

# 66.99 Trabajo Profesional de Ingeniería Electrónica

## Red de sensores ZigBee

Hector Aquino Filho, Juan P. D'Ambra, Matias Stahl

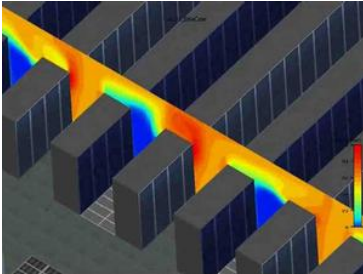
Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería

Abril, 2012



**Universidad de Buenos Aires**  
**Facultad de Ingeniería**

# Planteamiento del problema



Resolver el consumo  
energético en los Data Center

Administrador de la Red de  
Telecomunicaciones

Administrador del Área de  
Telecomunicaciones

Gestión de Procesos y Operaciones DC  
Gerencia Regional de Tecnología y  
Operaciones



**SUPERVIELLE**

**BANCO**

Administrador de la Red de  
Telecomunicaciones

Administrador del Área de  
Telecomunicaciones

Gestión de Procesos y Operaciones DC  
Gerencia Regional de Tecnología y  
Operaciones



Administrador de la Red de  
Telecomunicaciones

Administrador del Área de  
Telecomunicaciones

Gestión de Procesos y Operaciones DC  
Gerencia Regional de Tecnología y  
Operaciones

- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

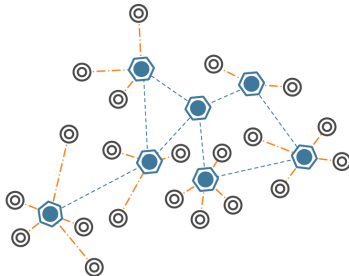


- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

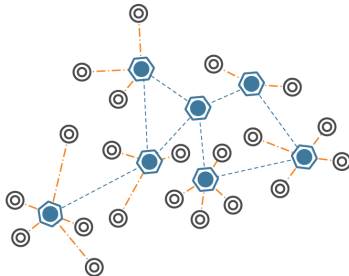
- Disponibilidad crítica de equipos.
- Refrigeración constante.
- Alto consumo energético.
- Aumento del gasto económico.
- Desconocimiento del nivel de la temperatura.
- No poder justificar cuando invertir en equipos de refrigeración.

## Red de Sensores Inalámbrica



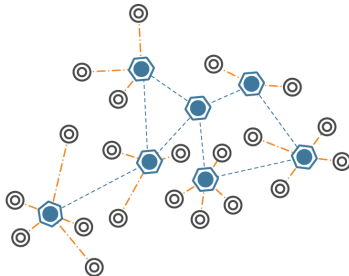
- Visualizar la performance de la refrigeración.
- Los requerimientos de humidificación.
- Identificar hotspots.
- Predicción preventiva de mantenimiento.
- Cálculo del uso efectivo de la potencia en tiempo real.

## Red de Sensores Inalámbrica



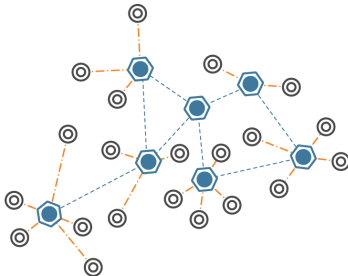
- Visualizar la performance de la refrigeración.
- Los requerimientos de humidificación.
- Identificar hotspots.
- Predicción preventiva de mantenimiento.
- Cálculo del uso efectivo de la potencia en tiempo real.

## Red de Sensores Inalámbrica



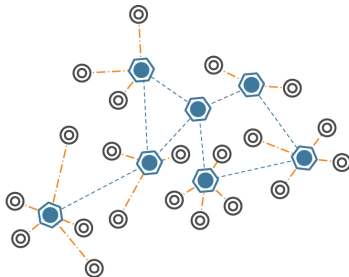
- Visualizar la performance de la refrigeración.
- Los requerimientos de humidificación.
- Identificar hotspots.
- Predicción preventiva de mantenimiento.
- Cálculo del uso efectivo de la potencia en tiempo real.

## Red de Sensores Inalámbrica



- Visualizar la performance de la refrigeración.
- Los requerimientos de humidificación.
- Identificar hotspots.
- Predicción preventiva de mantenimiento.
- Cálculo del uso efectivo de la potencia en tiempo real.

## Red de Sensores Inalámbrica



- Visualizar la performance de la refrigeración.
- Los requerimientos de humidificación.
- Identificar hotspots.
- Predicción preventiva de mantención.
- Cálculo del uso efectivo de la potencia en tiempo real.



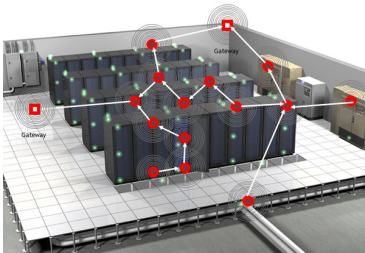
1. M Hydeman, *Wireless sensors improve data center energy efficiency*, SynapSense Corporation, **37** 4205-4219 (2010)
2. Jie Liu, Feng Zhao, Jeff O'Reilly, Amaya Suarez, Michael Manos, Chieh-Jan Mike Liang, and Andreas Terzis *Project genome: Wireless sensor network for data center cooling* Microsoft Research and Microsoft Global Foundation Service, (2011)
3. F. Pianegiani, S. Sasidharan and D. Macii, *A protocol performance comparison in modular wsns for data center server monitoring* Industrial Embedded Systems (SIES), International Symposium, **pages 213–216** (2010)
4. Pedro José Marron and Daniel Minder, *Embedded WiSeNts Research Roadmap* PhD thesis, Universität Stuttgart (2006)

1. M Hydeman, *Wireless sensors improve data center energy efficiency*, SynapSense Corporation, **37** 4205-4219 (2010)
2. Jie Liu, Feng Zhao, Jeff O'Reilly, Amaya Suarez, Michael Manos, Chieh-Jan Mike Liang, and Andreas Terzis *Project genome: Wireless sensor network for data center cooling* Microsoft Research and Microsoft Global Foundation Service, (2011)
3. F. Pianegiani, S. Sasidharan and D. Macii, *A protocol performance comparison in modular wsns for data center server monitoring* Industrial Embedded Systems (SIES), International Symposium, **pages 213–216** (2010)
4. Pedro José Marron and Daniel Minder, *Embedded WiSeNts Research Roadmap* PhD thesis, Universität Stuttgart (2006)

1. M Hydeman, *Wireless sensors improve data center energy efficiency*, SynapSense Corporation, **37** 4205-4219 (2010)
2. Jie Liu, Feng Zhao, Jeff O'Reilly, Amaya Suarez, Michael Manos, Chieh-Jan Mike Liang, and Andreas Terzis *Project genome: Wireless sensor network for data center cooling* Microsoft Research and Microsoft Global Foundation Service, (2011)
3. F. Pianegiani, S. Sasidharan and D. Macii, *A protocol performance comparison in modular wsns for data center server monitoring* Industrial Embedded Systems (SIES), International Symposium, **pages 213–216** (2010)
4. Pedro José Marron and Daniel Minder, *Embedded WiSeNts Research Roadmap* PhD thesis, Universität Stuttgart (2006)

