

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

PROYECTO FIN DE CARRERA

***Prototipo de sistema de localización por
GPS para salvamento marítimo***

Autor: Jorge Raldúa Veuthey

Tutor: Jorge Pleite Guerra

*Gracias familia
por haberme soportado y amparado sin descanso todos los días de mi vida.*

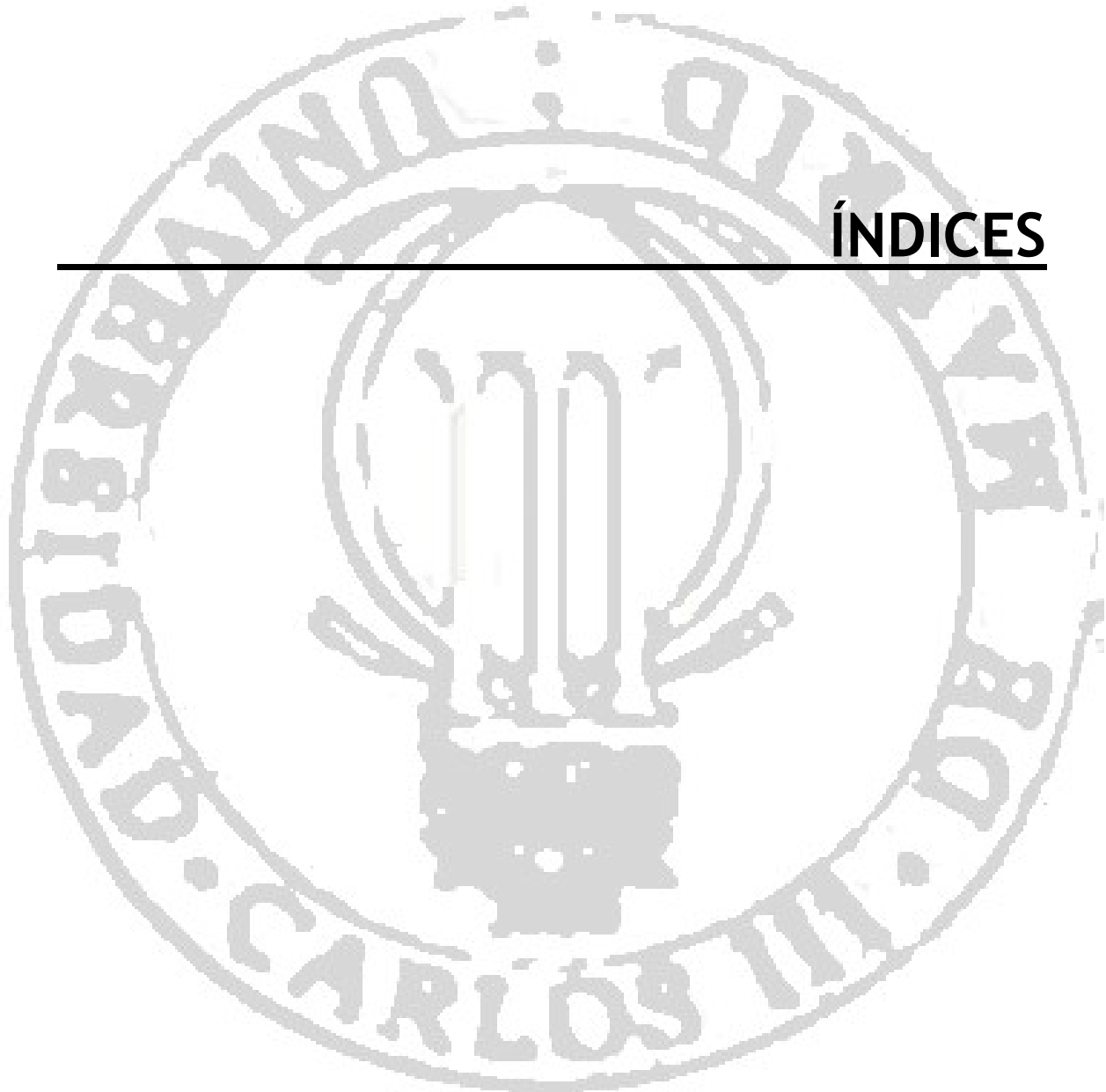
*Gracias Jorge
por darme puertas que abrir dentro del mismo camino que ahora sigo.*

*Gracias Diego
por demostrarme que la amistad no es la utopía que yo creía.*

*Gracias familia
por saber que os quiero tanto que no sé como decirlo.*



ÍNDICES





Índice de Contenido

CAPÍTULO 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 NECESIDAD DEL PROYECTO.....	3
1.2.1 <i>La seguridad en la pesca marítima.....</i>	<i>3</i>
1.2.2 <i>Riesgos por metodología de trabajo.....</i>	<i>5</i>
1.3 OBJETIVO DEL PROYECTO	6
1.4 ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA	7
1.4.1 <i>Electrónica en el sector textil.....</i>	<i>7</i>
1.4.2 <i>Sistemas de salvamento marítimo.....</i>	<i>9</i>
CAPÍTULO 2 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	15
2.1 INTRODUCCIÓN	16
2.1.1 <i>El sistema inalámbrico de localización.....</i>	<i>16</i>
2.1.2 <i>Integración en textil.....</i>	<i>18</i>
2.2 OTRAS APLICACIONES POSIBLES DEL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN	22
2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	24
2.3.1 <i>Descripción general de funcionamiento.....</i>	<i>24</i>
2.3.2 <i>Elección de métodos de localización y comunicación.....</i>	<i>24</i>
2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN Y POSICIONAMIENTO	33
2.4.1 <i>Protocolo serie RS-232.....</i>	<i>33</i>
2.4.2 <i>Protocolo serie USB.....</i>	<i>38</i>
2.4.3 <i>Protocolo 802.15.4/ZigBee.....</i>	<i>41</i>
2.4.4 <i>Sistema de posicionamiento GPS.....</i>	<i>49</i>
2.5 VENTAJAS TÉCNICAS DEL SISTEMA PROTOTIPO	56
CAPÍTULO 3 DESARROLLO HARDWARE.....	59
3.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA	60
3.1.1 <i>Descripción del prototipo.....</i>	<i>60</i>
3.1.2 <i>Topología de red.....</i>	<i>60</i>
3.1.3 <i>Número de módulos.....</i>	<i>62</i>
3.2 MÓDULO COORDINADOR	62
3.2.1 <i>Elementos.....</i>	<i>63</i>
3.2.2 <i>Conexión y alimentación.....</i>	<i>66</i>
3.3 MÓDULO REMOTO.....	67
3.3.1 <i>Elementos.....</i>	<i>67</i>
3.3.2 <i>Conexión y alimentación.....</i>	<i>72</i>
3.3.3 <i>Proceso de recarga.....</i>	<i>73</i>
CAPÍTULO 4 DESARROLLO SOFTWARE.....	75
4.1 INTRODUCCIÓN	76
4.2 CONFIGURACIÓN XBEE-PRO 802.15.4.....	76
4.2.1 <i>Entorno de configuración X-CTU.....</i>	<i>77</i>
4.2.2 <i>Configuración por Comandos AT.....</i>	<i>79</i>
4.3 ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	82
4.3.1 <i>Sobre el lenguaje C++.....</i>	<i>82</i>
4.3.2 <i>Entorno de desarrollo Borland Builder.....</i>	<i>83</i>
4.3.3 <i>Ventajas para el desarrollo del sistema.....</i>	<i>84</i>
4.4 APLICACIÓN GRÁFICA	85
4.4.1 <i>Descripción.....</i>	<i>86</i>
4.4.2 <i>Puesta en marcha e instrucciones de uso.....</i>	<i>87</i>
4.4.3 <i>Diagramas de bloques del código de programa.....</i>	<i>89</i>
CAPÍTULO 5 CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO.....	91
5.1 PRUEBAS Y MONTAJE	92



5.1.1	Configuración de los Xbee.....	92
5.1.2	Pruebas de colisión de datos.....	93
5.1.3	Pruebas de alcance.....	94
5.1.4	Pruebas de tiempos de posicionamiento.....	95
5.1.5	Pruebas de autonomía de las baterías.....	97
5.2	RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	97
5.2.1	Especificaciones técnicas del sistema prototipo.....	97
5.2.2	Especificaciones técnicas del sistema objetivo.....	98
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES		99
CAPÍTULO 7 PROPUESTAS DE FUTURO.....		101
7.1	INTRODUCCIÓN	102
7.2	MEJORAS EN HARDWARE	102
7.2.1	En los Módulos Remotos	102
7.2.2	En el Sistema Central	104
7.3	MEJORAS EN SOFTWARE.....	105
CAPÍTULO 8 ANEXOS		107
8.1	HOJA TÉCNICA LIGHTEX	108
8.2	ESPECIFICACIONES 802.15.4	109
8.3	HOJA TÉCNICA GPS EM-408	110
8.4	HOJA TÉCNICA XBEE-PRO 802.15.4	113
8.5	HOJA TÉCNICA XBEE USB BOARD.....	115
8.6	HOJA TÉCNICA XBEE SERIAL BOARD	116
8.7	HOJA TÉCNICA CAJA PP-40	117
8.8	HOJA TÉCNICA CAJA WCAH2853	118
8.9	ÍNDICE IP SOBRE NIVEL DE ESTANQUEIDAD	119
8.10	HOJA TÉCNICA BATERÍAS ACCU-NiMH C 2A	120
8.11	HOJA TÉCNICA CARGADOR DE BATERÍAS MW6168V	122
8.12	CÓDIGO FUENTE APLICACIÓN GRÁFICA.....	123
8.12.1	Proyect1.cpp.....	123
8.12.2	Inicio.h.....	124
8.12.3	Unit3.h.....	124
CAPÍTULO 9 BIBLIOGRAFÍA		125
9.1	SOBRE SEGURIDAD MARÍTIMA.....	126
9.2	SOBRE NORMATIVA LEGAL.....	126
9.3	SOBRE 802.14.5 Y ZIGBEE	127
9.4	DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	127
9.5	OTRAS FUENTES DE DATOS.....	127

