

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN**

**ESPECIAL**

**TEMA:**

**“Estudio de las alternativas de solución para la automatización mediante las Redes de Comunicaciones de la Gestión de Parquaderos de una Institución de Educación Superior – Caso de Estudio Pontificia Universidad Católica del Ecuador.”**

**Luis Gonzalo Santillán Valdiviezo**

Quito – 2015

## **AUTORÍA**

Yo, [**Santillán Valdiviezo Luis Gonzalo**], portador de la cédula de ciudadanía No. [**0603225350**], declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

---

[**Luis Gonzalo Santillán Valdiviezo**]

## Contenido

Contenido.....	III
Índice de tablas.....	VI
Índice De Gráficos.....	VII
1 Introducción.....	1
2 Justificación.....	2
3 Antecedentes.....	3
4 Objetivos.....	4
5 Desarrollo Caso de Estudio.....	5
5.1 Análisis y comparativa de tecnologías para el desarrollo y solución del caso de estudio.....	5
5.1.1 Sistemas de identificación.....	5
5.1.2 Selección de la tecnología para el acceso a parqueaderos de acuerdo a las Ventajas y desventajas de los sistemas de Identificación.....	10
5.1.3 Selección de la frecuencia de la tecnología RFDI para el control de acceso.....	12
5.1.4 Selección de la etiqueta de RFDI según su modo de alimentación.....	13
5.1.5 Selección del estándar de comunicación para contabilizar espacios libres.....	14
5.1.6 Selección del dispositivo ZigBee con el estándar 802.15.4.....	15
5.1.7 Comparativa de la topología 802.15.4.....	17
5.1.8 Selección de los sensores para la verificación de espacios disponibles.....	18
5.1.9 Seguridad en las redes de sensores.....	20
5.2 Propuesta de una solución automática para la Gestión Administrativa de parqueaderos... ..	20

5.2.1	Proceso de registro.....	20
5.2.2	Gestión de ingreso hacia los parqueaderos.....	21
5.2.3	Gestión de espacios disponibles.....	23
5.2.4	Gestión de salida.....	23
5.2.5	Gestión Administrativa.....	24
5.3	Dispositivos a usar en la solución de la infraestructura.....	25
5.3.1	Dispositivos para el control de Ingreso y Salida de los parqueaderos de la PUCE.....	25
5.3.2	Selección de la plataforma para el desarrollo de las redes de sensores.....	27
5.3.3	Topología y dispositivos para el control de espacios.....	28
5.3.4	Módulo para advertencia de salida del vehículo.....	32
5.4	Comparación con la situación actual de parqueo de la PUCE.....	33
5.5	Costos del proyecto.....	34
5.5.1	Costos Para el acceso.....	34
5.5.2	Costos de la tecnología ZIGBEE para los nodos.....	35
5.5.3	Costos de Dispositivos para la advertencia de la salida del vehículo.....	35
5.5.4	Otros costos.....	36
5.5.5	Costo total del proyecto.....	36
5.6	Pantallas del prototipo de la aplicación Android para alerta de parqueos libres.....	37
6	Conclusiones y Recomendaciones.....	39
6.1	Conclusiones.....	39
6.2	Recomendaciones.....	40
7	Bibliografía.....	41

8 Anexos.....	44
8.1 Anexo 1 Data Sheet Max Sonar Ez Series.....	44
8.2 Anexo 2 Data Sheet Dispositivo Dust Networks .....	45
8.3 Anexo 3 Data Sheet Dispositivo Memsic.....	46
8.4 Anexo 4 Data Sheet Wapmote Libelium .....	48
8.5 Data Sheet Digi Gateway x2e-z3c-w1-w .....	50

## Índice de tablas

Tabla 1 Comparativa de cámaras para Sistemas Ópticos .....	6
Tabla 2 Ventajas y desventajas de los sistemas de identificación.....	10
Tabla 3 Rango de frecuencias de los tags y sus aplicaciones.....	12
Tabla 4 Comparativa de los tags según su modo de alimentación.....	13
Tabla 5 Comparación de los estándares de comunicación.....	14
Tabla 6 dispositivo ZigBee de la compañía DIGIMESH.....	16
Tabla 7 Comparación de la topología usada en 802.15.4.....	17
Tabla 8 Comparación de los tipos de sensores.....	19
Tabla 9 Comparación de las plataformas de redes de sensores.....	27
Tabla 10 Comparación del sistema propuesto con los sistemas existentes.....	34
Tabla 11 Costos para la implementación del acceso .....	34
Tabla 12 Costos del módulo sensor .....	35
Tabla 13 Costos del módulo router .....	35
Tabla 14 Costo del Módulo gateway .....	35
Tabla 15 Costo para advertencia de salida vía SMS.....	36
Tabla 16 Otros costos adicionales del proyecto .....	36
Tabla 17 Costo total del proyecto.....	36
Tabla 18 Pantalla de verificación de espacios disponibles .....	38

## Índice De Gráficos

Ilustración I. Estructura de un símbolo de barras.....	7
Ilustración II. Composición Básica de un sistema de RFDI .....	9
Ilustración III. Tamaño del mercado y volumen de ventas de RFID al 2013 .....	12
Ilustración IV Sensor Ultrasónico.....	19
Ilustración V Ubicación del tag de RFDI .....	21
Ilustración VI Proceso de lectura del tag para acceso al parqueadero.....	21
Ilustración VII Diagrama De Flujo Para El Acceso Al Parqueadero .....	22
Ilustración VIII Esquema de la conexión de sensores .....	23
Ilustración IX Diagrama de flujo para salida de vehículos .....	24
Ilustración X Tag activo para ingreso hacia los parqueaderos.....	25
Ilustración XI Antena AN360 Wavetrend.....	26
Ilustración XII Lector de tag Wavetrend L-Rx210 .....	26
Ilustración XIII Patrón de radiación horizontal y vertical de la antena AN360 .....	26
Ilustración XIV Comparativa de la eficiencia de las plataformas de las redes de sensores.....	28
Ilustración XV Topología de la red de sensores .....	29
Ilustración XVI Ejemplo de consumo de corriente en nodo en una red de dispositivos ZigBee .....	29
Ilustración XVII Conexión de Xbee Pro con arduino .....	30
Ilustración XVIII Distribución de los pines de conexión de Xbee Pro con arduino .....	30
Ilustración XIX Visualización de los pines para sleep mode.....	31
Ilustración XX Gateway x2e-z3c-w1-w .....	32
Ilustración XXI Modulo SIM900 .....	33
Ilustración XXII Pantalla de aplicación móvil para acceso al sistema .....	37

## **1 Introducción**

En la actualidad en un mundo donde las tecnologías de la información y comunicación han sufrido una gran evolución posicionándose a nivel global, estas tecnologías pueden complementarse fácilmente con sistemas automáticos que permiten reducir esfuerzos, mejorar tiempos de ejecución de tareas y con una mayor eficiencia a las que realiza un ser humano.

En el medio se pueden contar con un sin número de dispositivos como sensores, actuadores, controladores que nos ayudan a implementar sistemas automáticos complementándose con la regulación automática.

El siguiente caso de estudio pretende aportar con una solución automática de bajo costo aprovechando las tecnologías que se encuentra en el medio, para mejorar el proceso de ingreso de acceso y uso de los distintos espacios de parqueo de autos ya que en la actualidad el proceso es prácticamente manual, además se cuenta con talento humano de alta capacidad para desarrollar este tipo de sistemas.

## **2 Justificación**

Existen generalmente dos procesos de acceso a parqueaderos, el primero de manera manual donde un guardia o persona responsable del parqueadero entrega un recibo al usuario como constancia del parqueo del vehículo, donde se encuentra anotado la hora de ingreso y salida hacia los parqueaderos, ofreciendo al usuario las mínimas condiciones para ubicar su vehículo sin contar que en estas circunstancias muchas de las veces los usuarios extravían sus recibos lo que dificulta su salida y la seguridad de su automotor debido a que en estos parqueaderos no tienen políticas cuando el recibo se extravía. Por otro lado, el segundo procedimiento empleado en los parqueaderos es un sistema semiautomático que necesita de la ayuda de una persona para controlar el acceso y salida de vehículos, se realiza mediante la entrega de stickers o tickets emitidos por un dispositivo que son colocados en los parabrisas de los vehículos, sin embargo esto causa una mala atención a los usuarios, más de un inconveniente, a la hora de acceso y salida así como el excesivo tiempo de espera para encontrar un espacio libre, e inclusive sin la seguridad de que al ingresar al sector de parqueo se encuentre un espacio disponible para el vehículo. En este tipo de sistema no se ofrece ningún tipo de seguridad debido a que solo basta que se entregue el recibo a la persona responsable o simplemente revise el sticker.

Surge entonces la necesidad de implementar un sistema automático que ayude mejorar la administración, acceso, uso y salida de los parqueaderos libres como desocupados, tanto para usuarios eventuales como permanentes, esto ayudará a realizar todo el proceso en una forma más eficiente y ordenada, se añadirían métodos de control lo que posibilitaría mejorar la seguridad en cierta manera ya que se pretende en el proyecto enviar alertas vía mensajes de texto utilizando la tecnología celular disponible.

### **3 Antecedentes**

El parque automotor a nivel del país ha sufrido un drástico incremento hasta el 2013, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el Ecuador se matricularon hasta ese año, 1 717 886 vehículos, de los cuales se determina que el 95,1 %, son vehículos de uso particular, según la proyección de la población de Ecuador al 2013 existe 1,2 vehículos por habitante, esto ha significado un gran incremento en el tráfico vehicular en todo el país y por ende la reducción de espacios de parqueaderos públicos como privados.

Si a nivel nacional el crecimiento del parque automotor es alto no se diga dentro de la población que forma parte de los distintos establecimientos; debido a esto el ingreso y uso de los parqueaderos cada día se complica más, produciendo molestias a la comunidad que pertenece a un establecimiento y la población externa que circula con su vehículo por los alrededores de estas instituciones ya que se genera congestión vehicular. Esto se produce debido a que el usuario de un recinto no identifica rápidamente los espacios libres de parqueo y el ingreso hacia ellos ya que se realizan a través de procesos manuales o semiautomáticos como se mencionó anteriormente, sin recibir el usuario ninguna facilidad para la utilización y acceso de parqueaderos incluso volviéndose el proceso inseguro.

## **4 Objetivos**

### **Objetivo General:**

Identificar las alternativas de solución para la automatización de parqueaderos investigando las Redes de Comunicaciones, más óptimas para la gestión de Parqueaderos de una Institución de Educación Superior – Caso de Estudio Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

### **Objetivos Específicos:**

1. Realizar un análisis y comparativa de los dispositivos y tecnologías que se pueden utilizar para la implementación de un sistema automático de parqueaderos.
2. Investigar los procesos necesarios que intervendrán en el desarrollo del sistema automático de parqueaderos.
3. Determinar el equipamiento necesario que se requerirá para el control automático de ingreso y uso de parqueaderos.
4. Diseñar una infraestructura de red que permita usar de una manera ordenada y automática el uso de los espacios de parqueo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Matriz.

## **5 Desarrollo Caso de Estudio**

### **5.1 Análisis y comparativa de tecnologías para el desarrollo y solución del caso de estudio**

#### **5.1.1 Sistemas de identificación**

En la actualidad existen varios sistemas de identificación que sirven para un sin número de aplicaciones, como el control de flujo físico, control de acceso, control biométrico, control de personal, continuación se nombran los más utilizados, los cuales están claramente definidos de acuerdo a su principio de trabajo según (Monsó, 1994).

- Sistemas Ópticos
- Sistemas Magnéticos
- Sistemas de Radio Frecuencia (RFDI)
- Sistemas Basados en Tarjetas Inteligentes
- Sistemas Biométricos

##### **5.1.1.1.1 Sistemas Ópticos**

Parten del principio básico de la reflexión del haz de luz, provenientes de distintas fuentes de iluminación siendo la más usada la luz láser, donde el reflejo de la luz se convierte en el principio fundamental de trabajo para estos sistemas, complementados obviamente con el tratamiento digital de imágenes.

