell technology for algae and phosphorus removal from maturation ponds. *International Journal of Mineral Processing*, 73(1), 23–28.
- Jordan, C., y Susko, F. (1992). Rapid flotation using a modified bubble-injected hydrocyclone and a shallow-depth froth separator for improved flotation kinetics. *Minerals Engineering*, 5(10-12), 1239–1257.
- Katz, W. J., y cols. (1960). Dissolved-air flotation as applied to the treatment of oil-production water and of refinery wastes. En *Drilling and production practice*.
- Krofta, M., y Wang, L. (1999). *Flotation and related adsorptive bubble separation processes, technical manual no* (Inf. Téc.). Lenox 7-25-1999/348, 4th edn. Lenox Institute of Water Technology, Lenox, MA.
- López-Vazquez, C. M., y Fall, C. (2004). Improvement of a gravity oil separator using a designed experiment. *Water, Air, and Soil Pollution*, 157(1-4), 33–52.
- Madoni, P., Davoli, D., y Gibin, G. (2000). Survey of filamentous microorganisms from bulking and foaming activated-sludge plants in italy. *Water Research*, 34(6), 1767–1772.
- Maskew Fair, G., Alexander Okun, D., y Charles Geyer, J. (1966). *Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. volumen ii: Purificación de aguas y tratamiento de aguas residuales*. LIMUSA-WILEY, S.A.
- Mattsson, J., Hedström, A., Viklander, M., y Blecken, G.-T. (2014). Fat, oil, and grease accumulation in sewer systems: comprehensive survey of experiences of scandinavian municipalities. *Journal of environmental engineering*, 140(3), 04014003.
- Metcalf, y Eddy. (1979). *Wastewater engineering: Treatmentm disposal, reuse*. McGraw-Hill.
- Morrow, T., y Dodget, F. (1991). Fluid flow modelling of gravity separators. *Multi-phase production*.
- Muñoz, J., Alfaro, M., y Zapata, I. (2007). Avances en la formulación de emulsiones. *Grasas y aceites*, 58(1), 64–73.
- Murakami, E., y Robe, K. (1975). Before: sewage changes 55,660/yr, now :4,340. *Food Process*, Aug, 36.
- Nisola, G. M., Cho, E. S., Shon, H. K., Tian, D., Chun, D. J., Gwon, E. M., y Chung, W. J. (2009). Cell immobilized fog-trap system for fat, oil, and grease removal from restaurant wastewater. *Journal of environmental engineering*, 135(9), 876–884.
- of Refining, A. P. I. D. (1969a). *Manual on disposal of refinery wastes: Volume on liquid wastes*. American Petroleum Institute, Division of Refining.
- of Refining, A. P. I. D. (1969b). *Manual on disposal of refinery wastes: Volume*

- on liquid wastes*. American Petroleum Institute, Division of Refining.
- PDVSA. (1997, jun). Mpd-09-ef-03 [Manual de software informático].
- Pirttinen, E., y Stenius, P. (2000). The effects of chemical conditions on newsprint ink detachment and fragmentation. *Tappi journal*, 83(11).
- Ramallo, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverté.
- Rao, R., y Stenius, P. (1998). Mechanisms of ink release from model surfaces and fibre. *Journal of pulp and paper science*, 24(6), 183–187.
- Razmi, A., Firoozabadi, B., y Ahmadi, G. (2009). Experimental and numerical approach to enlargement of performance of primary settling tanks. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2(1).
- Rodríguez Fernández-Alba, A., Letón García, P., Rosal García, R., Dorado Valiño, M., Villar Fernández, S., y Sanz García, J. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. *Informe de vigilancia ambiental vt2, Comunidad de Madrid*. [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org).
- Romero Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Escuela colombiana de ingeniería.
- Rubio, J., Souza, M., y Smith, R. (2002). Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals engineering*, 15(3), 139–155.
- Sastri, S. (1998). Column flotation: theory and practice.
- Shammas, N. K., Wang, L. K., y Selke, W. A. (2010). Completely closed water systems in paper mills. En *Flotation technology* (pp. 401–427). Springer.
- Smets, I. (2009). Water quality assessment, monitoring and treatment primary treatment techniques..
- Somasundaran, P., Zhang, L., Krishnakumar, S., y Slepety, R. (1999). Flotation deinking-a review of principles and techniques. *Progress in paper recycling*, 8, 22–36.
- Steiner, J., Bennett, G., Mohler, E., y Clere, L. (1978). Pollution control practices/air flotation treatment of refinery waste water. *Chem. Eng. Prog. (United States)*, 74(12).
- Steiner, J. L. (1977). *A study of dissolved and induced air flotation to remove oil and suspended solids from petroleum refinery wastewater* (Tesis Doctoral no publicada). University of Toledo.
- Stewart, M., y Arnold, K. (2008). *Emulsions and oil treating equipment: selection, sizing and troubleshooting*. Elsevier.
- Sylvester, N. D., Byeseda, J. J., y cols. (1980). Oil/water separation by induced-air flotation. *Society of Petroleum Engineers Journal*, 20(06), 579–590.
- Van Ham, N. J., Behie, L. A., y Svrcek, W. Y. (1983). The effect of air distribution on the induced air flotation of fine oil in water emulsions. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 61(4), 541–547.
- Villacorta Llerena, M., Ulloa, G., y Del Rosario, M. (2016). Diseño de una unidad piloto para simulación de tratamientos de aguas residuales oleosas utilizando el software hysys v3. 2 en la facultad de ingeniería química-unap.
- Wang, L. K. (2006). Adsorptive bubble separation and dispersed air flotation. En *Advanced physicochemical treatment processes* (pp. 81–122). Springer.
- Wang, L. K., Shammas, N. K., Selke, W. A., y Aulenbach, D. B. (2010). *Flotation technology*. Springer.
- Wood, y Sci., P. (2002). *Introduction to the science involved in flotation deinking*. Descargado de <http://www.cfr.ncsu.edu/wps/>

k12activities/ppts/flotation

- Ye, Y., Gopalakrishnan, S., Pacquet, E., y Miller, J. (1988). Development of the air-sparged hydrocyclone—a swirl flotation column. En *Proceedings of international column flotation symposium* (pp. 305–313).
- Zabel, T. F. (1992). Flotation in water treatment. En *Innovations in flotation technology* (pp. 431–454). Springer.
- Zhao, Y., Deng, Y., y Zhu, J. (2004). Roles of surfactants in flotation deinking. *Progress in paper recycling*. Vol. 14, no. 1 (Nov. 2004): Pages 41-45..

# Anexos

## A. Resultados numéricos de cada modelo (Tablas)

**Tabla A.1:** Producción de leche condensada

| DESCARGA D1 |                  |
|-------------|------------------|
| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
| 1           | 0.37             |
| 2           | 0.23             |
| 3           | 0.69             |
| 4           | 0.58             |
| 5           | 0.8              |
| 6           | 0.52             |
| 7           | 0.78             |
| 8           | 0.46             |
| 9           | 0.4              |
| 10          | 0.81             |
| 11          | 0.79             |
| 12          | 0.34             |
| 13          | 0.26             |
| 14          | 0.39             |
| 15          | 0.43             |
| 16          | 0.19             |
| 17          | 0.26             |
| 18          | 0.16             |
| 19          | 0.17             |

Fuente: Autores

**Tabla A.2:** Producción de leche en polvo

| DESCARGA D1 LECHE |                  |
|-------------------|------------------|
| Tiempo (sg)       | Velocidad (m/sg) |
| 1                 | 0.26             |
| 2                 | 0.2              |
| 3                 | 0.4              |
| 4                 | 0.54             |
| 5                 | 0.71             |
| 6                 | 0.23             |
| 7                 | 0.95             |
| 8                 | 0.8              |
| 9                 | 0.31             |
| 10                | 1.16             |
| 11                | 0.45             |
| 12                | 0.3              |
| 13                | 0.65             |
| 14                | 0.2              |
| 15                | 0.18             |
| 16                | 0.17             |
| 17                | 0.19             |
| 18                | 0.19             |
| 19                | 0.17             |

