

000100010100010011100110101ESPE LATACUNGA  
PE111001ESPE110101ESPE10100



**ESPE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CAMINO A LA EXCELENCIA**

**SEDE LATACUNGA**

# TESIS DE GRADO

“Diseño e implementación de un sistema domótico inalámbrico basado en el protocolo de redes de comunicación Zigbee y sistema de supervisión HMI para la seguridad y eficiencia de consumo energético en hogares ecuatorianos”.

Carla Araque  
Cristian Sánchez

# ANTECEDENTES



- El auge de la domótica en los últimos años en los países desarrollados ha tenido un gran impacto en la economía y estilo de vida de los habitantes.
- Países en vías de desarrollo como el nuestro no han sido pioneros en este campo, sin embargo la domótica ha llegado a implementarse en ciertos sectores de la sociedad.
- La implementación de un sistema domótico tanto general como parcial no está destinada para un sector limitado de nuestra sociedad, sino que puede ser demandado por un estatus social medio, medio alto y alto.

# OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema domótico inalámbrico basado en el protocolo de redes de comunicación Zigbee y sistema de supervisión HMI para la seguridad y eficiencia de consumo energético.



# OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis de la arquitectura de la vivienda para determinar las necesidades y poder conocer los requerimientos en el desarrollo de la red Zigbee.
- Analizar los posibles problemas que se presenten en la implementación del control de la seguridad de la vivienda.
- Determinar la adecuada posición de los sensores de movimiento que se instalarán en la vivienda para un buen sensado y una buena comunicación.
- Realizar una red inalámbrica tipo malla en la vivienda utilizando el protocolo Zigbee
- Realizar el control de las luces de cada habitación de la vivienda para su encendido y apagado automático y optimizar el ahorro de energía.
- Implementar una adecuada interface táctil que sea amigable con el usuario de fácil uso y control del HMI.
- Utilizar un table PC para la visualización y monitoreo tanto de luces de las habitaciones como el control de la seguridad de toda la vivienda

# INTRODUCCION



- Para que un sistema pueda ser considerado "inteligente" ha de incorporar elementos o sistemas basados en las nuevas tecnologías de la información, cuyo uso en la vivienda genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información y en la integración y comunicación entre los equipos e instalaciones.
- El objetivo es asegurar al usuario de la vivienda un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y las facilidades de comunicación
- una vivienda inteligente puede ofrecer una amplia gama de aplicaciones.

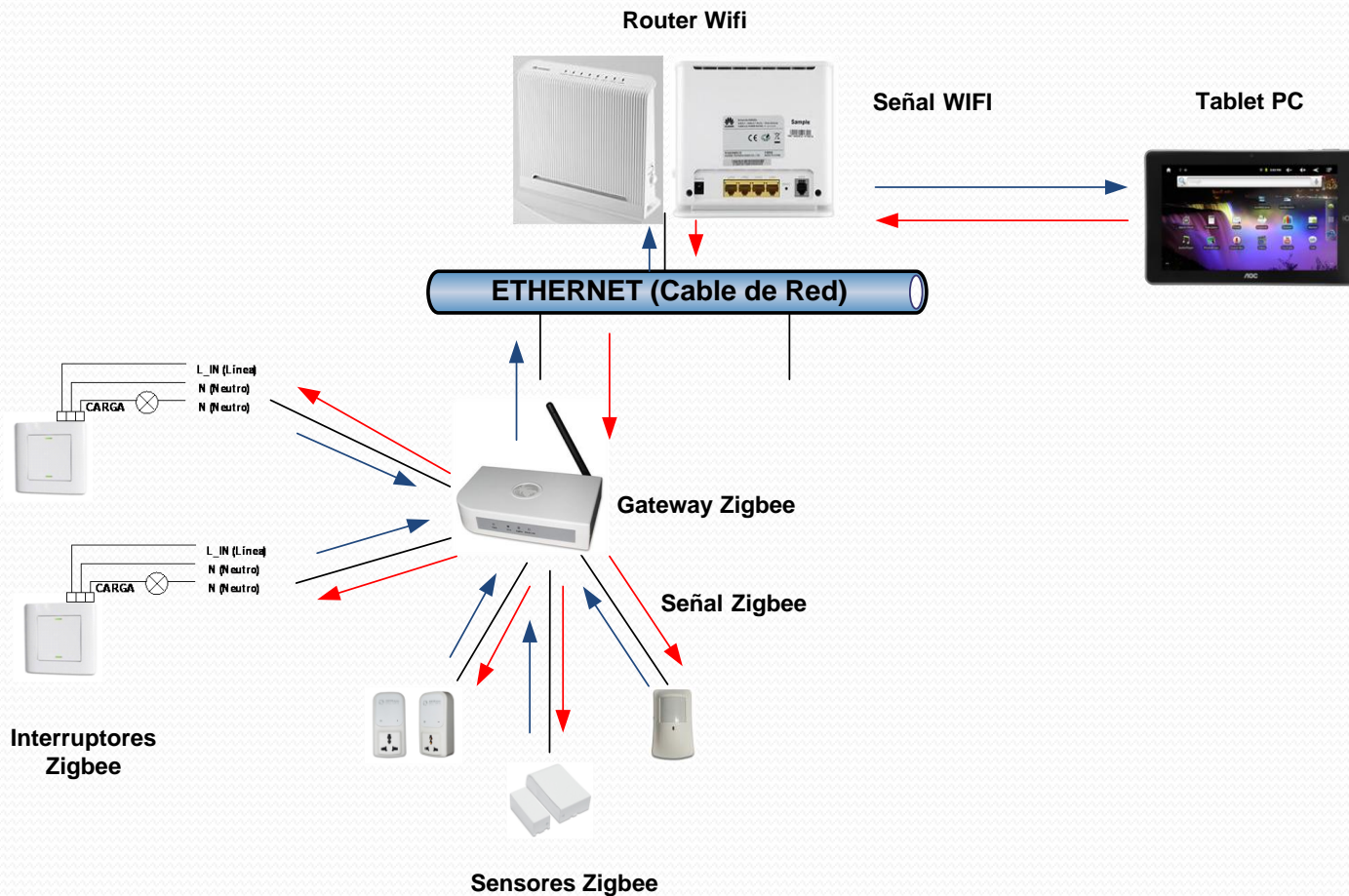
# CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DOMOTICO

- Control del sistema domótico mediante una Tablet PC.
- Encendido y apagado de luces manual y automático.
- Ahorro de Energía.
- Control remoto de TV, radio, DVD, etc.
- Sistema de seguridad.
- Registro de Alarmas.
- Simulaciones de presencia constantes y casuales.
- Eventos de control.
- Escenas de control.