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Elementos principales y canales de información del sistema.....	2
Figura 1.2 - Pescadores faenando con mono de pesca sin chaleco salvavidas.....	5
Figura 1.3 - Aspecto final del uniforme con el localizador GPS integrado.....	6
Figura 1.4 - Material conductor para confección	8
Figura 1.5 - Prototipo de prenda sensorial.....	8
Figura 1.6 - Esquema del sistema de búsqueda y rescate (SAR)	12
Figura 1.7 - Satélites COSPAS y SARSAT	13
Figura 2.1 - Empresas vinculadas al proyecto.....	18
Figura 2.2 - Microperforación para transpirabilidad	19
Figura 2.3 - Varias capas de Lightex superpuestas y cosidas.....	19
Figura 2.4 - Vista microscópica del tejido y sus cápsulas de aire	19
Figura 2.5 - Prendas con Lightex.....	21
Figura 2.6 - Montañismo extremo	21
Figura 2.7 - Esquema general de funcionamiento del prototipo.....	24
Figura 2.8 - Logotipo GSM	26
Figura 2.9 - Logotipo WiFi.....	27
Figura 2.10 - Logotipo WiMax.....	28
Figura 2.11 - Logotipo Bluetooth.....	29
Figura 2.12 - Logotipo ZigBee	30
Figura 2.13 - Cobertura mundial GSM.....	31
Figura 2.14 - Logotipo USB	38
Figura 2.15 - Arquitectura ZigBee	44
Figura 2.16 - Modelo de red ZigBee	45
Figura 2.17 - Estructura de las tramas ZigBee.....	46
Figura 2.18 - Esquema de un dispositivo tipo ZigBee	48
Figura 2.19 - Ejemplos de dispositivo Zigbee.....	49
Figura 2.20 - Ejemplo de codificación NMEA	53
Figura 3.1 - Topología de red en estrella.....	61
Figura 3.2 - Esquema interno Módulo Coordinador	63
Figura 3.3 - Módulo XBee.....	63
Figura 3.4 - XBee-USB Borrador	65
Figura 3.5 - Caja miniatura.....	66
Figura 3.6 - Soporte cromado	66
Figura 3.7 - Esquema interno Módulo Remoto	67
Figura 3.8 - Módulo Receptor GPS	68
Figura 3.9 - - XBee-Serial Board.....	70
Figura 3.10 - Cargador profesional Baterías NiMH	72
Figura 4.1 - Aplicación X-CTU de Digi.....	77
Figura 4.2 - Estructura y ejemplo de Comando AT	79
Figura 4.3 - Logotipo C++.....	82
Figura 4.4 - Borland C++ Builder	83
Figura 4.5 - Entorno de desarrollo de C++Builder.....	83
Figura 4.6 - Pantalla principal Aplicación Gráfica.....	85
Figura 4.7 - Ventana emergente de selección de puerto.....	87
Figura 4.8 - Marco Localización Módulos	87
Figura 4.9 - Mapa de Situación	88
Figura 5.1 - Esquema disposición de los Módulos en las pruebas de Alcance	94



Índice de Tablas

Tabla 1.1 - Relación víctimas mortales por riesgos naturales	4
Tabla 2.1 - Especificaciones técnicas Lightex.....	21
Tabla 2.2 - Conexiones comunicación dispositivos UART	35
Tabla 2.3 - Relación conexiones cable USB	40
Tabla 3.1 - Características técnicas XBee-USB Board	65
Tabla 3.2 - Características Técnicas del Módulo receptor GPS	69
Tabla 3.3 - Características técnicas XBee-Serial Borrada	71
Tabla 4.1 - Principales Comandos AT para el XBee I	80
Tabla 4.2 - Principales Comandos AT para el XBee II.....	81
Tabla 5.1 - Parámetros Configuración XBee I	92
Tabla 5.2 - Parámetros Configuración XBee II.....	93
Tabla 5.3 - Resultados de Pruebas de Alcance.....	94
Tabla 5.4 - Resultados Pruebas de Tiempos de posicionamiento.....	96
Tabla 5.5 - Especificaciones básicas Topología de Red.....	98
Tabla 5.6 - Especificaciones básicas Módulo Coordinador	98
Tabla 5.7 - Especificaciones Técnicas Módulos Remotos	98

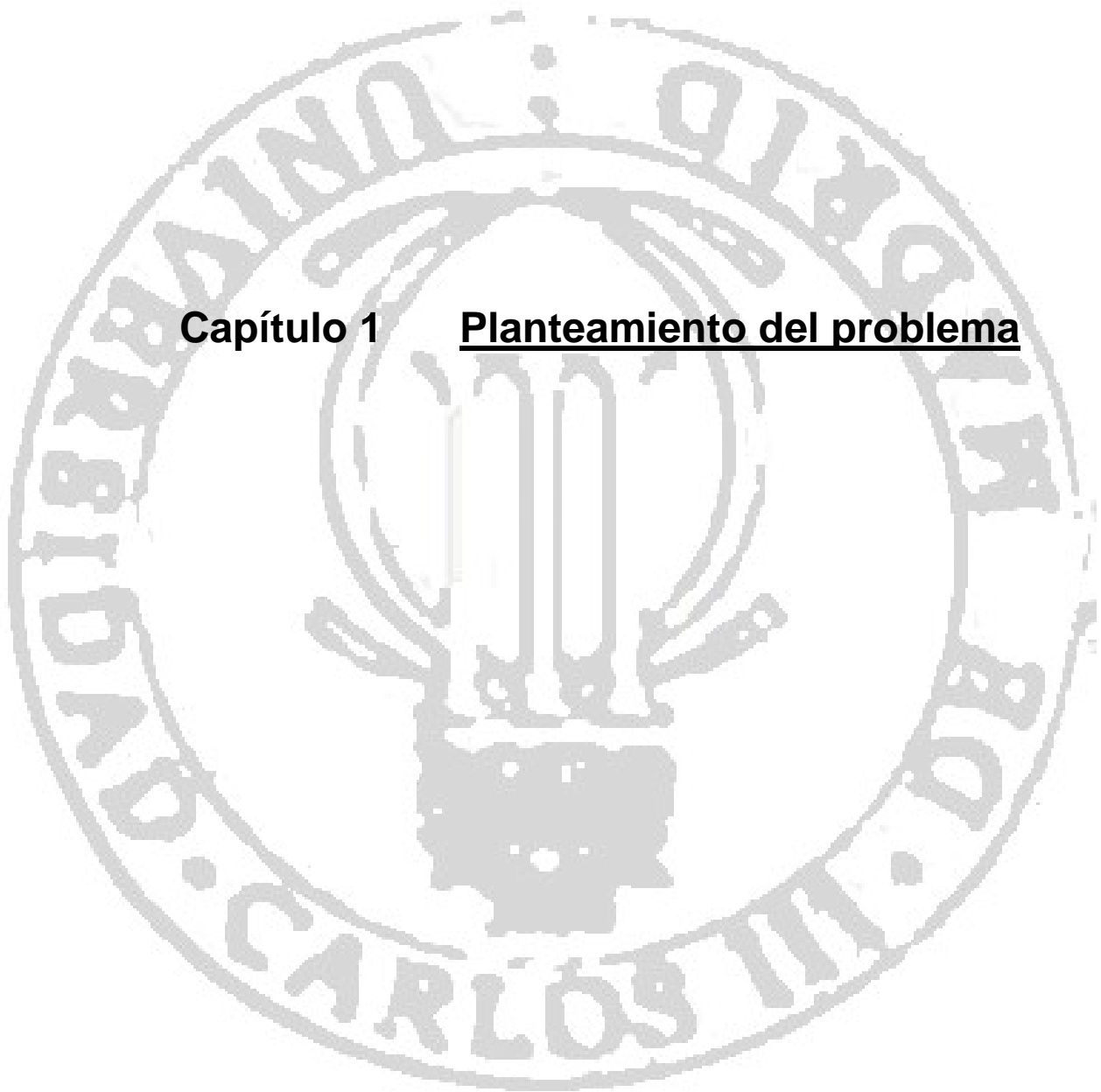


Glosario de Términos

BOE	Boletín oficial del Estado
CIRM	International Radio Maritime Committee
COSPAS	Sistema Espacial para la Búsqueda de Buques en Peligro
CUS	Conductor Universal en Serie
DGPS	Diferential Global Positioning System
ELT	Transmisión Aérea de Localización de Emergencia
EPIRB	Radiobaliza marítima de emergencia e indicadora de posición
FFD	Dispositivo de Función Completa
GOF	Trama General de Operaciones
GPS	Global Positioning System
GSM	Groupe Special Mobile
I+D+i	Investigación, Desarrollo e innovación
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICS	International Chamber of Shipping
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFALPA	International Federation of Air Line Pilots Associations
IMO	International Maritime Organization
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ITU	International Telecommunication Union
LIFO	Last In First Out
LUT	Local User Terminal
MCC	Centro de Control de Misiones
NMEA	National Marine Electronic Association
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OSI	Open Systems Interconnection
PAN	Personal Area Network
PCB	Printed Circuit Board
PLB	Radiobaliza de Localización Personal
PWM	pulse-width modulation
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
RCC	Centro de Coordinación de Rescates
RCT	Resistencia Térmica al Contacto
RD	Real Decreto
RFD	Dispositivo de Función Reducida
SAR	Búsqueda y Rescate
SARSAT	Search And Rescue Satellite-Aided Tracking
SDR	Steam Difusion Resistency
USART	Transmisor y Receptor Síncrono Asíncrono Universa
USB	Universal Serial Bus
VoIP	Voice Over Internet Protocol
WE	Wearable Electronics
WEP	Wired Equivalent Privacy
WPA	WiFi Protected Access



Capítulo 1 Planteamiento del problema



1.1 Introducción

Este proyecto abordará el diseño, construcción y posterior verificación de un demostrador para un sistema de radiobalizas personales para salvamento marítimo, basado en una red de dispositivos capaces de procesar y comunicar por radiofrecuencia su posición GPS para ser monitorizados en tiempo real mediante un interfaz visual dedicado.

El dispositivo a localizar está integrado en la parte trasera del uniforme de trabajo para pescadores y su objetivo es localizar a un pescador que haya caído al agua mientras faena o navega para poder rescatarle lo antes posible.

Esto es posible gracias a que se podrá conocer la situación GPS de la víctima y la posición relativa en tiempo real respecto al barco de donde ha caído, lo que posibilita su salvamento en condiciones de visibilidad y meteorológicas adversas.

Este proyecto ha constituido una experiencia piloto de colaboración entre dos empresas: InTecDom SL, PYME de I+D+i ubicada en el vivero de empresas en Leganés de la Universidad Carlos III de Madrid, donde se ha llevado a cabo todo el proyecto, para el Centro Tecnológico Asintec-Salvatex, ubicado en Talavera de la Reina.