Fuente: Autores

**Tabla A.3:** Modelo 1 (P2) FS<sub>1</sub>PI<sub>2</sub>

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.02        | 0.00             | 9.60        | 0.00             | 19.20       | 0.00             |
| 0.20        | 0.00             | 9.80        | 0.01             | 19.40       | 0.01             |
| 0.40        | -0.02            | 10.00       | 0.03             | 19.60       | 0.01             |
| 0.60        | -0.02            | 10.20       | 0.01             | 19.80       | 0.02             |
| 0.80        | -0.01            | 10.40       | -0.01            | 20.00       | 0.00             |
| 1.00        | 0.00             | 10.60       | -0.02            |             |                  |
| 1.20        | 0.02             | 10.80       | 0.00             |             |                  |
| 1.40        | 0.02             | 11.00       | 0.01             |             |                  |
| 1.60        | 0.01             | 11.20       | 0.02             |             |                  |
| 1.80        | 0.02             | 11.40       | 0.02             |             |                  |
| 2.00        | 0.01             | 11.60       | 0.01             |             |                  |
| 2.20        | 0.01             | 11.80       | 0.01             |             |                  |
| 2.40        | 0.00             | 12.00       | 0.00             |             |                  |
| 2.60        | 0.00             | 12.20       | -0.01            |             |                  |
| 2.80        | 0.01             | 12.40       | -0.01            |             |                  |
| 3.00        | 0.02             | 12.60       | 0.00             |             |                  |
| 3.20        | 0.02             | 12.80       | 0.00             |             |                  |
| 3.40        | 0.00             | 13.00       | 0.01             |             |                  |
| 3.60        | 0.00             | 13.20       | 0.04             |             |                  |
| 3.80        | 0.00             | 13.40       | -0.01            |             |                  |
| 4.00        | 0.00             | 13.60       | 0.00             |             |                  |
| 4.20        | 0.00             | 13.80       | -0.02            |             |                  |
| 4.40        | 0.00             | 14.00       | -0.03            |             |                  |
| 4.60        | 0.01             | 14.20       | -0.01            |             |                  |
| 4.80        | 0.02             | 14.40       | 0.04             |             |                  |
| 5.00        | 0.02             | 14.60       | 0.05             |             |                  |
| 5.20        | 0.01             | 14.80       | 0.04             |             |                  |
| 5.40        | 0.00             | 15.00       | 0.02             |             |                  |
| 5.60        | 0.00             | 15.20       | -0.01            |             |                  |
| 5.80        | 0.00             | 15.40       | -0.03            |             |                  |
| 6.00        | 0.01             | 15.60       | -0.03            |             |                  |
| 6.20        | 0.01             | 15.80       | -0.02            |             |                  |
| 6.40        | 0.00             | 16.00       | -0.01            |             |                  |
| 6.60        | -0.01            | 16.20       | 0.01             |             |                  |
| 6.80        | -0.02            | 16.40       | 0.03             |             |                  |
| 7.00        | -0.03            | 16.60       | 0.04             |             |                  |
| 7.20        | -0.02            | 16.80       | 0.04             |             |                  |
| 7.40        | 0.00             | 17.00       | 0.02             |             |                  |
| 7.60        | 0.02             | 17.20       | -0.01            |             |                  |
| 7.80        | 0.04             | 17.40       | -0.01            |             |                  |
| 8.00        | 0.04             | 17.60       | 0.01             |             |                  |
| 8.20        | 0.03             | 17.80       | 0.01             |             |                  |
| 8.40        | 0.02             | 18.00       | 0.00             |             |                  |
| 8.60        | 0.00             | 18.20       | -0.02            |             |                  |
| 8.80        | -0.01            | 18.40       | -0.01            |             |                  |
| 9.00        | -0.02            | 18.60       | 0.00             |             |                  |
| 9.20        | -0.01            | 18.80       | 0.00             |             |                  |
| 9.40        | -0.01            | 19.00       | 0.00             |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.4:** Modelo 1 (P2) FS2PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5984      | -0.0324          | 19.2007     | 0.0081           |
| 0.2011      | -0.0020          | 9.7988      | -0.0322          | 19.3998     | 0.0085           |
| 0.3980      | -0.0076          | 10.0010     | -0.0188          | 19.5998     | 0.0084           |
| 0.5997      | -0.0129          | 10.2004     | -0.0010          | 19.8008     | 0.0141           |
| 0.8028      | -0.0162          | 10.3993     | 0.0144           | 20.0020     | 0.0231           |
| 0.9974      | -0.0172          | 10.5998     | 0.0274           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0154          | 10.8013     | 0.0322           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0104          | 11.0003     | 0.0269           |             |                  |
| 1.5992      | 0.0005           | 11.1994     | 0.0238           |             |                  |
| 1.7999      | 0.0134           | 11.3999     | 0.0198           |             |                  |
| 1.9992      | 0.0244           | 11.5998     | 0.0133           |             |                  |
| 2.1987      | 0.0344           | 11.8017     | 0.0057           |             |                  |
| 2.4010      | 0.0351           | 12.0007     | -0.0015          |             |                  |
| 2.6005      | 0.0261           | 12.2017     | -0.0056          |             |                  |
| 2.7982      | 0.0116           | 12.4016     | -0.0090          |             |                  |
| 2.9993      | -0.0033          | 12.5998     | -0.0292          |             |                  |
| 3.2003      | -0.0113          | 12.7982     | -0.0482          |             |                  |
| 3.4014      | -0.0114          | 13.0004     | -0.0356          |             |                  |
| 3.6012      | -0.0058          | 13.1993     | -0.0008          |             |                  |
| 3.8020      | -0.0024          | 13.4012     | 0.0213           |             |                  |
| 3.9993      | -0.0024          | 13.6011     | 0.0369           |             |                  |
| 4.1982      | 0.0027           | 13.7988     | 0.0389           |             |                  |
| 4.3990      | 0.0126           | 13.9997     | 0.0346           |             |                  |
| 4.6019      | 0.0179           | 14.1987     | 0.0260           |             |                  |
| 4.7988      | 0.0179           | 14.3997     | 0.0139           |             |                  |
| 4.9982      | 0.0209           | 14.6006     | -0.0034          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0305           | 14.7998     | -0.0190          |             |                  |
| 5.3984      | 0.0351           | 14.9997     | -0.0218          |             |                  |
| 5.6006      | 0.0215           | 15.1990     | -0.0093          |             |                  |
| 5.8012      | 0.0002           | 15.4006     | 0.0042           |             |                  |
| 6.0003      | -0.0147          | 15.5996     | 0.0129           |             |                  |
| 6.1993      | -0.0235          | 15.7991     | 0.0189           |             |                  |
| 6.4001      | -0.0248          | 15.9993     | 0.0110           |             |                  |
| 6.5998      | -0.0257          | 16.2002     | -0.0051          |             |                  |
| 6.7985      | -0.0172          | 16.4017     | -0.0165          |             |                  |
| 7.0004      | -0.0030          | 16.6011     | -0.0078          |             |                  |
| 7.1998      | 0.0124           | 16.7998     | 0.0188           |             |                  |
| 7.3995      | 0.0176           | 16.9998     | 0.0332           |             |                  |
| 7.5998      | 0.0099           | 17.1995     | 0.0393           |             |                  |
| 7.7995      | 0.0013           | 17.4001     | 0.0351           |             |                  |
| 7.9990      | -0.0006          | 17.5997     | 0.0168           |             |                  |
| 8.2003      | 0.0087           | 17.7997     | -0.0030          |             |                  |
| 8.4005      | 0.0262           | 17.9992     | -0.0173          |             |                  |
| 8.5981      | 0.0410           | 18.1993     | -0.0245          |             |                  |
| 8.8005      | 0.0414           | 18.4000     | -0.0267          |             |                  |
| 8.9988      | 0.0234           | 18.5990     | -0.0199          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0006          | 18.8006     | -0.0075          |             |                  |
| 9.3989      | -0.0223          | 19.0012     | 0.0050           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.5:** Modelo 1 (P2) FS3PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0006           | 9.5984      | 0.2140           | 19.2007     | 0.0322           |
| 0.2011      | 0.0006           | 9.7988      | 0.2160           | 19.3998     | 0.0228           |
| 0.3980      | -0.0014          | 10.0010     | 0.2121           | 19.5998     | 0.0170           |
| 0.5997      | -0.0047          | 10.2004     | 0.1835           | 19.8008     | 0.0230           |
| 0.8028      | -0.0056          | 10.3993     | 0.1533           | 20.0020     | 0.0269           |
| 0.9974      | -0.0064          | 10.5998     | 0.1216           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0074          | 10.8013     | 0.0802           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0042          | 11.0003     | 0.0560           |             |                  |
| 1.5992      | -0.0098          | 11.1994     | 0.0282           |             |                  |
| 1.7999      | -0.0025          | 11.3999     | 0.0078           |             |                  |
| 1.9992      | 0.0044           | 11.5998     | 0.0062           |             |                  |
| 2.1987      | 0.0266           | 11.8017     | 0.0091           |             |                  |
| 2.4010      | 0.0520           | 12.0007     | 0.0148           |             |                  |
| 2.6005      | 0.0825           | 12.2017     | 0.0268           |             |                  |
| 2.7982      | 0.1188           | 12.4016     | 0.0247           |             |                  |
| 2.9993      | 0.1576           | 12.5998     | 0.0213           |             |                  |
| 3.2003      | 0.1859           | 12.7982     | 0.0121           |             |                  |
| 3.4014      | 0.2062           | 13.0004     | 0.0153           |             |                  |
| 3.6012      | 0.2169           | 13.1993     | 0.0070           |             |                  |
| 3.8020      | 0.2142           | 13.4012     | 0.0037           |             |                  |
| 3.9993      | 0.2060           | 13.6011     | 0.0007           |             |                  |
| 4.1982      | 0.1803           | 13.7988     | 0.0184           |             |                  |
| 4.3990      | 0.1523           | 13.9997     | 0.0284           |             |                  |
| 4.6019      | 0.1239           | 14.1987     | 0.0488           |             |                  |
| 4.7988      | 0.1000           | 14.3997     | 0.0792           |             |                  |
| 4.9982      | 0.0812           | 14.6006     | 0.1055           |             |                  |
| 5.1998      | 0.0652           | 14.7998     | 0.1282           |             |                  |
| 5.3984      | 0.0570           | 14.9997     | 0.1580           |             |                  |
| 5.6006      | 0.0484           | 15.1990     | 0.1761           |             |                  |
| 5.8012      | 0.0418           | 15.4006     | 0.1826           |             |                  |
| 6.0003      | 0.0372           | 15.5996     | 0.1774           |             |                  |
| 6.1993      | 0.0333           | 15.7991     | 0.1693           |             |                  |
| 6.4001      | 0.0265           | 15.9993     | 0.1507           |             |                  |
| 6.5998      | 0.0135           | 16.2002     | 0.1301           |             |                  |
| 6.7985      | 0.0075           | 16.4017     | 0.1062           |             |                  |
| 7.0004      | -0.0069          | 16.6011     | 0.0854           |             |                  |
| 7.1998      | -0.0086          | 16.7998     | 0.0693           |             |                  |
| 7.3995      | -0.0154          | 16.9998     | 0.0512           |             |                  |
| 7.5998      | -0.0199          | 17.1995     | 0.0390           |             |                  |
| 7.7995      | -0.0178          | 17.4001     | 0.0304           |             |                  |
| 7.9990      | -0.0073          | 17.5997     | 0.0281           |             |                  |
| 8.2003      | 0.0116           | 17.7997     | 0.0254           |             |                  |
| 8.4005      | 0.0378           | 17.9992     | 0.0352           |             |                  |
| 8.5981      | 0.0687           | 18.1993     | 0.0422           |             |                  |
| 8.8005      | 0.1079           | 18.4000     | 0.0460           |             |                  |
| 8.9988      | 0.1368           | 18.5990     | 0.0488           |             |                  |
| 9.2002      | 0.1758           | 18.8006     | 0.0479           |             |                  |
| 9.3989      | 0.1969           | 19.0012     | 0.0435           |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.6:** Modelo 1 (P2) PUNTO1P2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5984      | 0.2166           | 19.2007     | -0.0702          |
| 0.2011      | -0.0027          | 9.7988      | 0.2111           | 19.3998     | -0.0722          |
| 0.3980      | -0.0093          | 10.0010     | 0.2236           | 19.5998     | -0.0826          |
| 0.5997      | -0.0140          | 10.2004     | 0.2253           | 19.8008     | -0.0910          |
| 0.8028      | -0.0145          | 10.3993     | 0.2219           | 20.0020     | -0.1072          |
| 0.9974      | -0.0116          | 10.5998     | 0.2147           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0059          | 10.8013     | 0.2133           |             |                  |
| 1.3982      | 0.0025           | 11.0003     | 0.2078           |             |                  |
| 1.5992      | 0.0129           | 11.1994     | 0.2024           |             |                  |
| 1.7999      | 0.0234           | 11.3999     | 0.1920           |             |                  |
| 1.9992      | 0.0257           | 11.5998     | 0.1800           |             |                  |
| 2.1987      | 0.0263           | 11.8017     | 0.1674           |             |                  |
| 2.4010      | 0.0236           | 12.0007     | 0.1497           |             |                  |
| 2.6005      | 0.0186           | 12.2017     | 0.1313           |             |                  |
| 2.7982      | 0.0149           | 12.4016     | 0.1172           |             |                  |
| 2.9993      | 0.0118           | 12.5998     | 0.1088           |             |                  |
| 3.2003      | 0.0104           | 12.7982     | 0.0996           |             |                  |
| 3.4014      | 0.0061           | 13.0004     | 0.1005           |             |                  |
| 3.6012      | 0.0033           | 13.1993     | 0.1153           |             |                  |
| 3.8020      | 0.0015           | 13.4012     | 0.1018           |             |                  |
| 3.9993      | -0.0013          | 13.6011     | 0.1161           |             |                  |
| 4.1982      | 0.0019           | 13.7988     | 0.1172           |             |                  |
| 4.3990      | 0.0073           | 13.9997     | 0.1110           |             |                  |
| 4.6019      | 0.0134           | 14.1987     | 0.1009           |             |                  |
| 4.7988      | 0.0224           | 14.3997     | 0.0951           |             |                  |
| 4.9982      | 0.0308           | 14.6006     | 0.0824           |             |                  |
| 5.1998      | 0.0333           | 14.7998     | 0.0726           |             |                  |
| 5.3984      | 0.0290           | 14.9997     | 0.0640           |             |                  |
| 5.6006      | 0.0197           | 15.1990     | 0.0579           |             |                  |
| 5.8012      | 0.0083           | 15.4006     | 0.0514           |             |                  |
| 6.0003      | -0.0014          | 15.5996     | 0.0424           |             |                  |
| 6.1993      | -0.0115          | 15.7991     | 0.0405           |             |                  |
| 6.4001      | -0.0177          | 15.9993     | 0.0364           |             |                  |
| 6.5998      | -0.0259          | 16.2002     | 0.0340           |             |                  |
| 6.7985      | -0.0321          | 16.4017     | 0.0342           |             |                  |
| 7.0004      | -0.0338          | 16.6011     | 0.0400           |             |                  |
| 7.1998      | 0.0078           | 16.7998     | 0.0480           |             |                  |
| 7.3995      | 0.1160           | 16.9998     | 0.0373           |             |                  |
| 7.5998      | 0.2436           | 17.1995     | 0.0236           |             |                  |
| 7.7995      | 0.3378           | 17.4001     | 0.0078           |             |                  |
| 7.9990      | 0.3887           | 17.5997     | -0.0067          |             |                  |
| 8.2003      | 0.4166           | 17.7997     | -0.0261          |             |                  |
| 8.4005      | 0.4202           | 17.9992     | -0.0417          |             |                  |
| 8.5981      | 0.3912           | 18.1993     | -0.0537          |             |                  |
| 8.8005      | 0.3367           | 18.4000     | -0.0610          |             |                  |
| 8.9988      | 0.2912           | 18.5990     | -0.0641          |             |                  |
| 9.2002      | 0.2617           | 18.8006     | -0.0636          |             |                  |
| 9.3989      | 0.2338           | 19.0012     | -0.0648          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.7:** Modelo 1 (P2) PUNTO2P2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5984      | 0.0152           | 19.2007     | -0.0324          |
| 0.2011      | -0.0024          | 9.7988      | 0.0075           | 19.3998     | -0.0281          |
| 0.3980      | -0.0085          | 10.0010     | 0.0092           | 19.5998     | -0.0295          |
| 0.5997      | -0.0133          | 10.2004     | 0.0066           | 19.8008     | -0.0307          |
| 0.8028      | -0.0148          | 10.3993     | 0.0024           | 20.0020     | -0.0392          |
| 0.9974      | -0.0135          | 10.5998     | -0.0012          |             |                  |
| 1.2028      | -0.0092          | 10.8013     | -0.0044          |             |                  |
| 1.3982      | -0.0024          | 11.0003     | -0.0150          |             |                  |
| 1.5992      | 0.0082           | 11.1994     | -0.0240          |             |                  |
| 1.7999      | 0.0186           | 11.3999     | -0.0368          |             |                  |
| 1.9992      | 0.0231           | 11.5998     | -0.0498          |             |                  |
| 2.1987      | 0.0255           | 11.8017     | -0.0605          |             |                  |
| 2.4010      | 0.0231           | 12.0007     | -0.0741          |             |                  |
| 2.6005      | 0.0173           | 12.2017     | -0.0885          |             |                  |
| 2.7982      | 0.0118           | 12.4016     | -0.0985          |             |                  |
| 2.9993      | 0.0068           | 12.5998     | -0.1037          |             |                  |
| 3.2003      | 0.0040           | 12.7982     | -0.1077          |             |                  |
| 3.4014      | 0.0003           | 13.0004     | -0.1014          |             |                  |
| 3.6012      | -0.0008          | 13.1993     | -0.0827          |             |                  |
| 3.8020      | -0.0006          | 13.4012     | -0.0854          |             |                  |
| 3.9993      | -0.0013          | 13.6011     | -0.0668          |             |                  |
| 4.1982      | 0.0032           | 13.7988     | -0.0592          |             |                  |
| 4.3990      | 0.0085           | 13.9997     | -0.0598          |             |                  |
| 4.6019      | 0.0142           | 14.1987     | -0.0645          |             |                  |
| 4.7988      | 0.0217           | 14.3997     | -0.0669          |             |                  |
| 4.9982      | 0.0283           | 14.6006     | -0.0733          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0301           | 14.7998     | -0.0763          |             |                  |
| 5.3984      | 0.0264           | 14.9997     | -0.0759          |             |                  |
| 5.6006      | 0.0185           | 15.1990     | -0.0710          |             |                  |
| 5.8012      | 0.0085           | 15.4006     | -0.0659          |             |                  |
| 6.0003      | 0.0000           | 15.5996     | -0.0644          |             |                  |
| 6.1993      | -0.0075          | 15.7991     | -0.0593          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0090          | 15.9993     | -0.0574          |             |                  |
| 6.5998      | -0.0086          | 16.2002     | -0.0541          |             |                  |
| 6.7985      | -0.0018          | 16.4017     | -0.0476          |             |                  |
| 7.0004      | 0.0050           | 16.6011     | -0.0351          |             |                  |
| 7.1998      | 0.0132           | 16.7998     | -0.0195          |             |                  |
| 7.3995      | 0.0206           | 16.9998     | -0.0170          |             |                  |
| 7.5998      | 0.0266           | 17.1995     | -0.0169          |             |                  |
| 7.7995      | 0.0329           | 17.4001     | -0.0210          |             |                  |
| 7.9990      | 0.0402           | 17.5997     | -0.0261          |             |                  |
| 8.2003      | 0.0478           | 17.7997     | -0.0371          |             |                  |
| 8.4005      | 0.0530           | 17.9992     | -0.0466          |             |                  |
| 8.5981      | 0.0545           | 18.1993     | -0.0518          |             |                  |
| 8.8005      | 0.0520           | 18.4000     | -0.0525          |             |                  |
| 8.9988      | 0.0437           | 18.5990     | -0.0480          |             |                  |
| 9.2002      | 0.0357           | 18.8006     | -0.0408          |             |                  |
| 9.3989      | 0.0252           | 19.0012     | -0.0345          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.8:** Modelo 1 (P2) PUNTO3P2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5984      | -0.0608          | 19.2007     | -0.0378          |
| 0.2011      | -0.0025          | 9.7988      | -0.0574          | 19.3998     | -0.0511          |
| 0.3980      | -0.0105          | 10.0010     | -0.0378          | 19.5998     | -0.0590          |
| 0.5997      | -0.0180          | 10.2004     | -0.0163          | 19.8008     | -0.0629          |
| 0.8028      | -0.0230          | 10.3993     | 0.0019           | 20.0020     | -0.0703          |
| 0.9974      | -0.0243          | 10.5998     | 0.0134           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0206          | 10.8013     | 0.0195           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0109          | 11.0003     | 0.0148           |             |                  |
| 1.5992      | 0.0052           | 11.1994     | 0.0045           |             |                  |
| 1.7999      | 0.0234           | 11.3999     | -0.0084          |             |                  |
| 1.9992      | 0.0345           | 11.5998     | -0.0151          |             |                  |
| 2.1987      | 0.0368           | 11.8017     | -0.0134          |             |                  |
| 2.4010      | 0.0262           | 12.0007     | -0.0096          |             |                  |
| 2.6005      | 0.0076           | 12.2017     | -0.0140          |             |                  |
| 2.7982      | -0.0092          | 12.4016     | -0.0317          |             |                  |
| 2.9993      | -0.0161          | 12.5998     | -0.0546          |             |                  |
| 3.2003      | -0.0122          | 12.7982     | -0.0702          |             |                  |
| 3.4014      | -0.0069          | 13.0004     | -0.0664          |             |                  |
| 3.6012      | -0.0052          | 13.1993     | -0.0319          |             |                  |
| 3.8020      | -0.0065          | 13.4012     | -0.0041          |             |                  |
| 3.9993      | -0.0089          | 13.6011     | 0.0241           |             |                  |
| 4.1982      | -0.0085          | 13.7988     | 0.0331           |             |                  |
| 4.3990      | -0.0078          | 13.9997     | 0.0281           |             |                  |
| 4.6019      | -0.0036          | 14.1987     | 0.0115           |             |                  |
| 4.7988      | 0.0080           | 14.3997     | -0.0097          |             |                  |
| 4.9982      | 0.0213           | 14.6006     | -0.0351          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0278           | 14.7998     | -0.0526          |             |                  |
| 5.3984      | 0.0275           | 14.9997     | -0.0515          |             |                  |
| 5.6006      | 0.0205           | 15.1990     | -0.0283          |             |                  |
| 5.8012      | 0.0022           | 15.4006     | -0.0025          |             |                  |
| 6.0003      | -0.0271          | 15.5996     | 0.0017           |             |                  |
| 6.1993      | -0.0575          | 15.7991     | -0.0207          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0687          | 15.9993     | -0.0519          |             |                  |
| 6.5998      | -0.0570          | 16.2002     | -0.0659          |             |                  |
| 6.7985      | -0.0313          | 16.4017     | -0.0534          |             |                  |
| 7.0004      | -0.0095          | 16.6011     | -0.0236          |             |                  |
| 7.1998      | -0.0004          | 16.7998     | 0.0066           |             |                  |
| 7.3995      | -0.0048          | 16.9998     | 0.0149           |             |                  |
| 7.5998      | -0.0133          | 17.1995     | 0.0097           |             |                  |
| 7.7995      | -0.0182          | 17.4001     | -0.0018          |             |                  |
| 7.9990      | -0.0149          | 17.5997     | -0.0184          |             |                  |
| 8.2003      | -0.0012          | 17.7997     | -0.0471          |             |                  |
| 8.4005      | 0.0153           | 17.9992     | -0.0815          |             |                  |
| 8.5981      | 0.0249           | 18.1993     | -0.1000          |             |                  |
| 8.8005      | 0.0203           | 18.4000     | -0.0944          |             |                  |
| 8.9988      | 0.0014           | 18.5990     | -0.0697          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0251          | 18.8006     | -0.0423          |             |                  |
| 9.3989      | -0.0492          | 19.0012     | -0.0298          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.9:** Modelo 1 (P2) PUNTO4P2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5984      | 0.0117           | 19.2007     | -0.0526          |
| 0.2011      | -0.0007          | 9.7988      | 0.0009           | 19.3998     | -0.0111          |
| 0.3980      | -0.0027          | 10.0010     | -0.0197          | 19.5998     | 0.0261           |
| 0.5997      | -0.0050          | 10.2004     | -0.0371          | 19.8008     | 0.0468           |
| 0.8028      | -0.0069          | 10.3993     | -0.0433          | 20.0020     | 0.0448           |
| 0.9974      | -0.0085          | 10.5998     | -0.0325          |             |                  |
| 1.2028      | -0.0093          | 10.8013     | 0.0018           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0090          | 11.0003     | 0.0398           |             |                  |
| 1.5992      | -0.0057          | 11.1994     | 0.0589           |             |                  |
| 1.7999      | -0.0006          | 11.3999     | 0.0516           |             |                  |
| 1.9992      | 0.0063           | 11.5998     | 0.0206           |             |                  |
| 2.1987      | 0.0150           | 11.8017     | -0.0186          |             |                  |
| 2.4010      | 0.0225           | 12.0007     | -0.0431          |             |                  |
| 2.6005      | 0.0263           | 12.2017     | -0.0477          |             |                  |
| 2.7982      | 0.0243           | 12.4016     | -0.0394          |             |                  |
| 2.9993      | 0.0151           | 12.5998     | -0.0278          |             |                  |
| 3.2003      | -0.0009          | 12.7982     | -0.0171          |             |                  |
| 3.4014      | -0.0189          | 13.0004     | -0.0005          |             |                  |
| 3.6012      | -0.0324          | 13.1993     | 0.0179           |             |                  |
| 3.8020      | -0.0349          | 13.4012     | 0.0240           |             |                  |
| 3.9993      | -0.0222          | 13.6011     | 0.0145           |             |                  |
| 4.1982      | 0.0032           | 13.7988     | -0.0022          |             |                  |
| 4.3990      | 0.0301           | 13.9997     | -0.0137          |             |                  |
| 4.6019      | 0.0448           | 14.1987     | -0.0103          |             |                  |
| 4.7988      | 0.0405           | 14.3997     | 0.0020           |             |                  |
| 4.9982      | 0.0223           | 14.6006     | 0.0087           |             |                  |
| 5.1998      | 0.0008           | 14.7998     | 0.0027           |             |                  |
| 5.3984      | -0.0156          | 14.9997     | -0.0083          |             |                  |
| 5.6006      | -0.0230          | 15.1990     | -0.0151          |             |                  |
| 5.8012      | -0.0188          | 15.4006     | -0.0225          |             |                  |
| 6.0003      | -0.0059          | 15.5996     | -0.0288          |             |                  |
| 6.1993      | 0.0087           | 15.7991     | -0.0259          |             |                  |
| 6.4001      | 0.0174           | 15.9993     | -0.0113          |             |                  |
| 6.5998      | 0.0089           | 16.2002     | 0.0124           |             |                  |
| 6.7985      | -0.0126          | 16.4017     | 0.0306           |             |                  |
| 7.0004      | -0.0325          | 16.6011     | 0.0300           |             |                  |
| 7.1998      | -0.0334          | 16.7998     | 0.0077           |             |                  |
| 7.3995      | -0.0170          | 16.9998     | -0.0287          |             |                  |
| 7.5998      | 0.0032           | 17.1995     | -0.0511          |             |                  |
| 7.7995      | 0.0181           | 17.4001     | -0.0455          |             |                  |
| 7.9990      | 0.0249           | 17.5997     | -0.0164          |             |                  |
| 8.2003      | 0.0232           | 17.7997     | 0.0207           |             |                  |
| 8.4005      | 0.0122           | 17.9992     | 0.0368           |             |                  |
| 8.5981      | -0.0040          | 18.1993     | 0.0203           |             |                  |
| 8.8005      | -0.0144          | 18.4000     | -0.0100          |             |                  |
| 8.9988      | -0.0147          | 18.5990     | -0.0413          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0019          | 18.8006     | -0.0697          |             |                  |
| 9.3989      | 0.0106           | 19.0012     | -0.0743          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.10:** Modelo 2 (P3) FS1P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5997      | -0.0048          |
| 0.1995      | -0.0022          | 9.8004      | 0.0005           |
| 0.3946      | -0.0089          | 9.9989      | 0.0121           |
| 0.6000      | -0.0126          | 10.1992     | 0.0248           |
| 0.8010      | -0.0126          | 10.4020     | 0.0246           |
| 0.9976      | -0.0114          | 10.5981     | 0.0141           |
| 1.2020      | -0.0124          | 10.8013     | 0.0193           |
| 1.3975      | -0.0112          | 10.9990     | 0.0126           |
| 1.5994      | -0.0026          | 11.1990     | 0.0141           |
| 1.8010      | 0.0200           | 11.4005     | 0.0085           |
| 1.9987      | 0.0179           | 11.6015     | -0.0083          |
| 2.2012      | 0.0148           | 11.8002     | -0.0112          |
| 2.4013      | 0.0238           | 12.0015     | -0.0134          |
| 2.5988      | 0.0312           | 12.2018     | -0.0105          |
| 2.7997      | 0.0304           | 12.4008     | -0.0129          |
| 2.9992      | 0.0205           | 12.6019     | -0.0112          |
| 3.2012      | 0.0203           | 12.7996     | -0.0099          |
| 3.3988      | 0.0160           | 12.9988     | -0.0005          |
| 3.5997      | 0.0042           | 13.2014     | -0.0003          |
| 3.7982      | 0.0054           | 13.4009     | 0.0003           |
| 3.9977      | -0.0076          | 13.5994     | 0.0043           |
| 4.1995      | -0.0165          | 13.7987     | 0.0126           |
| 4.4010      | -0.0099          | 13.9989     | 0.0129           |
| 4.5979      | -0.0060          | 14.2020     | 0.0127           |
| 4.8017      | -0.0061          | 14.3986     | 0.0122           |
| 4.9999      | -0.0031          | 14.5996     | 0.0165           |
| 5.1986      | 0.0132           | 14.8001     | 0.0152           |
| 5.4003      | 0.0063           | 15.0005     | 0.0083           |
| 5.5977      | 0.0040           | 15.2007     | 0.0062           |
| 5.7983      | 0.0083           | 15.4015     | 0.0032           |
| 5.9985      | 0.0142           | 15.6019     | 0.0059           |
| 6.1997      | 0.0140           | 15.8002     | 0.0109           |
| 6.3998      | 0.0175           | 16.0005     | 0.0089           |
| 6.6010      | 0.0247           | 16.1208     | 0.0263           |
| 6.7999      | 0.0137           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0107           |             |                  |
| 7.1983      | 0.0081           |             |                  |
| 7.3999      | 0.0064           |             |                  |
| 7.5993      | -0.0017          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0108          |             |                  |
| 7.9995      | -0.0038          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0128           |             |                  |
| 8.3992      | -0.0162          |             |                  |
| 8.5991      | -0.0014          |             |                  |
| 8.7996      | -0.0040          |             |                  |
| 9.0013      | -0.0020          |             |                  |
| 9.1990      | 0.0014           |             |                  |
| 9.3994      | 0.0001           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.11:** Modelo 2 (P3) FS2P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5997      | -0.0012          |
| 0.1995      | -0.0012          | 9.8004      | -0.0011          |
| 0.3946      | -0.0057          | 9.9989      | 0.0005           |
| 0.6000      | -0.0099          | 10.1992     | 0.0071           |
| 0.8010      | -0.0129          | 10.4020     | 0.0118           |
| 0.9976      | -0.0138          | 10.5981     | 0.0144           |
| 1.2020      | -0.0134          | 10.8013     | 0.0213           |
| 1.3975      | -0.0110          | 10.9990     | 0.0233           |
| 1.5994      | -0.0059          | 11.1990     | 0.0230           |
| 1.8010      | 0.0034           | 11.4005     | 0.0159           |
| 1.9987      | 0.0085           | 11.6015     | 0.0082           |
| 2.2012      | 0.0157           | 11.8002     | -0.0004          |
| 2.4013      | 0.0203           | 12.0015     | -0.0089          |
| 2.5988      | 0.0239           | 12.2018     | -0.0161          |
| 2.7997      | 0.0278           | 12.4008     | -0.0203          |
| 2.9992      | 0.0258           | 12.6019     | -0.0222          |
| 3.2012      | 0.0230           | 12.7996     | -0.0192          |
| 3.3988      | 0.0183           | 12.9988     | -0.0128          |
| 3.5997      | 0.0111           | 13.2014     | -0.0041          |
| 3.7982      | 0.0045           | 13.4009     | 0.0055           |
| 3.9977      | -0.0025          | 13.5994     | 0.0147           |
| 4.1995      | -0.0079          | 13.7987     | 0.0211           |
| 4.4010      | -0.0092          | 13.9989     | 0.0241           |
| 4.5979      | -0.0080          | 14.2020     | 0.0231           |
| 4.8017      | -0.0043          | 14.3986     | 0.0189           |
| 4.9999      | -0.0019          | 14.5996     | 0.0123           |
| 5.1986      | 0.0071           | 14.8001     | 0.0046           |
| 5.4003      | 0.0114           | 15.0005     | -0.0029          |
| 5.5977      | 0.0148           | 15.2007     | -0.0081          |
| 5.7983      | 0.0164           | 15.4015     | -0.0106          |
| 5.9985      | 0.0156           | 15.6019     | -0.0075          |
| 6.1997      | 0.0136           | 15.8002     | -0.0001          |
| 6.3998      | 0.0089           | 16.0005     | 0.0072           |
| 6.6010      | 0.0065           | 16.1208     | 0.0172           |
| 6.7999      | 0.0002           |             |                  |
| 7.0011      | -0.0018          |             |                  |
| 7.1983      | -0.0045          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0045          |             |                  |
| 7.5993      | -0.0024          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0019          |             |                  |
| 7.9995      | 0.0012           |             |                  |
| 8.2000      | 0.0088           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0061           |             |                  |
| 8.5991      | 0.0105           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0091           |             |                  |
| 9.0013      | 0.0073           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0043           |             |                  |
| 9.3994      | 0.0012           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.12:** Modelo 2 (P3) FS3P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5997      | 0.0097           |
| 0.1995      | 0.0000           | 9.8004      | 0.0089           |
| 0.3946      | -0.0001          | 9.9989      | 0.0078           |
| 0.6000      | -0.0002          | 10.1992     | 0.0069           |
| 0.8010      | -0.0003          | 10.4020     | 0.0054           |
| 0.9976      | -0.0005          | 10.5981     | 0.0045           |
| 1.2020      | -0.0004          | 10.8013     | 0.0034           |
| 1.3975      | -0.0005          | 10.9990     | 0.0035           |
| 1.5994      | -0.0004          | 11.1990     | 0.0038           |
| 1.8010      | -0.0001          | 11.4005     | 0.0028           |
| 1.9987      | 0.0009           | 11.6015     | 0.0037           |
| 2.2012      | 0.0014           | 11.8002     | 0.0037           |
| 2.4013      | 0.0029           | 12.0015     | 0.0040           |
| 2.5988      | 0.0044           | 12.2018     | 0.0041           |
| 2.7997      | 0.0063           | 12.4008     | 0.0037           |
| 2.9992      | 0.0083           | 12.6019     | 0.0030           |
| 3.2012      | 0.0108           | 12.7996     | 0.0027           |
| 3.3988      | 0.0126           | 12.9988     | 0.0017           |
| 3.5997      | 0.0137           | 13.2014     | 0.0011           |
| 3.7982      | 0.0152           | 13.4009     | 0.0009           |
| 3.9977      | 0.0155           | 13.5994     | 0.0007           |
| 4.1995      | 0.0156           | 13.7987     | 0.0001           |
| 4.4010      | 0.0149           | 13.9989     | 0.0007           |
| 4.5979      | 0.0136           | 14.2020     | 0.0011           |
| 4.8017      | 0.0118           | 14.3986     | 0.0019           |
| 4.9999      | 0.0093           | 14.5996     | 0.0031           |
| 5.1986      | 0.0072           | 14.8001     | 0.0045           |
| 5.4003      | 0.0039           | 15.0005     | 0.0061           |
| 5.5977      | 0.0016           | 15.2007     | 0.0076           |
| 5.7983      | -0.0007          | 15.4015     | 0.0097           |
| 5.9985      | -0.0021          | 15.6019     | 0.0099           |
| 6.1997      | -0.0030          | 15.8002     | 0.0108           |
| 6.3998      | -0.0036          | 16.0005     | 0.0102           |
| 6.6010      | -0.0030          | 16.1208     | 0.0110           |
| 6.7999      | -0.0026          |             |                  |
| 7.0011      | -0.0017          |             |                  |
| 7.1983      | -0.0003          |             |                  |
| 7.3999      | 0.0008           |             |                  |
| 7.5993      | 0.0026           |             |                  |
| 7.8005      | 0.0045           |             |                  |
| 7.9995      | 0.0061           |             |                  |
| 8.2000      | 0.0079           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0084           |             |                  |
| 8.5991      | 0.0103           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0104           |             |                  |
| 9.0013      | 0.0107           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0107           |             |                  |
| 9.3994      | 0.0103           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.13:** Modelo 2 (P3) PUNTO1P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5997      | -0.0283          |
| 0.1995      | -0.0018          | 9.8004      | -0.0263          |
| 0.3946      | -0.0089          | 9.9989      | -0.0236          |
| 0.6000      | -0.0146          | 10.1992     | -0.0127          |
| 0.8010      | -0.0181          | 10.4020     | -0.0111          |
| 0.9976      | -0.0186          | 10.5981     | -0.0184          |
| 1.2020      | -0.0175          | 10.8013     | -0.0109          |
| 1.3975      | -0.0126          | 10.9990     | -0.0165          |
| 1.5994      | -0.0046          | 11.1990     | -0.0241          |
| 1.8010      | 0.0123           | 11.4005     | -0.0384          |
| 1.9987      | 0.0182           | 11.6015     | -0.0506          |
| 2.2012      | 0.0268           | 11.8002     | -0.0601          |
| 2.4013      | 0.0304           | 12.0015     | -0.0665          |
| 2.5988      | 0.0314           | 12.2018     | -0.0690          |
| 2.7997      | 0.0368           | 12.4008     | -0.0719          |
| 2.9992      | 0.0325           | 12.6019     | -0.0726          |
| 3.2012      | 0.0289           | 12.7996     | -0.0704          |
| 3.3988      | 0.0220           | 12.9988     | -0.0657          |
| 3.5997      | 0.0118           | 13.2014     | -0.0599          |
| 3.7982      | 0.0037           | 13.4009     | -0.0520          |
| 3.9977      | -0.0063          | 13.5994     | -0.0441          |
| 4.1995      | -0.0133          | 13.7987     | -0.0379          |
| 4.4010      | -0.0128          | 13.9989     | -0.0350          |
| 4.5979      | -0.0094          | 14.2020     | -0.0334          |
| 4.8017      | -0.0032          | 14.3986     | -0.0343          |
| 4.9999      | -0.0016          | 14.5996     | -0.0374          |
| 5.1986      | 0.0116           | 14.8001     | -0.0415          |
| 5.4003      | 0.0127           | 15.0005     | -0.0457          |
| 5.5977      | 0.0136           | 15.2007     | -0.0490          |
| 5.7983      | 0.0127           | 15.4015     | -0.0521          |
| 5.9985      | 0.0125           | 15.6019     | -0.0487          |
| 6.1997      | 0.0141           | 15.8002     | -0.0432          |
| 6.3998      | 0.0136           | 16.0005     | -0.0389          |
| 6.6010      | 0.0155           | 16.1208     | -0.0228          |
| 6.7999      | 0.0080           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0023           |             |                  |
| 7.1983      | -0.0058          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0101          |             |                  |
| 7.5993      | -0.0148          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0226          |             |                  |
| 7.9995      | -0.0210          |             |                  |
| 8.2000      | -0.0070          |             |                  |
| 8.3992      | -0.0207          |             |                  |
| 8.5991      | -0.0123          |             |                  |
| 8.7996      | -0.0167          |             |                  |
| 9.0013      | -0.0203          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0236          |             |                  |
| 9.3994      | -0.0266          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.14:** Modelo 2 (P3) PUNTO2P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5997      | -0.0029          |
| 0.1995      | -0.0014          | 9.8004      | -0.0011          |
| 0.3946      | -0.0072          | 9.9989      | 0.0018           |
| 0.6000      | -0.0121          | 10.1992     | 0.0117           |
| 0.8010      | -0.0152          | 10.4020     | 0.0150           |
| 0.9976      | -0.0157          | 10.5981     | 0.0125           |
| 1.2020      | -0.0150          | 10.8013     | 0.0201           |
| 1.3975      | -0.0115          | 10.9990     | 0.0182           |
| 1.5994      | -0.0050          | 11.1990     | 0.0147           |
| 1.8010      | 0.0083           | 11.4005     | 0.0033           |
| 1.9987      | 0.0133           | 11.6015     | -0.0067          |
| 2.2012      | 0.0211           | 11.8002     | -0.0156          |
| 2.4013      | 0.0249           | 12.0015     | -0.0228          |
| 2.5988      | 0.0269           | 12.2018     | -0.0278          |
| 2.7997      | 0.0318           | 12.4008     | -0.0314          |
| 2.9992      | 0.0283           | 12.6019     | -0.0340          |
| 3.2012      | 0.0251           | 12.7996     | -0.0332          |
| 3.3988      | 0.0197           | 12.9988     | -0.0300          |
| 3.5997      | 0.0112           | 13.2014     | -0.0257          |
| 3.7982      | 0.0042           | 13.4009     | -0.0199          |
| 3.9977      | -0.0038          | 13.5994     | -0.0146          |
| 4.1995      | -0.0098          | 13.7987     | -0.0117          |
| 4.4010      | -0.0098          | 13.9989     | -0.0119          |
| 4.5979      | -0.0075          | 14.2020     | -0.0148          |
| 4.8017      | -0.0025          | 14.3986     | -0.0206          |
| 4.9999      | -0.0014          | 14.5996     | -0.0290          |
| 5.1986      | 0.0097           | 14.8001     | -0.0387          |
| 5.4003      | 0.0120           | 15.0005     | -0.0481          |
| 5.5977      | 0.0138           | 15.2007     | -0.0561          |
| 5.7983      | 0.0142           | 15.4015     | -0.0628          |
| 5.9985      | 0.0140           | 15.6019     | -0.0628          |
| 6.1997      | 0.0146           | 15.8002     | -0.0595          |
| 6.3998      | 0.0126           | 16.0005     | -0.0559          |
| 6.6010      | 0.0139           | 16.1208     | -0.0428          |
| 6.7999      | 0.0080           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0051           |             |                  |
| 7.1983      | -0.0001          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0022          |             |                  |
| 7.5993      | -0.0032          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0070          |             |                  |
| 7.9995      | -0.0044          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0076           |             |                  |
| 8.3992      | -0.0002          |             |                  |
| 8.5991      | 0.0070           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0048           |             |                  |
| 9.0013      | 0.0028           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0004           |             |                  |
| 9.3994      | -0.0017          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.15:** Modelo 2 (P3) PUNTO3P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5997      | -0.0044          |
| 0.1995      | -0.0011          | 9.8004      | -0.0059          |
| 0.3946      | -0.0060          | 9.9989      | -0.0049          |
| 0.6000      | -0.0102          | 10.1992     | 0.0012           |
| 0.8010      | -0.0131          | 10.4020     | 0.0078           |
| 0.9976      | -0.0139          | 10.5981     | 0.0133           |
| 1.2020      | -0.0131          | 10.8013     | 0.0212           |
| 1.3975      | -0.0105          | 10.9990     | 0.0232           |
| 1.5994      | -0.0058          | 11.1990     | 0.0219           |
| 1.8010      | 0.0019           | 11.4005     | 0.0146           |
| 1.9987      | 0.0072           | 11.6015     | 0.0049           |
| 2.2012      | 0.0141           | 11.8002     | -0.0057          |
| 2.4013      | 0.0193           | 12.0015     | -0.0157          |
| 2.5988      | 0.0230           | 12.2018     | -0.0232          |
| 2.7997      | 0.0262           | 12.4008     | -0.0270          |
| 2.9992      | 0.0246           | 12.6019     | -0.0276          |
| 3.2012      | 0.0213           | 12.7996     | -0.0245          |
| 3.3988      | 0.0163           | 12.9988     | -0.0188          |
| 3.5997      | 0.0090           | 13.2014     | -0.0113          |
| 3.7982      | 0.0018           | 13.4009     | -0.0026          |
| 3.9977      | -0.0052          | 13.5994     | 0.0057           |
| 4.1995      | -0.0109          | 13.7987     | 0.0121           |
| 4.4010      | -0.0130          | 13.9989     | 0.0154           |
| 4.5979      | -0.0122          | 14.2020     | 0.0151           |
| 4.8017      | -0.0083          | 14.3986     | 0.0109           |
| 4.9999      | -0.0041          | 14.5996     | 0.0029           |
| 5.1986      | 0.0050           | 14.8001     | -0.0073          |
| 5.4003      | 0.0111           | 15.0005     | -0.0176          |
| 5.5977      | 0.0154           | 15.2007     | -0.0255          |
| 5.7983      | 0.0170           | 15.4015     | -0.0294          |
| 5.9985      | 0.0154           | 15.6019     | -0.0265          |
| 6.1997      | 0.0118           | 15.8002     | -0.0192          |
| 6.3998      | 0.0063           | 16.0005     | -0.0094          |
| 6.6010      | 0.0024           | 16.1208     | 0.0007           |
| 6.7999      | -0.0026          |             |                  |
| 7.0011      | -0.0049          |             |                  |
| 7.1983      | -0.0069          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0068          |             |                  |
| 7.5993      | -0.0052          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0044          |             |                  |
| 7.9995      | -0.0015          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0045           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0039           |             |                  |
| 8.5991      | 0.0080           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0083           |             |                  |
| 9.0013      | 0.0070           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0037           |             |                  |
| 9.3994      | -0.0005          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.16:** Modelo 2 (P3) PUNTO4P3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5997      | 0.0008           |
| 0.1995      | -0.0004          | 9.8004      | 0.0015           |
| 0.3946      | -0.0021          | 9.9989      | 0.0020           |
| 0.6000      | -0.0038          | 10.1992     | 0.0031           |
| 0.8010      | -0.0054          | 10.4020     | 0.0038           |
| 0.9976      | -0.0064          | 10.5981     | 0.0047           |
| 1.2020      | -0.0069          | 10.8013     | 0.0072           |
| 1.3975      | -0.0065          | 10.9990     | 0.0102           |
| 1.5994      | -0.0047          | 11.1990     | 0.0130           |
| 1.8010      | -0.0013          | 11.4005     | 0.0125           |
| 1.9987      | 0.0024           | 11.6015     | 0.0106           |
| 2.2012      | 0.0066           | 11.8002     | 0.0061           |
| 2.4013      | 0.0102           | 12.0015     | -0.0004          |
| 2.5988      | 0.0132           | 12.2018     | -0.0080          |
| 2.7997      | 0.0149           | 12.4008     | -0.0138          |
| 2.9992      | 0.0143           | 12.6019     | -0.0179          |
| 3.2012      | 0.0129           | 12.7996     | -0.0174          |
| 3.3988      | 0.0104           | 12.9988     | -0.0125          |
| 3.5997      | 0.0070           | 13.2014     | -0.0042          |
| 3.7982      | 0.0040           | 13.4009     | 0.0052           |
| 3.9977      | 0.0011           | 13.5994     | 0.0133           |
| 4.1995      | -0.0012          | 13.7987     | 0.0178           |
| 4.4010      | -0.0026          | 13.9989     | 0.0180           |
| 4.5979      | -0.0029          | 14.2020     | 0.0137           |
| 4.8017      | -0.0021          | 14.3986     | 0.0073           |
| 4.9999      | -0.0008          | 14.5996     | 0.0009           |
| 5.1986      | 0.0027           | 14.8001     | -0.0042          |
| 5.4003      | 0.0058           | 15.0005     | -0.0070          |
| 5.5977      | 0.0087           | 15.2007     | -0.0074          |
| 5.7983      | 0.0104           | 15.4015     | -0.0058          |
| 5.9985      | 0.0103           | 15.6019     | -0.0032          |
| 6.1997      | 0.0083           | 15.8002     | 0.0002           |
| 6.3998      | 0.0044           | 16.0005     | 0.0033           |
| 6.6010      | 0.0009           | 16.1208     | 0.0062           |
| 6.7999      | -0.0042          |             |                  |
| 7.0011      | -0.0064          |             |                  |
| 7.1983      | -0.0077          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0067          |             |                  |
| 7.5993      | -0.0030          |             |                  |
| 7.8005      | 0.0014           |             |                  |
| 7.9995      | 0.0054           |             |                  |
| 8.2000      | 0.0092           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0092           |             |                  |
| 8.5991      | 0.0086           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0059           |             |                  |
| 9.0013      | 0.0033           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0012           |             |                  |
| 9.3994      | 0.0005           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.17:** Modelo 3 (P4) FS1P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5994      | 0.0005           | 19.1988     | 0.0179           |
| 0.2011      | -0.0031          | 9.7983      | -0.0053          | 19.4007     | 0.0095           |
| 0.3978      | -0.0110          | 10.0009     | 0.0056           | 19.5997     | -0.0046          |
| 0.5977      | -0.0146          | 10.2010     | -0.0029          | 19.7991     | -0.0125          |
| 0.7967      | -0.0126          | 10.3979     | -0.0127          | 20.0004     | -0.0123          |
| 1.0027      | -0.0080          | 10.6009     | -0.0091          |             |                  |
| 1.2028      | -0.0052          | 10.7975     | -0.0072          |             |                  |
| 1.4009      | -0.0019          | 11.0011     | 0.0003           |             |                  |
| 1.5987      | 0.0066           | 11.1989     | 0.0145           |             |                  |
| 1.7994      | 0.0289           | 11.4000     | 0.0207           |             |                  |
| 2.0011      | 0.0286           | 11.6012     | 0.0269           |             |                  |
| 2.1988      | 0.0262           | 11.8001     | 0.0267           |             |                  |
| 2.4011      | 0.0177           | 12.0015     | 0.0176           |             |                  |
| 2.6008      | 0.0132           | 12.1997     | 0.0114           |             |                  |
| 2.8026      | 0.0009           | 12.3996     | 0.0096           |             |                  |
| 3.0020      | -0.0098          | 12.6000     | -0.0251          |             |                  |
| 3.1990      | -0.0061          | 12.8000     | -0.0061          |             |                  |
| 3.3988      | -0.0077          | 13.0003     | -0.0072          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0030          | 13.2001     | -0.0024          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0045          | 13.4002     | -0.0205          |             |                  |
| 4.0020      | 0.0087           | 13.5984     | -0.0157          |             |                  |
| 4.2019      | 0.0141           | 13.8018     | -0.0171          |             |                  |
| 4.3986      | 0.0151           | 14.0018     | -0.0077          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0191           | 14.2008     | 0.0028           |             |                  |
| 4.7995      | 0.0094           | 14.4005     | 0.0021           |             |                  |
| 5.0012      | 0.0197           | 14.6009     | 0.0112           |             |                  |
| 5.1998      | 0.0271           | 14.8012     | 0.0196           |             |                  |
| 5.3998      | 0.0154           | 15.0011     | 0.0275           |             |                  |
| 5.5988      | 0.0115           | 15.2007     | 0.0136           |             |                  |
| 5.7981      | 0.0036           | 15.3995     | 0.0140           |             |                  |
| 6.0011      | 0.0016           | 15.5999     | 0.0312           |             |                  |
| 6.2013      | 0.0053           | 15.8000     | 0.0079           |             |                  |
| 6.3987      | -0.0009          | 16.0001     | 0.0227           |             |                  |
| 6.5991      | -0.0078          | 16.1984     | -0.0117          |             |                  |
| 6.7988      | -0.0132          | 16.4000     | -0.0139          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0149          | 16.5998     | -0.0078          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0148          | 16.7993     | 0.0551           |             |                  |
| 7.3994      | -0.0109          | 17.0010     | -0.0183          |             |                  |
| 7.6018      | -0.0025          | 17.2004     | -0.0250          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0035           | 17.3988     | -0.0129          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0096           | 17.5998     | 0.0012           |             |                  |
| 8.2024      | 0.0177           | 17.8003     | 0.0066           |             |                  |
| 8.4008      | 0.0264           | 17.9997     | 0.0041           |             |                  |
| 8.6025      | 0.0239           | 18.1996     | 0.0123           |             |                  |
| 8.8001      | 0.0219           | 18.3988     | 0.0147           |             |                  |
| 8.9972      | 0.0162           | 18.5986     | 0.0115           |             |                  |
| 9.1973      | 0.0068           | 18.7996     | 0.0089           |             |                  |
| 9.4010      | 0.0065           | 19.0019     | 0.0052           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.18:** Modelo 3 (P4) FS2P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5994      | -0.0132          | 19.1988     | -0.0060          |
| 0.2011      | -0.0018          | 9.7983      | -0.0102          | 19.4007     | -0.0141          |
| 0.3978      | -0.0074          | 10.0009     | -0.0007          | 19.5997     | -0.0182          |
| 0.5977      | -0.0125          | 10.2010     | 0.0073           | 19.7991     | -0.0218          |
| 0.7967      | -0.0155          | 10.3979     | 0.0150           | 20.0004     | -0.0192          |
| 1.0027      | -0.0167          | 10.6009     | 0.0213           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0143          | 10.7975     | 0.0220           |             |                  |
| 1.4009      | -0.0088          | 11.0011     | 0.0175           |             |                  |
| 1.5987      | -0.0016          | 11.1989     | 0.0132           |             |                  |
| 1.7994      | 0.0093           | 11.4000     | 0.0076           |             |                  |
| 2.0011      | 0.0162           | 11.6012     | 0.0043           |             |                  |
| 2.1988      | 0.0258           | 11.8001     | 0.0020           |             |                  |
| 2.4011      | 0.0298           | 12.0015     | 0.0008           |             |                  |
| 2.6008      | 0.0288           | 12.1997     | 0.0022           |             |                  |
| 2.8026      | 0.0245           | 12.3996     | 0.0067           |             |                  |
| 3.0020      | 0.0167           | 12.6000     | 0.0029           |             |                  |
| 3.1990      | 0.0064           | 12.8000     | 0.0078           |             |                  |
| 3.3988      | -0.0053          | 13.0003     | 0.0060           |             |                  |
| 3.6024      | -0.0139          | 13.2001     | 0.0059           |             |                  |
| 3.7994      | -0.0203          | 13.4002     | -0.0015          |             |                  |
| 4.0020      | -0.0180          | 13.5984     | -0.0030          |             |                  |
| 4.2019      | -0.0117          | 13.8018     | -0.0083          |             |                  |
| 4.3986      | 0.0004           | 14.0018     | -0.0130          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0163           | 14.2008     | -0.0169          |             |                  |
| 4.7995      | 0.0277           | 14.4005     | -0.0169          |             |                  |
| 5.0012      | 0.0384           | 14.6009     | -0.0103          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0433           | 14.8012     | 0.0013           |             |                  |
| 5.3998      | 0.0412           | 15.0011     | 0.0171           |             |                  |
| 5.5988      | 0.0335           | 15.2007     | 0.0257           |             |                  |
| 5.7981      | 0.0187           | 15.3995     | 0.0338           |             |                  |
| 6.0011      | 0.0022           | 15.5999     | 0.0420           |             |                  |
| 6.2013      | -0.0127          | 15.8000     | 0.0319           |             |                  |
| 6.3987      | -0.0275          | 16.0001     | 0.0263           |             |                  |
| 6.5991      | -0.0365          | 16.1984     | 0.0090           |             |                  |
| 6.7988      | -0.0354          | 16.4000     | -0.0028          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0308          | 16.5998     | -0.0153          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0192          | 16.7993     | -0.0100          |             |                  |
| 7.3994      | -0.0033          | 17.0010     | -0.0246          |             |                  |
| 7.6018      | 0.0133           | 17.2004     | -0.0184          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0269           | 17.3988     | -0.0112          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0335           | 17.5998     | -0.0052          |             |                  |
| 8.2024      | 0.0344           | 17.8003     | 0.0096           |             |                  |
| 8.4008      | 0.0284           | 17.9997     | 0.0207           |             |                  |
| 8.6025      | 0.0180           | 18.1996     | 0.0278           |             |                  |
| 8.8001      | 0.0086           | 18.3988     | 0.0294           |             |                  |
| 8.9972      | -0.0006          | 18.5986     | 0.0253           |             |                  |
| 9.1973      | -0.0070          | 18.7996     | 0.0154           |             |                  |
| 9.4010      | -0.0104          | 19.0019     | 0.0047           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.19:** Modelo 3 (P4) FS3P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5994      | 0.0100           | 19.1988     | -0.0026          |
| 0.2011      | -0.0001          | 9.7983      | 0.0111           | 19.4007     | -0.0017          |
| 0.3978      | -0.0003          | 10.0009     | 0.0126           | 19.5997     | -0.0007          |
| 0.5977      | -0.0006          | 10.2010     | 0.0122           | 19.7991     | 0.0001           |
| 0.7967      | -0.0008          | 10.3979     | 0.0123           | 20.0004     | 0.0003           |
| 1.0027      | -0.0010          | 10.6009     | 0.0113           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0012          | 10.7975     | 0.0103           |             |                  |
| 1.4009      | -0.0011          | 11.0011     | 0.0091           |             |                  |
| 1.5987      | -0.0009          | 11.1989     | 0.0081           |             |                  |
| 1.7994      | -0.0002          | 11.4000     | 0.0074           |             |                  |
| 2.0011      | 0.0002           | 11.6012     | 0.0065           |             |                  |
| 2.1988      | 0.0023           | 11.8001     | 0.0051           |             |                  |
| 2.4011      | 0.0039           | 12.0015     | 0.0035           |             |                  |
| 2.6008      | 0.0061           | 12.1997     | 0.0030           |             |                  |
| 2.8026      | 0.0081           | 12.3996     | 0.0027           |             |                  |
| 3.0020      | 0.0101           | 12.6000     | 0.0019           |             |                  |
| 3.1990      | 0.0118           | 12.8000     | 0.0023           |             |                  |
| 3.3988      | 0.0131           | 13.0003     | 0.0022           |             |                  |
| 3.6024      | 0.0135           | 13.2001     | 0.0020           |             |                  |
| 3.7994      | 0.0136           | 13.4002     | 0.0015           |             |                  |
| 4.0020      | 0.0127           | 13.5984     | 0.0013           |             |                  |
| 4.2019      | 0.0122           | 13.8018     | 0.0006           |             |                  |
| 4.3986      | 0.0107           | 14.0018     | 0.0010           |             |                  |
| 4.5995      | 0.0090           | 14.2008     | 0.0010           |             |                  |
| 4.7995      | 0.0074           | 14.4005     | 0.0012           |             |                  |
| 5.0012      | 0.0060           | 14.6009     | 0.0019           |             |                  |
| 5.1998      | 0.0048           | 14.8012     | 0.0019           |             |                  |
| 5.3998      | 0.0047           | 15.0011     | 0.0022           |             |                  |
| 5.5988      | 0.0046           | 15.2007     | 0.0028           |             |                  |
| 5.7981      | 0.0039           | 15.3995     | 0.0037           |             |                  |
| 6.0011      | 0.0036           | 15.5999     | 0.0060           |             |                  |
| 6.2013      | 0.0038           | 15.8000     | 0.0075           |             |                  |
| 6.3987      | 0.0043           | 16.0001     | 0.0099           |             |                  |
| 6.5991      | 0.0042           | 16.1984     | 0.0113           |             |                  |
| 6.7988      | 0.0031           | 16.4000     | 0.0126           |             |                  |
| 6.9991      | 0.0031           | 16.5998     | 0.0129           |             |                  |
| 7.1992      | 0.0016           | 16.7993     | 0.0137           |             |                  |
| 7.3994      | 0.0005           | 17.0010     | 0.0114           |             |                  |
| 7.6018      | -0.0009          | 17.2004     | 0.0118           |             |                  |
| 7.8018      | -0.0017          | 17.3988     | 0.0098           |             |                  |
| 8.0021      | -0.0018          | 17.5998     | 0.0080           |             |                  |
| 8.2024      | -0.0007          | 17.8003     | 0.0056           |             |                  |
| 8.4008      | 0.0006           | 17.9997     | 0.0042           |             |                  |
| 8.6025      | 0.0012           | 18.1996     | 0.0022           |             |                  |
| 8.8001      | 0.0025           | 18.3988     | 0.0004           |             |                  |
| 8.9972      | 0.0045           | 18.5986     | -0.0003          |             |                  |
| 9.1973      | 0.0063           | 18.7996     | -0.0019          |             |                  |
| 9.4010      | 0.0079           | 19.0019     | -0.0024          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.20:** Modelo 3 (P4) PUNTO1P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5994      | -0.0227          | 19.1988     | -0.2106          |
| 0.2011      | -0.0026          | 9.7983      | -0.0241          | 19.4007     | -0.2235          |
| 0.3978      | -0.0099          | 10.0009     | -0.0155          | 19.5997     | -0.2339          |
| 0.5977      | -0.0154          | 10.2010     | -0.0144          | 19.7991     | -0.2475          |
| 0.7967      | -0.0169          | 10.3979     | -0.0178          | 20.0004     | -0.2517          |
| 1.0027      | -0.0159          | 10.6009     | -0.0166          |             |                  |
| 1.2028      | -0.0110          | 10.7975     | -0.0193          |             |                  |
| 1.4009      | -0.0038          | 11.0011     | -0.0219          |             |                  |
| 1.5987      | 0.0059           | 11.1989     | -0.0173          |             |                  |
| 1.7994      | 0.0201           | 11.4000     | -0.0137          |             |                  |
| 2.0011      | 0.0230           | 11.6012     | -0.0114          |             |                  |
| 2.1988      | 0.0324           | 11.8001     | -0.0198          |             |                  |
| 2.4011      | 0.0317           | 12.0015     | -0.0332          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0258           | 12.1997     | -0.0445          |             |                  |
| 2.8026      | 0.0176           | 12.3996     | -0.0481          |             |                  |
| 3.0020      | 0.0089           | 12.6000     | -0.0705          |             |                  |
| 3.1990      | 0.0026           | 12.8000     | -0.0655          |             |                  |
| 3.3988      | -0.0030          | 13.0003     | -0.0752          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0011          | 13.2001     | -0.0795          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0008          | 13.4002     | -0.1045          |             |                  |
| 4.0020      | 0.0063           | 13.5984     | -0.1115          |             |                  |
| 4.2019      | 0.0114           | 13.8018     | -0.1219          |             |                  |
| 4.3986      | 0.0194           | 14.0018     | -0.1295          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0302           | 14.2008     | -0.1355          |             |                  |
| 4.7995      | 0.0317           | 14.4005     | -0.1389          |             |                  |
| 5.0012      | 0.0395           | 14.6009     | -0.1378          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0433           | 14.8012     | -0.1351          |             |                  |
| 5.3998      | 0.0388           | 15.0011     | -0.1286          |             |                  |
| 5.5988      | 0.0342           | 15.2007     | -0.1376          |             |                  |
| 5.7981      | 0.0196           | 15.3995     | -0.1400          |             |                  |
| 6.0011      | 0.0059           | 15.5999     | -0.1299          |             |                  |
| 6.2013      | -0.0028          | 15.8000     | -0.1552          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0159          | 16.0001     | -0.1548          |             |                  |
| 6.5991      | -0.0240          | 16.1984     | -0.1797          |             |                  |
| 6.7988      | -0.0243          | 16.4000     | -0.1891          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0241          | 16.5998     | -0.1978          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0210          | 16.7993     | -0.1712          |             |                  |
| 7.3994      | -0.0129          | 17.0010     | -0.2061          |             |                  |
| 7.6018      | -0.0015          | 17.2004     | -0.1994          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0101           | 17.3988     | -0.1960          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0174           | 17.5998     | -0.2006          |             |                  |
| 8.2024      | 0.0229           | 17.8003     | -0.1888          |             |                  |
| 8.4008      | 0.0228           | 17.9997     | -0.1822          |             |                  |
| 8.6025      | 0.0151           | 18.1996     | -0.1774          |             |                  |
| 8.8001      | 0.0067           | 18.3988     | -0.1756          |             |                  |
| 8.9972      | -0.0045          | 18.5986     | -0.1777          |             |                  |
| 9.1973      | -0.0124          | 18.7996     | -0.1868          |             |                  |
| 9.4010      | -0.0167          | 19.0019     | -0.1976          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.21:** Modelo 3 (P4) PUNTO2P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5994      | -0.0076          | 19.1988     | -0.2044          |
| 0.2011      | -0.0022          | 9.7983      | -0.0063          | 19.4007     | -0.2102          |
| 0.3978      | -0.0085          | 10.0009     | 0.0029           | 19.5997     | -0.2129          |
| 0.5977      | -0.0137          | 10.2010     | 0.0068           | 19.7991     | -0.2171          |
| 0.7967      | -0.0156          | 10.3979     | 0.0081           | 20.0004     | -0.2129          |
| 1.0027      | -0.0155          | 10.6009     | 0.0113           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0115          | 10.7975     | 0.0106           |             |                  |
| 1.4009      | -0.0052          | 11.0011     | 0.0081           |             |                  |
| 1.5987      | 0.0028           | 11.1989     | 0.0101           |             |                  |
| 1.7994      | 0.0148           | 11.4000     | 0.0113           |             |                  |
| 2.0011      | 0.0185           | 11.6012     | 0.0128           |             |                  |
| 2.1988      | 0.0276           | 11.8001     | 0.0089           |             |                  |
| 2.4011      | 0.0289           | 12.0015     | 0.0027           |             |                  |
| 2.6008      | 0.0251           | 12.1997     | -0.0015          |             |                  |
| 2.8026      | 0.0188           | 12.3996     | 0.0002           |             |                  |
| 3.0020      | 0.0106           | 12.6000     | -0.0112          |             |                  |
| 3.1990      | 0.0029           | 12.8000     | -0.0029          |             |                  |
| 3.3988      | -0.0045          | 13.0003     | -0.0051          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0064          | 13.2001     | -0.0034          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0091          | 13.4002     | -0.0175          |             |                  |
| 4.0020      | -0.0042          | 13.5984     | -0.0188          |             |                  |
| 4.2019      | 0.0002           | 13.8018     | -0.0242          |             |                  |
| 4.3986      | 0.0087           | 14.0018     | -0.0280          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0207           | 14.2008     | -0.0306          |             |                  |
| 4.7995      | 0.0259           | 14.4005     | -0.0304          |             |                  |
| 5.0012      | 0.0348           | 14.6009     | -0.0260          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0393           | 14.8012     | -0.0207          |             |                  |
| 5.3998      | 0.0367           | 15.0011     | -0.0138          |             |                  |
| 5.5988      | 0.0320           | 15.2007     | -0.0214          |             |                  |
| 5.7981      | 0.0190           | 15.3995     | -0.0288          |             |                  |
| 6.0011      | 0.0060           | 15.5999     | -0.0323          |             |                  |
| 6.2013      | -0.0032          | 15.8000     | -0.0642          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0153          | 16.0001     | -0.0821          |             |                  |
| 6.5991      | -0.0225          | 16.1984     | -0.1181          |             |                  |
| 6.7988      | -0.0208          | 16.4000     | -0.1425          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0192          | 16.5998     | -0.1658          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0132          | 16.7993     | -0.1608          |             |                  |
| 7.3994      | -0.0027          | 17.0010     | -0.1967          |             |                  |
| 7.6018      | 0.0098           | 17.2004     | -0.1974          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0219           | 17.3988     | -0.1981          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0289           | 17.5998     | -0.2032          |             |                  |
| 8.2024      | 0.0339           | 17.8003     | -0.1940          |             |                  |
| 8.4008      | 0.0329           | 17.9997     | -0.1888          |             |                  |
| 8.6025      | 0.0252           | 18.1996     | -0.1853          |             |                  |
| 8.8001      | 0.0170           | 18.3988     | -0.1840          |             |                  |
| 8.9972      | 0.0068           | 18.5986     | -0.1853          |             |                  |
| 9.1973      | -0.0001          | 18.7996     | -0.1914          |             |                  |
| 9.4010      | -0.0034          | 19.0019     | -0.1974          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.22:** Modelo 3 (P4) PUNTO3P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5994      | -0.0279          | 19.1988     | -0.1182          |
| 0.2011      | -0.0021          | 9.7983      | -0.0246          | 19.4007     | -0.1307          |
| 0.3978      | -0.0094          | 10.0009     | -0.0143          | 19.5997     | -0.1412          |
| 0.5977      | -0.0157          | 10.2010     | -0.0060          | 19.7991     | -0.1494          |
| 0.7967      | -0.0193          | 10.3979     | 0.0010           | 20.0004     | -0.1490          |
| 1.0027      | -0.0200          | 10.6009     | 0.0068           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0165          | 10.7975     | 0.0069           |             |                  |
| 1.4009      | -0.0097          | 11.0011     | 0.0014           |             |                  |
| 1.5987      | -0.0006          | 11.1989     | -0.0047          |             |                  |
| 1.7994      | 0.0112           | 11.4000     | -0.0113          |             |                  |
| 2.0011      | 0.0191           | 11.6012     | -0.0156          |             |                  |
| 2.1988      | 0.0284           | 11.8001     | -0.0183          |             |                  |
| 2.4011      | 0.0319           | 12.0015     | -0.0195          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0306           | 12.1997     | -0.0197          |             |                  |
| 2.8026      | 0.0249           | 12.3996     | -0.0180          |             |                  |
| 3.0020      | 0.0141           | 12.6000     | -0.0240          |             |                  |
| 3.1990      | 0.0005           | 12.8000     | -0.0210          |             |                  |
| 3.3988      | -0.0140          | 13.0003     | -0.0232          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0235          | 13.2001     | -0.0241          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0286          | 13.4002     | -0.0329          |             |                  |
| 4.0020      | -0.0247          | 13.5984     | -0.0373          |             |                  |
| 4.2019      | -0.0158          | 13.8018     | -0.0453          |             |                  |
| 4.3986      | -0.0023          | 14.0018     | -0.0530          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0138           | 14.2008     | -0.0585          |             |                  |
| 4.7995      | 0.0256           | 14.4005     | -0.0597          |             |                  |
| 5.0012      | 0.0372           | 14.6009     | -0.0546          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0428           | 14.8012     | -0.0446          |             |                  |
| 5.3998      | 0.0399           | 15.0011     | -0.0309          |             |                  |
| 5.5988      | 0.0313           | 15.2007     | -0.0242          |             |                  |
| 5.7981      | 0.0147           | 15.3995     | -0.0189          |             |                  |
| 6.0011      | -0.0049          | 15.5999     | -0.0167          |             |                  |
| 6.2013      | -0.0230          | 15.8000     | -0.0316          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0401          | 16.0001     | -0.0460          |             |                  |
| 6.5991      | -0.0503          | 16.1984     | -0.0718          |             |                  |
| 6.7988      | -0.0504          | 16.4000     | -0.0925          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0441          | 16.5998     | -0.1098          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0311          | 16.7993     | -0.1090          |             |                  |
| 7.3994      | -0.0133          | 17.0010     | -0.1228          |             |                  |
| 7.6018      | 0.0059           | 17.2004     | -0.1165          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0215           | 17.3988     | -0.1094          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0295           | 17.5998     | -0.1049          |             |                  |
| 8.2024      | 0.0306           | 17.8003     | -0.0957          |             |                  |
| 8.4008      | 0.0246           | 17.9997     | -0.0901          |             |                  |
| 8.6025      | 0.0128           | 18.1996     | -0.0870          |             |                  |
| 8.8001      | 0.0002           | 18.3988     | -0.0866          |             |                  |
| 8.9972      | -0.0122          | 18.5986     | -0.0894          |             |                  |
| 9.1973      | -0.0212          | 18.7996     | -0.0967          |             |                  |
| 9.4010      | -0.0259          | 19.0019     | -0.1064          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.23:** Modelo 3 (P4) PUNTO4P4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5994      | -0.0129          | 19.1988     | -0.0281          |
| 0.2011      | -0.0007          | 9.7983      | -0.0073          | 19.4007     | -0.0341          |
| 0.3978      | -0.0027          | 10.0009     | 0.0012           | 19.5997     | -0.0349          |
| 0.5977      | -0.0048          | 10.2010     | 0.0083           | 19.7991     | -0.0315          |
| 0.7967      | -0.0067          | 10.3979     | 0.0140           | 20.0004     | -0.0251          |
| 1.0027      | -0.0083          | 10.6009     | 0.0164           |             |                  |
| 1.2028      | -0.0087          | 10.7975     | 0.0159           |             |                  |
| 1.4009      | -0.0073          | 11.0011     | 0.0125           |             |                  |
| 1.5987      | -0.0051          | 11.1989     | 0.0076           |             |                  |
| 1.7994      | -0.0004          | 11.4000     | 0.0015           |             |                  |
| 2.0011      | 0.0052           | 11.6012     | -0.0040          |             |                  |
| 2.1988      | 0.0123           | 11.8001     | -0.0082          |             |                  |
| 2.4011      | 0.0180           | 12.0015     | -0.0095          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0208           | 12.1997     | -0.0072          |             |                  |
| 2.8026      | 0.0200           | 12.3996     | -0.0015          |             |                  |
| 3.0020      | 0.0154           | 12.6000     | 0.0042           |             |                  |
| 3.1990      | 0.0080           | 12.8000     | 0.0102           |             |                  |
| 3.3988      | -0.0004          | 13.0003     | 0.0112           |             |                  |
| 3.6024      | -0.0084          | 13.2001     | 0.0074           |             |                  |
| 3.7994      | -0.0143          | 13.4002     | -0.0002          |             |                  |
| 4.0020      | -0.0158          | 13.5984     | -0.0077          |             |                  |
| 4.2019      | -0.0134          | 13.8018     | -0.0147          |             |                  |
| 4.3986      | -0.0064          | 14.0018     | -0.0177          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0044           | 14.2008     | -0.0160          |             |                  |
| 4.7995      | 0.0161           | 14.4005     | -0.0114          |             |                  |
| 5.0012      | 0.0270           | 14.6009     | -0.0058          |             |                  |
| 5.1998      | 0.0331           | 14.8012     | -0.0018          |             |                  |
| 5.3998      | 0.0323           | 15.0011     | 0.0016           |             |                  |
| 5.5988      | 0.0246           | 15.2007     | 0.0043           |             |                  |
| 5.7981      | 0.0115           | 15.3995     | 0.0087           |             |                  |
| 6.0011      | -0.0034          | 15.5999     | 0.0149           |             |                  |
| 6.2013      | -0.0160          | 15.8000     | 0.0167           |             |                  |
| 6.3987      | -0.0241          | 16.0001     | 0.0164           |             |                  |
| 6.5991      | -0.0261          | 16.1984     | 0.0096           |             |                  |
| 6.7988      | -0.0216          | 16.4000     | -0.0004          |             |                  |
| 6.9991      | -0.0152          | 16.5998     | -0.0131          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0076          | 16.7993     | -0.0218          |             |                  |
| 7.3994      | 0.0001           | 17.0010     | -0.0297          |             |                  |
| 7.6018      | 0.0074           | 17.2004     | -0.0281          |             |                  |
| 7.8018      | 0.0139           | 17.3988     | -0.0214          |             |                  |
| 8.0021      | 0.0186           | 17.5998     | -0.0124          |             |                  |
| 8.2024      | 0.0206           | 17.8003     | -0.0011          |             |                  |
| 8.4008      | 0.0184           | 17.9997     | 0.0081           |             |                  |
| 8.6025      | 0.0120           | 18.1996     | 0.0129           |             |                  |
| 8.8001      | 0.0038           | 18.3988     | 0.0120           |             |                  |
| 8.9972      | -0.0050          | 18.5986     | 0.0049           |             |                  |
| 9.1973      | -0.0116          | 18.7996     | -0.0063          |             |                  |
| 9.4010      | -0.0142          | 19.0019     | -0.0180          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.24:** Modelo 4 (P5) FS1P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5993      | -0.0144          | 19.2010     | -0.0263          |
| 0.2011      | -0.0031          | 9.7989      | -0.0222          | 19.3999     | -0.0064          |
| 0.3948      | -0.0108          | 9.9986      | -0.0141          | 19.5994     | 0.0047           |
| 0.5958      | -0.0143          | 10.1999     | -0.0003          | 19.8008     | 0.0335           |
| 0.8025      | -0.0128          | 10.3990     | 0.0279           | 20.0015     | 0.0406           |
| 0.9989      | -0.0088          | 10.6009     | 0.0378           |             |                  |
| 1.1999      | -0.0068          | 10.8008     | 0.0423           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0044          | 10.9981     | 0.0458           |             |                  |
| 1.6013      | 0.0167           | 11.1987     | 0.0361           |             |                  |
| 1.8010      | 0.0537           | 11.4015     | 0.0249           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0365           | 11.6015     | -0.0019          |             |                  |
| 2.1997      | 0.0227           | 11.7995     | -0.0215          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0160           | 11.9992     | -0.0327          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0124           | 12.2000     | -0.0361          |             |                  |
| 2.8004      | -0.0002          | 12.4002     | -0.0427          |             |                  |
| 2.9996      | -0.0040          | 12.6004     | -0.0496          |             |                  |
| 3.2025      | -0.0177          | 12.7994     | -0.0424          |             |                  |
| 3.3984      | -0.0092          | 12.9997     | -0.0227          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0056          | 13.2006     | -0.0037          |             |                  |
| 3.7997      | 0.0062           | 13.3981     | 0.0157           |             |                  |
| 3.9988      | 0.0025           | 13.6010     | 0.0391           |             |                  |
| 4.1983      | 0.0097           | 13.8009     | 0.0545           |             |                  |
| 4.4022      | 0.0192           | 14.0022     | 0.0613           |             |                  |
| 4.5980      | 0.0173           | 14.1981     | 0.0573           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0181           | 14.3994     | 0.0497           |             |                  |
| 5.0019      | 0.0238           | 14.5997     | 0.0342           |             |                  |
| 5.1990      | 0.0172           | 14.8003     | 0.0165           |             |                  |
| 5.4016      | -0.0004          | 14.9984     | -0.0077          |             |                  |
| 5.6003      | -0.0053          | 15.1992     | -0.0050          |             |                  |
| 5.8022      | -0.0095          | 15.4008     | -0.0525          |             |                  |
| 6.0001      | -0.0043          | 15.5987     | -0.0364          |             |                  |
| 6.1999      | 0.0058           | 15.7994     | -0.0494          |             |                  |
| 6.4003      | 0.0236           | 16.0006     | -0.0463          |             |                  |
| 6.5995      | 0.0273           | 16.2009     | -0.0271          |             |                  |
| 6.8005      | 0.0247           | 16.4019     | -0.0064          |             |                  |
| 7.0001      | 0.0402           | 16.6002     | 0.0068           |             |                  |
| 7.2005      | 0.0427           | 16.7986     | 0.0205           |             |                  |
| 7.4001      | 0.0128           | 16.9987     | 0.0362           |             |                  |
| 7.5997      | 0.0003           | 17.2007     | 0.0515           |             |                  |
| 7.8000      | -0.0015          | 17.3988     | 0.0593           |             |                  |
| 7.9996      | -0.0067          | 17.5990     | 0.0604           |             |                  |
| 8.2000      | -0.0121          | 17.7991     | 0.0378           |             |                  |
| 8.4000      | -0.0333          | 18.0007     | 0.0142           |             |                  |
| 8.5999      | -0.0081          | 18.2003     | -0.0126          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0014          | 18.3991     | -0.0286          |             |                  |
| 9.0017      | -0.0435          | 18.5993     | -0.0410          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0701          | 18.7991     | -0.0440          |             |                  |
| 9.4004      | -0.0513          | 18.9989     | -0.0013          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.25:** Modelo 4 (P5) FS2P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5993      | -0.0732          | 19.2010     | -0.0465          |
| 0.2011      | -0.0015          | 9.7989      | -0.0569          | 19.3999     | -0.0205          |
| 0.3948      | -0.0066          | 9.9986      | -0.0220          | 19.5994     | 0.0080           |
| 0.5958      | -0.0116          | 10.1999     | 0.0142           | 19.8008     | 0.0393           |
| 0.8025      | -0.0152          | 10.3990     | 0.0380           | 20.0015     | 0.0601           |
| 0.9989      | -0.0163          | 10.6009     | 0.0565           |             |                  |
| 1.1999      | -0.0154          | 10.8008     | 0.0672           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0107          | 10.9981     | 0.0637           |             |                  |
| 1.6013      | -0.0023          | 11.1987     | 0.0531           |             |                  |
| 1.8010      | 0.0141           | 11.4015     | 0.0333           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0195           | 11.6015     | 0.0114           |             |                  |
| 2.1997      | 0.0264           | 11.7995     | -0.0171          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0313           | 11.9992     | -0.0458          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0289           | 12.2000     | -0.0632          |             |                  |
| 2.8004      | 0.0277           | 12.4002     | -0.0731          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0207           | 12.6004     | -0.0714          |             |                  |
| 3.2025      | 0.0083           | 12.7994     | -0.0564          |             |                  |
| 3.3984      | -0.0048          | 12.9997     | -0.0321          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0159          | 13.2006     | -0.0053          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0218          | 13.3981     | 0.0267           |             |                  |
| 3.9988      | -0.0229          | 13.6010     | 0.0595           |             |                  |
| 4.1983      | -0.0169          | 13.8009     | 0.0812           |             |                  |
| 4.4022      | -0.0051          | 14.0022     | 0.0846           |             |                  |
| 4.5980      | 0.0097           | 14.1981     | 0.0787           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0250           | 14.3994     | 0.0642           |             |                  |
| 5.0019      | 0.0376           | 14.5997     | 0.0417           |             |                  |
| 5.1990      | 0.0440           | 14.8003     | 0.0168           |             |                  |
| 5.4016      | 0.0417           | 14.9984     | -0.0072          |             |                  |
| 5.6003      | 0.0338           | 15.1992     | -0.0282          |             |                  |
| 5.8022      | 0.0186           | 15.4008     | -0.0585          |             |                  |
| 6.0001      | 0.0004           | 15.5987     | -0.0733          |             |                  |
| 6.1999      | -0.0177          | 15.7994     | -0.0786          |             |                  |
| 6.4003      | -0.0273          | 16.0006     | -0.0612          |             |                  |
| 6.5995      | -0.0338          | 16.2009     | -0.0311          |             |                  |
| 6.8005      | -0.0289          | 16.4019     | -0.0005          |             |                  |
| 7.0001      | -0.0135          | 16.6002     | 0.0248           |             |                  |
| 7.2005      | 0.0073           | 16.7986     | 0.0444           |             |                  |
| 7.4001      | 0.0312           | 16.9987     | 0.0591           |             |                  |
| 7.5997      | 0.0504           | 17.2007     | 0.0652           |             |                  |
| 7.8000      | 0.0596           | 17.3988     | 0.0599           |             |                  |
| 7.9996      | 0.0550           | 17.5990     | 0.0503           |             |                  |
| 8.2000      | 0.0381           | 17.7991     | 0.0341           |             |                  |
| 8.4000      | 0.0136           | 18.0007     | 0.0161           |             |                  |
| 8.5999      | -0.0017          | 18.2003     | -0.0081          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0240          | 18.3991     | -0.0344          |             |                  |
| 9.0017      | -0.0441          | 18.5993     | -0.0517          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0602          | 18.7991     | -0.0595          |             |                  |
| 9.4004      | -0.0691          | 18.9989     | -0.0519          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.26:** Modelo 4 (P5) FS3P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0196      | 0.0000           | 9.5993      | 0.0046           | 19.2010     | 0.0137           |
| 0.2011      | 0.0000           | 9.7989      | 0.0024           | 19.3999     | 0.0124           |
| 0.3948      | -0.0003          | 9.9986      | -0.0023          | 19.5994     | 0.0107           |
| 0.5958      | -0.0006          | 10.1999     | -0.0092          | 19.8008     | 0.0078           |
| 0.8025      | -0.0006          | 10.3990     | -0.0106          | 20.0015     | 0.0052           |
| 0.9989      | -0.0008          | 10.6009     | -0.0142          |             |                  |
| 1.1999      | -0.0009          | 10.8008     | -0.0135          |             |                  |
| 1.3982      | -0.0009          | 10.9981     | -0.0126          |             |                  |
| 1.6013      | -0.0006          | 11.1987     | -0.0106          |             |                  |
| 1.8010      | 0.0005           | 11.4015     | -0.0045          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0004           | 11.6015     | 0.0019           |             |                  |
| 2.1997      | 0.0025           | 11.7995     | 0.0028           |             |                  |
| 2.4000      | 0.0041           | 11.9992     | 0.0013           |             |                  |
| 2.5995      | 0.0063           | 12.2000     | 0.0057           |             |                  |
| 2.8004      | 0.0084           | 12.4002     | 0.0144           |             |                  |
| 2.9996      | 0.0107           | 12.6004     | 0.0173           |             |                  |
| 3.2025      | 0.0123           | 12.7994     | 0.0135           |             |                  |
| 3.3984      | 0.0139           | 12.9997     | 0.0071           |             |                  |
| 3.6024      | 0.0144           | 13.2006     | 0.0046           |             |                  |
| 3.7997      | 0.0141           | 13.3981     | 0.0062           |             |                  |
| 3.9988      | 0.0140           | 13.6010     | 0.0062           |             |                  |
| 4.1983      | 0.0127           | 13.8009     | 0.0003           |             |                  |
| 4.4022      | 0.0107           | 14.0022     | 0.0003           |             |                  |
| 4.5980      | 0.0086           | 14.1981     | 0.0042           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0067           | 14.3994     | 0.0048           |             |                  |
| 5.0019      | 0.0052           | 14.5997     | 0.0052           |             |                  |
| 5.1990      | 0.0041           | 14.8003     | 0.0067           |             |                  |
| 5.4016      | 0.0033           | 14.9984     | 0.0085           |             |                  |
| 5.6003      | 0.0028           | 15.1992     | 0.0142           |             |                  |
| 5.8022      | 0.0015           | 15.4008     | 0.0152           |             |                  |
| 6.0001      | 0.0009           | 15.5987     | 0.0141           |             |                  |
| 6.1999      | 0.0012           | 15.7994     | 0.0115           |             |                  |
| 6.4003      | 0.0021           | 16.0006     | 0.0105           |             |                  |
| 6.5995      | 0.0026           | 16.2009     | 0.0054           |             |                  |
| 6.8005      | 0.0028           | 16.4019     | 0.0015           |             |                  |
| 7.0001      | 0.0032           | 16.6002     | -0.0018          |             |                  |
| 7.2005      | 0.0036           | 16.7986     | -0.0075          |             |                  |
| 7.4001      | 0.0043           | 16.9987     | -0.0093          |             |                  |
| 7.5997      | 0.0051           | 17.2007     | -0.0081          |             |                  |
| 7.8000      | 0.0069           | 17.3988     | -0.0066          |             |                  |
| 7.9996      | 0.0095           | 17.5990     | -0.0045          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0109           | 17.7991     | -0.0026          |             |                  |
| 8.4000      | 0.0116           | 18.0007     | -0.0010          |             |                  |
| 8.5999      | 0.0130           | 18.2003     | 0.0026           |             |                  |
| 8.8004      | 0.0123           | 18.3991     | 0.0064           |             |                  |
| 9.0017      | 0.0112           | 18.5993     | 0.0101           |             |                  |
| 9.1992      | 0.0115           | 18.7991     | 0.0122           |             |                  |
| 9.4004      | 0.0083           | 18.9989     | 0.0143           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.27:** Modelo 4 (P5) PUNTO1P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5993      | -0.1954          | 19.2010     | -0.1459          |
| 0.2011      | -0.0024          | 9.7989      | -0.2029          | 19.3999     | -0.1243          |
| 0.3948      | -0.0101          | 9.9986      | -0.1834          | 19.5994     | -0.1084          |
| 0.5958      | -0.0158          | 10.1999     | -0.1535          | 19.8008     | -0.0776          |
| 0.8025      | -0.0181          | 10.3990     | -0.1234          | 20.0015     | -0.0572          |
| 0.9989      | -0.0170          | 10.6009     | -0.0926          |             |                  |
| 1.1999      | -0.0134          | 10.8008     | -0.0747          |             |                  |
| 1.3982      | -0.0058          | 10.9981     | -0.0650          |             |                  |
| 1.6013      | 0.0075           | 11.1987     | -0.0669          |             |                  |
| 1.8010      | 0.0343           | 11.4015     | -0.0807          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0346           | 11.6015     | -0.0998          |             |                  |
| 2.1997      | 0.0343           | 11.7995     | -0.1220          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0343           | 11.9992     | -0.1444          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0237           | 12.2000     | -0.1558          |             |                  |
| 2.8004      | 0.0200           | 12.4002     | -0.1629          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0131           | 12.6004     | -0.1608          |             |                  |
| 3.2025      | 0.0032           | 12.7994     | -0.1462          |             |                  |
| 3.3984      | -0.0044          | 12.9997     | -0.1222          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0089          | 13.2006     | -0.0940          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0083          | 13.3981     | -0.0636          |             |                  |
| 3.9988      | -0.0075          | 13.6010     | -0.0349          |             |                  |
| 4.1983      | -0.0007          | 13.8009     | -0.0139          |             |                  |
| 4.4022      | 0.0089           | 14.0022     | -0.0029          |             |                  |
| 4.5980      | 0.0198           | 14.1981     | -0.0036          |             |                  |
| 4.8013      | 0.0300           | 14.3994     | -0.0141          |             |                  |
| 5.0019      | 0.0383           | 14.5997     | -0.0354          |             |                  |
| 5.1990      | 0.0393           | 14.8003     | -0.0626          |             |                  |
| 5.4016      | 0.0289           | 14.9984     | -0.0910          |             |                  |
| 5.6003      | 0.0220           | 15.1992     | -0.1100          |             |                  |
| 5.8022      | 0.0082           | 15.4008     | -0.1500          |             |                  |
| 6.0001      | -0.0054          | 15.5987     | -0.1516          |             |                  |
| 6.1999      | -0.0165          | 15.7994     | -0.1518          |             |                  |
| 6.4003      | -0.0148          | 16.0006     | -0.1384          |             |                  |
| 6.5995      | -0.0133          | 16.2009     | -0.1175          |             |                  |
| 6.8005      | -0.0066          | 16.4019     | -0.0918          |             |                  |
| 7.0001      | 0.0044           | 16.6002     | -0.0648          |             |                  |
| 7.2005      | 0.0119           | 16.7986     | -0.0407          |             |                  |
| 7.4001      | 0.0197           | 16.9987     | -0.0204          |             |                  |
| 7.5997      | 0.0218           | 17.2007     | -0.0112          |             |                  |
| 7.8000      | 0.0158           | 17.3988     | -0.0117          |             |                  |
| 7.9996      | 0.0020           | 17.5990     | -0.0197          |             |                  |
| 8.2000      | -0.0148          | 17.7991     | -0.0452          |             |                  |
| 8.4000      | -0.0392          | 18.0007     | -0.0746          |             |                  |
| 8.5999      | -0.0445          | 18.2003     | -0.1049          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0709          | 18.3991     | -0.1329          |             |                  |
| 9.0017      | -0.1119          | 18.5993     | -0.1523          |             |                  |
| 9.1992      | -0.1526          | 18.7991     | -0.1583          |             |                  |
| 9.4004      | -0.1711          | 18.9989     | -0.1387          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.28:** Modelo 4 (P5) PUNTO2P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5993      | -0.1424          | 19.2010     | -0.1184          |
| 0.2011      | -0.0023          | 9.7989      | -0.1533          | 19.3999     | -0.0930          |
| 0.3948      | -0.0096          | 9.9986      | -0.1450          | 19.5994     | -0.0699          |
| 0.5958      | -0.0155          | 10.1999     | -0.1271          | 19.8008     | -0.0358          |
| 0.8025      | -0.0182          | 10.3990     | -0.1065          | 20.0015     | -0.0120          |
| 0.9989      | -0.0176          | 10.6009     | -0.0825          |             |                  |
| 1.1999      | -0.0150          | 10.8008     | -0.0686          |             |                  |
| 1.3982      | -0.0081          | 10.9981     | -0.0651          |             |                  |
| 1.6013      | 0.0035           | 11.1987     | -0.0673          |             |                  |
| 1.8010      | 0.0274           | 11.4015     | -0.0802          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0292           | 11.6015     | -0.0952          |             |                  |
| 2.1997      | 0.0321           | 11.7995     | -0.1138          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0346           | 11.9992     | -0.1327          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0264           | 12.2000     | -0.1426          |             |                  |
| 2.8004      | 0.0237           | 12.4002     | -0.1475          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0161           | 12.6004     | -0.1439          |             |                  |
| 3.2025      | 0.0045           | 12.7994     | -0.1289          |             |                  |
| 3.3984      | -0.0053          | 12.9997     | -0.1040          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0125          | 13.2006     | -0.0757          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0140          | 13.3981     | -0.0448          |             |                  |
| 3.9988      | -0.0136          | 13.6010     | -0.0165          |             |                  |
| 4.1983      | -0.0069          | 13.8009     | 0.0030           |             |                  |
| 4.4022      | 0.0040           | 14.0022     | 0.0108           |             |                  |
| 4.5980      | 0.0168           | 14.1981     | 0.0070           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0294           | 14.3994     | -0.0078          |             |                  |
| 5.0019      | 0.0401           | 14.5997     | -0.0335          |             |                  |
| 5.1990      | 0.0439           | 14.8003     | -0.0647          |             |                  |
| 5.4016      | 0.0367           | 14.9984     | -0.0964          |             |                  |
| 5.6003      | 0.0297           | 15.1992     | -0.1189          |             |                  |
| 5.8022      | 0.0153           | 15.4008     | -0.1576          |             |                  |
| 6.0001      | -0.0001          | 15.5987     | -0.1613          |             |                  |
| 6.1999      | -0.0137          | 15.7994     | -0.1616          |             |                  |
| 6.4003      | -0.0143          | 16.0006     | -0.1476          |             |                  |
| 6.5995      | -0.0128          | 16.2009     | -0.1248          |             |                  |
| 6.8005      | -0.0030          | 16.4019     | -0.0965          |             |                  |
| 7.0001      | 0.0132           | 16.6002     | -0.0681          |             |                  |
| 7.2005      | 0.0287           | 16.7986     | -0.0434          |             |                  |
| 7.4001      | 0.0450           | 16.9987     | -0.0234          |             |                  |
| 7.5997      | 0.0549           | 17.2007     | -0.0141          |             |                  |
| 7.8000      | 0.0570           | 17.3988     | -0.0141          |             |                  |
| 7.9996      | 0.0479           | 17.5990     | -0.0199          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0310           | 17.7991     | -0.0413          |             |                  |
| 8.4000      | 0.0026           | 18.0007     | -0.0658          |             |                  |
| 8.5999      | -0.0113          | 18.2003     | -0.0920          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0372          | 18.3991     | -0.1169          |             |                  |
| 9.0017      | -0.0752          | 18.5993     | -0.1340          |             |                  |
| 9.1992      | -0.1089          | 18.7991     | -0.1386          |             |                  |
| 9.4004      | -0.1223          | 18.9989     | -0.1193          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.29:** Modelo 4 (P5) PUNTO3P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5993      | -0.0726          | 19.2010     | -0.1225          |
| 0.2011      | -0.0018          | 9.7989      | -0.0631          | 19.3999     | -0.1030          |
| 0.3948      | -0.0066          | 9.9986      | -0.0402          | 19.5994     | -0.0821          |
| 0.5958      | -0.0111          | 10.1999     | -0.0155          | 19.8008     | -0.0560          |
| 0.8025      | -0.0135          | 10.3990     | 0.0033           | 20.0015     | -0.0367          |
| 0.9989      | -0.0137          | 10.6009     | 0.0181           |             |                  |
| 1.1999      | -0.0126          | 10.8008     | 0.0251           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0079          | 10.9981     | 0.0192           |             |                  |
| 1.6013      | 0.0002           | 11.1987     | 0.0089           |             |                  |
| 1.8010      | 0.0160           | 11.4015     | -0.0130          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0189           | 11.6015     | -0.0365          |             |                  |
| 2.1997      | 0.0247           | 11.7995     | -0.0620          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0266           | 11.9992     | -0.0848          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0230           | 12.2000     | -0.0990          |             |                  |
| 2.8004      | 0.0207           | 12.4002     | -0.1067          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0143           | 12.6004     | -0.1057          |             |                  |
| 3.2025      | 0.0041           | 12.7994     | -0.0941          |             |                  |
| 3.3984      | -0.0056          | 12.9997     | -0.0727          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0139          | 13.2006     | -0.0480          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0178          | 13.3981     | -0.0206          |             |                  |
| 3.9988      | -0.0179          | 13.6010     | 0.0033           |             |                  |
| 4.1983      | -0.0125          | 13.8009     | 0.0188           |             |                  |
| 4.4022      | -0.0027          | 14.0022     | 0.0238           |             |                  |
| 4.5980      | 0.0091           | 14.1981     | 0.0199           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0212           | 14.3994     | 0.0072           |             |                  |
| 5.0019      | 0.0312           | 14.5997     | -0.0131          |             |                  |
| 5.1990      | 0.0358           | 14.8003     | -0.0366          |             |                  |
| 5.4016      | 0.0325           | 14.9984     | -0.0636          |             |                  |
| 5.6003      | 0.0260           | 15.1992     | -0.0855          |             |                  |
| 5.8022      | 0.0135           | 15.4008     | -0.1146          |             |                  |
| 6.0001      | -0.0010          | 15.5987     | -0.1216          |             |                  |
| 6.1999      | -0.0148          | 15.7994     | -0.1226          |             |                  |
| 6.4003      | -0.0196          | 16.0006     | -0.1101          |             |                  |
| 6.5995      | -0.0232          | 16.2009     | -0.0903          |             |                  |
| 6.8005      | -0.0177          | 16.4019     | -0.0671          |             |                  |
| 7.0001      | -0.0053          | 16.6002     | -0.0457          |             |                  |
| 7.2005      | 0.0092           | 16.7986     | -0.0283          |             |                  |
| 7.4001      | 0.0255           | 16.9987     | -0.0159          |             |                  |
| 7.5997      | 0.0372           | 17.2007     | -0.0124          |             |                  |
| 7.8000      | 0.0418           | 17.3988     | -0.0176          |             |                  |
| 7.9996      | 0.0367           | 17.5990     | -0.0273          |             |                  |
| 8.2000      | 0.0237           | 17.7991     | -0.0478          |             |                  |
| 8.4000      | 0.0031           | 18.0007     | -0.0673          |             |                  |
| 8.5999      | -0.0095          | 18.2003     | -0.0888          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0268          | 18.3991     | -0.1101          |             |                  |
| 9.0017      | -0.0495          | 18.5993     | -0.1266          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0663          | 18.7991     | -0.1342          |             |                  |
| 9.4004      | -0.0708          | 18.9989     | -0.1245          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.30:** Modelo 4 (P5) PUNTO4P5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5993      | -0.0362          | 19.2010     | -0.0276          |
| 0.2011      | -0.0005          | 9.7989      | -0.0228          | 19.3999     | -0.0258          |
| 0.3948      | -0.0023          | 9.9986      | -0.0117          | 19.5994     | -0.0250          |
| 0.5958      | -0.0042          | 10.1999     | -0.0035          | 19.8008     | -0.0200          |
| 0.8025      | -0.0058          | 10.3990     | 0.0036           | 20.0015     | -0.0080          |
| 0.9989      | -0.0069          | 10.6009     | 0.0131           |             |                  |
| 1.1999      | -0.0079          | 10.8008     | 0.0221           |             |                  |
| 1.3982      | -0.0078          | 10.9981     | 0.0254           |             |                  |
| 1.6013      | -0.0061          | 11.1987     | 0.0224           |             |                  |
| 1.8010      | -0.0012          | 11.4015     | 0.0068           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0037           | 11.6015     | -0.0101          |             |                  |
| 2.1997      | 0.0111           | 11.7995     | -0.0252          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0178           | 11.9992     | -0.0402          |             |                  |
| 2.5995      | 0.0217           | 12.2000     | -0.0553          |             |                  |
| 2.8004      | 0.0222           | 12.4002     | -0.0614          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0184           | 12.6004     | -0.0569          |             |                  |
| 3.2025      | 0.0109           | 12.7994     | -0.0448          |             |                  |
| 3.3984      | 0.0017           | 12.9997     | -0.0334          |             |                  |
| 3.6024      | -0.0083          | 13.2006     | -0.0274          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0150          | 13.3981     | -0.0165          |             |                  |
| 3.9988      | -0.0187          | 13.6010     | 0.0029           |             |                  |
| 4.1983      | -0.0177          | 13.8009     | 0.0267           |             |                  |
| 4.4022      | -0.0113          | 14.0022     | 0.0400           |             |                  |
| 4.5980      | -0.0007          | 14.1981     | 0.0361           |             |                  |
| 4.8013      | 0.0130           | 14.3994     | 0.0190           |             |                  |
| 5.0019      | 0.0259           | 14.5997     | -0.0037          |             |                  |
| 5.1990      | 0.0336           | 14.8003     | -0.0236          |             |                  |
| 5.4016      | 0.0339           | 14.9984     | -0.0380          |             |                  |
| 5.6003      | 0.0266           | 15.1992     | -0.0460          |             |                  |
| 5.8022      | 0.0134           | 15.4008     | -0.0501          |             |                  |
| 6.0001      | -0.0022          | 15.5987     | -0.0458          |             |                  |
| 6.1999      | -0.0166          | 15.7994     | -0.0424          |             |                  |
| 6.4003      | -0.0255          | 16.0006     | -0.0425          |             |                  |
| 6.5995      | -0.0289          | 16.2009     | -0.0422          |             |                  |
| 6.8005      | -0.0254          | 16.4019     | -0.0344          |             |                  |
| 7.0001      | -0.0169          | 16.6002     | -0.0201          |             |                  |
| 7.2005      | -0.0051          | 16.7986     | -0.0041          |             |                  |
| 7.4001      | 0.0099           | 16.9987     | 0.0084           |             |                  |
| 7.5997      | 0.0259           | 17.2007     | 0.0177           |             |                  |
| 7.8000      | 0.0395           | 17.3988     | 0.0240           |             |                  |
| 7.9996      | 0.0451           | 17.5990     | 0.0218           |             |                  |
| 8.2000      | 0.0401           | 17.7991     | 0.0035           |             |                  |
| 8.4000      | 0.0239           | 18.0007     | -0.0221          |             |                  |
| 8.5999      | 0.0017           | 18.2003     | -0.0472          |             |                  |
| 8.8004      | -0.0221          | 18.3991     | -0.0608          |             |                  |
| 9.0017      | -0.0426          | 18.5993     | -0.0585          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0516          | 18.7991     | -0.0455          |             |                  |
| 9.4004      | -0.0471          | 18.9989     | -0.0322          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.31:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS1PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.1979      | 0.0441           | 9.8002      | 0.0124           | 19.3986     | 0.0321           |
| 0.3961      | 0.0113           | 9.9986      | -0.0033          | 19.5999     | 0.0359           |
| 0.6006      | 0.0239           | 10.1991     | -0.0186          | 19.7991     | 0.0201           |
| 0.8011      | 0.0391           | 10.4001     | -0.0194          | 20.0020     | -0.0088          |
| 0.9986      | 0.0545           | 10.5990     | -0.0077          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0583           | 10.8006     | 0.0007           |             |                  |
| 1.3984      | 0.0466           | 11.0003     | 0.0093           |             |                  |
| 1.6015      | 0.0284           | 11.1977     | 0.0108           |             |                  |
| 1.7977      | 0.0205           | 11.3986     | 0.0106           |             |                  |
| 1.9979      | 0.0262           | 11.6000     | 0.0112           |             |                  |
| 2.2012      | 0.0358           | 11.8012     | 0.0148           |             |                  |
| 2.4012      | 0.0173           | 12.0004     | 0.0284           |             |                  |
| 2.5996      | 0.0014           | 12.2002     | 0.0313           |             |                  |
| 2.8002      | -0.0057          | 12.3985     | 0.0194           |             |                  |
| 3.0018      | -0.0038          | 12.5998     | 0.0010           |             |                  |
| 3.1997      | 0.0024           | 12.8016     | -0.0077          |             |                  |
| 3.4003      | 0.0104           | 12.9995     | 0.0020           |             |                  |
| 3.5993      | 0.0179           | 13.1986     | 0.0143           |             |                  |
| 3.7997      | 0.0150           | 13.4008     | 0.0164           |             |                  |
| 3.9983      | 0.0050           | 13.5978     | 0.0048           |             |                  |
| 4.2006      | 0.0011           | 13.7983     | -0.0118          |             |                  |
| 4.4006      | 0.0068           | 14.0012     | -0.0153          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0165           | 14.2013     | 0.0011           |             |                  |
| 4.7991      | 0.0222           | 14.3989     | 0.0281           |             |                  |
| 4.9991      | 0.0221           | 14.5997     | 0.0315           |             |                  |
| 5.1997      | 0.0128           | 14.7989     | 0.0137           |             |                  |
| 5.3991      | -0.0024          | 15.0004     | -0.0019          |             |                  |
| 5.5986      | -0.0132          | 15.2004     | -0.0073          |             |                  |
| 5.8008      | -0.0151          | 15.3989     | -0.0010          |             |                  |
| 5.9998      | -0.0111          | 15.5996     | 0.0141           |             |                  |
| 6.2005      | -0.0021          | 15.8011     | 0.0314           |             |                  |
| 6.4002      | -0.0095          | 16.0020     | 0.0286           |             |                  |
| 6.6002      | -0.0185          | 16.1990     | 0.0103           |             |                  |
| 6.7993      | -0.0191          | 16.4004     | -0.0133          |             |                  |
| 7.0015      | 0.0040           | 16.6002     | -0.0249          |             |                  |
| 7.2006      | 0.0364           | 16.7984     | -0.0131          |             |                  |
| 7.4005      | 0.0544           | 16.9996     | 0.0154           |             |                  |
| 7.5978      | 0.0399           | 17.1988     | 0.0267           |             |                  |
| 7.8014      | 0.0164           | 17.4024     | 0.0091           |             |                  |
| 7.9997      | 0.0051           | 17.5979     | -0.0186          |             |                  |
| 8.1998      | 0.0158           | 17.7986     | -0.0308          |             |                  |
| 8.4004      | 0.0315           | 18.0012     | -0.0150          |             |                  |
| 8.5990      | 0.0305           | 18.2009     | 0.0202           |             |                  |
| 8.7985      | 0.0163           | 18.4001     | 0.0444           |             |                  |
| 9.0004      | 0.0036           | 18.5987     | 0.0388           |             |                  |
| 9.1992      | -0.0020          | 18.7997     | 0.0220           |             |                  |
| 9.4000      | 0.0052           | 18.9986     | 0.0143           |             |                  |
| 9.5998      | 0.0134           | 19.2004     | 0.0203           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.32:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS2PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.5998      | -0.0041          | 19.2004     | 0.0009           |
| 0.1979      | 0.0778           | 9.8002      | 0.0020           | 19.3986     | 0.0028           |
| 0.3961      | 0.0054           | 9.9986      | 0.0032           | 19.5999     | 0.0087           |
| 0.6006      | 0.0110           | 10.1991     | -0.0019          | 19.7991     | 0.0119           |
| 0.8011      | 0.0154           | 10.4001     | -0.0056          | 20.0020     | 0.0083           |
| 0.9986      | 0.0190           | 10.5990     | -0.0019          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0212           | 10.8006     | 0.0066           |             |                  |
| 1.3984      | 0.0221           | 11.0003     | 0.0134           |             |                  |
| 1.6015      | 0.0218           | 11.1977     | 0.0102           |             |                  |
| 1.7977      | 0.0202           | 11.3986     | -0.0002          |             |                  |
| 1.9979      | 0.0175           | 11.6000     | -0.0062          |             |                  |
| 2.2012      | 0.0131           | 11.8012     | -0.0049          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0078           | 12.0004     | 0.0015           |             |                  |
| 2.5996      | 0.0023           | 12.2002     | 0.0082           |             |                  |
| 2.8002      | -0.0022          | 12.3985     | 0.0104           |             |                  |
| 3.0018      | -0.0040          | 12.5998     | 0.0087           |             |                  |
| 3.1997      | -0.0023          | 12.8016     | 0.0058           |             |                  |
| 3.4003      | 0.0021           | 12.9995     | 0.0053           |             |                  |
| 3.5993      | 0.0066           | 13.1986     | 0.0082           |             |                  |
| 3.7997      | 0.0077           | 13.4008     | 0.0114           |             |                  |
| 3.9983      | 0.0050           | 13.5978     | 0.0096           |             |                  |
| 4.2006      | 0.0024           | 13.7983     | 0.0017           |             |                  |
| 4.4006      | 0.0030           | 14.0012     | -0.0065          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0059           | 14.2013     | -0.0090          |             |                  |
| 4.7991      | 0.0075           | 14.3989     | -0.0049          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0036           | 14.5997     | 0.0008           |             |                  |
| 5.1997      | -0.0048          | 14.7989     | 0.0041           |             |                  |
| 5.3991      | -0.0103          | 15.0004     | 0.0051           |             |                  |
| 5.5986      | -0.0101          | 15.2004     | 0.0038           |             |                  |
| 5.8008      | -0.0057          | 15.3989     | 0.0044           |             |                  |
| 5.9998      | -0.0010          | 15.5996     | 0.0102           |             |                  |
| 6.2005      | 0.0010           | 15.8011     | 0.0175           |             |                  |
| 6.4002      | 0.0016           | 16.0020     | 0.0174           |             |                  |
| 6.6002      | 0.0012           | 16.1990     | 0.0063           |             |                  |
| 6.7993      | 0.0008           | 16.4004     | -0.0083          |             |                  |
| 7.0015      | 0.0023           | 16.6002     | -0.0141          |             |                  |
| 7.2006      | 0.0062           | 16.7984     | -0.0076          |             |                  |
| 7.4005      | 0.0107           | 16.9996     | 0.0026           |             |                  |
| 7.5978      | 0.0130           | 17.1988     | 0.0063           |             |                  |
| 7.8014      | 0.0129           | 17.4024     | 0.0000           |             |                  |
| 7.9997      | 0.0131           | 17.5979     | -0.0093          |             |                  |
| 8.1998      | 0.0146           | 17.7986     | -0.0101          |             |                  |
| 8.4004      | 0.0153           | 18.0012     | 0.0004           |             |                  |
| 8.5990      | 0.0130           | 18.2009     | 0.0136           |             |                  |
| 8.7985      | 0.0070           | 18.4001     | 0.0200           |             |                  |
| 9.0004      | -0.0014          | 18.5987     | 0.0174           |             |                  |
| 9.1992      | -0.0081          | 18.7997     | 0.0111           |             |                  |
| 9.4000      | -0.0088          | 18.9986     | 0.0044           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.33:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) FS3PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.5998      | 0.0026           | 19.2004     | 0.0022           |
| 0.1979      | 0.0066           | 9.8002      | 0.0023           | 19.3986     | 0.0037           |
| 0.3961      | 0.0012           | 9.9986      | 0.0022           | 19.5999     | 0.0049           |
| 0.6006      | 0.0030           | 10.1991     | 0.0019           | 19.7991     | 0.0050           |
| 0.8011      | 0.0050           | 10.4001     | 0.0012           | 20.0020     | 0.0047           |
| 0.9986      | 0.0073           | 10.5990     | 0.0011           |             |                  |
| 1.2010      | 0.0093           | 10.8006     | 0.0018           |             |                  |
| 1.3984      | 0.0114           | 11.0003     | 0.0024           |             |                  |
| 1.6015      | 0.0132           | 11.1977     | 0.0028           |             |                  |
| 1.7977      | 0.0144           | 11.3986     | 0.0023           |             |                  |
| 1.9979      | 0.0154           | 11.6000     | 0.0022           |             |                  |
| 2.2012      | 0.0157           | 11.8012     | 0.0028           |             |                  |
| 2.4012      | 0.0152           | 12.0004     | 0.0036           |             |                  |
| 2.5996      | 0.0143           | 12.2002     | 0.0051           |             |                  |
| 2.8002      | 0.0124           | 12.3985     | 0.0057           |             |                  |
| 3.0018      | 0.0101           | 12.5998     | 0.0060           |             |                  |
| 3.1997      | 0.0073           | 12.8016     | 0.0048           |             |                  |
| 3.4003      | 0.0041           | 12.9995     | 0.0043           |             |                  |
| 3.5993      | 0.0012           | 13.1986     | 0.0055           |             |                  |
| 3.7997      | -0.0017          | 13.4008     | 0.0068           |             |                  |
| 3.9983      | -0.0040          | 13.5978     | 0.0075           |             |                  |
| 4.2006      | -0.0057          | 13.7983     | 0.0067           |             |                  |
| 4.4006      | -0.0065          | 14.0012     | 0.0045           |             |                  |
| 4.5995      | -0.0068          | 14.2013     | 0.0036           |             |                  |
| 4.7991      | -0.0062          | 14.3989     | 0.0037           |             |                  |
| 4.9991      | -0.0052          | 14.5997     | 0.0041           |             |                  |
| 5.1997      | -0.0037          | 14.7989     | 0.0035           |             |                  |
| 5.3991      | -0.0015          | 15.0004     | 0.0017           |             |                  |
| 5.5986      | 0.0009           | 15.2004     | 0.0001           |             |                  |
| 5.8008      | 0.0034           | 15.3989     | -0.0002          |             |                  |
| 5.9998      | 0.0057           | 15.5996     | -0.0002          |             |                  |
| 6.2005      | 0.0072           | 15.8011     | 0.0009           |             |                  |
| 6.4002      | 0.0080           | 16.0020     | 0.0017           |             |                  |
| 6.6002      | 0.0084           | 16.1990     | 0.0024           |             |                  |
| 6.7993      | 0.0089           | 16.4004     | 0.0028           |             |                  |
| 7.0015      | 0.0095           | 16.6002     | 0.0037           |             |                  |
| 7.2006      | 0.0095           | 16.7984     | 0.0037           |             |                  |
| 7.4005      | 0.0087           | 16.9996     | 0.0052           |             |                  |
| 7.5978      | 0.0068           | 17.1988     | 0.0057           |             |                  |
| 7.8014      | 0.0051           | 17.4024     | 0.0054           |             |                  |
| 7.9997      | 0.0045           | 17.5979     | 0.0051           |             |                  |
| 8.1998      | 0.0047           | 17.7986     | 0.0049           |             |                  |
| 8.4004      | 0.0047           | 18.0012     | 0.0041           |             |                  |
| 8.5990      | 0.0040           | 18.2009     | 0.0038           |             |                  |
| 8.7985      | 0.0029           | 18.4001     | 0.0030           |             |                  |
| 9.0004      | 0.0021           | 18.5987     | 0.0031           |             |                  |
| 9.1992      | 0.0023           | 18.7997     | 0.0024           |             |                  |
| 9.4000      | 0.0024           | 18.9986     | 0.0024           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.34:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO1PII

