



**VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA  
APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD**  
4, 5 Y 6 de junio de 2015  
Unidad de Seminarios  
de Ciudad Universitaria, BUAP  
Puebla, Pue.



# INSTRUMENTACIÓN DE UNA MESA DE INCLINACIÓN PARA FISIOTERAPIA

Cropeza Saucedo María Montserrat, Vargas Treviño Aurora Díoçcora, Reyes Cortés Fernando, Palomino Merino Amparo Dora, Vergara Limón Sergio, Cid Monjaraz Jaime  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Facultad de Ciencias de la Electrónica, Maestría en Ciencias de la Electrónica, Opción en Automatización

## I. INTRODUCCIÓN

POSICIONES QUIRÚRGICAS Y DE FISIOTERAPIA

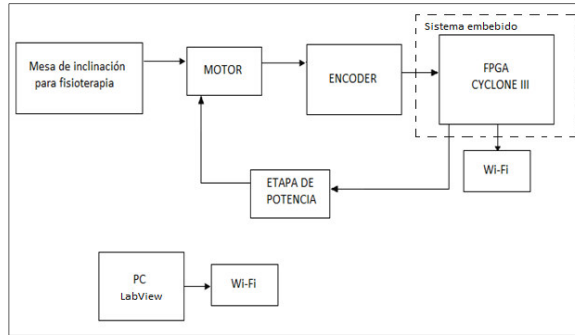
POSICIÓN DE TRENDELBURG



POSICIÓN DE ANTI-TRENDELBURG

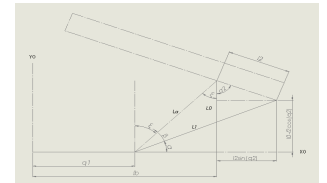


## II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



## III. MODELO MATEMÁTICO

Modelo Cinemático y Dinámico



Donde tenemos que:

$q_1$  es la posición articular prismática.

$q_2$  es la posición articular rotacional.

$l_1$  la longitud de la palanca.

$l_2$  la longitud del establon fijo.

$l_3$  la longitud del extremo final de la palanca al extremo final del establon fijo.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_1 + l_2 \cos(q_2) \\ l_2 \sin(q_2) \end{bmatrix}$$

Donde:

$$\alpha = \sin^{-1} \left[ \frac{l_2 - l_1 \cos(q_2)}{l_3} \right]$$

$$K(q, \dot{q}) = \frac{1}{2} m_1 v^T v + \frac{1}{2} I_1 \dot{q}^2 + \frac{1}{2} m_2 v^T v + \frac{1}{2} I_2 \dot{q}^2$$

$$K(q, \dot{q}) = \frac{1}{2} m_1 \dot{q}^2 + \frac{1}{2} m_2 \dot{q}^2 + \frac{1}{2} \left[ \frac{m_3 (l_1 \cos(q_2) + l_2 \cos(q_2))}{l_3} + \frac{1}{2} \right] \dot{q}^2 - \frac{2m_3 l_1 l_2 \sin(q_2) \cos(q_2)}{2l_3} \dot{q}_1 \dot{q}_2$$

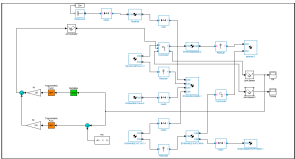
$$= \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \dot{q}^2 + \frac{1}{2} \left[ \frac{m_3 (l_1 \cos(q_2) + l_2 \cos(q_2))}{l_3} + \frac{1}{2} \right] \dot{q}^2 - \frac{m_3 l_1 l_2 \sin(q_2) \cos(q_2)}{l_3} \dot{q}_1 \dot{q}_2$$

$$U(q) = mgh = mgl_1 [1 - \cos(q)] = m_2 g l_2 \left[ 1 - \cos \left[ \sin^{-1} \left[ \frac{l_2 - l_1 \cos(q_2)}{l_3} \right] \right] \right]$$

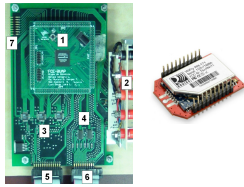
$$Z(q, \dot{q}) = \kappa(q, \dot{q}) - U(q)$$

$$\tau = \frac{d}{dt} \left[ \frac{\partial Z}{\partial \dot{q}} \right] - \frac{\partial Z}{\partial q} = f + f_d(q)$$

## IV. SIMULACIÓN EN CAD

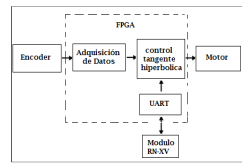


## V. HARDWARE DE LA MESA DE INCLINACIÓN



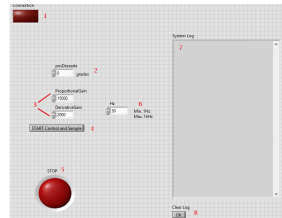
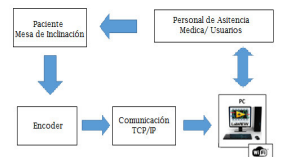
- En donde:
1. FPGA Cyclone III, aquí se encuentra el firmware.
  2. Alimentaciones 12V, 5V, 3.3V, -12V.
  3. DAC's 7414 y de Texas Instruments.
  4. Filtros de ruidos SMDs VOT208.
  5. Información hacia el driver.
  6. Información de los Encoders.
  7. Conector RS, bus para el módulo WiFi.

