

# **Módulo bluetooth para equipo de control de acceso**

**Autor**

**Ivan Mariano Di Vito - Padrón 95.722**

**Fecha:**

**1er cuatrimestre 2017**

## Tabla de contenido

<b>Registro de cambios</b>	<b>3</b>
<b>Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar</b>	<b>4</b>
<b>Acta de constitución del proyecto</b>	<b>5</b>
<b>1. Propósito del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>2. Alcance del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>3. Supuestos del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>4. Requerimientos</b>	<b>6</b>
<b>5. Entregables principales del proyecto</b>	<b>7</b>
<b>6. Desglose del trabajo en tareas</b>	<b>7</b>
<b>7. Diagrama de Gantt</b>	<b>7</b>
<b>8. Gestión de riesgos</b>	<b>8</b>
<b>9. Gestión de la calidad</b>	<b>9</b>

## Registro de cambios

Revisión	Cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento y firma del Acta de Constitución	09/04/2017
1.1	Modificaciones basadas en sugerencias de los docentes	10/04/2017

## **Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar**

Muchas organizaciones necesitan implementar sistemas de control de ingreso y egreso de personas y objetos a ciertas áreas. También es muy útil en ciertas situaciones la capacidad de conocer en tiempo real en cual de estas áreas se encuentran. Un claro ejemplo de esto es la necesidad de una clínica u hospital. En el mismo se requiere tener registro de los ingresos y egresos del personal así como tener la capacidad de ubicarlo en tiempo real dentro del edificio en caso de emergencia. También es muy importante para estas instituciones la generación de alarmas cuando cierto equipamiento valioso no se encuentra en el área establecida para el mismo.

Para implementar esos sistemas se propone el uso de la tecnología Bluetooth de baja energía (BLE por sus siglas en inglés). Este protocolo de comunicación inalámbrica permite la creación de módulos conocidos como periféricos que transmiten información a otros módulos centrales. Los primeros tienen la propiedad de ser muy eficientes en su consumo de energía. Esto permite que funcionen durante años con una batería tipo botón. Esto vuelve viable la implementación de un sistema en el cual tanto las personas a localizar como los objetos a controlar tengan un módulo periférico que periódicamente emite una señal para que sea captada por un módulo central fijado en una posición establecida. Este último puede generar un registro con esta información, disparar una alarma en caso de un ingreso o egreso no permitido o simplemente informar los módulos periféricos que son visibles junto con la intensidad de la señal a algún sistema central que ejecute una lógica de control más compleja.

En este proyecto se implementará un módulo BLE que permita a la EDU-CIAA-NXP funcionar en el rol de dispositivo central. Esto permitirá medir la capacidad del sistema para una futura versión comercial así como probar los módulos periféricos que se desarrollarán posteriormente.

## **Acta de constitución del proyecto**

Buenos Aires, 10 de abril de 2017

Por medio de la presente se acuerda con el Sr. Ivan Mariano Di Vito que su Trabajo Final del Seminario de Sistemas Embebidos se titulará “Módulo bluetooth para equipo de control de acceso”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un módulo que permite a la EDU-CIAA-NXP funcionar en el rol de dispositivo central del protocolo bluetooth de baja energía , y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 108 hs de trabajo y \$1000, con fecha de inicio miércoles 26 de abril de 2017 y fecha de finalización miércoles 21 de junio de 2017.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Profesor Adjunto del Seminario de Sistemas Embebidos

## **1. Propósito del proyecto**

El propósito de este proyecto es el desarrollo de un módulo que permite a la EDU-CIAA-NXP funcionar en el rol de dispositivo central del protocolo bluetooth de baja energía. Esto se realiza con el objetivo de probar el funcionamiento del protocolo BLE y de obtener las herramientas de software y hardware necesarias para la posterior implementación de un sistema comercial de control de acceso.

También se pretende la aprobación del seminario, así como ganar experiencia en el desarrollo de sistemas embebidos y en el uso de las herramientas relacionadas.

## **2. Alcance del proyecto**

El proyecto incluye:

- Diseño y fabricación de una placa que permita conectar el módulo bluetooth de baja energía HM-10 (basado en el SOC TI CC2541) y la EDU-CIAA-NXP.
- Diseño, desarrollo y puesta a punto del firmware del SOC CC2541 que permita configurar al mismo en el rol de dispositivo central y que informe la presencia de los dispositivos periféricos cercanos.
- Diseño, desarrollo y puesta a punto de una biblioteca en C que permite configurar y recibir información del SOC CC2541 sobre la EDU-CIAA-NXP. En la misma se utilizará algún indicador para demostrar que efectivamente el sistema responde a la presencia o ausencia de los dispositivos periféricos.

