

# Trabajos de investigación en Automatización y Control. Aplicaciones.



## 5<sup>a</sup> JORNADA DE ELECTRÓNICA FI – UNPSJB

Ricardo Ramiro Peña

### Instituciones:

Lab. de Automatización y Control, Departamento de Electrónica, Fac. de Ing., UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Argentina.  
CIT Golfo San Jorge - CONICET.



# Índice

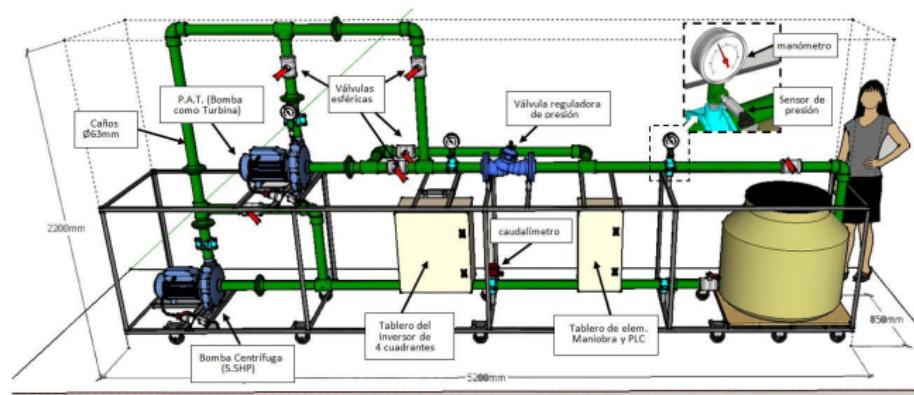
- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

# Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua

- Convenio SCPLCR.
- Prog. de Cooperativismo y Economía Social en la Univ.
- Tesis de grado.

- Estudiantes:  
Andrés Cadiboni  
y Facundo Yncio.
- SCPL: Ing.  
(Cristian Sosa,  
Arturo Ticli y  
Marcela  
Vasquez).
- LAC.

Esquema del sistema desarrollado:



GIICEP:

Daniel Fernández, Ricardo Das Neves, Gerardo Ahrtz, Marcelo Lorenc, Nicolas Costa, Alejandro Munnemann, Leandro Martinez y Ramiro Peña.

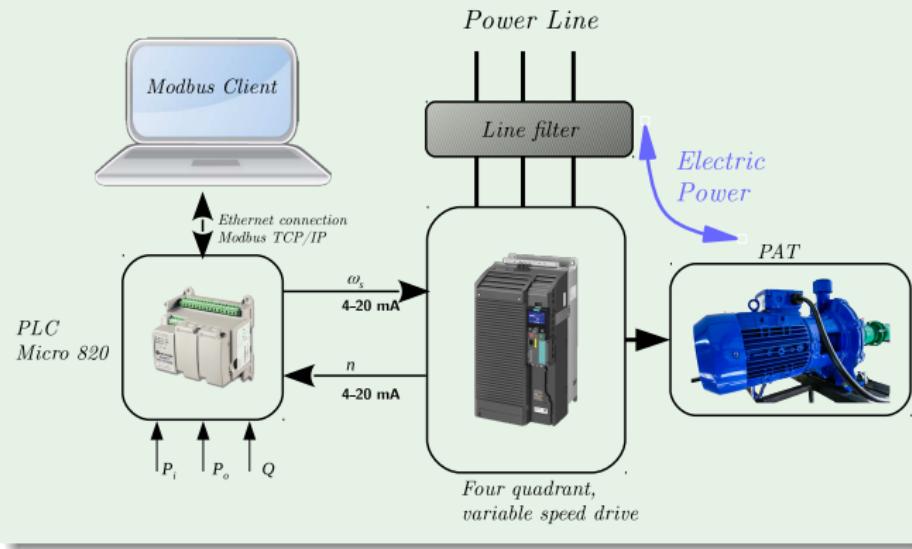
# Sistema de recuperación de energía.

Estudiantes: Andrés Cadiboni y Facundo Yncio.

SCPL: Ing. (Cristian Sosa, Arturo Ticli y Marcela Vasquez).

## Esquema del sistema desarrollado

- Convenio SCPLCR.
- Prog. de Cooperativismo y Economía Social en la Univ.
- Tesis de grado.



## Trabajos presentados

2 trabajos en 2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM), Montevideo Uruguay [7] y [1].

# Sistema de recuperación de energía



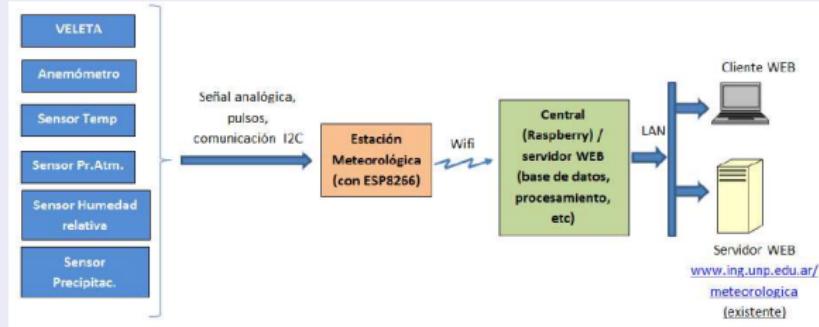
# Proyecto Final Estación meteorológica

Estudiantes: Milton Jones y Pablo Martínez. Co-dirección: Gerardo Ahrtz.