| Tiempo (sg) | velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0569          | 19.2004     | -0.0554          |
| 0.1979      | 0.0872           | 9.8002      | -0.0538          | 19.3986     | -0.0582          |
| 0.3961      | 0.0058           | 9.9986      | -0.0525          | 19.5999     | -0.0598          |
| 0.6006      | 0.0117           | 10.1991     | -0.0519          | 19.7991     | -0.0610          |
| 0.8011      | 0.0164           | 10.4001     | -0.0503          | 20.0020     | -0.0630          |
| 0.9986      | 0.0204           | 10.5990     | -0.0472          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0229           | 10.8006     | -0.0429          |             |                  |
| 1.3984      | 0.0239           | 11.0003     | -0.0394          |             |                  |
| 1.6015      | 0.0233           | 11.1977     | -0.0388          |             |                  |
| 1.7977      | 0.0208           | 11.3986     | -0.0409          |             |                  |
| 1.9979      | 0.0166           | 11.6000     | -0.0440          |             |                  |
| 2.2012      | 0.0114           | 11.8012     | -0.0458          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0060           | 12.0004     | -0.0451          |             |                  |
| 2.5996      | 0.0021           | 12.2002     | -0.0430          |             |                  |
| 2.8002      | 0.0000           | 12.3985     | -0.0415          |             |                  |
| 3.0018      | -0.0001          | 12.5998     | -0.0418          |             |                  |
| 3.1997      | 0.0015           | 12.8016     | -0.0433          |             |                  |
| 3.4003      | 0.0038           | 12.9995     | -0.0448          |             |                  |
| 3.5993      | 0.0066           | 13.1986     | -0.0454          |             |                  |
| 3.7997      | 0.0092           | 13.4008     | -0.0456          |             |                  |
| 3.9983      | 0.0118           | 13.5978     | -0.0480          |             |                  |
| 4.2006      | 0.0143           | 13.7983     | -0.0530          |             |                  |
| 4.4006      | 0.0164           | 14.0012     | -0.0593          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0173           | 14.2013     | -0.0639          |             |                  |
| 4.7991      | 0.0169           | 14.3989     | -0.0644          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0153           | 14.5997     | -0.0602          |             |                  |
| 5.1997      | 0.0126           | 14.7989     | -0.0549          |             |                  |
| 5.3991      | 0.0089           | 15.0004     | -0.0508          |             |                  |
| 5.5986      | 0.0042           | 15.2004     | -0.0491          |             |                  |
| 5.8008      | -0.0023          | 15.3989     | -0.0495          |             |                  |
| 5.9998      | -0.0106          | 15.5996     | -0.0506          |             |                  |
| 6.2005      | -0.0202          | 15.8011     | -0.0514          |             |                  |
| 6.4002      | -0.0311          | 16.0020     | -0.0526          |             |                  |
| 6.6002      | -0.0411          | 16.1990     | -0.0555          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0487          | 16.4004     | -0.0595          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0533          | 16.6002     | -0.0632          |             |                  |
| 7.2006      | -0.0555          | 16.7984     | -0.0650          |             |                  |
| 7.4005      | -0.0562          | 16.9996     | -0.0650          |             |                  |
| 7.5978      | -0.0561          | 17.1988     | -0.0636          |             |                  |
| 7.8014      | -0.0555          | 17.4024     | -0.0625          |             |                  |
| 7.9997      | -0.0546          | 17.5979     | -0.0620          |             |                  |
| 8.1998      | -0.0537          | 17.7986     | -0.0610          |             |                  |
| 8.4004      | -0.0537          | 18.0012     | -0.0582          |             |                  |
| 8.5990      | -0.0554          | 18.2009     | -0.0542          |             |                  |
| 8.7985      | -0.0584          | 18.4001     | -0.0504          |             |                  |
| 9.0004      | -0.0611          | 18.5987     | -0.0484          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0619          | 18.7997     | -0.0493          |             |                  |
| 9.4000      | -0.0600          | 18.9986     | -0.0521          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.35:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO2PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0552          | 19.2004     | -0.0500          |
| 0.1979      | 0.0660           | 9.8002      | -0.0541          | 19.3986     | -0.0515          |
| 0.3961      | 0.0052           | 9.9986      | -0.0523          | 19.5999     | -0.0510          |
| 0.6006      | 0.0105           | 10.1991     | -0.0503          | 19.7991     | -0.0501          |
| 0.8011      | 0.0149           | 10.4001     | -0.0486          | 20.0020     | -0.0507          |
| 0.9986      | 0.0184           | 10.5990     | -0.0475          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0208           | 10.8006     | -0.0468          |             |                  |
| 1.3984      | 0.0218           | 11.0003     | -0.0466          |             |                  |
| 1.6015      | 0.0216           | 11.1977     | -0.0472          |             |                  |
| 1.7977      | 0.0199           | 11.3986     | -0.0485          |             |                  |
| 1.9979      | 0.0170           | 11.6000     | -0.0499          |             |                  |
| 2.2012      | 0.0126           | 11.8012     | -0.0506          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0077           | 12.0004     | -0.0498          |             |                  |
| 2.5996      | 0.0033           | 12.2002     | -0.0474          |             |                  |
| 2.8002      | 0.0000           | 12.3985     | -0.0444          |             |                  |
| 3.0018      | -0.0015          | 12.5998     | -0.0420          |             |                  |
| 3.1997      | -0.0009          | 12.8016     | -0.0410          |             |                  |
| 3.4003      | 0.0013           | 12.9995     | -0.0415          |             |                  |
| 3.5993      | 0.0039           | 13.1986     | -0.0428          |             |                  |
| 3.7997      | 0.0060           | 13.4008     | -0.0444          |             |                  |
| 3.9983      | 0.0069           | 13.5978     | -0.0469          |             |                  |
| 4.2006      | 0.0070           | 13.7983     | -0.0500          |             |                  |
| 4.4006      | 0.0067           | 14.0012     | -0.0529          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0059           | 14.2013     | -0.0550          |             |                  |
| 4.7991      | 0.0046           | 14.3989     | -0.0555          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0023           | 14.5997     | -0.0541          |             |                  |
| 5.1997      | -0.0010          | 14.7989     | -0.0519          |             |                  |
| 5.3991      | -0.0042          | 15.0004     | -0.0492          |             |                  |
| 5.5986      | -0.0063          | 15.2004     | -0.0461          |             |                  |
| 5.8008      | -0.0065          | 15.3989     | -0.0431          |             |                  |
| 5.9998      | -0.0054          | 15.5996     | -0.0411          |             |                  |
| 6.2005      | -0.0041          | 15.8011     | -0.0410          |             |                  |
| 6.4002      | -0.0047          | 16.0020     | -0.0436          |             |                  |
| 6.6002      | -0.0069          | 16.1990     | -0.0488          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0103          | 16.4004     | -0.0542          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0134          | 16.6002     | -0.0575          |             |                  |
| 7.2006      | -0.0152          | 16.7984     | -0.0582          |             |                  |
| 7.4005      | -0.0158          | 16.9996     | -0.0576          |             |                  |
| 7.5978      | -0.0160          | 17.1988     | -0.0569          |             |                  |
| 7.8014      | -0.0168          | 17.4024     | -0.0567          |             |                  |
| 7.9997      | -0.0191          | 17.5979     | -0.0564          |             |                  |
| 8.1998      | -0.0225          | 17.7986     | -0.0542          |             |                  |
| 8.4004      | -0.0270          | 18.0012     | -0.0500          |             |                  |
| 8.5990      | -0.0324          | 18.2009     | -0.0454          |             |                  |
| 8.7985      | -0.0387          | 18.4001     | -0.0420          |             |                  |
| 9.0004      | -0.0451          | 18.5987     | -0.0412          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0506          | 18.7997     | -0.0434          |             |                  |
| 9.4000      | -0.0540          | 18.9986     | -0.0470          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.36:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO3PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0653          | 19.2004     | -0.0829          |
| 0.1979      | 0.0051           | 9.8002      | -0.0411          | 19.3986     | -0.0995          |
| 0.3961      | 0.0076           | 9.9986      | -0.0210          | 19.5999     | -0.0598          |
| 0.6006      | 0.0150           | 10.1991     | -0.0266          | 19.7991     | -0.0142          |
| 0.8011      | 0.0207           | 10.4001     | -0.0434          | 20.0020     | -0.0170          |
| 0.9986      | 0.0245           | 10.5990     | -0.0485          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0263           | 10.8006     | -0.0440          |             |                  |
| 1.3984      | 0.0264           | 11.0003     | -0.0360          |             |                  |
| 1.6015      | 0.0253           | 11.1977     | -0.0269          |             |                  |
| 1.7977      | 0.0237           | 11.3986     | -0.0276          |             |                  |
| 1.9979      | 0.0213           | 11.6000     | -0.0383          |             |                  |
| 2.2012      | 0.0173           | 11.8012     | -0.0511          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0102           | 12.0004     | -0.0771          |             |                  |
| 2.5996      | -0.0003          | 12.2002     | -0.0740          |             |                  |
| 2.8002      | -0.0122          | 12.3985     | -0.0185          |             |                  |
| 3.0018      | -0.0194          | 12.5998     | 0.0087           |             |                  |
| 3.1997      | -0.0160          | 12.8016     | -0.0282          |             |                  |
| 3.4003      | -0.0015          | 12.9995     | -0.0629          |             |                  |
| 3.5993      | 0.0154           | 13.1986     | -0.0594          |             |                  |
| 3.7997      | 0.0211           | 13.4008     | -0.0363          |             |                  |
| 3.9983      | 0.0110           | 13.5978     | -0.0224          |             |                  |
| 4.2006      | -0.0057          | 13.7983     | -0.0329          |             |                  |
| 4.4006      | -0.0160          | 14.0012     | -0.0571          |             |                  |
| 4.5995      | -0.0091          | 14.2013     | -0.0677          |             |                  |
| 4.7991      | 0.0095           | 14.3989     | -0.0732          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0120           | 14.5997     | -0.0620          |             |                  |
| 5.1997      | -0.0070          | 14.7989     | -0.0381          |             |                  |
| 5.3991      | -0.0386          | 15.0004     | -0.0305          |             |                  |
| 5.5986      | -0.0633          | 15.2004     | -0.0455          |             |                  |
| 5.8008      | -0.0525          | 15.3989     | -0.0659          |             |                  |
| 5.9998      | -0.0234          | 15.5996     | -0.0527          |             |                  |
| 6.2005      | -0.0072          | 15.8011     | -0.0055          |             |                  |
| 6.4002      | -0.0134          | 16.0020     | 0.0190           |             |                  |
| 6.6002      | -0.0195          | 16.1990     | -0.0311          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0359          | 16.4004     | -0.1041          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0546          | 16.6002     | -0.1146          |             |                  |
| 7.2006      | -0.0519          | 16.7984     | -0.0707          |             |                  |
| 7.4005      | -0.0226          | 16.9996     | -0.0231          |             |                  |
| 7.5978      | 0.0019           | 17.1988     | -0.0146          |             |                  |
| 7.8014      | -0.0045          | 17.4024     | -0.0549          |             |                  |
| 7.9997      | -0.0274          | 17.5979     | -0.0930          |             |                  |
| 8.1998      | -0.0317          | 17.7986     | -0.0920          |             |                  |
| 8.4004      | -0.0169          | 18.0012     | -0.0680          |             |                  |
| 8.5990      | -0.0113          | 18.2009     | -0.0276          |             |                  |
| 8.7985      | -0.0198          | 18.4001     | -0.0101          |             |                  |
| 9.0004      | -0.0326          | 18.5987     | -0.0272          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0518          | 18.7997     | -0.0291          |             |                  |
| 9.4000      | -0.0687          | 18.9986     | -0.0379          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.37:** Modelo 5 (PARED INCLINADA 1) PUNTO4PII