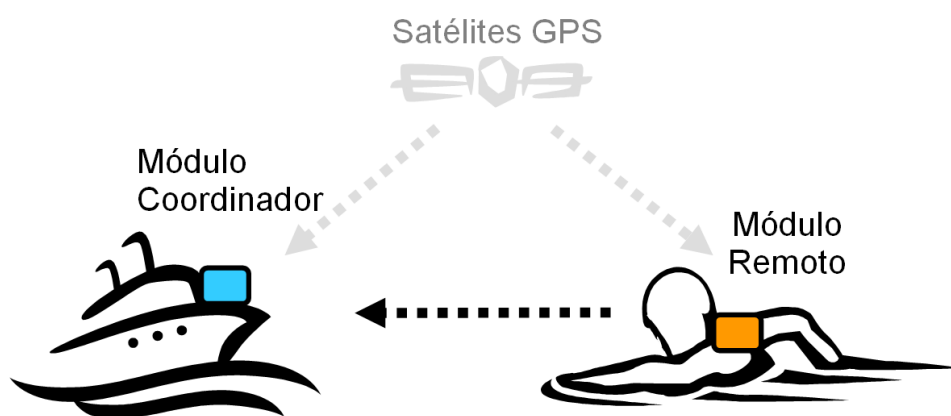


Figura 1.1 - Elementos principales y canales de información del sistema



1.2 Necesidad del proyecto

1.2.1 La seguridad en la pesca marítima

La pesca marítima es una de las ocupaciones más peligrosas del mundo. Los índices de mortalidad pueden superar la proporción de 150 a 180 por cada 100.000 trabajadores, más alto que entre los bomberos o la policía, rivalizando sólo con otros trabajos peligrosos como la industria forestal o la minería de carbón.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) realizó un cálculo estimado en 24 000 muertes anuales mundiales en la pesca marítima. De hecho, podría considerarse incluso optimista, ya que algunos de los países que suministran los datos sobre los que se basa la extrapolación podrían muy bien tener una mortalidad inferior a la normal.

A medida que el sector pesquero se ha desarrollado, particularmente a lo largo de los últimos decenios, la capacidad de capturar pescado ha crecido enormemente debido a los progresos técnicos en el diseño de buques, el empleo de equipos electrónicos de busca de peces y de navegación, la incorporación de materiales modernos a las artes de pesca y el amplio uso de la refrigeración.

Los avances en las comunicaciones y el transporte estimularon el comercio, incrementando la demanda de pescado a un ritmo muy superior al crecimiento demográfico. A medida que las poblaciones alcanzaban su capacidad máxima de responder a la demanda, los pescadores se han visto impulsados a competir por unas existencias en disminución con una desesperación creciente.

Esto ha significado un recorte de los costes, incluidas las medidas de seguridad, y la asunción de mayores riesgos para capturar el pescado suficiente con el que cubrir costos y salarios.



La elaboración de un planteamiento eficaz para la seguridad en el mar presupone la prevención, la supervivencia y el autorrescate, así como la búsqueda y el rescate.

Como se puede observar en la Tabla 1.1, según datos del Ministerio de Medio Ambiente de España, el número de víctimas mortales en este país debidas a temporales marítimos representa casi la cuarta parte de las muertes causadas por riesgos de la naturaleza.

Víctimas mortales	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Inundaciones	40	0	5	14	9	13	9	7	2	5	104
Tormentas	14	2	20	28	17	12	8	6	12	5	124
Incendios	4	4	8	6	1	6	11	4	6	3	53
Deslizamientos	2	0	0	0	1	1	2	0	5	10	21
Golpes calor	0	0	1	0	0	0	60	23	0	0	84
Aludes nieve	0	0	0	4	2	4	4	5	8	3	30
Nieve y frío	5	1	0	2	4	0	0	3	0	3	18
Temporales marítimos	13	36	17	37	27	5	5	10	12	14	176
Total Año	78	43	51	91	61	41	99	58	45	43	610

Tabla 1.1 - Relación víctimas mortales por riesgos naturales

Las principales causas que intervienen en los accidentes marítimos en el ámbito pesquero son las condiciones meteorológicas, que hacen de la cubierta del barco una superficie peligrosamente resbaladiza, tanto si es por lluvia como por alto oleaje, y disminuyen la visibilidad alrededor del barco dificultando un rescate de emergencia, que debe ser lo más rápido posible para evitar que la víctima se aleje aun más del barco.

1.2.2 Riesgos por metodología de trabajo

En el caso de personal que trabaja mar adentro por ejemplo; la necesidad es evidente: marineros o trabajadores que caen al agua corren un riesgo indudable de no ser localizados con facilidad, colocando en peligro su propia vida. Esta prenda permitirá la rápida búsqueda de quien la porta, suministrando las coordenadas exactas de su localización en tiempo real.

Además, debido a la naturaleza de un trabajo como es la pesca, como norma general los pescadores evitan llevar prendas salvavidas que les mantengan a flote ya que resultan muy incómodas a la hora de faenar, por todo el movimiento corporal que ello implica (Figura 1.2).

Esto, a pesar de aumentar la maniobrabilidad y productividad en su trabajo, puede agravar las consecuencias de un accidente tipo “hombre al agua”, ya que se reduce drásticamente su flotabilidad y el uniforme que llevan, por su peso y al llenarse de agua, les dificulta los movimientos de piernas para mantenerse a flote.



Figura 1.2 - Pescadores faenando con mono de pesca sin chaleco salvavidas

1.3 Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es iniciar un proceso de investigación y desarrollo del que resulte un sistema que solucione los problemas de seguridad y tiempos de rescate antes mencionados, posibilitando un rescate marítimo de emergencia rápido, preciso y eficaz.

El sistema estará basado en un localizador inalámbrico personal plenamente integrado en la prenda de trabajo del pescador (Figura 1.3), que posee un nivel de flotabilidad que sustituye y mejora la tarea del chaleco salvavidas, todo ello sin ningún mantenimiento necesario.



Figura 1.3 - Aspecto final del uniforme con el localizador GPS integrado

Esta prenda sin lugar a duda, mejorará la seguridad al localizar rápidamente a quien la lleva puesta, pudiendo extenderse su uso, adaptando la prenda en cada caso a otros trabajos que implican riesgo de perderse (actividades de alpinismo, trabajos mar adentro, trabajos en desiertos) Aplicadas a otros campos, surgen ideas como la monitorización y localización de grupos de pacientes, discapacitados, niños o ancianos en excursiones y visitas.

1.4 Estado actual de la técnica

1.4.1 *Electrónica en el sector textil*

1.4.1.1 Cooperación entre los sectores textil y electrónico.

La industria textil a nivel internacional ha comenzado el siglo XXI con grandes transformaciones. Las mismas obedecen a avances en campos científicos y tecnológicos aplicados al sector textil / confección, que cambian dramáticamente las necesidades de los usuarios y por consiguiente la logística y organización de las empresas.

Estos avances tecnológicos implican la cooperación entre especialistas electrónicos, informáticos y diseñadores de telecomunicaciones, con el fin de integrar nuevas tecnologías en el vestuario, tecnologías que son aceptadas ahora como un modo de vida.

Desarrollo de prendas como la que se pretende para este proyecto, figuran entre los ejemplos más destacados de tecnologías emergentes que han despertado grandes expectativas pues están relacionadas con actividades laborales de riesgo.

De esta manera las empresas encuentran un camino competitivo que a través de la implementación de tecnologías innovadoras, puedan mejorar por una parte, las ayudas existentes en el campo marítimo, y por otra mejoren la calidad de vida, faciliten y optimicen las labores diarias con un alto valor agregado.

Este nuevo camino que se abre también a las PYMES, marca particularmente al sector textil/confección, abriendo una ventana más al progreso tecnológico, e implicando la modernización de un sector que hasta ahora se había considerado de los más tradicionales.

1.4.1.2 Wearable Electronics

La electrónica que facilita nuestras actividades diarias se empieza a integrar ahora al entorno textil/confección. Uno de estos avances es el llamado *Wearable Electronics* (WE), que empieza a abarcar un nicho de mercado cada vez más fuerte en sectores textiles que hasta hace poco eran tradicionales.

Existen amplias oportunidades para los WE en la moda y en la confección industrial, en interiores comerciales y residenciales, así como en los mercados de textiles del ámbito militar, médico e industrial, inclusive; se desarrollan actualmente WE para usos relacionados con la comunicación, trabajo, entretenimiento, salud y seguridad.

El desarrollo de estos nuevos materiales técnicos y en particular el de los *Wearable Electronics*, es uno de los seis descubrimientos científicos que más impacto ha tenido en la calidad de vida de las personas, y su misión es la de facilitar la vida del ser humano en la era cibernética.

Cabe mencionar que las empresas de confección innovadoras se encuentran ya desarrollando alianzas estratégicas para confeccionar y comercializar este tipo de prendas que además en algunos casos funcionan con la energía que genera el propio cuerpo humano y, que por tanto; no necesitan de ninguna pila ni batería (Figura 1.5).



Figura 1.4 - Material conductor para confección



Figura 1.5 - Prototipo de prenda sensorial



1.4.2 Sistemas de salvamento marítimo

1.4.2.1 Marco legal en España

1.4.2.1.1 Radiobalizas personales “hombre-al-agua”

Hasta fecha muy reciente, la única legislación española aplicable a las radiobalizas personales, en su aplicación de “hombre-al-agua”, era el Real Decreto 1422/2002 que obliga a los buques pesqueros de eslora igual o superior a 24 metros, nuevos construidos a partir de 1 de enero de 2003:

Regla 5: radiobaliza personal. Los tripulantes de los buques pesqueros cuya actividad se realice sobre cubierta deberán llevar consigo una radiobaliza personal, aprobada por la Administración marítima española, que permita su localización en el supuesto de caída al mar durante las operaciones de pesca. Además, en el puente de gobierno se dispondrá de un receptor detector de la señal de 121.5 Mhz, emitida por estas radiobalizas. (RD 1422/2002. Anexo I. Parte B. Capítulo VI)

Recientemente se ha aprobado, mediante Real Decreto, el “Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de buques civiles” y ahora el marco normativo de las radiobalizas personales, en su aplicación de “hombre-al-agua”, se amplía a todos los buques civiles, sin restricción de longitud de eslora ni fecha de construcción. El mencionado Reglamento también amplía el marco normativo en relación a los receptores detectores que emiten este tipo de radiobalizas personales.

Con carácter general, todos los buques civiles descritos en el párrafo anterior deben tener instalado en el puente de gobierno un receptor detector que alerte de la señal de socorro que emiten las radiobalizas, aunque la capacidad de determinar la orientación de la señal sólo será preceptiva para:

- Buques pesqueros nuevos mayores de 24 metros y los existentes mayores de 45 metros.
- Buques de pesca de altura y gran altura.
- Buques clasificados como de salvamento marítimo.