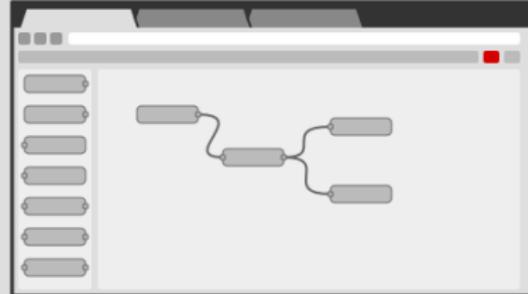
## Temas

- IoT
- ESP8266
- Raspberry Pi
- Mqtt
- Node Red

## Esquema de proyecto final



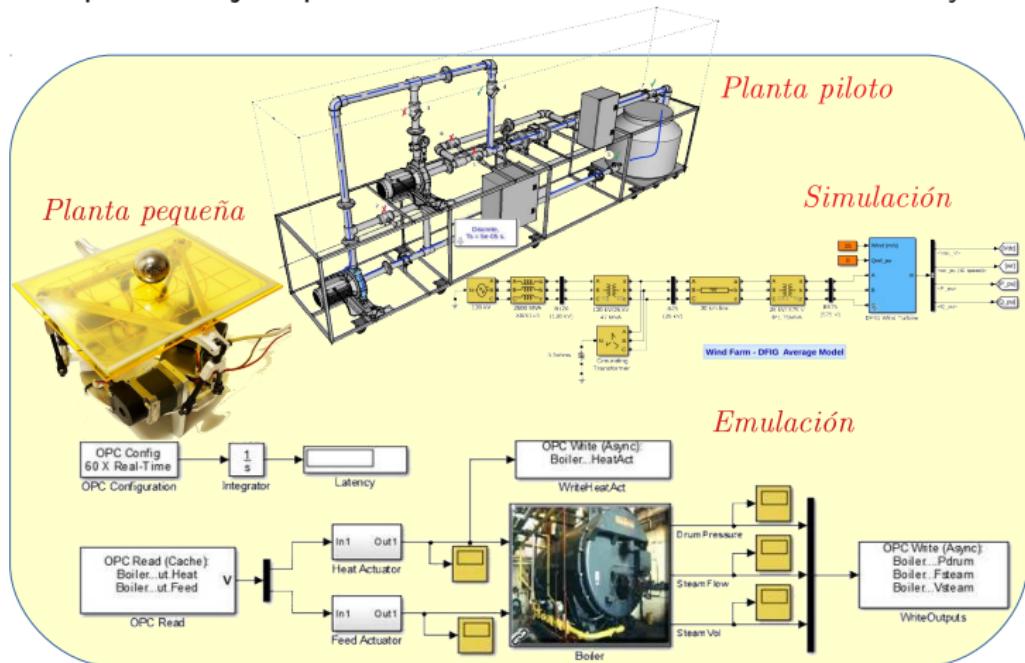
## NodeRED



# Emulación de sistemas y OPC

- Automatización Industrial (Marcelo Lorenc).

Opciones para trabajo experimental en educación en Automatización y control:



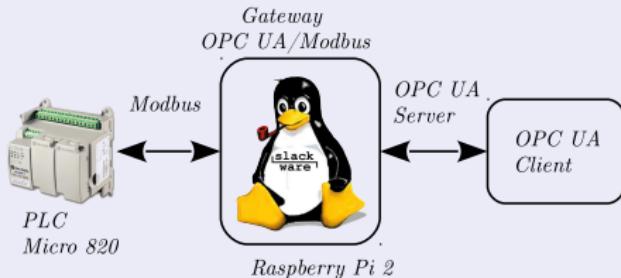
Emulation-Based Virtual Laboratories: A Low-Cost Alternative to Physical Experiments in Control Engineering Education, Graham C. Goodwin y otros.

# Gateway OPC UA/Modbus (Marcelo Lorenc y D.F.)

## Protocolos industriales de comunicación

- Modbus
- OPC Unified Architecture

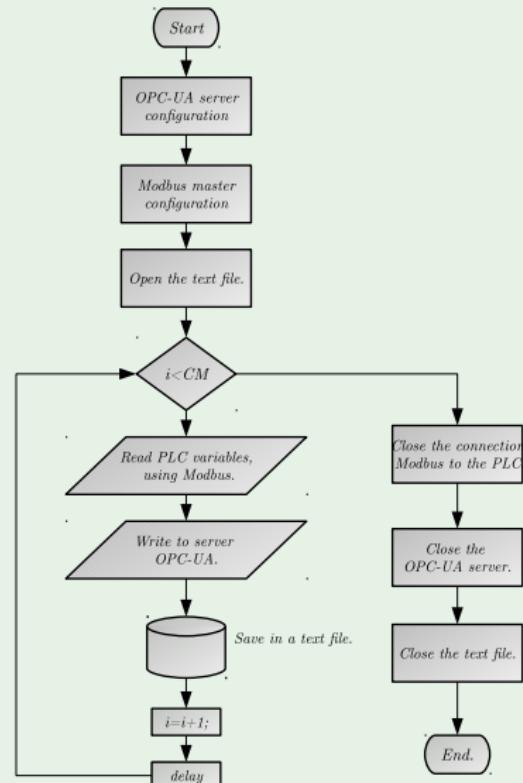
## Comunicación entre el PLC y la RPi2.



## Software

- Slackware GNU/Linux
- Python

## Diagrama de flujo del software



# Ensayos sobre el gateway OPC UA/Modbus (RPi2)



## Pruebas sobre Slackware ARM

- Slackware ARM
  - <http://sarpi.fatdog.eu/>;
  - <https://repo.e-slackware.org/>
- ssh
- Python
- sshfs.

## Slackware ARM GNU/Linux

```
bash-4.3$ ssh ramiro@192.168.200.214
ramiro@192.168.200.214's password:
Last login: Mon Apr 29 16:39:21 2019 from 192.168.10.173
Linux 4.14.98-v7-arm.
ramiro@raspi2:"$ su
password:
root@raspi2:/home/ramiro# sshfs ramiro@192.168.10.173:/home/ramiro/raspi2 /mnt/
zip/
root@raspi2:/home/ramiro# cd /mnt/zip/python/
root@raspi2:/mnt/zip/python# python3.6 server_opc-modbusunp2.py
Endpoints other than open requested but private key and certificate are not set.
Listening on 192.168.200.214:4840
Servidor OPC-UA iniciado en:opc.tcp://192.168.200.214:4840
[16109, 26752, 11499, 0]
[16109, 20638, 944, 0]
[7770, 1603, 944, 0]
[7770, 437, 21922, 0]
[10477, 6209, 21922, 0]
[10477, 30273, 16031, 0]
[32586, 6091, 16031, 0]
[32586, 17392, 9963, 0]
[15183, 17415, 9963, 0]
[15183, 12535, 27397, 0]
[13707, 17184, 27397, 0]
[13707, 23022, 29073, 0]
[20873, 29404, 29073, 0]
[20873, 18929, 15993, 0]
[6361, 28928, 15993, 0]
[6361, 4415, 16016, 0]
[31466, 14662, 16016, 0]
[31466, 26058, 2398, 0]
[7179, 31188, 2398, 0]
[7179, 13946, 16089, 0]
[18481, 16500, 16089, 0]
```