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | 0.0060           | 19.2004     | -0.0078          |
| 0.1979      | 0.0004           | 9.8002      | 0.0017           | 19.3986     | 0.0122           |
| 0.3961      | -0.0006          | 9.9986      | 0.0028           | 19.5999     | 0.0153           |
| 0.6006      | -0.0005          | 10.1991     | -0.0077          | 19.7991     | -0.0016          |
| 0.8011      | 0.0059           | 10.4001     | -0.0195          | 20.0020     | -0.0330          |
| 0.9986      | 0.0065           | 10.5990     | -0.0214          |             |                  |
| 1.2010      | 0.0027           | 10.8006     | 0.0045           |             |                  |
| 1.3984      | 0.0067           | 11.0003     | 0.0256           |             |                  |
| 1.6015      | 0.0037           | 11.1977     | 0.0172           |             |                  |
| 1.7977      | 0.0053           | 11.3986     | -0.0113          |             |                  |
| 1.9979      | 0.0030           | 11.6000     | -0.0315          |             |                  |
| 2.2012      | 0.0031           | 11.8012     | -0.0423          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0018           | 12.0004     | -0.0291          |             |                  |
| 2.5996      | 0.0015           | 12.2002     | 0.0133           |             |                  |
| 2.8002      | 0.0008           | 12.3985     | 0.0515           |             |                  |
| 3.0018      | 0.0001           | 12.5998     | 0.0369           |             |                  |
| 3.1997      | -0.0011          | 12.8016     | -0.0302          |             |                  |
| 3.4003      | -0.0024          | 12.9995     | -0.0757          |             |                  |
| 3.5993      | -0.0032          | 13.1986     | -0.0495          |             |                  |
| 3.7997      | -0.0027          | 13.4008     | 0.0202           |             |                  |
| 3.9983      | -0.0002          | 13.5978     | 0.0695           |             |                  |
| 4.2006      | 0.0040           | 13.7983     | 0.0403           |             |                  |
| 4.4006      | 0.0083           | 14.0012     | -0.0471          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0097           | 14.2013     | -0.0948          |             |                  |
| 4.7991      | 0.0052           | 14.3989     | -0.0518          |             |                  |
| 4.9991      | -0.0044          | 14.5997     | 0.0383           |             |                  |
| 5.1997      | -0.0147          | 14.7989     | 0.0754           |             |                  |
| 5.3991      | -0.0181          | 15.0004     | 0.0208           |             |                  |
| 5.5986      | -0.0092          | 15.2004     | -0.0660          |             |                  |
| 5.8008      | 0.0083           | 15.3989     | -0.0828          |             |                  |
| 5.9998      | 0.0218           | 15.5996     | -0.0182          |             |                  |
| 6.2005      | 0.0165           | 15.8011     | 0.0415           |             |                  |
| 6.4002      | -0.0093          | 16.0020     | 0.0428           |             |                  |
| 6.6002      | -0.0333          | 16.1990     | -0.0065          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0289          | 16.4004     | -0.0495          |             |                  |
| 7.0015      | 0.0066           | 16.6002     | -0.0362          |             |                  |
| 7.2006      | 0.0428           | 16.7984     | 0.0012           |             |                  |
| 7.4005      | 0.0395           | 16.9996     | 0.0132           |             |                  |
| 7.5978      | -0.0104          | 17.1988     | -0.0113          |             |                  |
| 7.8014      | -0.0580          | 17.4024     | -0.0423          |             |                  |
| 7.9997      | -0.0472          | 17.5979     | -0.0418          |             |                  |
| 8.1998      | 0.0116           | 17.7986     | -0.0056          |             |                  |
| 8.4004      | 0.0606           | 18.0012     | 0.0283           |             |                  |
| 8.5990      | 0.0457           | 18.2009     | 0.0202           |             |                  |
| 8.7985      | -0.0171          | 18.4001     | -0.0110          |             |                  |
| 9.0004      | -0.0496          | 18.5987     | -0.0314          |             |                  |
| 9.1992      | -0.0248          | 18.7997     | -0.0364          |             |                  |
| 9.4000      | 0.0048           | 18.9986     | -0.0279          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.38:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS1PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | -0.00006         | 9.6009      | -0.0262          | 19.2014     | 0.0126           |
| 0.1979      | 0.0425           | 9.8018      | -0.0130          | 19.4008     | 0.0176           |
| 0.3967      | 0.0099           | 10.0007     | 0.0054           | 19.5999     | 0.0193           |
| 0.6011      | 0.0203           | 10.1980     | 0.0070           | 19.7986     | 0.0276           |
| 0.8017      | 0.0336           | 10.3983     | -0.0069          | 20.0000     | 0.0336           |
| 0.9994      | 0.0472           | 10.6006     | -0.0236          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0506           | 10.8007     | -0.0236          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0398           | 11.0007     | -0.0111          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0257           | 11.1990     | 0.0143           |             |                  |
| 1.8013      | 0.0253           | 11.4004     | 0.0315           |             |                  |
| 2.0020      | 0.0438           | 11.5982     | 0.0388           |             |                  |
| 2.1996      | 0.0596           | 11.7991     | 0.0322           |             |                  |
| 2.3992      | 0.0383           | 12.0016     | 0.0126           |             |                  |
| 2.5981      | 0.0187           | 12.1998     | -0.0033          |             |                  |
| 2.8001      | 0.0028           | 12.3993     | -0.0117          |             |                  |
| 2.9992      | -0.0141          | 12.5993     | -0.0028          |             |                  |
| 3.2000      | -0.0120          | 12.8024     | 0.0199           |             |                  |
| 3.4012      | 0.0115           | 13.0005     | 0.0358           |             |                  |
| 3.5998      | 0.0254           | 13.1976     | 0.0283           |             |                  |
| 3.7985      | 0.0174           | 13.3987     | 0.0035           |             |                  |
| 4.0004      | -0.0051          | 13.6018     | -0.0166          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0216          | 13.7995     | -0.0157          |             |                  |
| 4.4019      | -0.0096          | 13.9992     | -0.0008          |             |                  |
| 4.6019      | 0.0171           | 14.1996     | 0.0169           |             |                  |
| 4.7988      | 0.0304           | 14.3973     | 0.0262           |             |                  |
| 4.9969      | 0.0270           | 14.6000     | 0.0149           |             |                  |
| 5.1986      | -0.0005          | 14.7991     | -0.0106          |             |                  |
| 5.3999      | -0.0302          | 15.0018     | -0.0222          |             |                  |
| 5.6001      | -0.0425          | 15.2013     | -0.0037          |             |                  |
| 5.8002      | -0.0203          | 15.3985     | 0.0290           |             |                  |
| 6.0008      | 0.0179           | 15.6005     | 0.0449           |             |                  |
| 6.2016      | 0.0316           | 15.7978     | 0.0322           |             |                  |
| 6.4001      | 0.0190           | 15.9985     | -0.0002          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0061          | 16.2000     | -0.0180          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0246          | 16.4009     | -0.0080          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0221          | 16.5985     | 0.0148           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0031           | 16.8004     | 0.0295           |             |                  |
| 7.3996      | 0.0416           | 16.9994     | 0.0218           |             |                  |
| 7.5991      | 0.0577           | 17.1991     | -0.0026          |             |                  |
| 7.8002      | 0.0397           | 17.4014     | -0.0208          |             |                  |
| 7.9994      | 0.0070           | 17.5987     | -0.0230          |             |                  |
| 8.1995      | 0.0050           | 17.8013     | -0.0122          |             |                  |
| 8.3989      | 0.0272           | 17.9995     | 0.0016           |             |                  |
| 8.5989      | 0.0422           | 18.2009     | 0.0177           |             |                  |
| 8.8008      | 0.0431           | 18.3979     | 0.0258           |             |                  |
| 9.0002      | 0.0327           | 18.5969     | 0.0161           |             |                  |
| 9.2013      | 0.0103           | 18.7987     | 0.0037           |             |                  |
| 9.3980      | -0.0144          | 18.9989     | 0.0062           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.39:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS2PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.6009      | -0.0037          | 19.2014     | 0.0079           |
| 0.1979      | 0.0752           | 9.8018      | -0.0035          | 19.4008     | 0.0100           |
| 0.3967      | 0.0051           | 10.0007     | -0.0026          | 19.5999     | 0.0111           |
| 0.6011      | 0.0098           | 10.1980     | -0.0012          | 19.7986     | 0.0108           |
| 0.8017      | 0.0137           | 10.3983     | -0.0003          | 20.0000     | 0.0095           |
| 0.9994      | 0.0163           | 10.6006     | -0.0006          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0179           | 10.8007     | -0.0016          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0185           | 11.0007     | -0.0033          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0186           | 11.1990     | -0.0044          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0185           | 11.4004     | -0.0040          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0180           | 11.5982     | -0.0015          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0170           | 11.7991     | 0.0025           |             |                  |
| 2.3992      | 0.0155           | 12.0016     | 0.0072           |             |                  |
| 2.5981      | 0.0132           | 12.1998     | 0.0110           |             |                  |
| 2.8001      | 0.0103           | 12.3993     | 0.0134           |             |                  |
| 2.9992      | 0.0073           | 12.5993     | 0.0135           |             |                  |
| 3.2000      | 0.0044           | 12.8024     | 0.0116           |             |                  |
| 3.4012      | 0.0018           | 13.0005     | 0.0083           |             |                  |
| 3.5998      | -0.0005          | 13.1976     | 0.0042           |             |                  |
| 3.7985      | -0.0023          | 13.3987     | 0.0005           |             |                  |
| 4.0004      | -0.0035          | 13.6018     | -0.0022          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0035          | 13.7995     | -0.0029          |             |                  |
| 4.4019      | -0.0027          | 13.9992     | -0.0022          |             |                  |
| 4.6019      | -0.0016          | 14.1996     | 0.0001           |             |                  |
| 4.7988      | 0.0000           | 14.3973     | 0.0029           |             |                  |
| 4.9969      | 0.0021           | 14.6000     | 0.0058           |             |                  |
| 5.1986      | 0.0027           | 14.7991     | 0.0080           |             |                  |
| 5.3999      | 0.0022           | 15.0018     | 0.0091           |             |                  |
| 5.6001      | 0.0003           | 15.2013     | 0.0088           |             |                  |
| 5.8002      | -0.0032          | 15.3985     | 0.0069           |             |                  |
| 6.0008      | -0.0065          | 15.6005     | 0.0046           |             |                  |
| 6.2016      | -0.0094          | 15.7978     | 0.0016           |             |                  |
| 6.4001      | -0.0098          | 15.9985     | -0.0014          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0082          | 16.2000     | -0.0036          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0039          | 16.4009     | -0.0043          |             |                  |
| 7.0015      | 0.0021           | 16.5985     | -0.0034          |             |                  |
| 7.1999      | 0.0085           | 16.8004     | -0.0011          |             |                  |
| 7.3996      | 0.0144           | 16.9994     | 0.0018           |             |                  |
| 7.5991      | 0.0189           | 17.1991     | 0.0047           |             |                  |
| 7.8002      | 0.0216           | 17.4014     | 0.0066           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0217           | 17.5987     | 0.0068           |             |                  |
| 8.1995      | 0.0196           | 17.8013     | 0.0051           |             |                  |
| 8.3989      | 0.0156           | 17.9995     | 0.0025           |             |                  |
| 8.5989      | 0.0109           | 18.2009     | 0.0003           |             |                  |
| 8.8008      | 0.0060           | 18.3979     | -0.0008          |             |                  |
| 9.0002      | 0.0022           | 18.5969     | -0.0001          |             |                  |
| 9.2013      | -0.0012          | 18.7987     | 0.0023           |             |                  |
| 9.3980      | -0.0032          | 18.9989     | 0.0051           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.40:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) FS3PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.6009      | 0.0041           | 19.2014     | 0.0050           |
| 0.1979      | 0.0065           | 9.8018      | 0.0031           | 19.4008     | 0.0042           |
| 0.3967      | 0.0012           | 10.0007     | 0.0019           | 19.5999     | 0.0033           |
| 0.6011      | 0.0029           | 10.1980     | 0.0008           | 19.7986     | 0.0026           |
| 0.8017      | 0.0048           | 10.3983     | -0.0004          | 20.0000     | 0.0021           |
| 0.9994      | 0.0070           | 10.6006     | -0.0012          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0089           | 10.8007     | -0.0019          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0108           | 11.0007     | -0.0023          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0123           | 11.1990     | -0.0024          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0136           | 11.4004     | -0.0021          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0145           | 11.5982     | -0.0015          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0147           | 11.7991     | -0.0007          |             |                  |
| 2.3992      | 0.0146           | 12.0016     | 0.0005           |             |                  |
| 2.5981      | 0.0140           | 12.1998     | 0.0019           |             |                  |
| 2.8001      | 0.0128           | 12.3993     | 0.0036           |             |                  |
| 2.9992      | 0.0113           | 12.5993     | 0.0054           |             |                  |
| 3.2000      | 0.0092           | 12.8024     | 0.0071           |             |                  |
| 3.4012      | 0.0068           | 13.0005     | 0.0086           |             |                  |
| 3.5998      | 0.0043           | 13.1976     | 0.0099           |             |                  |
| 3.7985      | 0.0016           | 13.3987     | 0.0106           |             |                  |
| 4.0004      | -0.0008          | 13.6018     | 0.0107           |             |                  |
| 4.1992      | -0.0031          | 13.7995     | 0.0105           |             |                  |
| 4.4019      | -0.0048          | 13.9992     | 0.0096           |             |                  |
| 4.6019      | -0.0061          | 14.1996     | 0.0082           |             |                  |
| 4.7988      | -0.0067          | 14.3973     | 0.0066           |             |                  |
| 4.9969      | -0.0066          | 14.6000     | 0.0048           |             |                  |
| 5.1986      | -0.0061          | 14.7991     | 0.0029           |             |                  |
| 5.3999      | -0.0047          | 15.0018     | 0.0011           |             |                  |
| 5.6001      | -0.0030          | 15.2013     | -0.0003          |             |                  |
| 5.8002      | -0.0010          | 15.3985     | -0.0015          |             |                  |
| 6.0008      | 0.0011           | 15.6005     | -0.0023          |             |                  |
| 6.2016      | 0.0031           | 15.7978     | -0.0026          |             |                  |
| 6.4001      | 0.0050           | 15.9985     | -0.0024          |             |                  |
| 6.5978      | 0.0064           | 16.2000     | -0.0019          |             |                  |
| 6.8003      | 0.0076           | 16.4009     | -0.0010          |             |                  |
| 7.0015      | 0.0083           | 16.5985     | 0.0001           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0086           | 16.8004     | 0.0012           |             |                  |
| 7.3996      | 0.0086           | 16.9994     | 0.0025           |             |                  |
| 7.5991      | 0.0085           | 17.1991     | 0.0037           |             |                  |
| 7.8002      | 0.0083           | 17.4014     | 0.0049           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0080           | 17.5987     | 0.0060           |             |                  |
| 8.1995      | 0.0078           | 17.8013     | 0.0069           |             |                  |
| 8.3989      | 0.0075           | 17.9995     | 0.0076           |             |                  |
| 8.5989      | 0.0072           | 18.2009     | 0.0079           |             |                  |
| 8.8008      | 0.0068           | 18.3979     | 0.0079           |             |                  |
| 9.0002      | 0.0063           | 18.5969     | 0.0075           |             |                  |
| 9.2013      | 0.0058           | 18.7987     | 0.0068           |             |                  |
| 9.3980      | 0.0050           | 18.9989     | 0.0061           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.41:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO1PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6009      | -0.0422          | 19.2014     | -0.0296          |
| 0.1979      | 0.0837           | 9.8018      | -0.0428          | 19.4008     | -0.0281          |
| 0.3967      | 0.0055           | 10.0007     | -0.0430          | 19.5999     | -0.0276          |
| 0.6011      | 0.0106           | 10.1980     | -0.0425          | 19.7986     | -0.0279          |
| 0.8017      | 0.0150           | 10.3983     | -0.0419          | 20.0000     | -0.0292          |
| 0.9994      | 0.0186           | 10.6006     | -0.0420          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0214           | 10.8007     | -0.0427          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0230           | 11.0007     | -0.0436          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0236           | 11.1990     | -0.0440          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0232           | 11.4004     | -0.0436          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0219           | 11.5982     | -0.0414          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0198           | 11.7991     | -0.0382          |             |                  |
| 2.3992      | 0.0173           | 12.0016     | -0.0352          |             |                  |
| 2.5981      | 0.0143           | 12.1998     | -0.0331          |             |                  |
| 2.8001      | 0.0110           | 12.3993     | -0.0329          |             |                  |
| 2.9992      | 0.0076           | 12.5993     | -0.0350          |             |                  |
| 3.2000      | 0.0045           | 12.8024     | -0.0388          |             |                  |
| 3.4012      | 0.0022           | 13.0005     | -0.0435          |             |                  |
| 3.5998      | 0.0007           | 13.1976     | -0.0483          |             |                  |
| 3.7985      | 0.0004           | 13.3987     | -0.0525          |             |                  |
| 4.0004      | 0.0011           | 13.6018     | -0.0552          |             |                  |
| 4.1992      | 0.0024           | 13.7995     | -0.0562          |             |                  |
| 4.4019      | 0.0044           | 13.9992     | -0.0560          |             |                  |
| 4.6019      | 0.0067           | 14.1996     | -0.0545          |             |                  |
| 4.7988      | 0.0091           | 14.3973     | -0.0524          |             |                  |
| 4.9969      | 0.0113           | 14.6000     | -0.0502          |             |                  |
| 5.1986      | 0.0120           | 14.7991     | -0.0486          |             |                  |
| 5.3999      | 0.0103           | 15.0018     | -0.0472          |             |                  |
| 5.6001      | 0.0058           | 15.2013     | -0.0465          |             |                  |
| 5.8002      | -0.0012          | 15.3985     | -0.0468          |             |                  |
| 6.0008      | -0.0097          | 15.6005     | -0.0471          |             |                  |
| 6.2016      | -0.0176          | 15.7978     | -0.0482          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0240          | 15.9985     | -0.0497          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0284          | 16.2000     | -0.0507          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0308          | 16.4009     | -0.0508          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0310          | 16.5985     | -0.0500          |             |                  |
| 7.1999      | -0.0301          | 16.8004     | -0.0483          |             |                  |
| 7.3996      | -0.0283          | 16.9994     | -0.0456          |             |                  |
| 7.5991      | -0.0263          | 17.1991     | -0.0427          |             |                  |
| 7.8002      | -0.0248          | 17.4014     | -0.0406          |             |                  |
| 7.9994      | -0.0246          | 17.5987     | -0.0391          |             |                  |
| 8.1995      | -0.0257          | 17.8013     | -0.0387          |             |                  |
| 8.3989      | -0.0276          | 17.9995     | -0.0390          |             |                  |
| 8.5989      | -0.0303          | 18.2009     | -0.0392          |             |                  |
| 8.8008      | -0.0336          | 18.3979     | -0.0387          |             |                  |
| 9.0002      | -0.0363          | 18.5969     | -0.0374          |             |                  |
| 9.2013      | -0.0387          | 18.7987     | -0.0350          |             |                  |
| 9.3980      | -0.0409          | 18.9989     | -0.0322          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.42:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO2PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6009      | -0.0309          | 19.2014     | -0.0379          |
| 0.1979      | 0.0636           | 9.8018      | -0.0316          | 19.4008     | -0.0358          |
| 0.3967      | 0.0048           | 10.0007     | -0.0319          | 19.5999     | -0.0346          |
| 0.6011      | 0.0094           | 10.1980     | -0.0320          | 19.7986     | -0.0344          |
| 0.8017      | 0.0133           | 10.3983     | -0.0323          | 20.0000     | -0.0354          |
| 0.9994      | 0.0162           | 10.6006     | -0.0333          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0182           | 10.8007     | -0.0350          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0191           | 11.0007     | -0.0369          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0194           | 11.1990     | -0.0380          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0191           | 11.4004     | -0.0380          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0183           | 11.5982     | -0.0361          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0171           | 11.7991     | -0.0329          |             |                  |
| 2.3992      | 0.0156           | 12.0016     | -0.0293          |             |                  |
| 2.5981      | 0.0135           | 12.1998     | -0.0264          |             |                  |
| 2.8001      | 0.0110           | 12.3993     | -0.0248          |             |                  |
| 2.9992      | 0.0080           | 12.5993     | -0.0253          |             |                  |
| 3.2000      | 0.0050           | 12.8024     | -0.0276          |             |                  |
| 3.4012      | 0.0021           | 13.0005     | -0.0311          |             |                  |
| 3.5998      | -0.0002          | 13.1976     | -0.0353          |             |                  |
| 3.7985      | -0.0018          | 13.3987     | -0.0394          |             |                  |
| 4.0004      | -0.0025          | 13.6018     | -0.0426          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0025          | 13.7995     | -0.0443          |             |                  |
| 4.4019      | -0.0016          | 13.9992     | -0.0445          |             |                  |
| 4.6019      | -0.0001          | 14.1996     | -0.0432          |             |                  |
| 4.7988      | 0.0016           | 14.3973     | -0.0409          |             |                  |
| 4.9969      | 0.0033           | 14.6000     | -0.0385          |             |                  |
| 5.1986      | 0.0040           | 14.7991     | -0.0370          |             |                  |
| 5.3999      | 0.0032           | 15.0018     | -0.0365          |             |                  |
| 5.6001      | 0.0008           | 15.2013     | -0.0375          |             |                  |
| 5.8002      | -0.0028          | 15.3985     | -0.0399          |             |                  |
| 6.0008      | -0.0067          | 15.6005     | -0.0426          |             |                  |
| 6.2016      | -0.0098          | 15.7978     | -0.0459          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0113          | 15.9985     | -0.0489          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0109          | 16.2000     | -0.0508          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0089          | 16.4009     | -0.0513          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0054          | 16.5985     | -0.0506          |             |                  |
| 7.1999      | -0.0015          | 16.8004     | -0.0487          |             |                  |
| 7.3996      | 0.0022           | 16.9994     | -0.0460          |             |                  |
| 7.5991      | 0.0048           | 17.1991     | -0.0435          |             |                  |
| 7.8002      | 0.0058           | 17.4014     | -0.0419          |             |                  |
| 7.9994      | 0.0043           | 17.5987     | -0.0416          |             |                  |
| 8.1995      | 0.0006           | 17.8013     | -0.0426          |             |                  |
| 8.3989      | -0.0046          | 17.9995     | -0.0443          |             |                  |
| 8.5989      | -0.0107          | 18.2009     | -0.0458          |             |                  |
| 8.8008      | -0.0171          | 18.3979     | -0.0463          |             |                  |
| 9.0002      | -0.0223          | 18.5969     | -0.0456          |             |                  |
| 9.2013      | -0.0263          | 18.7987     | -0.0435          |             |                  |
| 9.3980      | -0.0292          | 18.9989     | -0.0407          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.43:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO3PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6009      | -0.0305          | 19.2014     | -0.0285          |
| 0.1979      | 0.0048           | 9.8018      | -0.0277          | 19.4008     | -0.0239          |
| 0.3967      | 0.0070           | 10.0007     | -0.0257          | 19.5999     | -0.0218          |
| 0.6011      | 0.0134           | 10.1980     | -0.0216          | 19.7986     | -0.0221          |
| 0.8017      | 0.0176           | 10.3983     | -0.0179          | 20.0000     | -0.0256          |
| 0.9994      | 0.0194           | 10.6006     | -0.0201          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0188           | 10.8007     | -0.0256          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0170           | 11.0007     | -0.0312          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0153           | 11.1990     | -0.0376          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0149           | 11.4004     | -0.0393          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0158           | 11.5982     | -0.0346          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0168           | 11.7991     | -0.0279          |             |                  |
| 2.3992      | 0.0163           | 12.0016     | -0.0198          |             |                  |
| 2.5981      | 0.0136           | 12.1998     | -0.0138          |             |                  |
| 2.8001      | 0.0093           | 12.3993     | -0.0111          |             |                  |
| 2.9992      | 0.0055           | 12.5993     | -0.0102          |             |                  |
| 3.2000      | 0.0033           | 12.8024     | -0.0135          |             |                  |
| 3.4012      | 0.0020           | 13.0005     | -0.0190          |             |                  |
| 3.5998      | -0.0011          | 13.1976     | -0.0277          |             |                  |
| 3.7985      | -0.0057          | 13.3987     | -0.0368          |             |                  |
| 4.0004      | -0.0074          | 13.6018     | -0.0430          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0057          | 13.7995     | -0.0453          |             |                  |
| 4.4019      | -0.0066          | 13.9992     | -0.0426          |             |                  |
| 4.6019      | -0.0062          | 14.1996     | -0.0379          |             |                  |
| 4.7988      | -0.0001          | 14.3973     | -0.0315          |             |                  |
| 4.9969      | 0.0016           | 14.6000     | -0.0250          |             |                  |
| 5.1986      | 0.0022           | 14.7991     | -0.0201          |             |                  |
| 5.3999      | 0.0024           | 15.0018     | -0.0186          |             |                  |
| 5.6001      | -0.0047          | 15.2013     | -0.0208          |             |                  |
| 5.8002      | -0.0102          | 15.3985     | -0.0246          |             |                  |
| 6.0008      | -0.0202          | 15.6005     | -0.0289          |             |                  |
| 6.2016      | -0.0269          | 15.7978     | -0.0338          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0322          | 15.9985     | -0.0405          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0328          | 16.2000     | -0.0460          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0283          | 16.4009     | -0.0471          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0201          | 16.5985     | -0.0438          |             |                  |
| 7.1999      | -0.0095          | 16.8004     | -0.0388          |             |                  |
| 7.3996      | -0.0003          | 16.9994     | -0.0322          |             |                  |
| 7.5991      | 0.0070           | 17.1991     | -0.0251          |             |                  |
| 7.8002      | 0.0099           | 17.4014     | -0.0211          |             |                  |
| 7.9994      | 0.0100           | 17.5987     | -0.0230          |             |                  |
| 8.1995      | 0.0046           | 17.8013     | -0.0287          |             |                  |
| 8.3989      | -0.0040          | 17.9995     | -0.0356          |             |                  |
| 8.5989      | -0.0141          | 18.2009     | -0.0429          |             |                  |
| 8.8008      | -0.0203          | 18.3979     | -0.0463          |             |                  |
| 9.0002      | -0.0242          | 18.5969     | -0.0436          |             |                  |
| 9.2013      | -0.0284          | 18.7987     | -0.0383          |             |                  |
| 9.3980      | -0.0317          | 18.9989     | -0.0338          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.44:** Modelo 6 (PARED INCLINADA 2) PUNTO4PI2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6009      | -0.0010          | 19.2014     | -0.0085          |
| 0.1979      | 0.0004           | 9.8018      | 0.0014           | 19.4008     | -0.0060          |
| 0.3967      | -0.0006          | 10.0007     | 0.0014           | 19.5999     | -0.0038          |
| 0.6011      | -0.0006          | 10.1980     | 0.0000           | 19.7986     | -0.0028          |
| 0.8017      | 0.0057           | 10.3983     | -0.0017          | 20.0000     | -0.0036          |
| 0.9994      | 0.0062           | 10.6006     | -0.0035          |             |                  |
| 1.2011      | 0.0021           | 10.8007     | -0.0055          |             |                  |
| 1.4021      | 0.0059           | 11.0007     | -0.0068          |             |                  |
| 1.5999      | 0.0026           | 11.1990     | -0.0057          |             |                  |
| 1.8013      | 0.0040           | 11.4004     | -0.0028          |             |                  |
| 2.0020      | 0.0017           | 11.5982     | -0.0014          |             |                  |
| 2.1996      | 0.0022           | 11.7991     | -0.0032          |             |                  |
| 2.3992      | 0.0017           | 12.0016     | -0.0053          |             |                  |
| 2.5981      | 0.0029           | 12.1998     | -0.0038          |             |                  |
| 2.8001      | 0.0036           | 12.3993     | -0.0006          |             |                  |
| 2.9992      | 0.0043           | 12.5993     | 0.0009           |             |                  |
| 3.2000      | 0.0037           | 12.8024     | 0.0005           |             |                  |
| 3.4012      | 0.0017           | 13.0005     | 0.0010           |             |                  |
| 3.5998      | -0.0010          | 13.1976     | -0.0001          |             |                  |
| 3.7985      | -0.0035          | 13.3987     | -0.0042          |             |                  |
| 4.0004      | -0.0043          | 13.6018     | -0.0078          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0032          | 13.7995     | -0.0088          |             |                  |
| 4.4019      | -0.0007          | 13.9992     | -0.0086          |             |                  |
| 4.6019      | 0.0014           | 14.1996     | -0.0076          |             |                  |
| 4.7988      | 0.0019           | 14.3973     | -0.0060          |             |                  |
| 4.9969      | 0.0011           | 14.6000     | -0.0041          |             |                  |
| 5.1986      | 0.0000           | 14.7991     | -0.0014          |             |                  |
| 5.3999      | -0.0004          | 15.0018     | 0.0005           |             |                  |
| 5.6001      | -0.0001          | 15.2013     | 0.0002           |             |                  |
| 5.8002      | 0.0000           | 15.3985     | -0.0009          |             |                  |
| 6.0008      | -0.0007          | 15.6005     | -0.0048          |             |                  |
| 6.2016      | -0.0021          | 15.7978     | -0.0106          |             |                  |
| 6.4001      | -0.0035          | 15.9985     | -0.0124          |             |                  |
| 6.5978      | -0.0043          | 16.2000     | -0.0124          |             |                  |
| 6.8003      | -0.0041          | 16.4009     | -0.0104          |             |                  |
| 7.0015      | -0.0028          | 16.5985     | -0.0060          |             |                  |
| 7.1999      | -0.0008          | 16.8004     | -0.0037          |             |                  |
| 7.3996      | 0.0015           | 16.9994     | -0.0033          |             |                  |
| 7.5991      | 0.0037           | 17.1991     | -0.0041          |             |                  |
| 7.8002      | 0.0054           | 17.4014     | -0.0068          |             |                  |
| 7.9994      | 0.0066           | 17.5987     | -0.0076          |             |                  |
| 8.1995      | 0.0064           | 17.8013     | -0.0070          |             |                  |
| 8.3989      | 0.0045           | 17.9995     | -0.0060          |             |                  |
| 8.5989      | 0.0006           | 18.2009     | -0.0054          |             |                  |
| 8.8008      | -0.0041          | 18.3979     | -0.0071          |             |                  |
| 9.0002      | -0.0073          | 18.5969     | -0.0096          |             |                  |
| 9.2013      | -0.0075          | 18.7987     | -0.0110          |             |                  |
| 9.3980      | -0.0048          | 18.9989     | -0.0108          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.45:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS1PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.000056         | 9.6014      | -0.0027          | 19.2000     | -0.0138          |
| 0.1978      | 0.0420           | 9.8021      | -0.0103          | 19.4010     | -0.0079          |
| 0.3993      | 0.0099           | 9.9992      | -0.0147          | 19.6001     | 0.0103           |
| 0.6004      | 0.0203           | 10.2000     | -0.0078          | 19.7999     | 0.0257           |
| 0.7985      | 0.0331           | 10.4029     | 0.0062           | 20.0020     | 0.0234           |
| 1.0007      | 0.0470           | 10.5980     | -0.0014          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0504           | 10.8006     | -0.0187          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0393           | 10.9995     | -0.0325          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0259           | 11.2008     | -0.0188          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0265           | 11.4005     | 0.0116           |             |                  |
| 2.0007      | 0.0440           | 11.6011     | 0.0427           |             |                  |
| 2.2008      | 0.0581           | 11.7986     | 0.0453           |             |                  |
| 2.4012      | 0.0428           | 12.0002     | 0.0194           |             |                  |
| 2.6009      | 0.0245           | 12.1988     | -0.0066          |             |                  |
| 2.8005      | 0.0014           | 12.3994     | -0.0123          |             |                  |
| 2.9990      | -0.0152          | 12.6005     | 0.0030           |             |                  |
| 3.1984      | -0.0088          | 12.7999     | 0.0354           |             |                  |
| 3.4014      | 0.0134           | 13.0005     | 0.0519           |             |                  |
| 3.6003      | 0.0291           | 13.2009     | 0.0444           |             |                  |
| 3.8007      | 0.0151           | 13.3996     | 0.0165           |             |                  |
| 3.9991      | -0.0162          | 13.5991     | -0.0095          |             |                  |
| 4.1981      | -0.0338          | 13.7998     | -0.0106          |             |                  |
| 4.3994      | -0.0151          | 13.9988     | 0.0065           |             |                  |
| 4.6002      | 0.0154           | 14.2006     | 0.0186           |             |                  |
| 4.7998      | 0.0333           | 14.3980     | 0.0214           |             |                  |
| 4.9977      | 0.0326           | 14.5987     | 0.0003           |             |                  |
| 5.2012      | -0.0051          | 14.8001     | -0.0260          |             |                  |
| 5.3977      | -0.0437          | 15.0008     | -0.0224          |             |                  |
| 5.6015      | -0.0481          | 15.2009     | -0.0014          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0104          | 15.3993     | 0.0204           |             |                  |
| 5.9980      | 0.0268           | 15.5993     | 0.0221           |             |                  |
| 6.2006      | 0.0424           | 15.8015     | 0.0036           |             |                  |
| 6.3987      | 0.0325           | 15.9996     | -0.0099          |             |                  |
| 6.6000      | 0.0015           | 16.2013     | -0.0132          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0181          | 16.3996     | -0.0180          |             |                  |
| 7.0019      | -0.0178          | 16.6002     | -0.0068          |             |                  |
| 7.2013      | 0.0014           | 16.7985     | 0.0180           |             |                  |
| 7.3992      | 0.0317           | 17.0012     | 0.0332           |             |                  |
| 7.6023      | 0.0445           | 17.1999     | 0.0287           |             |                  |
| 7.8023      | 0.0383           | 17.3984     | 0.0083           |             |                  |
| 7.9985      | 0.0261           | 17.5998     | -0.0113          |             |                  |
| 8.2004      | 0.0226           | 17.7992     | -0.0158          |             |                  |
| 8.3992      | 0.0234           | 18.0009     | -0.0034          |             |                  |
| 8.5988      | 0.0183           | 18.1989     | 0.0187           |             |                  |
| 8.8002      | 0.0181           | 18.4023     | 0.0401           |             |                  |
| 8.9994      | 0.0223           | 18.6013     | 0.0393           |             |                  |
| 9.2002      | 0.0169           | 18.7983     | 0.0167           |             |                  |
| 9.4015      | 0.0046           | 18.9989     | -0.0065          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.46:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS2PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.000074         | 9.6014      | -0.0012          | 19.2000     | 0.0109           |
| 0.1978      | 0.0690           | 9.8021      | -0.0031          | 19.4010     | 0.0109           |
| 0.3993      | 0.0053           | 9.9992      | -0.0044          | 19.6001     | 0.0095           |
| 0.6004      | 0.0100           | 10.2000     | -0.0049          | 19.7999     | 0.0070           |
| 0.7985      | 0.0136           | 10.4029     | -0.0050          | 20.0020     | 0.0040           |
| 1.0007      | 0.0163           | 10.5980     | -0.0054          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0179           | 10.8006     | -0.0057          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0186           | 10.9995     | -0.0060          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0187           | 11.2008     | -0.0056          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0183           | 11.4005     | -0.0041          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0179           | 11.6011     | -0.0011          |             |                  |
| 2.2008      | 0.0171           | 11.7986     | 0.0030           |             |                  |
| 2.4012      | 0.0157           | 12.0002     | 0.0074           |             |                  |
| 2.6009      | 0.0137           | 12.1988     | 0.0107           |             |                  |
| 2.8005      | 0.0110           | 12.3994     | 0.0129           |             |                  |
| 2.9990      | 0.0081           | 12.6005     | 0.0134           |             |                  |
| 3.1984      | 0.0054           | 12.7999     | 0.0123           |             |                  |
| 3.4014      | 0.0026           | 13.0005     | 0.0103           |             |                  |
| 3.6003      | 0.0004           | 13.2009     | 0.0083           |             |                  |
| 3.8007      | -0.0022          | 13.3996     | 0.0064           |             |                  |
| 3.9991      | -0.0040          | 13.5991     | 0.0056           |             |                  |
| 4.1981      | -0.0050          | 13.7998     | 0.0061           |             |                  |
| 4.3994      | -0.0051          | 13.9988     | 0.0066           |             |                  |
| 4.6002      | -0.0049          | 14.2006     | 0.0072           |             |                  |
| 4.7998      | -0.0038          | 14.3980     | 0.0071           |             |                  |
| 4.9977      | -0.0017          | 14.5987     | 0.0061           |             |                  |
| 5.2012      | -0.0007          | 14.8001     | 0.0041           |             |                  |
| 5.3977      | 0.0000           | 15.0008     | 0.0016           |             |                  |
| 5.6015      | -0.0002          | 15.2009     | -0.0012          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0017          | 15.3993     | -0.0039          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0030          | 15.5993     | -0.0056          |             |                  |
| 6.2006      | -0.0046          | 15.8015     | -0.0063          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0041          | 15.9996     | -0.0064          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0025          | 16.2013     | -0.0058          |             |                  |
| 6.7993      | 0.0008           | 16.3996     | -0.0044          |             |                  |
| 7.0019      | 0.0053           | 16.6002     | -0.0025          |             |                  |
| 7.2013      | 0.0098           | 16.7985     | -0.0001          |             |                  |
| 7.3992      | 0.0137           | 17.0012     | 0.0023           |             |                  |
| 7.6023      | 0.0164           | 17.1999     | 0.0045           |             |                  |
| 7.8023      | 0.0179           | 17.3984     | 0.0062           |             |                  |
| 7.9985      | 0.0177           | 17.5998     | 0.0066           |             |                  |
| 8.2004      | 0.0163           | 17.7992     | 0.0060           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0137           | 18.0009     | 0.0048           |             |                  |
| 8.5988      | 0.0110           | 18.1989     | 0.0041           |             |                  |
| 8.8002      | 0.0082           | 18.4023     | 0.0042           |             |                  |
| 8.9994      | 0.0058           | 18.6013     | 0.0057           |             |                  |
| 9.2002      | 0.0031           | 18.7983     | 0.0079           |             |                  |
| 9.4015      | 0.0008           | 18.9989     | 0.0097           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.47:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) FS3PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.00011          | 9.6014      | 0.0025           | 19.2000     | 0.0114           |
| 0.1978      | 0.0065           | 9.8021      | 0.0012           | 19.4010     | 0.0105           |
| 0.3993      | 0.0014           | 9.9992      | 0.0000           | 19.6001     | 0.0091           |
| 0.6004      | 0.0030           | 10.2000     | -0.0011          | 19.7999     | 0.0075           |
| 0.7985      | 0.0048           | 10.4029     | -0.0021          | 20.0020     | 0.0057           |
| 1.0007      | 0.0070           | 10.5980     | -0.0026          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0088           | 10.8006     | -0.0033          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0108           | 10.9995     | -0.0033          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0123           | 11.2008     | -0.0032          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0135           | 11.4005     | -0.0027          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0145           | 11.6011     | -0.0018          |             |                  |
| 2.2008      | 0.0147           | 11.7986     | -0.0007          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0147           | 12.0002     | 0.0007           |             |                  |
| 2.6009      | 0.0141           | 12.1988     | 0.0023           |             |                  |
| 2.8005      | 0.0129           | 12.3994     | 0.0042           |             |                  |
| 2.9990      | 0.0114           | 12.6005     | 0.0061           |             |                  |
| 3.1984      | 0.0094           | 12.7999     | 0.0078           |             |                  |
| 3.4014      | 0.0071           | 13.0005     | 0.0095           |             |                  |
| 3.6003      | 0.0045           | 13.2009     | 0.0109           |             |                  |
| 3.8007      | 0.0019           | 13.3996     | 0.0118           |             |                  |
| 3.9991      | -0.0005          | 13.5991     | 0.0121           |             |                  |
| 4.1981      | -0.0028          | 13.7998     | 0.0122           |             |                  |
| 4.3994      | -0.0047          | 13.9988     | 0.0116           |             |                  |
| 4.6002      | -0.0062          | 14.2006     | 0.0104           |             |                  |
| 4.7998      | -0.0070          | 14.3980     | 0.0090           |             |                  |
| 4.9977      | -0.0073          | 14.5987     | 0.0072           |             |                  |
| 5.2012      | -0.0068          | 14.8001     | 0.0053           |             |                  |
| 5.3977      | -0.0059          | 15.0008     | 0.0032           |             |                  |
| 5.6015      | -0.0044          | 15.2009     | 0.0013           |             |                  |
| 5.7992      | -0.0025          | 15.3993     | -0.0008          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0004          | 15.5993     | -0.0026          |             |                  |
| 6.2006      | 0.0019           | 15.8015     | -0.0039          |             |                  |
| 6.3987      | 0.0041           | 15.9996     | -0.0051          |             |                  |
| 6.6000      | 0.0061           | 16.2013     | -0.0056          |             |                  |
| 6.7993      | 0.0079           | 16.3996     | -0.0056          |             |                  |
| 7.0019      | 0.0092           | 16.6002     | -0.0052          |             |                  |
| 7.2013      | 0.0102           | 16.7985     | -0.0042          |             |                  |
| 7.3992      | 0.0107           | 17.0012     | -0.0028          |             |                  |
| 7.6023      | 0.0109           | 17.1999     | -0.0012          |             |                  |
| 7.8023      | 0.0109           | 17.3984     | 0.0009           |             |                  |
| 7.9985      | 0.0105           | 17.5998     | 0.0030           |             |                  |
| 8.2004      | 0.0101           | 17.7992     | 0.0053           |             |                  |
| 8.3992      | 0.0093           | 18.0009     | 0.0074           |             |                  |
| 8.5988      | 0.0085           | 18.1989     | 0.0093           |             |                  |
| 8.8002      | 0.0074           | 18.4023     | 0.0106           |             |                  |
| 8.9994      | 0.0062           | 18.6013     | 0.0116           |             |                  |
| 9.2002      | 0.0050           | 18.7983     | 0.0121           |             |                  |
| 9.4015      | 0.0037           | 18.9989     | 0.0120           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.48:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO01PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6014      | -0.0404          | 19.2000     | -0.0503          |
| 0.1978      | 0.0813           | 9.8021      | -0.0429          | 19.4010     | -0.0500          |
| 0.3993      | 0.0059           | 9.9992      | -0.0448          | 19.6001     | -0.0509          |
| 0.6004      | 0.0111           | 10.2000     | -0.0460          | 19.7999     | -0.0526          |
| 0.7985      | 0.0154           | 10.4029     | -0.0463          | 20.0020     | -0.0545          |
| 1.0007      | 0.0192           | 10.5980     | -0.0468          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0220           | 10.8006     | -0.0477          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0238           | 10.9995     | -0.0486          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0244           | 11.2008     | -0.0489          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0239           | 11.4005     | -0.0489          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0226           | 11.6011     | -0.0476          |             |                  |
| 2.2008      | 0.0207           | 11.7986     | -0.0451          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0182           | 12.0002     | -0.0423          |             |                  |
| 2.6009      | 0.0156           | 12.1988     | -0.0402          |             |                  |
| 2.8005      | 0.0124           | 12.3994     | -0.0388          |             |                  |
| 2.9990      | 0.0090           | 12.6005     | -0.0385          |             |                  |
| 3.1984      | 0.0059           | 12.7999     | -0.0398          |             |                  |
| 3.4014      | 0.0032           | 13.0005     | -0.0412          |             |                  |
| 3.6003      | 0.0016           | 13.2009     | -0.0423          |             |                  |
| 3.8007      | 0.0004           | 13.3996     | -0.0436          |             |                  |
| 3.9991      | 0.0000           | 13.5991     | -0.0436          |             |                  |
| 4.1981      | -0.0001          | 13.7998     | -0.0425          |             |                  |
| 4.3994      | 0.0005           | 13.9988     | -0.0419          |             |                  |
| 4.6002      | 0.0017           | 14.2006     | -0.0413          |             |                  |
| 4.7998      | 0.0034           | 14.3980     | -0.0409          |             |                  |
| 4.9977      | 0.0060           | 14.5987     | -0.0415          |             |                  |
| 5.2012      | 0.0073           | 14.8001     | -0.0428          |             |                  |
| 5.3977      | 0.0073           | 15.0008     | -0.0441          |             |                  |
| 5.6015      | 0.0051           | 15.2009     | -0.0454          |             |                  |
| 5.7992      | 0.0011           | 15.3993     | -0.0465          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0041          | 15.5993     | -0.0467          |             |                  |
| 6.2006      | -0.0091          | 15.8015     | -0.0463          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0124          | 15.9996     | -0.0460          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0148          | 16.2013     | -0.0458          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0161          | 16.3996     | -0.0459          |             |                  |
| 7.0019      | -0.0164          | 16.6002     | -0.0464          |             |                  |
| 7.2013      | -0.0166          | 16.7985     | -0.0467          |             |                  |
| 7.3992      | -0.0170          | 17.0012     | -0.0466          |             |                  |
| 7.6023      | -0.0179          | 17.1999     | -0.0465          |             |                  |
| 7.8023      | -0.0190          | 17.3984     | -0.0467          |             |                  |
| 7.9985      | -0.0207          | 17.5998     | -0.0476          |             |                  |
| 8.2004      | -0.0227          | 17.7992     | -0.0489          |             |                  |
| 8.3992      | -0.0245          | 18.0009     | -0.0509          |             |                  |
| 8.5988      | -0.0267          | 18.1989     | -0.0527          |             |                  |
| 8.8002      | -0.0292          | 18.4023     | -0.0538          |             |                  |
| 8.9994      | -0.0318          | 18.6013     | -0.0538          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0345          | 18.7983     | -0.0530          |             |                  |
| 9.4015      | -0.0376          | 18.9989     | -0.0515          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.49:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO2PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6014      | -0.0257          | 19.2000     | -0.0339          |
| 0.1978      | 0.0715           | 9.8021      | -0.0286          | 19.4010     | -0.0345          |
| 0.3993      | 0.0055           | 9.9992      | -0.0311          | 19.6001     | -0.0363          |
| 0.6004      | 0.0102           | 10.2000     | -0.0332          | 19.7999     | -0.0389          |
| 0.7985      | 0.0139           | 10.4029     | -0.0348          | 20.0020     | -0.0420          |
| 1.0007      | 0.0170           | 10.5980     | -0.0363          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0190           | 10.8006     | -0.0378          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0201           | 10.9995     | -0.0387          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0204           | 11.2008     | -0.0388          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0199           | 11.4005     | -0.0381          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0191           | 11.6011     | -0.0361          |             |                  |
| 2.2008      | 0.0181           | 11.7986     | -0.0331          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0166           | 12.0002     | -0.0302          |             |                  |
| 2.6009      | 0.0148           | 12.1988     | -0.0281          |             |                  |
| 2.8005      | 0.0123           | 12.3994     | -0.0268          |             |                  |
| 2.9990      | 0.0094           | 12.6005     | -0.0269          |             |                  |
| 3.1984      | 0.0064           | 12.7999     | -0.0284          |             |                  |
| 3.4014      | 0.0032           | 13.0005     | -0.0303          |             |                  |
| 3.6003      | 0.0008           | 13.2009     | -0.0320          |             |                  |
| 3.8007      | -0.0017          | 13.3996     | -0.0340          |             |                  |
| 3.9991      | -0.0032          | 13.5991     | -0.0350          |             |                  |
| 4.1981      | -0.0043          | 13.7998     | -0.0352          |             |                  |
| 4.3994      | -0.0045          | 13.9988     | -0.0353          |             |                  |
| 4.6002      | -0.0040          | 14.2006     | -0.0352          |             |                  |
| 4.7998      | -0.0030          | 14.3980     | -0.0351          |             |                  |
| 4.9977      | -0.0012          | 14.5987     | -0.0357          |             |                  |
| 5.2012      | -0.0002          | 14.8001     | -0.0373          |             |                  |
| 5.3977      | 0.0002           | 15.0008     | -0.0395          |             |                  |
| 5.6015      | -0.0005          | 15.2009     | -0.0420          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0021          | 15.3993     | -0.0445          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0041          | 15.5993     | -0.0462          |             |                  |
| 6.2006      | -0.0056          | 15.8015     | -0.0469          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0058          | 15.9996     | -0.0467          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0049          | 16.2013     | -0.0457          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0030          | 16.3996     | -0.0440          |             |                  |
| 7.0019      | -0.0003          | 16.6002     | -0.0422          |             |                  |
| 7.2013      | 0.0024           | 16.7985     | -0.0401          |             |                  |
| 7.3992      | 0.0045           | 17.0012     | -0.0379          |             |                  |
| 7.6023      | 0.0058           | 17.1999     | -0.0361          |             |                  |
| 7.8023      | 0.0058           | 17.3984     | -0.0350          |             |                  |
| 7.9985      | 0.0043           | 17.5998     | -0.0351          |             |                  |
| 8.2004      | 0.0015           | 17.7992     | -0.0355          |             |                  |
| 8.3992      | -0.0022          | 18.0009     | -0.0367          |             |                  |
| 8.5988      | -0.0066          | 18.1989     | -0.0373          |             |                  |
| 8.8002      | -0.0111          | 18.4023     | -0.0374          |             |                  |
| 8.9994      | -0.0152          | 18.6013     | -0.0367          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0190          | 18.7983     | -0.0355          |             |                  |
| 9.4015      | -0.0226          | 18.9989     | -0.0343          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.50:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO3PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6014      | -0.0226          | 19.2000     | -0.0240          |
| 0.1978      | 0.0050           | 9.8021      | -0.0245          | 19.4010     | -0.0233          |
| 0.3993      | 0.0074           | 9.9992      | -0.0274          | 19.6001     | -0.0251          |
| 0.6004      | 0.0138           | 10.2000     | -0.0272          | 19.7999     | -0.0283          |
| 0.7985      | 0.0181           | 10.4029     | -0.0256          | 20.0020     | -0.0334          |
| 1.0007      | 0.0198           | 10.5980     | -0.0276          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0192           | 10.8006     | -0.0310          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0173           | 10.9995     | -0.0333          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0156           | 11.2008     | -0.0366          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0152           | 11.4005     | -0.0359          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0160           | 11.6011     | -0.0298          |             |                  |
| 2.2008      | 0.0170           | 11.7986     | -0.0233          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0166           | 12.0002     | -0.0163          |             |                  |
| 2.6009      | 0.0141           | 12.1988     | -0.0118          |             |                  |
| 2.8005      | 0.0103           | 12.3994     | -0.0107          |             |                  |
| 2.9990      | 0.0068           | 12.6005     | -0.0107          |             |                  |
| 3.1984      | 0.0048           | 12.7999     | -0.0135          |             |                  |
| 3.4014      | 0.0034           | 13.0005     | -0.0172          |             |                  |
| 3.6003      | -0.0001          | 13.2009     | -0.0224          |             |                  |
| 3.8007      | -0.0054          | 13.3996     | -0.0269          |             |                  |
| 3.9991      | -0.0079          | 13.5991     | -0.0285          |             |                  |
| 4.1981      | -0.0072          | 13.7998     | -0.0275          |             |                  |
| 4.3994      | -0.0092          | 13.9988     | -0.0239          |             |                  |
| 4.6002      | -0.0100          | 14.2006     | -0.0213          |             |                  |
| 4.7998      | -0.0050          | 14.3980     | -0.0193          |             |                  |
| 4.9977      | -0.0041          | 14.5987     | -0.0197          |             |                  |
| 5.2012      | -0.0032          | 14.8001     | -0.0217          |             |                  |
| 5.3977      | -0.0016          | 15.0008     | -0.0266          |             |                  |
| 5.6015      | -0.0059          | 15.2009     | -0.0325          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0076          | 15.3993     | -0.0373          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0134          | 15.5993     | -0.0396          |             |                  |
| 6.2006      | -0.0171          | 15.8015     | -0.0405          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0205          | 15.9996     | -0.0421          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0213          | 16.2013     | -0.0427          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0184          | 16.3996     | -0.0406          |             |                  |
| 7.0019      | -0.0130          | 16.6002     | -0.0367          |             |                  |
| 7.2013      | -0.0054          | 16.7985     | -0.0335          |             |                  |
| 7.3992      | 0.0005           | 17.0012     | -0.0299          |             |                  |
| 7.6023      | 0.0054           | 17.1999     | -0.0261          |             |                  |
| 7.8023      | 0.0069           | 17.3984     | -0.0246          |             |                  |
| 7.9985      | 0.0066           | 17.5998     | -0.0272          |             |                  |
| 8.2004      | 0.0018           | 17.7992     | -0.0314          |             |                  |
| 8.3992      | -0.0051          | 18.0009     | -0.0353          |             |                  |
| 8.5988      | -0.0122          | 18.1989     | -0.0386          |             |                  |
| 8.8002      | -0.0147          | 18.4023     | -0.0383          |             |                  |
| 8.9994      | -0.0154          | 18.6013     | -0.0332          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0175          | 18.7983     | -0.0284          |             |                  |
| 9.4015      | -0.0212          | 18.9989     | -0.0259          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.51:** Modelo 7 (PARED INCLINADA 3) PUNTO4PI3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6014      | 0.0001           | 19.2000     | -0.0049          |
| 0.1978      | 0.0004           | 9.8021      | 0.0021           | 19.4010     | -0.0047          |
| 0.3993      | -0.0006          | 9.9992      | 0.0017           | 19.6001     | -0.0044          |
| 0.6004      | -0.0006          | 10.2000     | -0.0004          | 19.7999     | -0.0044          |
| 0.7985      | 0.0057           | 10.4029     | -0.0028          | 20.0020     | -0.0051          |
| 1.0007      | 0.0063           | 10.5980     | -0.0051          |             |                  |
| 1.1988      | 0.0022           | 10.8006     | -0.0075          |             |                  |
| 1.4023      | 0.0060           | 10.9995     | -0.0085          |             |                  |
| 1.6011      | 0.0026           | 11.2008     | -0.0061          |             |                  |
| 1.8023      | 0.0040           | 11.4005     | -0.0016          |             |                  |
| 2.0007      | 0.0016           | 11.6011     | 0.0011           |             |                  |
| 2.2008      | 0.0022           | 11.7986     | -0.0002          |             |                  |
| 2.4012      | 0.0018           | 12.0002     | -0.0026          |             |                  |
| 2.6009      | 0.0030           | 12.1988     | -0.0023          |             |                  |
| 2.8005      | 0.0038           | 12.3994     | -0.0007          |             |                  |
| 2.9990      | 0.0045           | 12.6005     | -0.0008          |             |                  |
| 3.1984      | 0.0038           | 12.7999     | -0.0011          |             |                  |
| 3.4014      | 0.0019           | 13.0005     | 0.0002           |             |                  |
| 3.6003      | -0.0008          | 13.2009     | 0.0006           |             |                  |
| 3.8007      | -0.0032          | 13.3996     | -0.0019          |             |                  |
| 3.9991      | -0.0041          | 13.5991     | -0.0038          |             |                  |
| 4.1981      | -0.0032          | 13.7998     | -0.0042          |             |                  |
| 4.3994      | -0.0010          | 13.9988     | -0.0039          |             |                  |
| 4.6002      | 0.0007           | 14.2006     | -0.0036          |             |                  |
| 4.7998      | 0.0011           | 14.3980     | -0.0033          |             |                  |
| 4.9977      | 0.0001           | 14.5987     | -0.0031          |             |                  |
| 5.2012      | -0.0009          | 14.8001     | -0.0016          |             |                  |
| 5.3977      | -0.0013          | 15.0008     | -0.0009          |             |                  |
| 5.6015      | -0.0007          | 15.2009     | -0.0015          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0003          | 15.3993     | -0.0025          |             |                  |
| 5.9980      | -0.0004          | 15.5993     | -0.0065          |             |                  |
| 6.2006      | -0.0012          | 15.8015     | -0.0116          |             |                  |
| 6.3987      | -0.0017          | 15.9996     | -0.0122          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0020          | 16.2013     | -0.0113          |             |                  |
| 6.7993      | -0.0016          | 16.3996     | -0.0083          |             |                  |
| 7.0019      | -0.0008          | 16.6002     | -0.0027          |             |                  |
| 7.2013      | 0.0002           | 16.7985     | -0.0008          |             |                  |
| 7.3992      | 0.0011           | 17.0012     | -0.0011          |             |                  |
| 7.6023      | 0.0023           | 17.1999     | -0.0029          |             |                  |
| 7.8023      | 0.0035           | 17.3984     | -0.0068          |             |                  |
| 7.9985      | 0.0049           | 17.5998     | -0.0082          |             |                  |
| 8.2004      | 0.0057           | 17.7992     | -0.0081          |             |                  |
| 8.3992      | 0.0047           | 18.0009     | -0.0065          |             |                  |
| 8.5988      | 0.0017           | 18.1989     | -0.0045          |             |                  |
| 8.8002      | -0.0026          | 18.4023     | -0.0044          |             |                  |
| 8.9994      | -0.0058          | 18.6013     | -0.0045          |             |                  |
| 9.2002      | -0.0061          | 18.7983     | -0.0052          |             |                  |
| 9.4015      | -0.0034          | 18.9989     | -0.0054          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.52:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS1PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.6010      | 0.0026           | 19.2013     | 0.0031           |
| 0.1988      | 0.0420           | 9.8012      | 0.0165           | 19.4005     | -0.0031          |
| 0.4041      | 0.0113           | 9.9992      | 0.0210           | 19.6007     | -0.0036          |
| 0.6022      | 0.0225           | 10.2000     | 0.0165           | 19.6829     | -0.0018          |
| 0.8002      | 0.0367           | 10.4013     | 0.0138           |             |                  |
| 0.9994      | 0.0515           | 10.5991     | 0.0193           |             |                  |
| 1.2001      | 0.0554           | 10.7998     | 0.0270           |             |                  |
| 1.4017      | 0.0442           | 11.0009     | 0.0265           |             |                  |
| 1.5995      | 0.0292           | 11.2010     | 0.0178           |             |                  |
| 1.8017      | 0.0250           | 11.4009     | 0.0022           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0341           | 11.5991     | -0.0076          |             |                  |
| 2.1989      | 0.0468           | 11.7987     | -0.0020          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0273           | 12.0009     | 0.0139           |             |                  |
| 2.5985      | 0.0093           | 12.1984     | 0.0265           |             |                  |
| 2.7993      | -0.0066          | 12.4024     | 0.0049           |             |                  |
| 2.9990      | 0.0011           | 12.5985     | -0.0202          |             |                  |
| 3.2001      | 0.0068           | 12.8001     | -0.0300          |             |                  |
| 3.3994      | 0.0124           | 12.9998     | -0.0151          |             |                  |
| 3.6009      | 0.0147           | 13.1997     | 0.0126           |             |                  |
| 3.8007      | 0.0042           | 13.4023     | 0.0221           |             |                  |
| 4.0016      | -0.0154          | 13.5972     | 0.0041           |             |                  |
| 4.1987      | -0.0262          | 13.8003     | -0.0209          |             |                  |
| 4.4003      | -0.0190          | 14.0017     | -0.0272          |             |                  |
| 4.5985      | 0.0024           | 14.2009     | -0.0099          |             |                  |
| 4.8002      | 0.0154           | 14.4014     | 0.0177           |             |                  |
| 4.9995      | 0.0037           | 14.5989     | 0.0392           |             |                  |
| 5.2016      | -0.0156          | 14.8000     | 0.0279           |             |                  |
| 5.4003      | -0.0169          | 15.0025     | 0.0008           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0115           | 15.2022     | -0.0117          |             |                  |
| 5.7984      | 0.0377           | 15.3992     | 0.0013           |             |                  |
| 6.0013      | 0.0370           | 15.6013     | 0.0258           |             |                  |
| 6.1993      | 0.0214           | 15.8013     | 0.0435           |             |                  |
| 6.4017      | 0.0067           | 15.9995     | 0.0390           |             |                  |
| 6.5994      | 0.0078           | 16.2004     | 0.0262           |             |                  |
| 6.7990      | 0.0170           | 16.3993     | 0.0194           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0266           | 16.6000     | 0.0176           |             |                  |
| 7.1997      | 0.0287           | 16.7996     | 0.0141           |             |                  |
| 7.3995      | 0.0254           | 16.9992     | 0.0110           |             |                  |
| 7.6017      | 0.0231           | 17.1987     | 0.0101           |             |                  |
| 7.7988      | 0.0174           | 17.3979     | 0.0049           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0160           | 17.6011     | -0.0072          |             |                  |
| 8.1996      | 0.0154           | 17.7993     | -0.0201          |             |                  |
| 8.3991      | 0.0138           | 17.9988     | -0.0259          |             |                  |
| 8.6008      | 0.0100           | 18.1996     | -0.0222          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0021          | 18.4007     | -0.0087          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0217          | 18.5991     | 0.0050           |             |                  |
| 9.2005      | -0.0276          | 18.8018     | 0.0108           |             |                  |
| 9.3992      | -0.0195          | 18.9997     | 0.0081           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.53:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS2PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.6010      | 0.0052           | 19.2013     | -0.0079          |
| 0.1988      | 0.0759           | 9.8012      | 0.0073           | 19.4005     | -0.0016          |
| 0.4041      | 0.0055           | 9.9992      | 0.0036           | 19.6007     | 0.0043           |
| 0.6022      | 0.0102           | 10.2000     | -0.0012          | 19.6829     | 0.0066           |
| 0.8002      | 0.0143           | 10.4013     | -0.0003          |             |                  |
| 0.9994      | 0.0182           | 10.5991     | 0.0091           |             |                  |
| 1.2001      | 0.0216           | 10.7998     | 0.0187           |             |                  |
| 1.4017      | 0.0239           | 11.0009     | 0.0230           |             |                  |
| 1.5995      | 0.0250           | 11.2010     | 0.0188           |             |                  |
| 1.8017      | 0.0245           | 11.4009     | 0.0084           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0226           | 11.5991     | 0.0014           |             |                  |
| 2.1989      | 0.0192           | 11.7987     | 0.0016           |             |                  |
| 2.4000      | 0.0140           | 12.0009     | 0.0063           |             |                  |
| 2.5985      | 0.0080           | 12.1984     | 0.0099           |             |                  |
| 2.7993      | 0.0028           | 12.4024     | 0.0076           |             |                  |
| 2.9990      | -0.0012          | 12.5985     | -0.0007          |             |                  |
| 3.2001      | -0.0029          | 12.8001     | -0.0098          |             |                  |
| 3.3994      | -0.0028          | 12.9998     | -0.0128          |             |                  |
| 3.6009      | -0.0026          | 13.1997     | -0.0093          |             |                  |
| 3.8007      | -0.0047          | 13.4023     | -0.0042          |             |                  |
| 4.0016      | -0.0085          | 13.5972     | -0.0031          |             |                  |
| 4.1987      | -0.0101          | 13.8003     | -0.0066          |             |                  |
| 4.4003      | -0.0070          | 14.0017     | -0.0094          |             |                  |
| 4.5985      | -0.0014          | 14.2009     | -0.0061          |             |                  |
| 4.8002      | 0.0020           | 14.4014     | 0.0010           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0007          | 14.5989     | 0.0065           |             |                  |
| 5.2016      | -0.0059          | 14.8000     | 0.0070           |             |                  |
| 5.4003      | -0.0076          | 15.0025     | 0.0031           |             |                  |
| 5.6008      | -0.0026          | 15.2022     | -0.0002          |             |                  |
| 5.7984      | 0.0058           | 15.3992     | 0.0011           |             |                  |
| 6.0013      | 0.0123           | 15.6013     | 0.0073           |             |                  |
| 6.1993      | 0.0135           | 15.8013     | 0.0154           |             |                  |
| 6.4017      | 0.0123           | 15.9995     | 0.0215           |             |                  |
| 6.5994      | 0.0117           | 16.2004     | 0.0212           |             |                  |
| 6.7990      | 0.0140           | 16.3993     | 0.0160           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0206           | 16.6000     | 0.0114           |             |                  |
| 7.1997      | 0.0255           | 16.7996     | 0.0099           |             |                  |
| 7.3995      | 0.0217           | 16.9992     | 0.0123           |             |                  |
| 7.6017      | 0.0098           | 17.1987     | 0.0141           |             |                  |
| 7.7988      | -0.0010          | 17.3979     | 0.0106           |             |                  |
| 7.9994      | -0.0050          | 17.6011     | 0.0016           |             |                  |
| 8.1996      | -0.0012          | 17.7993     | -0.0102          |             |                  |
| 8.3991      | 0.0038           | 17.9988     | -0.0184          |             |                  |
| 8.6008      | 0.0014           | 18.1996     | -0.0185          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0082          | 18.4007     | -0.0149          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0159          | 18.5991     | -0.0126          |             |                  |
| 9.2005      | -0.0153          | 18.8018     | -0.0124          |             |                  |
| 9.3992      | -0.0056          | 18.9997     | -0.0117          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.54:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) FS3PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0002           | 9.6010      | -0.0009          | 19.2013     | -0.0060          |
| 0.1988      | 0.0048           | 9.8012      | -0.0001          | 19.4005     | -0.0048          |
| 0.4041      | 0.0023           | 9.9992      | 0.0010           | 19.6007     | -0.0025          |
| 0.6022      | 0.0044           | 10.2000     | 0.0014           | 19.6829     | -0.0014          |
| 0.8002      | 0.0067           | 10.4013     | 0.0028           |             |                  |
| 0.9994      | 0.0094           | 10.5991     | 0.0048           |             |                  |
| 1.2001      | 0.0115           | 10.7998     | 0.0078           |             |                  |
| 1.4017      | 0.0138           | 11.0009     | 0.0101           |             |                  |
| 1.5995      | 0.0153           | 11.2010     | 0.0112           |             |                  |
| 1.8017      | 0.0161           | 11.4009     | 0.0110           |             |                  |
| 2.0004      | 0.0165           | 11.5991     | 0.0114           |             |                  |
| 2.1989      | 0.0159           | 11.7987     | 0.0117           |             |                  |
| 2.4000      | 0.0147           | 12.0009     | 0.0121           |             |                  |
| 2.5985      | 0.0126           | 12.1984     | 0.0109           |             |                  |
| 2.7993      | 0.0096           | 12.4024     | 0.0083           |             |                  |
| 2.9990      | 0.0066           | 12.5985     | 0.0047           |             |                  |
| 3.2001      | 0.0028           | 12.8001     | 0.0018           |             |                  |
| 3.3994      | -0.0011          | 12.9998     | -0.0018          |             |                  |
| 3.6009      | -0.0044          | 13.1997     | -0.0038          |             |                  |
| 3.8007      | -0.0074          | 13.4023     | -0.0063          |             |                  |
| 4.0016      | -0.0092          | 13.5972     | -0.0081          |             |                  |
| 4.1987      | -0.0103          | 13.8003     | -0.0084          |             |                  |
| 4.4003      | -0.0097          | 14.0017     | -0.0077          |             |                  |
| 4.5985      | -0.0082          | 14.2009     | -0.0068          |             |                  |
| 4.8002      | -0.0055          | 14.4014     | -0.0054          |             |                  |
| 4.9995      | -0.0023          | 14.5989     | -0.0009          |             |                  |
| 5.2016      | 0.0012           | 14.8000     | 0.0017           |             |                  |
| 5.4003      | 0.0049           | 15.0025     | 0.0058           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0083           | 15.2022     | 0.0090           |             |                  |
| 5.7984      | 0.0111           | 15.3992     | 0.0107           |             |                  |
| 6.0013      | 0.0131           | 15.6013     | 0.0126           |             |                  |
| 6.1993      | 0.0136           | 15.8013     | 0.0150           |             |                  |
| 6.4017      | 0.0136           | 15.9995     | 0.0144           |             |                  |
| 6.5994      | 0.0121           | 16.2004     | 0.0149           |             |                  |
| 6.7990      | 0.0109           | 16.3993     | 0.0136           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0098           | 16.6000     | 0.0114           |             |                  |
| 7.1997      | 0.0089           | 16.7996     | 0.0088           |             |                  |
| 7.3995      | 0.0074           | 16.9992     | 0.0064           |             |                  |
| 7.6017      | 0.0049           | 17.1987     | 0.0045           |             |                  |
| 7.7988      | 0.0026           | 17.3979     | 0.0023           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0018           | 17.6011     | 0.0004           |             |                  |
| 8.1996      | 0.0017           | 17.7993     | -0.0018          |             |                  |
| 8.3991      | 0.0014           | 17.9988     | -0.0030          |             |                  |
| 8.6008      | 0.0004           | 18.1996     | -0.0043          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0013          | 18.4007     | -0.0043          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0025          | 18.5991     | -0.0054          |             |                  |
| 9.2005      | -0.0026          | 18.8018     | -0.0051          |             |                  |
| 9.3992      | -0.0022          | 18.9997     | -0.0061          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.55:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO1PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6010      | -0.0283          | 19.2013     | 0.0283           |
| 0.1988      | 0.0490           | 9.8012      | -0.0252          | 19.4005     | 0.0306           |
| 0.4041      | 0.0026           | 9.9992      | -0.0229          | 19.6007     | 0.0334           |
| 0.6022      | 0.0052           | 10.2000     | -0.0217          | 19.6829     | 0.0344           |
| 0.8002      | 0.0076           | 10.4013     | -0.0214          |             |                  |
| 0.9994      | 0.0100           | 10.5991     | -0.0212          |             |                  |
| 1.2001      | 0.0119           | 10.7998     | -0.0213          |             |                  |
| 1.4017      | 0.0130           | 11.0009     | -0.0227          |             |                  |
| 1.5995      | 0.0131           | 11.2010     | -0.0258          |             |                  |
| 1.8017      | 0.0122           | 11.4009     | -0.0305          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0104           | 11.5991     | -0.0359          |             |                  |
| 2.1989      | 0.0083           | 11.7987     | -0.0407          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0061           | 12.0009     | -0.0437          |             |                  |
| 2.5985      | 0.0042           | 12.1984     | -0.0452          |             |                  |
| 2.7993      | 0.0030           | 12.4024     | -0.0466          |             |                  |
| 2.9990      | 0.0021           | 12.5985     | -0.0486          |             |                  |
| 3.2001      | 0.0011           | 12.8001     | -0.0507          |             |                  |
| 3.3994      | 0.0003           | 12.9998     | -0.0518          |             |                  |
| 3.6009      | 0.0001           | 13.1997     | -0.0503          |             |                  |
| 3.8007      | 0.0011           | 13.4023     | -0.0458          |             |                  |
| 4.0016      | 0.0027           | 13.5972     | -0.0402          |             |                  |
| 4.1987      | 0.0043           | 13.8003     | -0.0347          |             |                  |
| 4.4003      | 0.0056           | 14.0017     | -0.0303          |             |                  |
| 4.5985      | 0.0066           | 14.2009     | -0.0267          |             |                  |
| 4.8002      | 0.0077           | 14.4014     | -0.0225          |             |                  |
| 4.9995      | 0.0089           | 14.5989     | -0.0174          |             |                  |
| 5.2016      | 0.0103           | 14.8000     | -0.0120          |             |                  |
| 5.4003      | 0.0112           | 15.0025     | -0.0074          |             |                  |
| 5.6008      | 0.0105           | 15.2022     | -0.0038          |             |                  |
| 5.7984      | 0.0076           | 15.3992     | -0.0007          |             |                  |
| 6.0013      | 0.0023           | 15.6013     | 0.0029           |             |                  |
| 6.1993      | -0.0040          | 15.8013     | 0.0074           |             |                  |
| 6.4017      | -0.0105          | 15.9995     | 0.0125           |             |                  |
| 6.5994      | -0.0162          | 16.2004     | 0.0174           |             |                  |
| 6.7990      | -0.0213          | 16.3993     | 0.0211           |             |                  |
| 7.0013      | -0.0255          | 16.6000     | 0.0230           |             |                  |
| 7.1997      | -0.0292          | 16.7996     | 0.0229           |             |                  |
| 7.3995      | -0.0322          | 16.9992     | 0.0218           |             |                  |
| 7.6017      | -0.0338          | 17.1987     | 0.0209           |             |                  |
| 7.7988      | -0.0347          | 17.3979     | 0.0204           |             |                  |
| 7.9994      | -0.0352          | 17.6011     | 0.0206           |             |                  |
| 8.1996      | -0.0353          | 17.7993     | 0.0209           |             |                  |
| 8.3991      | -0.0351          | 17.9988     | 0.0213           |             |                  |
| 8.6008      | -0.0345          | 18.1996     | 0.0220           |             |                  |
| 8.7992      | -0.0339          | 18.4007     | 0.0235           |             |                  |
| 9.0011      | -0.0336          | 18.5991     | 0.0251           |             |                  |
| 9.2005      | -0.0329          | 18.8018     | 0.0262           |             |                  |
| 9.3992      | -0.0313          | 18.9997     | 0.0271           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.56:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO2PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6010      | -0.0038          | 19.2013     | -0.0001          |
| 0.1988      | 0.0049           | 9.8012      | -0.0039          | 19.4005     | 0.0007           |
| 0.4041      | 0.0001           | 9.9992      | -0.0039          | 19.6007     | 0.0013           |
| 0.6022      | 0.0006           | 10.2000     | -0.0037          | 19.6829     | 0.0016           |
| 0.8002      | 0.0011           | 10.4013     | -0.0036          |             |                  |
| 0.9994      | 0.0015           | 10.5991     | -0.0036          |             |                  |
| 1.2001      | 0.0018           | 10.7998     | -0.0037          |             |                  |
| 1.4017      | 0.0019           | 11.0009     | -0.0039          |             |                  |
| 1.5995      | 0.0020           | 11.2010     | -0.0040          |             |                  |
| 1.8017      | 0.0019           | 11.4009     | -0.0041          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0016           | 11.5991     | -0.0044          |             |                  |
| 2.1989      | 0.0013           | 11.7987     | -0.0050          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0008           | 12.0009     | -0.0057          |             |                  |
| 2.5985      | 0.0003           | 12.1984     | -0.0063          |             |                  |
| 2.7993      | -0.0003          | 12.4024     | -0.0069          |             |                  |
| 2.9990      | -0.0008          | 12.5985     | -0.0072          |             |                  |
| 3.2001      | -0.0012          | 12.8001     | -0.0074          |             |                  |
| 3.3994      | -0.0014          | 12.9998     | -0.0077          |             |                  |
| 3.6009      | -0.0014          | 13.1997     | -0.0080          |             |                  |
| 3.8007      | -0.0013          | 13.4023     | -0.0084          |             |                  |
| 4.0016      | -0.0013          | 13.5972     | -0.0086          |             |                  |
| 4.1987      | -0.0014          | 13.8003     | -0.0085          |             |                  |
| 4.4003      | -0.0013          | 14.0017     | -0.0081          |             |                  |
| 4.5985      | -0.0012          | 14.2009     | -0.0077          |             |                  |
| 4.8002      | -0.0008          | 14.4014     | -0.0074          |             |                  |
| 4.9995      | -0.0005          | 14.5989     | -0.0073          |             |                  |
| 5.2016      | -0.0005          | 14.8000     | -0.0070          |             |                  |
| 5.4003      | -0.0006          | 15.0025     | -0.0066          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0006          | 15.2022     | -0.0060          |             |                  |
| 5.7984      | -0.0003          | 15.3992     | -0.0054          |             |                  |
| 6.0013      | 0.0002           | 15.6013     | -0.0049          |             |                  |
| 6.1993      | 0.0009           | 15.8013     | -0.0044          |             |                  |
| 6.4017      | 0.0014           | 15.9995     | -0.0039          |             |                  |
| 6.5994      | 0.0015           | 16.2004     | -0.0036          |             |                  |
| 6.7990      | 0.0013           | 16.3993     | -0.0034          |             |                  |
| 7.0013      | 0.0011           | 16.6000     | -0.0033          |             |                  |
| 7.1997      | 0.0009           | 16.7996     | -0.0031          |             |                  |
| 7.3995      | 0.0006           | 16.9992     | -0.0029          |             |                  |
| 7.6017      | 0.0001           | 17.1987     | -0.0027          |             |                  |
| 7.7988      | -0.0006          | 17.3979     | -0.0027          |             |                  |
| 7.9994      | -0.0015          | 17.6011     | -0.0029          |             |                  |
| 8.1996      | -0.0023          | 17.7993     | -0.0033          |             |                  |
| 8.3991      | -0.0028          | 17.9988     | -0.0036          |             |                  |
| 8.6008      | -0.0030          | 18.1996     | -0.0036          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0032          | 18.4007     | -0.0034          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0033          | 18.5991     | -0.0029          |             |                  |
| 9.2005      | -0.0035          | 18.8018     | -0.0021          |             |                  |
| 9.3992      | -0.0037          | 18.9997     | -0.0010          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.57:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO3PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6010      | -0.0663          | 19.2013     | -0.1469          |
| 0.1988      | 0.0119           | 9.8012      | -0.0459          | 19.4005     | -0.1399          |
| 0.4041      | 0.0146           | 9.9992      | -0.0531          | 19.6007     | -0.1539          |
| 0.6022      | 0.0235           | 10.2000     | -0.0675          | 19.6829     | -0.1595          |
| 0.8002      | 0.0299           | 10.4013     | -0.0707          |             |                  |
| 0.9994      | 0.0381           | 10.5991     | -0.0825          |             |                  |
| 1.2001      | 0.0460           | 10.7998     | -0.0781          |             |                  |
| 1.4017      | 0.0507           | 11.0009     | -0.0443          |             |                  |
| 1.5995      | 0.0531           | 11.2010     | -0.0116          |             |                  |
| 1.8017      | 0.0543           | 11.4009     | -0.0376          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0522           | 11.5991     | -0.1131          |             |                  |
| 2.1989      | 0.0450           | 11.7987     | -0.1453          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0338           | 12.0009     | -0.1141          |             |                  |
| 2.5985      | 0.0200           | 12.1984     | -0.0855          |             |                  |
| 2.7993      | 0.0041           | 12.4024     | -0.0856          |             |                  |
| 2.9990      | -0.0108          | 12.5985     | -0.1106          |             |                  |
| 3.2001      | -0.0168          | 12.8001     | -0.1573          |             |                  |
| 3.3994      | -0.0099          | 12.9998     | -0.1710          |             |                  |
| 3.6009      | 0.0011           | 13.1997     | -0.1487          |             |                  |
| 3.8007      | 0.0018           | 13.4023     | -0.1343          |             |                  |
| 4.0016      | -0.0108          | 13.5972     | -0.1469          |             |                  |
| 4.1987      | -0.0268          | 13.8003     | -0.1646          |             |                  |
| 4.4003      | -0.0398          | 14.0017     | -0.1607          |             |                  |
| 4.5985      | -0.0189          | 14.2009     | -0.1424          |             |                  |
| 4.8002      | 0.0107           | 14.4014     | -0.1352          |             |                  |
| 4.9995      | 0.0128           | 14.5989     | -0.1412          |             |                  |
| 5.2016      | -0.0044          | 14.8000     | -0.1443          |             |                  |
| 5.4003      | -0.0423          | 15.0025     | -0.1372          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0632          | 15.2022     | -0.1441          |             |                  |
| 5.7984      | -0.0423          | 15.3992     | -0.1516          |             |                  |
| 6.0013      | 0.0036           | 15.6013     | -0.1492          |             |                  |
| 6.1993      | 0.0287           | 15.8013     | -0.1352          |             |                  |
| 6.4017      | 0.0152           | 15.9995     | -0.1072          |             |                  |
| 6.5994      | -0.0040          | 16.2004     | -0.0843          |             |                  |
| 6.7990      | -0.0160          | 16.3993     | -0.0946          |             |                  |
| 7.0013      | -0.0144          | 16.6000     | -0.1383          |             |                  |
| 7.1997      | 0.0079           | 16.7996     | -0.1660          |             |                  |
| 7.3995      | 0.0324           | 16.9992     | -0.1448          |             |                  |
| 7.6017      | 0.0126           | 17.1987     | -0.1026          |             |                  |
| 7.7988      | -0.0443          | 17.3979     | -0.0875          |             |                  |
| 7.9994      | -0.0899          | 17.6011     | -0.1195          |             |                  |
| 8.1996      | -0.0872          | 17.7993     | -0.1811          |             |                  |
| 8.3991      | -0.0457          | 17.9988     | -0.2128          |             |                  |
| 8.6008      | -0.0272          | 18.1996     | -0.2167          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0564          | 18.4007     | -0.2012          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0911          | 18.5991     | -0.1804          |             |                  |
| 9.2005      | -0.0954          | 18.8018     | -0.1822          |             |                  |
| 9.3992      | -0.0876          | 18.9997     | -0.1731          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.58:** Modelo 8 (PARED INCLINADA 4) PUNTO4PI4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6010      | 0.0382           | 19.2013     | -0.0699          |
| 0.1988      | 0.0028           | 9.8012      | 0.0468           | 19.4005     | -0.0646          |
| 0.4041      | 0.0026           | 9.9992      | 0.0163           | 19.6007     | -0.0241          |
| 0.6022      | 0.0037           | 10.2000     | -0.0385          | 19.6829     | -0.0051          |
| 0.8002      | 0.0083           | 10.4013     | -0.0666          |             |                  |
| 0.9994      | 0.0082           | 10.5991     | -0.0389          |             |                  |
| 1.2001      | 0.0048           | 10.7998     | 0.0312           |             |                  |
| 1.4017      | 0.0134           | 11.0009     | 0.0699           |             |                  |
| 1.5995      | 0.0123           | 11.2010     | 0.0379           |             |                  |
| 1.8017      | 0.0131           | 11.4009     | -0.0301          |             |                  |
| 2.0004      | 0.0106           | 11.5991     | -0.0580          |             |                  |
| 2.1989      | 0.0107           | 11.7987     | -0.0264          |             |                  |
| 2.4000      | 0.0083           | 12.0009     | 0.0334           |             |                  |
| 2.5985      | 0.0070           | 12.1984     | 0.0536           |             |                  |
| 2.7993      | 0.0069           | 12.4024     | 0.0078           |             |                  |
| 2.9990      | 0.0055           | 12.5985     | -0.0563          |             |                  |
| 3.2001      | -0.0005          | 12.8001     | -0.0669          |             |                  |
| 3.3994      | -0.0069          | 12.9998     | -0.0227          |             |                  |
| 3.6009      | -0.0088          | 13.1997     | 0.0211           |             |                  |
| 3.8007      | -0.0078          | 13.4023     | 0.0190           |             |                  |
| 4.0016      | -0.0073          | 13.5972     | -0.0148          |             |                  |
| 4.1987      | -0.0051          | 13.8003     | -0.0409          |             |                  |
| 4.4003      | 0.0012           | 14.0017     | -0.0239          |             |                  |
| 4.5985      | 0.0074           | 14.2009     | 0.0008           |             |                  |
| 4.8002      | 0.0086           | 14.4014     | -0.0165          |             |                  |
| 4.9995      | 0.0017           | 14.5989     | -0.0524          |             |                  |
| 5.2016      | -0.0105          | 14.8000     | -0.0467          |             |                  |
| 5.4003      | -0.0180          | 15.0025     | -0.0091          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0103          | 15.2022     | 0.0261           |             |                  |
| 5.7984      | 0.0073           | 15.3992     | 0.0262           |             |                  |
| 6.0013      | 0.0272           | 15.6013     | -0.0193          |             |                  |
| 6.1993      | 0.0281           | 15.8013     | -0.0538          |             |                  |
| 6.4017      | 0.0014           | 15.9995     | -0.0329          |             |                  |
| 6.5994      | -0.0270          | 16.2004     | -0.0049          |             |                  |
| 6.7990      | -0.0280          | 16.3993     | -0.0001          |             |                  |
| 7.0013      | 0.0104           | 16.6000     | -0.0057          |             |                  |
| 7.1997      | 0.0602           | 16.7996     | -0.0176          |             |                  |
| 7.3995      | 0.0647           | 16.9992     | -0.0328          |             |                  |
| 7.6017      | -0.0014          | 17.1987     | -0.0256          |             |                  |
| 7.7988      | -0.0690          | 17.3979     | -0.0159          |             |                  |
| 7.9994      | -0.0649          | 17.6011     | -0.0054          |             |                  |
| 8.1996      | 0.0055           | 17.7993     | -0.0189          |             |                  |
| 8.3991      | 0.0657           | 17.9988     | -0.0482          |             |                  |
| 8.6008      | 0.0504           | 18.1996     | -0.0555          |             |                  |
| 8.7992      | -0.0224          | 18.4007     | -0.0292          |             |                  |
| 9.0011      | -0.0689          | 18.5991     | -0.0136          |             |                  |
| 9.2005      | -0.0467          | 18.8018     | -0.0182          |             |                  |
| 9.3992      | 0.0027           | 18.9997     | -0.0518          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.59:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS1PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0000           | 9.5990      | -0.0066          | 19.1993     | 0.0062           |
| 0.1988      | 0.0426           | 9.8006      | 0.0011           | 19.4010     | 0.0251           |
| 0.3977      | 0.0112           | 10.0007     | -0.0029          | 19.6009     | 0.0369           |
| 0.5998      | 0.0228           | 10.2006     | -0.0118          | 19.8002     | 0.0338           |
| 0.7993      | 0.0375           | 10.4013     | -0.0103          | 20.0002     | 0.0271           |
| 0.9996      | 0.0524           | 10.5986     | 0.0080           |             |                  |
| 1.1998      | 0.0558           | 10.7995     | 0.0287           |             |                  |
| 1.3982      | 0.0438           | 11.0000     | 0.0300           |             |                  |
| 1.5972      | 0.0274           | 11.1994     | 0.0155           |             |                  |
| 1.7989      | 0.0229           | 11.4006     | 0.0020           |             |                  |
| 1.9989      | 0.0338           | 11.5995     | 0.0019           |             |                  |
| 2.2015      | 0.0449           | 11.8004     | 0.0142           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0290           | 12.0009     | 0.0300           |             |                  |
| 2.5999      | 0.0151           | 12.1986     | 0.0349           |             |                  |
| 2.8008      | 0.0016           | 12.4016     | 0.0279           |             |                  |
| 3.0017      | -0.0040          | 12.6013     | 0.0128           |             |                  |
| 3.1986      | 0.0052           | 12.7990     | -0.0009          |             |                  |
| 3.4006      | 0.0147           | 12.9990     | -0.0008          |             |                  |
| 3.6002      | 0.0166           | 13.2021     | 0.0047           |             |                  |
| 3.8001      | 0.0037           | 13.4009     | 0.0009           |             |                  |
| 3.9987      | -0.0094          | 13.6011     | -0.0126          |             |                  |
| 4.1997      | -0.0195          | 13.8000     | -0.0271          |             |                  |
| 4.3991      | -0.0151          | 13.9984     | -0.0253          |             |                  |
| 4.5995      | -0.0010          | 14.2008     | -0.0082          |             |                  |
| 4.7994      | 0.0136           | 14.3992     | 0.0118           |             |                  |
| 4.9991      | 0.0113           | 14.6013     | 0.0304           |             |                  |
| 5.1989      | 0.0028           | 14.8005     | 0.0298           |             |                  |
| 5.4015      | -0.0034          | 15.0001     | 0.0164           |             |                  |
| 5.6008      | -0.0031          | 15.2011     | 0.0087           |             |                  |
| 5.7992      | 0.0080           | 15.3994     | 0.0081           |             |                  |
| 5.9990      | 0.0208           | 15.5984     | 0.0091           |             |                  |
| 6.1974      | 0.0277           | 15.8002     | 0.0199           |             |                  |
| 6.3991      | 0.0156           | 15.9990     | 0.0272           |             |                  |
| 6.6007      | -0.0051          | 16.1989     | 0.0194           |             |                  |
| 6.7992      | -0.0111          | 16.3995     | 0.0038           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0074           | 16.6000     | -0.0090          |             |                  |
| 7.1992      | 0.0319           | 16.7986     | -0.0086          |             |                  |
| 7.4000      | 0.0387           | 16.9998     | 0.0068           |             |                  |
| 7.5998      | 0.0267           | 17.2005     | 0.0182           |             |                  |
| 7.8005      | 0.0160           | 17.4009     | 0.0136           |             |                  |
| 8.0011      | 0.0163           | 17.6015     | 0.0015           |             |                  |
| 8.2014      | 0.0233           | 17.7989     | -0.0075          |             |                  |
| 8.3997      | 0.0246           | 17.9999     | -0.0042          |             |                  |
| 8.5986      | 0.0152           | 18.1987     | 0.0088           |             |                  |
| 8.8014      | 0.0043           | 18.3988     | 0.0169           |             |                  |
| 8.9993      | -0.0091          | 18.5992     | 0.0130           |             |                  |
| 9.1990      | -0.0162          | 18.8008     | -0.0004          |             |                  |
| 9.3986      | -0.0113          | 18.9998     | -0.0052          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.60:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS2PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0001           | 9.5990      | 0.0003           | 19.1993     | 0.0042           |
| 0.1988      | 0.0753           | 9.8006      | 0.0087           | 19.4010     | 0.0025           |
| 0.3977      | 0.0047           | 10.0007     | 0.0080           | 19.6009     | 0.0017           |
| 0.5998      | 0.0092           | 10.2006     | -0.0022          | 19.8002     | 0.0015           |
| 0.7993      | 0.0136           | 10.4013     | -0.0092          | 20.0002     | 0.0009           |
| 0.9996      | 0.0177           | 10.5986     | -0.0048          |             |                  |
| 1.1998      | 0.0214           | 10.7995     | 0.0068           |             |                  |
| 1.3982      | 0.0240           | 11.0000     | 0.0154           |             |                  |
| 1.5972      | 0.0253           | 11.1994     | 0.0146           |             |                  |
| 1.7989      | 0.0252           | 11.4006     | 0.0092           |             |                  |
| 1.9989      | 0.0236           | 11.5995     | 0.0052           |             |                  |
| 2.2015      | 0.0200           | 11.8004     | 0.0054           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0148           | 12.0009     | 0.0082           |             |                  |
| 2.5999      | 0.0088           | 12.1986     | 0.0099           |             |                  |
| 2.8008      | 0.0030           | 12.4016     | 0.0089           |             |                  |
| 3.0017      | -0.0009          | 12.6013     | 0.0038           |             |                  |
| 3.1986      | -0.0028          | 12.7990     | -0.0031          |             |                  |
| 3.4006      | -0.0031          | 12.9990     | -0.0072          |             |                  |
| 3.6002      | -0.0034          | 13.2021     | -0.0044          |             |                  |
| 3.8001      | -0.0066          | 13.4009     | 0.0033           |             |                  |
| 3.9987      | -0.0112          | 13.6011     | 0.0076           |             |                  |
| 4.1997      | -0.0127          | 13.8000     | 0.0034           |             |                  |
| 4.3991      | -0.0087          | 13.9984     | -0.0044          |             |                  |
| 4.5995      | -0.0009          | 14.2008     | -0.0085          |             |                  |
| 4.7994      | 0.0050           | 14.3992     | -0.0050          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0043           | 14.6013     | 0.0015           |             |                  |
| 5.1989      | 0.0000           | 14.8005     | 0.0050           |             |                  |
| 5.4015      | -0.0020          | 15.0001     | 0.0063           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0016           | 15.2011     | 0.0064           |             |                  |
| 5.7992      | 0.0076           | 15.3994     | 0.0058           |             |                  |
| 5.9990      | 0.0118           | 15.5984     | 0.0067           |             |                  |
| 6.1974      | 0.0127           | 15.8002     | 0.0092           |             |                  |
| 6.3991      | 0.0109           | 15.9990     | 0.0107           |             |                  |
| 6.6007      | 0.0083           | 16.1989     | 0.0084           |             |                  |
| 6.7992      | 0.0073           | 16.3995     | 0.0031           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0098           | 16.6000     | -0.0008          |             |                  |
| 7.1992      | 0.0128           | 16.7986     | 0.0011           |             |                  |
| 7.4000      | 0.0126           | 16.9998     | 0.0064           |             |                  |
| 7.5998      | 0.0076           | 17.2005     | 0.0080           |             |                  |
| 7.8005      | 0.0008           | 17.4009     | 0.0041           |             |                  |
| 8.0011      | -0.0024          | 17.6015     | -0.0012          |             |                  |
| 8.2014      | 0.0005           | 17.7989     | -0.0034          |             |                  |
| 8.3997      | 0.0059           | 17.9999     | -0.0023          |             |                  |
| 8.5986      | 0.0077           | 18.1987     | 0.0008           |             |                  |
| 8.8014      | 0.0028           | 18.3988     | 0.0040           |             |                  |
| 8.9993      | -0.0060          | 18.5992     | 0.0051           |             |                  |
| 9.1990      | -0.0120          | 18.8008     | 0.0050           |             |                  |
| 9.3986      | -0.0090          | 18.9998     | 0.0048           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.61:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) FS3PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0469      | 0.0002           | 9.5990      | 0.0057           | 19.1993     | -0.0018          |
| 0.1988      | 0.0007           | 9.8006      | 0.0081           | 19.4010     | -0.0009          |
| 0.3977      | 0.0026           | 10.0007     | 0.0098           | 19.6009     | 0.0013           |
| 0.5998      | 0.0054           | 10.2006     | 0.0103           | 19.8002     | 0.0036           |
| 0.7993      | 0.0082           | 10.4013     | 0.0096           | 20.0002     | 0.0055           |
| 0.9996      | 0.0112           | 10.5986     | 0.0083           |             |                  |
| 1.1998      | 0.0135           | 10.7995     | 0.0080           |             |                  |
| 1.3982      | 0.0159           | 11.0000     | 0.0068           |             |                  |
| 1.5972      | 0.0173           | 11.1994     | 0.0053           |             |                  |
| 1.7989      | 0.0179           | 11.4006     | 0.0034           |             |                  |
| 1.9989      | 0.0181           | 11.5995     | 0.0015           |             |                  |
| 2.2015      | 0.0172           | 11.8004     | 0.0002           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0157           | 12.0009     | 0.0004           |             |                  |
| 2.5999      | 0.0134           | 12.1986     | 0.0012           |             |                  |
| 2.8008      | 0.0103           | 12.4016     | 0.0024           |             |                  |
| 3.0017      | 0.0069           | 12.6013     | 0.0036           |             |                  |
| 3.1986      | 0.0028           | 12.7990     | 0.0038           |             |                  |
| 3.4006      | -0.0012          | 12.9990     | 0.0039           |             |                  |
| 3.6002      | -0.0048          | 13.2021     | 0.0043           |             |                  |
| 3.8001      | -0.0080          | 13.4009     | 0.0066           |             |                  |
| 3.9987      | -0.0101          | 13.6011     | 0.0068           |             |                  |
| 4.1997      | -0.0113          | 13.8000     | 0.0060           |             |                  |
| 4.3991      | -0.0110          | 13.9984     | 0.0048           |             |                  |
| 4.5995      | -0.0094          | 14.2008     | 0.0031           |             |                  |
| 4.7994      | -0.0067          | 14.3992     | 0.0024           |             |                  |
| 4.9991      | -0.0032          | 14.6013     | 0.0021           |             |                  |
| 5.1989      | 0.0006           | 14.8005     | 0.0012           |             |                  |
| 5.4015      | 0.0051           | 15.0001     | 0.0003           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0093           | 15.2011     | -0.0003          |             |                  |
| 5.7992      | 0.0132           | 15.3994     | 0.0003           |             |                  |
| 5.9990      | 0.0162           | 15.5984     | 0.0005           |             |                  |
| 6.1974      | 0.0177           | 15.8002     | 0.0016           |             |                  |
| 6.3991      | 0.0176           | 15.9990     | 0.0035           |             |                  |
| 6.6007      | 0.0158           | 16.1989     | 0.0052           |             |                  |
| 6.7992      | 0.0140           | 16.3995     | 0.0071           |             |                  |
| 7.0011      | 0.0118           | 16.6000     | 0.0086           |             |                  |
| 7.1992      | 0.0094           | 16.7986     | 0.0089           |             |                  |
| 7.4000      | 0.0061           | 16.9998     | 0.0098           |             |                  |
| 7.5998      | 0.0016           | 17.2005     | 0.0106           |             |                  |
| 7.8005      | -0.0026          | 17.4009     | 0.0093           |             |                  |
| 8.0011      | -0.0047          | 17.6015     | 0.0069           |             |                  |
| 8.2014      | -0.0054          | 17.7989     | 0.0051           |             |                  |
| 8.3997      | -0.0052          | 17.9999     | 0.0027           |             |                  |
| 8.5986      | -0.0048          | 18.1987     | 0.0013           |             |                  |
| 8.8014      | -0.0041          | 18.3988     | -0.0007          |             |                  |
| 8.9993      | -0.0026          | 18.5992     | -0.0027          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0001          | 18.8008     | -0.0037          |             |                  |
| 9.3986      | 0.0026           | 18.9998     | -0.0028          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.62:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO1PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5990      | -0.0416          | 19.1993     | 0.0092           |
| 0.1988      | 0.0500           | 9.8006      | -0.0370          | 19.4010     | 0.0079           |
| 0.3977      | 0.0023           | 10.0007     | -0.0333          | 19.6009     | 0.0067           |
| 0.5998      | 0.0048           | 10.2006     | -0.0304          | 19.8002     | 0.0064           |
| 0.7993      | 0.0074           | 10.4013     | -0.0282          | 20.0002     | 0.0072           |
| 0.9996      | 0.0098           | 10.5986     | -0.0259          |             |                  |
| 1.1998      | 0.0117           | 10.7995     | -0.0226          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0129           | 11.0000     | -0.0191          |             |                  |
| 1.5972      | 0.0131           | 11.1994     | -0.0165          |             |                  |
| 1.7989      | 0.0124           | 11.4006     | -0.0158          |             |                  |
| 1.9989      | 0.0107           | 11.5995     | -0.0168          |             |                  |
| 2.2015      | 0.0085           | 11.8004     | -0.0186          |             |                  |
| 2.3997      | 0.0064           | 12.0009     | -0.0203          |             |                  |
| 2.5999      | 0.0048           | 12.1986     | -0.0216          |             |                  |
| 2.8008      | 0.0035           | 12.4016     | -0.0228          |             |                  |
| 3.0017      | 0.0024           | 12.6013     | -0.0242          |             |                  |
| 3.1986      | 0.0012           | 12.7990     | -0.0255          |             |                  |
| 3.4006      | -0.0002          | 12.9990     | -0.0268          |             |                  |
| 3.6002      | -0.0010          | 13.2021     | -0.0277          |             |                  |
| 3.8001      | -0.0009          | 13.4009     | -0.0273          |             |                  |
| 3.9987      | 0.0006           | 13.6011     | -0.0258          |             |                  |
| 4.1997      | 0.0027           | 13.8000     | -0.0240          |             |                  |
| 4.3991      | 0.0048           | 13.9984     | -0.0227          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0065           | 14.2008     | -0.0218          |             |                  |
| 4.7994      | 0.0083           | 14.3992     | -0.0204          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0104           | 14.6013     | -0.0173          |             |                  |
| 5.1989      | 0.0130           | 14.8005     | -0.0126          |             |                  |
| 5.4015      | 0.0157           | 15.0001     | -0.0077          |             |                  |
| 5.6008      | 0.0173           | 15.2011     | -0.0042          |             |                  |
| 5.7992      | 0.0171           | 15.3994     | -0.0028          |             |                  |
| 5.9990      | 0.0145           | 15.5984     | -0.0032          |             |                  |
| 6.1974      | 0.0095           | 15.8002     | -0.0036          |             |                  |
| 6.3991      | 0.0021           | 15.9990     | -0.0029          |             |                  |
| 6.6007      | -0.0069          | 16.1989     | -0.0009          |             |                  |
| 6.7992      | -0.0165          | 16.3995     | 0.0014           |             |                  |
| 7.0011      | -0.0263          | 16.6000     | 0.0026           |             |                  |
| 7.1992      | -0.0355          | 16.7986     | 0.0028           |             |                  |
| 7.4000      | -0.0438          | 16.9998     | 0.0027           |             |                  |
| 7.5998      | -0.0503          | 17.2005     | 0.0033           |             |                  |
| 7.8005      | -0.0547          | 17.4009     | 0.0044           |             |                  |
| 8.0011      | -0.0567          | 17.6015     | 0.0053           |             |                  |
| 8.2014      | -0.0568          | 17.7989     | 0.0054           |             |                  |
| 8.3997      | -0.0558          | 17.9999     | 0.0050           |             |                  |
| 8.5986      | -0.0544          | 18.1987     | 0.0050           |             |                  |
| 8.8014      | -0.0529          | 18.3988     | 0.0058           |             |                  |
| 8.9993      | -0.0513          | 18.5992     | 0.0075           |             |                  |
| 9.1990      | -0.0491          | 18.8008     | 0.0090           |             |                  |
| 9.3986      | -0.0456          | 18.9998     | 0.0097           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.63:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO2PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5990      | -0.0048          | 19.1993     | -0.0003          |
| 0.1988      | 0.0056           | 9.8006      | -0.0053          | 19.4010     | 0.0000           |
| 0.3977      | 0.0000           | 10.0007     | -0.0056          | 19.6009     | 0.0003           |
| 0.5998      | 0.0004           | 10.2006     | -0.0056          | 19.8002     | 0.0006           |
| 0.7993      | 0.0009           | 10.4013     | -0.0057          | 20.0002     | 0.0010           |
| 0.9996      | 0.0014           | 10.5986     | -0.0060          |             |                  |
| 1.1998      | 0.0017           | 10.7995     | -0.0063          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0020           | 11.0000     | -0.0065          |             |                  |
| 1.5972      | 0.0021           | 11.1994     | -0.0064          |             |                  |
| 1.7989      | 0.0020           | 11.4006     | -0.0062          |             |                  |
| 1.9989      | 0.0017           | 11.5995     | -0.0062          |             |                  |
| 2.2015      | 0.0014           | 11.8004     | -0.0064          |             |                  |
| 2.3997      | 0.0009           | 12.0009     | -0.0068          |             |                  |
| 2.5999      | 0.0003           | 12.1986     | -0.0071          |             |                  |
| 2.8008      | -0.0004          | 12.4016     | -0.0072          |             |                  |
| 3.0017      | -0.0009          | 12.6013     | -0.0072          |             |                  |
| 3.1986      | -0.0014          | 12.7990     | -0.0072          |             |                  |
| 3.4006      | -0.0016          | 12.9990     | -0.0071          |             |                  |
| 3.6002      | -0.0017          | 13.2021     | -0.0070          |             |                  |
| 3.8001      | -0.0017          | 13.4009     | -0.0068          |             |                  |
| 3.9987      | -0.0017          | 13.6011     | -0.0065          |             |                  |
| 4.1997      | -0.0017          | 13.8000     | -0.0063          |             |                  |
| 4.3991      | -0.0017          | 13.9984     | -0.0063          |             |                  |
| 4.5995      | -0.0014          | 14.2008     | -0.0062          |             |                  |
| 4.7994      | -0.0009          | 14.3992     | -0.0060          |             |                  |
| 4.9991      | -0.0003          | 14.6013     | -0.0057          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0001          | 14.8005     | -0.0053          |             |                  |
| 5.4015      | -0.0001          | 15.0001     | -0.0050          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0001          | 15.2011     | -0.0048          |             |                  |
| 5.7992      | 0.0000           | 15.3994     | -0.0044          |             |                  |
| 5.9990      | 0.0004           | 15.5984     | -0.0039          |             |                  |
| 6.1974      | 0.0009           | 15.8002     | -0.0035          |             |                  |
| 6.3991      | 0.0013           | 15.9990     | -0.0032          |             |                  |
| 6.6007      | 0.0013           | 16.1989     | -0.0032          |             |                  |
| 6.7992      | 0.0010           | 16.3995     | -0.0032          |             |                  |
| 7.0011      | 0.0006           | 16.6000     | -0.0032          |             |                  |
| 7.1992      | 0.0002           | 16.7986     | -0.0031          |             |                  |
| 7.4000      | 0.0000           | 16.9998     | -0.0028          |             |                  |
| 7.5998      | -0.0001          | 17.2005     | -0.0026          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0004          | 17.4009     | -0.0024          |             |                  |
| 8.0011      | -0.0009          | 17.6015     | -0.0023          |             |                  |
| 8.2014      | -0.0015          | 17.7989     | -0.0022          |             |                  |
| 8.3997      | -0.0021          | 17.9999     | -0.0020          |             |                  |
| 8.5986      | -0.0026          | 18.1987     | -0.0015          |             |                  |
| 8.8014      | -0.0029          | 18.3988     | -0.0010          |             |                  |
| 8.9993      | -0.0031          | 18.5992     | -0.0006          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0035          | 18.8008     | -0.0004          |             |                  |
| 9.3986      | -0.0041          | 18.9998     | -0.0004          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.64:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO3PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5990      | -0.0959          | 19.1993     | -0.1106          |
| 0.1988      | 0.0089           | 9.8006      | -0.0650          | 19.4010     | -0.1125          |
| 0.3977      | 0.0114           | 10.0007     | -0.0373          | 19.6009     | -0.1125          |
| 0.5998      | 0.0199           | 10.2006     | -0.0623          | 19.8002     | -0.1066          |
| 0.7993      | 0.0277           | 10.4013     | -0.1106          | 20.0002     | -0.1117          |
| 0.9996      | 0.0376           | 10.5986     | -0.1141          |             |                  |
| 1.1998      | 0.0464           | 10.7995     | -0.0794          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0515           | 11.0000     | -0.0523          |             |                  |
| 1.5972      | 0.0543           | 11.1994     | -0.0533          |             |                  |
| 1.7989      | 0.0562           | 11.4006     | -0.0526          |             |                  |
| 1.9989      | 0.0551           | 11.5995     | -0.0491          |             |                  |
| 2.2015      | 0.0483           | 11.8004     | -0.0741          |             |                  |
| 2.3997      | 0.0368           | 12.0009     | -0.1083          |             |                  |
| 2.5999      | 0.0218           | 12.1986     | -0.1025          |             |                  |
| 2.8008      | 0.0046           | 12.4016     | -0.0587          |             |                  |
| 3.0017      | -0.0112          | 12.6013     | -0.0425          |             |                  |
| 3.1986      | -0.0178          | 12.7990     | -0.0934          |             |                  |
| 3.4006      | -0.0109          | 12.9990     | -0.1556          |             |                  |
| 3.6002      | 0.0003           | 13.2021     | -0.1447          |             |                  |
| 3.8001      | 0.0005           | 13.4009     | -0.0858          |             |                  |
| 3.9987      | -0.0154          | 13.6011     | -0.0435          |             |                  |
| 4.1997      | -0.0355          | 13.8000     | -0.0575          |             |                  |
| 4.3991      | -0.0414          | 13.9984     | -0.1153          |             |                  |
| 4.5995      | -0.0213          | 14.2008     | -0.1550          |             |                  |
| 4.7994      | 0.0127           | 14.3992     | -0.1436          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0305           | 14.6013     | -0.0963          |             |                  |
| 5.1989      | 0.0140           | 14.8005     | -0.0625          |             |                  |
| 5.4015      | -0.0206          | 15.0001     | -0.0738          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0471          | 15.2011     | -0.0990          |             |                  |
| 5.7992      | -0.0343          | 15.3994     | -0.1097          |             |                  |
| 5.9990      | -0.0009          | 15.5984     | -0.1060          |             |                  |
| 6.1974      | 0.0193           | 15.8002     | -0.0827          |             |                  |
| 6.3991      | 0.0109           | 15.9990     | -0.0539          |             |                  |
| 6.6007      | -0.0049          | 16.1989     | -0.0601          |             |                  |
| 6.7992      | -0.0268          | 16.3995     | -0.1066          |             |                  |
| 7.0011      | -0.0403          | 16.6000     | -0.1432          |             |                  |
| 7.1992      | -0.0334          | 16.7986     | -0.1281          |             |                  |
| 7.4000      | -0.0165          | 16.9998     | -0.0878          |             |                  |
| 7.5998      | -0.0126          | 17.2005     | -0.0717          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0333          | 17.4009     | -0.0911          |             |                  |
| 8.0011      | -0.0681          | 17.6015     | -0.1210          |             |                  |
| 8.2014      | -0.0789          | 17.7989     | -0.1304          |             |                  |
| 8.3997      | -0.0563          | 17.9999     | -0.1232          |             |                  |
| 8.5986      | -0.0344          | 18.1987     | -0.1162          |             |                  |
| 8.8014      | -0.0427          | 18.3988     | -0.0980          |             |                  |
| 8.9993      | -0.0648          | 18.5992     | -0.0802          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0853          | 18.8008     | -0.0899          |             |                  |
| 9.3986      | -0.1015          | 18.9998     | -0.1062          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.65:** Modelo 9 (PARED INCLINADA 5) PUNTO4PI5

