



DOCUMENTO 5

ANEXOS



ÍNDICE DEL ANEXO

Resumen figuras

CAPITULO I. DIAGRAMAS DE FLUJO Y DE ESTADO

- 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL LOCATION ENGINE**
- 1.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NODOS Y ENTRE LOS NODOS**
- 1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE NODOS Y PC**
- 1.4 DIAGRAMA DE ESTADO DE LOS NODOS**

CAPITULO II. COSTO APROXIMADO DE UNA INSTALACIÓN FICTÍCIA.

CAPITULO III. GLOSARIO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CAPITULO IV. DATASHEETS



Resumen figuras

Figura 1: Proceso del Location Engine

Figura 2: Comunicación entre los nodos

Figura 3: Comunicación entre nodos y el PC

Figura 4: Diagrama de estado del Nodo de Referencia

Figura 5: Diagrama de estado del Nodo Ciego



CAPITULO I.

DIAGRAMAS DE FLUJO Y DE ESTADO

1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL LOCATION ENGINE

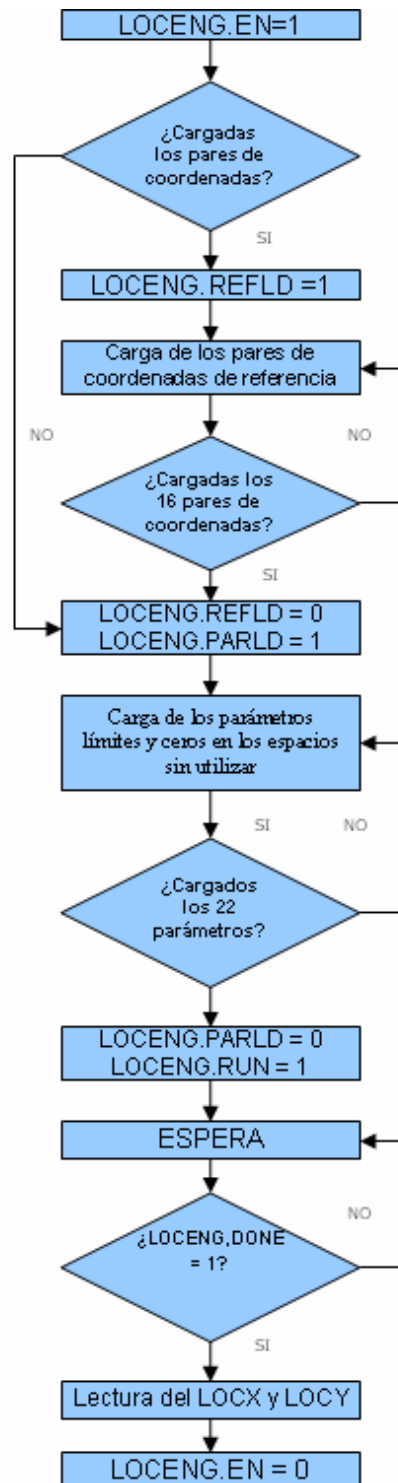


FIGURA 1. Proceso del Location Engine



El diagrama de flujo del Location Engine se muestra en la figura anterior hay que dejar claro antes de la explicación del mismo que este es una traducción del data sheet para facilitar su comprensión, lo mismo que el resto de los diagramas que se representan en este documento

Como vemos en el diagrama de flujo anterior antes de escribir cualquier dato en la entrada, el Location Engine tiene que ser habilitado para ello pondremos un 1 en el registro LOCENG.EN. Luego las coordenadas de referencia serán cargadas en el registro REFCOORD, pero antes debe ponerse a uno el LOCENG.REFLD, para que sean escritas, y entonces comenzará un proceso en el que se cargarán los 16 pares de coordenadas, y en caso de que sean menos se completará con ceros, y el orden será como la siguiente secuencia: $x_0, y_0, x_1, y_1, \dots, x_{15}, y_{15}$. Una vez terminado este proceso se volverá a poner un cero en el bit del registro LOCENG.REFLD. Luego de estos parámetros se introducirán los parámetros de A y n