# Ensayo sobre el Gateway OPC UA/Modbus (Cliente)

## Cliente OPC UA (UaExpert)

The screenshot shows the UaExpert software interface for OPC UA. The main window has several panes:

- Project** pane: Shows a tree structure with "Project", "Servers" (containing "Freeopcua Python Server"), and "Documents".
- Data Access View** pane (highlighted with a red box): A table showing data from the server:

#	Server	Node Id	Display Name	Value	Datatype
1	Freeopcua Pyt...	NS2[Numeric]2	variable 1	9850	Int64
2	Freeopcua Pyt...	NS2[Numeric]3	variable 2	22593	Int64
3	Freeopcua Pyt...	NS2[Numeric]4	variable 3	13345	Int64
4	Freeopcua Pyt...	NS2[Numeric]5	variable 4	0	Int64
- Attributes** pane: Displays attributes for a selected node (NodeID 87):

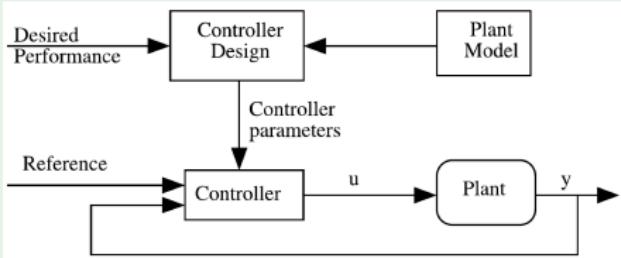
Attribute	Value
NodeID	i=87 [VI]
NamespaceIndex	0
IdentifierType	Numeri
Identifier	87 [View]
NodeClass	Object
BrowseName	0, "View"
DisplayName	"", "View"
Description	""; "The
WriteMask	0
UserWriteMask	0
RolePermissions	BadAttr
UserRolePermissions	BadAttr
AccessRestrictions	BadAttr
EventNotifier	None
- Address Space** pane: Shows the structure of the OPC server:
  - Parameters: variable 1, variable 2, variable 3, variable 4, variable 5, variable 6.
  - Server
  - Types
    - DataTypes
    - EventTypes
    - ObjectTypes
    - ReferenceTypes
    - VariableTypes
  - Views
- References** pane: Displays references for a selected node.

A red bracket on the left side of the Address Space pane points to the "variable 1" through "variable 6" entries, with the text "Data available on OPC server UA" positioned below it.

Variables to be read

# Identificación de sistemas

## Control de un sistema



Modelo propuesto:

$$y(k) = [H_{1,1}(z) \quad H_{2,1}(z) \quad H_{3,1}(z)] \begin{bmatrix} Q \\ n \\ P_i \end{bmatrix},$$

Identificación empleando mínimos cuadrados

$$y(k) = \sum_{j=1}^w (H_{j,1}(z)u_j(k) + H_{j,2}(z)e(k)),$$

$$A(z)y(k) = \sum_{i=1}^w B_i(z)u_w(k) + e(k).$$

$$y = x\theta + E,$$

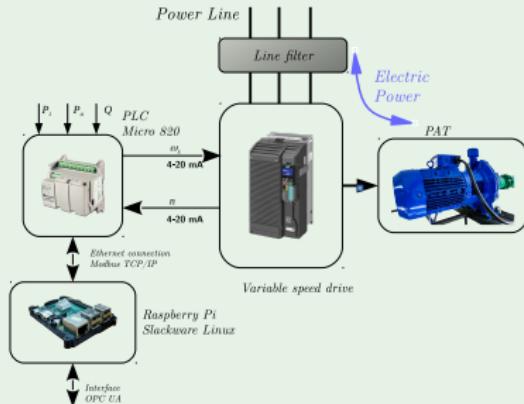
donde:  $x = [y(k-1), \dots, y(k-n), -(u_1(k-1), \dots, u_1(k-n)), \dots, -(u_w(k-1), \dots, u_w(k-n))]^T$ ,