## VI. FIRMWARE DE LA MESA DE INCLINACIÓN



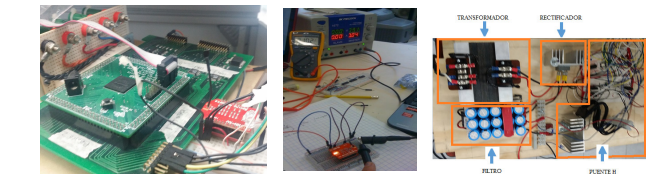
El protocolo UART se implementó en el FPGA, particularmente en lenguaje AHDL (Altera Hardware Design Language). El Firmware del UART incluye las funciones de transmisión y recepción de datos seriamente, así como la interfaz de interpretación de datos.

## VII. DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO



- 1) Indica el estado de la conexión TCP con el módulo Wi-Fi.
- 2) Posición deseada en grados, la cual se declara por el usuario.
- 3) Ganancias Proporcional y Derivativa.
- 4) Inicio de control.
- 5) Paro de emergencia.
- 6) Frecuencia de muestreo
- 7) Cuadro de registro donde se visualizan los procesos internos del software.
- 8) Limpiar el cuadro de registro.

## VIII. RESULTADOS



## IX. CONCLUSIONES

Con este proyecto se busca beneficiar tanto al área de fisioterapia como al paciente que necesite este tipo de instrumental médico.

El Firmware desarrollado para la mesa de inclinación se realizó en Quartus II 13.1, el cual conforma el circuito lógico programable para llevar a cabo el control de posición deseada del sistema, mediante una tangente hiperbólica, de tal manera que nos proporcione una respuesta más suave, aparte de asegurar que los circuitos electrónicos no operen en su límite.

El software desarrollado para la mesa de inclinación se realizó en LabView 12, el cual es nuestro control de mandos para que el personal de asistencia médica o usuario pueda fijar la posición deseada del sistema.

En cuanto a las pruebas experimentales, la mesa de inclinación para fisioterapia, ya se ha probado con personas de aproximadamente 120kg, y participo en el concurso de prototipos de innovación tecnológica, obteniendo el tercer lugar.

## X. REFERENCIAS

- [1] Robotica. Control de Robots Manipuladores. Fernando Reyes Cortes. Segunda reimpresión, Editorial Alfa-omega.
- [2] Control de Movimiento de Robots Manipuladores, Rafael Kelly, Editorial PEARSON Prentice Hall.
- [3] Mechanism and Dynamics of Machinery. Hamilton H. Mabie & Charles F. Reinholt. Cuarta edición.
- [4] 3D CAD Design Software SolidWorks, Disponible en: <http://www.solidworks.com/>
- [5] Conociendo SolidWorks y MATLAB, Disponible en: <http://fortipharma.blogspot.mx/2013/12/05/conociendo-solidworks-y-matlab.html>
- [6] SimMechanics Link download, Disponible en: [https://www.mathworks.com/matlabcentral/forums/attachment/download\\_smlink.html](https://www.mathworks.com/matlabcentral/forums/attachment/download_smlink.html)
- [7] Dynamic Simulation of Hybrid-drive. Planar Four-Bar Parallel Mechanism Based on SimMechanics and Tracking Control. Bin Zu, Jianbin Cao and Zhencai Zhu. Accepted 19 Aug 2011
- [8] Javier Buitrago López, "Control de un robot articular de 1 grado de libertad utilizando un sistema embebido via WiFi", Tesis de Maestría en Ciencias de la Electrónica opción Automatización, FCE BUAP, 2012.
- [9] FPGA CPLD and ASIC from Altera, Disponible en: <http://www.altera.com/>
- [10] H. Ledwith, A. Thakara, "Implementation of serial communication using UART with configurable baud rate", International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication.
- [11] Dr. Vergara Limón, Curso Electrónica de potencia, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014.
- [12] Dispositivos Electrónicos y Amplificadores de señales A.SEDRA K.C. SMTH Mac Draw
- [13] Dr. Vergara Limón, Curso Como aceptar la señal en un circuito por cable, Facultad de Ciencias de la Electrónica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014.