# EQUIPOS, MATERIALES UTILIZADOS

DISPOSITIVOS ZIGBEE	
SIMBOLO	DEFINICION
	Gateway Zigbee
	Interruptor Zigbee
	Sensor Infrarrojo
	Tomacorriente
	Sensor de puerta/ ventana
	Sensor bloqueo de cajón
	Sensor Detector de Gas
	Transmisor IR

# Diagrama de la red inalámbrica ZigBee





# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

- DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA VIVIENDA
- DISEÑO Y NECESIDAD DEL SISTEMA DOMÓTICO
- IMPLEMENTACIÓN Y MODIFICACION DEL SISTEMA ELECTRICO
- IMPLEMENTACION RED ZIGBEE
- IMPLEMENTACIÓN DEL HMI

# DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA VIVIENDA

- La vivienda se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Salcedo en las calles 24 de Mayo y Juan León Mera, es una construcción de 3 pisos de losa distribuidos de la siguiente manera:

Planta Baja
Cocina
Comedor
Local
Tras tienda
Pozo de Luz
Baño
Pasillo
Patio

Primer Piso
Habitación
Habitación
Baño
Baño
Cocina
Sala
Pasillo

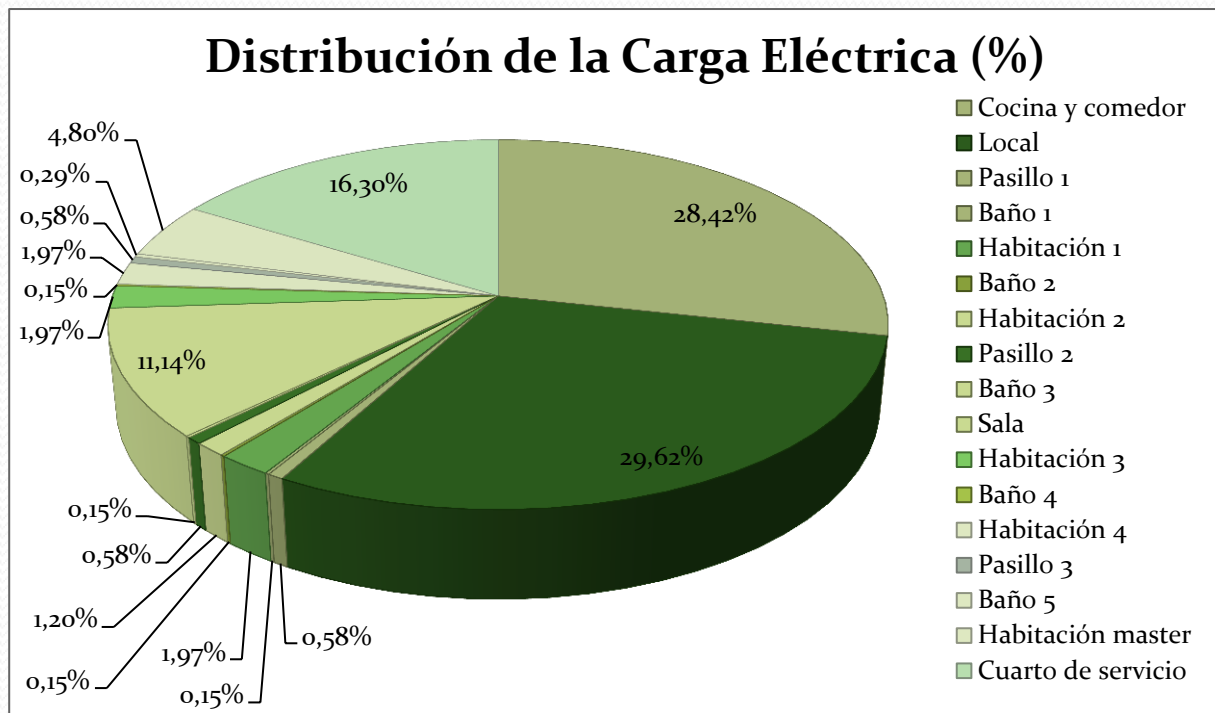
Segundo Piso
Habitación
Habitación
Habitación máster
Baño
Baño
Pasillo
Terraza

- Existe en total 28 puntos de conexión para interruptores y 32 tomacorrientes distribuidos en las diferentes plantas de la vivienda.