A estos sistemas también se los denomina sistemas de visión artificial ya que para su funcionamiento necesitan de cámaras para procesar las señales, algo similar con lo que sucede con la visión natural del ojo humano cuando observamos objetos, las cámaras que

son fabricadas mediante tecnología LSI ( Integración a larga escala)<sup>1</sup> y VLSI<sup>2</sup>(integración a muy baja escala) por lo general de estado sólido (CCD Charge Coupled Device)<sup>3</sup> sin embargo existen otras tecnologías como son VIDICON y CID que a continuación en la tabla 1 se presenta una comparativa de las tres tecnologías donde (1=mejor 3=peor):

Tabla 1 Comparativa de cámaras para Sistemas Ópticos

Características	VIDICON	CCD	CID
Resolución	1	2	3
Sensibilidad	1	2	3
Velocidad	3	2	1
Blooming	1	2	1
Tamaño	2	1	1
Coste	3	2	1

Fuente: Monsó, B. J. (1994). Sistemas de identificación y control automáticos (Vol. 2). (p.14). Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores.

Todas estas cámaras mencionadas en la tabla 1 son capaces de formar imágenes digitales creando bits de datos los cuales son procesados de una manera secuencial, formándose un arreglo (array) o en forma de matriz (píxeles) donde su posición es invariable dentro de este conjunto, cuando recibe la luz a través del lente esta imagen se convierte en píxeles los cuales son buscados por un circuito electrónico de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Además el circuito electrónico principalmente está formado por un convertidor A/D, la distribución de la intensidad de la luz que se forma es representada por números y almacenada en memoria, por ello a los sistemas de visión artificial se los pueden clasificar en: Binarios y de escalas grises. (Monsó, 1994,p.15)

<sup>1</sup> Es un microprocesador que tiene de 1001 a 10001 transistores en su interior

<sup>2</sup> Es un microprocesador que tiene de 10001 a 100000 transistores en su interior

<sup>3</sup> Es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso

### 5.1.1.1.2 Códigos de barras

Están formado por dos franjas de color negro y blanco los cuales se convierten en caracteres guardando información formando un código, que obviamente necesita de un decodificador.

El código de barras se basa en una clasificación de los sistemas ópticos apoyados en el principio del haz de luz como ya se mencionó anteriormente el cual se encarga de distinguir el color negro y el color blanco, procesando una imagen que puede ser tratada de una manera y comprendida por un escáner laser y procesado un sistemas computarizada. El código de barras presenta una estructura básica como se ve en la ilustración. 1

Ilustración I. Estructura de un símbolo de barras

MARGEN IZQUIERDO	CARÁCTER INICIO	DATO S	CARÁCTER FINAL	MARGEN DERECHO
---------------------	--------------------	-----------	-------------------	-------------------

Fuente: Monsó, B. J. (1994). Sistemas de identificación y control automáticos (Vol. 2). Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores.

Dentro de los códigos de barras tenemos los códigos EAN y los códigos OCR que son uno los más populares y utilizados

#### 5.1.1.1.2.1 Código EAN

El código EAN (European Article Number) o llamado también GTIN-13 consta un número de 13 dígitos, representado en forma de barras legibles, con 7 módulos divididos en cuatro campos: País donde se codifica (3 dígitos), Empresa (5 o 6 dígitos), producto (4 o 3 dígitos), dígito de control calculado. Sin embargo estos códigos cuando se imprimen en forma de etiqueta tienen algunos problemas que se enlistaran a continuación según (Ruiz, 2011,p.18-19)

- Debe estar visible para poder ser leído, se pone directamente al lector para que este pueda leerlo, algunas veces hay que alejarlo y acercarlo para que lo lea con precisión.
- Solamente identifica un tipo de producto, no unidades en particular, por ejemplo puede detectar una botella, pero no una en concreto.

- Se daña o se rompe fácilmente, debido a que se añade al producto y no forma parte de él, corre riesgos de ruptura que es muy común y ya no puede ser leído.
- Una vez impreso el código de barras no es posible modificar tanto en las barras como en los números.
- Frágiles y corrosibles con el agua y otros factores líquidos que alteran las barras y no puede ser leído correctamente”

#### **5.1.1.1.2.2 Código OCR**

El código OCR (Reconocimiento óptico de caracteres) su funcionamiento se basa en el código de barras con la única diferencia que este código utiliza datos bidimensionales que pertenecen a un patrón alfabético, que se almacena en una matriz donde la lectura se da de byte a byte que pueden ser traducido a través de un programa de edición de textos.

#### **5.1.1.1.3 Sistemas Magnéticos**

Su funcionamiento se basa en la generación de campos magnéticos con la teoría de que polos de distinto signo se atraen y de polos iguales se repelen almacenando gran información pero de una manera codificada

#### **5.1.1.1.4 Banda Magnética**

Principalmente se usan en tarjetas de crédito y tarjetas de transporte públicos, la banda magnética no es más que un gran número de partículas parecidas a imanes diminutos.

En ella se almacena información, que se graba al invertir la polaridad producido por un cabezal de escritura, para extraer esta información se hace necesario establecer un cambio de estado de las partículas cada vez que esta detecta un cambio de polaridad, así se convierte la información en ceros y unos los cuales se interpretan por dispositivos digitales de lectura.

Uno de los principales problemas de este tipo de dispositivo es la exposición a un campo electromagnético externo, basta con pasar un imán podemos modificar y dañar los datos que en la banda se encuentran grabadas.

La electricidad estática es otro de los problemas ya que fácilmente a diario usamos materiales conductores produciendo descargas que con el paso de tiempo la banda magnética se deteriora

#### 5.1.1.1.5 Sistemas de Radiofrecuencia (RFDI)

Los sistemas de radio frecuencia (RF) permiten lecturas a grandes velocidades en tiempo real, que permiten únicamente la identificación de un objeto a la vez su estructura fundamental es: transmisor, antena y receptor como se observa en la ilustración 2.

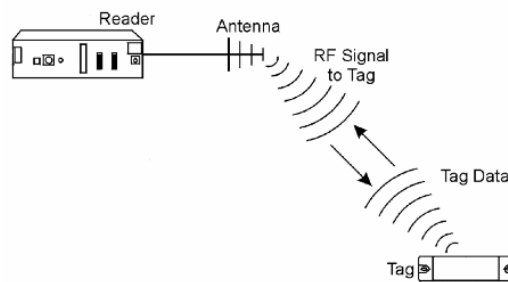


Ilustración II. Composición Básica de un sistema de RFDI

Fuente: Ciudad, J. M., & Samà, E. (2005). Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC (p.56). Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3552/2/40883-2.pdf>

Un sistema de radio frecuencia está compuesto de los siguientes elementos:

El tag o etiqueta es donde se guarda la información en forma de código dispone de una bobina, además los datos se almacenan en una memoria con arreglos de lectura y escritura y solo de lectura, en estos últimos se puede ir actualizando información.

La antena de encarga de recoger y enviar la señal de respuesta.

El receptor es donde se encuentra todo el circuito digital capaz de recibir e interpretar información que es enviada desde el tag, sin embargo no solo su función está en interpretar datos sino también en proveer energía al tag para que la información pueda ser transmitida.

Una de las principales ventajas es que tiene una alta resistencia a factores como: el agua, el polvo y las altas temperaturas.

#### 5.1.1.1.6 Sistemas de reconocimientos de voz

Como su nombre lo indica su funcionamiento se basa en el reconocimiento de voz.

De esta manera el ingreso de información se hace mediante las ondas sonoras de la voz, sintetizando cada uno de los datos en forma de carácter, buscando el índice acústico más probable de acuerdo a modelos gramaticales obviamente ya establecidos.

Uno de los principales problemas es el ruido que se genera en el entorno lo cual dificulta la traducción gramatical

### 5.1.2 Selección de la tecnología para el acceso a parqueaderos de acuerdo a las Ventajas y desventajas de los sistemas de Identificación.

Tabla 2 Ventajas y desventajas de los sistemas de identificación

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Códigos de barras	Fácil implementación. Bajo Costo Impresión de etiquetas a bajo costo	Baja capacidad de almacenamiento. Velocidad de lectura lenta aproximadamente 4 segundos Alcance limitado Inseguro. Deterioro con factores climáticos Contacto visual directo con dispositivo óptico. Escritura de solo una vez. Usada solo para control de inventarios
Códigos OCR	No muy alto costo de implementación.	Baja capacidad de almacenamiento. Velocidad de lectura baja aproximadamente 3 segundos No es un sistema automático de identificación
Banda Magnética	Bajo costo de implementación	Velocidad de lectura baja aproximadamente 4 segundos Pérdida de datos al exponer a

		campos magnéticos. Deterioro al manipularle manualmente.
Sistemas RFDI	Velocidad de lectura muy rápida aproximadamente 0.5 segundos. Se pueden utilizar en ambientes exteriores inclusive en aquellos que estén expuestos a factores climáticos. La distancia de lectura es alta de 0 a 5 metros. Posibilidad de lectura y escritura. Seguridad de datos Larga vida útil. Lectura veloz y precisa Evita falsificaciones. Permite Múltiple identificación	Posibilidad de interferencias
Sistemas de reconocimiento de Voz	Velocidad de lectura muy baja	Alto costo. Interferencia con el ruido. Es inseguro ya que basta con grabar un audio de voz ya lo identifica.

Fuente: elaboración propia

Los sistemas RFDI poseen más ventajas con respecto a los otros sistemas se tomara en cuenta esta modalidad para el control de acceso y salida de los vehículos desde y hacia los parqueaderos. Además el uso de radio frecuencia cada día va en aumento a nivel mundial y como existe la demanda es más alta su costo será su costo en el siguiente gráfico se visualiza una tendencia de crecimiento de RFDI hasta el 2013.



Ilustración III. Tamaño del mercado y volumen de ventas de RFID al 2013

Fuente: Astudillo, G., Herrera, S., & Monsalve, C. (2006). Análisis Predictivo de las Perspectivas de Uso de Identificadores por Radiofrecuencia (RFID) en el Ecuador. (F. Publicaciones, Ed.) Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 05 de 2015, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8310>

### 5.1.3 Selección de la frecuencia de la tecnología RFID para el control de acceso

Tabla 3 Rango de frecuencias de los tags y sus aplicaciones

Rango de frecuencias	CARACTERÍSTICAS
Menores a 135KHz	Baja potencia, aplicaciones de corta distancia.
6.76 - 6.79 MHz	Frecuencia media (ISM), para la industria científica y médica.
7.4 - 8.8 MHz	Usado por tiendas departamentales, seguridad de artículos.
13.55 - 13.56 MHz	Usado para esquemas de seguridad y control de acceso personal.
26.95 - 27.28 MHz	Frecuencia Media (ISM), para aplicaciones especiales.
433 MHz	UHF (ISM), poco usado para RFID, aplicaciones muy particulares e identificación de vehículos.
868 - 870 MHz	UHF (SRD) Sistemas de bajo desarrollo, se pretende para redes wifi.
902 - 928 MHz	UHF (SRD) varios sistemas, mayor desarrollo actual.
2.4 - 2.48 GHz	SHF(ISM), Varios sistemas (identificación de vehículos)

Fuente: Ciudad, J. M., & Samà, E. (2005). Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC(p.28). Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3552/2/40883-2.pdf>

De acuerdo a la tabla 3 y a las comparativas anteriores la frecuencia que se usa para identificación de vehículos está en el rango de frecuencia de 2.4 a 2.48 GHz, sin embargo también existen aplicaciones que se realizan a 433 MHz con este propósito con un costo menor que la anterior por ello esta frecuencia será utilizada en el desarrollo del sistema.

### 5.1.4 Selección de la etiqueta de RFDI según su modo de alimentación.

En la actualidad a los tags se los puede clasificar en dos grupos

Según su capacidad de programación

- Solo lectura
- Múltiples lecturas una solo escritura
- De lectura y escritura

Según su modo de alimentación

- Activos
- Pasivos
- Semi activos

Tabla 4 Comparativa de los tags según su modo de alimentación

Característica	Activo	Pasivo	Semi Activos
Tipo de Memoria	Lectura/Escritura 128 Kbyte	Lectura/escritura 128 bytes	Lectura/escritura/anticolisión
Batería	Propia	Alimentación electromagnética	Propia
Costo	Alto	Bajo	Medio
Frecuencias	433MHz, 2.45 o 2.8Ghz	UHF	MHz, GHz
Cobertura	De 10 a 100 metros	De 0-3 metros	De 0-10 m
Tiempo de duración	Media	Alta	Alta
Permite conexión de otros dispositivos	Si	No	Si
Distancia de lectura/escritura	Alta	Baja	Media

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se realiza una comparativa de acuerdo a tipo de alimentación de los tags de acuerdo a esta comparación se elige un tag activo, el cual nos permitirá el acceso del vehículo hacia los parqueaderos fundamentalmente se elige este tipo de tag debido a su

memoria de almacenamiento y su rango de cobertura, para una lectura más eficiente; sin olvidar que este tipo de etiquetas trabajan en la frecuencia seleccionada

### 5.1.5 Selección del estándar de comunicación para contabilizar espacios libres

En la actualidad existen distintas tecnologías inalámbricas que nos pueden ayudar a la solución de contabilizar los espacios libres. Aquí se realiza una comparativa de estas tecnologías. Donde:

- 0 No Cumple
- 1 Cumple a medias
- 2 Cumple

Tabla 5 Comparación de los estándares de comunicación

	Tecnología		
	WIFI	BLUETHOOT	ZigBee
Número de nodos Soportadas	1	0	2
Consumo de Energía en transmisión	0	1	2
Seguridad	2	2	1
Velocidad de transmisión	0	0	2
Cobertura	2	1	2
Consumo de potencia en reposo	1	2	2
Costo	0	1	2
Configuración	0	0	2
Aplicaciones	1	0	2
Total	7	7	17

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la comparativa de acuerdo al resultado de la tabla 5 se utilizara la tecnología ZigBee basada en el estándar IEEE 802.15.4. Apoyada en el uso de sensores se escoge esta tecnología debido al bajo costo, instalación barata y consumo mínimo de energía dando como resultado una larga duración en las baterías.