1.4.2.1.2 Chalecos salvavidas inflables

La legislación aplicable a los chalecos salvavidas es el Real Decreto 809/1999, que establece que:

“Para su comercialización en España o embarque a bordo de un buque español, el equipo especificado en el anexo A.1 deberá llevar el marcado de conformidad o cumplir, en su caso, lo preceptuado en este Real Decreto. La Administración marítima expedirá o renovará los certificados relativos a dicho equipo.”

Los chalecos salvavidas son equipos que aparecen el anexo A.1, el cual fue modificado por la Orden 599/2003 del Ministerio de Fomento (BOE 21/Mar/2003). En dicho anexo se establece que los requisitos que deben reunir los chalecos salvavidas son los especificados por el Convenio SOLAS y más en particular por el Código internacional de dispositivos de salvamento. El mismo anexo establece también las normas de ensayo que deben superar los chalecos salvavidas.

Los chalecos salvavidas que cumplan con dichos requisitos y superen los mencionados ensayos, pueden exhibir el marcado de conformidad que es preceptivo para su comercialización en España.

1.4.2.1.3 Sustancias peligrosas y gestión de residuos en aparatos electrónicos

A partir del 1 de julio de 2006 es obligatorio que los aparatos electrónicos comercializados en la Unión Europea no contengan determinadas sustancias consideradas peligrosas. Además, se deberá marcar adecuadamente aquellos aparatos que requieran la gestión de sus residuos; por ejemplo aquellos que contienen baterías y otros elementos, como es el caso de las radiobalizas personales que contienen una batería.



1.4.2.2 Sistema COSPAS-SARSAT

1.4.2.2.1 Introducción

COSPAS-SARSAT es un sistema internacional de búsqueda y rescate consistente en una constelación de satélites con cobertura global dispuestos en órbita polar (entre 800 y 1000 Km. de altitud) y en una red de estaciones terrestres que envían señales de alerta o informaciones de localización a las autoridades encargadas de las labores de rescate ya sea por tierra, mar o aire. Nace de la unión SARSAT (*Search And Rescue Satellite-Aided Tracking*) y su homólogo soviético COSPAS (acrónimo ruso de Sistema Espacial para la Búsqueda de Buques en Peligro).

Hay 28 países y organizaciones participantes en el funcionamiento del sistema, entre ellos están las 4 partes del acuerdo COSPAS-SARSAT (Canadá, Francia, Rusia y Estados Unidos), 14 proveedores de segmentos terrestres, 8 países usuarios y 2 organizaciones participantes, los países adicionales están en proceso de integración.

Las organizaciones son *International Maritime Organization* (IMO), *International Civil Aviation Organization* (ICAO), *International Telecommunication Union* (ITU), *International Chamber of Shipping* (ICS), *International Radio Maritime Committee* (CIRM) y *International Federation of Air Line Pilots Associations* (IFALPA).

1.4.2.2.2 Funcionamiento

Actuando como repetidores de comunicaciones, los satélites COSPAS-SARSAT reciben señales de alerta emitidas por:

- Radiobalizas marítimas de emergencia e indicadoras de posición (EPIRBs).
- Transmisiones aéreas de localización de emergencia (ELTs).
- Radiobalizas de localización personal (PLBs).

Los satélites retransmiten las señales de alerta a estaciones terrestres denominadas LUTs (*Local User Terminals*) donde se procesa y determina la localización geográfica del accidente, esta información se envía al Centro de Control de Misiones (MCC) que se encarga de transmitir la posición y otras informaciones pertinentes al Centro de Coordinación de Rescates más apropiados (RCC) (esquema reflejado en la Figura 1.6).



Figura 1.6 - Esquema del sistema de búsqueda y rescate (SAR)

La velocidad y precisión de estas comunicaciones incrementa significativamente las posibilidades de supervivencia de las víctimas del accidente en cuestión.

Hay 14 MCCs operativos situados en 14 países y 6 MCCs bajo test en 6 países, respecto a las LUTs cabe destacar la existencia de 29 operativas distribuidas en 17 países y 4 bajo test en 4 países.

1.4.2.2.3 Los satélites

La configuración del sistema comprende cuatro satélites, dos COSPAS y dos SARSAT (Figura 1.7). Los satélites soviéticos están situados en órbita polar a 1000 Km. de altitud y están equipados con instrumental SAR (Búsqueda y Rescate) a 121.5 y 406 MHz.

Los Estados Unidos contribuyen con dos satélites meteorológicos NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) situados a 850 Km. de altitud en órbita polar y equipados con instrumental SAR a 121.5 y 406 MHz apoyados por Canadá y Francia.



Figura 1.7 - Satélites COSPAS y SARSAT

Cada satélite da una vuelta completa a la Tierra en 100 minutos aproximadamente a una velocidad de 7Km por segundo y obtienen imágenes del planeta barriendo zonas con un haz de 4000 Km. de ancho.

1.4.2.2.4 Resultados

Desde Septiembre de 1982 hasta Junio de 2011 el sistema COSPAS-SARSAT contribuyó al rescate de 12074 personas en 4522 sucesos SAR:

- Accidentes aéreos: 3937 personas en 1726 sucesos SAR.
- Accidentes marítimos: 7488 personas en 2449 sucesos SAR.
- Accidentes terrestres: 649 personas en 347 sucesos SAR.

El sistema de 406 MHz fue utilizado en unos 1200 de estos incidentes (8594 personas rescatadas), el sistema de 121.5 MHz se utilizó en el resto de los casos.

1.4.2.3 Ventajas del sistema planteado frente al COSPAS-SARSAT

El sistema COSPAS-SARSAT se ha estado utilizando muchos años y, como se ha visto, ha obtenido importantes resultados en el rescate de personas.

Aun así, gracias al avance de la tecnología en los campos de localización, comunicación e implantación de elementos electrónicos en el medio textil, hay ciertos aspectos que pueden ser mejorados y algunas carencias que pueden ser solventadas.

En cuanto al sistema de localización, el método de posicionamiento bajo el sistema GPS presenta una clara ventaja: situación geográfica exacta del individuo en tiempo real. La precisión del sistema COSPAS-SARSAT se reduce al área local donde se encuentran las LUTs y RCCs más cercanas.

El camino que sigue la información que transmite la EPIRB que debe pasar por un satélite, por la estación LUT correspondiente y de ahí ser retransmitida al servicio de rescate apropiado puede mejorarse en dos aspectos que pueden resultar clave en un sistema de rescate:

- *La seguridad de la transmisión:* Cuanto menor sea el número de puntos que tengan que tratar la señal, menor será el riesgo de pérdida o corrupción de información. Así, en el sistema planteado en este proyecto, se reduce a un solo camino de comunicación: del individuo en peligro a la tripulación de rescate.
- *La latencia en la información:* Hasta llegar al LTU correspondiente, la información es procesada y transmitida de forma automática y no representa una latencia significativa. Pero cuando son personas las que tienen que avisar al cuerpo de rescate apropiado, se empieza a acumular tiempo que sólo puede disminuir las posibilidades de un rescate con éxito. El sistema planteado anula esa latencia, avisando además al barco de donde ha caído o al medio de rescate más cercano.



Capítulo 2 Planteamiento de la solución





2.1 Introducción

2.1.1 El sistema inalámbrico de localización

Una vez planteado el problema y establecido cuales son los puntos a mejorar sobre los sistemas existentes, se ha ideado un sistema que cubra las especificaciones que se pidieron y que aporte nuevas ventajas frente a otros sistemas de salvamento marítimo.

Así, el sistema planteado como solución es un sistema tal que permite la localización de alguien que lleve incorporado en su prenda, ya sea de trabajo o de uso habitual. En principio, y para lo que fue enfocado el sistema, será utilizado para encontrar pescadores que hayan caído del barco en que se encontraban faenando, es imprescindible reducir al máximo varios parámetros dentro de la acción de búsqueda y rescate: error de posición, tiempo de rescate, robustez de la comunicación y fácil portabilidad.

Se implementa el sistema de localización GPS para minimizar el error de posición. De esta manera, podemos conocer la posición con un muy bajo error de posición a nivel mundial y, lo que es más importante, en tiempo real del sujeto a rescatar.

Es cierto que el sistema GPS tiene lleva implícito un nivel de error que es inevitable ya que, por razones de seguridad militar, los satélites varían la posición exacta del punto a localizar modificando ligeramente sus señales de respuesta.

En cuanto al tiempo de rescate, parece lógico pensar que cuanto antes se encuentre la víctima, menos peligro correrá esta, sobre todo teniendo en cuenta que para el caso en que se planta, el rescate marítimo, esta se encuentra en un medio tan hostil como el mar que puede estar a temperaturas muy bajas que pueden causarle graves perjuicios.

Reducir el tiempo de rescate debe ser prioritario y, además de utilizar la tecnología GPS, que ayuda en gran parte en este aspecto gracias al conocimiento de la posición en tiempo real, también se pueden minimizar haciendo que la señal de rescate pase por el mínimo de puntos posibles.

Por eso, el sistema de planteado utiliza un esquema de transmisión directa, es decir, el módulo que porta la víctima, emite una señal de socorro con su posición directamente al barco o barcos que se van a encargar de su rescate. De esta manera, se reducen drásticamente las latencias acumuladas en pasos intermedios de repetidores y otros gestores de señal.

Una comunicación robusta se consigue en este sistema mediante la comunicación por radiofrecuencia sobre una banda ISM utilizando un protocolo creado por el IEEE en el que se enviará información sobre el estado y posición de la víctima con suficiente iteración como para ser localizada en tiempo real.

Para facilitar la portabilidad del sistema emisor de la señal de socorro con la posición GPS, se integrará el módulo que debe llevar la víctima en su prenda de trabajo. Así, además de llevar una prenda que sustituya el chaleco salvavidas que tan incomodo resulta para faenar, esta incluirá un sistema que, de manera automática, disparará la señal de emergencia al caer al agua por la borda del barco.

La integración del sistema de localización en el medio textil constituye una parte importante del proyecto global ya que, además de constituir una importante innovación tecnológica, aportará al sistema aun más seguridad y aumenta las posibilidades de un rescate exitoso por las propiedades térmicas y de flotabilidad del tejido al que será incorporado el sistema.

2.1.2 Integración en textil

2.1.2.1 Colaboración con centro tecnológico textil

InTecDom S.L. ha sido la empresa encargada de realizar el prototipo del sistema de localización por radio que se plantea en este proyecto, el cual fue encargado por el Centro Tecnológico Asintec-Salvatex y que ha constituido el inicio de una relación de colaboración para la integración de elementos de carácter electrónico y de comunicación en prendas y otros elementos del ámbito textil.