Una vez puesto un 0 en el LOCENG.REFLD, todos estos datos se guardarán en el registro MEASPARM, pero antes debe de ponerse un 1 en el registro LOCENG.PARLD para indicar que se pueden guardar y las medidas serán escritas en el siguiente orden: $A, n, X_{\min}, X_{\Delta}, Y_{\min}, Y_{\Delta}, rssi_0, rssi_1, \dots, rssi_{15}$. sino no hay los 16 valores de rssi se complementarán con ceros,. Una vez termine esto se volverá a poner a cero el LOCENG.PARLD.

A continuación comenzará la estimación de la posición, para ello habrá que poner a uno el LOCENG.RUN, y las estimaciones de las coordenadas podrán ser leídas desde los registros LOCX y LOCY cuando LOCENG.DONE esté a uno, el tiempo de lectura varía entre $50 \mu s$ y 13ms, una vez que LOCENG.RUN está a uno no se produce ninguna interrupción.

El valor de la coordenada Y se puede leer directamente desde el registro LOCY.

El valor de X se obtiene de la siguiente forma:

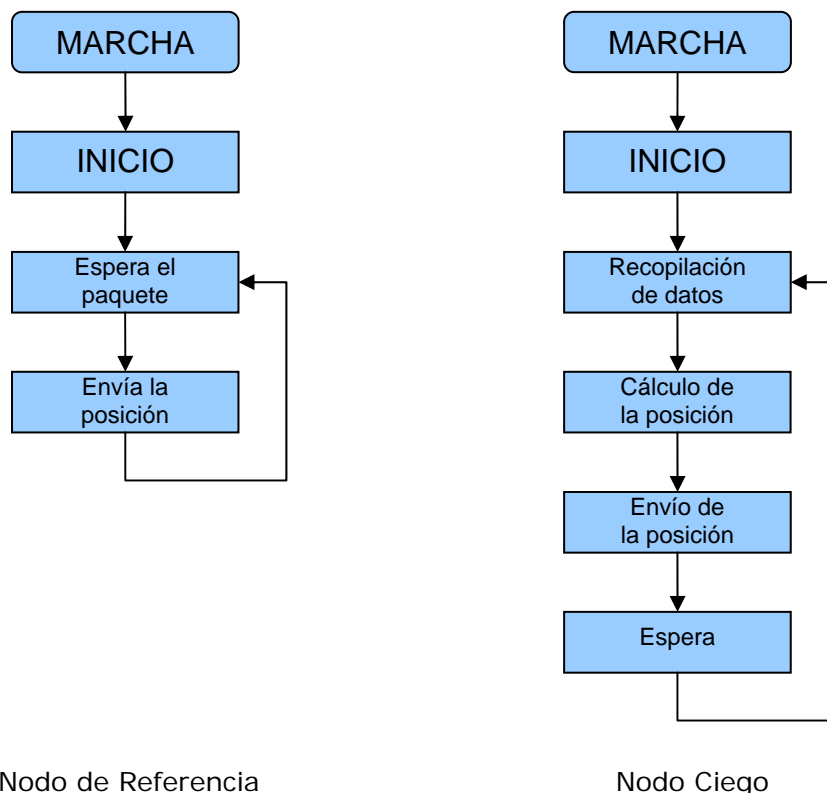
$$X = (X_{LOCX} - x_{\min} + 1) \% (x_{\Delta} + 1) + x_{\min}$$

Donde X_{LOCX} es el valor leído desde el registro LOCX, X_{\min} y X_{Δ} son los límites de los valores de entrada. La coordenada Y se puede leer directamente, y por último se volverá a poner a cero el LOCENG.EN para deshabilitar el Location Engine.