1. M Hydeman, *Wireless sensors improve data center energy efficiency*, SynapSense Corporation, **37** 4205-4219 (2010)
2. Jie Liu, Feng Zhao, Jeff O'Reilly, Amaya Souarez, Michael Manos, Chieh-Jan Mike Liang, and Andreas Terzis *Project genome: Wireless sensor network for data center cooling* Microsoft Research and Microsoft Global Foundation Service, (2011)
3. F. Pianegiani, S. Sasidharan and D. Macii, *A protocol performance comparison in modular wsns for data center server monitoring* Industrial Embedded Systems (SIES), International Symposium, **pages 213–216** (2010)
4. Pedro José Marron and Daniel Minder, *Embedded WiSeNts Research Roadmap* PhD thesis, Universität Stuttgart (2006)

1. M Hydeman, *Wireless sensors improve data center energy efficiency*, SynapSense Corporation, **37** 4205-4219 (2010)
2. Jie Liu, Feng Zhao, Jeff O'Reilly, Amaya Souarez, Michael Manos, Chieh-Jan Mike Liang, and Andreas Terzis *Project genome: Wireless sensor network for data center cooling* Microsoft Research and Microsoft Global Foundation Service, (2011)
3. F. Pianegiani, S. Sasidharan and D. Macii, *A protocol performance comparison in modular wsns for data center server monitoring* Industrial Embedded Systems (SIES), International Symposium, **pages 213–216** (2010)
4. Pedro José Marron and Daniel Minder, *Embedded WiSeNts Research Roadmap* PhD thesis, Universität Stuttgart (2006)



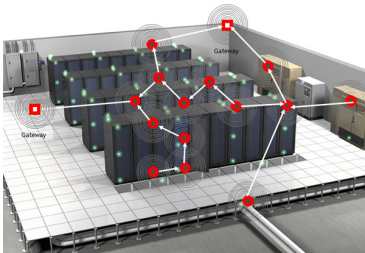
Inalámbrico.

No invasivo.

Permite el monitoreo de un área de 1500 m<sup>2</sup>.

Funcionamiento automático.

Permite personalizar la medición, cambiando el tipo de sensor o agregando uno nuevo.



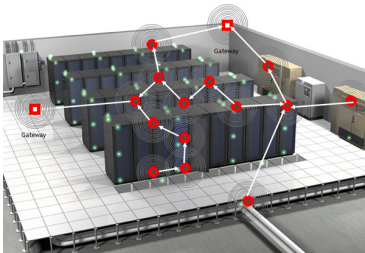
Inalámbrico.

No invasivo.

Permite el monitoreo de un área de 1500 m<sup>2</sup>.

Funcionamiento automático.

Permite personalizar la medición, cambiando el tipo de sensor o agregando uno nuevo.



Inalámbrico.

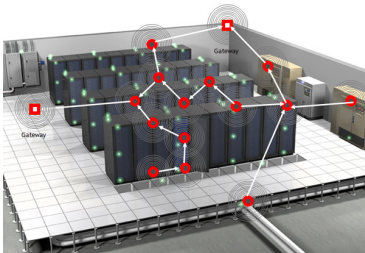
No invasivo.

Permite el monitoreo de un área de 1500 m<sup>2</sup>.

Funcionamiento automático.

Permite personalizar la medición, cambiando el tipo de sensor o agregando uno nuevo.





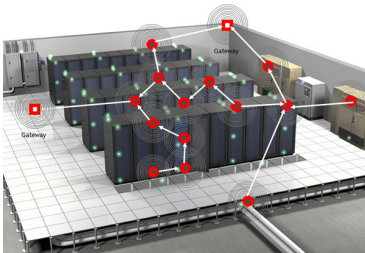
Inalámbrico.

No invasivo.

Permite el monitoreo de un área de 1500 m<sup>2</sup>.

Funcionamiento automático.

Permite personalizar la medición, cambiando el tipo de sensor o agregando uno nuevo.



Inalámbrico.

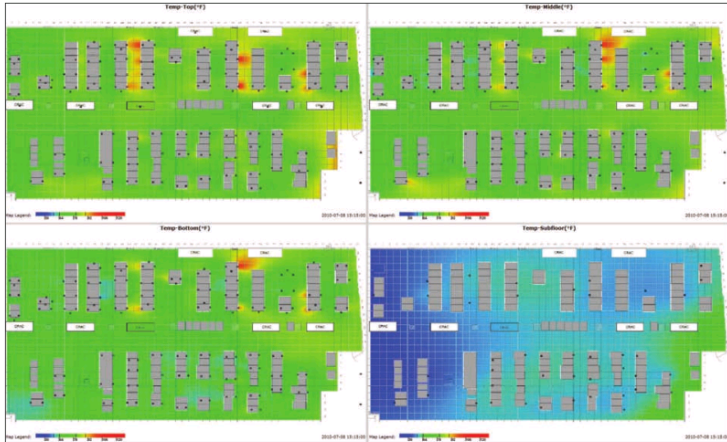
No invasivo.

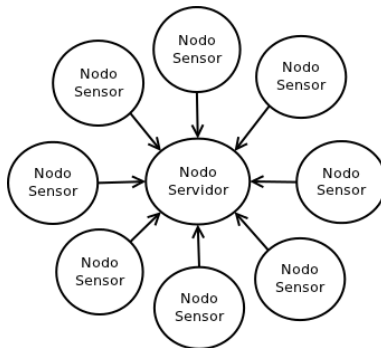
Permite el monitoreo de un área de 1500 m<sup>2</sup>.

Funcionamiento automático.

Permite personalizar la medición, cambiando el tipo de sensor o agregando uno nuevo.

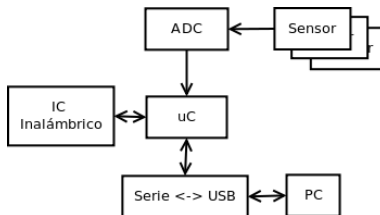
# Ventajas Generales





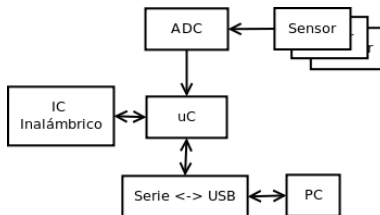
## ■ Tareas

- Realizar una o más mediciones de la zona.
- Comunicarse con el nodo central de la zona.



## ■ Tareas

- Realizar una o más mediciones de la zona.
- Comunicarse con el nodo central de la zona.



## ■ Tareas

- Realizar una o más mediciones de la zona.
- Comunicarse con el nodo central de la zona.

# Casa de Calidad



Especificaciones											
Dirección de la Mejora		↑								↑	↑
	Duración Batería	Sensor de Temperatura	Sensor de Humedad	Sensor de Intensidad Luminica	Sensor de Humo/LPG/CO	Sensor de Movimiento	Protocolo de RF	Protocolo de Conexión PC	Software PC	Bit ADC	Período de Muestreo ADC
Requerimientos del Cliente											
Gran Autonomía	9						9				
Pequeño Tamaño	1	1	1	1	1	1					
Bajo Costo	3	1	1	1	1	1	3				
Monitoreo Confiable de Temperatura, Humedad, Nivel de Luz, Niveles de Gases y Movimiento		9	9	9	9	9			9	9	
Altamente Parametrizable							9	3	9		
Configurable por PC								3	9		
Fácilmente Escalable							9				
Conexión Simple con PC								9			
Peso total Prioridades Técnicas	83	92	92	92	92	92	172	57	77	84	84
Peso Relativo Prioridades Técnicas	8%	9%	9%	9%	9%	9%	17%	6%	8%	8%	8%
Benchmarking	Nuestro Producto	1 año 0°C a 50°C ±2°C	20% a 90% HR ±5%	10 lux a 1000 lux	200ppm-5000ppm LPG and propane 300ppm-5000ppm butane 5000ppm-20000ppm methane 300ppm-5000ppm H2 100ppm-2000ppm Alcohol	2 m detection range 140° detection angle	Zigbee	RS232	SI	8	Ajustable
	MicroDAC HOBO Indoor ZW	12 Ho	10°C a 50°C	20% a 90%	NO	NO	Zigbee Pro	USB	SI	8	1min
	MilleniaNet MeshScape GO	0 Ho	10°C a 55°C	10% a 90%	NO	NO	Zigbee Pro	RS-232/RS-485	SI	8	20 ms
Metas	1 año	0°C a 50°C ±2°C	20% a 90% HR ±5%	10 lux a 1000 lux	200ppm-5000ppm LPG and propane 300ppm-5000ppm butane 5000ppm-20000ppm methane 300ppm-5000ppm H2 100ppm-2000ppm Alcohol	2 m detection range 140° detection angle	Zigbee Pro	USB	SI	8	Ajustable
											Total 100%
											43,3
											100%