En Asintec-Salvatex necesitaban una empresa de I+D+i capaz de encontrar, planificar y desarrollar una solución al problema del rescate marítimo. Un prototipo para un sistema innovador que permitiera localizar de forma rápida y precisa a trabajadores de un barco. El sistema irá integrado en la prenda de trabajo que el centro tecnológico se encargará de desarrollar con la tecnología y experiencia asociada al textil, utilizando el material Lightex que se describe en el Apartado 2.1.2.2.

Así, se puso en contacto con InTecDom que, gracias a un grupo de personas bien coordinadas y cualificadas, consiguieron cumplir el objetivo en los tiempos establecidos por la empresa cliente, que en este caso era el Centro Tecnológico Asintec-Salvatex.

Este prototipo ha constituido, a la vez que esa primera colaboración, la primera fase de un proyecto cuyo objetivo es conseguir el sistema completo que se ha estado planteando en este documento. En resumen, un sistema necesario, completo, fiable, seguro, innovador y competitivo en el mercado.



Figura 2.1 - Empresas vinculadas al proyecto

2.1.2.2 El tejido Lightex

2.1.2.2.1 Introducción

Para solucionar los problemas del aislamiento térmico y flotabilidad se estudiaron diferentes tejidos para confeccionar el peto de trabajo de los pescadores (Figura 1.3).

Tras comparar dichas propiedades en diferentes materiales textiles se eligió como definitivo el producto Lightex que, unido a los materiales necesarios para la confección final de la prenda, cubre las especificaciones en un nivel incluso por encima del necesario en algunos aspectos.

El método de funcionamiento de Lightex es básicamente acumular y retener gran cantidad de aire en los productos textiles, de hecho esta compuesto por un 97% de aire. De esta manera y al ser el aire el aislante térmico más ligero, Lightex permite que una tela se convierta en termo-aislante con valores muy altos de resistencia térmica sin casi aumentar el peso de la prenda que se ha elaborado.

Además el Lightex es un material a prueba de viento, impermeable, transpirable y, si se microperfora (Figura 2.2) y se usan suficientes capas del mismo (Figura 2.3), adquiere la flotabilidad necesaria para el producto.



Figura 2.2 - Microperforación para transpirabilidad



Figura 2.3 - Varias capas de Lightex superpuestas y cosidas



Figura 2.4 - Vista microscópica del tejido y sus cápsulas de aire

Gracias a las microceldas de aire que incorpora (Figura 2.4), puede garantizar unas altas prestaciones en cuanto a aislamiento térmico. Esto significa que cualquier tejido combinado con Lightex podrá tener el mismo o incluso mejor nivel de aislamiento térmico que conocidos materiales aislantes térmicos del mercado textil como, por ejemplo, el Thinsulate (3M art. C/40).

Queda por tanto constatado con lo descrito sobre el Lightex que las prendas necesarias para faenar en la cubierta de un barco se pueden hacer más ligeras, más cómodas y con un mejor rendimiento térmico.

2.1.2.2.2 Características técnicas

La resistencia térmica al contacto (RCT) de una capa de Lightex de 0,5 mm de grosor es de 0,055 m²K/W equivalente a 0,355 CLO (1 CLO=0,155m²K/W).

Por lo tanto, una capa de Lightex de 0,5 mm de grosor tiene la misma resistencia térmica que prendas de abrigo comunes como son chaquetas, forros polares, etc. Además, sus propiedades de aislamiento térmico pueden crear un gradiente de temperaturas entre sus caras de hasta 25°C.

Queda claro su nivel respecto a otras soluciones del mercado actual si comparamos el Lightex con el Thinsulate (3M art. C/40) que, con un grosor de 4 mm, tiene una RTC de 0,12 m²K/W que equivale a 0,775 CLO.

Por lo tanto, para poder la misma RTC que el Thinsulate C/40 (4 mm), se necesitan sólo 3 capas de Lightex, o que constituye un grosor de 1.5 mm.

Además la composición mayoritaria de aire del Lightex, por ser este uno de los mejores aislantes térmicos, es capaz de aislar el cuerpo manteniéndolo a una temperatura constante protegiéndolo así tanto contra frío extremo como del calor extremo.

Propiedad técnica	Estándar	Unidad	Valor	Mínimo	Máximo
Grosor	Internacional	mm	0,5		
Densidad	Internacional	Kg./m ³	32		
Peso	Internacional	g/m ²	16		
Conductividad térmica	UNI EN 12667	W/m-K	0,04	0,03	0,065
Coefficiente SDR	UNI EN 12086	μ	>2000		
Absorción de agua (24h)	AST MD570	%	0,80	0,40	15,00
Temperatura de trabajo	Internacional	°C	72		

Tabla 2.1 - Especificaciones técnicas Lightex

2.1.2.2.3 Ejemplos de utilización con Lightex

Debido a su bajo espesor puede ser incorporado a ropa de uso común, cuyo cometido principal es la comodidad, añadiéndole una fina capa de Lightex que no afectaría a su aspecto, permitiendo adecuarlo a cualquier climatología.



Figura 2.5 - Prendas con Lightex



Figura 2.6 - Montañismo extremo

Pensando en la ropa diseñada específicamente para practicar algunos deportes, realizada con materiales que no del todo transpirables y pueden llegar a ser incómodas si se quieren utilizar para realizar cualquier actividad que requiera mucha movilidad corporal .

La misma idea puede ser aplicada, por ejemplo, a ropa deportiva en la que ayudaría a conseguir una mayor transpirabilidad sin perder sus propiedades impermeables. Cualquier deporte que se practique al aire libre es susceptible de sufrir las inclemencias meteorológicas en las que la impermeabilidad de las prendas es un punto clave.

Pueden aplicarse las mismas ventajas a otros elementos que no sean prendas y puedan ser mejorados con la incorporación de este material:

- **Ámbito doméstico:** ropa de cama, cortinas, toldos...
- **Ámbito del aire libre:** tiendas de campaña, sacos de dormir, guantes...
- **Ámbito militar:** ropa, uniformes y calzado de uso diario.

2.2 Otras aplicaciones posibles del sistema de localización

Centrándonos en la parte de tecnología referente a la localización, se observa que dicha tecnología puede ser igualmente aplicable a la localización de cualquier persona aparte del gremio de los pescadores

De esta manera, surgen muchas ideas que pueden ser útiles y más fáciles de desarrollar una vez que se ha estudiado y probado la tecnología que trata este proyecto.

Los campos principales en que se podrían aplicar esas soluciones son el rescate de emergencia, para búsqueda por extravío o para seguimiento y vigilancia de movimientos o trayecto seguido por animales.

Aplicado al sector sanitario, puede ser utilizado para localizar pacientes, necesidad que puede darse por diferentes motivos:

- monitorización de diferentes constantes vitales y acudir a tiempo en casos de peligro
- administrar a tiempo medicación a pacientes que no lo pueden hacer por sí solos y se quiere localizar para ello

- controlar la posición de personas mayores con problemas de memoria o riesgo de perderse
- en general localizar cualquier paciente que tenga cierta libertad de movimiento y necesite vigilancia constante que pueda automatizarse y mejorar su situación

En cuanto a la aplicación para menores y turistas, se podría utilizar también la misma tecnología de localización, por ejemplo en las situaciones siguientes:

- Controlar un grupo en una excursión o visita en la que se hace imprescindible que ninguno se extravíe
- Monitorizar donde se encuentran para evitar que accedan a zonas peligrosas o prohibidas de un recinto o edificio
- Tener un sistema de alarma de socorro en caso de que haya perdido o sufrido algún daño y se encuentre perdido

Otra aplicación interesante puede surgir para vigilar la ruta de un animal o grupos de animales de los cuales se puede querer conocer:

- localización de una mascota extraviada o de cualquier animal que quiera ser localizado
- estudio de los hábitos de comportamiento e itinerarios del espécimen a estudiar en un entorno natural abierto
- constantes vitales para cuidado de animales o especies controlado en un zoológico o reserva natural

2.3 Descripción del sistema

2.3.1 Descripción general de funcionamiento

El sistema consta de un Módulo Coordinador conectado a un PC por USB que recibe datos por radiofrecuencia de un grupo de Módulos Remotos capaces de transmitir su posición geográfica mediante posicionamiento GPS.

Cada Módulo Remoto calcula, codifica y envía su posición GPS al Módulo Coordinador en una red de comunicaciones tipo árbol, donde el Módulo Coordinador, junto con la aplicación de interfaz gráfico para el control de la red, se encarga de gestionar esa información, dando como resultado un mapa interactivo de posición relativa entre todos los módulos del sistema.

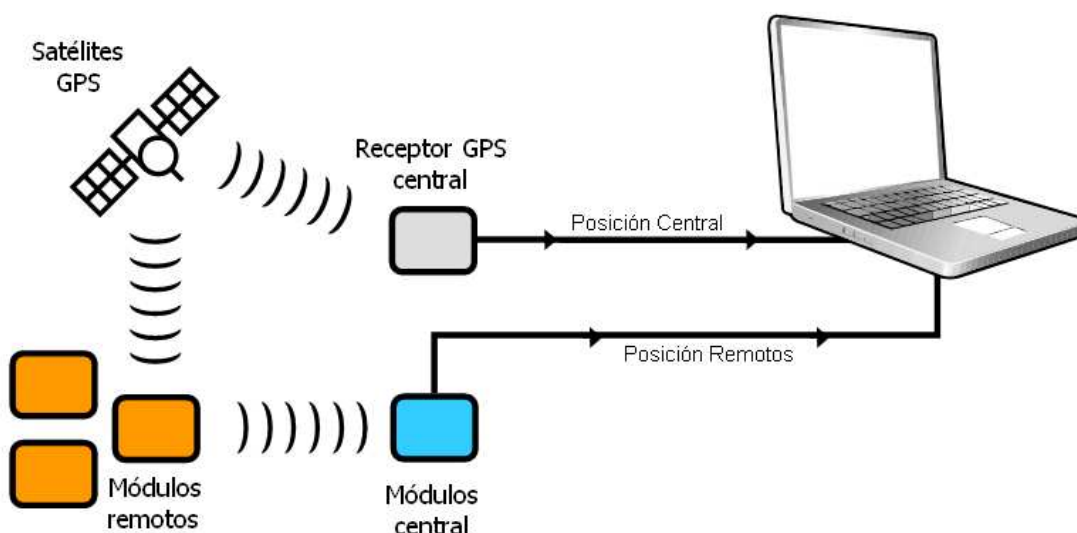


Figura 2.7 - Esquema general de funcionamiento del prototipo

2.3.2 Elección de métodos de localización y comunicación

Dado que las tecnologías clave, tanto por complejidad como por innovación, del sistema son la localización del sujeto y la comunicación entre los módulos que conforman el sistema, he aquí una pequeña comparativa sobre los métodos y protocolos posibles, seguida de la conclusión que se tomó para el diseño del prototipo de sistema final.



