



# Diseño y construcción de inyector para electro-hilado y su generación de biomateriales como membranas porosas

H. A. Carmona-Moreno<sup>a</sup>, H. E. Romero-Sánchez<sup>b</sup>, M. Pérez-Porras<sup>c</sup>, R. Murueta-Fortiz<sup>a</sup>, M. A. Morales<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias de la Electrónica, <sup>b</sup> Facultad de Medicina, <sup>c</sup> Facultad de Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio S/N, Puebla. Pue. C.P: 72570.

## Resumen

Se presenta un modelo funcional de un inyector dual para un prototipo de electro-hilado, el cual procesa membranas porosas por medio de la inyección de dos distintos polímeros (ácido poli láctico y alcohol de polivinilo) y recogidos en un colector para su posterior inyección. La membranas obtenidas, se aplican como apósitos activos para la regeneración de tejido cutáneo en heridas de segunda intención en ratas de la sepa Wistar. Para ello es necesario un sistema de inyección controlado que pueda regular variables como el flujo de los dos polímeros, pues para cada polímero cambia su viscosidad. Es por esto que se requiere cambiar los factores como la velocidad o el torque para una buena inyección. Este sistema de inyección dual en continuo, es basado en un microcontrolador Microchip 16F877A como medio de control y se definen las tareas asignadas por medio de un teclado matricial y visualizado en una pantalla LCD. Y gracias a este dispositivo de control automático, se pueden obtener diferentes morfologías micrométricas de las membranas porosas que gracias a esta investigación, resultan ser biomateriales que son una promesa como nuevo tratamiento coadyuvante para daños en tejido cutáneo.

## 1. Introducción

- Proceso de “electrospinning” por medio de estiramiento coaxial de solución viscoelástica.
- Es necesario inyectar soluciones poliméricas a través de grandes campos eléctricos por medio de un sistema de inyección controlado.
- Prototipo de sistema de control consta: a) motor Stepper bipolar, b) driver L298N, c) pantalla LCD, d) sensor de temperatura, e) microcontrolador PIC 16f877A, f) teclado matricial, g) servomotores.
- Resultado del procesamiento por “electrospinning” membranas porosas a base de PLA/PVA.
- Aplicación de membranas porosas para regeneración de tejido cutáneo vía.

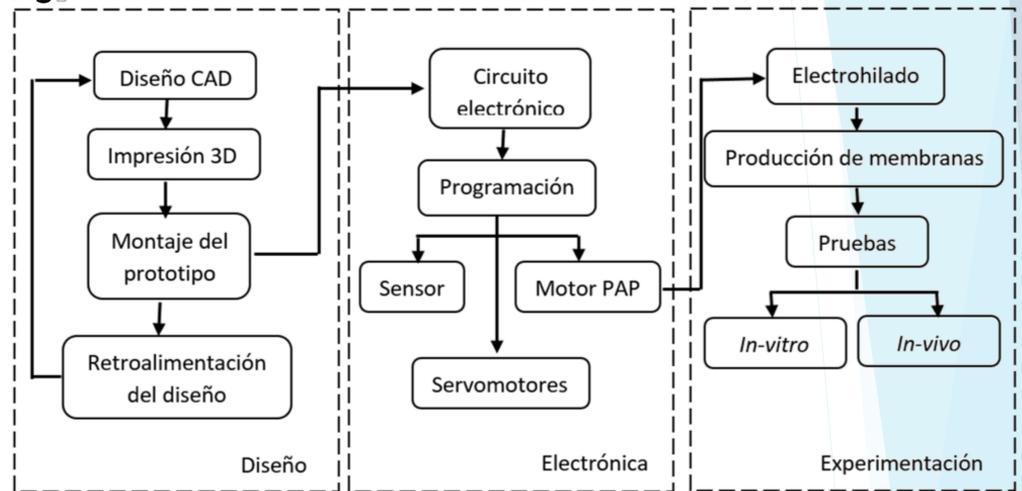


A) Recolección de la solución polimérica y análisis de membranas.