Según (Tafazolli , 2006) este estándar posee cuatro servicios de seguridad: control de acceso, datos encriptados integración de tramas y secuencias de refresco soportando el uso Advance Encryption Systema (AES).<sup>4</sup>

Esta tecnología tiene como base el modelo OSI, “para gestionar el medio se utiliza CSMA (Carrier Sense Multiple Accses with Collision Avoidance)<sup>5</sup> con la que se pueden usar ranuras temporales TDMA”.<sup>6</sup>

### **5.1.6 Selección del dispositivo ZigBee con el estándar 802.15.4**

En el mercado disponemos de dos tecnología que trabajan con 802.15.4 Xbee y Xbee Pro, fabricado por la empresa Digi Intenacional, estos módulos trabajan a una frecuencia de 2.4GHz, los módulos antes mencionados pueden formar tranquilamente una red y usar distintas topologías, incluyendo funcionalidades como: el descubrimiento de nodos y detección de paquetes duplicados, si se encuentra como router puede establecer la mejor ruta para la transmisión de paquetes, no es necesario la utilización de dispositivos finales como DIGIMESH ya que son compatibles inclusive con dispositivos como el Gateway de otra marca fabricante que se encarga de la comunicación de toda la red .

---

<sup>4</sup>AES un algoritmo de encriptación, cada algoritmo de cifrado está asociada con una llave. El algoritmo en si es de conocimiento público y al alcance de todos, pero el valor de la clave en cada transmisión es guardado secretamente. La clave es un número binario. Existen diferentes métodos para adquirir una llave. Por ejemplo, la clave puede ser embebido en el dispositivo en sí por el fabricante. Por otra parte, un nuevo dispositivo que se une a una red puede obtener su clave de seguridad de un dispositivo designado en la red.

<sup>5</sup> **CSMA-CA:** Es el mecanismo de acceso al canal es Acceso Múltiple de Detección de portadora con anuncio de colisiones cada vez que un dispositivo desea transmitir, realiza una evaluación de canal para asegurar que el canal no está en uso por cualquier otro dispositivo. A continuación, el dispositivo comienza transmitir su propia señal. La decisión de declarar un canal libre o no puede basarse en medir la energía espectral en el canal de la frecuencia de su interés o detectar el tipo de la señal que ocupa. Cuando un dispositivo esta listo para transmitir una señal, que primero entra en el modo de detectar recibir y estimar el nivel de energía de la señal en el canal deseado de esta manera puede comenzar su transmisión

<sup>6</sup> **TDMA:** Método que puede ser usado para reducir la oportunidad de interferencias entre dos sistemas que trabajan a distintas frecuencias.

Tabla 6 dispositivo ZigBee de la compañía DIGIMESH

TECNOLOGÍA ZigBee	ZigBee	ZigBee Pro /Programmable	ZigBee SMT/ Programmable	ZigBee Pro SMT/ Programmable
Interior/Rango en campo abierto	40 m	90 m	60 m	90 m
Rango de alcance	120 m	3200/1500 m	1200 m	3200 m
Potencia de transmisión exterior	3dbm (2mW)	18dbm (63mW)	8dbm (6.3mW)	18dbm (63mW)
Tasa de datos de RF	250 kbps	250 kbps	250 kbps	250 kbps
Sensibilidad	-96dbm	-102dbm	-102dbm	-102dbm
Corriente Continua de Operación (TX)	45mA	220mA	45mA	45mA
Corriente Continua de Operación (RX)	40mA	62mA	31mA	45mA
Corriente continua en dormido	1uA	3,5uA	1,5uA	1,5uA
Antena Opción	chip/wire /RPSMA/ U.FL	chip/wire/RP SMA/ U.FL	PCB/RF PAD/ U.FI	PCB/RF PAD/ U.FI
Topologías de red soportadas	Mesh/ point2point/ multipoint/ peer2peer	Mesh/ point2point/ multipoint/ peer2peer	Mesh/ point2point/ multipoint/ peer2peer	Mesh/ point2point/ multipoint/ peer2peer
Seguridad	128 AES	128 AES	128 AES	128 AES
GPIO	10	10	15	15
Entradas Analógicas	4 (10b)	4 (10b)	4 (10b)	4 (10b)

Fuente: Electrocomponentes. (2014). Modulos XBEE de DIGI Internacional. Recuperado el 28 de 06 de 2015, de [http://www.electrocomponentes.com/educacion/download/SASE\\_2014\\_DIGI\\_Tutorial\\_Modulos\\_XBEE.pdf](http://www.electrocomponentes.com/educacion/download/SASE_2014_DIGI_Tutorial_Modulos_XBEE.pdf)

El dispositivo seleccionado es el (ZigBee Pro SMT/ Programmable) debido a que el rango de alcance es el más alto.

Como característica principal se puede citar que el direccionamiento se lo realiza a través de la capa MAC y la dirección de Red; este dispositivo soporta dos modos de configuración transparente en este modo todos los pines se ponen en cola para que la RF los transmita y API donde se basan en una aplicación para que una aplicación de host se pueda comunicar con ella.

### 5.1.7 Comparativa de la topología 802.15.4

Las redes de sensores soportan tres tipos de topologías: estrella, árbol (cluster tree) y malla. En las dos últimas topologías mencionadas pueden existir hasta 254 nodos. En la tabla 7 se realiza una comparativa de las topologías existentes.

Tabla 7 Comparación de la topología usada en 802.15.4

Topología	Fiabilidad en conexión	Escalabilidad en cobertura	Consumo de potencia y memoria
Malla	No se pierde conexión ya que se comunica con cualquier nodo	Amplia	Alta
Árbol	Se puede perder la comunicación ya que se crea una sola ruta	Amplia	Alta
Estrella	Se pierde comunicación ya que solo se hacen a través del gateway	Limitada	Baja

Fuente: Elaboración propia

Una vez analizadas las topologías de 802.15.4 se decide la utilización de la topología de malla ya que la comunicación nunca se pierde y si la red a futuro aumenta el número de espacios de parqueo la topología señalada se puede adaptar fácilmente, además como existen parqueaderos en los subsuelos siempre todos los dispositivos necesitan estar siempre comunicados.

Sin embargo para que todos los dispositivos se puedan comunicar se debe tomar en cuenta según (Farahani, 2008) detalles como: la sensibilidad de la recepción, la potencia de salida en el transmisor, la frecuencia de la señal y la propagación de la señal.

En base a esto y para que se cumplan estos aspectos se debe calcular el poder de la señal a una distancia  $d$  con la siguiente ecuación modificada de caminos perdidos, basada en varios experimentos:

$$P_d = P_o - 10 * n * \log_{10}(f) - 10 * n * \log_{10}(d) + 30 * n - 32.4$$

Donde:

$P_d$  es la potencia de la señal a una distancia  $d$  en dBm

$P_o$  es la potencia de la señal en dBm a una distancia cero desde la antena

$n$  Factor para distintos entornos

$f$  frecuencia de la señal en Mhz

$d$  la distancia en metros

### **5.1.8 Selección de los sensores para la verificación de espacios disponibles.**

Cada sitio de parqueo será censado individualmente ya que de esta manera se indicara los espacios reales disponibles e inclusive ayudara a guiar al usuario rápidamente hacia un sitio de parqueo que se encuentre disponible, de esta manera se pueda gestionar los espacios disponibles de una manera eficiente.

Como vamos a utilizar los sensores en exteriores estos deben cumplir ciertas características como: “tamaño, fiabilidad, adaptación a los cambios medioambientales, robustez y coste. La tecnología de sensores se categoriza en intrusiva o no intrusiva”. (Fernández García, 2014)

Dónde:

- 0 No Cumple
- 1 Cumple a medias
- 2 No Cumple

Tabla 8 Comparación de los tipos de sensores

Característica	Tipo de sensor		
	Sensores Infrarrojos	Sensores de Ultrasonido	Sensores Electromagnéticos
Tamaño	2	2	2
Fiabilidad	1	2	2
Adaptación Ambiental Medio	0	2	2
Coste	2	2	1
Cobertura	1	2	2
Velocidad de Lectura	1	2	2
Consumo de energía	3	2	2
Total	10	14	13

Fuente: Elaboración Propia

Para la elección del sensor se escogerá un sensor ultrasónico específicamente será el sensor fabricado por la compañía MaxBotix específicamente el Max Sonar Ez20 como se observa en la ilustración 4 ya que no es necesario una gran distancia de detección ya que ira en el piso y según otra investigación antes realizadas como la de (Márquez & Lara, A New Prototype of Smart Parking Using Wireless, 2015, pág. 1) donde dice que tiene “bajo consumo de energía, bajo costo, facilidad de uso y precisión al detectar objetos sin dar falsas alarmas”



Ilustración IV Sensor Ultrasónico

Fuente: Márquez, M. (2015). Desarrollo de un prototipo de parqueadero inteligente empleando Redes de Sensores Inalámbricos, (p.27). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 31 de 08 de 2015, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9899>

### **5.1.9 Seguridad en las redes de sensores**

La seguridad depende de la red de la implementación de claves simétricas junto con las políticas de seguridad. Para ello se hace necesaria la implantación de mecanismos de seguridad más robustos ya que la utilizada por ZigBee nada más es AES de 128 bits y estas se establecen en base a una clave maestra.

Las claves nunca deben transportarse utilizando un canal inseguro, exceptuando la conexión momentánea de la fase inicial que consiste en la unión de un dispositivo sin configuración a una red. La red ZigBee debe tener gran cuidado con este aspecto, puesto que una red ad hoc puede ser accesible físicamente a cualquier dispositivo externo, y el entorno de trabajo no se puede conocer de antemano. Las aplicaciones que se ejecutan utilizando el mismo transceptor deben, así mismo, confiar entre sí, ya que por motivos de coste no se asume la existencia de unos cortafuegos entre las distintas entidades del nivel de aplicación. (Barneda Faudot, 2008, pág. 24)

## **5.2 Propuesta de una solución automática para la Gestión Administrativa de parqueaderos.**

### **5.2.1 Proceso de registro.**

Para poder acceder al servicio de parqueo el usuario deberá registrarse en el sistema de gestión de parqueaderos de la PUCE, una vez registrado se le entregara una etiqueta activa la cual será colocada en el parabrisas esta etiqueta tiene un código único el cual permitirá el acceso al estudiante al parqueadero. La seguridad en este tipo de sistemas es alta ya que se hace casi imposible clonar o falsificar el tag ya que existe una codificación alta entre este y el lector.



Ilustración V Ubicación del tag de RFDI

Fuente: Sictrancore. (2013) Integración de lectores RFDI con otros equipos recuperado el 30 de 06 de 2015; de: <http://www.sictrancore.com.ar/Accesos.html>

### 5.2.2 Gestión de ingreso hacia los parqueaderos

Una vez instalado el dispositivo en el parabrisas del vehículo del estudiante se leerá la información que en ella se encuentre a través de una antena que se comunica con el lector de tags por radio frecuencia, a su vez este dispositivo se comunicará con la base de datos por medio de un computador que goza de una aplicación que se comunica con el servidor de base de datos, donde se verificara si el vehículo que posee la etiqueta se encuentra registrado en la base de datos pero con la condición de que existan espacios libres para permitir el acceso. De esta manera el estudiante ni siquiera extenderá su mano para que el vehículo pueda realizar el proceso de ingreso esto ayudara a que será mucho más rápido y los embotellamientos que se generan al ingreso de la universidad prácticamente se eliminaran.