$$\theta = [a_1 \dots a_n, b_{1,1} \dots b_{1,n}, b_{w,1} \dots b_{w,n}]^T,$$

$$\hat{\theta} = (x^T x)^{-1} x^T y.$$

# Resultados Experimentales

## Ensayo



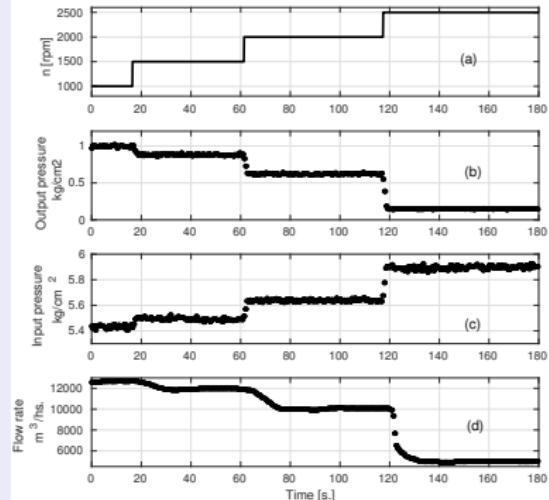
## Funciones de transferencia

$$H_{1,1}(z) = z^{-r_1} \frac{n_1}{1 + d_{11}z^{-1} + d_{12}z^{-2}},$$

$$H_{2,1}(z) = z^{-r_2} \frac{n_2}{1 + d_{21}z^{-1} + d_{22}z^{-2}},$$

$$H_{3,1}(z) = z^{-r_3} \frac{n_3}{1 + d_{31}z^{-1}}.$$

## Ensayos experimentales



# Resultados Experimentales

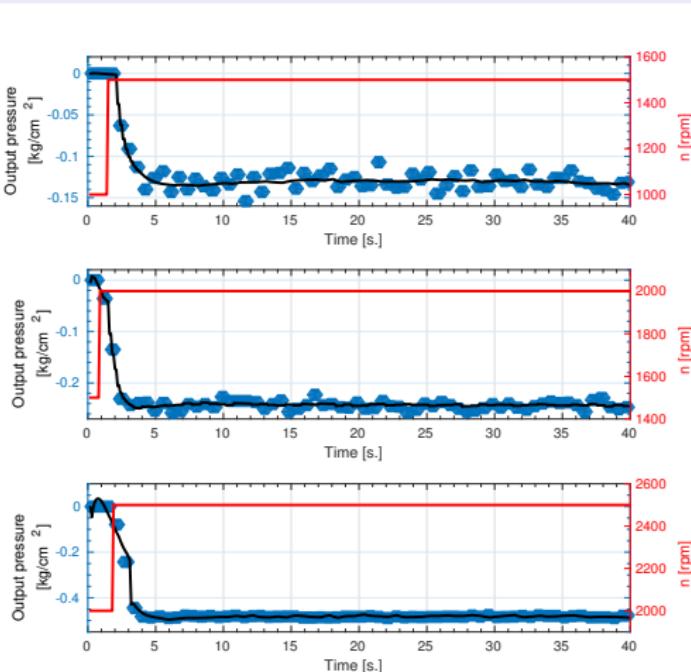
Step	Parameters of the proposed models.				
	$d_{11}$	$d_{12}$	$d_{21}$	$d_{22}$	$d_{31}$
1	0.008747	-0.7052	-2	1	-0.8944
2	-0.03232	-0.7289	-1.661	0.6799	0.2723
3	0.06387	0.04905	-1.919	0.9189	-0.8286
	$r_1$	$r_2$	$r_3$		
1	7	3	14		
2	7	16	1		
3	13	3	0		
	$n_1$	$n_2$	$n_3$		
1	-7.13E-02	1.29E-04	-0.02033		
2	-0.0001034	3.48E-05	-0.1936		
3	-0.0003636	5.74E-06	-0.05964		

## Porcentaje de ajuste

Steps	Percentages of fit
1	64.86 %
2	78.98 %
3	88.98 %

Trabajo presentado en  
2019 XVIII Workshop on  
Information Processing  
and Control (RPIC) [2].

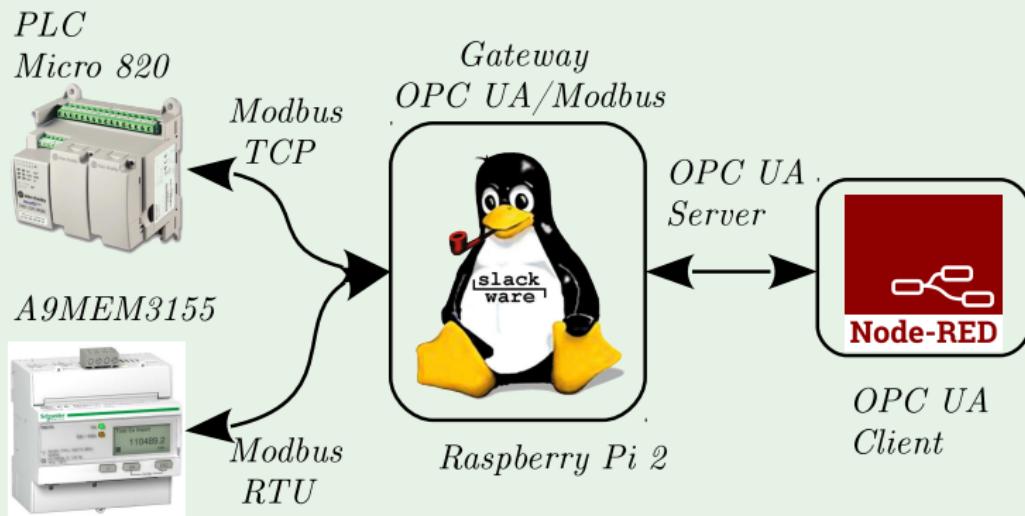
Comparación de los datos experimentales y los modelos propuestos.



# Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

Trabajos con Mario Valagao Sancho, Daniel Fernández y Marcelo Lorenc (FI-UNPSJB).

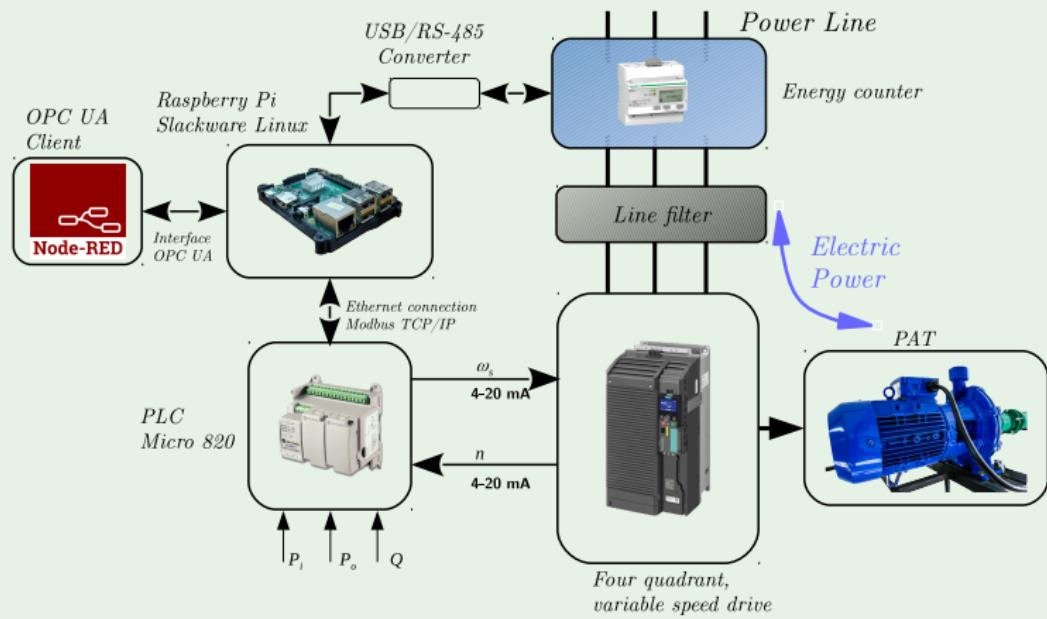
## Esquema de comunicación entre el PLC, Raspi y Medidor de energía



# Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

Trabajos con Mario Valagao Sancho, Daniel Fernández y Marcelo Lorenc (FI-UNPSJB).