El proyecto no incluye las siguientes prestaciones que son indispensable para una versión comercial del producto:

- No se desarrollaran los dispositivos periféricos. Se utilizará una aplicación realizada por terceros para teléfonos inteligentes con sistema operativo android.
- No se desarrollará una interfaz que permita a la EDU-CIAA-NXP comunicar la presencia o ausencia de periféricos a algún sistema que centralice y procese dicha información.
- No se prepara a la placa EDU-CIAA-NXP para funcionar de manera independiente a una alimentación externa proporcionada por el puerto USB de la misma.
- No se diseñará el circuito que permite el envío y recepción de señales inalámbricas así como tampoco se implementaran las capas Host y Controlador del protocolo BLE.

## **3. Supuestos del proyecto**

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se cuenta con la placa EDU-CIAA-NXP provista por los docentes del seminario.
- Se puede conseguir en el mercado local el módulo HM-10 basado en el SOC CC2541 así como todos los componentes que sean necesarios para la placa a diseñar.
- Existe una aplicación gratuita para el sistema operativo android que permite utilizar un teléfono inteligente con bluetooth en el rol de periférico especificado en el protocolo BLE.

- Se supone que la placa EDU-CIAA-NXP y el SOC CC2541 cuenta con una interfaz común capaz de transmitir los datos pertinentes a la aplicación a desarrollar.
- Se supone que la placa EDU-CIAA-NXP cuenta con la capacidad de cómputo como para procesar los datos anteriormente nombrados y actuar en consecuencia.

#### **4. Requerimientos**

- Requerimientos asociados a la placa que contiene al módulo bluetooth:
  - Deberá proporcionar al módulo HM-10 una alimentación de 3.3V.
  - Debe ser capaz de adaptar los niveles lógicos de los puertos de entrada y salida del módulo HM-10 y la EDU-CIAA-NXP.
  - Deberá presentar un puerto que permita reprogramar el firmware del chip CC2541 presente en el módulo HM-10
- Requerimientos asociados al firmware del SOC CC2541:
  - Deberá ser capaz de periódicamente buscar qué dispositivos periféricos se encuentran en el área.
  - Deberá ser capaz de transmitir el ID de los dispositivos cercanos por una interfaz adecuada.
  - Deberá ser capaz de transmitir la intensidad de la señal por una interfaz adecuada.
- Requerimientos asociados a la biblioteca de control:
  - Deberá ser capaz de inicializar la conexión con el firmware del SOC CC2541.
  - Deberá ser capaz de recibir el ID de los dispositivos cercanos.
  - Deberá ser capaz de recibir la intensidad de la señal de los dispositivos cercanos.
  - Deberá ser capaz de responder al sistema que integra si un dispositivo en particular se encuentra en el área.
  - Deberá ser capaz de avisar al sistema que integra que un dispositivo entro o salio del área, dado que previamente el sistema informó que ese dispositivo era de interés.
- Requerimientos asociados al caso de uso sobre EDU-CIAA-NXP:
  - Deberá ser capaz de utilizar la biblioteca de control para comunicarse con el SOC CC2541.
  - Deberá ser capaz de mostrar la presencia o ausencia de una lista de dispositivos periféricos utilizando los LEDs presentes en la EDU-CIAA-NXP.
  - Deberá poderse configurar la lista de dispositivos periféricos de interés mediante la interfaz USB presente en la EDU-CIAA-NXP.

#### **5. Entregables principales del proyecto**

- Diagrama esquemático y del circuito impreso de la placa a construir.
- Código fuente comentado del SOC CC2541.
- Código fuente comentado de la librería de control.
- Código fuente comentado del caso de uso sobre EDU-CIAA-NXP.
- Informe de avances.
- Demostración del funcionamiento integral del sistema.
- Informe final.

## 6. Desglose del trabajo en tareas

Al comienzo de cada etapa se indica un subtotal en horas de las tareas que la componen.