1.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS NODOS, Y ENTRE LOS NODOS

A continuación podemos ver de forma simplificada el diagrama de flujo de los nodos de referencia y de los nodos ciegos, en el apartado 1.4 de este mismo documento entraremos en más detalles.



Igual que anteriormente estos diagramas son una traducción de los aportados por el fabricante.

La comunicación entre los nodos consta principalmente de tres partes que se describen a continuación:

- Los nodos ciegos emiten un mensaje a todos los nodos de referencia que están dentro del rango de respuesta. Este paso se repetirá muchas veces, si el nodo ciego está en el estado "dormido", este no responderá por tanto será necesario repetir la emisión.
- El nodo ciego pide a cada nodo de referencia que respondió un número de paquetes, normalmente de 4 a 8, y los paquetes que tenga bajo valor RSSI se descartarán.
- Se calcula el promedio del valor RSSI de cada nodo y se introducen en el Location Engine, luego una vez terminado el cálculo se envía al PC.

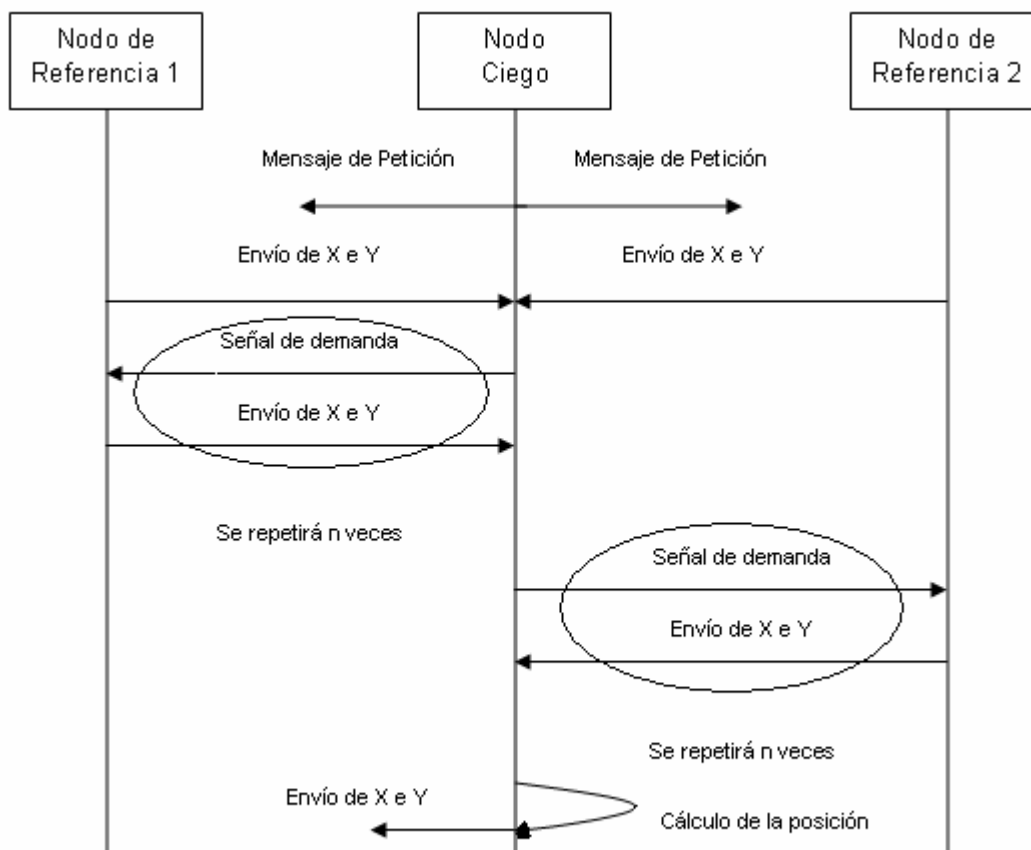


FIGURA 2. Comunicación entre los nodos

1.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA COMUNICACIÓN ENTRE NODOS Y PC

Ahora vemos de una forma simplificada el sistema de comunicación entre el PC y los nodos.