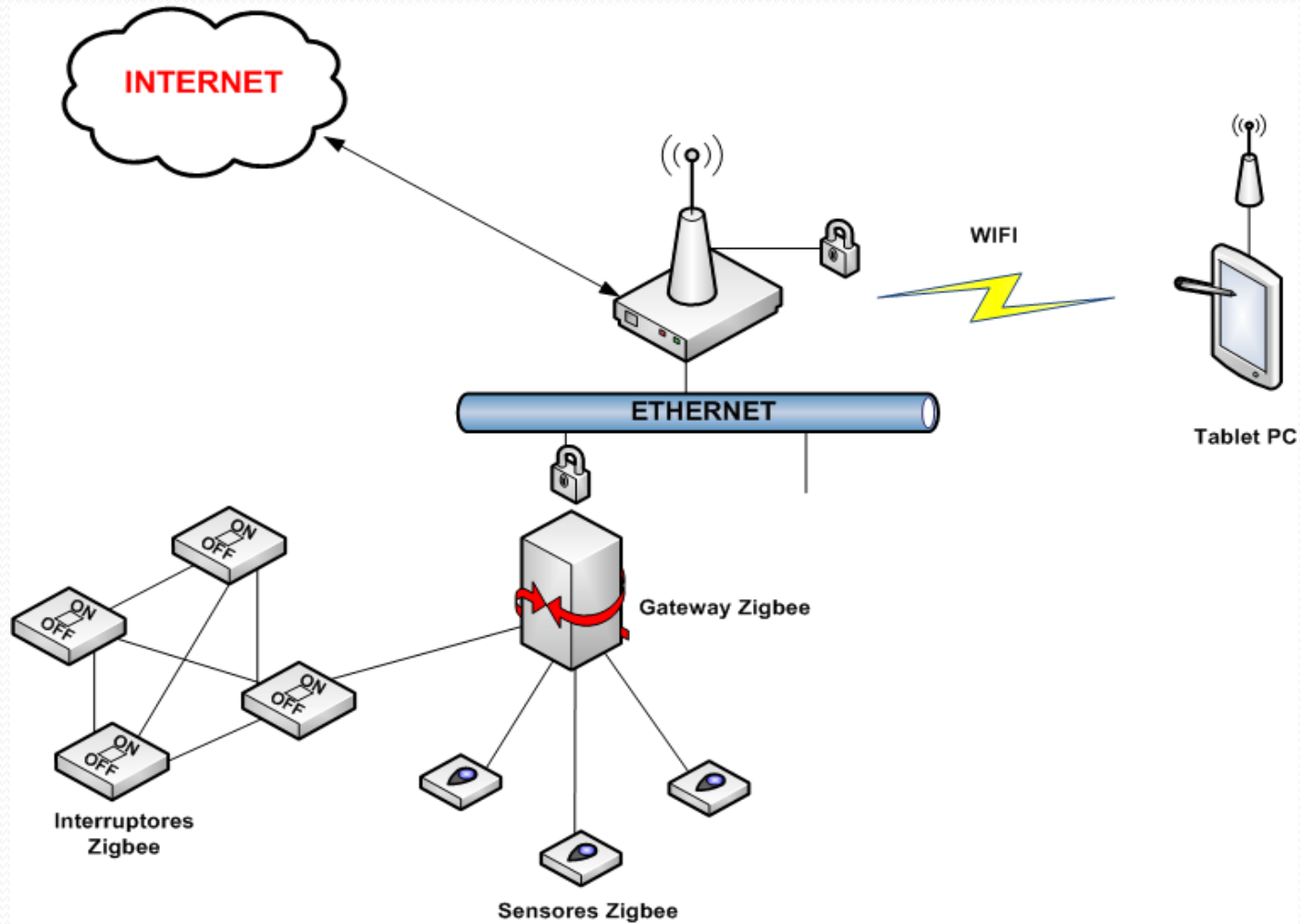


# DISEÑO Y NECESIDAD DEL SISTEMA DOMÓTICO

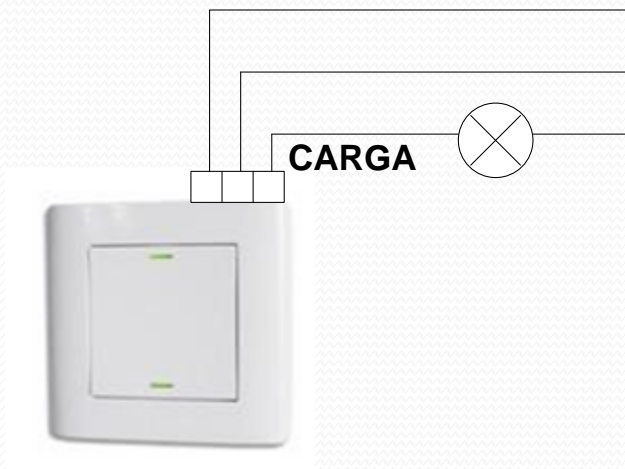
- **DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE CARGAS DE LA VIVIENDA**



- **DISTRIBUCIÓN DE LAS HORAS DE USO MÁS COMUNES**
- **NECESIDADES DE LA RED ZIGBEE**



# IMPLEMENTACIÓN Y MODIFICACION DEL SISTEMA ELECTRICICO



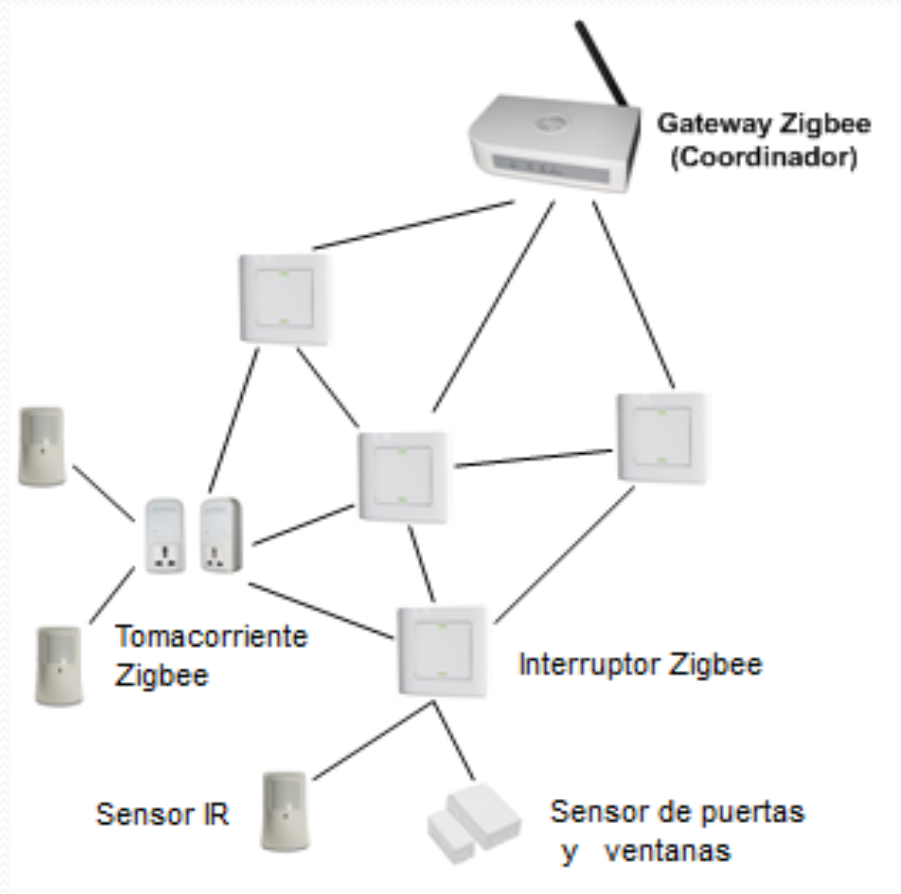
L\_IN (Línea)

N (Neutro)

N (Neutro)



# IMPLEMENTACION RED ZIGBEE



# IMPLEMENTACIÓN DEL HMI

- Para la implementación del HMI se utiliza el programa Smart Home.
- Software desarrollado en la plataforma Android, exclusivamente para gestionar dispositivos ZigBee.
- El HMI consta de una interfaz gráfica muy amigable con el usuario, en la cual se tiene el control y la programación de todas las áreas, seguridad y escenas de la vivienda.



# HMI

- Interfaz de contraseña
- Interfaz principal
- Interfaz de escena
- Interfaz de área
- Interfaz de función
- Interfaz del sistema