## Aplicación al sistema de recuperación de energía



# Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

## Mapa Modbus del medidor de energía y PLC

Overview	Reg.	Type	Unit
Real Power	3060	F32	kW
Reactive Power	3068	F32	kVAR
Power Factor	3192	F32	-
Frequency	3110	F32	Hz

Overview	Reg.	Type	Unit
Input Pressure	40001	u16 bit	$kg/cm^2$
Output pressure	40002	u16 bit	$kg/cm^2$
Speed	40003	u16 bit	RPM
Flow	40004	u16 bit	$m^3/hour$

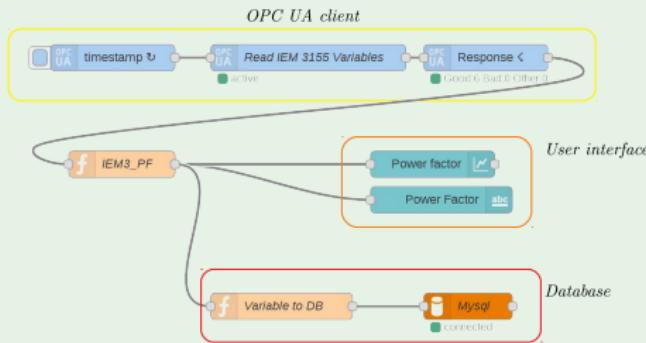
## Software desarrollado en Python

```
procedure GATEWAY OPCUA
    Modbus master configuration.
    Initialize OPC-UA Server.
    Initialize thread1
    while i < NM do
        Read PLC variables.
        Read energy meter.
        Write variables to OPC-UA
        Server.
        i = i + 1;
        delay( $t_d$ );
    Close thread1.
    Close the Modbus connection.
    Close the OPC-UA server.
end;
return;
```

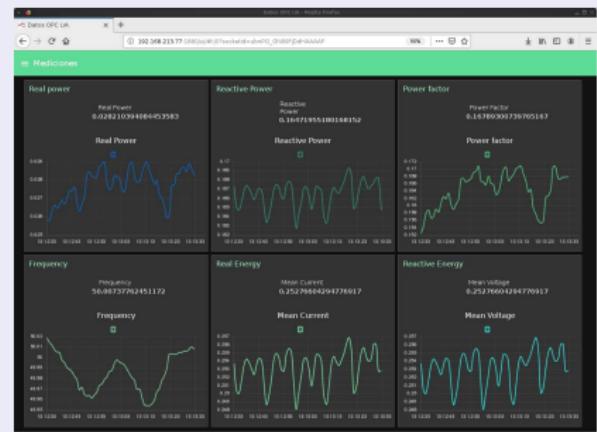
# Aplicación de IIoT sobre un sistema de recuperación de energía

- IIoT.
- NodeRED
- MySQL
- Interfaz de usuario.
- Software Libre.

## Esquema NodeRED



## Interfaz de usuario



# Índice

1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua

2 IoT

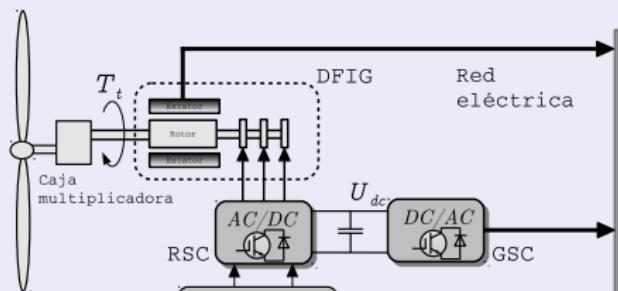
3 Control basado en Pasividad

4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

5 Sistemas híbridos empleando PBC

# Control del aerogenerador por Moldeo de Potencia (MP)

## DFIG



## Curva de seguimiento

Tesis de posgrado: Control de sistemas de generación distribuida renovable mediante conceptos de pasividad y moldeo de potencia [4].

Dirección de tesis:

- Ricardo J. Mantz LEICI-UNLP.
- Daniel Fernández, UNPSJB.

### Primer enfoque [5]:

- ▶ Control de la potencia activa (MP).
- ▶ Control de potencia reactiva (PI).

### Segundo enfoque [6]

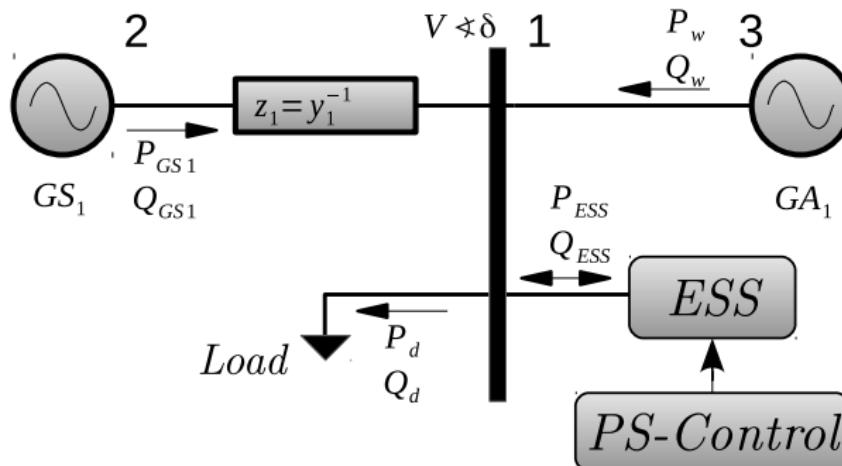
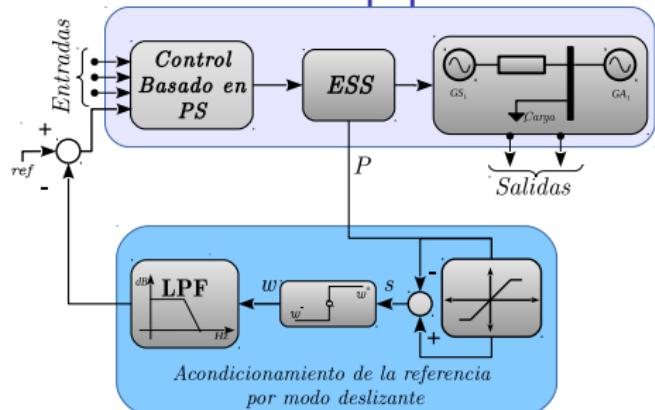
- ▶ Control de la potencia activa (MP) + **acción integral**.
- ▶ Control de la potencia reactiva (MP) + **acción integral**.