Ilustración VI Proceso de lectura del tag para acceso al parqueadero

Fuente: Tienda ComuGenios. (s.f.).Tag vehicular para acceso. Recuperado el 03 de 09 de 2015; de <http://www.tiendacomugenios.com/Tag-Vehicular-Para-Axzeze-AX-TGVH3-Especial--Calcomania-Para-One820-Acceso-Vehicular>

Si se encuentran espacios disponibles y la información fue válida una barrera se levantara automáticamente permitiendo el acceso a los sitios de parqueo. Además al momento del ingreso de los vehículos se registrará la hora de acceso. De no existir espacios disponibles se mostrara en una pantalla informativa que no existen espacios disponibles sima que se colocara en cada ingreso de los parqueaderos por lo tanto la barrera permanecerá cerrada. Cabe mencionar que el usuario puede realizar consultas en tiempo real de los espacios disponibles en los parqueaderos a través de una página web o a través de una aplicación móvil. La estructura del acceso la podemos observar en la ilustración 6.

A continuación se presenta un diagrama de flujo del acceso a los parqueaderos.

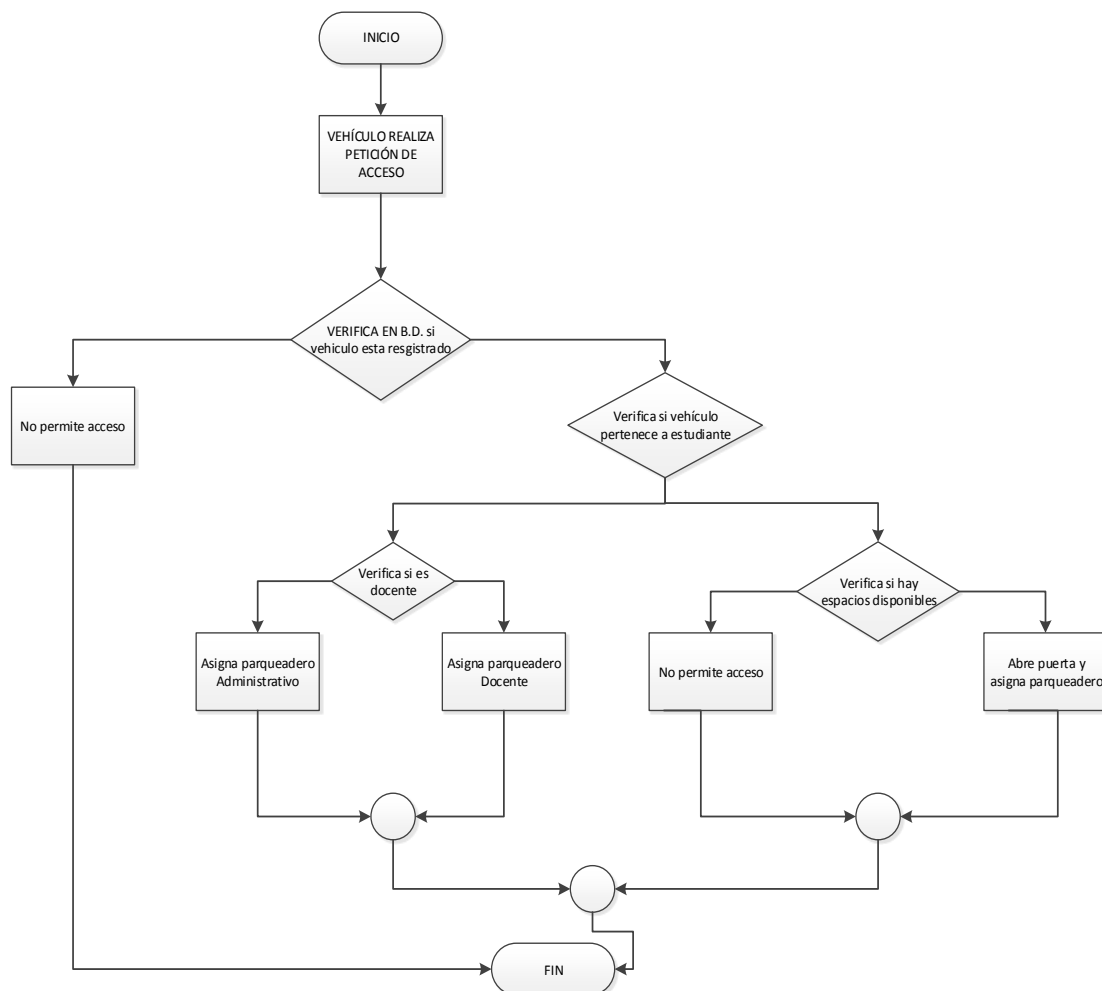


Ilustración VII Diagrama De Flujo Para El Acceso Al Parqueadero  
Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.3 Gestión de espacios disponibles

Para la gestión de espacios disponible se va utilizar sensores ultrasónicos de proximidad apoyada en el uso de la tecnología 802.15.4 usando una topología tipo árbol.

Una vez que el sitio de parqueo ha sido ocupado se enviara los datos receptados hacia la base de datos la cual recolectara la información y actualizará la misma para contabilizar de un manera más eficiente los espacios libres y ocupados; se utiliza esta base de datos con el fin de desarrollar una aplicación móvil web que permitirá al usuario verificar los espacios disponibles en tiempo real. En la ilustración 8 se visualiza la de los sensores con el servidor web y base de datos para los espacios disponible.

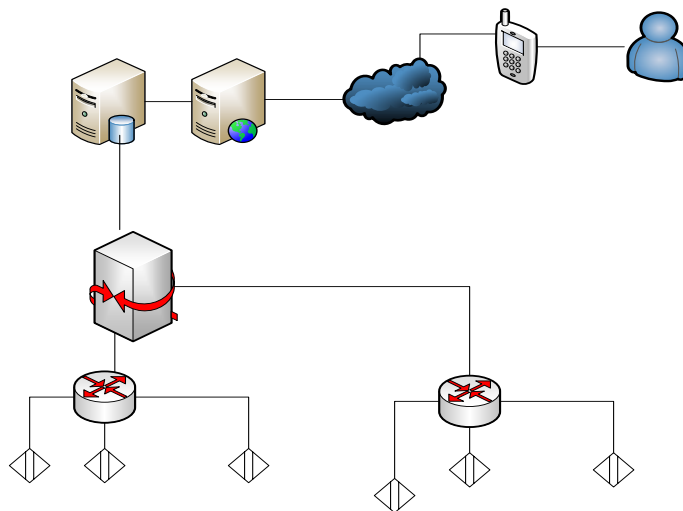


Ilustración VIII Esquema de la conexión de sensores  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.4 Gestión de salida

Para la salida se realiza el mismo procedimiento que el ingreso con la diferencia que al momento de que el vehículo abandone el predio, se registra en la base de datos la hora de salida además se le enviara un mensaje de texto a su dispositivo móvil donde se le agradecerá por el uso del parqueadero, conjuntamente con el tiempo uso del parqueadero

esto con el fin de implementar cierta seguridad para el usuario y verifique que su auto se encuentra abandonando el parqueadero.

En este módulo se realizara un consumo de la base de datos donde se encuentre almacenado el número telefónico y así poder enviar el mensaje de texto, en la ilustración 8 se observa el diagrama de flujo para la salida del parqueadero.

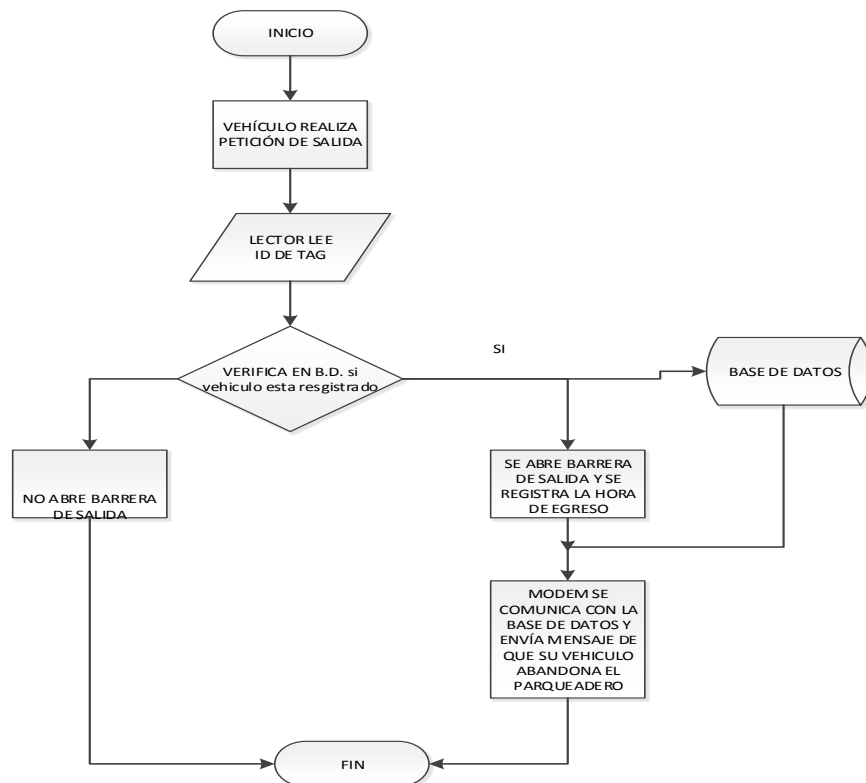


Ilustración IX Diagrama de flujo para salida de vehículos  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5 Gestión Administrativa

Todo el proceso de consultas y extracción de datos estará gobernado por una base de datos implementada en MY SQL, para el consumo de estos datos se utilizara Django que es un framework de código abierto está desarrollado en lenguaje Python dentro del modelo vista controlador. Este permite: creación, sustracción, modificación y eliminación de base de datos además la comunicación con distintas plataformas de desarrollo web, el front end

se desarrollara en HTML5 que es una de la últimas versiones de HTML y el cual permite desarrollar aplicaciones web sin ninguna restricción.

### **5.3 Dispositivos a usar en la solución de la infraestructura**

#### **5.3.1 Dispositivos para el control de Ingreso y Salida de los parqueaderos de la PUCE.**

Para el control de ingreso se utilizara según la comparativa antes realizada etiquetas activas de radio frecuencia a 433 MHz, como el que se muestra en la ilustración 10, esta tiene una duración de batería de aproximadamente 5 años, es de modo configurable desde el lector de radio frecuencia.



Ilustración X Tag activo para ingreso hacia los parqueaderos

Fuente: Wavetrend. (s.f.) Tag Activos Wavetrend. Recuperado el 28 de 06 de 2015 de; <http://www.wavetrend.net/activ-tags.php>

En cada ingreso se colocara un lector de radio frecuencia con soporte Ethernet para poder crear una red de lectores específicamente utilizaremos un lector marca Wavetrend L-RX210 como se observa en la figura 12 que trabaja a la frecuencia seleccionada de acuerdo a la comparativa.

Posee un gran soporte de hardware, previene colisiones al leer múltiples etiquetas posee una antena que no tiene un gran patrón de radiación y el dispositivo no se puede colocar en exteriores, por ello también se apoya en una antena AN360 como se mira en la ilustración 11 de polarización lineal que es compatible con el dispositivo RX210, con ello se suple las desventajas anteriormente mencionadas. Además en la ilustración 13 se observa los patrones de radiación



Ilustración XI Antena AN360 Wavetrend

Fuente: Wavetrend. Dispositivos lectores (s.f). Recuperado el 25 de 06 de 2015 de; <http://www.wavetrend.net/readers.php>



Ilustración XII Lector de tag Wavetrend L-Rx210

Fuente: Wavetrend. Dispositivos lectores (s.f). Recuperado el 25 de 06 de 2015 de; <http://www.wavetrend.net/readers.php>

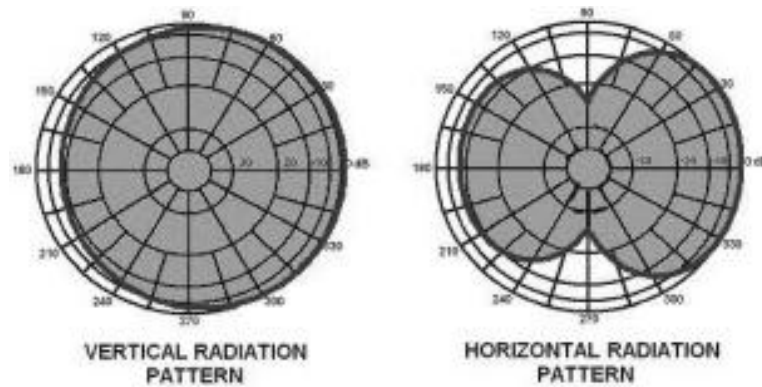


Ilustración XIII Patrón de radiación horizontal y vertical de la antena AN360

Fuente: Wavetrend. Antenas (s.f). Recuperado el 25 de 06 de 2015 de; <http://www.wavetrend.net/antennas.php>

### 5.3.2 Selección de la plataforma para el desarrollo de las redes de sensores

En la actualidad en el mercado existen distintas plataformas para la implementación de las redes de sensores, por ello se hace necesario desarrollar una comparativa que ayude a determinar cuál de ellas es la más eficiente para la implementación en el sistema de parqueo para la PUCE.