<b>1. Documentación</b>	<b>9</b>
1.1. Redacción del informe de avance	3
1.2. Redacción del informe final	6
<b>2. Investigación inicial y decisiones de diseño</b>	<b>8</b>
2.1. Determinación de la interfaz a utilizar entre el SOC y la EDU CIAA	3
2.2. Determinación del circuito a utilizar como adaptador de nivel	3
2.3. Determinación del formato a utilizar para la comunicación entre el SOC y la EDU CIAA	2
<b>3. Desarrollo y fabricación de la placa</b>	<b>15</b>
3.1. Diseño del diagrama esquemático	2
3.2. Diseño del circuito impreso a construir	3
3.3. Compra de componentes necesarios para el armado	6
3.4. Fresado del circuito impreso	1
3.5. Soldado de circuito impreso	1
3.6. Prueba de funcionamiento del circuito impreso	2
<b>4. Desarrollo del firmware del SOC CC2541</b>	<b>25</b>
4.1. Diagramación general del funcionamiento del firmware	6
4.2. Creación del proyecto e importación de librerías	3
4.3. Implementar la interfaz de comunicación elegida	4
4.4. Configuración de parámetros del receptor bluetooth	4
4.5. Desarrollo del parser que permita para la comunicación	8
<b>5. Desarrollo de la librería de control</b>	<b>19</b>
5.1. Diagramación general del funcionamiento de la librería	4
5.2. Creación del proyecto	2
5.3. Adaptación del parser creado en la actividad 4.5	4
5.4. Creación de base de datos de dispositivos en el área	4
5.5. Creación de una interfaz para consultar sobre los dispositivos presentes	2
5.6. Creación de una interfaz para configurar dispositivos de interés	3
<b>6. Desarrollo del caso de uso sobre EDU-CIAA-NXP</b>	<b>24</b>
6.1. Diagramación general del funcionamiento del caso de uso	4
6.2. Creación del proyecto	2
6.3. Implementar la interfaz de comunicación elegida	4
6.4. Implementar el intercambio de datos entre el SOC y la librería de control	6
6.5. Mostrar la presencia de ciertos dispositivos con luces LEDs	4
6.6. Implementación de la interfaz USB para determinar los dispositivos de interés	4

<b>7.</b>	<b>Prueba integral del sistema</b>	<b>8</b>
7.1.	Configuración de teléfono inteligente para funcionar como periférico	2
7.2.	Testeo de los requerimientos del proyecto	2
7.3.	Gestión de calidad del resultado del proyecto	4

Se estima que se utilizaran en total 108 horas para el desarrollo del proyecto.