- Gran Autonomía.
- Pequeño Tamaño.
- Bajo Costo.
- Monitoreo de Variables del Ambiente.
- Altamente Parametrizable.
- Configurable por PC.
- Fácilmente Escalable.
- Conexión Simple Con PC.



- Duración de Batería.
- Sensor de Temperatura.
- Sensor De Humedad.
- Sensor de Intensidad Lumínica.
- Sensor de Humo/LPG/CO.
- Sensor de Movimiento.
- Protocolo RF.
- Protocolo de Conexión PC.
- Software PC.
- Varios bits ADC.
- Rápido Período de Muestreo ADC.

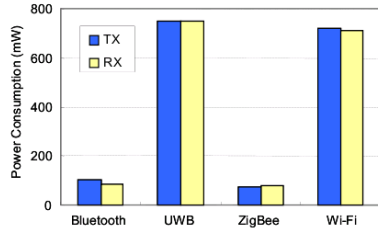
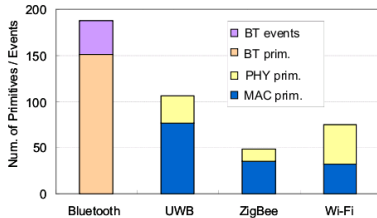
- Instalación simple.
- Tener interfaz gráfica y no de consola.
- Múltiplataforma.
- Disponibilidad de idiomas.
- Graficar el estado de los sensores.
- Envío de alertas.
- Guardar estado de los sensores a un archivo.
- Permitir el cambio de unidad de la magnitud sensada.
- Utilice pocos recursos de la PC.

## ■ Elección de ZigBee.

Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su and Chung-Chou Shen, *A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi*, Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE, pages 46–51, (nov. 2007)

Standard	Bluetooth	UWB	ZigBee	Wi-Fi
IEEE spec.	802.15.1	802.15.3a *	802.15.4	802.11a/b/g
Frequency band	2.4 GHz	3.1-10.6 GHz	868/915 MHz; 2.4 GHz	2.4 GHz; 5 GHz
Max signal rate	1 Mb/s	110 Mb/s	250 Kb/s	54 Mb/s
Nominal range	10 m	10 m	10 - 100 m	100 m
Nominal TX power	0 - 10 dBm	-41.3 dBm/MHz	(-25) - 0 dBm	15 - 20 dBm
Number of RF channels	79	(1-15)	1/10; 16	14 (2.4 GHz)
Channel bandwidth	1 MHz	500 MHz - 7.5 GHz	0.30.6 MHz; 2 MHz	22 MHz
Modulation type	GFSK	BPSK, QPSK	BPSK (+ ASK), O-QPSK	BPSK, QPSK COFDM, CCK, M-QAM
Spreading	FHSS	DS-UWB, MB-OFDM	DSSS	DSSS, CCK, OFDM
Coexistence mechanism	Adaptive freq. hopping	Adaptive freq. hopping	Dynamic freq. selection	Dynamic freq. selection, transmit power control (802.11h)
Basic cell	Piconet	Piconet	Star	BSS
Extension of the basic cell	Scatternet	Peer-to-peer	Cluster tree, Mesh	ESS
Max number of cell nodes	8	8	> 65000	2007
Encryption	E0 stream cipher	AES block cipher (CTR, counter mode)	AES block cipher (CTR, counter mode)	RC4 stream cipher (WEP), AES block cipher
Authentication	Shared secret	CBC-MAC (CCM)	CBC-MAC (ext. of CCM)	WPA2 (802.11i)
Data protection	16-bit CRC	32-bit CRC	16-bit CRC	32-bit CRC

## ■ Ventajas de ZigBee.



## ■ Elección del Microcontrolador.

Fabricante	Módulo	MCU	RAM	Flash	TX	RX	Interface	Opciones de Firmware	Precio
Atmel	ATZB-24-80	8-bit ATmega 1281v	8 kB	128 kB	18 mA	19 mA	UART, USART, SPI, I <sup>2</sup> C, JTAG	ZigBee PRO, BitCloud stack, Wireless MCU Software, SerialNet, OpenMAC	35
Nivis, LLC.	VersaNode 210	32-bit ARM7	96 kB	128 kB	60 mA	21 mA	UART, SPI	Nivis ISA100.11a	90
Crossbow Technology	XM2110CA	8-bit ATmega1281	8 kB	128 kB	17 mA	16 mA	UART, SPI, I <sup>2</sup> C	ZigBee stack, Moteworks platform	75
MeshNetics	MNZB-24-80	8-bit ATmega 1281v	8 kB	128 kB	18 mA	19 mA	UART, USART, SPI, I <sup>2</sup> C, JTAG	BitCloud stack, SerialNet, OpenMAC	40
Digi International Inc.	Series 2 XBee ZB	16-bit 12 MHz RISC	5 kB	128 kB	35 mA	38 mA	UART	Ember ZNet	32

- Elección de los Sensores.
  - Sensor de Temperatura
  - Sensor de Humedad
  - Sensor de Gas

Model	Range	Accuracy	Linearity	Cost
LM35	-55 °C to +150 °C	$\pm 0.5$ °C	$\pm 0.02$ %	6
HEL-776	-200 °C to +260 °C	$\pm 0.8$ °C	$\pm 0.1$ %	18
DTH11	0 °C to +50 °C	$\pm 2$ °C	$\pm 0.8$ %	0.65

- Elección de los Sensores.
  - Sensor de Temperatura
  - Sensor de Humedad
  - Sensor de Gas

Model	Range	Accuracy	Response Time	Stability	Cost
HIH-4000A	0 to 100%	$\pm 3.5\%$	15 s	$\pm 0.2\%$ in 1 Year	7.5
HCT01	0 to 100%	$\pm 2\%$	$\leq 6$ s	$\pm 0.1\%$ in 1 Year	15
DTH11	20% to 90%	$\pm 4\%$	10 S	$\pm 1$ in 1 year	0.65

- Elección de los Sensores.
  - Sensor de Temperatura
  - Sensor de Humedad
  - Sensor de Gas

Model	Sensor resistance	Change Ratio of Sensor Resistance	Optimal detection concentration	Power consumption	Cost
TGS-203	1k $\Omega$ - 15k $\Omega$	1.50 - 0.73	50 ppm - 1000 ppm	750 mW	15
MQ-2	3K $\Omega$ - 30K $\Omega$	$\leq 0.6$	200 ppm - 5000 ppm	less than 800mw	2.5
TGS-813	5k $\Omega$ - 15k $\Omega$	0.60 $\pm$ 0.05	500 ppm - 3000 ppm	835mW (typical)	18



1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.