# Interfaz de contraseña

00CFED453010

Remember AutoLogin

智慧生活，从物联启航

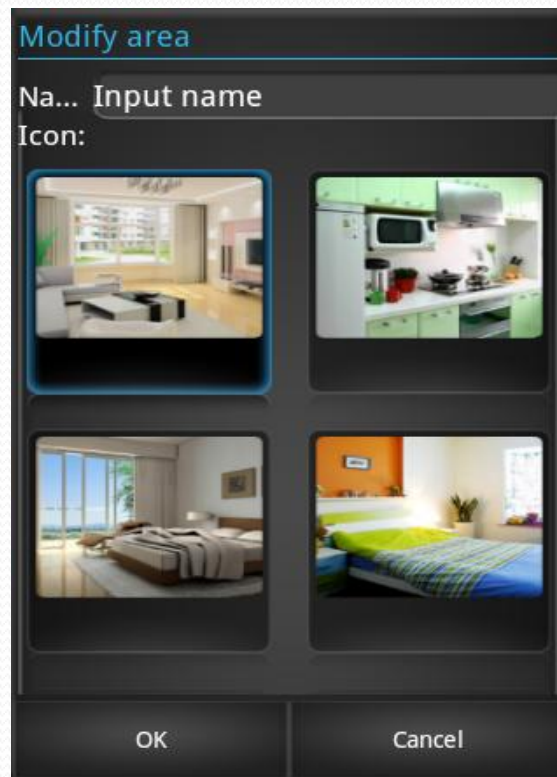
# Interfaz principal



# Interfaz de escena



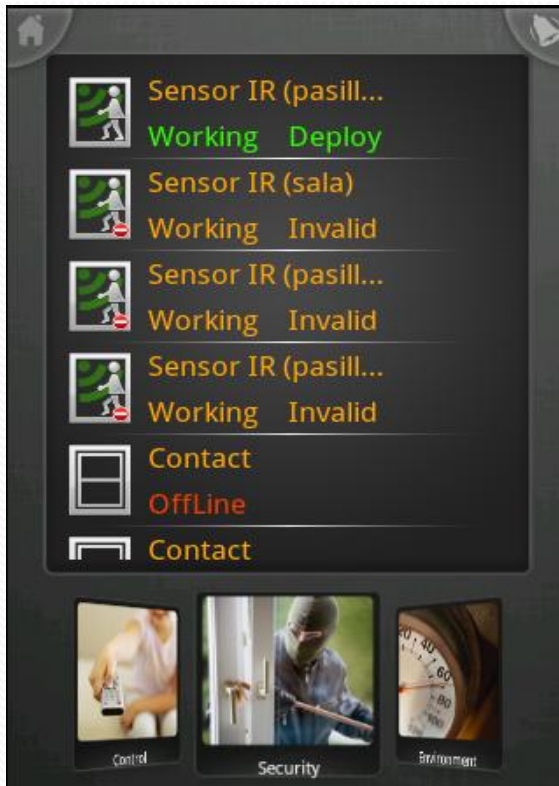
# Interfaz de área



# Interfaz de función

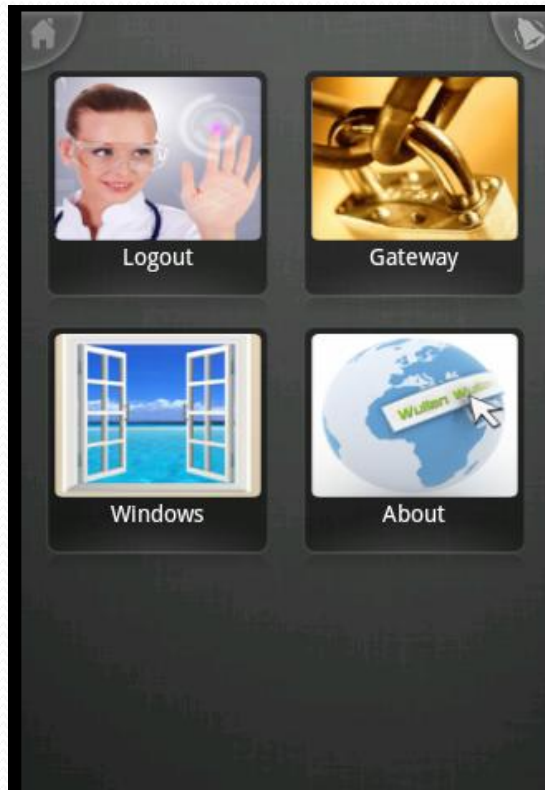








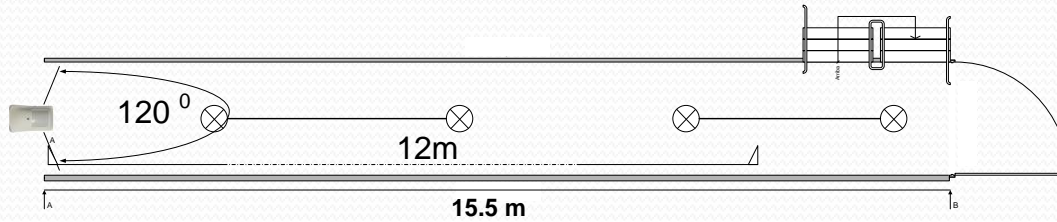
# Interfaz del sistema



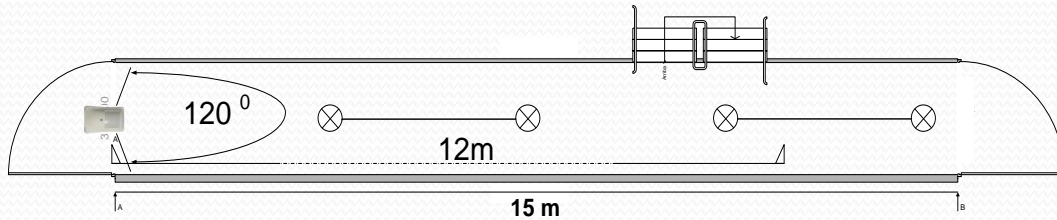


# ANEXOS

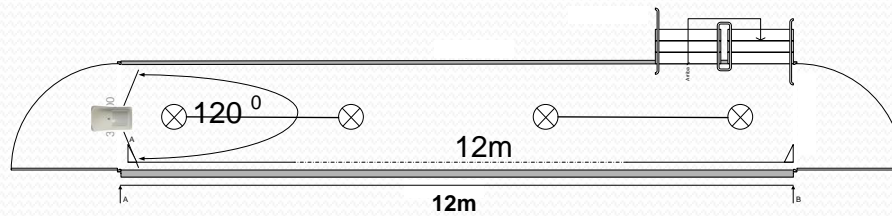
- Distancia efectiva de detección: 12 metros
- Angulo de detección: 120 grados
- Altura de instalación: 2.0 – 2.5 metros del suelo