La valoración de las características está en un rango de cero a diez y en base a las hojas características de cada uno de los productos que se encuentran en los anexos 2, 3 y 4.

Tabla 9 Comparación de las plataformas de redes de sensores

	Arduino	Dust Network	National Instruments	MEMSIC	Libelium
Almacenamiento en flash	5,00	4,84	4,84	10,00	2,50
Ram	1,25	1,25	1,25	10,00	1,25
Canales	10,00	9,38	8,75	8,13	8,13
Número de Nodos	5,00	5,00	3,60	3,50	10,00
Tasa de transmisión kbps	10,00	4,61	10,00	10,00	10,00
Entradas Digitales	10,00	4,44	1,48	1,48	1,48
Entradas Analógicas	10,00	2,50	2,50	2,50	4,38
Socket para conexión de panel solar	0	0,00	0,00	0,00	10,00
Sensores Integrados	0	10,00	5,00	10,00	10,00
Socket de almacenamiento externo	0	10,00	10,00	10,00	10,00
Consumo en activo( mA)	1,23	9,28	3,46	1,80	10,00
Consumo en dormido (uA)	1,29	8,00	4,00	10	1,45
Alcance (m)	3	1,71	0,43	0,14	10,00
salida RF (dBm)	10	5,00	5,00	4	8,5
Rango externo	10	0,00	0,00	0	0
Costo	10	4,33	0,71	2,6	5,2
Código abierto	10	0	0	0	0
Canales de distribución	10	0	0	0	0
Promedio	5,93	4,46	3,39	4,67	5,72

Fuente: Elaboración propia

La plataforma bajo la cual se desarrollará el proyecto será la arduino sobre todo por los tres aspectos fundamentales ya que es ahí donde toma ventaja esta plataforma sobre la Libelium fundamentalmente que son: el costo, el tipo de programación y los canales de

distribución en la ilustración 14 se puede observar la comparativa de las plataformas donde arduino solo supera a la plataforma Libelium en un 3,07%.

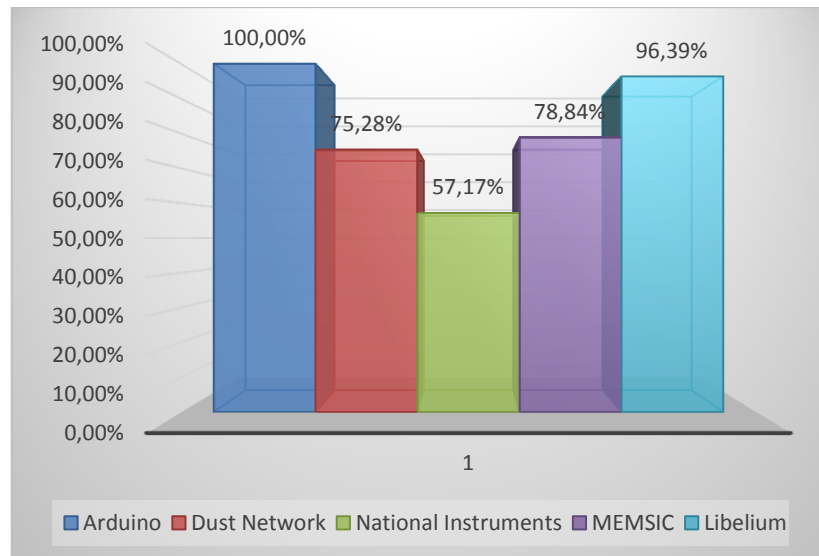


Ilustración XIV Comparativa de la eficiencia de las plataformas de las redes de sensores  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3.3 Topología y dispositivos para el control de espacios

**Topología:** Se utilizará una topología tipo malla como se observa en la ilustración 14, los dispositivos se conectan entre sí por ello “el enlace nunca se pierde ya que de alguna manera contacta con otro dispositivo” (Farahani, 2008).

Es susceptible a cambios en la topología para ello establece tablas de enrutamiento, pero si algún dispositivo fuente pierde la conexión siempre busca una ruta nueva para así llegar a su destino conectándose con otro dispositivos.

En esta topología se establece los siguientes elementos: nodo sensor (dispositivo final), un nodo router y una estación Gateway o nodo coordinador, para poder comunicarse todos los dispositivos necesitan de un mismo protocolo de comunicación compartida,

Más adelante se describe el funcionamiento y equipos a utilizarse para cada elemento de la topología utilizada.

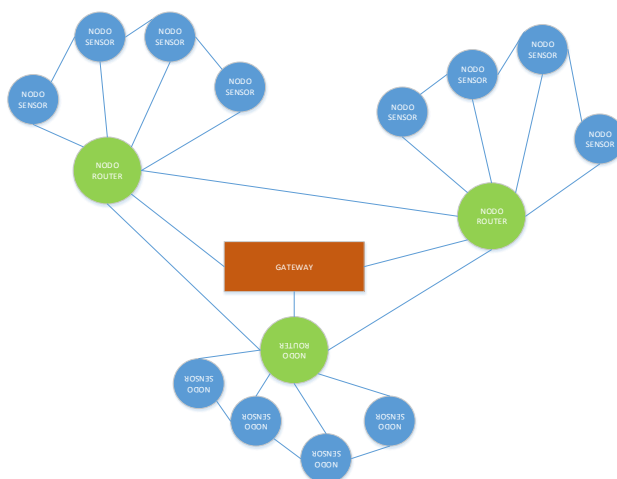


Ilustración XV Topología de la red de sensores  
Fuente: Elaboración propia

**Nodo Sensor:** En el nodo sensor se encuentran los dispositivos finales, solo pueden enviar información única de la lectura del sensor y necesariamente son conectados a un nodo router o coordinador para poder enviar la información se recomienda siempre que el nodo sensor esté en sleep mode para permitir el ahorro de energía, de este modo no se enviarán paquetes a menos que el coordinador así los desee, ya que el consumo de corriente es alto como se puede ver en la ilustración 15.

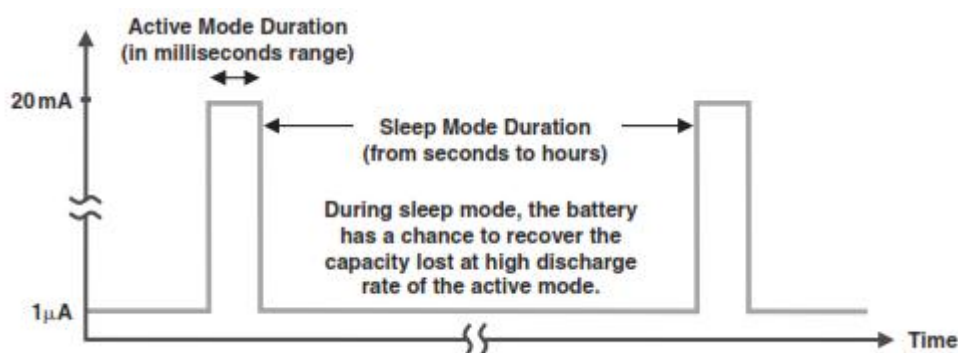


Ilustración XVI Ejemplo de consumo de corriente en nodo en una red de dispositivos ZigBee  
Fuente: Farahani, S. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers(p.208). Burlington, Estados Unidos de América: Elsevier Ltda

En este módulo se integran el sensor ultrasónico MaxSonar – EZ0 y el dispositivo Xbees Pro ZB ya mencionados en un apartado anterior conectados sobre una placa arduino





Ilustración XIX Visualización de los pines para sleep mode

Fuente: Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks(p.164). Gravenstein Highway North: Oreilly Media

**Nodo Router:** En este módulo se pueden interconectar todos los dispositivos finales que se encuentran en el nodo sensor, además establece una conexión con el nodo coordinador para exista comunicación entre ellos.

El nodo router también se encarga de descubrir si se conectan nuevos dispositivos a nuestra red utilizando una tabla de descubrimiento de la ruta esta contempla: el costo de la ruta, la dirección del dispositivo de origen y la dirección del último dispositivo que transmitió la petición al dispositivo actual.

Los parámetros como la calidad de enlace, número de saltos y la conservación de la energía ayudarán a decidir sobre la ruta más óptima, cada enlace se relacionara con un costo de enlace. Este estará determinado por “la probabilidad de que los paquetes se entreguen con éxito mientras menos paquetes se entreguen el costo será menor”. (Farahani, 2008)

En este nodo se utilizará al igual que en el módulo anterior un dispositivo arduino y uno XBEE PRO, además se diseñará un recubrimiento para que soporte factores climáticos. La alimentación se realizara a través de un transformador de corriente alterna a corriente continua con un voltaje cc de 3.3v.

**Nodo Gateway:** Es el encargo de coordinar, administrar y supervisar toda la red de sensores y el encargado de la comunicación con la red LAN, e inclusive puede comunicarse con otras redes de diferente estándar.

El Gateway es un dispositivo inteligente con soporte para Ethernet, USB y Wifi integrados, específicamente el modelo x2e-z3c-w1-w de la marca DIGI compatible con el dispositivos XBee seleccionados este es una puerta de enlace bidireccional, tiene un alcance hasta de 100m con línea de vista directa.

Una de sus fundamentales características es que permite realizar una configuración sencilla de la red de sensores, con acceso para Ethernet GSM y GPRS. Su plataforma no necesita de licencias por ende se evita costos adicionales como antes ya se lo mencionó.



Ilustración XX Gateway x2e-z3c-w1-w

Fuente: DIGI. (s.f.). Gateways. Recuperado el 06 de 09 de 2015, de <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/gateways/xbee-gateway>

### **5.3.4 Módulo para advertencia de salida del vehículo**

Para este módulo se utilizara un módulo arduino mega Ethernet conjuntamente con un dispositivo GSM para arduino SIM900A, con la condición de que la tarjeta SIM debe contar con un paquete de mensajes de texto para su funcionamiento.

Para poder identificar el número de teléfono se almacenara en una variable cuando se haya realizado el consumo desde la base de datos y de esta manera poder generar el mensaje de texto cuando el vehículo de la persona abandono el estacionamiento de la institución.

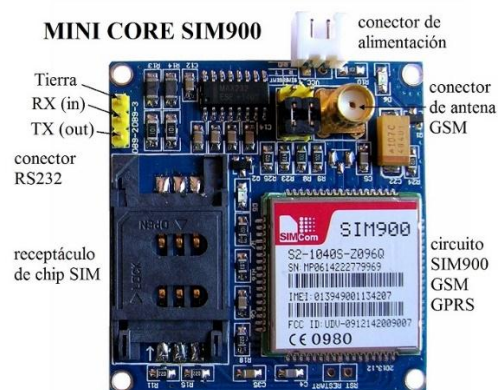


Ilustración XXI Modulo SIM900

Punto, F. (2015). Mini core SIM900 GSM. Recuperado el 03 de 09 de 2015, de <http://www.puntoflotante.net/MINI-CORE-SIM900-GSM-GPRS-QUAD-BAND.htm>

## 5.4 Comparación con la situación actual de parqueo de la PUCE

La PUCE en su campus ubicado en su campus de la Avenida Ramón Roca y Avenida doce de octubre cuenta con alrededor de 2000 sitios de parqueo, la PUCE para gestionar estos espacios de parqueo posee dos sistemas el uno que usa una sticker para que el vehículo pueda acceder al sitio de parqueo en este caso un guardia da acceso al vehículo que posee el sticker de acceso, generando una gran cantidad de tráfico y una situación incómoda por los largos tiempos de espera para poder acceder a los mismos por lo cual este sistema se lo considera como obsoleto.