2.3.2.1 Comparativa de alternativas por tecnologías

2.3.2.1.1 Localización

Entre los sistemas de localización no existen por ahora más que unas pocas tecnologías capaces de calcular la posición, de manera más o menos exacta, de un elemento o de una persona en nuestro caso. Las dos más avanzadas y que realmente serían considerables para dar fiabilidad al sistema son los métodos de triangulación. De cualquier manera, estos serían algunos de los métodos posibles:

Visual directa: Sistema básico de búsqueda sin ningún tipo de tecnología y basado en la observación. Obviamente, se ve limitado por los límites humanos y las condiciones ambientales: precisamente la motivación del desarrollo de este sistema.

Intercomunicadores: Un sistema que utilice un canal de voz puede ser muy útil para la localización de un individuo siempre y cuando se den unas condiciones que rara vez tienen lugar en un accidente del tipo “hombre al agua”: conocimiento del entorno en que se encuentra, capacidad física y mental de interpretar y explicar su posición y/o situación. No obstante, una de las propuestas de futuro, como se verá en el Apartado 7.1, es habilitar un canal de voz bidireccional entre los módulos coordinador y remoto.

Triangulación por radiogoniometría: La radiogoniometría es un sistema radioeléctrico utilizado para la determinación de radio demoras a emisores (radiofaros). Los radiofaros emiten, por medio de ondas electromagnéticas, una señal determinada en la frecuencia que se les ha asignado (generalmente en onda larga) desde una posición fija (entradas en canales, rías, ríos, aeropuertos, etc.).

El receptor (radiogoniómetro o gonio) recibe la señal y orientando una antena giratoria determina en que dirección se encuentra el radiofaro. Con dos o más radio demoras se puede distinguir la posición.

Puede llegar a tener una gran precisión, dependiendo de la sensibilidad del equipo y del ruido asociado al canal de comunicación, pero tiene el inconveniente de necesitar puntos estáticos para determinar la posición por comparación de distancias relativas a, al menos, tres de ellos. Por ello, al ser el mar un medio bastante hostil en ese aspecto, no parece resultar la tecnología más adecuada en este sistema.

Triangulación por GPS: Se trata de la tecnología más moderna de todas las que cubre esta comparativa. En este contexto, la triangulación mediante GPS consiste en averiguar el ángulo de cada una de las tres señales respecto al punto de medición. Conocidos los tres ángulos se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta: las coordenadas reales del punto de medición.

2.3.2.1.2 Comunicación

Los métodos incluidos en este apartado de la comparativa, son los sistemas de comunicación inalámbrica que, estando basados en un protocolo estándar, son los más adecuados teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y necesidades del sistema:

GSM: se trata de una plataforma de red inteligente 100% digital que hace posible la transmisión y recepción de voz y datos a través de nuestros teléfonos móviles.



Figura 2.8 - Logotipo GSM

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM, proviene de "*Groupe Special Mobile*") es un sistema estándar, completamente definido, para la comunicación mediante teléfonos móviles que incorporan tecnología digital.

GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA).

WiFi: Cuando hablamos de WIFI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día. WIFI, también llamada WLAN (*wireless lan*, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11. WIFI no es una abreviatura de *Wireless Fidelity*, simplemente es un nombre comercial.



Figura 2.9 - Logotipo WiFi

En la actualidad podemos encontrarnos con dos tipos de comunicación WIFI: 802.11b, que emite a 11 Mb/s, y 802.11g, más rápida, a 54 MB/seg. De hecho, son su velocidad y alcance (unos 100-150 metros en hardware asequible) lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a internet sin cables.

En cualquiera de los casos es aconsejable mantener el punto de acceso en un lugar alto para que la recepción/emisión sea más fluida. Incluso si encontramos que nuestra velocidad no es tan alta como debería, quizás sea debido a que los dispositivos no se encuentren adecuadamente situados o puedan existir barreras entre ellos (como paredes, metal o puertas).

El funcionamiento de la red es bastante sencillo, normalmente sólo tendrás que conectar los dispositivos e instalar su software. Muchos de los enrutadores WIFI (*routers* WIFI) incorporan herramientas de configuración para controlar el acceso a la información que se transmite por el aire.

Pero al tratarse de conexiones inalámbricas, no es difícil que alguien interceptara nuestra comunicación y tuviera acceso a nuestro flujo de información. Por esto, es recomendable la encriptación de la transmisión para emitir en un entorno seguro. En WIFI esto es posible gracias al WPA, mucho más seguro que su predecesor WEP y con nuevas características de seguridad, como la generación dinámica de la clave de acceso.

No obstante, con esta tecnología nos encontramos que el ancho de banda de transmisión resulta desproporcionado para el volumen de datos que se quiere manejar.

WiMax: La tecnología WiMax será la base de las Redes Metropolitanas de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en el mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas. Además, su popularización supondrá el despegue definitivo de otras tecnologías, como VoIP (llamadas de voz sobre el protocolo IP).



Figura 2.10 - Logotipo WiMax

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El protocolo que caracteriza esta tecnología es el IEEE 802.16. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

Existen planes para desarrollar perfiles de certificación y de interoperabilidad para equipos que cumplan el estándar IEEE 802.16e (lo que posibilitará movilidad), así como una solución completa para la estructura de

red que integre tanto el acceso fijo como el móvil. Se prevé el desarrollo de perfiles para entorno móvil en las frecuencias con licencia en 2,3 y 2,5 Ghz.

Actualmente se recogen dentro del estándar 802.16, existen dos variantes: Uno de acceso fijo, (802.16d), en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario.

Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbps con radios de célula de hasta 6 Km., ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

Bluetooth: Protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basados en transceptores de bajo coste.



Figura 2.11 - Logotipo Bluetooth

La especificación de Bluetooth definiría un canal de comunicación de máximo 720 Kbps con rango óptimo de 10 metros (opcionalmente 100 metros con repetidores). Su frecuencia de tráfico, con la que trabaja, se encuentra en el rango de 2,4 a 2,48 GHz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en Full Duplex con un máximo de 1600 saltos/s, los cuales se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz.

Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen por qué estar alineados, pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite. La clasificación de los dispositivos Bluetooth como "Clase 1", "Clase 2" o "Clase 3" es únicamente una referencia de la potencia de transmisión del dispositivo, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una clase con los de la otra.

802.15.4/ZigBee: ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*wireless personal area network*, WPAN).

Su principal campo de utilización son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Los protocolos ZigBee están definidos para su uso en aplicaciones encastadas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pretende su uso en aplicaciones de propósito general con características autoorganizativas y bajo costo (redes en malla, en concreto).

Puede utilizarse para realizar control industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, ejercer labores de detección de humo o intrusos o domótica.

La red en su conjunto utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.



Figura 2.12 - Logotipo ZigBee

2.3.2.2 Criterios de elección y conclusión

La única, aunque decisiva, desventaja que presenta la tecnología GSM para la aplicación en este proyecto es la necesidad de estaciones base con localización física terrestre.

Esta arquitectura de red hace que las estaciones de transmisión y repetición, que tienen un alcance limitado a unos pocos kilómetros, no incluya la zona marítima en tu área de cobertura. Al estar el sistema pensado para trabajar en alta mar, esta tecnología de comunicación no resulta útil.

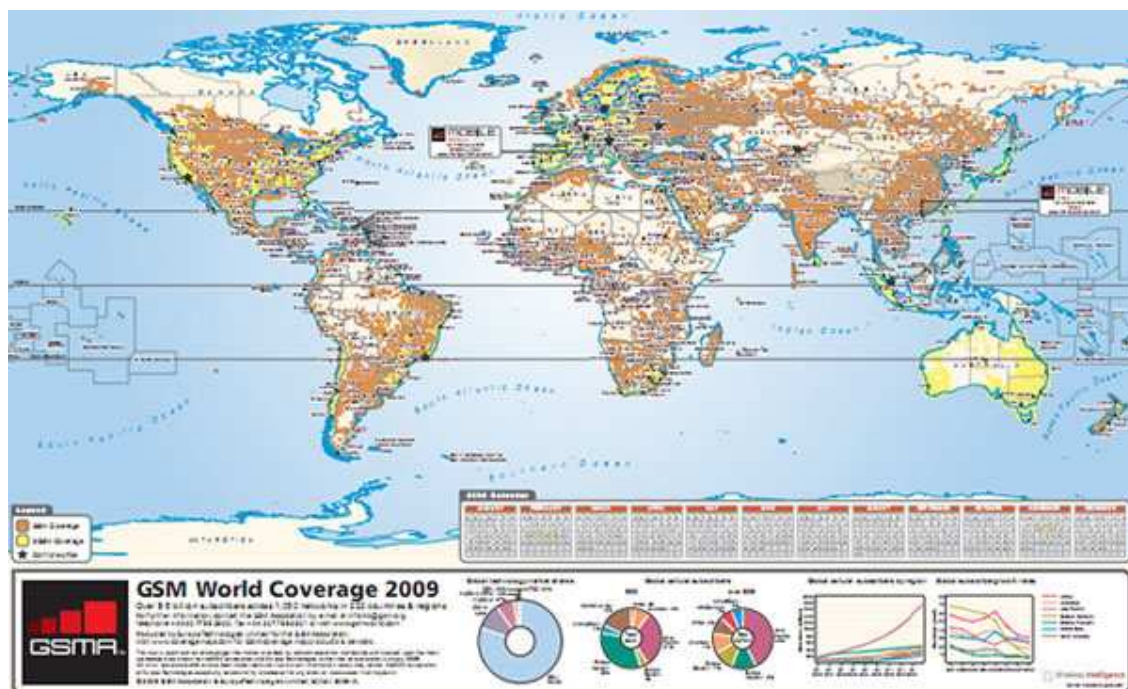


Figura 2.13 - Cobertura mundial GSM

En cuanto a las tecnologías WiFi y nos encontramos que el ancho de banda de transmisión resulta desproporcionado para el volumen de datos que se quiere manejar. Esto provoca la necesidad de niveles de potencia de emisión y aparamenta por encima de los límites necesarios por la ubicación y naturaleza del sistema, y este problema se traslada a un consumo y un volumen que es proporcional al ancho de banda utilizado y por tanto fuera de los requerimientos.