*Ángulo de cobertura del sensor IR en el pasillo 1.*



*Ángulo de cobertura del sensor IR en el pasillo 2.*



*Ángulo de cobertura del sensor IR en el pasillo 3.*

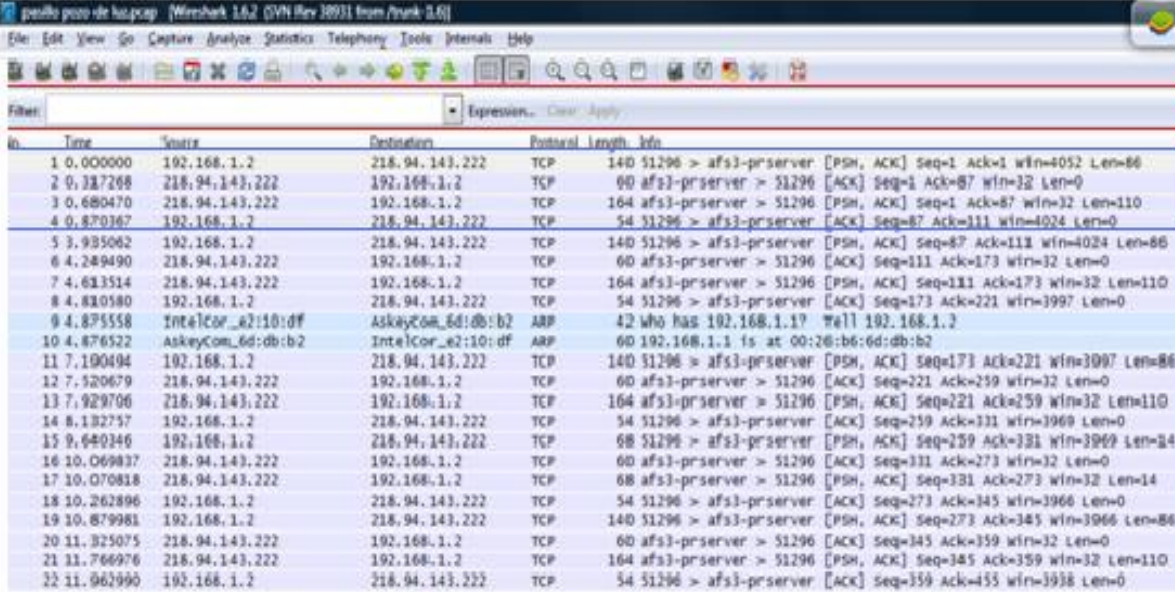




*Leds indicadores de la conexión entre el Gateway ZigBee y el router HG520c.*

# Wireshark- Tiempos de respuesta

1



2

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	140	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 win=4052 Len=86
2	0.327268	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=1 Ack=87 win=32 Len=0
3	0.680470	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	164	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=87 win=32 Len=110
4	0.8270367	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=87 Ack=111 win=4024 Len=0
5	3.935062	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	140	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=87 Ack=111 win=4024 Len=86
6	4.249490	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=111 Ack=173 win=32 Len=0
7	4.613514	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	164	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=111 Ack=173 win=32 Len=110
8	4.830580	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=173 Ack=221 win=3997 Len=0
9	4.875558	IntelCor_e2:10:df	AskeyCom_6d:db:b2	ARP	42	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2
10	4.876522	AskeyCom_6d:db:b2	IntelCor_e2:10:df	ARP	60	192.168.1.1 is at 00:26:b6:6d:db:b2
11	7.190494	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	140	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=173 Ack=221 win=3997 Len=86
12	7.520679	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=221 Ack=259 win=32 Len=0
13	7.929706	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	164	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=221 Ack=259 win=32 Len=110
14	8.132757	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=259 Ack=311 win=3969 Len=0
15	9.640346	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	68	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=259 Ack=311 win=3969 Len=14
16	10.069837	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=311 Ack=273 win=32 Len=0
17	10.070818	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	68	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=311 Ack=273 win=32 Len=14
18	10.262896	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=273 Ack=345 win=3966 Len=0
19	10.879981	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	140	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=273 Ack=345 win=3966 Len=86
20	11.325075	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=345 Ack=359 win=32 Len=0
21	11.766976	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	164	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=345 Ack=359 win=32 Len=110
22	11.963990	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=359 Ack=455 win=3938 Len=0

3

4

```
Frame 1: 140 bytes on wire (1120 bits), 140 bytes captured (1120 bits) on interface 0  
Ethernet II, Src: IntelCor_e2:10:df (00:1b:77:e2:10:df), Dst: AskeyCom_6d:db:b2 (00:26:b6:6d:db:b2)  
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.2 (192.168.1.2), Dst: 218.94.143.222 (218.94.143.222)  
Transmission Control Protocol, Src Port: 51296 (51296), Dst Port: afs3-prserver (7002), Seq: 1, Ack: 1, Len: 86  
Data (86 bytes)  
Data: 7b2264617461223a2231222c22616464223a223132222c22...  
0000 00 26 b6 6d db b2 00 1b 77 e2 10 df 08 00 45 00 .&.m...w....E.  
0010 00 7e 78 83 40 00 80 06 56 0f c0 a8 01 02 da 5e .-X.B...V.....^  
0020 8f de c8 60 1b 5a 7a 2e a8 a8 3d 6f 08 06 50 18 ...:Z...w...P.  
0030 0f 04 06 a6 00 00 7b 22 64 61 74 61 22 3a 22 31 :...["data":1  
0040 22 2c 22 61 6d 64 22 3a 22 31 32 22 2c 22 67 77 i"end":12"i"gw  
0050 8b 22 73 33 73 30 20 43 48 23 31 31 26 33 20 85 tP:""oc"prnt:10
```

# Habitación

cuarto abula.pcap [Wireshark 1.6.2 (SVN Rev 38931 from /trunk-1.6)]

0.874720 seg

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	140	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=3904 Len=86
2	0.348536	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	60	afs3-prserver > 51296 [ACK] Seq=1 Ack=87 Win=32 Len=0
3	0.680586	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	164	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=87 Win=32 Len=110
4	0.874620	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=87 Ack=111 Win=3877 Len=0

# Sensor Activado - Desactivado

planta baja activado desactivado.pcap [Wireshark 1.6.2 (SVN Rev 38931 from /trunk-1.6)]

0.509071 seg

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	151	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=4177 Len=97
2	0.319005	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	146	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=98 Win=32 Len=92
3	0.509071	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=98 Ack=93 Win=4154 Len=0
4	0.893655	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	151	51296 > afs3-prserver [PSH, ACK] Seq=98 Ack=93 Win=4154 Len=97