## Sistema de control

- Control de la potencia activa.
- Control de la potencia reactiva:
  - ▶ Estrategia 1,  $Q_{ref} = 0$ .
  - ▶ Estrategia 2,  $Q_{ref} = f(U)$ .

# Control por MP de un ESS en una micro-red [3]

- Generador sincrónico ( $GS_1$ ).
- Aerogenerador ( $GA_1$ ).
- Carga dinámica
- Línea ( $Z_1$ ).
- Sistema de almacenamiento de energía (ESS).

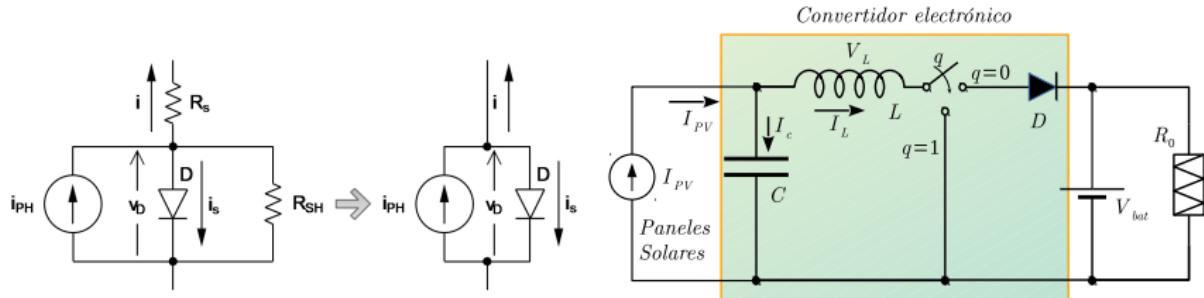


# Índice

- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

# MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.

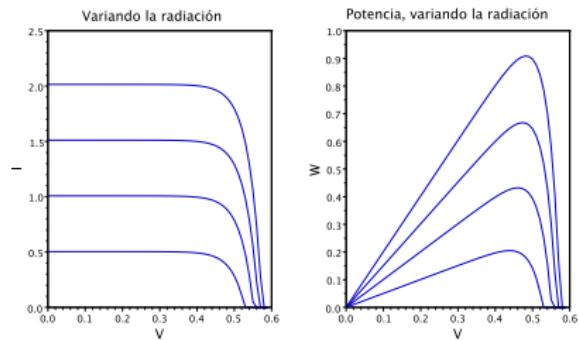


Typical I-V characteristic is given by:

$$I = I_{PH} - I_S \left[ e^{\frac{q(V+IR_s)}{kT_c A}} - 1 \right] - \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}},$$

$$I = I_{PH} - I_s \left( e^{\frac{qV}{kT_c A}} - 1 \right).$$

$$I = N_p I_{PH} - N_p I_s \left[ e^{\frac{qV}{N_p kT_c A}} - 1 \right].$$



Trabajo presentado en IEEE International Conference on Industrial Technology 2020.

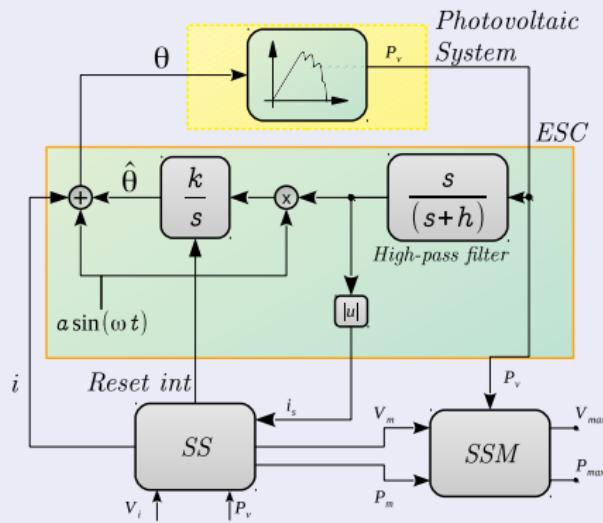
# MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.

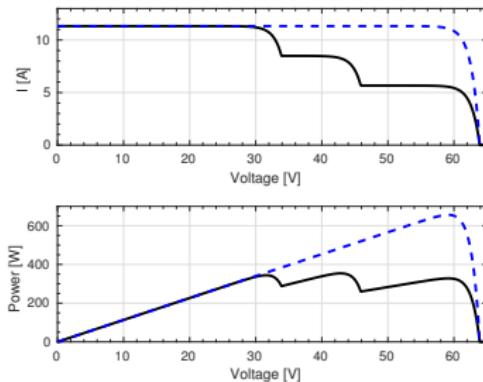


- Mppt
- Técnicas utilizadas

Estrategia basada en Extremum Seeking Control

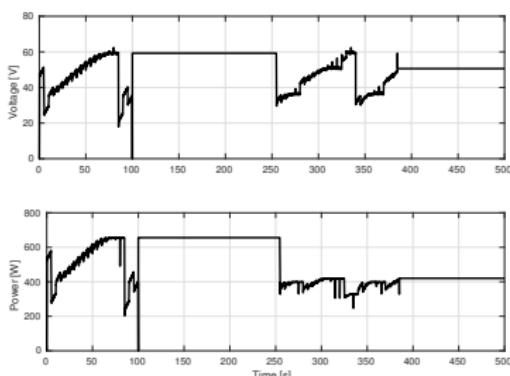
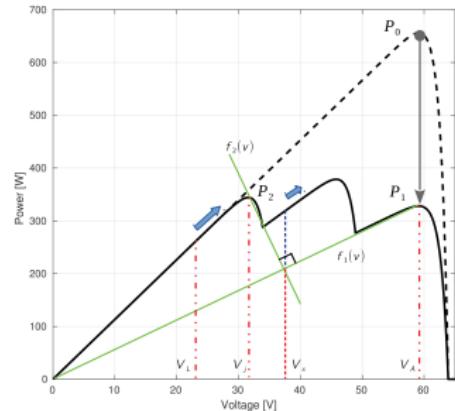


Curvas características del sistema PV.