Pero hay que tener en cuenta dos detalles para comprender la siguiente figura:

- Todos los nodos necesitan enviar una señal al Z-Location Engine de vez en cuando para saber que el nodo está activo, (en la figura el Z-Location Engine está representado como PC).
- El nodo ciego iniciará toda la comunicación para obtener los valores RSSI de los nodos de referencia.

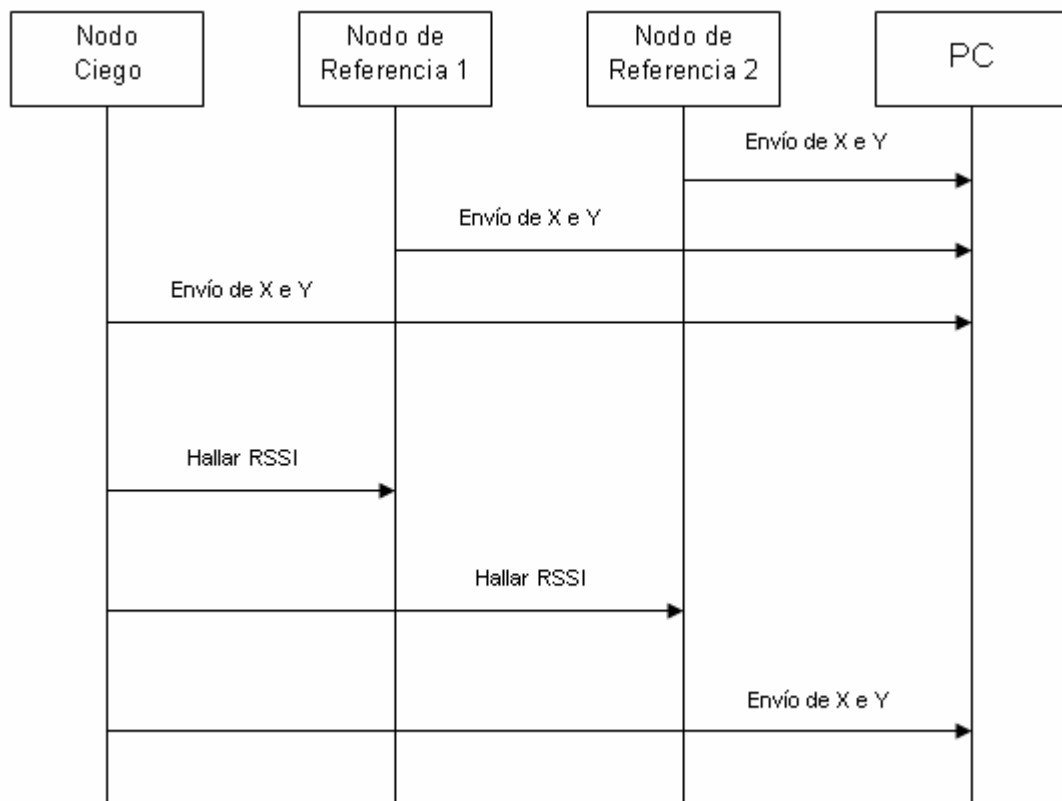


FIGURA 3. Comunicación entre nodos y el PC

1.4 DIAGRAMA DE ESTADO DE LOS NODOS

En este apartado veremos los diagramas de estados de los nodos ciegos y los nodos de referencia y una breve explicación de cada uno.