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5990      | 0.0062           | 19.1993     | -0.0155          |
| 0.1988      | 0.0026           | 9.8006      | 0.0197           | 19.4010     | 0.0038           |
| 0.3977      | 0.0024           | 10.0007     | 0.0233           | 19.6009     | -0.0068          |
| 0.5998      | 0.0033           | 10.2006     | -0.0064          | 19.8002     | -0.0234          |
| 0.7993      | 0.0078           | 10.4013     | -0.0397          | 20.0002     | -0.0269          |
| 0.9996      | 0.0081           | 10.5986     | -0.0408          |             |                  |
| 1.1998      | 0.0052           | 10.7995     | -0.0028          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0134           | 11.0000     | 0.0345           |             |                  |
| 1.5972      | 0.0124           | 11.1994     | 0.0357           |             |                  |
| 1.7989      | 0.0130           | 11.4006     | 0.0079           |             |                  |
| 1.9989      | 0.0114           | 11.5995     | -0.0238          |             |                  |
| 2.2015      | 0.0122           | 11.8004     | -0.0378          |             |                  |
| 2.3997      | 0.0100           | 12.0009     | -0.0320          |             |                  |
| 2.5999      | 0.0074           | 12.1986     | 0.0011           |             |                  |
| 2.8008      | 0.0061           | 12.4016     | 0.0344           |             |                  |
| 3.0017      | 0.0041           | 12.6013     | 0.0242           |             |                  |
| 3.1986      | -0.0016          | 12.7990     | -0.0195          |             |                  |
| 3.4006      | -0.0077          | 12.9990     | -0.0526          |             |                  |
| 3.6002      | -0.0095          | 13.2021     | -0.0398          |             |                  |
| 3.8001      | -0.0084          | 13.4009     | 0.0009           |             |                  |
| 3.9987      | -0.0075          | 13.6011     | 0.0261           |             |                  |
| 4.1997      | -0.0051          | 13.8000     | 0.0161           |             |                  |
| 4.3991      | 0.0010           | 13.9984     | -0.0223          |             |                  |
| 4.5995      | 0.0076           | 14.2008     | -0.0449          |             |                  |
| 4.7994      | 0.0092           | 14.3992     | -0.0313          |             |                  |
| 4.9991      | 0.0012           | 14.6013     | 0.0072           |             |                  |
| 5.1989      | -0.0117          | 14.8005     | 0.0302           |             |                  |
| 5.4015      | -0.0186          | 15.0001     | -0.0061          |             |                  |
| 5.6008      | -0.0111          | 15.2011     | -0.0559          |             |                  |
| 5.7992      | 0.0115           | 15.3994     | -0.0562          |             |                  |
| 5.9990      | 0.0353           | 15.5984     | -0.0071          |             |                  |
| 6.1974      | 0.0374           | 15.8002     | 0.0249           |             |                  |
| 6.3991      | 0.0052           | 15.9990     | 0.0046           |             |                  |
| 6.6007      | -0.0350          | 16.1989     | -0.0255          |             |                  |
| 6.7992      | -0.0416          | 16.3995     | -0.0275          |             |                  |
| 7.0011      | -0.0008          | 16.6000     | -0.0104          |             |                  |
| 7.1992      | 0.0555           | 16.7986     | -0.0005          |             |                  |
| 7.4000      | 0.0686           | 16.9998     | -0.0027          |             |                  |
| 7.5998      | 0.0088           | 17.2005     | -0.0159          |             |                  |
| 7.8005      | -0.0657          | 17.4009     | -0.0299          |             |                  |
| 8.0011      | -0.0723          | 17.6015     | -0.0461          |             |                  |
| 8.2014      | -0.0099          | 17.7989     | -0.0396          |             |                  |
| 8.3997      | 0.0510           | 17.9999     | -0.0096          |             |                  |
| 8.5986      | 0.0489           | 18.1987     | 0.0237           |             |                  |
| 8.8014      | -0.0063          | 18.3988     | 0.0225           |             |                  |
| 8.9993      | -0.0434          | 18.5992     | -0.0244          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0293          | 18.8008     | -0.0620          |             |                  |
| 9.3986      | -0.0042          | 18.9998     | -0.0533          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.66:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS1PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0449      | 0.0000           | 9.6004      | 0.0388           |
| 0.2003      | 0.0371           | 9.8016      | 0.0239           |
| 0.4010      | 0.0090           | 9.9988      | -0.0073          |
| 0.5981      | 0.0187           | 10.2020     | -0.0279          |
| 0.8012      | 0.0317           | 10.3999     | -0.0245          |
| 0.9981      | 0.0446           | 10.6013     | -0.0038          |
| 1.2007      | 0.0468           | 10.8018     | -0.0007          |
| 1.4021      | 0.0341           | 10.9994     | -0.0056          |
| 1.6004      | 0.0190           | 11.1984     | -0.0110          |
| 1.7989      | 0.0186           | 11.4004     | -0.0059          |
| 1.9998      | 0.0393           | 11.5995     | 0.0056           |
| 2.2003      | 0.0489           | 11.8000     | 0.0166           |
| 2.3989      | 0.0240           | 11.9990     | 0.0258           |
| 2.6007      | 0.0027           | 12.1996     | 0.0168           |
| 2.7988      | 0.0058           | 12.4010     | -0.0008          |
| 3.0013      | 0.0343           | 12.5983     | -0.0132          |
| 3.2004      | 0.0530           | 12.8006     | -0.0155          |
| 3.4015      | 0.0484           | 12.9987     | 0.0028           |
| 3.6017      | 0.0308           | 13.1976     | 0.0335           |
| 3.7980      | -0.0031          | 13.3984     | 0.0493           |
| 4.0018      | -0.0286          | 13.6001     | 0.0374           |
| 4.1999      | -0.0316          | 13.7992     | 0.0104           |
| 4.4008      | -0.0168          | 13.9992     | 0.0040           |
| 4.5992      | 0.0016           | 14.2010     | 0.0304           |
| 4.7987      | 0.0026           | 14.2989     | 0.0485           |
| 5.0006      | -0.0219          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0321          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0107          |             |                  |
| 5.6016      | 0.0298           |             |                  |
| 5.8020      | 0.0395           |             |                  |
| 5.9987      | 0.0100           |             |                  |
| 6.1988      | -0.0267          |             |                  |
| 6.4007      | -0.0426          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0146          |             |                  |
| 6.8014      | 0.0305           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0465           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0388           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0312           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0306           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0367           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0435           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0407           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0254           |             |                  |
| 8.6010      | -0.0040          |             |                  |
| 8.7998      | -0.0280          |             |                  |
| 8.9995      | -0.0184          |             |                  |
| 9.1990      | 0.0054           |             |                  |
| 9.3993      | 0.0272           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.67:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS2PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0449      | 0.0001           | 9.6004      | -0.0015          |
| 0.2003      | 0.0575           | 9.8016      | -0.0044          |
| 0.4010      | 0.0033           | 9.9988      | -0.0068          |
| 0.5981      | 0.0070           | 10.2020     | -0.0086          |
| 0.8012      | 0.0104           | 10.3999     | -0.0101          |
| 0.9981      | 0.0136           | 10.6013     | -0.0110          |
| 1.2007      | 0.0168           | 10.8018     | -0.0115          |
| 1.4021      | 0.0195           | 10.9994     | -0.0114          |
| 1.6004      | 0.0217           | 11.1984     | -0.0106          |
| 1.7989      | 0.0234           | 11.4004     | -0.0080          |
| 1.9998      | 0.0247           | 11.5995     | -0.0047          |
| 2.2003      | 0.0248           | 11.8000     | -0.0010          |
| 2.3989      | 0.0235           | 11.9990     | 0.0029           |
| 2.6007      | 0.0214           | 12.1996     | 0.0072           |
| 2.7988      | 0.0188           | 12.4010     | 0.0103           |
| 3.0013      | 0.0155           | 12.5983     | 0.0126           |
| 3.2004      | 0.0116           | 12.8006     | 0.0145           |
| 3.4015      | 0.0076           | 12.9987     | 0.0157           |
| 3.6017      | 0.0043           | 13.1976     | 0.0164           |
| 3.7980      | 0.0010           | 13.3984     | 0.0160           |
| 4.0018      | -0.0025          | 13.6001     | 0.0150           |
| 4.1999      | -0.0052          | 13.7992     | 0.0138           |
| 4.4008      | -0.0074          | 13.9992     | 0.0127           |
| 4.5992      | -0.0094          | 14.2010     | 0.0109           |
| 4.7987      | -0.0110          | 14.2989     | 0.0102           |
| 5.0006      | -0.0113          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0108          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0104          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0090          |             |                  |
| 5.8020      | -0.0070          |             |                  |
| 5.9987      | -0.0046          |             |                  |
| 6.1988      | -0.0018          |             |                  |
| 6.4007      | 0.0013           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0056           |             |                  |
| 6.8014      | 0.0088           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0119           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0148           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0173           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0185           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0193           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0199           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0196           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0184           |             |                  |
| 8.6010      | 0.0163           |             |                  |
| 8.7998      | 0.0134           |             |                  |
| 8.9995      | 0.0101           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0057           |             |                  |
| 9.3993      | 0.0017           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.68:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) FS3PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0449      | 0.0002           | 9.6004      | 0.0039           |
| 0.2003      | 0.0004           | 9.8016      | 0.0015           |
| 0.4010      | 0.0023           | 9.9988      | -0.0009          |
| 0.5981      | 0.0047           | 10.2020     | -0.0028          |
| 0.8012      | 0.0072           | 10.3999     | -0.0045          |
| 0.9981      | 0.0099           | 10.6013     | -0.0059          |
| 1.2007      | 0.0118           | 10.8018     | -0.0064          |
| 1.4021      | 0.0138           | 10.9994     | -0.0064          |
| 1.6004      | 0.0147           | 11.1984     | -0.0058          |
| 1.7989      | 0.0152           | 11.4004     | -0.0049          |
| 1.9998      | 0.0151           | 11.5995     | -0.0032          |
| 2.2003      | 0.0144           | 11.8000     | -0.0009          |
| 2.3989      | 0.0133           | 11.9990     | 0.0013           |
| 2.6007      | 0.0116           | 12.1996     | 0.0037           |
| 2.7988      | 0.0099           | 12.4010     | 0.0070           |
| 3.0013      | 0.0081           | 12.5983     | 0.0093           |
| 3.2004      | 0.0060           | 12.8006     | 0.0114           |
| 3.4015      | 0.0043           | 12.9987     | 0.0131           |
| 3.6017      | 0.0026           | 13.1976     | 0.0141           |
| 3.7980      | 0.0013           | 13.3984     | 0.0144           |
| 4.0018      | 0.0002           | 13.6001     | 0.0139           |
| 4.1999      | -0.0010          | 13.7992     | 0.0126           |
| 4.4008      | -0.0016          | 13.9992     | 0.0111           |
| 4.5992      | -0.0022          | 14.2010     | 0.0089           |
| 4.7987      | -0.0026          | 14.2989     | 0.0078           |
| 5.0006      | -0.0026          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0029          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0021          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0015          |             |                  |
| 5.8020      | -0.0007          |             |                  |
| 5.9987      | 0.0003           |             |                  |
| 6.1988      | 0.0011           |             |                  |
| 6.4007      | 0.0027           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0035           |             |                  |
| 6.8014      | 0.0048           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0059           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0070           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0082           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0092           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0103           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0112           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0119           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0121           |             |                  |
| 8.6010      | 0.0119           |             |                  |
| 8.7998      | 0.0113           |             |                  |
| 8.9995      | 0.0100           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0083           |             |                  |
| 9.3993      | 0.0062           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.69:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO1PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6004      | -0.0135          |
| 0.2003      | 0.0152           | 9.8016      | -0.0138          |
| 0.4010      | -0.0002          | 9.9988      | -0.0137          |
| 0.5981      | 0.0006           | 10.2020     | -0.0134          |
| 0.8012      | 0.0015           | 10.3999     | -0.0130          |
| 0.9981      | 0.0023           | 10.6013     | -0.0124          |
| 1.2007      | 0.0030           | 10.8018     | -0.0116          |
| 1.4021      | 0.0036           | 10.9994     | -0.0107          |
| 1.6004      | 0.0039           | 11.1984     | -0.0097          |
| 1.7989      | 0.0040           | 11.4004     | -0.0085          |
| 1.9998      | 0.0038           | 11.5995     | -0.0072          |
| 2.2003      | 0.0033           | 11.8000     | -0.0059          |
| 2.3989      | 0.0026           | 11.9990     | -0.0046          |
| 2.6007      | 0.0017           | 12.1996     | -0.0034          |
| 2.7988      | 0.0006           | 12.4010     | -0.0025          |
| 3.0013      | -0.0004          | 12.5983     | -0.0019          |
| 3.2004      | -0.0015          | 12.8006     | -0.0015          |
| 3.4015      | -0.0023          | 12.9987     | -0.0015          |
| 3.6017      | -0.0031          | 13.1976     | -0.0016          |
| 3.7980      | -0.0037          | 13.3984     | -0.0019          |
| 4.0018      | -0.0043          | 13.6001     | -0.0023          |
| 4.1999      | -0.0048          | 13.7992     | -0.0028          |
| 4.4008      | -0.0052          | 13.9992     | -0.0032          |
| 4.5992      | -0.0056          | 14.2010     | -0.0036          |
| 4.7987      | -0.0057          | 14.2989     | -0.0038          |
| 5.0006      | -0.0057          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0055          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0050          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0043          |             |                  |
| 5.8020      | -0.0033          |             |                  |
| 5.9987      | -0.0022          |             |                  |
| 6.1988      | -0.0010          |             |                  |
| 6.4007      | 0.0002           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0012           |             |                  |
| 6.8014      | 0.0017           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0018           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0014           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0005           |             |                  |
| 7.6006      | -0.0007          |             |                  |
| 7.7997      | -0.0020          |             |                  |
| 7.9983      | -0.0035          |             |                  |
| 8.1986      | -0.0050          |             |                  |
| 8.3978      | -0.0064          |             |                  |
| 8.6010      | -0.0079          |             |                  |
| 8.7998      | -0.0094          |             |                  |
| 8.9995      | -0.0107          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0120          |             |                  |
| 9.3993      | -0.0129          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.70:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO2PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6004      | -0.0014          |
| 0.2003      | 0.0034           | 9.8016      | -0.0018          |
| 0.4010      | 0.0000           | 9.9988      | -0.0021          |
| 0.5981      | 0.0004           | 10.2020     | -0.0023          |
| 0.8012      | 0.0008           | 10.3999     | -0.0025          |
| 0.9981      | 0.0011           | 10.6013     | -0.0027          |
| 1.2007      | 0.0014           | 10.8018     | -0.0028          |
| 1.4021      | 0.0016           | 10.9994     | -0.0028          |
| 1.6004      | 0.0018           | 11.1984     | -0.0027          |
| 1.7989      | 0.0019           | 11.4004     | -0.0025          |
| 1.9998      | 0.0019           | 11.5995     | -0.0023          |
| 2.2003      | 0.0019           | 11.8000     | -0.0019          |
| 2.3989      | 0.0017           | 11.9990     | -0.0016          |
| 2.6007      | 0.0015           | 12.1996     | -0.0012          |
| 2.7988      | 0.0012           | 12.4010     | -0.0009          |
| 3.0013      | 0.0008           | 12.5983     | -0.0008          |
| 3.2004      | 0.0004           | 12.8006     | -0.0006          |
| 3.4015      | 0.0000           | 12.9987     | -0.0006          |
| 3.6017      | -0.0004          | 13.1976     | -0.0007          |
| 3.7980      | -0.0007          | 13.3984     | -0.0008          |
| 4.0018      | -0.0010          | 13.6001     | -0.0010          |
| 4.1999      | -0.0013          | 13.7992     | -0.0013          |
| 4.4008      | -0.0015          | 13.9992     | -0.0015          |
| 4.5992      | -0.0016          | 14.2010     | -0.0017          |
| 4.7987      | -0.0017          | 14.2989     | -0.0019          |
| 5.0006      | -0.0017          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0016          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0015          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0013          |             |                  |
| 5.8020      | -0.0011          |             |                  |
| 5.9987      | -0.0009          |             |                  |
| 6.1988      | -0.0006          |             |                  |
| 6.4007      | -0.0003          |             |                  |
| 6.6000      | 0.0001           |             |                  |
| 6.8014      | 0.0004           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0008           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0010           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0012           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0014           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0014           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0013           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0012           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0010           |             |                  |
| 8.6010      | 0.0007           |             |                  |
| 8.7998      | 0.0003           |             |                  |
| 8.9995      | -0.0001          |             |                  |
| 9.1990      | -0.0006          |             |                  |
| 9.3993      | -0.0010          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.71:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO3PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6004      | -0.0110          |
| 0.2003      | 0.0063           | 9.8016      | -0.0094          |
| 0.4010      | 0.0074           | 9.9988      | -0.0121          |
| 0.5981      | 0.0106           | 10.2020     | -0.0168          |
| 0.8012      | 0.0120           | 10.3999     | -0.0192          |
| 0.9981      | 0.0150           | 10.6013     | -0.0207          |
| 1.2007      | 0.0179           | 10.8018     | -0.0240          |
| 1.4021      | 0.0180           | 10.9994     | -0.0279          |
| 1.6004      | 0.0176           | 11.1984     | -0.0284          |
| 1.7989      | 0.0194           | 11.4004     | -0.0241          |
| 1.9998      | 0.0219           | 11.5995     | -0.0186          |
| 2.2003      | 0.0226           | 11.8000     | -0.0135          |
| 2.3989      | 0.0214           | 11.9990     | -0.0083          |
| 2.6007      | 0.0200           | 12.1996     | -0.0037          |
| 2.7988      | 0.0187           | 12.4010     | -0.0010          |
| 3.0013      | 0.0160           | 12.5983     | -0.0003          |
| 3.2004      | 0.0115           | 12.8006     | 0.0008           |
| 3.4015      | 0.0072           | 12.9987     | 0.0010           |
| 3.6017      | 0.0029           | 13.1976     | 0.0015           |
| 3.7980      | -0.0019          | 13.3984     | 0.0003           |
| 4.0018      | -0.0058          | 13.6001     | -0.0017          |
| 4.1999      | -0.0081          | 13.7992     | -0.0054          |
| 4.4008      | -0.0119          | 13.9992     | -0.0085          |
| 4.5992      | -0.0135          | 14.2010     | -0.0109          |
| 4.7987      | -0.0089          | 14.2989     | -0.0111          |
| 5.0006      | -0.0088          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0080          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0032          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0038          |             |                  |
| 5.8020      | -0.0044          |             |                  |
| 5.9987      | -0.0071          |             |                  |
| 6.1988      | -0.0051          |             |                  |
| 6.4007      | -0.0028          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0013          |             |                  |
| 6.8014      | 0.0058           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0123           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0158           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0164           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0198           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0185           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0170           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0164           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0120           |             |                  |
| 8.6010      | 0.0060           |             |                  |
| 8.7998      | 0.0035           |             |                  |
| 8.9995      | 0.0004           |             |                  |
| 9.1990      | -0.0028          |             |                  |
| 9.3993      | -0.0080          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.72:** Modelo 10 (PARED INCLINADA 6) PUNTO4PI6