ZigBee puede resultar similar al protocolo Bluetooth pero algunas diferencias en sus especificaciones técnicas determinarán la elección de sistema de comunicación para el sistema de este proyecto:

- Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, frente a los 8 máximos de una subred Bluetooth.
- Menor consumo eléctrico que el de Bluetooth. En términos exactos, ZigBee tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3uA en reposo, frente a los 40mA transmitiendo y 0.2mA en reposo que tiene el Bluetooth. Este menor consumo se debe a que el sistema ZigBee se queda la mayor parte del tiempo dormido, mientras que en una comunicación Bluetooth esto no se puede dar, y siempre se está transmitiendo y/o recibiendo.
- Tiene una velocidad de hasta 250 Kbps, mientras que en Bluetooth es de hasta 3 Mbps. Debido a las velocidades de cada uno, uno es más apropiado que el otro para ciertas cosas. Por ejemplo, mientras que el Bluetooth se usa para aplicaciones como los teléfonos móviles y la informática casera, la velocidad del ZigBee se hace insuficiente para estas tareas, desviándolo a usos tales como la Domótica, los productos dependientes de la batería, los sensores médicos, y en artículos de juguetería, en los cuales la transferencia de datos es menor.

Con todo lo expuesto en este apartado y los anteriores, se concluye utilizar la tecnología ZigBee como protocolo de comunicación para este sistema de radiobalizas con GPS para salvamento marítimo. El prototipo que abarca este proyecto utilizará sólo las capas del protocolo que incluyen el IEEE 802.15.4, que resulta suficiente para la topología de red que requiere.



2.4 Protocolos de comunicación y posicionamiento

2.4.1 Protocolo serie RS-232

2.4.1.1 Definición y descripción

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas, de hasta 15 metros según la norma, y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 Kbits/s. A pesar de ello, muchas veces se utiliza a mayores velocidades con un resultado aceptable.

La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o síncrona y tipos de canal simplex, half duplex o full duplex. En un canal simplex los datos siempre viajarán en una dirección, por ejemplo desde DCE a DTE.

En un canal half duplex, los datos pueden viajar en una u otra dirección, pero sólo durante un determinado periodo de tiempo; después la línea debe ser conmutada antes que los datos puedan viajar en la otra dirección. En un canal full duplex, los datos pueden viajar en ambos sentidos simultáneamente.

Si un dispositivo de los que están conectados a una interfaz RS-232 procesa los datos a una velocidad menor de la que los recibe deben de conectarse las líneas *handshaking* que permiten realizar un control de flujo tal que al dispositivo más lento le de tiempo de procesar la información.

Las líneas de *handshaking* que permiten hacer este control de flujo son las líneas RTS y CTS. Los diseñadores del estándar no concibieron estas líneas para que funcionen de este modo, pero dada su utilidad en cada interfaz posterior se incluye este modo de uso

2.4.1.2 Los dispositivos y sus conexiones

Las UART o U(S)ART (Transmisor y Receptor Síncrono Asíncrono Universal) se diseñaron para convertir las señales que maneja la CPU y transmitir las al exterior.

Las UART deben resolver problemas tales como la conversión de voltajes internos del DCE con respecto al DTE, gobernar las señales de control, y realizar la transformación desde el bus de datos de señales en paralelo a serie y viceversa.

Debe ser robusta y deberá tolerar circuitos abiertos, cortocircuitos y escritura simultánea sobre un mismo pin, entre otras consideraciones. Es en la UART en donde se implementa la interfaz.

Para los propósitos de la RS-232 estándar, una conexión es definida por un cable desde un dispositivo al otro. Hay 25 conexiones en la especificación completa, pero es muy probable que se encuentren menos de la mitad de éstas en una interfaz determinada. La causa es simple, una interfaz full duplex puede obtenerse con solamente 3 cables.

Existe una cierta confusión asociada a los nombres de las señales utilizadas, principalmente porque hay tres convenios diferentes de denominación (nombre común, nombre asignado por la EIA, y nombre asignado por el CCITT).

En la Tabla 2.2 se muestran los nombres junto al número de pin del conector al que está asignado (los nombres de señal están desde el punto de vista del DTE (por ejemplo para Transmit Data los datos son enviados por el DTE, pero recibidos por el DCE).

Pin	EIA	CCITT	E/S	Función DTE-DCE
1	CG	AA 101		Chassis Ground
2	TD	BA 103	Salida	Transmit Data
3	RD	AA 104	Entrada	Receive Data
4	RTS	CA 105	Salida	Request To Send
5	CTS	CB 106	Entrada	Clear To Send
6	DSR	CC 107	Entrada	Data Set Ready
7	SG	AB 102	---	Signal Ground
8	DCD	CF 109	Entrada	Data Carrier Detect
9			Entrada	Pos. Test Voltage
10			Entrada	Neg. Test Voltage
11				(no tiene uso)
12	SCDC	SCF 122	Entrada	Sec. Data Car. Detect
13	SCTS	SCB 121	Entrada	Sec. Clear To Send
14	SBA 118		Salida	Sec. Transmit Data
15	TC	DB 114	Entrada	Transmit Clock
16	SRD	SBB 119	Entrada	Sec. Receive Data
17	RC	DD 115	Entrada	Receive Clock
18				(no tiene uso)
19	SRTS	SCA 120	Salida	Sec. Request To Send
20	DTR	CD 108,2	Salida	Data Terminal Ready
21	SQ	CG 110	Entrada	Signal Quality
22	RI	CE 125	Entrada	Ring Indicator
23	DSR	CH 111	Salida	Data Rate Selector
		CI 112	Salida	Data Rate Selector
24	XTC	DA 113	Salida	Ext. Transmit Clock
25			Salida	Busy

Tabla 2.2 - Conexiones comunicación dispositivos UART

Los valores de voltaje se invierten desde los valores lógicos. Por ejemplo, el valor lógico más positivo corresponde al voltaje más negativo. También un 0 lógico corresponde a la señal de valor verdadero o activada. Por ejemplo si la línea DTR está al valor 0 lógico, se encuentra en la gama de voltaje que va desde +3 a +15 V, entonces DTR está listo.



El canal secundario a veces se usa para proveer un camino de retorno de información más lento, de unos 5 a 10 bits por segundo, para funciones como el envío de caracteres ACK o NAK, en principio sobre un canal *half duplex*. Si el módem usado acepta esta característica, es posible para el receptor aceptar o rechazar un mensaje sin tener que esperar el tiempo de conmutación, un proceso que usualmente toma entre 100 y 200 milisegundos.

2.4.1.3 Características eléctricas y de transmisión

1. La magnitud de un voltaje en circuito abierto no excederá los 25 V.
2. El conductor será apto para soportar un corto con cualquier otra línea en el cable sin daño a sí mismo o a otro equipamiento, y la corriente de cortocircuito no excederá los 0,5 A.
3. Las señales se considerarán en el estado de MARCA, (nivel lógico "1"), cuando el voltaje sea más negativo que - 3 V con respecto a la línea de Signal Ground. Las señales se considerarán en el estado de ESPACIO, (nivel lógico "0"), cuando el voltaje sea más positivo que +3 V con respecto a la línea SG. Entre -3 V y +3 V se define como la región de transición, donde la condición de señal no está definida.
4. La impedancia de carga tendrá una resistencia a DC de menos de 7000 Ω al medir con un voltaje aplicado de entre 3 a 25 V pero mayor de 3000 Ω cuando se mida con un voltaje de menos de 25 V.
5. Cuando la resistencia de carga del terminador encuentra los requerimientos de la regla 4 anteriormente dicha, y el voltaje del terminador de circuito abierto está a 0 V, la magnitud del potencial de ese circuito con respecto a Signal Ground estará en el rango de 5 a 15 V.



6. El driver de la interfaz mantendrá un voltaje entre -5 a -15 V relativos a la señal de Signal Ground para representar una condición de MARCA. El mismo driver mantendrá un voltaje de entre 5 V a 15 V relativos a Signal Ground para simbolizar una señal de ESPACIO. Obsérvese que esta regla junto con la Regla 3, permite 2 V de margen de ruido. En la práctica, se utilizan -12 y 12 V respectivamente.

7. El driver cambiará el voltaje de salida hasta que no se excedan 30 V/ μ s, pero el tiempo requerido a la señal para pasar de -3 V a +3 V de la región de transición no podrá exceder 1 ms, o el 4% del tiempo de un bit.

8. La desviación de capacitancia del terminador no excederá los 2500 pF, incluyendo la capacitancia del cable. Obsérvese que cuando se está usando un cable normal con una capacitancia de 40 a 50 pF/Pie de longitud, esto limita la longitud de cable a un máximo de 50 Pies, (15 m). Una capacitancia del cable inferior permitiría recorridos de cable más largos.

9. La impedancia del driver del circuito estando apagado deberá ser mayor que 300 Ω .

2.4.2 Protocolo serie USB

2.4.2.1 Definición y descripción

El *Universal Serial Bus* (bus universal en serie) o Conductor Universal en Serie (CUS), abreviado comúnmente USB, es un puerto que sirve para conectar periféricos a una computadora. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.



Figura 2.14 - Logotipo USB

El diseño del USB tenía en mente eliminar la necesidad de adquirir tarjetas separadas para poner en los puertos bus ISA o PCI, y mejorar las capacidades plug-and-play permitiendo a esos dispositivos ser conectados o desconectados al sistema sin necesidad de reiniciar.

Sin embargo, en aplicaciones donde se necesita ancho de banda para grandes transferencias de datos, o si se necesita una latencia baja, los buses PCI o PCIe salen ganando. Igualmente sucede si la aplicación requiere de robustez industrial. A favor del bus USB, cabe decir que cuando se conecta un nuevo dispositivo, el servidor lo enumera y agrega el software necesario para que pueda funcionar.

Algunos dispositivos requieren una potencia mínima, así que se pueden conectar varios sin necesitar fuentes de alimentación extra. La gran mayoría de los concentradores incluyen fuentes de alimentación que brindan energía a los dispositivos conectados a ellos, pero algunos dispositivos consumen tanta energía que necesitan su propia fuente de alimentación. Los concentradores con fuente de alimentación pueden proporcionarle corriente eléctrica a otros dispositivos sin quitarle corriente al resto de la conexión (dentro de ciertos límites).



2.4.2.2 Los dispositivos y sus conexiones

Los dispositivos USB se clasifican en cuatro tipos según su velocidad de transferencia de datos:

Baja velocidad (1.0): Tasa de transferencia de hasta 1,5 Mbps (192 KB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana (*Human interface device*, en inglés) como los teclados, los ratones, hornos microondas y artículos del hogar.

Velocidad completa (1.1): Tasa de transferencia de hasta 12 Mbps (1,5 MB/s), según este estándar pero se dice en fuentes independientes que habría que realizar nuevamente las mediciones. Ésta fue la más rápida antes de la especificación USB 2.0, y muchos dispositivos fabricados en la actualidad trabajan a esta velocidad. Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO.