## 2. Objetivos Generales

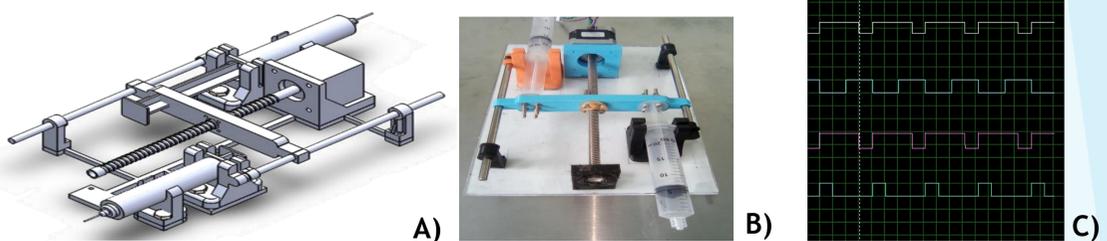
- Control automático para su funcionamiento en continuo y retroalimentación.
  - Monitorear condiciones de temperatura, humedad, drenado y velocidad de inyección durante el proceso.
  - Caracterizar membranas porosas a base de PVA/PLA, obtenidas mediante el procesamiento por “electrospinning”.
  - Realizar pruebas de bio-compatibilidad de las membranas porosas poliméricas.
- A. Pruebas *in-vitro*: adhesión y proliferación celular de fibroblastos dermales de humano.
- B. Pruebas *in-vivo* para ratas Wistar en heridas de segunda intención.

## 3. Metodología



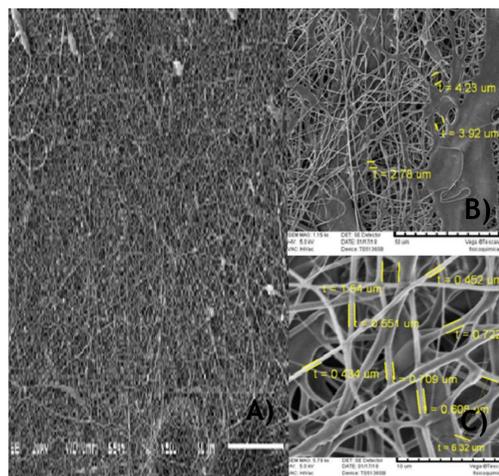
## 4. Resultados

### Diseño, construcción y validación del prototipo del sistema de control por inyección



A) Diseño de piezas y verificación del espacio entre ellas; B) Impresión y construcción del prototipo; C) Visualización de pasos con osciloscopio

### Caracterización por SEM de membranas porosas de PLA/PVA



A) Micrografía de la membrana sintetizada con el co-polímero ácido poli láctico (PLA) y poli vinil alcohol (PVA); B) Los diámetros de las fibras son totalmente heterogéneos, sin embargo las fibras del polímero PVA son más gruesas, los cuales se ven más planos; C) El PLA se muestra más transparente a comparación del polímero PVA.

### Pruebas de bio-compatibilidad *in-vitro* e *in-vivo* de las membranas de PLA/PVA

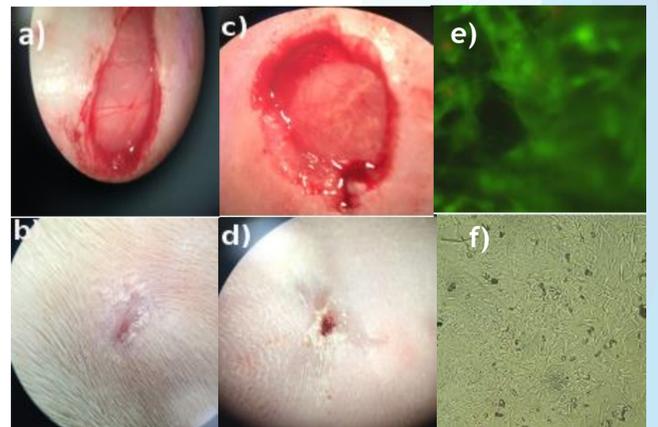


Figura 4: a) Herida de segunda intención, b) la misma que en b) posterior a 15 días con membrana PLA/PVA, c) Control de herida de segunda intención, d) la misma que en c) posterior a 15 días, e) fibroblastos de piel de humano de cultivo primario en contacto con la membrana en estado inicial, f) la misma que e) pero tomada después de 24 horas mediante un microscopio de fluorescencia.

## 5. Conclusiones

1. Incremento en el tiempo de inyección y mejoramiento en la recolección de la solución.
2. Procesamiento por “electrospinning” permite obtener membranas porosas de PVA/PLA de orden micrométrico.
3. Las Membranas poliméricas imitan la matriz extracelular, permitiendo la regeneración celular en cicatrización de heridas por segunda intención.

## 6. Referencias

- [1] Hugo Enrique Romero Sánchez “Efecto de membranas de PLA/PVA obtenidas para electrohilado y extracto acuoso de *Quercus illex* en el tratamiento de heridas pos-quirúrgicas en piel de rata de la cepa Wistar”, tesis para la obtención de grado de licenciado en Medicina, Mayo 2018.
- [2] José Mijail Pérez Porras, Procesamiento de membranas microporosas a base de polímeros y biopolímeros mediante la técnica de electrohilado para su posterior escalabilidad a un diseño industrial, para la obtención de grado de ingeniero en materiales, 2018.