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.6004      | 0.0030           |
| 0.2003      | 0.0024           | 9.8016      | 0.0002           |
| 0.4010      | 0.0020           | 9.9988      | -0.0013          |
| 0.5981      | 0.0024           | 10.2020     | -0.0014          |
| 0.8012      | 0.0066           | 10.3999     | -0.0037          |
| 0.9981      | 0.0066           | 10.6013     | -0.0060          |
| 1.2007      | 0.0031           | 10.8018     | -0.0054          |
| 1.4021      | 0.0105           | 10.9994     | -0.0041          |
| 1.6004      | 0.0084           | 11.1984     | -0.0052          |
| 1.7989      | 0.0076           | 11.4004     | -0.0054          |
| 1.9998      | 0.0056           | 11.5995     | -0.0033          |
| 2.2003      | 0.0069           | 11.8000     | -0.0014          |
| 2.3989      | 0.0069           | 11.9990     | -0.0003          |
| 2.6007      | 0.0066           | 12.1996     | 0.0015           |
| 2.7988      | 0.0076           | 12.4010     | 0.0048           |
| 3.0013      | 0.0085           | 12.5983     | 0.0072           |
| 3.2004      | 0.0058           | 12.8006     | 0.0053           |
| 3.4015      | 0.0019           | 12.9987     | 0.0046           |
| 3.6017      | 0.0006           | 13.1976     | 0.0084           |
| 3.7980      | 0.0001           | 13.3984     | 0.0069           |
| 4.0018      | -0.0026          | 13.6001     | 0.0028           |
| 4.1999      | -0.0045          | 13.7992     | 0.0013           |
| 4.4008      | -0.0034          | 13.9992     | 0.0018           |
| 4.5992      | -0.0009          | 14.2010     | 0.0045           |
| 4.7987      | -0.0008          | 14.2989     | 0.0048           |
| 5.0006      | -0.0026          |             |                  |
| 5.1989      | -0.0028          |             |                  |
| 5.3994      | -0.0004          |             |                  |
| 5.6016      | 0.0009           |             |                  |
| 5.8020      | -0.0001          |             |                  |
| 5.9987      | -0.0021          |             |                  |
| 6.1988      | -0.0017          |             |                  |
| 6.4007      | 0.0002           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0012           |             |                  |
| 6.8014      | 0.0008           |             |                  |
| 7.0009      | 0.0021           |             |                  |
| 7.1999      | 0.0052           |             |                  |
| 7.3988      | 0.0074           |             |                  |
| 7.6006      | 0.0067           |             |                  |
| 7.7997      | 0.0083           |             |                  |
| 7.9983      | 0.0101           |             |                  |
| 8.1986      | 0.0089           |             |                  |
| 8.3978      | 0.0050           |             |                  |
| 8.6010      | 0.0024           |             |                  |
| 8.7998      | 0.0023           |             |                  |
| 8.9995      | 0.0026           |             |                  |
| 9.1990      | 0.0027           |             |                  |
| 9.3993      | 0.0034           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.73:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS1PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0428      | 0.0001           | 9.5998      | 0.0157           | 19.2002     | 0.0171           |
| 0.2008      | 0.0365           | 9.8020      | 0.0117           | 19.3993     | 0.0140           |
| 0.4003      | 0.0095           | 10.0006     | 0.0040           | 19.5989     | 0.0140           |
| 0.5999      | 0.0193           | 10.1991     | 0.0043           | 19.7991     | 0.0126           |
| 0.7988      | 0.0319           | 10.3992     | 0.0097           | 20.0011     | 0.0046           |
| 0.9991      | 0.0449           | 10.5992     | 0.0068           |             |                  |
| 1.1991      | 0.0469           | 10.7992     | -0.0052          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0341           | 10.9987     | -0.0133          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0184           | 11.2002     | -0.0048          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0171           | 11.3997     | -0.0028          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0330           | 11.5999     | -0.0032          |             |                  |
| 2.2014      | 0.0454           | 11.8007     | -0.0032          |             |                  |
| 2.4014      | 0.0236           | 11.9982     | -0.0030          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0055           | 12.2003     | -0.0053          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0067           | 12.4005     | -0.0041          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0305           | 12.6014     | -0.0069          |             |                  |
| 3.1981      | 0.0561           | 12.7997     | -0.0063          |             |                  |
| 3.4007      | 0.0510           | 13.0024     | 0.0073           |             |                  |
| 3.6006      | 0.0336           | 13.1991     | 0.0214           |             |                  |
| 3.7994      | 0.0072           | 13.3983     | 0.0316           |             |                  |
| 3.9979      | -0.0174          | 13.6013     | 0.0274           |             |                  |
| 4.1992      | -0.0275          | 13.7998     | 0.0108           |             |                  |
| 4.3987      | -0.0237          | 13.9994     | 0.0028           |             |                  |
| 4.6018      | -0.0089          | 14.1997     | 0.0148           |             |                  |
| 4.8004      | -0.0004          | 14.4003     | 0.0353           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0159          | 14.5991     | 0.0368           |             |                  |
| 5.2002      | -0.0270          | 14.7985     | 0.0179           |             |                  |
| 5.3981      | -0.0076          | 15.0018     | 0.0012           |             |                  |
| 5.6016      | 0.0230           | 15.2012     | -0.0039          |             |                  |
| 5.7981      | 0.0380           | 15.4001     | 0.0095           |             |                  |
| 6.0004      | 0.0203           | 15.6017     | 0.0270           |             |                  |
| 6.2014      | -0.0181          | 15.8008     | 0.0281           |             |                  |
| 6.4011      | -0.0438          | 16.0013     | 0.0118           |             |                  |
| 6.6000      | -0.0241          | 16.1986     | -0.0078          |             |                  |
| 6.8001      | 0.0161           | 16.4011     | -0.0108          |             |                  |
| 7.0013      | 0.0338           | 16.6014     | -0.0014          |             |                  |
| 7.1976      | 0.0252           | 16.8015     | 0.0064           |             |                  |
| 7.3990      | 0.0095           | 17.0009     | 0.0113           |             |                  |
| 7.5992      | 0.0108           | 17.2004     | 0.0060           |             |                  |
| 7.8011      | 0.0357           | 17.3985     | -0.0039          |             |                  |
| 8.0005      | 0.0571           | 17.6009     | -0.0055          |             |                  |
| 8.1992      | 0.0520           | 17.7983     | -0.0021          |             |                  |
| 8.3988      | 0.0276           | 17.9989     | -0.0001          |             |                  |
| 8.6006      | 0.0071           | 18.2000     | 0.0005           |             |                  |
| 8.8012      | -0.0005          | 18.3987     | -0.0046          |             |                  |
| 8.9988      | -0.0010          | 18.5989     | -0.0009          |             |                  |
| 9.1983      | 0.0083           | 18.8001     | 0.0123           |             |                  |
| 9.4023      | 0.0162           | 19.0014     | 0.0199           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.74:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS2PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0428      | 0.0001           | 9.5998      | 0.0070           | 19.2002     | 0.0071           |
| 0.2008      | 0.0546           | 9.8020      | 0.0031           | 19.3993     | 0.0082           |
| 0.4003      | 0.0021           | 10.0006     | -0.0004          | 19.5989     | 0.0093           |
| 0.5999      | 0.0071           | 10.1991     | -0.0032          | 19.7991     | 0.0103           |
| 0.7988      | 0.0098           | 10.3992     | -0.0061          | 20.0011     | 0.0108           |
| 0.9991      | 0.0132           | 10.5992     | -0.0087          |             |                  |
| 1.1991      | 0.0164           | 10.7992     | -0.0102          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0192           | 10.9987     | -0.0106          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0222           | 11.2002     | -0.0099          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0243           | 11.3997     | -0.0094          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0247           | 11.5999     | -0.0080          |             |                  |
| 2.2014      | 0.0254           | 11.8007     | -0.0058          |             |                  |
| 2.4014      | 0.0254           | 11.9982     | -0.0034          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0230           | 12.2003     | -0.0011          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0206           | 12.4005     | 0.0014           |             |                  |
| 2.9996      | 0.0184           | 12.6014     | 0.0038           |             |                  |
| 3.1981      | 0.0139           | 12.7997     | 0.0053           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0106           | 13.0024     | 0.0065           |             |                  |
| 3.6006      | 0.0072           | 13.1991     | 0.0080           |             |                  |
| 3.7994      | 0.0032           | 13.3983     | 0.0095           |             |                  |
| 3.9979      | 0.0007           | 13.6013     | 0.0104           |             |                  |
| 4.1992      | -0.0025          | 13.7998     | 0.0111           |             |                  |
| 4.3987      | -0.0056          | 13.9994     | 0.0119           |             |                  |
| 4.6018      | -0.0078          | 14.1997     | 0.0129           |             |                  |
| 4.8004      | -0.0096          | 14.4003     | 0.0133           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0117          | 14.5991     | 0.0133           |             |                  |
| 5.2002      | -0.0122          | 14.7985     | 0.0134           |             |                  |
| 5.3981      | -0.0124          | 15.0018     | 0.0132           |             |                  |
| 5.6016      | -0.0120          | 15.2012     | 0.0120           |             |                  |
| 5.7981      | -0.0101          | 15.4001     | 0.0103           |             |                  |
| 6.0004      | -0.0081          | 15.6017     | 0.0085           |             |                  |
| 6.2014      | -0.0054          | 15.8008     | 0.0065           |             |                  |
| 6.4011      | -0.0016          | 16.0013     | 0.0038           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0010           | 16.1986     | 0.0012           |             |                  |
| 6.8001      | 0.0039           | 16.4011     | -0.0011          |             |                  |
| 7.0013      | 0.0078           | 16.6014     | -0.0033          |             |                  |
| 7.1976      | 0.0106           | 16.8015     | -0.0051          |             |                  |
| 7.3990      | 0.0129           | 17.0009     | -0.0062          |             |                  |
| 7.5992      | 0.0149           | 17.2004     | -0.0066          |             |                  |
| 7.8011      | 0.0173           | 17.3985     | -0.0063          |             |                  |
| 8.0005      | 0.0186           | 17.6009     | -0.0055          |             |                  |
| 8.1992      | 0.0195           | 17.7983     | -0.0042          |             |                  |
| 8.3988      | 0.0192           | 17.9989     | -0.0025          |             |                  |
| 8.6006      | 0.0192           | 18.2000     | -0.0005          |             |                  |
| 8.8012      | 0.0185           | 18.3987     | 0.0012           |             |                  |
| 8.9988      | 0.0164           | 18.5989     | 0.0027           |             |                  |
| 9.1983      | 0.0139           | 18.8001     | 0.0043           |             |                  |
| 9.4023      | 0.0108           | 19.0014     | 0.0058           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.75:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) FS3PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0428      | 0.0001           | 9.5998      | 0.0068           | 19.2002     | 0.0018           |
| 0.2008      | -0.0011          | 9.8020      | 0.0051           | 19.3993     | 0.0031           |
| 0.4003      | 0.0018           | 10.0006     | 0.0036           | 19.5989     | 0.0047           |
| 0.5999      | 0.0044           | 10.1991     | 0.0020           | 19.7991     | 0.0065           |
| 0.7988      | 0.0065           | 10.3992     | 0.0004           | 20.0011     | 0.0081           |
| 0.9991      | 0.0090           | 10.5992     | -0.0009          |             |                  |
| 1.1991      | 0.0106           | 10.7992     | -0.0023          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0123           | 10.9987     | -0.0036          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0141           | 11.2002     | -0.0044          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0144           | 11.3997     | -0.0048          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0145           | 11.5999     | -0.0045          |             |                  |
| 2.2014      | 0.0145           | 11.8007     | -0.0041          |             |                  |
| 2.4014      | 0.0140           | 11.9982     | -0.0030          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0132           | 12.2003     | -0.0013          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0117           | 12.4005     | 0.0004           |             |                  |
| 2.9996      | 0.0106           | 12.6014     | 0.0027           |             |                  |
| 3.1981      | 0.0089           | 12.7997     | 0.0050           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0073           | 13.0024     | 0.0070           |             |                  |
| 3.6006      | 0.0057           | 13.1991     | 0.0086           |             |                  |
| 3.7994      | 0.0042           | 13.3983     | 0.0102           |             |                  |
| 3.9979      | 0.0028           | 13.6013     | 0.0114           |             |                  |
| 4.1992      | 0.0009           | 13.7998     | 0.0117           |             |                  |
| 4.3987      | -0.0006          | 13.9994     | 0.0115           |             |                  |
| 4.6018      | -0.0017          | 14.1997     | 0.0108           |             |                  |
| 4.8004      | -0.0028          | 14.4003     | 0.0099           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0039          | 14.5991     | 0.0086           |             |                  |
| 5.2002      | -0.0047          | 14.7985     | 0.0071           |             |                  |
| 5.3981      | -0.0047          | 15.0018     | 0.0057           |             |                  |
| 5.6016      | -0.0045          | 15.2012     | 0.0042           |             |                  |
| 5.7981      | -0.0038          | 15.4001     | 0.0031           |             |                  |
| 6.0004      | -0.0028          | 15.6017     | 0.0024           |             |                  |
| 6.2014      | -0.0017          | 15.8008     | 0.0020           |             |                  |
| 6.4011      | 0.0002           | 16.0013     | 0.0016           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0021           | 16.1986     | 0.0016           |             |                  |
| 6.8001      | 0.0039           | 16.4011     | 0.0020           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0057           | 16.6014     | 0.0023           |             |                  |
| 7.1976      | 0.0074           | 16.8015     | 0.0027           |             |                  |
| 7.3990      | 0.0089           | 17.0009     | 0.0029           |             |                  |
| 7.5992      | 0.0100           | 17.2004     | 0.0028           |             |                  |
| 7.8011      | 0.0112           | 17.3985     | 0.0026           |             |                  |
| 8.0005      | 0.0116           | 17.6009     | 0.0024           |             |                  |
| 8.1992      | 0.0116           | 17.7983     | 0.0019           |             |                  |
| 8.3988      | 0.0116           | 17.9989     | 0.0012           |             |                  |
| 8.6006      | 0.0116           | 18.2000     | 0.0006           |             |                  |
| 8.8012      | 0.0110           | 18.3987     | 0.0002           |             |                  |
| 8.9988      | 0.0101           | 18.5989     | 0.0001           |             |                  |
| 9.1983      | 0.0088           | 18.8001     | 0.0003           |             |                  |
| 9.4023      | 0.0078           | 19.0014     | 0.0008           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.76:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO1PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0107          | 19.2002     | 0.0036           |
| 0.2008      | 0.0148           | 9.8020      | -0.0113          | 19.3993     | 0.0036           |
| 0.4003      | -0.0001          | 10.0006     | -0.0116          | 19.5989     | 0.0034           |
| 0.5999      | 0.0006           | 10.1991     | -0.0118          | 19.7991     | 0.0032           |
| 0.7988      | 0.0014           | 10.3992     | -0.0118          | 20.0011     | 0.0028           |
| 0.9991      | 0.0023           | 10.5992     | -0.0116          |             |                  |
| 1.1991      | 0.0030           | 10.7992     | -0.0112          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0035           | 10.9987     | -0.0106          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0038           | 11.2002     | -0.0098          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0041           | 11.3997     | -0.0089          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0040           | 11.5999     | -0.0080          |             |                  |
| 2.2014      | 0.0036           | 11.8007     | -0.0070          |             |                  |
| 2.4014      | 0.0029           | 11.9982     | -0.0060          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0021           | 12.2003     | -0.0049          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0012           | 12.4005     | -0.0040          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0004           | 12.6014     | -0.0033          |             |                  |
| 3.1981      | -0.0005          | 12.7997     | -0.0026          |             |                  |
| 3.4007      | -0.0014          | 13.0024     | -0.0019          |             |                  |
| 3.6006      | -0.0021          | 13.1991     | -0.0013          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0025          | 13.3983     | -0.0008          |             |                  |
| 3.9979      | -0.0030          | 13.6013     | -0.0002          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0035          | 13.7998     | 0.0003           |             |                  |
| 4.3987      | -0.0041          | 13.9994     | 0.0008           |             |                  |
| 4.6018      | -0.0045          | 14.1997     | 0.0013           |             |                  |
| 4.8004      | -0.0049          | 14.4003     | 0.0016           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0051          | 14.5991     | 0.0018           |             |                  |
| 5.2002      | -0.0053          | 14.7985     | 0.0020           |             |                  |
| 5.3981      | -0.0052          | 15.0018     | 0.0020           |             |                  |
| 5.6016      | -0.0048          | 15.2012     | 0.0020           |             |                  |
| 5.7981      | -0.0040          | 15.4001     | 0.0018           |             |                  |
| 6.0004      | -0.0029          | 15.6017     | 0.0015           |             |                  |
| 6.2014      | -0.0018          | 15.8008     | 0.0013           |             |                  |
| 6.4011      | -0.0008          | 16.0013     | 0.0011           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0000           | 16.1986     | 0.0009           |             |                  |
| 6.8001      | 0.0005           | 16.4011     | 0.0007           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0005           | 16.6014     | 0.0005           |             |                  |
| 7.1976      | 0.0001           | 16.8015     | 0.0004           |             |                  |
| 7.3990      | -0.0008          | 17.0009     | 0.0005           |             |                  |
| 7.5992      | -0.0017          | 17.2004     | 0.0007           |             |                  |
| 7.8011      | -0.0027          | 17.3985     | 0.0009           |             |                  |
| 8.0005      | -0.0037          | 17.6009     | 0.0013           |             |                  |
| 8.1992      | -0.0047          | 17.7983     | 0.0018           |             |                  |
| 8.3988      | -0.0056          | 17.9989     | 0.0022           |             |                  |
| 8.6006      | -0.0065          | 18.2000     | 0.0027           |             |                  |
| 8.8012      | -0.0073          | 18.3987     | 0.0030           |             |                  |
| 8.9988      | -0.0081          | 18.5989     | 0.0033           |             |                  |
| 9.1983      | -0.0090          | 18.8001     | 0.0035           |             |                  |
| 9.4023      | -0.0099          | 19.0014     | 0.0036           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.77:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO2PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0010          | 19.2002     | -0.0013          |
| 0.2008      | 0.0030           | 9.8020      | -0.0015          | 19.3993     | -0.0011          |
| 0.4003      | 0.0000           | 10.0006     | -0.0020          | 19.5989     | -0.0010          |
| 0.5999      | 0.0003           | 10.1991     | -0.0024          | 19.7991     | -0.0009          |
| 0.7988      | 0.0007           | 10.3992     | -0.0028          | 20.0011     | -0.0008          |
| 0.9991      | 0.0011           | 10.5992     | -0.0031          |             |                  |
| 1.1991      | 0.0014           | 10.7992     | -0.0033          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0017           | 10.9987     | -0.0034          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0019           | 11.2002     | -0.0034          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0020           | 11.3997     | -0.0034          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0021           | 11.5999     | -0.0033          |             |                  |
| 2.2014      | 0.0021           | 11.8007     | -0.0031          |             |                  |
| 2.4014      | 0.0019           | 11.9982     | -0.0029          |             |                  |
| 2.6008      | 0.0016           | 12.2003     | -0.0027          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0013           | 12.4005     | -0.0025          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0010           | 12.6014     | -0.0023          |             |                  |
| 3.1981      | 0.0005           | 12.7997     | -0.0022          |             |                  |
| 3.4007      | 0.0001           | 13.0024     | -0.0020          |             |                  |
| 3.6006      | -0.0003          | 13.1991     | -0.0019          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0007          | 13.3983     | -0.0019          |             |                  |
| 3.9979      | -0.0010          | 13.6013     | -0.0019          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0013          | 13.7998     | -0.0019          |             |                  |
| 4.3987      | -0.0016          | 13.9994     | -0.0018          |             |                  |
| 4.6018      | -0.0019          | 14.1997     | -0.0018          |             |                  |
| 4.8004      | -0.0020          | 14.4003     | -0.0018          |             |                  |
| 4.9995      | -0.0021          | 14.5991     | -0.0019          |             |                  |
| 5.2002      | -0.0020          | 14.7985     | -0.0019          |             |                  |
| 5.3981      | -0.0020          | 15.0018     | -0.0020          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0019          | 15.2012     | -0.0020          |             |                  |
| 5.7981      | -0.0016          | 15.4001     | -0.0022          |             |                  |
| 6.0004      | -0.0013          | 15.6017     | -0.0024          |             |                  |
| 6.2014      | -0.0010          | 15.8008     | -0.0026          |             |                  |
| 6.4011      | -0.0007          | 16.0013     | -0.0028          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0003          | 16.1986     | -0.0029          |             |                  |
| 6.8001      | 0.0000           | 16.4011     | -0.0031          |             |                  |
| 7.0013      | 0.0003           | 16.6014     | -0.0032          |             |                  |
| 7.1976      | 0.0006           | 16.8015     | -0.0033          |             |                  |
| 7.3990      | 0.0008           | 17.0009     | -0.0034          |             |                  |
| 7.5992      | 0.0010           | 17.2004     | -0.0033          |             |                  |
| 7.8011      | 0.0011           | 17.3985     | -0.0032          |             |                  |
| 8.0005      | 0.0012           | 17.6009     | -0.0031          |             |                  |
| 8.1992      | 0.0012           | 17.7983     | -0.0029          |             |                  |
| 8.3988      | 0.0011           | 17.9989     | -0.0026          |             |                  |
| 8.6006      | 0.0010           | 18.2000     | -0.0024          |             |                  |
| 8.8012      | 0.0007           | 18.3987     | -0.0022          |             |                  |
| 8.9988      | 0.0004           | 18.5989     | -0.0019          |             |                  |
| 9.1983      | 0.0000           | 18.8001     | -0.0017          |             |                  |
| 9.4023      | -0.0005          | 19.0014     | -0.0015          |             |                  |