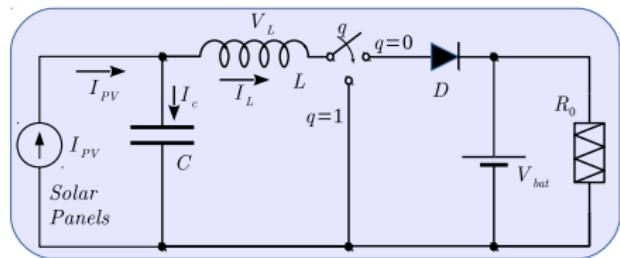


# MPPT para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial

Trabajos con Juan Talpone Fi-UNLP; Wallbox.



Técnica de control basada en Pasividad.



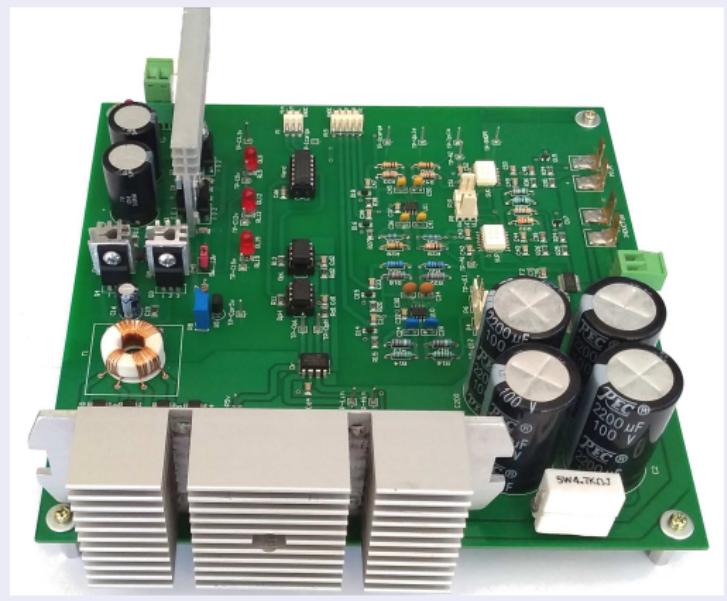
$$System : \begin{cases} C \frac{dV_c}{dt} = I_{PV} - I_L, \\ L \frac{dI_L}{dt} = V_c - (1-q)V, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{x} = (\mathcal{J}(x) - \mathcal{R}(x)) \frac{\partial H(x)}{\partial x} + g(x)u \\ y = g^T(x) \frac{\partial H(x)}{\partial x}, \end{cases}$$

$$H_d(x) = H(x) + H_a(x),$$

# Configuración para evaluar la propuesta:

Convertidor desarrollado en la FI-UNLP



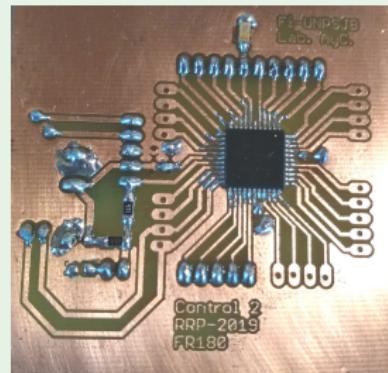
H.264

Implementación de los algoritmos

Delfino 32-bit MCU with 150 MIPS,  
TMS320F28335, Texas instruments.



16-bit dsPIC33F DSC, Up to 40  
MIPS operation, Microchip.



# Índice

- 1 Sistema de recuperación de energía en una red de distribución de agua
- 2 IoT
- 3 Control basado en Pasividad
- 4 Mppt para sistemas fotovoltaicos bajo sombreado parcial
- 5 Sistemas híbridos empleando PBC

# Sistemas híbridos empleando PBC

Definición de un sistema híbrido:

$$H : \begin{cases} \dot{x} = f_{\sigma}(x, u_{\sigma}), \\ y = h_{\sigma}(x), \end{cases}$$

donde  $\sigma : \mathbb{R}_+ \rightarrow M = \{1, 2, \dots, m\}$  es la señal de conmutación,  $x \in \mathbb{R}$ ,  $u$  es  $y$  es la entrada y salida respectivamente.

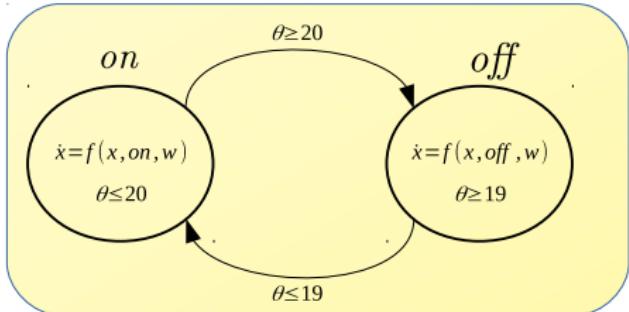
Passivity and stability of switched systems:  
A multiple storage function method (Hill).

Ejemplo:

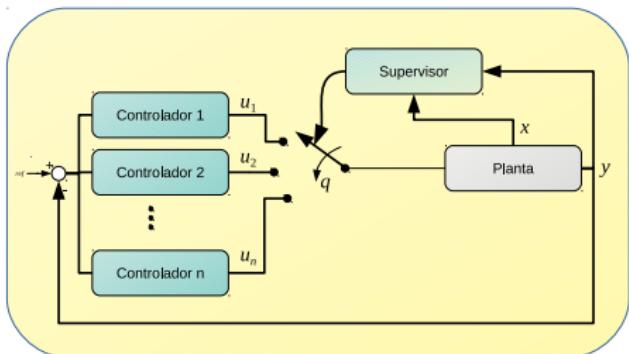
Sistema de control de temperatura.

$$\text{Sistema: } \begin{cases} \dot{x} = f(x, H, w) \\ \theta = g(x) \end{cases}$$

donde,  $\theta(t) \rightarrow \mathbb{R}$ , Temp. en la habitación.