En vista de esto la PUCE decide implementar un segundo sistema de parqueo en la mediante el uso etiquetas pasivas donde un lector de radio frecuencia se encarga de extraer la información de esta etiqueta este sistema se encuentra implementado principalmente en los subsuelos donde existen espacios disponible de parqueo.

A continuación se realiza una comparación con los dos sistemas de parqueo que existen en la PUCE

Tabla 10 Comparación del sistema propuesto con los sistemas existentes

	Sistema Sticker	Sistema tag Activo	Sistema Propuesto
Control automático de acceso	No	Si	Si
Gestión de espacios disponibles	No	Si	Si
Control de seguridad cuando abandona el sitio el vehículo	No	No	Si
Estadísticas en tiempo de uso de cada espacio disponible.	No	No	Si
Gestión de espacios de uso exclusivo para autoridades y discapacitados	No	No	Si
Mejora de tiempo de acceso	No	Si	Si

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 10 el sistema propuesto ayudara a mejorar el sistema de parqueo en los estacionamientos de la PUCE

## 5.5 Costos del proyecto

### 5.5.1 Costos Para el acceso

En el mercado nacional no existen los lectores y antenas en stock, sin embargo su importación no sería una complicación, apenas se demorarían unos treinta días para su importación.

Los costos que se calculan en la tabla 9 se calcularon con un precio internacional sin embargo tomamos en cuenta impuestos como el Advaloren 5%, IVA 12% y FODINFA 0.05% incluyendo los manejos de carga y traslados. Cada tag activo tiene un costo de \$28.70 incluido el I.V.A.

Tabla 11 Costos para la implementación del acceso

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
3	Lectores activos L-RX210	850	2550
3	Antenas AN400	140	420
3	Computadores core i3	650	1950
3	Pantallas 21"	135	405
3	pantallas led	450	1350
	<b>Total 1</b>		<b>6675</b>

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.2 Costos de la tecnología ZIGBEE para los nodos

En este caso todos los dispositivos si se encuentran en el mercado nacional, además se detallan los costos aproximados de la mano de obra para la fabricación de cada módulo.

Tabla 12 Costos del módulo sensor

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
100	Arduino Mega 2560	30	3000
100	Módulo Xbee Pro ZB	35	3500
100	Sensores Ultrasónicos	20	2000
100	Baterías de litio	14,5	1450
100	Costo de fabricación	25	2500
Total 2			12450

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Costos del módulo router

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
3	Arduino Mega 2560	30	90
3	Módulos Xbee Pro	35	105
3	Fuentes de alimentación	8	24
3	Costo de fabricación	25	75
Total 3			294

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Costo del Módulo gateway

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	Gateway x2e-z3c-w1-w	600	600
Total 4			600

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.3 Costos de Dispositivos para la advertencia de la salida del vehículo

Como se dijo en un apartado anterior el sistema dispondrá de un gestor permita alertar a los usuarios vía mensajes de texto.

Tabla 15 Costo para advertencia de salida vía SMS

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	Módulo Arduino Ethernet	65	65
1	Módulo GSM SIM 900	80	80
1	Costo de fabricación	25	25
		Total 5	170

Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.4 Otros costos

Para lograr colocar todos los dispositivos también se requiere de una obra civil sobre todo para la ubicación de los nodos sensores e instalaciones eléctricas para el funcionamiento y puesta a punto del sistema, los mismos que se describen en la tabla 16.

Tabla 16 Otros costos adicionales del proyecto

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	Programación de los módulos	150	150
1	Configuración del sistema	50	50
1	Diseño de software y aplicaciones	350	350
100	Instalaciones y colaciones en el piso de sensores	45	4500
1	Instalaciones eléctricas y electrónicas	500	500
		Total 6	5550

Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.5 Costo total del proyecto

Para el costo total del proyecto se suman los totales del uno al 6

Tabla 17 Costo total del proyecto

Total 1	6375
Total 2	12450
Total 3	294
Total 4	500
Total 5	170
Total 6	5550
Total Proyecto	25439

Fuente: Elaboración propia

## 5.6 Pantallas del prototipo de la aplicación Android para alerta de parqueos libres

Como se dijo anteriormente se utilizará una aplicación Android para verificar los espacios libres en tiempo real para ello se realizará un consumo web de la base de datos, para tener acceso el usuario debe ya estar previamente registrado.



Ilustración XXII Pantalla de aplicación móvil para acceso al sistema  
Fuente: Elaboración propia

Los parqueaderos de la PUCE se han dividido en tres secciones los sensores enviaran señales cuando el parqueadero este ocupado se realizará el consumo web y mostrara un color rojo en el espacio que se encuentre ocupado y verde cuando el espacio se encuentre libre.

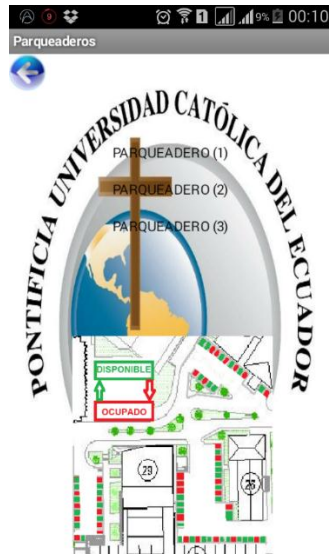


Tabla 18 Pantalla de verificación de espacios disponibles  
Fuente: Elaboración propia

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

- En la topología de ZigBee se consideró la topología tipo malla debido a que los nodos no pierden la comunicación, debido a que no pierde su ruta a diferencia de la topología de árbol ya que si el nodo router pierde su comunicación el enlace se pierde.
- La topología de red de sensores es escalable, inclusive el cambio de topología se facilita ya que el modelo de enrutamiento es sencillo.
- Existen distintos tipos de soluciones para sistemas de parqueo inteligentes, sin embargo la utilización de arduino ya que es un software libre y al trabajar conjuntamente con ZigBee se pueden reducir costos con respecto a otras soluciones como la desarrollada por Libelium ya que en solo en los nodos sensores y nodos routers la reducción de precio es de un 50%.
- Para el acceso al parqueadero se elijo los tags activos principalmente por la cantidad de información que ellos se puede almacenar ya que inclusive se pretende dar un cierto nivel de seguridad a los usuarios frecuentes de los parqueaderos ya que se enviara un mensaje de texto al usuario cuando abandone las instalaciones
- Aplicando este sistema de parqueo se mejorará la gestión administrativa además se podrán reducir los tiempos de espera a los ingresos donde se instale este sistema, inclusive ayudara a encontrar espacios disponibles de una manera más eficiente.

- Con la sistematización de los parqueaderos se pretende generar reportes para generar estadísticas y buscar posibles soluciones futuras para el manejo administrativo de los parqueaderos

## **6.2 Recomendaciones**

- Se debe considerar las interferencias posibles que pueden tener la red de sensores ya que existe coexistencia con otras tecnologías inalámbricas sobre todo con la tecnología 802.11 ya que pueden trabajar en el mismo canal y misma frecuencia.
- Se debe sellar herméticamente los nodo sensores ya que cierta parte de ellos pueden ser afectados por factores climáticos, polvo u otro factor externo reduciendo así su vida útil
- La seguridad es uno de los factores importantes que se debe tomar en cuenta en la red de sensores ya que si no existe basta con tener un sniffer la red puede dejar de funcionar con un sencillo ataque.
- Los costos de los equipos son reales sin embargo se debería realizar una nueva estimación de costos para poner el proyecto en marcha.

## 7 Bibliografía

1. Aguirre, L. (09 de 11 de 2009). Estudio de una red de sensores sin hilos basada en la tecnología Arduino bajo protocolos de comunicación ZigBee. Universidad Politecnica de Cataluña. Recuperado el 10 de 05 de 2015, de <http://hdl.handle.net/2099.1/9511>
2. Álvarez Erazo, F. X. (Octubre de 2007). Implementación de una red de sensores inalámbricos con topología Cluster Tree en el Laboratorio de Instrumentación Industrial. Quito: EPN, 2015. Recuperado el 28 de MAYO de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10367>
3. Astudillo , G., Herrera, S., & Monsalve, C. (2006). Análisis Predictivo de las Perspectivas de Uso de Identificadores por Radiofrecuencia (RFID) en el Ecuador. (F. Publicaciones, Ed.) Guayaquil, Ecuador. Recuperado el 05 de 2015, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8310>
4. Barneda Faudot, I. (17 de 9 de 2008). ZIGBEE APLICADO A LA TRASNMIÓN DE DATOS. Barcelona, España: Universidad de Barcelona. Recuperado el 15 de 09 de 2015, de <http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/13081/PFC%20Ivan%20Barneda.pdf?sequence=1>
5. Ciudad, J. M., & Samà, E. (2005). Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC. Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3552/2/40883-2.pdf>
6. Crisólogo Bohorquez, I. (2008). Diseño de un sistema electrónico para el aviso automático de disponibilidad en estacionamientos vehiculares. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/263>
7. DIGI. (s.f.). Gateways. Recuperado el 06 de 09 de 2015, de <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/gateways/xbee-gateway>

8. Electrocomponentes. (2014). Modulos XBEE de DIGI Internacional. Recuperado el 28 de 06 de 2015, de [http://www.electrocomponentes.com/educacion/download/SASE\\_2014\\_DIGI\\_Tutorial\\_Modulos\\_XBEE.pdf](http://www.electrocomponentes.com/educacion/download/SASE_2014_DIGI_Tutorial_Modulos_XBEE.pdf)
9. Faludi, R. (2011). Building Wireless Sensor Networks. Gravenstein Highway North: O'Reilly Media.
10. Farahani, S. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers. Burlington, Estados Unidos de América: Elsevier Ltda.
11. Fernández García, À. (2014). Distribución óptima de sensores en aparcamientos. Recuperado el 14 de Marzo de 2015, de Repositorio Digital De La Universidad Politecnica de Cataluña: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/21865/4/treball%20PFC.pdf>
12. Márquez , M., & Lara, R. (02 de 2015). A New Prototype of Smart Parking Using Wireless. Quito, Pichincha, Ecuador: DSpace ESPE. Recuperado el 24 de 08 de 2015, de [http://telecomunicaciones.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2014/11/SmartParkingsmallpdf.com\\_.pdf](http://telecomunicaciones.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2014/11/SmartParkingsmallpdf.com_.pdf)
13. Márquez, M. (2015). Desarrollo de un prototipo de parqueadero inteligente empleando Redes de Sensores Inalámbricos. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 31 de 08 de 2015, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/9899>
14. Monsó, B. J. (1994). Sistemas de identificación y control automáticos (Vol. 2). Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores.
15. Punto, F. (2015). Mini core SIM900 GSM. Recuperado el 03 de 09 de 2015, de <http://www.puntoflotante.net/MINI-CORE-SIM900-GSM-GPRS-QUAD-BAND.htm>
16. Reyes Mena, D. (28 de 11 de 2014). Diseño de la red de sensores inalámbricos mediante la evaluación del desempeño de las plataformas Arduino y Waspote bajo el protocolo

de comunicaciones Zigbee para el monitoreo y control de los embalses de Agoyán y Pizayambo. Dspace ESPOCH. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3556>

17. Ruiz, R. d. (12 de 05 de 2011). Tutorial sobre circuitos RFID . Tutorial sobre circuitos RFID . Cholula, Puebla, Mexico: Coleccion de tesis digitales Universidad de las Americas Puebla. Recuperado el 27 de 03 de 2015, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lep/urbina\\_r\\_rd/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/urbina_r_rd/capitulo1.pdf)
18. Tafazolli , R. (2006). Technologies for The Wireless Future (Vol. 2). Wiley.