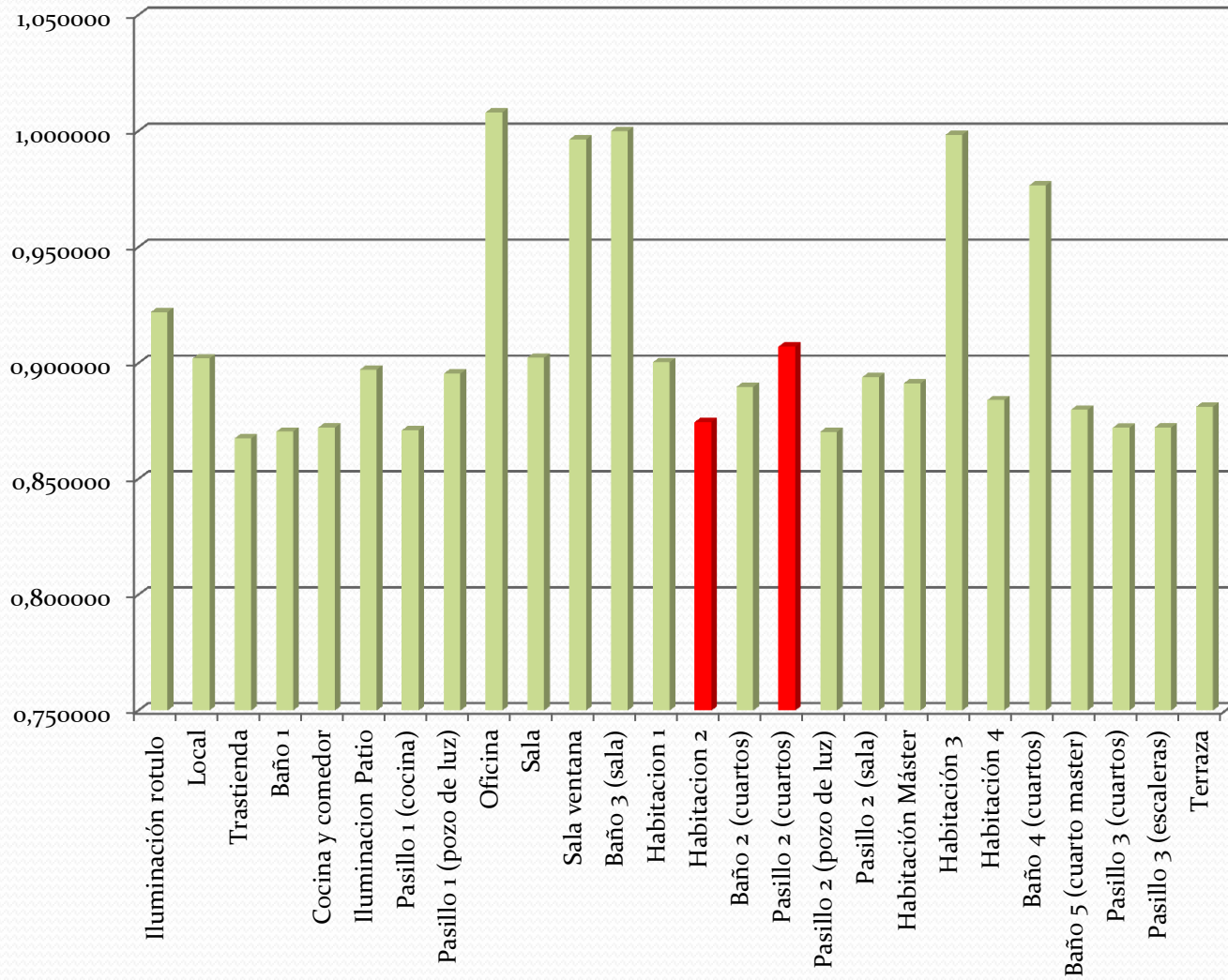
# Sensor Alarma

planta baja alarma.pcap [Wireshark 1.6.2 (SVN Rev 38931 from /trunk-1.6)]

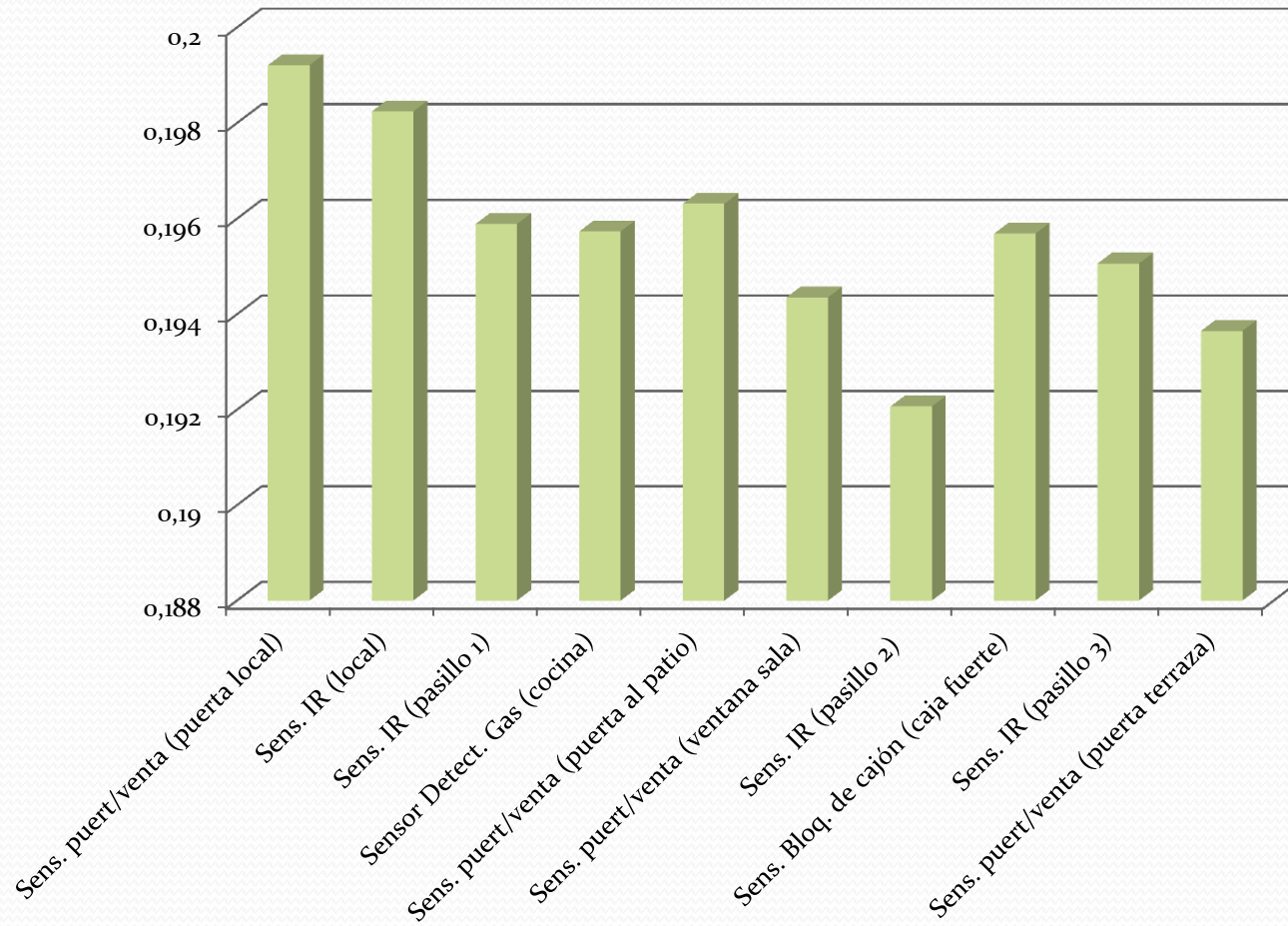
0.195888 seg

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	Fe80::14fe:9f:d3df::ff02::1:ff15:44	ff02::1:ff15:44	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::44b9:d7fb:a915:4442 from 00:1b:77:7d:31:90
2	4.684469	192.168.1.2	192.168.1.1	DNS	74	Standard query A www.google.com
3	4.714333	192.168.1.1	192.168.1.2	DNS	310	Standard query response CNAME www.l.google.com A 74.125.229.208 A 74.125.229.208
4	4.968341	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	166	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=32 Len=112
5	5.164229	192.168.1.2	218.94.143.222	TCP	54	51296 > afs3-prserver [ACK] Seq=1 Ack=113 Win=4200 Len=0
6	5.477436	218.94.143.222	192.168.1.2	TCP	100	afs3-prserver > 51296 [PSH, ACK] Seq=113 Ack=1 Win=32 Len=112