## 7. Diagrama de Gantt

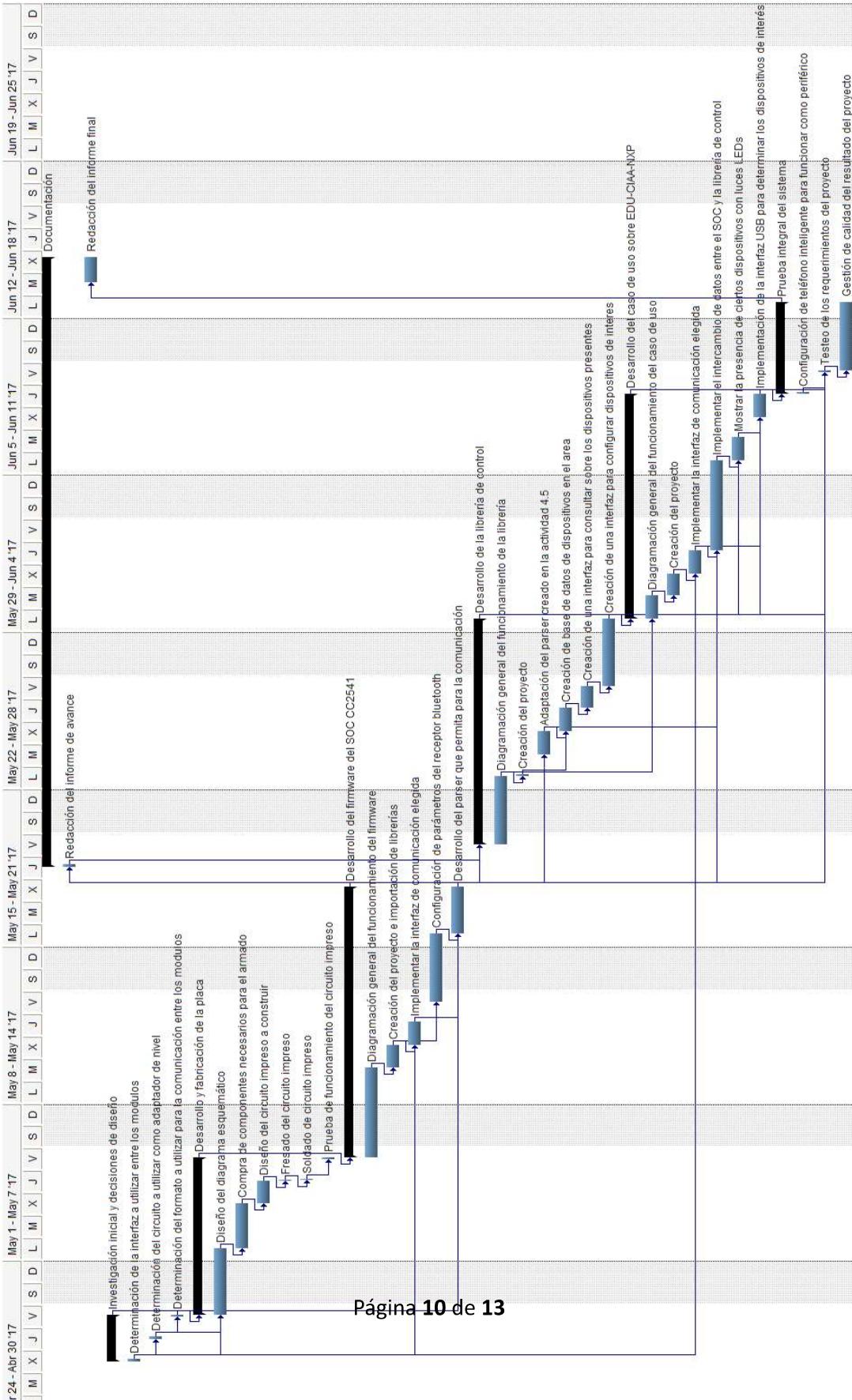
Se pueden ver el diagrama de Gantt en mayor resolución en los siguientes links:

-tareas: <http://i.imgur.com/50nIVAj.png>

-diagrama: <http://i.imgur.com/ZOAMMtm.png>

	EDT	Nombre	Duración	Inicio	Fin	Predecesoras
1	1	□Documentación	30d	18/05/2017	14/06/2017	
2	1.1	Redacción del informe de avance	3h	18/05/2017	18/05/2017	15
3	1.2	Redacción del informe final	6h	13/06/2017	14/06/2017	35
4	2	□Investigación inicial y decisiones de diseño	4d	26/04/2017	28/04/2017	
5	2.1	Determinación de la interfaz a utilizar entre los modulos	3h	26/04/2017	26/04/2017	
6	2.2	Determinación del circuito a utilizar como adaptador de nivel	3h	27/04/2017	27/04/2017	5
7	2.3	Determinación del formato a utilizar para la comunicación entre los módulos	2h	28/04/2017	28/04/2017	6
8	3	□Desarrollo y fabricación de la placa	7.5d	28/04/2017	05/05/2017	4
9	3.1	Diseño del diagrama esquemático	2h	28/04/2017	01/05/2017	5,6
10	3.2	Compra de componentes necesarios para el armado	6h	01/05/2017	03/05/2017	9
11	3.3	Diseño del circuito impreso a construir	3h	03/05/2017	04/05/2017	10
12	3.4	Fresado del circuito impreso	1h	04/05/2017	04/05/2017	11
13	3.5	Soldado de circuito impreso	1h	04/05/2017	04/05/2017	12
14	3.6	Prueba de funcionamiento del circuito impreso	2h	05/05/2017	05/05/2017	13
15	4	□Desarrollo del firmware del SOC CC2541	12.5d	05/05/2017	17/05/2017	8
16	4.1	Diagramación general del funcionamiento del firmware	6h	05/05/2017	09/05/2017	
17	4.2	Creación del proyecto e importación de librerías	3h	09/05/2017	10/05/2017	16
18	4.3	Implementar la interfaz de comunicación elegida	4h	10/05/2017	11/05/2017	5,17
19	4.4	Configuración de parámetros del receptor bluetooth	4h	12/05/2017	15/05/2017	17,18
20	4.5	Desarrollo del parser que permita para la comunicación	8h	15/05/2017	17/05/2017	7,18,19
21	5	□Desarrollo de la librería de control	9.5d	19/05/2017	29/05/2017	2,15
22	5.1	Diagramación general del funcionamiento de la librería	4h	19/05/2017	22/05/2017	
23	5.2	Creación del proyecto	2h	22/05/2017	22/05/2017	22
24	5.3	Adaptación del parser creado en la actividad 4.5	4h	23/05/2017	24/05/2017	20,23
25	5.4	Creación de base de datos de dispositivos en el area	4h	24/05/2017	25/05/2017	23,24
26	5.5	Creación de una interfaz para consultar sobre los dispositivos presentes	2h	25/05/2017	26/05/2017	25
27	5.6	Creación de una interfaz para configurar dispositivos de interés	3h	26/05/2017	29/05/2017	26
28	6	□Desarrollo del caso de uso sobre EDU-CIAA-NXP	12d	29/05/2017	08/06/2017	21
29	6.1	Diagramación general del funcionamiento del caso de uso	4h	29/05/2017	30/05/2017	22
30	6.2	Creación del proyecto	2h	30/05/2017	31/05/2017	29
31	6.3	Implementar la interfaz de comunicación elegida	4h	31/05/2017	01/06/2017	5,30
32	6.4	Implementar el intercambio de datos entre el SOC y la librería de control	6h	01/06/2017	05/06/2017	20,24,31
33	6.5	Mostrar la presencia de ciertos dispositivos con luces LEDs	4h	05/06/2017	06/06/2017	27,32
34	6.6	Implementación de la interfaz USB para determinar los dispositivos de interés	4h	07/06/2017	08/06/2017	27,31,33
35	7	□Prueba integral del sistema	4d	08/06/2017	12/06/2017	28
36	7.1	Configuración de teléfono inteligente para funcionar como periférico	2h	08/06/2017	08/06/2017	
37	7.2	Testeo de los requerimientos del proyecto	2h	09/06/2017	09/06/2017	20,27,34,36
38	7.3	Gestión de calidad del resultado del proyecto	4h	09/06/2017	12/06/2017	37

**Plan del Trabajo Final del Seminario de Sistemas Embebidos**  
**Ivan Mariano Di Vito - Padrón 95.722**



## 8. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos tres) y estimación de sus consecuencias:

- Riesgo 1: No conseguir el modulo HM-10
  - Severidad (S): 8. Gran parte de las tareas del proyecto carecen de sentido si no se cuenta con unos de estos módulos. Sin embargo existen módulos equivalentes que pueden reemplazarlo pero requieren rehacer todo el firmware del mismo.
  - Probabilidad de ocurrencia (O): 3. El módulo en cuestión es bastante utilizado para proyectos de hobbistas por lo tanto existe 2 o 3 proveedores del mismo.
- Riesgo 2: Dificultad en la implementación del firmware para el SOC CC2541
  - Severidad (S): 10. Si no se puede lograr identificar la presencia de los dispositivos periféricos no se va a poder cumplir con ninguna de las especificaciones del proyecto.
  - Probabilidad de ocurrencia (O): 6. Las herramientas para el desarrollo del firmware son cerradas y no existe otra alternativa más que la provista por el fabricante. Cualquier error en las mismas pueden volver imposible el desarrollo del firmware de la manera planeada.
- Riesgo 3: Que no pueda utilizarse un dispositivo android como periférico
  - Severidad (S): 7. Esto impediría realizar un prueba integral del sistema.
  - Probabilidad de ocurrencia (O): 6. Por más que la mayoría de los teléfonos inteligentes cuentan con conectividad bluetooth está no necesariamente implementa el estándar BLE.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como RPN=SxO)

Riesgo	Severidad	Ocurrencia	RPN	Severidad*	Ocurrencia*	RPN*
1	8	3	24	8	3	24
2	10	6	60	4	6	24
3	7	6	42	2	6	12

Criterio adoptado:

- Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 30.

Nota:

- Los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el PRN máximo establecido:

- Mitigación del riesgo 2: El orden de las tareas se diseñará en forma tal de llegar lo antes posible a una versión capaz de detectar la presencia de los dispositivos periféricos. En caso de que se encuentren dificultades insalvables se adquirirá un módulo de mayor precio que

cuente con el firmware ya desarrollado. Esta opción no es la primera ya que al adquirir este otro módulo se perderá gran flexibilidad en un posible producto final al no contar con la capacidad de modificar el funcionamiento del SOC CC2541.