- Nodo de Referencia:

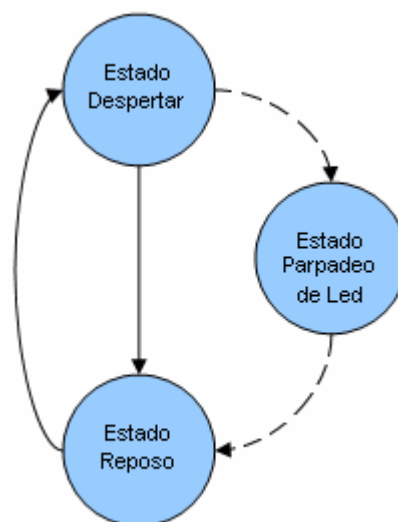


FIGURA 4. Diagrama de estado del Nodo de Referencia



- **Estado Despertar:** El nodo esperará paquetes del nodo ciego o del PC, y se mantendrá en este estado hasta que lo reciba.
- **Estado Reposo:** Aquí estará en modo de bajo consumo y sólo se despertará en el caso de que haya una interrupción.
- **Estado Parpadeo de Led:** Es un comando de parpadeo del led enviado desde el PC al nodo que queramos. Esta función sirve para conocer la dirección que tiene el nodo.

- **Nodo Ciego**

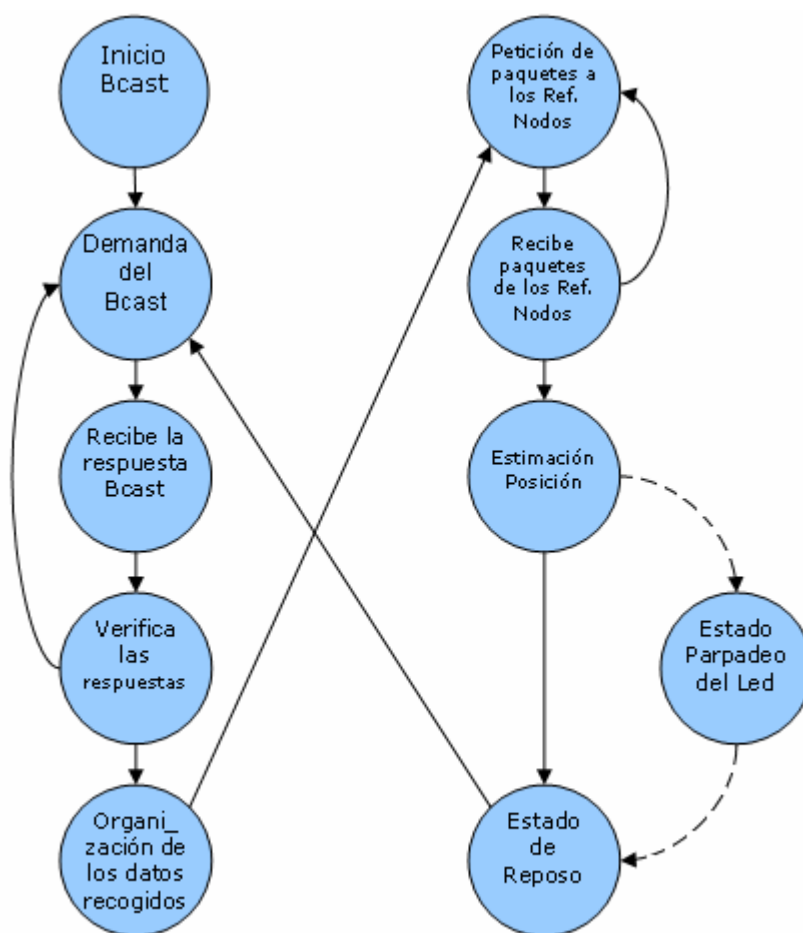


FIGURA 5. Diagrama de estado del Nodo Ciego

- **INICIO BCAST:** En este estado el nodo ciego comenzará una nueva estimación de la posición.
- **DEMANDA DEL BCAST:** El nodo ciego emitirá un mensaje a todos los nodos de referencia para que se activen (si están dentro del rango).
- **RECIBE LA RESPUESTA BCAST:** En este estado el nodo ciego esperará a que los nodos respondan el mensaje enviado anteriormente. El nodo esperará unos milisegundos independientemente del número de respuestas.