1. Definir las metas generales.
2. Trazar un plan de tareas.
3. Desarrollar en detalle los alcances.
4. Asignar objetivos para cada actividad.
5. Relacionar las actividades mediante una red lógica.
6. Establecer la duración y demoras de cada actividad.
7. Verificar la consistencia de la red.
8. Determinar la necesidad de recursos para cada actividad.



1. Estudio de mercado.
2. Análisis de la necesidad.
3. Búsqueda de clientes potenciales.
4. Búsqueda productos similares.
5. Búsqueda de patentes.
6. Análisis del producto propuesto.
7. Búsqueda de de requerimientos del usuario.

8. Búsqueda de de requerimientos técnicos.
9. Armado de casa de calidad.
10. Selección de componentes.
11. Estudio de costos.
12. Pedido de componentes.
13. Diseño de hardware.
14. Diseño mecánica - Presentación.
15. Diseño de Software.

16. Construcción del PCB.
17. Ensamble final.
18. Verificación con especificaciones técnicas.
19. Certificación.
20. Validación por el cliente.
21. Realización de cambios necesarios.
22. Realización del manual.
23. Prueba final.
24. Salida al mercado.

El siguiente paso corresponde a estimar los tiempos y secuencia de todas las tarea:

- Tiempo optimista:  $t_O$
- Tiempo pesimista:  $t_P$
- Tiempo más probable  $t_M$
- $\mu$ : Valor medio de la distribución de probabilidad del tiempo de tarea.
- $\sigma$ : Varianza de la distribución de probabilidad del tiempo de tarea.

$$\mu = \frac{t_O + 4t_M + t_P}{6}$$
$$\sigma = \frac{t_P - t_O}{6}$$

# Planificación con PERT



	Task Name	Duration	Optimistic Dur.	Expected Dur.	Pessimistic Dur.
1	<input type="checkbox"/> <b>Estudio de Mercado</b>	<b>3,67 days</b>	<b>2 days</b>	<b>4 days</b>	<b>4 days</b>
2	Análisis de Necesidad	1,83 days	1 day	2 days	2 days
3	Búsqueda de Clientes Potenciales	1,83 days	1 day	2 days	2 days
4	Búsqueda de Productos Similares	1,17 days	1 day	1 day	2 days
5	Búsqueda de Patentes	1,17 days	1 day	1 day	2 days
6	<input type="checkbox"/> <b>Estudio de la Solución</b>	<b>7,33 days</b>	<b>4 days</b>	<b>7 days</b>	<b>12 days</b>
7	Análisis del Producto Propuesto	2 days	1 day	2 days	3 days
8	Búsqueda de Requerimientos del Usuario	2 days	1 day	2 days	3 days
9	Búsqueda de Requerimientos Técnicos	2,17 days	1 day	2 days	4 days
10	Armado de Casa de Calidad	1,17 days	1 day	1 day	2 days
11	<input type="checkbox"/> <b>Selección de Componentes</b>	<b>3 days</b>	<b>1 day</b>	<b>3 days</b>	<b>5 days</b>
12	Sensores	3 days	1 day	3 days	5 days
13	Conversor Serie-USB	3 days	1 day	3 days	5 days
14	Módulo Zigbee	3 days	1 day	3 days	5 days
15	Pedido de Componentes	32,5 days	15 days	30 days	60 days
16	Estudio de Costos	4,83 days	2 days	5 days	7 days

# Planificación con PERT



17	[-] <b>Diseño de Dispositivo</b>	<b>58 days</b>	<b>28 days</b>	<b>56 days</b>	<b>96 days</b>
18	[-] <b>Diseño de Hardware</b>	<b>11,67 days</b>	<b>5 days</b>	<b>12 days</b>	<b>17 days</b>
19	Diseño de Conexión PC-Módulo	5 days	3 days	5 days	7 days
20	Diseño de Conexión Sensores-Módulo	6,83 days	3 days	7 days	10 days
21	Armado de Esquemático Final	4,83 days	2 days	5 days	7 days
22	[-] <b>Diseño de Mecánica - Presentación</b>	<b>6 days</b>	<b>5 days</b>	<b>6 days</b>	<b>7 days</b>
23	Análisis Regulaciones	5 days	3 days	5 days	7 days
24	Diseño 3D de la carcasa	6 days	5 days	6 days	7 days
25	[-] <b>Arquitectura de Software</b>	<b>42,5 days</b>	<b>20 days</b>	<b>40 days</b>	<b>75 days</b>
26	Diseño de Algoritmo Principal	2 days	1 day	2 days	3 days
27	Interfaz de Usuario	14,5 days	7 days	15 days	20 days
28	Diseño de Graficadores	20 days	10 days	20 days	30 days
29	Diseño de Persistencia	3,17 days	2 days	3 days	5 days
30	Algoritmos para Análisis de Mediciones	3,17 days	1 day	3 days	6 days
31	Comunicación PC-Módulo	5 days	3 days	5 days	7 days

# Planificación con PERT

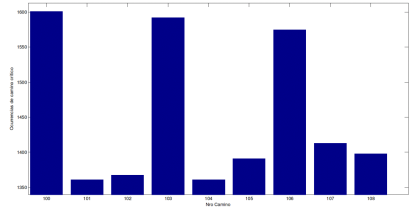
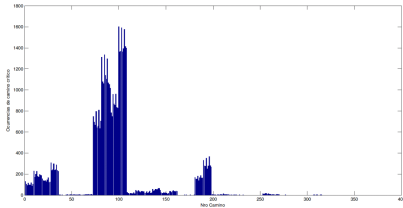


32	[-] <b>Realización de Prototipo</b>	<b>38 days</b>	<b>26 days</b>	<b>37 days</b>	<b>54 days</b>
33	Construcción del PCB	30,83 days	20 days	30 days	45 days
34	Contrucción Mecánica	30,83 days	20 days	30 days	45 days
35	Ensamble Final	1,17 days	1 day	1 day	2 days
36	Verificación Con Especificaciones Técnicas	7,17 days	5 days	7 days	10 days
37	Certificación	21,67 days	20 days	20 days	30 days
38	Validación por el Cliente	10 days	5 days	10 days	15 days
39	Realizar Cambios de Ser Necesario	15 days	10 days	15 days	20 days
40	Realización del Manual	3,17 days	2 days	3 days	5 days
41	Prueba Final	9,5 days	5 days	10 days	12 days
42	Salida al Mercado - Primera Producción	1 day	1 day	1 day	1 day

# Simulación de Monte Carlo



Se realizaron 50000 simulaciones diferentes de las duraciones de cada tarea viendo en cada caso cuál resultaba ser el crítico.





Los caminos con más ocurrencias son el 100, 103 y 106 respectivamente.

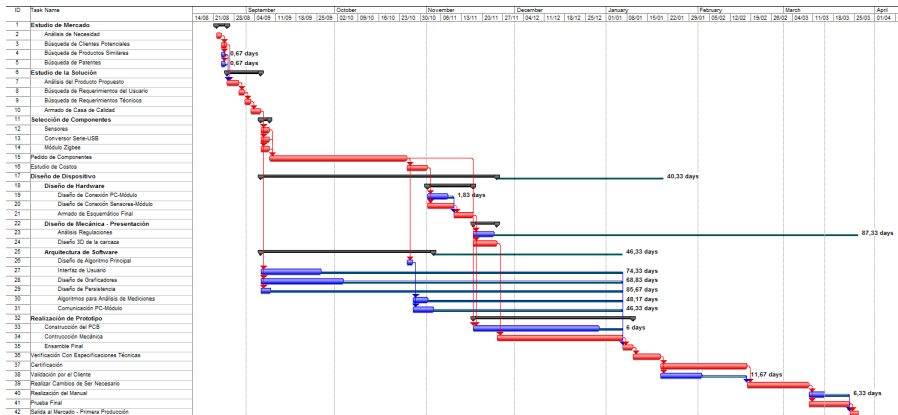
- 2 3 7 8 9 10 12 15 16 20 21 24 34 35 36 37 39 41 42
- 2 3 7 8 9 10 13 15 16 20 21 24 34 35 36 37 39 41 42
- 2 3 7 8 9 10 14 15 16 20 21 24 34 35 36 37 39 41 42

La media del camino crítico 106 es 155,37 días y su desvío 9,21 días.