- Severidad (S): 4. aunque va a existir una pérdida de flexibilidad se van a poder cumplir con los requisitos básicos del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 6. No se modifica la probabilidad de ocurrencia.
- Mitigación del riesgo 3: En caso de que no exista dicha aplicación puede adquirirse un beacon BLE. El mismo cumpliría la función de periférico al igual que originalmente lo haría el teléfono inteligente.
  - Severidad (S): 2. Esto aumentaría los costos del proyecto pero no su funcionalidad.
  - Probabilidad de ocurrencia (O): 6. No se modifica la probabilidad de ocurrencia.

## 9. Gestión de la calidad

Se proponen los siguientes mecanismos de verificación y validación de los requerimientos

- Requerimientos asociados a la placa que contiene al módulo bluetooth:
  - Deberá proporcionar al módulo HM-10 una alimentación de 3.3V.
    - Verificación: Se revisará que exista una pista para tal fin en el diseño esquemático.
    - Validación: Se medirá con un multímetro una vez producida la placa.
  - Debe ser capaz de adaptar las los niveles lógicos de los puertos de entrada y salida del módulo HM-10 y la EDU-CIAA-NXP.
    - Verificación: Se revisará que existan conversores de nivel en el diseño esquemático.
    - Validación: Se medirá con un multímetro la salida de los conversores ante entradas de prueba.
  - Deberá presentar un puerto que permita reprogramar el firmware del chip CC2541 presente en el módulo HM-10
    - Verificación: Se revisará que existan el conector en el diseño esquemático.
    - Validación: Se programara con un firmware de prueba a través de este conector.
- Requerimientos asociados al firmware del SOC CC2541:
  - Deberá ser capaz de periódicamente buscar qué dispositivos periféricos se encuentran en el área.
    - Verificación: Se comparará el código desarrollado con los ejemplos provistos por el fabricante.
    - Validación: Se mandará una señal de debug en caso de identificar algún dispositivo, luego se medirá que esta señal se genere periódicamente.
  - Deberá ser capaz de transmitir el ID de los dispositivos cercanos por una interfaz adecuada.
    - Verificación: Al planificar el firmware se agregara este módulo del programa
    - Validación: Se obtendrá lo enviado por el módulo para comprobar su funcionamiento a través de una interfaz secundaria UART.
  - Deberá ser capaz de transmitir la intensidad de la señal por una interfaz adecuada.

- Verificación: Al planificar el firmware se agregara este módulo del programa
- Validación: Se obtendrá lo enviado por el módulo para comprobar su funcionamiento a través de una interfaz secundaria UART.
- Requerimientos asociados a la biblioteca de control:
  - Para todos los requisitos de esta sección el método de verificación y validación es el mismo:
    - Verificación: Se comparará el código de la biblioteca con el del firmware para revisar que la secuencia de inicialización tenga consistencia.
    - Validación: Se simulará la respuesta del SOC en un ambiente controlado para comprobar que se comporte correctamente.
- Requerimientos asociados al caso de uso sobre EDU-CIAA-NXP:
  - Deberá ser capaz de utilizar la biblioteca de control para comunicarse con el SOC CC2541.
    - Verificación: Se probará el software simulando tanto a la biblioteca como al módulo.
    - Validación: Se realizará utilizando la herramienta de debug de la plataforma el intercambio de información entre la biblioteca y el módulo.
  - Deberá ser capaz de mostrar la presencia o ausencia de una lista de dispositivos periféricos utilizando los LEDs presentes en la EDU-CIAA-NXP.
    - Verificación: Se simulará la presencia de un dispositivo de interés utilizando la herramienta de debug de la plataforma.
    - Validación: Se realizará una prueba fijando el dispositivo de interés y revisando si prende 1 LED.
  - Deberá poderse configurar la lista de dispositivos periféricos de interés mediante la interfaz USB presente en la EDU-CIAA-NXP.
    - Verificación: Se utilizará la herramienta de debug para revisar que se modifiquen correctamente las variables internas al enviar la orden.
    - Validación: Se utilizará un programa de prueba que indique visualmente que se modificó un dispositivo de interés.