-
- **VERIFICA LAS RESPUESTAS:** Aquí se comprobará el número de respuestas que serán utilizadas para las siguientes comunicaciones.
 - **ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS RECOGIDOS:** Aquí algunas variables son aclaradas antes de que los datos sean almacenados.
 - **PETICIÓN DE PAQUETES A LOS NODOS DE REFERENCIA:** El nodo ciego enviará un paquete a un nodo de referencia, entonces este inmediatamente pasará al otro estado a esperar la respuesta.
 - **RECIBE LOS PAQUETES DE LOS NODOS DE REFERENCIA:** En este estado se espera la respuesta del nodo de referencia del estado anterior. Estas dos condiciones serán repetidas varias veces y a cada uno de los nodos de referencia.
 - **ESTIMACIÓN POSICIÓN:** En este estado se calcula la posición y se enviará a la aplicación del PC.
 - **ESTADO REPOSO:** Aquí estará en modo de bajo consumo y sólo se despertará en el caso de que haya una interrupción.
 - **ESTADO PARPADEO DE LED:** Es un comando de parpadeo del led enviado desde el PC al nodo que queramos. Esta función sirve para conocer la dirección que tiene el nodo.



CAPITULO II.

COSTO APROXIMADO DE UNA INSTALACIÓN FICTICIA.

Antes de nada hay que tener en cuenta que esta especie de presupuesto no es real sino solo una ayuda para que en el caso de que alguien quiera llevar a cabo una instalación de un sistema de localización con ZigBee pueda hacerse una idea aproximada de cuanto puede costar esta.

Lo primero que hay que tener claro que depende del lugar donde se realice la instalación el costo será mayor o menor dependiendo del entorno en el que se instale, por ello haremos un cálculo aproximado de este por cada $100 m^2$ en el caso de que sea una nave o un lugar en el que no este dividido por habitaciones o salas, y haremos otro en el que lo que importará será el número de salas o habitaciones y pasillos que tenga, como puede ser un edificio.

- **Para un lugar sin salas:** Aquí lo importante sería ver como es el entorno pero lo normal es que con un nodo cada 10 metros en el sentido de las dos coordenadas darían un resultado aceptable, y con lo cual cubriríamos unos $100 m^2$, pero siempre es recomendable poner el mayor número de nodos que sea posible, como se explica en la memoria las pruebas realizadas dependiendo del número de nodos, podemos comprobar que se consiguen mejor resultado con seis nodos que con cuatro de esta forma el error será menor. A continuación se pone una especie de presupuesto pero como dijimos anteriormente solo es un cálculo aproximado y hay que tener en cuenta que es el coste por cada $100m^2$.

Ud .	Concepto	Nº Uds	Precio Unidad (€)	Importe (€)
	Placa de Circuito Impreso	1	1,70	1,70
	Pines 2x4	1	0,37	0,37
	Pines 2x5	1	0,49	0,49
	Resistencias de 43k SMD 0603	2	0,032	0,064
	Resistencia de 4k7 SMD 0603	1	0,05	0,05
	Resistencia de 270 SMD 0603	1	0,05	0,05
	Resistencia de 53k SMD 0603	1	0,67	0,67
	Led SMD C0805	1	0,15	0,15
	Condensadores de 220nF SMD 0603	4	0,06	0,24
	Condensador de 100nF SMD 0603	1	0,05	0,05
	Condensador de 33nF SMD 0603	1	0,03	0,03
	Condensador de 15nF SMD 0603	2	0,03	0,06
	Condensador de 5p6F SMD 0603	1	0,03	0,03
	Condensador de 100nF SMD C0805	1	0,10	0,10
	Condensador de 10nF SMD C0805	2	0,10	0,10