- El tiempo de duración del proyecto será menor o igual a 173,79 días con una confianza del 95%, según análisis de Monte Carlo.

La media del camino crítico 106 es 155,37 días y su desvío 9,21 días.

- El tiempo de duración del proyecto será menor o igual a 173,79 días con una confianza del 95%, según análisis de Monte Carlo.



- Estudio Privado Price and Cooke
- Estudio OnWorld
- Enfoque en Buenos Aires

- Estudio Privado Price and Cooke
- Estudio OnWorld
- Enfoque en Buenos Aires

Cuentan con Data Centers

- 52% Empresas medianas
- 42% Empresas 50-100 empleados

- Estudio Privado Price and Cooke
- Estudio OnWorld
- Enfoque en Buenos Aires

- 29% Utilizan WSN solutions
- 40% consideran fuertemente utilizarlas

- Cuentan con Data Centers
- 52% Empresas medianas
  - 42% Empresas 50-100 empleados

170.000 Empresas  
en total

- Estudio Privado Price and Cooke
- Estudio OnWorld
- Enfoque en Buenos Aires

- 29% Utilizan WSN solutions
- 40% consideran fuertemente utilizarlas

- Cuentan con Data Centers
- 52% Empresas medianas
  - 42% Empresas 50-100 empleados



- Según el observatorio PyMe de la UIA hay inscriptas formalmente en AFIP, unas 559.000 empresas
  - De ellas solo 5.300 son grandes y el resto, unas 554.000, son PyMes.
  - En la provincia de Buenos Aires existen unas 170.000 empresas o emprendimientos económicos
  - Representan el 30,28% del total nacional.
    - 158.000 empresas con menos de 20 empleados.
    - 9.500 empresas con entre 20 y 90 empleados.
    - 2.500 empresas tienen entre 90 y 1.000 empleados.
    - 80 empresas tienen más de 1.000 empleados.

- Según el observatorio PyMe de la UIA hay inscriptas formalmente en AFIP, unas 559.000 empresas
  - De ellas solo 5.300 son grandes y el resto, unas 554.000, son PyMes.
  - En la provincia de Buenos Aires existen unas 170.000 empresas o emprendimientos económicos
  - Representan el 30,28% del total nacional.
    - 158.000 empresas con menos de 20 empleados.
    - 9.500 empresas con entre 20 y 90 empleados.
    - 2.500 empresas tienen entre 90 y 1.000 empleados.
    - 80 empresas tienen más de 1.000 empleados.

- Según el observatorio PyMe de la UIA hay inscriptas formalmente en AFIP, unas 559.000 empresas
  - De ellas solo 5.300 son grandes y el resto, unas 554.000, son PyMes.
  - En la provincia de Buenos Aires existen unas 170.000 empresas o emprendimientos económicos
  - Representan el 30,28% del total nacional.
    - 158.000 empresas con menos de 20 empleados.
    - 9.500 empresas con entre 20 y 90 empleados.
    - 2.500 empresas tienen entre 90 y 1.000 empleados.
    - 80 empresas tienen más de 1.000 empleados.

- Según el observatorio PyMe de la UIA hay inscriptas formalmente en AFIP, unas 559.000 empresas
  - De ellas solo 5.300 son grandes y el resto, unas 554.000, son PyMes.
  - En la provincia de Buenos Aires existen unas 170.000 empresas o emprendimientos económicos
  - Representan el 30,28% del total nacional.
    - 158.000 empresas con menos de 20 empleados.
    - 9.500 empresas con entre 20 y 90 empleados.
    - 2.500 empresas tienen entre 90 y 1.000 empleados.
    - 80 empresas tienen más de 1.000 empleados.

- Según el observatorio PyMe de la UIA hay inscriptas formalmente en AFIP, unas 559.000 empresas
  - De ellas solo 5.300 son grandes y el resto, unas 554.000, son PyMes.
  - En la provincia de Buenos Aires existen unas 170.000 empresas o emprendimientos económicos
  - Representan el 30,28% del total nacional.
    - 158.000 empresas con menos de 20 empleados.
    - 9.500 empresas con entre 20 y 90 empleados.
    - 2.500 empresas tienen entre 90 y 1.000 empleados.
    - 80 empresas tienen más de 1.000 empleados.

## ■ Marco Internacional

- Estudio de la consultora **OnWorld** llamado “*Wireless Sensor Networks: Growing Markets, Accelerating Demand*”
  - Encuesta a 147 empresas.
  - Predicciones sobre producción e ingresos en cinco mercados de redes de sensores sin cable
  - Concluye que existe en la actualidad una demanda “abrumadora” de soluciones ofrecidas por redes de sensores sin cable por parte de empresas

## ■ Competencia Internacional

- Millennial Net
- MicroDAQ
- Ember
- Crossbow

## ■ Competencia Nacional

- Open Automation: Representación Local de Crossbow

## ■ Competencia Internacional

- Millennial Net
- MicroDAQ
- Ember
- Crossbow

## ■ Competencia Nacional

- Open Automation: Representación Local de Crossbow



## ■ Competencia Internacional

- Millennial Net
- MicroDAQ
- Ember
- Crossbow

## ■ Competencia Nacional

- Open Automation: Representación Local de Crossbow

## ■ Competencia Internacional

- Millennial Net
- MicroDAQ
- Ember
- Crossbow

## ■ Competencia Nacional

- Open Automation: Representación Local de Crossbow

- Competencia Internacional
  - Millennial Net
  - MicroDAQ
  - Ember
  - Crossbow
- Competencia Nacional
  - Open Automation: Representación Local de Crossbow

## ■ Equipo de Trabajo - Sueldos

- Ingeniero / hora =  $\$7020 / 160 \text{ hs} = \$ 43.9 / \text{hs}$
- Programador / hora =  $\$6000 / 160 \text{ hs} = \$ 37.5 / \text{hs}$
- Técnico / hora =  $\$3520 / 160 \text{ hs} = \$ 22 / \text{hs}$

## ■ Costo Primario

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo Primario	Material Directo	Módulo Zigbee	\$ 170
		Sensores	\$ 100
		Convertor Serie-USB	\$ 24
		Componentes Varios	\$ 50
		Carcasa	\$ 50
		MAX3232	\$ 15
		Sub Total	\$ 409
	Trabajo Directo - Salarios Durante 6 meses		\$ 165,400
	Mantenimiento		\$ 2,000
	Suministros		\$ 5,000
	Servicios(Luz, agua, etc)		\$ 5,000
	Sub Total		\$ 177,400
Total - Costo Primario		\$ 177,809	

■ Tenemos un costo primario total de \$ 177.809

## ■ Costo Primario

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo Primario	Material Directo	Módulo Zigbee	\$ 170
		Sensores	\$ 100
		Convertor Serie-USB	\$ 24
		Componentes Varios	\$ 50
		Carcasa	\$ 50
		MAX3232	\$ 15
		Sub Total	\$ 409
	Trabajo Directo - Salarios Durante 6 meses		\$ 165,400
	Mantenimiento		\$ 2,000
	Suministros		\$ 5,000
	Servicios(Luz, agua, etc)		\$ 5,000
	Sub Total		\$ 177,400
Total - Costo Primario		\$ 177,809	

■ Tenemos un **costo primario total de \$ 177.809**

## ■ Costo de Fábrica

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo De Fábrica	Costo de Producción Indirectos	Impuestos	\$ 15,000
		Seguros	\$ 10,000
		Sub Total	\$ 25,000
	Costo Primario		\$ 177,809
Total - Costo de Fábrica			\$ 202,809

■ Tenemos un costo de fábrica total de \$ 202.809

## ■ Costo de Fábrica

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo De Fábrica	Costo de Producción Indirectos	Impuestos	\$ 15,000
		Seguros	\$ 10,000
		Sub Total	\$ 25,000
	Costo Primario		\$ 177,809
Total - Costo de Fábrica			\$ 202,809

- Tenemos un **costo de fábrica total de \$ 202.809**





Venta a través de Internet.