Fuente: Autores



**Tabla A.78:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO3PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | -0.0155          | 19.2002     | -0.0117          |
| 0.2008      | 0.0016           | 9.8020      | -0.0047          | 19.3993     | -0.0107          |
| 0.4003      | 0.0127           | 10.0006     | -0.0060          | 19.5989     | -0.0116          |
| 0.5999      | 0.0021           | 10.1991     | -0.0207          | 19.7991     | -0.0117          |
| 0.7988      | -0.0032          | 10.3992     | -0.0208          | 20.0011     | -0.0114          |
| 0.9991      | 0.0007           | 10.5992     | -0.0166          |             |                  |
| 1.1991      | 0.0054           | 10.7992     | -0.0129          |             |                  |
| 1.3982      | 0.0141           | 10.9987     | -0.0184          |             |                  |
| 1.6024      | -0.0082          | 11.2002     | -0.0296          |             |                  |
| 1.7991      | -0.0115          | 11.3997     | -0.0176          |             |                  |
| 1.9982      | 0.0037           | 11.5999     | -0.0099          |             |                  |
| 2.2014      | -0.0005          | 11.8007     | -0.0215          |             |                  |
| 2.4014      | -0.0082          | 11.9982     | -0.0183          |             |                  |
| 2.6008      | -0.0124          | 12.2003     | -0.0064          |             |                  |
| 2.7995      | -0.0101          | 12.4005     | -0.0063          |             |                  |
| 2.9996      | -0.0127          | 12.6014     | -0.0142          |             |                  |
| 3.1981      | -0.0133          | 12.7997     | -0.0107          |             |                  |
| 3.4007      | -0.0158          | 13.0024     | -0.0011          |             |                  |
| 3.6006      | -0.0144          | 13.1991     | -0.0033          |             |                  |
| 3.7994      | -0.0122          | 13.3983     | -0.0112          |             |                  |
| 3.9979      | -0.0222          | 13.6013     | -0.0098          |             |                  |
| 4.1992      | -0.0265          | 13.7998     | -0.0058          |             |                  |
| 4.3987      | -0.0142          | 13.9994     | -0.0067          |             |                  |
| 4.6018      | -0.0178          | 14.1997     | -0.0107          |             |                  |
| 4.8004      | -0.0289          | 14.4003     | -0.0096          |             |                  |
| 4.9995      | -0.0221          | 14.5991     | -0.0061          |             |                  |
| 5.2002      | -0.0085          | 14.7985     | -0.0061          |             |                  |
| 5.3981      | -0.0144          | 15.0018     | -0.0091          |             |                  |
| 5.6016      | -0.0152          | 15.2012     | -0.0086          |             |                  |
| 5.7981      | -0.0127          | 15.4001     | -0.0033          |             |                  |
| 6.0004      | -0.0037          | 15.6017     | -0.0034          |             |                  |
| 6.2014      | -0.0026          | 15.8008     | -0.0108          |             |                  |
| 6.4011      | -0.0142          | 16.0013     | -0.0138          |             |                  |
| 6.6000      | -0.0060          | 16.1986     | -0.0099          |             |                  |
| 6.8001      | 0.0015           | 16.4011     | -0.0115          |             |                  |
| 7.0013      | -0.0029          | 16.6014     | -0.0189          |             |                  |
| 7.1976      | -0.0057          | 16.8015     | -0.0188          |             |                  |
| 7.3990      | -0.0022          | 17.0009     | -0.0174          |             |                  |
| 7.5992      | 0.0115           | 17.2004     | -0.0188          |             |                  |
| 7.8011      | 0.0052           | 17.3985     | -0.0198          |             |                  |
| 8.0005      | -0.0072          | 17.6009     | -0.0169          |             |                  |
| 8.1992      | 0.0031           | 17.7983     | -0.0136          |             |                  |
| 8.3988      | 0.0095           | 17.9989     | -0.0136          |             |                  |
| 8.6006      | 0.0024           | 18.2000     | -0.0143          |             |                  |
| 8.8012      | -0.0046          | 18.3987     | -0.0130          |             |                  |
| 8.9988      | -0.0050          | 18.5989     | -0.0086          |             |                  |
| 9.1983      | 0.0017           | 18.8001     | -0.0097          |             |                  |
| 9.4023      | -0.0050          | 19.0014     | -0.0132          |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.79:** Modelo 11 (PARED INCLINADA 7) PUNTO4PI7

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0000           | 9.5998      | 0.0152           | 19.2002     | 0.0023           |
| 0.2008      | -0.0002          | 9.8020      | 0.0109           | 19.3993     | 0.0019           |
| 0.4003      | -0.0007          | 10.0006     | -0.0060          | 19.5989     | 0.0076           |
| 0.5999      | 0.0060           | 10.1991     | -0.0053          | 19.7991     | 0.0094           |
| 0.7988      | 0.0134           | 10.3992     | 0.0005           | 20.0011     | 0.0061           |
| 0.9991      | -0.0061          | 10.5992     | 0.0050           |             |                  |
| 1.1991      | -0.0102          | 10.7992     | 0.0084           |             |                  |
| 1.3982      | 0.0013           | 10.9987     | -0.0017          |             |                  |
| 1.6024      | 0.0136           | 11.2002     | -0.0060          |             |                  |
| 1.7991      | 0.0179           | 11.3997     | 0.0013           |             |                  |
| 1.9982      | -0.0038          | 11.5999     | 0.0078           |             |                  |
| 2.2014      | -0.0100          | 11.8007     | 0.0103           |             |                  |
| 2.4014      | 0.0081           | 11.9982     | 0.0066           |             |                  |
| 2.6008      | 0.0134           | 12.2003     | -0.0053          |             |                  |
| 2.7995      | 0.0119           | 12.4005     | -0.0007          |             |                  |
| 2.9996      | 0.0008           | 12.6014     | 0.0101           |             |                  |
| 3.1981      | -0.0052          | 12.7997     | 0.0139           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0023           | 13.0024     | 0.0056           |             |                  |
| 3.6006      | 0.0062           | 13.1991     | -0.0040          |             |                  |
| 3.7994      | 0.0053           | 13.3983     | 0.0004           |             |                  |
| 3.9979      | 0.0034           | 13.6013     | 0.0134           |             |                  |
| 4.1992      | -0.0065          | 13.7998     | 0.0168           |             |                  |
| 4.3987      | -0.0075          | 13.9994     | 0.0065           |             |                  |
| 4.6018      | 0.0079           | 14.1997     | -0.0001          |             |                  |
| 4.8004      | 0.0078           | 14.4003     | 0.0026           |             |                  |
| 4.9995      | -0.0004          | 14.5991     | 0.0120           |             |                  |
| 5.2002      | -0.0080          | 14.7985     | 0.0128           |             |                  |
| 5.3981      | -0.0029          | 15.0018     | 0.0037           |             |                  |
| 5.6016      | 0.0105           | 15.2012     | -0.0026          |             |                  |
| 5.7981      | 0.0074           | 15.4001     | -0.0014          |             |                  |
| 6.0004      | -0.0024          | 15.6017     | 0.0040           |             |                  |
| 6.2014      | -0.0024          | 15.8008     | 0.0118           |             |                  |
| 6.4011      | 0.0012           | 16.0013     | 0.0055           |             |                  |
| 6.6000      | 0.0083           | 16.1986     | -0.0065          |             |                  |
| 6.8001      | 0.0104           | 16.4011     | 0.0001           |             |                  |
| 7.0013      | 0.0026           | 16.6014     | 0.0112           |             |                  |
| 7.1976      | 0.0000           | 16.8015     | 0.0104           |             |                  |
| 7.3990      | 0.0012           | 17.0009     | 0.0038           |             |                  |
| 7.5992      | 0.0075           | 17.2004     | -0.0043          |             |                  |
| 7.8011      | 0.0148           | 17.3985     | 0.0000           |             |                  |
| 8.0005      | 0.0060           | 17.6009     | 0.0084           |             |                  |
| 8.1992      | -0.0043          | 17.7983     | 0.0088           |             |                  |
| 8.3988      | 0.0004           | 17.9989     | 0.0023           |             |                  |
| 8.6006      | 0.0125           | 18.2000     | -0.0010          |             |                  |
| 8.8012      | 0.0150           | 18.3987     | 0.0020           |             |                  |
| 8.9988      | 0.0057           | 18.5989     | 0.0071           |             |                  |
| 9.1983      | -0.0044          | 18.8001     | 0.0098           |             |                  |
| 9.4023      | -0.0004          | 19.0014     | 0.0069           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.80:** Industria Cárnica con parámetros recomendados FS INICIAL

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0037      | 0.0030           | 9.6011      | 0.0039           | 19.2016     | 0.0043           |
| 0.2016      | 0.0029           | 9.8012      | 0.0042           | 19.3983     | 0.0043           |
| 0.4017      | 0.0026           | 10.0018     | 0.0044           | 19.5995     | 0.0042           |
| 0.6016      | 0.0021           | 10.1988     | 0.0045           | 19.8002     | 0.0040           |
| 0.8008      | 0.0021           | 10.3988     | 0.0044           | 20.0009     | 0.0037           |
| 0.9990      | 0.0024           | 10.5993     | 0.0044           |             |                  |
| 1.2003      | 0.0032           | 10.8001     | 0.0044           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0042           | 11.0003     | 0.0044           |             |                  |
| 1.5994      | 0.0051           | 11.2008     | 0.0044           |             |                  |
| 1.8001      | 0.0054           | 11.3982     | 0.0044           |             |                  |
| 1.9988      | 0.0051           | 11.5988     | 0.0044           |             |                  |
| 2.2018      | 0.0044           | 11.7994     | 0.0043           |             |                  |
| 2.4009      | 0.0037           | 12.0007     | 0.0041           |             |                  |
| 2.5991      | 0.0034           | 12.2015     | 0.0039           |             |                  |
| 2.7998      | 0.0034           | 12.3983     | 0.0037           |             |                  |
| 3.0015      | 0.0037           | 12.5995     | 0.0036           |             |                  |
| 3.2009      | 0.0038           | 12.8004     | 0.0035           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0036           | 13.0008     | 0.0035           |             |                  |
| 3.6012      | 0.0031           | 13.2017     | 0.0035           |             |                  |
| 3.7984      | 0.0025           | 13.3988     | 0.0035           |             |                  |
| 3.9987      | 0.0020           | 13.5989     | 0.0035           |             |                  |
| 4.1990      | 0.0017           | 13.7996     | 0.0035           |             |                  |
| 4.3998      | 0.0019           | 14.0004     | 0.0036           |             |                  |
| 4.5999      | 0.0024           | 14.2006     | 0.0037           |             |                  |
| 4.7998      | 0.0029           | 14.4013     | 0.0038           |             |                  |
| 5.0003      | 0.0032           | 14.5987     | 0.0040           |             |                  |
| 5.2005      | 0.0031           | 14.7991     | 0.0042           |             |                  |
| 5.4003      | 0.0030           | 14.9997     | 0.0045           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0030           | 15.2008     | 0.0046           |             |                  |
| 5.8012      | 0.0033           | 15.4013     | 0.0047           |             |                  |
| 6.0012      | 0.0038           | 15.6018     | 0.0047           |             |                  |
| 6.2018      | 0.0044           | 15.7993     | 0.0046           |             |                  |
| 6.3988      | 0.0049           | 16.0000     | 0.0044           |             |                  |
| 6.5990      | 0.0052           | 16.2005     | 0.0042           |             |                  |
| 6.7996      | 0.0051           | 16.4017     | 0.0040           |             |                  |
| 7.0006      | 0.0047           | 16.5988     | 0.0038           |             |                  |
| 7.2009      | 0.0042           | 16.7992     | 0.0037           |             |                  |
| 7.4014      | 0.0039           | 17.0002     | 0.0036           |             |                  |
| 7.5987      | 0.0037           | 17.2011     | 0.0035           |             |                  |
| 7.7991      | 0.0037           | 17.4017     | 0.0035           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0037           | 17.5990     | 0.0034           |             |                  |
| 8.2005      | 0.0036           | 17.8002     | 0.0034           |             |                  |
| 8.4010      | 0.0033           | 18.0007     | 0.0035           |             |                  |
| 8.6013      | 0.0030           | 18.2015     | 0.0036           |             |                  |
| 8.7986      | 0.0028           | 18.3989     | 0.0038           |             |                  |
| 8.9993      | 0.0029           | 18.5995     | 0.0040           |             |                  |
| 9.1995      | 0.0031           | 18.8001     | 0.0042           |             |                  |
| 9.4004      | 0.0035           | 19.0011     | 0.0043           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.81:** Industria Cárnica con parámetros recomendados FS FINAL

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0037      | 0.0009           | 9.6011      | 0.0010           | 19.2016     | 0.0013           |
| 0.2016      | 0.0009           | 9.8012      | 0.0011           | 19.3983     | 0.0013           |
| 0.4017      | 0.0009           | 10.0018     | 0.0011           | 19.5995     | 0.0013           |
| 0.6016      | 0.0009           | 10.1988     | 0.0012           | 19.8002     | 0.0014           |
| 0.8008      | 0.0009           | 10.3988     | 0.0012           | 20.0009     | 0.0013           |
| 0.9990      | 0.0010           | 10.5993     | 0.0013           |             |                  |
| 1.2003      | 0.0010           | 10.8001     | 0.0014           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0011           | 11.0003     | 0.0014           |             |                  |
| 1.5994      | 0.0012           | 11.2008     | 0.0014           |             |                  |
| 1.8001      | 0.0013           | 11.3982     | 0.0014           |             |                  |
| 1.9988      | 0.0014           | 11.5988     | 0.0014           |             |                  |
| 2.2018      | 0.0014           | 11.7994     | 0.0013           |             |                  |
| 2.4009      | 0.0014           | 12.0007     | 0.0012           |             |                  |
| 2.5991      | 0.0014           | 12.2015     | 0.0011           |             |                  |
| 2.7998      | 0.0014           | 12.3983     | 0.0011           |             |                  |
| 3.0015      | 0.0013           | 12.5995     | 0.0010           |             |                  |
| 3.2009      | 0.0012           | 12.8004     | 0.0010           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0011           | 13.0008     | 0.0010           |             |                  |
| 3.6012      | 0.0009           | 13.2017     | 0.0010           |             |                  |
| 3.7984      | 0.0008           | 13.3988     | 0.0010           |             |                  |
| 3.9987      | 0.0007           | 13.5989     | 0.0011           |             |                  |
| 4.1990      | 0.0007           | 13.7996     | 0.0012           |             |                  |
| 4.3998      | 0.0007           | 14.0004     | 0.0012           |             |                  |
| 4.5999      | 0.0008           | 14.2006     | 0.0013           |             |                  |
| 4.7998      | 0.0009           | 14.4013     | 0.0013           |             |                  |
| 5.0003      | 0.0010           | 14.5987     | 0.0013           |             |                  |
| 5.2005      | 0.0011           | 14.7991     | 0.0013           |             |                  |
| 5.4003      | 0.0012           | 14.9997     | 0.0013           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0013           | 15.2008     | 0.0013           |             |                  |
| 5.8012      | 0.0013           | 15.4013     | 0.0012           |             |                  |
| 6.0012      | 0.0014           | 15.6018     | 0.0012           |             |                  |
| 6.2018      | 0.0014           | 15.7993     | 0.0012           |             |                  |
| 6.3988      | 0.0013           | 16.0000     | 0.0012           |             |                  |
| 6.5990      | 0.0013           | 16.2005     | 0.0012           |             |                  |
| 6.7996      | 0.0013           | 16.4017     | 0.0012           |             |                  |
| 7.0006      | 0.0012           | 16.5988     | 0.0012           |             |                  |
| 7.2009      | 0.0012           | 16.7992     | 0.0012           |             |                  |
| 7.4014      | 0.0011           | 17.0002     | 0.0012           |             |                  |
| 7.5987      | 0.0011           | 17.2011     | 0.0012           |             |                  |
| 7.7991      | 0.0011           | 17.4017     | 0.0012           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0012           | 17.5990     | 0.0011           |             |                  |
| 8.2005      | 0.0012           | 17.8002     | 0.0011           |             |                  |
| 8.4010      | 0.0011           | 18.0007     | 0.0011           |             |                  |
| 8.6013      | 0.0011           | 18.2015     | 0.0011           |             |                  |
| 8.7986      | 0.0011           | 18.3989     | 0.0011           |             |                  |
| 8.9993      | 0.0011           | 18.5995     | 0.0011           |             |                  |
| 9.1995      | 0.0011           | 18.8001     | 0.0011           |             |                  |
| 9.4004      | 0.0010           | 19.0011     | 0.0012           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.82:** Industria Cárnica con parámetros recomendados FS MEDIO

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0037      | 0.0009           | 9.6011      | 0.0012           | 19.2016     | 0.0012           |
| 0.2016      | 0.0009           | 9.8012      | 0.0011           | 19.3983     | 0.0013           |
| 0.4017      | 0.0009           | 10.0018     | 0.0010           | 19.5995     | 0.0015           |
| 0.6016      | 0.0009           | 10.1988     | 0.0010           | 19.8002     | 0.0016           |
| 0.8008      | 0.0009           | 10.3988     | 0.0012           | 20.0009     | 0.0015           |
| 0.9990      | 0.0009           | 10.5993     | 0.0015           |             |                  |
| 1.2003      | 0.0010           | 10.8001     | 0.0017           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0011           | 11.0003     | 0.0017           |             |                  |
| 1.5994      | 0.0013           | 11.2008     | 0.0017           |             |                  |
| 1.8001      | 0.0015           | 11.3982     | 0.0015           |             |                  |
| 1.9988      | 0.0016           | 11.5988     | 0.0013           |             |                  |
| 2.2018      | 0.0017           | 11.7994     | 0.0011           |             |                  |
| 2.4009      | 0.0016           | 12.0007     | 0.0010           |             |                  |
| 2.5991      | 0.0014           | 12.2015     | 0.0011           |             |                  |
| 2.7998      | 0.0012           | 12.3983     | 0.0012           |             |                  |
| 3.0015      | 0.0010           | 12.5995     | 0.0013           |             |                  |
| 3.2009      | 0.0009           | 12.8004     | 0.0013           |             |                  |
| 3.4007      | 0.0009           | 13.0008     | 0.0012           |             |                  |
| 3.6012      | 0.0010           | 13.2017     | 0.0011           |             |                  |
| 3.7984      | 0.0010           | 13.3988     | 0.0009           |             |                  |
| 3.9987      | 0.0010           | 13.5989     | 0.0009           |             |                  |
| 4.1990      | 0.0009           | 13.7996     | 0.0009           |             |                  |
| 4.3998      | 0.0007           | 14.0004     | 0.0011           |             |                  |
| 4.5999      | 0.0006           | 14.2006     | 0.0013           |             |                  |
| 4.7998      | 0.0005           | 14.4013     | 0.0015           |             |                  |
| 5.0003      | 0.0007           | 14.5987     | 0.0016           |             |                  |
| 5.2005      | 0.0009           | 14.7991     | 0.0015           |             |                  |
| 5.4003      | 0.0013           | 14.9997     | 0.0014           |             |                  |
| 5.6008      | 0.0015           | 15.2008     | 0.0012           |             |                  |
| 5.8012      | 0.0016           | 15.4013     | 0.0012           |             |                  |
| 6.0012      | 0.0015           | 15.6018     | 0.0012           |             |                  |
| 6.2018      | 0.0014           | 15.7993     | 0.0013           |             |                  |
| 6.3988      | 0.0012           | 16.0000     | 0.0014           |             |                  |
| 6.5990      | 0.0011           | 16.2005     | 0.0015           |             |                  |
| 6.7996      | 0.0012           | 16.4017     | 0.0015           |             |                  |
| 7.0006      | 0.0014           | 16.5988     | 0.0014           |             |                  |
| 7.2009      | 0.0015           | 16.7992     | 0.0012           |             |                  |
| 7.4014      | 0.0016           | 17.0002     | 0.0010           |             |                  |
| 7.5987      | 0.0015           | 17.2011     | 0.0009           |             |                  |
| 7.7991      | 0.0013           | 17.4017     | 0.0010           |             |                  |
| 7.9994      | 0.0011           | 17.5990     | 0.0011           |             |                  |
| 8.2005      | 0.0009           | 17.8002     | 0.0012           |             |                  |
| 8.4010      | 0.0008           | 18.0007     | 0.0013           |             |                  |
| 8.6013      | 0.0009           | 18.2015     | 0.0014           |             |                  |
| 8.7986      | 0.0011           | 18.3989     | 0.0013           |             |                  |
| 8.9993      | 0.0013           | 18.5995     | 0.0012           |             |                  |
| 9.1995      | 0.0014           | 18.8001     | 0.0011           |             |                  |
| 9.4004      | 0.0013           | 19.0011     | 0.0011           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.83:** Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO1 EUROPEA NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0054          |
| 0.9990      | -0.0054          |
| 1.9988      | -0.0053          |
| 3.0015      | -0.0055          |
| 3.9987      | -0.0055          |
| 5.0003      | -0.0055          |
| 6.0012      | -0.0054          |
| 7.0006      | -0.0053          |
| 7.9994      | -0.0054          |
| 8.9993      | -0.0053          |
| 10.0018     | -0.0053          |
| 11.0003     | -0.0053          |
| 12.0007     | -0.0054          |
| 13.0008     | -0.0054          |
| 14.0004     | -0.0053          |
| 14.9997     | -0.0051          |
| 16.0000     | -0.0050          |
| 17.0002     | -0.0050          |
| 18.0007     | -0.0049          |
| 19.0011     | -0.0049          |
| 20.0009     | -0.0051          |