	Condensador de 27nF SMD C0805	1	0,07	0,07
	Bobina de 1n8H SMD 0603	1	0,43	0,43
	Bobina de 8n2H SMD 0603	1	0,43	0,43
	Bobina de 22nH SMD 0603	1	0,43	0,43
	Cristal de cuarzo de 32MHz	1	0,97	0,97
	Cristal de cuarzo de 32,768KHz	1	0,34	0,34
	Microinterruptor STSSS9131	1	1,82	1,82
	Pila BR2032	1	2,71	2,71
	Conector de antena	1	3,73	3,73
	CC2431	1	6,45	6,45
	Micro-Pulsador	1	0,82	0,82
h.	Programación del nodo	0,5	10,00	5,00
h.	Instalación de un nodo	0,25	10	2,5
TOTAL POR NODO				29,85
TOTAL POR CADA 100 m2				119,42

Como podemos ver el costo por nodo es de 29,85 €/nodo (sólo en materiales, en instalación y en programación), y el montante por cada 100 m^2 , es de 119,42€ colocando 4 nodos (que no es lo mejor, se deberían colocar el máximo posible), a parte deberíamos también incluir el costo del montaje de las placas los cuales si lo hacemos en un empresa adecuada y una cantidad grande puede salir a un precio adecuado y quizás se reduzca considerablemente el costo anterior, además también conllevaría el gasto del proyecto que se debería realizar para hacer una instalación de este tipo.

Por tanto con todos estos datos podremos hacer una pequeña estipulación, pero que quede claro que solo es un precio aproximado y que si se quiere tener mucha más precisión se debería de incluir más de 4 nodos de referencia por cada 100 m^2 .

- **Para un lugar con salas:** Aquí no vale una estipulación por metros sino por el número de salas que haya, lo que si se asemeja al anterior es el número de nodos mínimos que habrá que colocar que son 4 por salas siempre y cuando sea menor de 100 m^2 , en caso contrario habrá de colocarse un nodo al menos por cada 10 m en la coordenada X e Y, incluso el número de nodos se deberá de aumentar dependiendo del entorno.

Por tanto el costo por nodo solo en materiales, montaje y programación será de 29,85€/nodo, y de 119,42€ por habitación siempre que sean menores de 100 m^2 , en caso contrario habría que añadir más nodos, pero como se comentó también anteriormente las pruebas realizadas demuestran que mientras más nodos tengamos mayor será la precisión por tanto sería más conveniente instalar más de cuatro nodos por cada 100 m^2 . A todo esto hay que sumar al igual que en caso anterior el coste de la fabricación de las placas y el del proyecto que esto conllevaría.



CAPITULO III.

GLOSARIO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ADC	Analog to Digital Converter
AES	Advanced Encryption Standard
CSMA-CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DC	Direct Current
DMA	Direct Memory Access
EM	Evaluation Module
FIFO	First In First Out
I/O	Input / Output
IF	Intermediate Frequency
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
KB	1024 bytes
kbps	kilo bits per second
LOCENG	Location Engine control and status
LOCX	Location estimate X coordinate
LOCY	Location estimate Y coordinate
LQI	Link Quality Indication
MAC	Message Authentication
MCU	Microcontroller Unit
MEASPARM	Measured parameters input
MISO	Master In Slave Out
MOSI	Master Out Slave In
NA	Not Available
NC	Not Connected
PCB	Printed Circuit Board
PWM	Pulse Width Modulator
RAM	Random Access Memory
REFCOORD	Reference coordinates input
RF	Radio Frequency
RoHS	Restriction on Hazardous Substances
RSSI	Receive Signal Strength Indicator
RTC	Real-Time Clock
RX	Receive
SPI	Serial Peripheral Interface
TI	Texas Instruments
TX	Transmit
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter



CAPITULO IV.

DATASHEETS

- **CC2431**
- **CONDENSADORES SMD**
- **CONECTOR DE ANTENA**
- **CRISTALES DE CUARZO**
- **INDUCTANCIAS SMD**
- **DIODO LED SMD**
- **MINI INTERRUPTOR**
- **PILA DE BOTÓN**
- **CONECTORES 2X3 Y 2X5**
- **MINI PULSADOR**
- **RESISTENCIAS SMD**