Estrategias de Marketing.

Reunión sala del cliente.

Producción afuera.



Venta a través de Internet.

Estrategias de Marketing.

Reunión sala del cliente.

Producción afuera.



Venta a través de Internet.  
Estrategias de Marketing.  
Reunión sala del cliente.  
Producción afuera.



Venta a través de Internet.  
Estrategias de Marketing.  
Reunión sala del cliente.  
Producción afuera.



- Fábrica en China.
  - 200 placas con componentes 7 días.
  - 80 dólares en total.
- Fábrica en el país.
  - 200 placas sin componentes 3 semanas.
  - Casi 170 dólares.



- Fábrica en China.
  - 200 placas con componentes 7 días.
  - 80 dólares en total.
- Fábrica en el país.
  - 200 placas sin componentes 3 semanas.
  - Casi 170 dólares.



- Fábrica en China.
  - 200 placas con componentes 7 días.
  - 80 dólares en total.
- Fábrica en el país.
  - 200 placas sin componentes 3 semanas.
  - Casi 170 dólares.



- Fábrica en China.
  - 200 placas con componentes 7 días.
  - 80 dólares en total.
- Fábrica en el país.
  - 200 placas sin componentes 3 semanas.
  - Casi 170 dólares.



## ■ Costo de Producción

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo De Producción	Gastos Generales Fijos	Investigación y Desarrollo	\$ 6,000
		Contaduría y Auditoría	\$ 4,000
		Asesoramiento Legal	\$ 6,000
		Relaciones Públicas(tipo RRHH)	\$ 6,000
		Costo de Dirección y Administración	\$ 4,000
		Alquileres	\$ 35,000
		Costos de Ventas y Distribución	\$ 9,000
		Sub Total	\$ 107,628
	Costo De Fábrica		\$ 202,809
Total - Costo de Producción			\$ 310,437

■ Tenemos un costo de producción total de \$ 310.437

## ■ Costo de Producción

Tipo de Gasto		Especificación	Monto
Costo De Producción	Gastos Generales Fijos	Investigación y Desarrollo	\$ 6,000
		Contaduría y Auditoría	\$ 4,000
		Asesoramiento Legal	\$ 6,000
		Relaciones Públicas(tipo RRHH)	\$ 6,000
		Costo de Dirección y Administración	\$ 4,000
		Alquileres	\$ 35,000
		Costos de Ventas y Distribución	\$ 9,000
		Sub Total	\$ 107,628
	Costo De Fábrica		\$ 202,809
Total - Costo de Producción			\$ 310,437

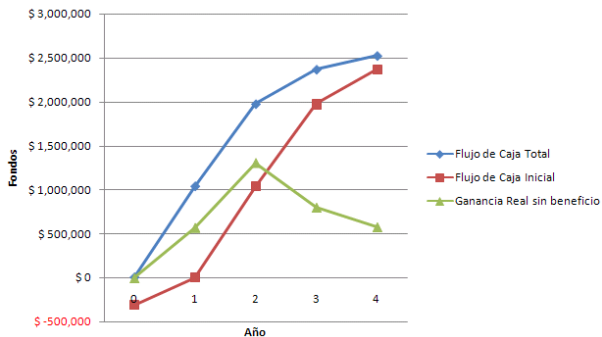
■ Tenemos un **costo de producción total de \$ 310.437**

- Precio de venta Kit Básico (1 coordinador y 2 nodos): \$1480

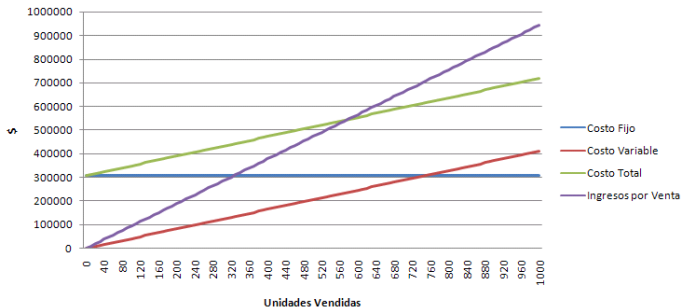
## ■ Flujo de Caja

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Estado Inicial	\$ -310,028.00	\$ 0.00	\$ 1,036,990.21	\$ 1,973,488.58	\$ 2,366,903.42
Productos Vendidos	580	1260	1166	658	436
Entrada por Ventas de Productos	\$ 857,276	\$ 1,862,358	\$ 1,723,420	\$ 972,565	\$ 644,435
Gastos Fijos	\$ -310,028	\$ -310,028	\$ -310,028	\$ -310,028	\$ -310,028
Gastos Variables	\$ -237,220	\$ -515,340	\$ -476,894	\$ -269,122	\$ -178,324
Impuestos	\$ -6,201	\$ -463,535	\$ -418,615	\$ -175,856	\$ -69,769
Ganancia Real - Sin Beneficio	\$ -6,200.56	\$ 567,255.02	\$ 1,304,805.60	\$ 796,708.41	\$ 574,665.93
Total	\$ 0	\$ 1,036,990	\$ 1,973,489	\$ 2,366,903	\$ 2,522,986

## ■ Flujo de Caja

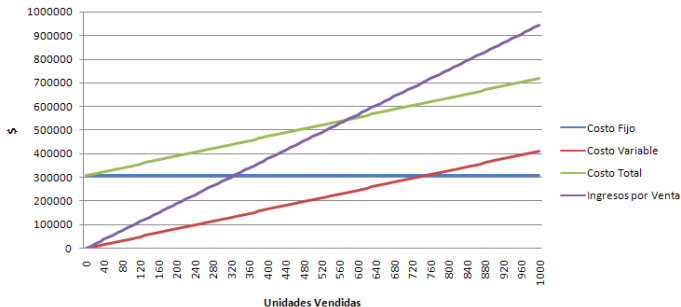


## ■ Punto de Cobertura



■ Para recuperar la inversión hay que vender 580 unidades.

## ■ Punto de Cobertura



- Para recuperar la inversión hay que vender 580 unidades.