Fuente: Autores

**Tabla A.84:** Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO2 EUROPEA NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0020           |
| 0.9990      | 0.0020           |
| 1.9988      | 0.0020           |
| 3.0015      | 0.0020           |
| 3.9987      | 0.0020           |
| 5.0003      | 0.0020           |
| 6.0012      | 0.0020           |
| 7.0006      | 0.0021           |
| 7.9994      | 0.0020           |
| 8.9993      | 0.0021           |
| 10.0018     | 0.0021           |
| 11.0003     | 0.0021           |
| 12.0007     | 0.0021           |
| 13.0008     | 0.0021           |
| 14.0004     | 0.0021           |
| 14.9997     | 0.0021           |
| 16.0000     | 0.0021           |
| 17.0002     | 0.0021           |
| 18.0007     | 0.0021           |
| 19.0011     | 0.0021           |
| 20.0009     | 0.0021           |

Fuente: Autores

**Tabla A.85:** Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO3 EUROPEA NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0001          |
| 0.9990      | 0.0000           |
| 1.9988      | 0.0000           |
| 3.0015      | 0.0000           |
| 3.9987      | -0.0001          |
| 5.0003      | -0.0001          |
| 6.0012      | 0.0000           |
| 7.0006      | 0.0000           |
| 7.9994      | -0.0001          |
| 8.9993      | 0.0000           |
| 10.0018     | -0.0001          |
| 11.0003     | 0.0000           |
| 12.0007     | -0.0001          |
| 13.0008     | -0.0001          |
| 14.0004     | -0.0001          |
| 14.9997     | -0.0001          |
| 16.0000     | -0.0001          |
| 17.0002     | -0.0001          |
| 18.0007     | -0.0001          |
| 19.0011     | -0.0001          |
| 20.0009     | -0.0001          |

Fuente: Autores



**Tabla A.86:** Industria Cárnica con parámetros recomendados PUNTO4 EUROPEA NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0085          |
| 0.9990      | -0.0081          |
| 1.9988      | -0.0072          |
| 3.0015      | -0.0087          |
| 3.9987      | -0.0074          |
| 5.0003      | -0.0091          |
| 6.0012      | -0.0069          |
| 7.0006      | -0.0079          |
| 7.9994      | -0.0083          |
| 8.9993      | -0.0071          |
| 10.0018     | -0.0087          |
| 11.0003     | -0.0067          |
| 12.0007     | -0.0085          |
| 13.0008     | -0.0073          |
| 14.0004     | -0.0081          |
| 14.9997     | -0.0076          |
| 16.0000     | -0.0073          |
| 17.0002     | -0.0082          |
| 18.0007     | -0.0072          |
| 19.0011     | -0.0085          |
| 20.0009     | -0.0067          |

Fuente: Autores

**Tabla A.87:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS1 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0024      | 0.0009           | 9.5997      | 0.0010           | 19.1991     | 0.0010           |
| 0.2001      | 0.0003           | 9.7999      | 0.0010           | 19.3993     | 0.0008           |
| 0.4002      | -0.0002          | 10.0001     | 0.0009           | 19.5995     | 0.0008           |
| 0.6004      | -0.0002          | 10.2003     | 0.0008           | 19.7997     | 0.0009           |
| 0.8006      | 0.0004           | 10.4005     | 0.0009           | 20.0024     | 0.0010           |
| 1.0009      | 0.0011           | 10.6008     | 0.0011           |             |                  |
| 1.2010      | 0.0012           | 10.8010     | 0.0013           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0009           | 11.0012     | 0.0012           |             |                  |
| 1.5989      | 0.0007           | 11.1989     | 0.0011           |             |                  |
| 1.7991      | 0.0007           | 11.3990     | 0.0010           |             |                  |
| 1.9993      | 0.0009           | 11.5992     | 0.0010           |             |                  |
| 2.1995      | 0.0008           | 11.7995     | 0.0010           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0008           | 11.9997     | 0.0010           |             |                  |
| 2.5998      | 0.0007           | 12.1998     | 0.0009           |             |                  |
| 2.8001      | 0.0006           | 12.4000     | 0.0008           |             |                  |
| 3.0003      | 0.0007           | 12.6002     | 0.0008           |             |                  |
| 3.2012      | 0.0004           | 12.8005     | 0.0010           |             |                  |
| 3.3997      | 0.0008           | 13.0006     | 0.0011           |             |                  |
| 3.5995      | 0.0008           | 13.2008     | 0.0012           |             |                  |
| 3.7998      | 0.0010           | 13.4010     | 0.0012           |             |                  |
| 4.0000      | 0.0011           | 13.6012     | 0.0011           |             |                  |
| 4.2002      | 0.0008           | 13.7989     | 0.0010           |             |                  |
| 4.4004      | 0.0004           | 13.9991     | 0.0008           |             |                  |
| 4.6007      | 0.0002           | 14.1992     | 0.0008           |             |                  |
| 4.8009      | 0.0004           | 14.3995     | 0.0010           |             |                  |
| 5.0010      | 0.0006           | 14.5997     | 0.0011           |             |                  |
| 5.2012      | 0.0010           | 14.7999     | 0.0012           |             |                  |
| 5.3989      | 0.0010           | 15.0000     | 0.0011           |             |                  |
| 5.5991      | 0.0011           | 15.2002     | 0.0009           |             |                  |
| 5.7993      | 0.0007           | 15.4005     | 0.0009           |             |                  |
| 5.9995      | 0.0006           | 15.6007     | 0.0009           |             |                  |
| 6.1997      | 0.0005           | 15.8008     | 0.0010           |             |                  |
| 6.3999      | 0.0007           | 16.0010     | 0.0009           |             |                  |
| 6.6001      | 0.0010           | 16.2012     | 0.0009           |             |                  |
| 6.8003      | 0.0010           | 16.3989     | 0.0009           |             |                  |
| 7.0004      | 0.0008           | 16.5991     | 0.0010           |             |                  |
| 7.2006      | 0.0006           | 16.7993     | 0.0010           |             |                  |
| 7.4009      | 0.0006           | 16.9994     | 0.0011           |             |                  |
| 7.6011      | 0.0009           | 17.1997     | 0.0011           |             |                  |
| 7.8012      | 0.0010           | 17.3999     | 0.0011           |             |                  |
| 7.9989      | 0.0010           | 17.6001     | 0.0010           |             |                  |
| 8.1991      | 0.0006           | 17.8002     | 0.0009           |             |                  |
| 8.3993      | 0.0005           | 18.0004     | 0.0009           |             |                  |
| 8.5995      | 0.0007           | 18.2007     | 0.0009           |             |                  |
| 8.8013      | 0.0009           | 18.4009     | 0.0010           |             |                  |
| 8.9991      | 0.0013           | 18.6010     | 0.0011           |             |                  |
| 9.1994      | 0.0012           | 18.8012     | 0.0011           |             |                  |
| 9.3995      | 0.0011           | 18.9989     | 0.0010           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.88:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS2 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0024      | 0.0007           | 9.5997      | 0.0008           | 19.1991     | 0.0007           |
| 0.2001      | 0.0007           | 9.7999      | 0.0008           | 19.3993     | 0.0007           |
| 0.4002      | 0.0007           | 10.0001     | 0.0008           | 19.5995     | 0.0006           |
| 0.6004      | 0.0006           | 10.2003     | 0.0009           | 19.7997     | 0.0006           |
| 0.8006      | 0.0006           | 10.4005     | 0.0009           | 20.0024     | 0.0006           |
| 1.0009      | 0.0005           | 10.6008     | 0.0009           |             |                  |
| 1.2010      | 0.0006           | 10.8010     | 0.0008           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0005           | 11.0012     | 0.0008           |             |                  |
| 1.5989      | 0.0006           | 11.1989     | 0.0008           |             |                  |
| 1.7991      | 0.0006           | 11.3990     | 0.0008           |             |                  |
| 1.9993      | 0.0007           | 11.5992     | 0.0007           |             |                  |
| 2.1995      | 0.0007           | 11.7995     | 0.0006           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0007           | 11.9997     | 0.0006           |             |                  |
| 2.5998      | 0.0007           | 12.1998     | 0.0006           |             |                  |
| 2.8001      | 0.0007           | 12.4000     | 0.0006           |             |                  |
| 3.0003      | 0.0008           | 12.6002     | 0.0007           |             |                  |
| 3.2012      | 0.0009           | 12.8005     | 0.0007           |             |                  |
| 3.3997      | 0.0009           | 13.0006     | 0.0007           |             |                  |
| 3.5995      | 0.0008           | 13.2008     | 0.0007           |             |                  |
| 3.7998      | 0.0007           | 13.4010     | 0.0008           |             |                  |
| 4.0000      | 0.0006           | 13.6012     | 0.0008           |             |                  |
| 4.2002      | 0.0005           | 13.7989     | 0.0008           |             |                  |
| 4.4004      | 0.0006           | 13.9991     | 0.0008           |             |                  |
| 4.6007      | 0.0006           | 14.1992     | 0.0009           |             |                  |
| 4.8009      | 0.0006           | 14.3995     | 0.0009           |             |                  |
| 5.0010      | 0.0005           | 14.5997     | 0.0008           |             |                  |
| 5.2012      | 0.0005           | 14.7999     | 0.0007           |             |                  |
| 5.3989      | 0.0006           | 15.0000     | 0.0007           |             |                  |
| 5.5991      | 0.0007           | 15.2002     | 0.0007           |             |                  |
| 5.7993      | 0.0007           | 15.4005     | 0.0007           |             |                  |
| 5.9995      | 0.0007           | 15.6007     | 0.0006           |             |                  |
| 6.1997      | 0.0007           | 15.8008     | 0.0006           |             |                  |
| 6.3999      | 0.0008           | 16.0010     | 0.0006           |             |                  |
| 6.6001      | 0.0008           | 16.2012     | 0.0006           |             |                  |
| 6.8003      | 0.0008           | 16.3989     | 0.0007           |             |                  |
| 7.0004      | 0.0008           | 16.5991     | 0.0007           |             |                  |
| 7.2006      | 0.0008           | 16.7993     | 0.0007           |             |                  |
| 7.4009      | 0.0008           | 16.9994     | 0.0008           |             |                  |
| 7.6011      | 0.0007           | 17.1997     | 0.0008           |             |                  |
| 7.8012      | 0.0006           | 17.3999     | 0.0008           |             |                  |
| 7.9989      | 0.0006           | 17.6001     | 0.0008           |             |                  |
| 8.1991      | 0.0006           | 17.8002     | 0.0008           |             |                  |
| 8.3993      | 0.0006           | 18.0004     | 0.0008           |             |                  |
| 8.5995      | 0.0006           | 18.2007     | 0.0008           |             |                  |
| 8.8013      | 0.0006           | 18.4009     | 0.0008           |             |                  |
| 8.9991      | 0.0006           | 18.6010     | 0.0008           |             |                  |
| 9.1994      | 0.0007           | 18.8012     | 0.0007           |             |                  |
| 9.3995      | 0.0007           | 18.9989     | 0.0007           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.89:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica FS3 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0024      | 0.0009           | 9.5997      | 0.0010           | 19.1991     | 0.0009           |
| 0.2001      | 0.0009           | 9.7999      | 0.0010           | 19.3993     | 0.0007           |
| 0.4002      | 0.0005           | 10.0001     | 0.0009           | 19.5995     | 0.0007           |
| 0.6004      | 0.0003           | 10.2003     | 0.0007           | 19.7997     | 0.0007           |
| 0.8006      | 0.0003           | 10.4005     | 0.0007           | 20.0024     | 0.0008           |
| 1.0009      | 0.0002           | 10.6008     | 0.0009           |             |                  |
| 1.2010      | 0.0005           | 10.8010     | 0.0012           |             |                  |
| 1.4012      | 0.0009           | 11.0012     | 0.0013           |             |                  |
| 1.5989      | 0.0013           | 11.1989     | 0.0012           |             |                  |
| 1.7991      | 0.0015           | 11.3990     | 0.0010           |             |                  |
| 1.9993      | 0.0013           | 11.5992     | 0.0009           |             |                  |
| 2.1995      | 0.0007           | 11.7995     | 0.0008           |             |                  |
| 2.3997      | 0.0002           | 11.9997     | 0.0006           |             |                  |
| 2.5998      | 0.0001           | 12.1998     | 0.0005           |             |                  |
| 2.8001      | 0.0005           | 12.4000     | 0.0006           |             |                  |
| 3.0003      | 0.0009           | 12.6002     | 0.0009           |             |                  |
| 3.2012      | 0.0010           | 12.8005     | 0.0012           |             |                  |
| 3.3997      | 0.0011           | 13.0006     | 0.0012           |             |                  |
| 3.5995      | 0.0012           | 13.2008     | 0.0011           |             |                  |
| 3.7998      | 0.0012           | 13.4010     | 0.0009           |             |                  |
| 4.0000      | 0.0009           | 13.6012     | 0.0009           |             |                  |
| 4.2002      | 0.0004           | 13.7989     | 0.0009           |             |                  |
| 4.4004      | 0.0001           | 13.9991     | 0.0009           |             |                  |
| 4.6007      | 0.0002           | 14.1992     | 0.0008           |             |                  |
| 4.8009      | 0.0006           | 14.3995     | 0.0008           |             |                  |
| 5.0010      | 0.0009           | 14.5997     | 0.0010           |             |                  |
| 5.2012      | 0.0008           | 14.7999     | 0.0011           |             |                  |
| 5.3989      | 0.0008           | 15.0000     | 0.0011           |             |                  |
| 5.5991      | 0.0008           | 15.2002     | 0.0010           |             |                  |
| 5.7993      | 0.0009           | 15.4005     | 0.0009           |             |                  |
| 5.9995      | 0.0009           | 15.6007     | 0.0008           |             |                  |
| 6.1997      | 0.0008           | 15.8008     | 0.0007           |             |                  |
| 6.3999      | 0.0006           | 16.0010     | 0.0007           |             |                  |
| 6.6001      | 0.0005           | 16.2012     | 0.0007           |             |                  |
| 6.8003      | 0.0008           | 16.3989     | 0.0008           |             |                  |
| 7.0004      | 0.0010           | 16.5991     | 0.0010           |             |                  |
| 7.2006      | 0.0011           | 16.7993     | 0.0012           |             |                  |
| 7.4009      | 0.0011           | 16.9994     | 0.0012           |             |                  |
| 7.6011      | 0.0009           | 17.1997     | 0.0010           |             |                  |
| 7.8012      | 0.0007           | 17.3999     | 0.0009           |             |                  |
| 7.9989      | 0.0005           | 17.6001     | 0.0008           |             |                  |
| 8.1991      | 0.0005           | 17.8002     | 0.0009           |             |                  |
| 8.3993      | 0.0005           | 18.0004     | 0.0009           |             |                  |
| 8.5995      | 0.0007           | 18.2007     | 0.0009           |             |                  |
| 8.8013      | 0.0010           | 18.4009     | 0.0009           |             |                  |
| 8.9991      | 0.0011           | 18.6010     | 0.0010           |             |                  |
| 9.1994      | 0.0010           | 18.8012     | 0.0010           |             |                  |
| 9.3995      | 0.0010           | 18.9989     | 0.0010           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.90:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO1 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0233          |
| 1.0009      | -0.0251          |
| 1.9993      | -0.0267          |
| 3.0003      | -0.0269          |
| 4.0000      | -0.0262          |
| 5.0010      | -0.0254          |
| 5.9995      | -0.0245          |
| 7.0004      | -0.0235          |
| 7.9989      | -0.0228          |
| 8.9991      | -0.0223          |
| 10.0001     | -0.0221          |
| 11.0012     | -0.0217          |
| 11.9997     | -0.0216          |
| 13.0006     | -0.0214          |
| 13.9991     | -0.0215          |
| 15.0000     | -0.0214          |
| 16.0010     | -0.0216          |
| 16.9994     | -0.0215          |
| 18.0004     | -0.0218          |
| 18.9989     | -0.0218          |
| 20.0024     | -0.0219          |

Fuente: Autores

**Tabla A.91:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO2 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0316          |
| 1.0009      | -0.0325          |
| 1.9993      | -0.0326          |
| 3.0003      | -0.0326          |
| 4.0000      | -0.0321          |
| 5.0010      | -0.0319          |
| 5.9995      | -0.0315          |
| 7.0004      | -0.0306          |
| 7.9989      | -0.0300          |
| 8.9991      | -0.0291          |
| 10.0001     | -0.0290          |
| 11.0012     | -0.0281          |
| 11.9997     | -0.0280          |
| 13.0006     | -0.0275          |
| 13.9991     | -0.0276          |
| 15.0000     | -0.0271          |
| 16.0010     | -0.0273          |
| 16.9994     | -0.0271          |
| 18.0004     | -0.0275          |
| 18.9989     | -0.0275          |
| 20.0024     | -0.0278          |

Fuente: Autores

**Tabla A.92:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO3 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0500           |
| 1.0009      | 0.0497           |
| 1.9993      | 0.0499           |
| 3.0003      | 0.0494           |
| 4.0000      | 0.0492           |
| 5.0010      | 0.0491           |
| 5.9995      | 0.0490           |
| 7.0004      | 0.0488           |
| 7.9989      | 0.0485           |
| 8.9991      | 0.0485           |
| 10.0001     | 0.0482           |
| 11.0012     | 0.0481           |
| 11.9997     | 0.0477           |
| 13.0006     | 0.0477           |
| 13.9991     | 0.0476           |
| 15.0000     | 0.0477           |
| 16.0010     | 0.0478           |
| 16.9994     | 0.0485           |
| 18.0004     | 0.0490           |
| 18.9989     | 0.0498           |
| 20.0024     | 0.0504           |

Fuente: Autores

**Tabla A.93:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Cárnica PUNTO4 EUROPEA

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0593          |
| 1.0009      | -0.0597          |
| 1.9993      | -0.0586          |
| 3.0003      | -0.0606          |
| 4.0000      | -0.0611          |
| 5.0010      | -0.0605          |
| 5.9995      | -0.0601          |
| 7.0004      | -0.0601          |
| 7.9989      | -0.0597          |
| 8.9991      | -0.0588          |
| 10.0001     | -0.0591          |
| 11.0012     | -0.0595          |
| 11.9997     | -0.0600          |
| 13.0006     | -0.0591          |
| 13.9991     | -0.0590          |
| 15.0000     | -0.0586          |
| 16.0010     | -0.0585          |
| 16.9994     | -0.0575          |
| 18.0004     | -0.0576          |
| 18.9989     | -0.0575          |
| 20.0024     | -0.0574          |

Fuente: Autores



**Tabla A.94:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS1 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0013      | -0.0001          | 9.6001      | 0.0017           | 19.1999     | 0.0018           |
| 0.2001      | 0.0012           | 9.8003      | 0.0012           | 19.4001     | 0.0012           |
| 0.4003      | 0.0017           | 10.0004     | 0.0009           | 19.6002     | 0.0010           |
| 0.6004      | 0.0017           | 10.2006     | 0.0012           | 19.8003     | 0.0015           |
| 0.8005      | 0.0015           | 10.3994     | 0.0018           | 20.0005     | 0.0019           |
| 0.9994      | 0.0014           | 10.5995     | 0.0019           |             |                  |
| 1.1995      | 0.0014           | 10.7996     | 0.0014           |             |                  |
| 1.3997      | 0.0015           | 10.9998     | 0.0009           |             |                  |
| 1.5998      | 0.0015           | 11.1999     | 0.0012           |             |                  |
| 1.7999      | 0.0016           | 11.4000     | 0.0018           |             |                  |
| 2.0001      | 0.0016           | 11.6001     | 0.0020           |             |                  |
| 2.2002      | 0.0014           | 11.8003     | 0.0015           |             |                  |
| 2.4004      | 0.0012           | 12.0005     | 0.0010           |             |                  |
| 2.6005      | 0.0012           | 12.2006     | 0.0011           |             |                  |
| 2.7994      | 0.0015           | 12.3994     | 0.0017           |             |                  |
| 2.9995      | 0.0018           | 12.5995     | 0.0019           |             |                  |
| 3.1996      | 0.0016           | 12.7997     | 0.0015           |             |                  |
| 3.3998      | 0.0011           | 12.9998     | 0.0010           |             |                  |
| 3.5999      | 0.0011           | 13.1999     | 0.0011           |             |                  |
| 3.8000      | 0.0016           | 13.4001     | 0.0017           |             |                  |
| 4.0001      | 0.0021           | 13.6002     | 0.0019           |             |                  |
| 4.2003      | 0.0019           | 13.8003     | 0.0016           |             |                  |
| 4.4005      | 0.0012           | 14.0004     | 0.0012           |             |                  |
| 4.6006      | 0.0009           | 14.2006     | 0.0013           |             |                  |
| 4.7994      | 0.0013           | 14.3994     | 0.0016           |             |                  |
| 4.9996      | 0.0019           | 14.5995     | 0.0017           |             |                  |
| 5.1997      | 0.0019           | 14.7997     | 0.0014           |             |                  |
| 5.3998      | 0.0013           | 14.9998     | 0.0012           |             |                  |
| 5.6000      | 0.0010           | 15.1999     | 0.0013           |             |                  |
| 5.8001      | 0.0014           | 15.4001     | 0.0014           |             |                  |
| 6.0003      | 0.0019           | 15.6002     | 0.0015           |             |                  |
| 6.2004      | 0.0018           | 15.8004     | 0.0016           |             |                  |
| 6.4005      | 0.0012           | 16.0005     | 0.0016           |             |                  |
| 6.5994      | 0.0010           | 16.2006     | 0.0015           |             |                  |
| 6.7995      | 0.0015           | 16.3994     | 0.0012           |             |                  |
| 6.9996      | 0.0019           | 16.5996     | 0.0012           |             |                  |
| 7.1998      | 0.0018           | 16.7997     | 0.0016           |             |                  |
| 7.3999      | 0.0013           | 16.9998     | 0.0019           |             |                  |
| 7.6001      | 0.0011           | 17.1999     | 0.0017           |             |                  |
| 7.8002      | 0.0013           | 17.4001     | 0.0012           |             |                  |
| 8.0004      | 0.0014           | 17.6002     | 0.0010           |             |                  |
| 8.2005      | 0.0015           | 17.8004     | 0.0015           |             |                  |
| 8.4006      | 0.0015           | 18.0005     | 0.0019           |             |                  |
| 8.5994      | 0.0016           | 18.2006     | 0.0017           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0015           | 18.3994     | 0.0011           |             |                  |
| 8.9997      | 0.0014           | 18.5996     | 0.0010           |             |                  |
| 9.1999      | 0.0015           | 18.7997     | 0.0015           |             |                  |
| 9.4000      | 0.0017           | 18.9998     | 0.0021           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.95:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS2 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0013      | -0.0001          | 9.6001      | 0.0011           | 19.1999     | 0.0008           |
| 0.2001      | 0.0013           | 9.8003      | 0.0022           | 19.4001     | -0.0002          |
| 0.4003      | 0.0018           | 10.0004     | 0.0009           | 19.6002     | 0.0000           |
| 0.6004      | 0.0005           | 10.2006     | -0.0008          | 19.8003     | 0.0014           |
| 0.8005      | -0.0008          | 10.3994     | -0.0004          | 20.0005     | 0.0014           |
| 0.9994      | -0.0003          | 10.5995     | 0.0012           |             |                  |
| 1.1995      | 0.0015           | 10.7996     | 0.0016           |             |                  |
| 1.3997      | 0.0022           | 10.9998     | 0.0002           |             |                  |
| 1.5998      | 0.0005           | 11.1999     | -0.0003          |             |                  |
| 1.7999      | -0.0014          | 11.4000     | 0.0007           |             |                  |
| 2.0001      | -0.0004          | 11.6001     | 0.0011           |             |                  |
| 2.2002      | 0.0020           | 11.8003     | 0.0005           |             |                  |
| 2.4004      | 0.0020           | 12.0005     | 0.0001           |             |                  |
| 2.6005      | -0.0001          | 12.2006     | 0.0005           |             |                  |
| 2.7994      | -0.0011          | 12.3994     | 0.0011           |             |                  |
| 2.9995      | 0.0002           | 12.5995     | 0.0009           |             |                  |
| 3.1996      | 0.0020           | 12.7997     | -0.0003          |             |                  |
| 3.3998      | 0.0013           | 12.9998     | -0.0003          |             |                  |
| 3.5999      | -0.0002          | 13.1999     | 0.0012           |             |                  |
| 3.8000      | -0.0005          | 13.4001     | 0.0017           |             |                  |
| 4.0001      | 0.0006           | 13.6002     | 0.0003           |             |                  |
| 4.2003      | 0.0017           | 13.8003     | -0.0008          |             |                  |
| 4.4005      | 0.0004           | 14.0004     | -0.0001          |             |                  |
| 4.6006      | 0.0000           | 14.2006     | 0.0016           |             |                  |
| 4.7994      | 0.0006           | 14.3994     | 0.0017           |             |                  |
| 4.9996      | 0.0008           | 14.5995     | 0.0002           |             |                  |
| 5.1997      | 0.0007           | 14.7997     | -0.0009          |             |                  |
| 5.3998      | -0.0001          | 14.9998     | -0.0001          |             |                  |
| 5.6000      | 0.0002           | 15.1999     | 0.0017           |             |                  |
| 5.8001      | 0.0016           | 15.4001     | 0.0019           |             |                  |
| 6.0003      | 0.0009           | 15.6002     | 0.0003           |             |                  |
| 6.2004      | -0.0002          | 15.8004     | -0.0010          |             |                  |
| 6.4005      | -0.0002          | 16.0005     | -0.0002          |             |                  |
| 6.5994      | 0.0004           | 16.2006     | 0.0017           |             |                  |
| 6.7995      | 0.0017           | 16.3994     | 0.0020           |             |                  |
| 6.9996      | 0.0013           | 16.5996     | 0.0002           |             |                  |
| 7.1998      | -0.0006          | 16.7997     | -0.0012          |             |                  |
| 7.3999      | -0.0006          | 16.9998     | 0.0002           |             |                  |
| 7.6001      | 0.0006           | 17.1999     | 0.0018           |             |                  |
| 7.8002      | 0.0019           | 17.4001     | 0.0016           |             |                  |
| 8.0004      | 0.0015           | 17.6002     | -0.0002          |             |                  |
| 8.2005      | -0.0007          | 17.8004     | -0.0008          |             |                  |
| 8.4006      | -0.0009          | 18.0005     | 0.0007           |             |                  |
| 8.5994      | 0.0008           | 18.2006     | 0.0018           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0020           | 18.3994     | 0.0005           |             |                  |
| 8.9997      | 0.0015           | 18.5996     | -0.0003          |             |                  |
| 9.1999      | -0.0007          | 18.7997     | 0.0005           |             |                  |
| 9.4000      | -0.0011          | 18.9998     | 0.0012           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.96:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea FS3 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) | Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| 0.0013      | -0.0005          | 9.6001      | 0.0014           | 19.1999     | 0.0022           |
| 0.2001      | -0.0001          | 9.8003      | 0.0010           | 19.4001     | -0.0003          |
| 0.4003      | 0.0010           | 10.0004     | -0.0001          | 19.6002     | -0.0011          |
| 0.6004      | 0.0017           | 10.2006     | -0.0005          | 19.8003     | 0.0005           |
| 0.8005      | 0.0009           | 10.3994     | 0.0011           | 20.0005     | 0.0025           |
| 0.9994      | -0.0001          | 10.5995     | 0.0020           |             |                  |
| 1.1995      | 0.0008           | 10.7996     | 0.0011           |             |                  |
| 1.3997      | 0.0009           | 10.9998     | -0.0004          |             |                  |
| 1.5998      | 0.0008           | 11.1999     | -0.0007          |             |                  |
| 1.7999      | 0.0009           | 11.4000     | 0.0013           |             |                  |
| 2.0001      | 0.0005           | 11.6001     | 0.0028           |             |                  |
| 2.2002      | 0.0011           | 11.8003     | 0.0011           |             |                  |
| 2.4004      | 0.0008           | 12.0005     | -0.0011          |             |                  |
| 2.6005      | -0.0002          | 12.2006     | -0.0006          |             |                  |
| 2.7994      | 0.0004           | 12.3994     | 0.0016           |             |                  |
| 2.9995      | 0.0012           | 12.5995     | 0.0024           |             |                  |
| 3.1996      | 0.0017           | 12.7997     | 0.0005           |             |                  |
| 3.3998      | 0.0008           | 12.9998     | -0.0008          |             |                  |
| 3.5999      | -0.0009          | 13.1999     | 0.0002           |             |                  |
| 3.8000      | 0.0002           | 13.4001     | 0.0012           |             |                  |
| 4.0001      | 0.0025           | 13.6002     | 0.0017           |             |                  |
| 4.2003      | 0.0017           | 13.8003     | 0.0010           |             |                  |
| 4.4005      | -0.0001          | 14.0004     | 0.0000           |             |                  |
| 4.6006      | -0.0007          | 14.2006     | 0.0001           |             |                  |
| 4.7994      | 0.0002           | 14.3994     | 0.0009           |             |                  |
| 4.9996      | 0.0024           | 14.5995     | 0.0014           |             |                  |
| 5.1997      | 0.0017           | 14.7997     | 0.0009           |             |                  |
| 5.3998      | 0.0000           | 14.9998     | 0.0004           |             |                  |
| 5.6000      | -0.0007          | 15.1999     | 0.0006           |             |                  |
| 5.8001      | 0.0003           | 15.4001     | 0.0005           |             |                  |
| 6.0003      | 0.0021           | 15.6002     | 0.0007           |             |                  |
| 6.2004      | 0.0017           | 15.8004     | 0.0008           |             |                  |
| 6.4005      | 0.0003           | 16.0005     | 0.0008           |             |                  |
| 6.5994      | -0.0004          | 16.2006     | 0.0008           |             |                  |
| 6.7995      | 0.0005           | 16.3994     | 0.0010           |             |                  |
| 6.9996      | 0.0014           | 16.5996     | 0.0000           |             |                  |
| 7.1998      | 0.0014           | 16.7997     | 0.0002           |             |                  |
| 7.3999      | 0.0005           | 16.9998     | 0.0019           |             |                  |
| 7.6001      | 0.0000           | 17.1999     | 0.0012           |             |                  |
| 7.8002      | 0.0004           | 17.4001     | 0.0004           |             |                  |
| 8.0004      | 0.0011           | 17.6002     | -0.0005          |             |                  |
| 8.2005      | 0.0008           | 17.8004     | 0.0000           |             |                  |
| 8.4006      | 0.0009           | 18.0005     | 0.0021           |             |                  |
| 8.5994      | 0.0006           | 18.2006     | 0.0019           |             |                  |
| 8.7996      | 0.0008           | 18.3994     | 0.0001           |             |                  |
| 8.9997      | 0.0007           | 18.5996     | -0.0008          |             |                  |
| 9.1999      | 0.0003           | 18.7997     | -0.0001          |             |                  |
| 9.4000      | 0.0008           | 18.9998     | 0.0026           |             |                  |

Fuente: Autores

**Tabla A.97:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO1

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0359          |
| 0.9994      | -0.0357          |
| 2.0001      | -0.0358          |
| 2.9995      | -0.0357          |
| 4.0001      | -0.0354          |
| 4.9996      | -0.0354          |
| 6.0003      | -0.0353          |
| 6.9996      | -0.0354          |
| 8.0004      | -0.0356          |
| 8.9997      | -0.0356          |
| 10.0004     | -0.0359          |
| 10.9998     | -0.0359          |
| 12.0005     | -0.0359          |
| 12.9998     | -0.0359          |
| 14.0004     | -0.0357          |
| 14.9998     | -0.0357          |
| 16.0005     | -0.0356          |
| 16.9998     | -0.0355          |
| 18.0005     | -0.0354          |
| 18.9998     | -0.0352          |
| 20.0005     | -0.0352          |

Fuente: Autores

**Tabla A.98:** Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO1NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0096          |
| 0.9997      | -0.0097          |
| 1.9993      | -0.0082          |
| 3.0003      | -0.0078          |
| 4.0010      | -0.0086          |
| 4.9982      | -0.0081          |
| 5.9992      | -0.0074          |
| 7.0006      | -0.0086          |
| 7.9987      | -0.0092          |
| 8.9975      | -0.0085          |
| 9.9982      | -0.0094          |
| 10.9977     | -0.0104          |
| 12.0005     | -0.0100          |
| 13.0021     | -0.0097          |
| 14.0020     | -0.0104          |
| 15.0006     | -0.0103          |
| 15.9992     | -0.0092          |
| 17.0004     | -0.0093          |
| 17.9992     | -0.0095          |
| 18.9982     | -0.0084          |
| 20.0042     | -0.0080          |

Fuente: Autores

**Tabla A.99:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO2

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0380          |
| 0.9994      | -0.0379          |
| 2.0001      | -0.0379          |
| 2.9995      | -0.0377          |
| 4.0001      | -0.0374          |
| 4.9996      | -0.0373          |
| 6.0003      | -0.0372          |
| 6.9996      | -0.0373          |
| 8.0004      | -0.0375          |
| 8.9997      | -0.0376          |
| 10.0004     | -0.0380          |
| 10.9998     | -0.0381          |
| 12.0005     | -0.0382          |
| 12.9998     | -0.0381          |
| 14.0004     | -0.0379          |
| 14.9998     | -0.0379          |
| 16.0005     | -0.0377          |
| 16.9998     | -0.0376          |
| 18.0005     | -0.0374          |
| 18.9998     | -0.0372          |
| 20.0005     | -0.0372          |

Fuente: Autores

**Tabla A.100:** Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO2NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0091          |
| 0.9997      | -0.0094          |
| 1.9993      | -0.0078          |
| 3.0003      | -0.0076          |
| 4.0010      | -0.0089          |
| 4.9982      | -0.0080          |
| 5.9992      | -0.0072          |
| 7.0006      | -0.0085          |
| 7.9987      | -0.0090          |
| 8.9975      | -0.0078          |
| 9.9982      | -0.0085          |
| 10.9977     | -0.0098          |
| 12.0005     | -0.0090          |
| 13.0021     | -0.0085          |
| 14.0020     | -0.0098          |
| 15.0006     | -0.0096          |
| 15.9992     | -0.0082          |
| 17.0004     | -0.0090          |
| 17.9992     | -0.0094          |
| 18.9982     | -0.0082          |
| 20.0042     | -0.0080          |

Fuente: Autores

**Tabla A.101:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO3

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0120           |
| 0.9994      | 0.0130           |
| 2.0001      | 0.0190           |
| 2.9995      | 0.0195           |
| 4.0001      | 0.0161           |
| 4.9996      | 0.0160           |
| 6.0003      | 0.0150           |
| 6.9996      | 0.0124           |
| 8.0004      | 0.0137           |
| 8.9997      | 0.0167           |
| 10.0004     | 0.0204           |
| 10.9998     | 0.0190           |
| 12.0005     | 0.0229           |
| 12.9998     | 0.0217           |
| 14.0004     | 0.0175           |
| 14.9998     | 0.0183           |
| 16.0005     | 0.0158           |
| 16.9998     | 0.0208           |
| 18.0005     | 0.0173           |
| 18.9998     | 0.0190           |
| 20.0005     | 0.0144           |

Fuente: Autores



**Tabla A.102:** Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO3NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0349          |
| 0.9997      | -0.0344          |
| 1.9993      | -0.0270          |
| 3.0003      | -0.0258          |
| 4.0010      | -0.0309          |
| 4.9982      | -0.0268          |
| 5.9992      | -0.0227          |
| 7.0006      | -0.0300          |
| 7.9987      | -0.0316          |
| 8.9975      | -0.0271          |
| 9.9982      | -0.0317          |
| 10.9977     | -0.0369          |
| 12.0005     | -0.0338          |
| 13.0021     | -0.0320          |
| 14.0020     | -0.0373          |
| 15.0006     | -0.0364          |
| 15.9992     | -0.0295          |
| 17.0004     | -0.0328          |
| 17.9992     | -0.0334          |
| 18.9982     | -0.0275          |
| 20.0042     | -0.0267          |

Fuente: Autores

**Tabla A.103:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea P INTERNO4

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0266           |
| 0.9994      | 0.0265           |
| 2.0001      | 0.0265           |
| 2.9995      | 0.0289           |
| 4.0001      | 0.0259           |
| 4.9996      | 0.0282           |
| 6.0003      | 0.0294           |
| 6.9996      | 0.0313           |
| 8.0004      | 0.0290           |
| 8.9997      | 0.0228           |
| 10.0004     | 0.0239           |
| 10.9998     | 0.0225           |
| 12.0005     | 0.0273           |
| 12.9998     | 0.0211           |
| 14.0004     | 0.0218           |
| 14.9998     | 0.0240           |
| 16.0005     | 0.0236           |
| 16.9998     | 0.0279           |
| 18.0005     | 0.0295           |
| 18.9998     | 0.0289           |
| 20.0005     | 0.0262           |

Fuente: Autores

**Tabla A.104:** Resultados de la Industria Láctea con parámetros recomendados P INTERNO4NP

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0103          |
| 0.9997      | -0.0132          |
| 1.9993      | -0.0128          |
| 3.0003      | -0.0132          |
| 4.0010      | -0.0195          |
| 4.9982      | -0.0169          |
| 5.9992      | -0.0142          |
| 7.0006      | -0.0175          |
| 7.9987      | -0.0158          |
| 8.9975      | -0.0108          |
| 9.9982      | -0.0107          |
| 10.9977     | -0.0119          |
| 12.0005     | -0.0074          |
| 13.0021     | -0.0066          |
| 14.0020     | -0.0090          |
| 15.0006     | -0.0098          |
| 15.9992     | -0.0080          |
| 17.0004     | -0.0112          |
| 17.9992     | -0.0149          |
| 18.9982     | -0.0133          |
| 20.0042     | -0.0146          |

Fuente: Autores

**Tabla A.105:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO1 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0032           |
| 0.9994      | 0.0033           |
| 2.0001      | 0.0033           |
| 2.9995      | 0.0033           |
| 4.0001      | 0.0034           |
| 4.9996      | 0.0034           |
| 6.0003      | 0.0034           |
| 6.9996      | 0.0034           |
| 8.0004      | 0.0033           |
| 8.9997      | 0.0033           |
| 10.0004     | 0.0032           |
| 10.9998     | 0.0031           |
| 12.0005     | 0.0032           |
| 12.9998     | 0.0032           |
| 14.0004     | 0.0033           |
| 14.9998     | 0.0034           |
| 16.0005     | 0.0035           |
| 16.9998     | 0.0035           |
| 18.0005     | 0.0035           |
| 18.9998     | 0.0035           |
| 20.0005     | 0.0035           |

Fuente: Autores

**Tabla A.106:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO2 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0290          |
| 0.9994      | -0.0299          |
| 2.0001      | -0.0309          |
| 2.9995      | -0.0321          |
| 4.0001      | -0.0337          |
| 4.9996      | -0.0338          |
| 6.0003      | -0.0334          |
| 6.9996      | -0.0333          |
| 8.0004      | -0.0331          |
| 8.9997      | -0.0323          |
| 10.0004     | -0.0310          |
| 10.9998     | -0.0299          |
| 12.0005     | -0.0306          |
| 12.9998     | -0.0311          |
| 14.0004     | -0.0317          |
| 14.9998     | -0.0323          |
| 16.0005     | -0.0327          |
| 16.9998     | -0.0334          |
| 18.0005     | -0.0335          |
| 18.9998     | -0.0336          |
| 20.0005     | -0.0326          |

Fuente: Autores

**Tabla A.107:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO3 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | -0.0010          |
| 0.9994      | -0.0012          |
| 2.0001      | -0.0009          |
| 2.9995      | -0.0006          |
| 4.0001      | -0.0009          |
| 4.9996      | -0.0019          |
| 6.0003      | -0.0026          |
| 6.9996      | -0.0031          |
| 8.0004      | -0.0027          |
| 8.9997      | -0.0023          |
| 10.0004     | -0.0020          |
| 10.9998     | -0.0021          |
| 12.0005     | -0.0014          |
| 12.9998     | -0.0006          |
| 14.0004     | -0.0003          |
| 14.9998     | 0.0001           |
| 16.0005     | -0.0007          |
| 16.9998     | -0.0011          |
| 18.0005     | -0.0011          |
| 18.9998     | -0.0011          |
| 20.0005     | -0.0026          |

Fuente: Autores

**Tabla A.108:** Resultados (Modelo Construido) de la Industria Láctea PUNTO4 PARMALAT

| Tiempo (sg) | Velocidad (m/sg) |
|-------------|------------------|
| 0.0000      | 0.0120           |
| 0.9994      | 0.0130           |
| 2.0001      | 0.0190           |
| 2.9995      | 0.0195           |
| 4.0001      | 0.0161           |
| 4.9996      | 0.0160           |
| 6.0003      | 0.0150           |
| 6.9996      | 0.0124           |
| 8.0004      | 0.0137           |
| 8.9997      | 0.0167           |
| 10.0004     | 0.0204           |
| 10.9998     | 0.0190           |
| 12.0005     | 0.0229           |
| 12.9998     | 0.0217           |
| 14.0004     | 0.0175           |
| 14.9998     | 0.0183           |
| 16.0005     | 0.0158           |
| 16.9998     | 0.0208           |
| 18.0005     | 0.0173           |
| 18.9998     | 0.0190           |
| 20.0005     | 0.0144           |

Fuente: Autores