## 8 Anexos

### 8.1 Anexo 1 Data Sheet Max Sonar Ez Series

LV-MaxSonar® -EZ™ Series

## LV-MaxSonar® -EZ™ Series


### High Performance Sonar Range Finder

**MB1000, MB1010, MB1020, MB1030, MB1040**

*With 2.5V - 5.5V power the LV-MaxSonar-EZ provides very short to long-range detection and ranging in a very small package. The LV-MaxSonar-EZ detects objects from 6-inches to 254-inches (6.43-meters) and provides sonar range information from 6-inches out to 254-inches with 1-inch resolution. Objects from 6-inches to 6-inches typically range as 6-inches<sup>2</sup>. The interface output formats included are pulse width output, analog voltage output, and RS232 serial output. Factory calibration and testing is completed with a flat object. <sup>2</sup>See Close Range Operation*

**Features**

- + Continuously variable gain for control and side lobe suppression
- + Object detection to zero range objects
- + 2.5V to 5.5V supply with 2mA typical current draw
- + Readings can occur up to every 50mS, (20-Hz rate)
- + Free run operation can continually measure and output range information
- + Triggered operation provides the range reading as desired
- + Interfaces are active simultaneously
- + Serial, 0 to Vcc, 9600 Baud, 81N
- + Analog, (Vcc/512) / inch
- + Pulse width, (147uS/inch)



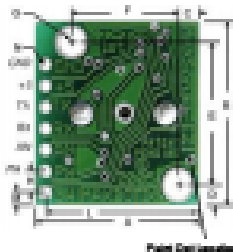
**Benefits**

- + Very low cost ultrasonic rangefinder
- + Reliable and stable range data
- + Quality beam characteristics
- + Mounting holes provided on the circuit board
- + Very low power ranger, excellent for multiple sensor or battery-based systems
- + Fast measurement cycles

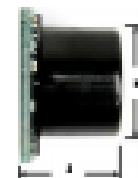
**Applications and Uses**

- + UAV blimps, micro planes and some helicopters
- + Bin level measurement
- + Proximity zone detection
- + People detection
- + Robot ranging sensor
- + Autonomous navigation
- + Multi-sensor arrays
- + Distance measuring
- + Long range object detection
- + Wide beam sensitivity

#### LV-MaxSonar-EZ Mechanical Dimensions



A	0.785"	19.9 mm	H	0.100"	2.54 mm
B	0.870"	22.1 mm	J	0.610"	15.5 mm
C	0.100"	2.54 mm	K	0.645"	16.4 mm
D	0.100"	2.54 mm	L	0.735"	18.7 mm
E	0.870"	17.0 mm	M	0.065"	1.7 mm
F	0.510"	12.8 mm	N	0.035" dia	1.0 mm dia
Q	0.134" dia	3.1 mm dia	weight, 4.3 grams		



Part Name	MB1000	MB1010	MB1020	MB1030	MB1040
Paint	Black	Brown	Red	Orange	Yellow
Red Color					

#### Close Range Operation

Applications requiring 100% reading-to-reading reliability should not use MaxSonar sensors at a distance closer than 6 inches. Although most users find MaxSonar sensors to work reliably from 0 to 6 inches for detecting objects in many applications, MaxBotix® Inc. does not guarantee operational reliability for objects closer than the minimum reported distance. Because of ultrasonic physics, these sensors are unable to achieve 100% reliability at close distances.

#### Warning: Personal Safety Applications

We do not recommend or endorse this product be used as a component in any personal safety applications. This product is not designed, intended or authorized for such use. These sensors and controls do not include the self-checking redundant circuitry needed for such use. Such unauthorized use may create a failure of the MaxBotix® Inc. product which may result in personal injury or death. MaxBotix® Inc. will not be held liable for unauthorized use of this component.

## 8.2 Anexo 2 Data Sheet Dispositivo Dust Networks



# LTP5901-WHM/LTP5902-WHM SmartMesh WirelessHART Node Wireless Mote Module

### NETWORK FEATURES

- Complete **Radio Transceiver, Embedded Processor, and Networking Software** for Forming a Self-Healing Mesh Network
- Compliant to WirelessHART (IEC62591) Standard
- SmartMesh® Networks Incorporate:
  - Time synchronized Network-Wide Scheduling
  - Per Transmission Frequency Hopping
  - Redundant Spatially Diverse Topologies
  - Network-Wide Reliability and Power Optimization
  - NIST Certified Security
- SmartMesh Networks Deliver:
  - >99.999% Network Reliability Achieved in the Most Challenging Dynamic RF Environments Often Found in Industrial Applications
  - Sub 50µA Routing Nodes

### LTP5901/2-WHM FEATURES

- Industry-leading low power radio technology with:
  - 4.5mA to receive a packet
  - 5.4mA to transmit at 0dBm
  - 9.7mA to transmit at 8dBm
- RF modular certifications include USA, Canada, EU, Japan, Taiwan, Korea, India, Australia and New Zealand
- PCB assembly with chip antenna (LTP5901-WHM) or with MMCX antenna connector (LTP5902-WHM). QFN version (LTC®5800-WHM) available

### DESCRIPTION

SmartMesh WirelessHART wireless sensor networks are self managing, low power networks built from wireless nodes called motes. The LTP™5901-WHM/LTP5902-WHM is the WirelessHART mote product in the Eterna®\* family of IEEE 802.15.4 printed circuit board assembly solutions, featuring a highly-integrated, low power radio design by Dust Networks® as well as an ARM Cortex-M3 32-bit microprocessor running Dust's embedded SmartMesh WirelessHART networking software. Both the LTP5901-WHM (with chip antenna), at 24mm × 42mm, and the LTP5902-WHM (with MMCX connector), at 24mm × 37mm, are designed for surface mount assembly.

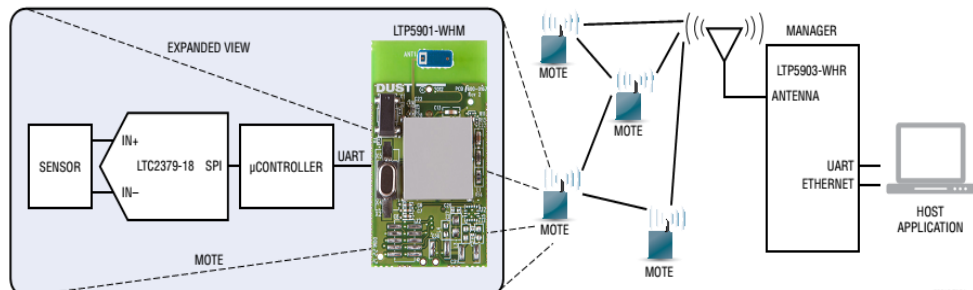
With Dust's time-synchronized WirelessHART networks, all motes in the network may route, source or terminate data, while providing many years of battery powered operation. The SmartMesh WirelessHART software provided with the LTP5901/2-WHM is fully tested and validated, and is readily configured via a software Application Programming Interface (API).

SmartMesh WirelessHART motes deliver a highly flexible network with proven reliability and low power performance in an easy-to-integrate platform.

LT, LTP, LTC, LTM, Eterna, SmartMesh, Linear Technology, the Linear logo, Dust and Dust Networks are registered trademarks and LTP and the Dust Networks logo are trademarks of Linear Technology Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Protected by U.S. Patents, including 7375594, 7420980, 7529217, 7791419, 7881239, 7898322, 8222965.

\* Eterna is Dust Networks' low power radio SoC architecture.

### TYPICAL APPLICATION



59012whmf



For more information [www.linear.com/LTP5901-WHM](http://www.linear.com/LTP5901-WHM) or [www.linear.com/LTP5902-WHM](http://www.linear.com/LTP5902-WHM)

1

## 8.3 Anexo 3 Data Sheet Dispositivo Memsic



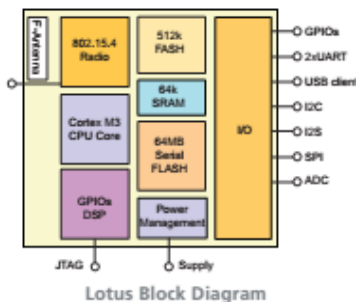
# LOTUS

HIGH-PERFORMANCE WIRELESS SENSOR NETWORK PLATFORM

- Cortex® M3 32-bit Processor at 10 – 100MHz
- 64kB SRAM, 512kB FLASH, 64MB Serial FLASH
- Integrated 802.15.4 Radio with On-board Antenna
- 250 kbps, High Data Rate Radio
- Multi-color Status Indicator LED
- USB Client With On-board mini-B Connector
- Rich Set of Standard I/O: 3xUART, SPI, I2C, I2S, GPIO, ADC
- Expansion Connector for Light, Temperature, RH, Barometric Pressure, Acceleration/Seismic, Acoustic, Magnetic and other MEMSIC Sensor Boards

### Applications

- Acoustic, Video, Vibration and Other High Speed Sensor Data
- Condition Based Maintenance
- Industrial Monitoring and Analysis
- Seismic and Vibration Monitoring



Phone: 408.964.9700 | Fax: 408.854.7702 | E-mail: [infoca@memsic.com](mailto:infoca@memsic.com) | [www.memsic.com](http://www.memsic.com)



## LOTUS

The Lotus is an advanced wireless sensor node platform. It is built around the low-power Cortex M3 CPU and also integrates an 802.15.4 compliant radio. The design is modular and stackable with interface connectors for expansion boards. The Lotus platform features several new capabilities that enhance the overall functionality of MEMSIC's wireless sensor networking products.

### Processor & Radio Platform

The Lotus is based on the NXP LPC1758. The LPC17xx is 32-bit ARM Cortex-M3 based microcontroller for embedded applications featuring a high level of integration and low power consumption. A single processor board can be configured to run your sensor application/processing and the network/radio communications stack simultaneously. The Lotus 51-pin expansion connector supports Analog Inputs, Digital I/O, I2C, SPI and UART interfaces. These interfaces make it easy to connect to a wide variety of external peripherals.

The Lotus uses the RF231 IEEE 802.15.4 radio transceiver from Atmel. The RF231 supports a 250kb/s data rate with 16 channels in the 2.4GHz band. The Lotus platform integrates a 2.4GHz on-board antenna which provides a nominal range of about 100 meters. For longer range, an optional SMA connector can be soldered directly to the board to connect to an external antenna along with power amplifier.

### Sensor Boards

MEMSIC offers a variety of sensor and data acquisition boards for the Lotus Mote. All of these boards connect to the Lotus Mote via the standard 51-pin expansion connector. Custom sensor and data acquisition boards are also available. Please contact MEMSIC for additional information.

Processor/Radio Board	LPR2400	Remarks
<b>Processor Performance</b>		
Program Flash Memory	512K bytes	
Measurement (Serial) Flash	64M bytes	
RAM	64K bytes	
Serial Communications	USB	
Analog to Digital Converter	12 bit ADC	8 channel, 0-3V input
Other Interfaces	Digital I/O, I2C, SPI, UART	
Current Draw	50 mA	Active mode at 100MHz
	10 $\mu$ A	Sleep mode (total)
<b>RF Transceiver</b>		
Frequency band <sup>1</sup>	2405 MHz to 2480 MHz	ISM band, programmable in 1 MHz steps
Transmit (TX) data rate	250 kbps	
RF power	3 dBm (typ)	
Receive Sensitivity	+101 dBm (typ)	
Outdoor Range	> 500 m	1/2 wave dipole antenna, LOS
	> 50 m	on-board antenna, LOS
Current Draw	16 mA	Receive mode
	10 mA	TX, +17 dBm
	13 mA	TX, +3 dBm
	17 mA	TX, 3 dBm
<b>Electromechanical</b>		
Battery	2X AA batteries	Attached pack
External Power	2.7 V + 3.3 V	
User Interface	Tri color LED	Red, green and yellow
Size (in)	2.25 x 1.25 x 0.25	Excluding battery pack
(mm)	76 x 34 x 7	Excluding battery pack
Weight (oz)	0.7	Excluding batteries
(grams)	18	Excluding batteries
Expansion Connector	51-pin	All major I/O signals

Notes

<sup>1</sup>5 MHz steps for compliance with IEEE 802.15.4/D18-2003.