## ■ VAN y TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_f t}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = 498.596,61$$

$$TIR = 69\%$$



## ■ VAN y TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_f t}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = 498.596,61$$

$$TIR = 69\%$$

## ■ VAN y TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_f t}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN = 498.596,61$$

$$TIR = 69\%$$

## ■ Dólar

■ Rentabilidad 42 %



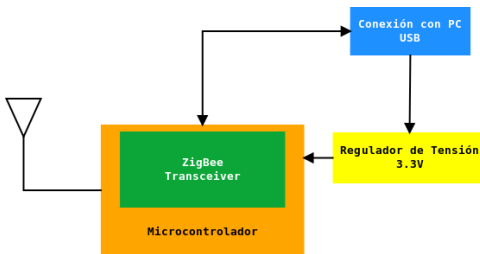
■ Euro

■ Rentabilidad 43 %



## ■ Diagrama en Bloques

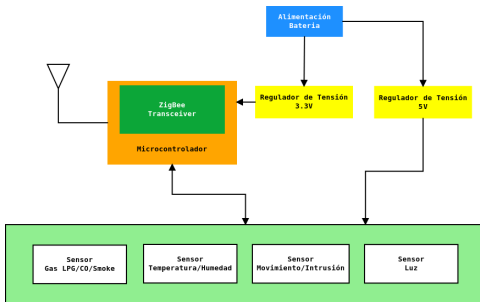
- Coordinador
- Nodo

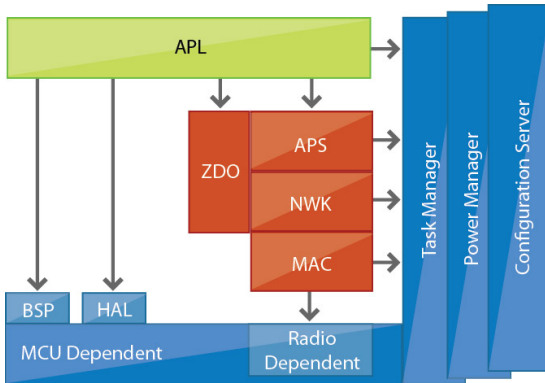


## ■ Diagrama en Bloques

■ Coordinador

■ Nodo

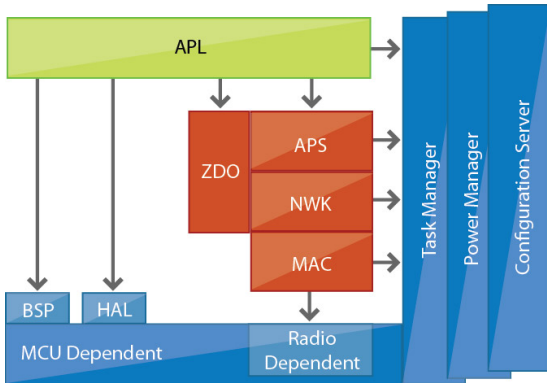




- User application
- Core stack
- Shared, low-level services

- Aplicación del usuario.
- Código específico del micro.
- Stack ZigBee.

# Firmware

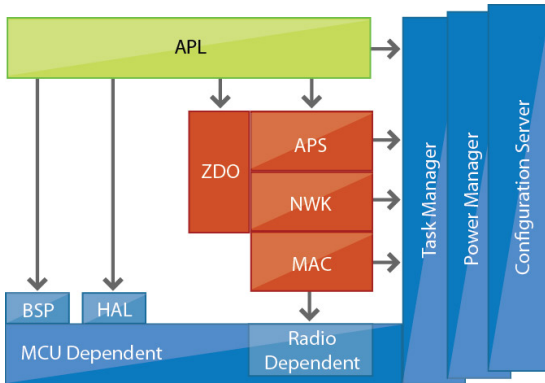


- User application
- Core stack
- Shared, low-level services

- Aplicación del usuario.
- Código específico del micro.
- Stack ZigBee.



# Firmware



- User application
- Core stack
- Shared, low-level services

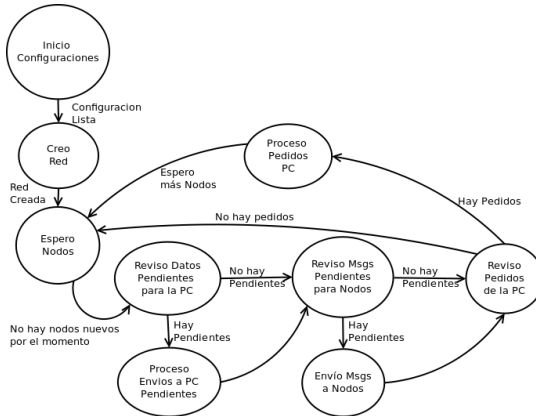
- Aplicación del usuario.
- Código específico del micro.
- Stack ZigBee.

# Diagrama de Estados



■ Coordinador

■ Nodo

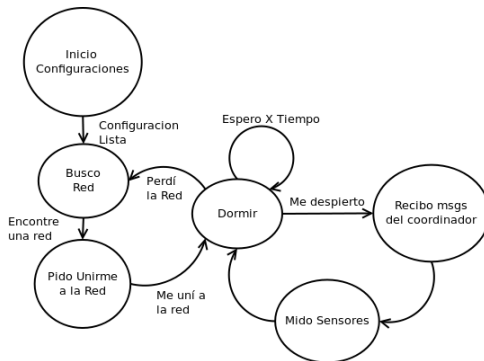


# Diagrama de Estados

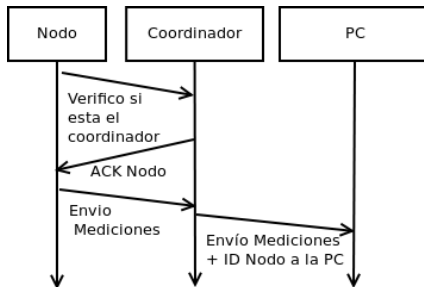


■ Coordinador

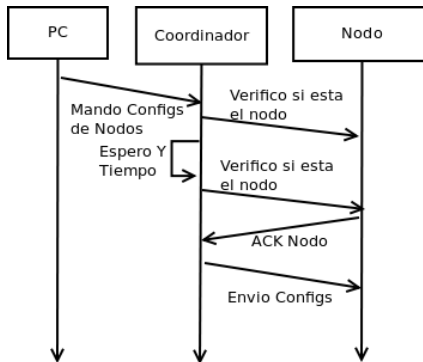
■ Nodo



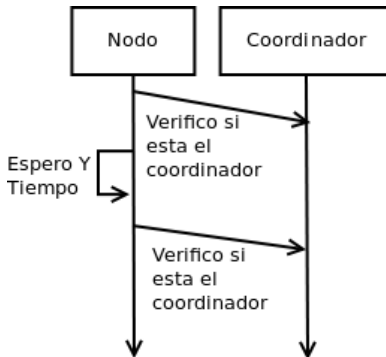
- Comunicación Nodo-PC
- Comunicación PC-Nodo
- Comunicación Nodo-PC (fail)



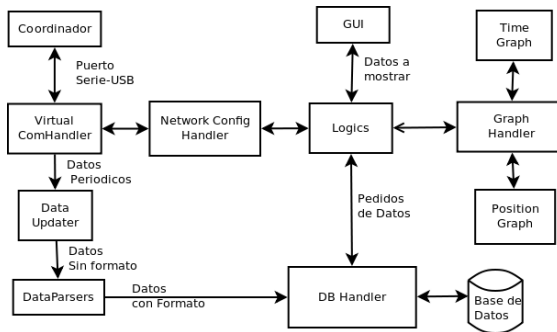
- Comunicación Nodo-PC
- Comunicación PC-Nodo
- Comunicación Nodo-PC (fail)