## TIEMPO DE RESPUESTA DE LOS INTERRUPTORES

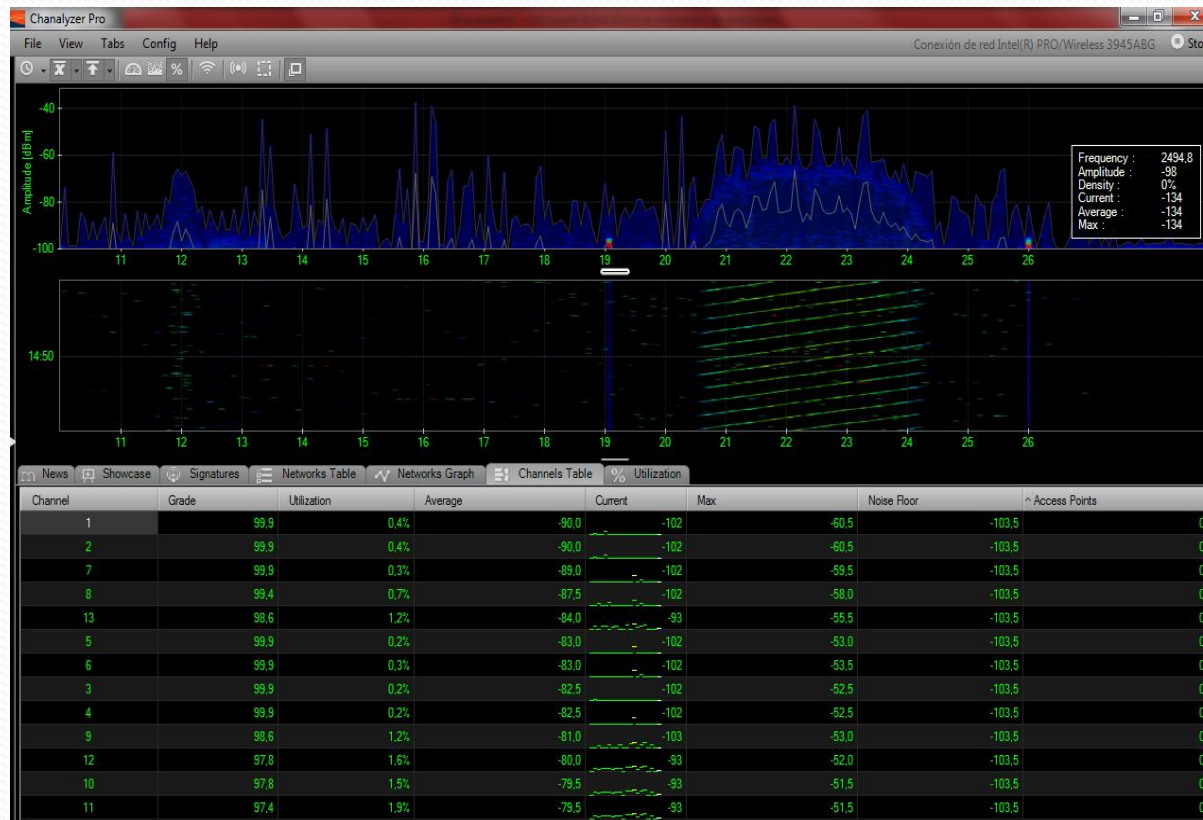


## TIEMPO DE RESPUESTA DE LOS SENSORES





# Analizador de espectros



# Costos del Proyecto

Descripción	P. Total
EQUIPOS ACTIVOS Y SENSORES	2876
MANO DE OBRA	205
GASTOS VARIOS	77,8
<b>TOTAL</b>	<b>3158,80</b>

# Comparación de costos con otros sistemas.

El kit OSIRIS HOME CINEMA contiene:

- 4 receptores encapsulados dimmer OSIRIS RF ref OR-4756.
- 4 minitransmisores on/off OSIRIS RF ref OR-4718.
- 1 mando a distancia 6 canales OSIRIS RF ref OR-4741.

Precio: 623,23 € (IVA incluido)

El kit OSIRIS SEGURIDAD PLUS contiene:

- 2 receptores encapsulados on/off OSIRIS RF ref OR-4754.
- 1 transmisor binario OSIRIS RF ref OR-4717.

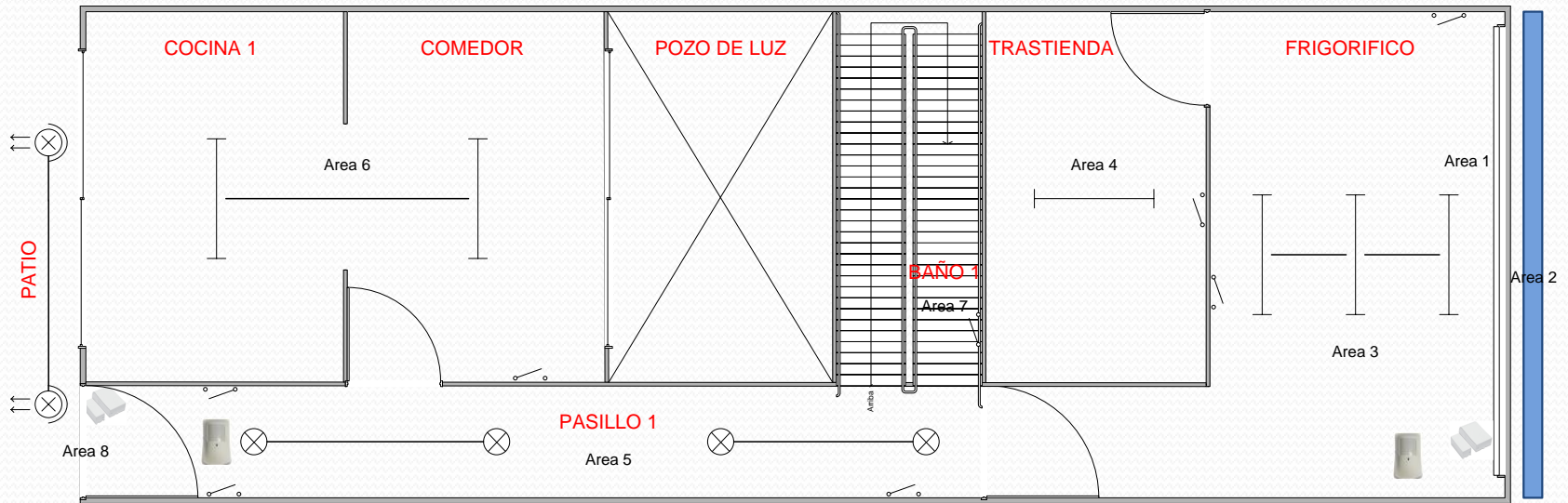
Precio: 197,12 € (IVA incluido)