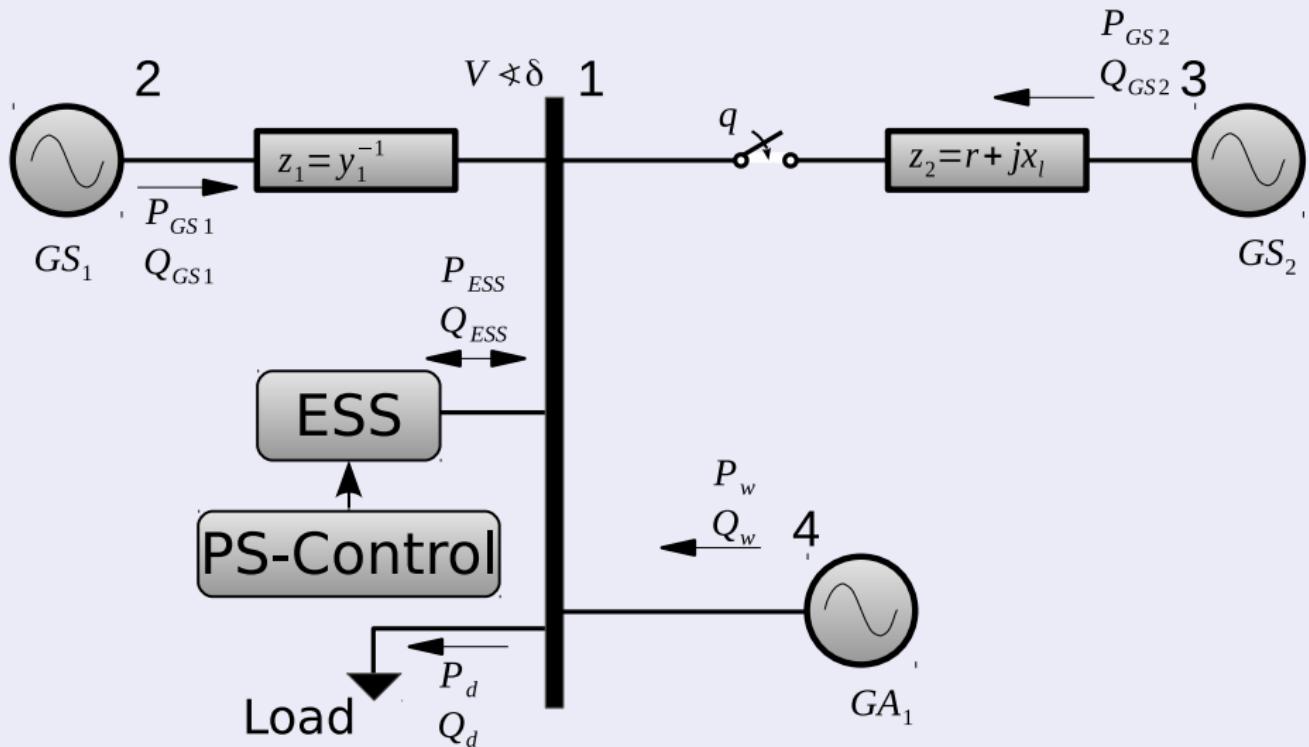


An Introduction to hybrid dynamical systems. (Arjan van der Schaft).



# Red inteligente/Microgrid

Estructura híbrida de una red inteligente/Microgrid



# Trabajos futuros

## Ideas con respecto a instrumentación/IoT/IIOT:

- Identificación recursiva y control adaptativo (Recuperación de energía con control de presión de agua, redes eléctricas inteligentes).
- Análisis de datos.
- Generación de código para la Raspberry Pi (Aplicación de los algoritmos del punto anterior).
- Incorporar el bus de campo CAN en Microcontroladores/Raspberry Pi.
- Extender el uso de NodeRED para las aplicaciones en el GIICEP.

## MPPT, Control

- Construcción de controladores y observadores de estados en diferentes DSP.
- Ensayos experimentales con el sistema fotovoltaico.
- Construcción de múltiples funciones de Lyapunov y un controlador para una red inteligente/Microgrid.
- Control cooperativo para una microgrid.

# ¿Preguntas?



# Referencias I

-  A. Cadiboni, F. Yncio, R. Fernández, G. Ahrtz, R. Peña, C. Sosa Tellechea, and M. Vásquez.  
Control and modeling of a centrifugal pump used as a turbine in an energy recovery system.  
In *2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM)*, pages 1–6, Nov 2018.
-  R. R. Peña, R. D. Fernández, M. Lorenc, and A. Cadiboni.  
Gateway opc ua/modbus applied to an energy recovery system identification.  
In *2019 XVIII Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, pages 235–240, Sep. 2019.
-  R. R. Peña, R. D. Fernández, R. J. Mantz, and P. E. Battaiotto.  
Passivity-based control of energy storage units in distributed generation systems.  
In *2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM)*, pages 69–74, Oct 2015.
-  Ricardo Peña.  
*Control de sistemas de generación distribuida renovable mediante conceptos de pasividad y de moldeo de potencia.*  
PhD thesis, UNLP, 2016.

## Referencias II

-  R.R. Peña, R.D. Fernández, and R.J. Mantz.  
Passivity control via power shaping of a wind turbine in a dispersed network.  
*International Journal of Hydrogen Energy*, 39(16):8846 – 8851, 2014.
-  R.R. Peña, R.D. Fernández, R.J. Mantz, and P.E. Battaiotto.  
Power-based control with integral action for wind turbines connected to the grid.  
*International Journal of Control*, 88(10):2143–2153, 2015.
-  F. Yncio, R. Peña, A. Cadiboni, R. Fernández, G. Ahrtz, and C. Sosa Tellechea.  
A modbus client for the identification of an energy recovery system for a water distribution network.  
In *2018 IEEE 9th Power, Instrumentation and Measurement Meeting (EPIM)*, pages 1–6, Nov 2018.

# Trabajos de investigación en Automatización y Control. Aplicaciones.



## 5<sup>a</sup> JORNADA DE ELECTRÓNICA FI - UNPSJB

Ricardo Ramiro Peña

### Instituciones:

Lab. de Automatización y Control, Departamento de Electrónica, Fac. de Ing., UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Argentina.  
CIT Golfo San Jorge - CONICET.



¡Muchas gracias!