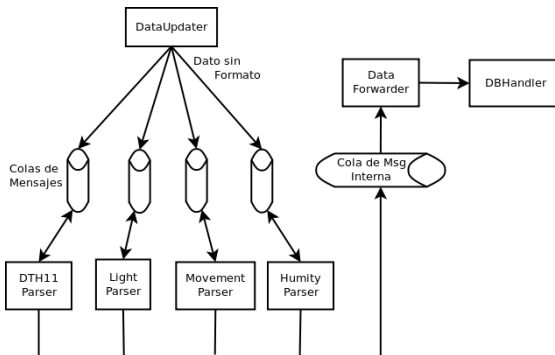
- Comunicación Nodo-PC
- Comunicación PC-Nodo
- Comunicación Nodo-PC (fail)



- Diagrama General
- Parseo de Datos
- Comunicación USB

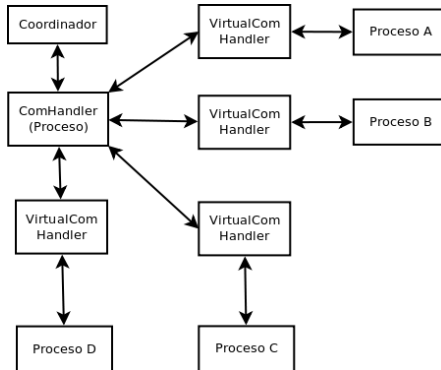


- Diagrama General
- Parseo de Datos
- Comunicación USB





- Diagrama General
- Parseo de Datos
- Comunicación USB



Visor de Red de Sensores

Mediciones Opciones Graficos

Nodos:

1
2
3
4
5

Datos: 5

Temperatura: 24 °C

Humedad: 59 % RH

Movimiento: 0

Luz: 0.163636 Lux

CO: 0.0343 ppm

Humo: 0.0910103 ppm

LPG: 0.0310091 ppm

Actualizar Nodos

Visor de Red de Sensores

Mediciones Opciones Graficos

Idioma: Castellano

Tiempo de Actualizacion de Datos: 10 s

Alarmas

Temperatura:

Humedad:

Luz:

Gases:

Movimiento: ☐

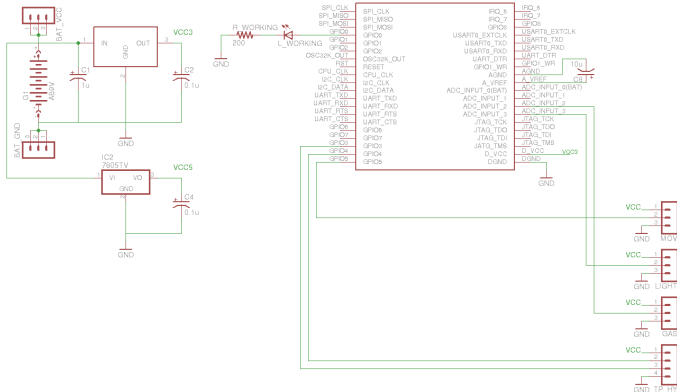
Configurar Alarmas



# Definición Módulos



- Esquemático Coordinador
- Esquemático Nodo

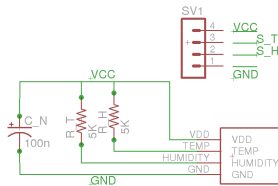


## ■ Sensores

- Sensor Temperatura y Humedad
- Sensor de Luz

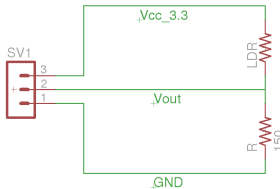
## ■ Sensores

- Sensor Temperatura y Humedad
- Sensor de Luz

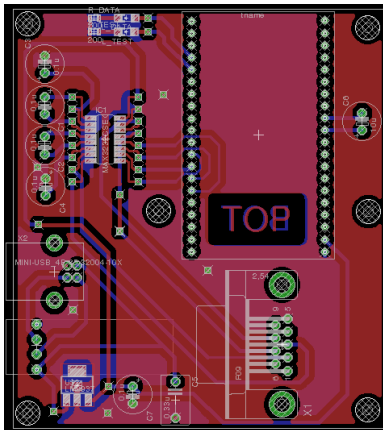


## ■ Sensores

- Sensor Temperatura y Humedad
- Sensor de Luz

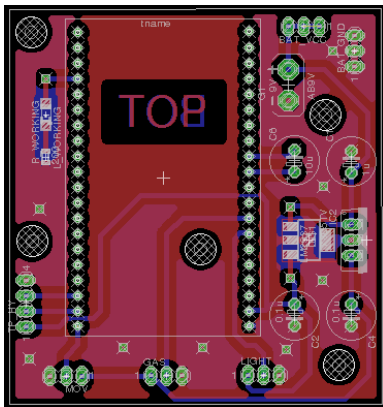


- PCB Nodo





- PCB Nodo



## Tiempo medio entre fallas

$$\text{TMEF} = \frac{1}{\lambda_o}$$

- Fallas son de tipos accidentales  $\lambda(t) = \lambda_o$
- $\lambda_{Total} = \sum_i \lambda_i$
- $\lambda_o$  Tasa de fallas totales.
- $R(t) = R_1(t) \times \dots \times R_N(t) = e^{-\lambda_1 t} \times \dots \times e^{-\lambda_N t} = e^{-\lambda_{Total} t}$

## Tiempo medio entre fallas

$$\text{TMEF} = \frac{1}{\lambda_o}$$

- Fallas son de tipos accidentales  $\lambda(t) = \lambda_o$
- $\lambda_{Total} = \sum_i \lambda_i$
- $\lambda_o$  Tasa de fallas totales.
- $R(t) = R_1(t) \times \dots \times R_N(t) = e^{-\lambda_1 t} \times \dots \times e^{-\lambda_N t} = e^{-\lambda_{Total} t}$

## Tiempo medio entre fallas

$$\text{TMEF} = \frac{1}{\lambda_o}$$

- Fallas son de tipos accidentales  $\lambda(t) = \lambda_o$
- $\lambda_{Total} = \sum_i \lambda_i$
- $\lambda_o$  Tasa de fallas totales.
- $R(t) = R_1(t) \times \dots \times R_N(t) = e^{-\lambda_1 t} \times \dots \times e^{-\lambda_N t} = e^{-\lambda_{Total} t}$

Si se considera que la tasa de fallas es constante  $\lambda(t) = \lambda_o$

$$\lambda_{Total} = \sum_i \lambda_i \quad \text{resulta que } TMEF = \frac{1}{\lambda_{Total}}$$

$$TMEF = 510113 \text{ horas} = 58,2 \text{ años}$$

$$R(T_G) = e^{\frac{T_G}{TMEF}}$$

$$0,9 = e^{\frac{T_G}{14,2}}$$

Tiempo de Garantía otorgado  $T_G = 4 \text{ años}$

- Política de reemplazo por unidad defectuosa
- Reparación y venta en condiciones de “refurbished”
- Menor Garantía: 6 meses - 1 año

## ■ Excelencias y objetivos alcanzados

- El stack de ZigBee permite resolver de manera sencilla el acceso al medio y comunicaciones.
- Al utilizar componentes SMD y estar en un ambiente poco hostil obtuvimos un TMEF muy alto.
- La interfaz de PC compatible entre los distintos sistemas operativos y multi-idiomias.
- La modificación a topología de malla es muy sencilla.
- La comunicación es robusta, no se ve afectada por interferencias ni degradaciones.
- La red se puede expandir aumentando la cantidad de módulos.
- Se asentaron las bases de documentación y código para lograr modificar la aplicación a otras necesidades.
- Los objetivos de consumo, potencia y radio de alcance fueron alcanzados.
- Permite ser ejecutado en teléfonos celulares con Symbian ®.
- Cuenta con la capacidad de ejecutarse en máquinas remotas.

¿Preguntas?