# Comparación de costos con la empresa Mstar TECHNOLOGIES,INC

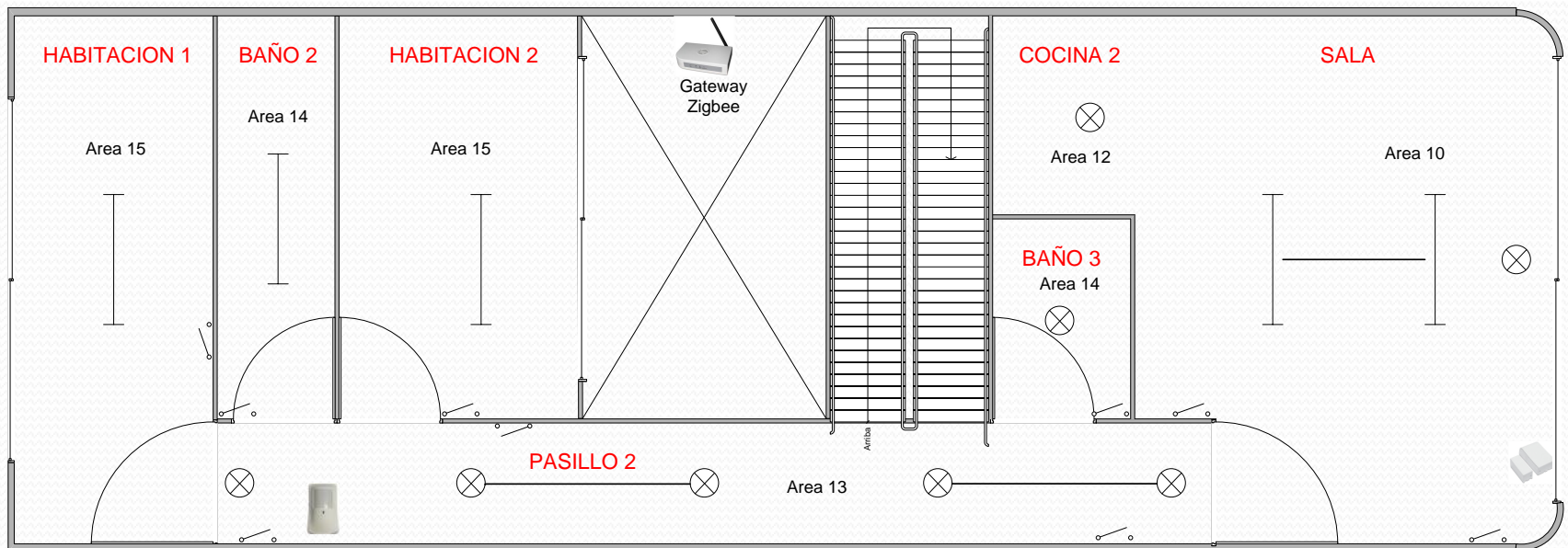
NAME	MODEL		UNITS	
Gateway Zigbee	GU1000	200	1	200
Wall-Sticker Switch (one way)	LSS11	19,5	25	487,5
Wall-Sticker Switch (two way)	LSS12	19,8	5	99
Wall-Sticker Switch (three way)	LSS13	20,4	10	204
Infrared Dectector	DI10	22,2	3	66,6
Wireless Infrared Transmitter	WIT130	22,9	10	229
Arming/Disarming Remote Controller	RAD10	23,8	1	23,8
Magnatic Door & Window Alarm	DM10	17,4	5	87
GSM Module	GSM60	68	1	68
Intelligent Socket(one way)		27,5	5	137,5
	<b>TOTAL</b>		65	1602,4

Costo de la tesis : 2340

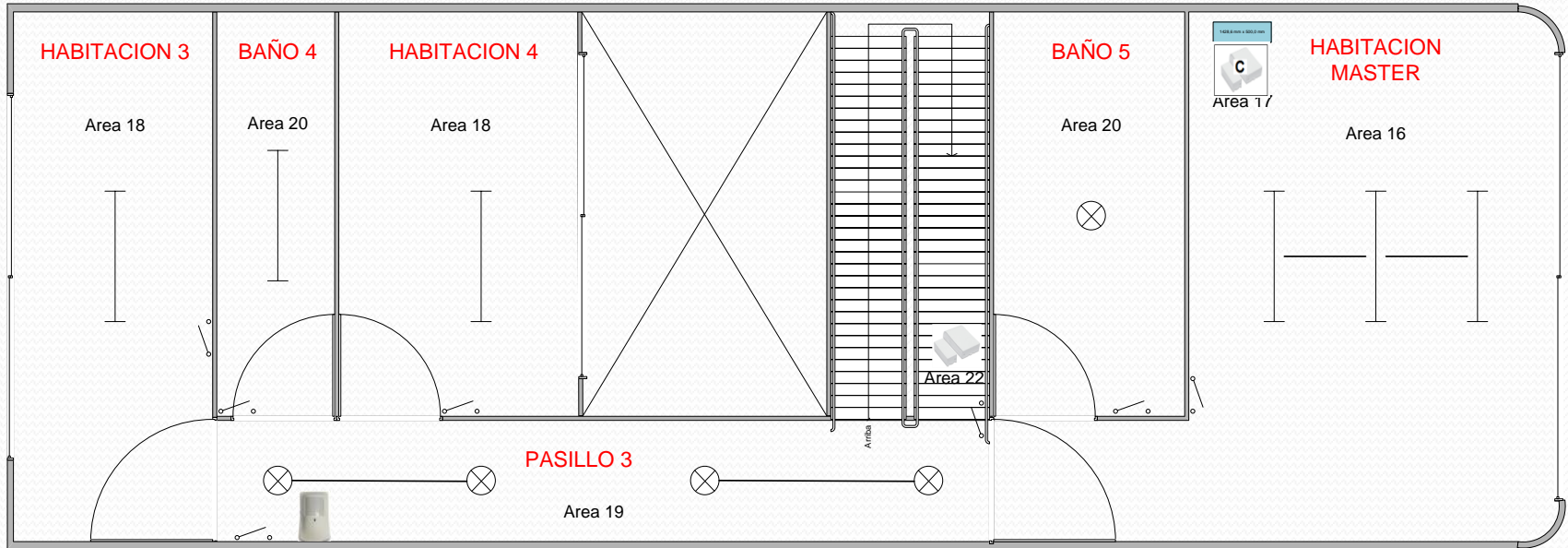
# Distribución de sensores y actuadores - Planta baja



# Distribución de sensores y actuadores – Primer piso



# Distribución de sensores y actuadores – Segundo piso



# CONCLUSIONES:

- El Gateway ZigBee es la parte principal del sistema domótico pues gestiona y coordina el tráfico de los diferentes dispositivos de la red, se decidió que la ubicación adecuada de acuerdo a las características sería en el centro de la vivienda, que es el pozo de luz en el primer piso.
- La red malla que forman los interruptores ZigBee es muy útil y confiable pues un error en un nodo, no implica la caída de toda la red, es decir, la red puede funcionar, incluso cuando un nodo desaparece o la conexión falla, ya que el resto de los nodos evitan el paso por ese punto.
- El tiempo de respuesta de los diferentes interruptores y sensores ZigBee varía dependiendo la distancia y los obstáculos que se interpongan hasta llegar al coordinador inalámbrico.



# RECOMENDACIONES:

- Una vez puesto en funcionamiento el sistema domótico inalámbrico es necesario sincronizar todos los dispositivos de la red ZigBee con la del entorno gráfico HMI, ya que puede existir errores en los horarios de ocurrencia de simulaciones de eventos de seguridad y rutinarios, así como los datos de almacenamiento de registros.
- Para la selección de los elementos a utilizarse se debe realizar un análisis minucioso de la arquitectura y las necesidades de la vivienda previa al diseño del sistema domótico, para no tener problemas de instalación en la fase de implementación.
- Se recomienda realizar mantenimiento preventivo cada año del sistema domótico tanto de los dispositivos ZigBee como del router HG520c. El mantenimiento consta de limpieza de los sensores y verificación de las baterías, sincronización y chequeo del funcionamiento global.



GRACIAS