Specifications subject to change without notice



Lotus Mote (bottom view)

## Third Party Software

The Lotus is factory configured to run the RTOS. Several other operating systems are available for Lotus including Mot-eRunner and TinyOS. Additional system software is available from Open Source. For the latest operating systems and additional third party accessories please visit [www.memsic.com](http://www.memsic.com)

## Ordering Information

Model	Description
LPR2400	Lotus Processor Radio Board

MEMSIC Inc. | San Jose, California | [www.memsic.com](http://www.memsic.com) | 6020-0705-01 Rev A

## 8.4 Anexo 4 Data Sheet Wapmote Libelium



### Waspote

#### General data:

<b>Microcontroller:</b>	ATmega1281
<b>Frequency:</b>	14.7456 MHz
<b>SRAM:</b>	8KB
<b>EEPROM:</b>	4KB
<b>FLASH:</b>	128KB
<b>SD Card:</b>	2GB
<b>Weight:</b>	20gr
<b>Dimensions:</b>	73.5 x 51 x 13 mm
<b>Temperature Range:</b>	[-10°C, +65°C]
<b>Clock:</b>	RTC (32KHz)



#### Consumption:

<b>ON:</b>	15mA
<b>Sleep:</b>	55µA
<b>Deep Sleep:</b>	55µA
<b>Hibernate:</b>	0.07µA

**Operation without recharging:** 1 year \*

\* Time obtained using the Hibernate mode as the energy saving mode

#### Inputs/Outputs:

7 Analog (I), 8 Digital (I/O), 1 PWM, 2 UART, 1 I2C, 1USB, 1SPI

#### Electrical data:

<b>Battery voltage:</b>	3.3 V - 4.2V
<b>USB charging:</b>	5 V - 100mA
<b>Solar panel charging:</b>	6 - 12 V - 280mA

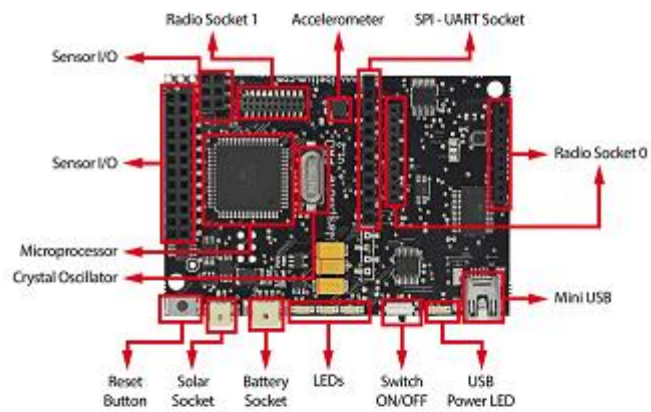


Figure: Waspote Board Top

#### Built-in sensors on the board:

**Temperature (+/-):** -40°C, +85°C. Accuracy: 0.25°C

**Accelerometer:** ±2g/±4g/±8g

Low power: 0.5 Hz/1 Hz/2 Hz/5 Hz/10 Hz

Normal mode: 50 Hz/100 Hz/400 Hz/1000 Hz

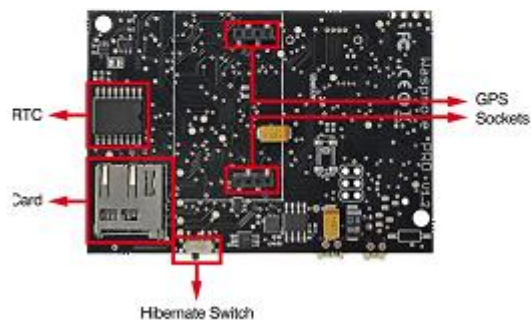


Figure: Waspote Board Bottom

## 802.15.4/ZigBee

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10km



Figure: XBee

\*Line of sight and Fresnel zone clearance with 5dBi dipole antenna

**Antennas:** 2.4GHz: 2dBi / 5dBi  
 868/900MHz: 0dBi / 4.5dBi  
**Connector:** RPSMA  
**Encryption:** AES 128b  
**Control Signal:** RSSI  
**Standards:** XBee-802.15.4 - 802.15.4 Compliant / XBee-ZB - ZigBee-Pro v2007 Compliant  
**Topologies:** star, tree, mesh

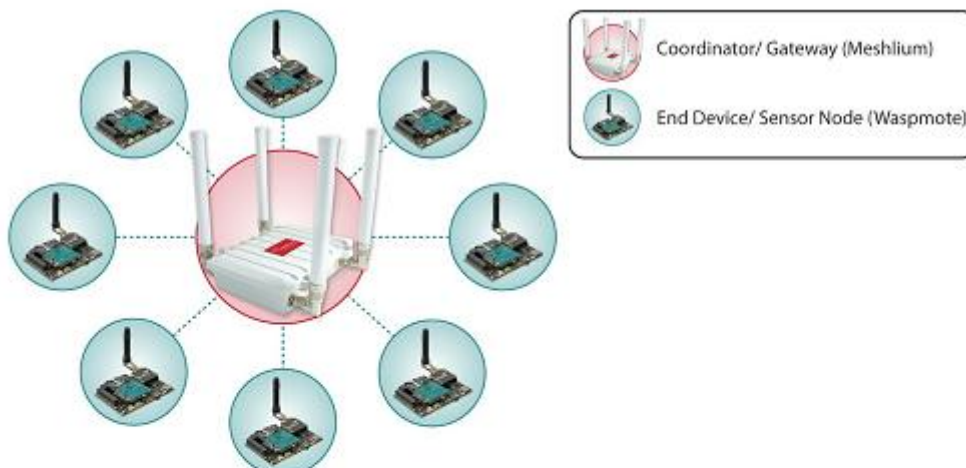


Figure: Star

## 8.5 Data Sheet Digi Gateway x2e-z3c-w1-w



### Overview

The XBee Gateway provides a low-cost XBee to IP solution, featuring scalable remote configuration and management of XBee networks with Digi Device Cloud. By default, all XBee data sent to the gateway is automatically available to online applications via Device Cloud. With a simple, open-source Python development environment, this gateway also enables custom applications to run locally while interfacing across existing Ethernet/Wi-Fi/cellular networks for WAN connectivity to cloud-based software applications.

XBee Gateway products can be managed remotely via Device Cloud. Device Cloud allows users to remotely manage thousands of deployed devices, supporting features like remote firmware upgrades and event alarms.

The XBee Gateway can be tested and developed using the XBee ZigBee Cloud Kit, which fully integrates the XBee Gateway, XBee Module, Device Cloud and a sample web application into a cohesive internet-connected solution. This kit is a powerful tool that enables developers to create internet-connected prototypes in 30 minutes or less.

### Application Highlight



### Features/Benefits

- Out-of-box integration with Digi Device Cloud enables remote connectivity, configuration and management of XBee networks
- Secure, scalable access to an unlimited number of remote XBee-based devices
- Open Source Python environment for custom application development on the gateway
- Cellular, Wi-Fi and Ethernet WAN options for flexible broadband connectivity

### Related Products



[www.digi.com](http://www.digi.com)

## Digi Device Cloud

### Connecting Any Application to Anything, Anywhere

Digi Device Cloud is a public, platform-as-a-service (PaaS) that allows organizations to redefine the way they run their business and transform their customers' experience through remote management of assets and development of solutions to reduce costs and drive efficiencies.

Device Cloud enables organizations to connect any device, sensor or machine, located anywhere in the world, to the internet and doing so provides new insights to drive those business efficiencies.

Businesses can gain new intelligence through data visualization, increase efficiency of operations by managing devices en masse, and keep their data safe in the cloud with the Device Cloud platform.

#### Features/Benefits

- No coding or custom integration
- Out-of-the-box compatibility with Digi hardware
- Easy application integration and open APIs
- No costly infrastructure to operate or maintain
- Multi-tenant, cloud-based architecture
- Manage devices en masse
- Two-way device to cloud communication
- Asynchronous event updates and alerts
- Reliable, scalable and secure
- Broadcast network grade service ability - operating 99.9% or greater
- Dedicated Security Office

## Private Labeling

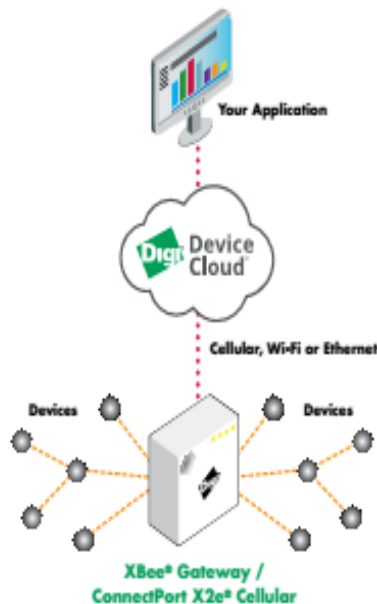
### Your Brand, Your Firmware and Configuration

Digi knows that a gateway is only one part of our customers' complex market offering. We are therefore pleased to offer a simple private branding process as a value-add to the XBee Gateway product family.

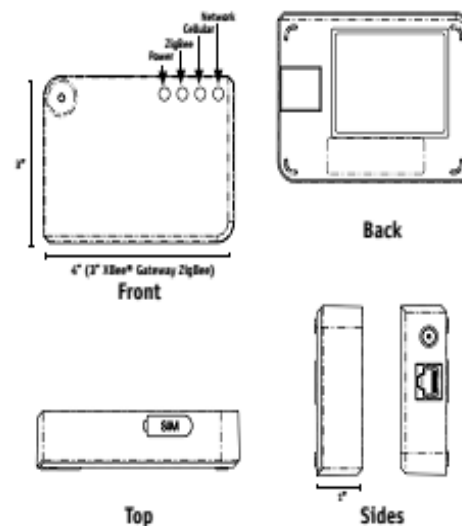
For a fixed initial charge and a minimum order commitment, Digi customers get a custom part number with their brand, fixed (or "frozen") firmware, and custom default configuration.

#### Features/Benefits

- Place your brand on the enclosure
- Pre-load your specific firmware and configuration
- All for a fixed price



## Line Art



Specifications	XBee® Gateway	ConnectPort X2e® Cellular
<b>General</b>		
Management	Secure enterprise management via Device Cloud	
Protocols	UDP/TCP, DHCP	
LEDs	Power, Network (LAN/WAN), ZigBee (HAN/PAN)	Power, Network (LAN/WAN), ZigBee (HAN/PAN), Cellular signal strength
Security	SSL tunnels, WEP-40, WEP-104, WPA/WPA2, Authentication with PSK and EAP	SSL tunnels, Cellular network security
Dimensions (L x W x H)	3 in x 3 in x 1 in (7.62 cm x 7.62 cm x 2.54 cm)	3 in x 4 in x 1 in (7.62 cm x 10.16 cm x 2.54 cm)
<b>Development</b>		
Python Version	2.7.1	
Operating System	Digi Embedded Linux	
XBee Gateway Application	XBee data sent to the gateway is automatically available to online applications via Device Cloud	Coming Soon
Processor and Memory (Values by Processor and OS version)	Freescale i.MX28, 20 MB RAM, 10 MB file space	
<b>ZigBee</b>		
ZigBee Stack	ZigBee PRO Feature Set, Ember EM357	
ZigBee Module	Digi XBee® ZB SMT (S2C)	
Transmit Power/Receive Sensitivity	Worldwide version: XBee ZB SMT transmit power 6.3 mW (+8 dBm); Receiver sensitivity (1% PER) -102 dBm; North American version: XBee-PRO® ZB SMT transmit power: 63 mW (+18 dBm); Receiver sensitivity (1% PER) -102 dBmP	
<b>Cellular</b>		
Cellular Module	N/A	Telit 910 Series
GSM Bands	N/A	800/900/900/AWS/1900/2100 MHz 3G/LWTS
CDMA Bands	N/A	800/1900 MHz 1x RTT
<b>Wi-Fi</b>		
802.11	b/g/n	N/A
Data Rate	Up to 72.2 Mbps	N/A
Transmit Power	18 dBm typical (varies by mode, channel and region)	N/A
Receiver Sensitivity	Up to -87 dBm @ 11 Mbps	N/A
Modes	AP Client Modes only; Access Point Mode not supported	N/A
<b>Ethernet</b>		
Ports	1 RJ-45 port	
Physical Layer	10/100Base-T	
Routing	Ethernet port designed for WAN backhaul only	Ethernet port designed for configuration only
<b>Power Requirements</b>		
Power Supply	5 VDC power supply with barrel connector included	
Power Consumption	Typical: 1.2 W, Max: 2.5 W	Typical: 3.5 W, Max: 15 W
<b>Environmental</b>		
Operating Temperature	0° C to 40° C (32° F to 104° F)	
Relative Humidity	5% to 95% (non-condensing)	
<b>Regulatory Approvals</b>		
Mobile Certifications (GSM)	N/A	AT&T
Mobile Certifications (CDMA)	N/A	Verizon and Sprint
Safety	UL 60950-1, CSA C22.2 and EN 60950-1	
Emissions/Immunity/Transmitter	CE, FCC Part 15 (Class B), IC, ETSI	

You can purchase with confidence knowing that Digi is always available to serve you with expert technical support and our industry leading warranty. For detailed information visit [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support).

91002791  
A6/415

Digi International  
Worldwide HQ  
877-912-3444  
952-912-3444  
[www.digi.com](http://www.digi.com)

Digi International  
France  
+33-1-55-61-98-98  
[www.digi.fr](http://www.digi.fr)

Digi International  
Japan  
+81-3-5428-0261  
[www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

Digi International  
Singapore  
+65-6213-5380

Digi International  
China  
+86-21-50492199  
[www.digi.com.cn](http://www.digi.com.cn)



[www.digi.com](http://www.digi.com)