Alta velocidad (2.0): Tasa de transferencia de hasta 480 Mbps (60 MB/s) pero por lo general de hasta 125Mbps (16MB/s). Está presente casi en el 99% de los ordenadores actuales. El cable USB 2.0 dispone de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y una de toma de tierra.

Súper alta velocidad (3.0): Tiene una tasa de transferencia de hasta 4.8 Gbps (600 MB/s). Esta especificación es diez veces mas veloz que la anterior 2.0 y fue lanzada a mediados de 2009 por Intel, según se estima, o quizá por otra empresa de Hardware.

Para asegurar una transmisión y latencia óptimas, los dispositivos utilizados en el prototipo de sistema cumplen con el estándar USB 2.0 de alta velocidad en transferencia de datos.

2.4.2.3 Características eléctricas y de transmisión

Las señales del USB se transmiten en un cable de par trenzado con impedancia característica de $90 \Omega \pm 15\%$, cuyos hilos se denominan D+ y D-. Estos, colectivamente, utilizan señalización diferencial en full dúplex para combatir los efectos del ruido electromagnético en enlaces largos. D+ y D- suelen operar en conjunto y no son conexiones simples.

Los niveles de transmisión de la señal varían de 0 a 0'3 V para bajos (ceros) y de 2'8 a 3'6 V para altos (unos) en las versiones 1.0 y 1.1, y en ± 400 mV en alta velocidad (2.0). En las primeras versiones, los alambres de los cables no están conectados a masa, pero en el modo de alta velocidad se tiene una terminación de 45Ω a tierra o un diferencial de 90Ω para acoplar la impedancia del cable.

Este puerto sólo admite la conexión de dispositivos de bajo consumo, es decir, que tengan un consumo máximo de 100 mA por cada puerto; sin embargo, en caso de que estuviese conectado un dispositivo que permite 4 puertos por cada salida USB (extensiones de máximo 4 puertos), entonces la energía del USB se asignará en unidades de 100 mA hasta un máximo de 500 mA por puerto.

Pin	Nombre	Color del cable	Descripción
1	VCC	RojoBlanco	+5V
2	D-	Verde	Data -
3	D+	Negro	Data +
4	GND		Masa

Tabla 2.3 - Relación conexiones cable USB

2.4.3 Protocolo 802.15.4/ZigBee

2.4.3.1 Definición y descripción

ZigBee es una alianza, sin ánimo de lucro, de más de 100 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con el objetivo de auspiciar el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica de bajo coste.

Destacan empresas como Invensys, Mitsubishi, Honeywell, Philips y Motorola que trabajan para crear un sistema estándar de comunicaciones, vía radio y bidireccional, para usarlo dentro de dispositivos de domótica, automatización de edificios (inmótica), control industrial, periféricos de PC, juguetería, sensores médicos. Los miembros de esta alianza justifican el desarrollo de este estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo del Bluetooth.

2.4.3.2 Los dispositivos y sus conexiones

El coordinador de red: que mantiene en todo momento el control del sistema. Es el más sofisticado de los tipos de dispositivos, requiere memoria y capacidad de computación.

El dispositivo de función completa (FFD): capaz de recibir mensajes del estándar 802.15.4. Este puede funcionar como un coordinador de red. La memoria adicional y la capacidad de computar, lo hacen ideal para hacer las funciones de Router o para ser usado en dispositivos de red que actúen de interface con los usuarios.

El dispositivo de función reducida (RFD): de capacidad y funcionalidad limitadas (especificada en el estándar) para el bajo coste y simplicidad. Son los sensores/actuadores de la red.

El bajo consumo de potencia es lo que hace que la tecnología ZigBee tenga un largo periodo de vida sin tener que recargar los dispositivos. Las redes ZigBee son diseñadas para conservar la potencia en los nodos 'esclavos'.

Durante mucho tiempo, un dispositivo 'esclavo' está en modo 'dormido' y sólo de 'despierta' por una fracción de segundo para confirmar que está 'vivo' en la red de dispositivos. Por ejemplo, la transición del modo 'dormido' al modo 'despierto' (cuando transmite) dura unos 15ms y la enumeración de 'esclavos' dura unos 30ms.

Las redes ZigBee pueden usar el entorno 'con balizas' o 'sin balizas'. Las balizas son usadas para sincronizar los dispositivos de la red, identificando la red doméstica, y describiendo la estructura de la 'supertrama'. Los intervalos de las balizas son determinados por el coordinador de red y pueden variar desde los 15msg hasta los 4 minutos.

El modo 'sin balizas' es sencillo: se usa el acceso múltiple al sistema en una red punto a punto cercano. Funciona como una red de dos caminos, donde cada dispositivo es autónomo y puede iniciar una conversación en donde los otros pueden interferir. El dispositivo destino puede no oír la petición o el canal puede estar ocupado.

El modo 'baliza' es un mecanismo de control del consumo de potencia en la red. Este modo permite a todos los dispositivos saber cuando pueden transmitir. Aquí, los dos caminos de la red tienen un distribuidor que controla el canal y dirige las transmisiones. La principal ventaja de este método de trabajo es que se reduce el consumo de potencia.

El modo 'sin balizas', es típicamente usado en sistemas de seguridad, donde los dispositivos, por ejemplo, sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales, duermen el 99,999% del tiempo. Estos elementos 'despiertan' de manera regular para anunciar que siguen en la red.



Cuando un evento tiene lugar (se detecta algo), el sensor se ‘despierta’ instantáneamente y transmite la alarma. El coordinador de red, alimentado de la red principal todo el tiempo, recibe el mensaje y activa la alarma respectiva.

El modo ‘baliza’ es más recomendable cuando el coordinador de red trabaja con una batería. Los dispositivos escuchan al coordinador de red durante el ‘balizamiento’ (envío de mensajes a todos los dispositivos, broadcast, entre 0.015 y 252 segundos).

Un dispositivo se registra para el coordinador y mira si hay mensajes para él. Si no hay mensajes, el dispositivo vuelve a ‘dormir’, despertando según un horario establecido por el coordinador. Una vez hecho todo el ‘balizamiento’ el coordinador mismo vuelve a ‘dormirse’.

2.4.3.3 Características eléctricas y de transmisión

ZigBee, también conocido como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s y rangos de 10 m a 75 m. Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).

Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el *transceiver* ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas. El objetivo, es que un sensor equipado con un transceiver ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.

Siguiendo el estándar del modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*), en la Figura 2 .15, aparece la estructura de la arquitectura en capas. Las primeras dos capas, la física (PHY) y la de acceso al medio (MAC), son definidas por el estándar IEEE 802.15.4. Las capas superiores son definidas por la Alianza ZigBee.

Los productos ZigBee trabajan en una banda de frecuencias que incluye la 2.4 Ghz (mundial), de 902 a 928 Mhz (en Estados Unidos) y 866Mhz (en Europa). La transferencia de datos de hasta 250 Kbs puede ser transmitido en la banda de 2.4Ghz (16 canales), hasta 40kps en 915Mhz (10 canales) y a 20kps en la de 868Mhz (un solo canal).

La distancia de transmisión puede variar desde los 10 metros hasta los 75, dependiendo de la potencia de transmisión y del entorno. Al igual que WiFi, ZigBee usa la DSSS (secuencia directa de espectro ensanchado) en la banda 2.4 Ghz. En las bandas de 868 y 900Mhz también se utiliza la secuencia directa de espectro ensanchado pero con modulación de fase binaria.



Figura 2.15 - Arquitectura ZigBee

La capa de red (NWK) une o separa dispositivos a través del controlador de red, implementa seguridad, y encamina tramas a sus respectivos destinos. Además, la capa de red del controlador de red es responsable de crear una nueva red y asignar direcciones a los dispositivos de la misma.

La capa de red soporta múltiples configuraciones de red incluyendo estrella, árbol, y rejilla, como se muestra en la Figura 2.16.

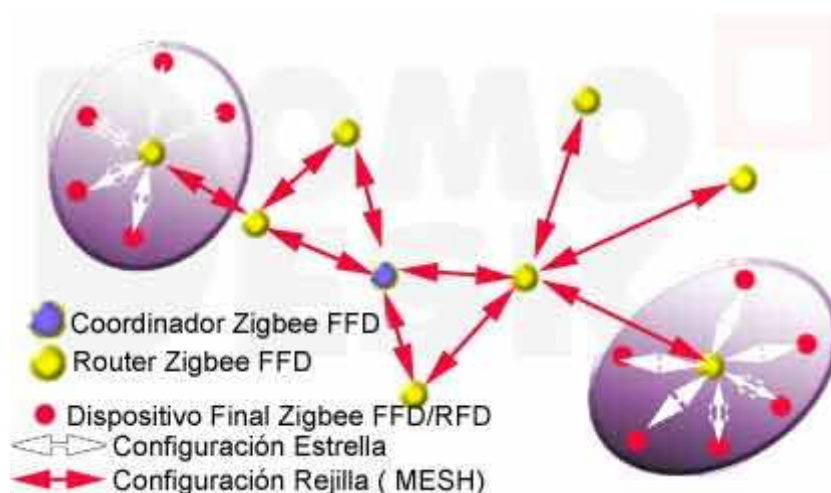


Figura 2.16 - Modelo de red ZigBee

En la configuración en estrella, uno de los dispositivos tipo FFD asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos ZigBee, conocidos con el nombre de dispositivos finales, 'hablan' directamente con el coordinador.

En la configuración de rejilla, el coordinador ZigBee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero la red puede ser ampliada a través del uso de routers ZigBee.

El algoritmo de encaminamiento utiliza un protocolo de pregunta-respuesta (*request-response*) para eliminar las rutas que no sean óptimas. La red final puede tener hasta 254 nodos (probablemente nunca necesitamos tantos). Utilizando el direccionamiento local, tú puedes configurar una red de más de 65000 nodos (2^{16}).

La trama general de operaciones (GOF) es una capa que existe entre la de aplicaciones y el resto de capas. La GOF suele cubrir varios elementos que son comunes a todos los dispositivos, como el subdireccionamiento y los modos de direccionamientos y la descripción de dispositivos, como el tipo de dispositivo, potencia, modos de 'dormir' y coordinadores de cada uno.

Utilizando un modelo, la GOF especifica métodos, eventos, y formatos de datos que son utilizados para constituir comandos y las respuestas a los mismos.

La Figura 2.17 nos muestra los campos de los cuatro tipos de paquetes básicos en la estructura de las tramas ZigBee: datos, ACK, MAC y baliza.

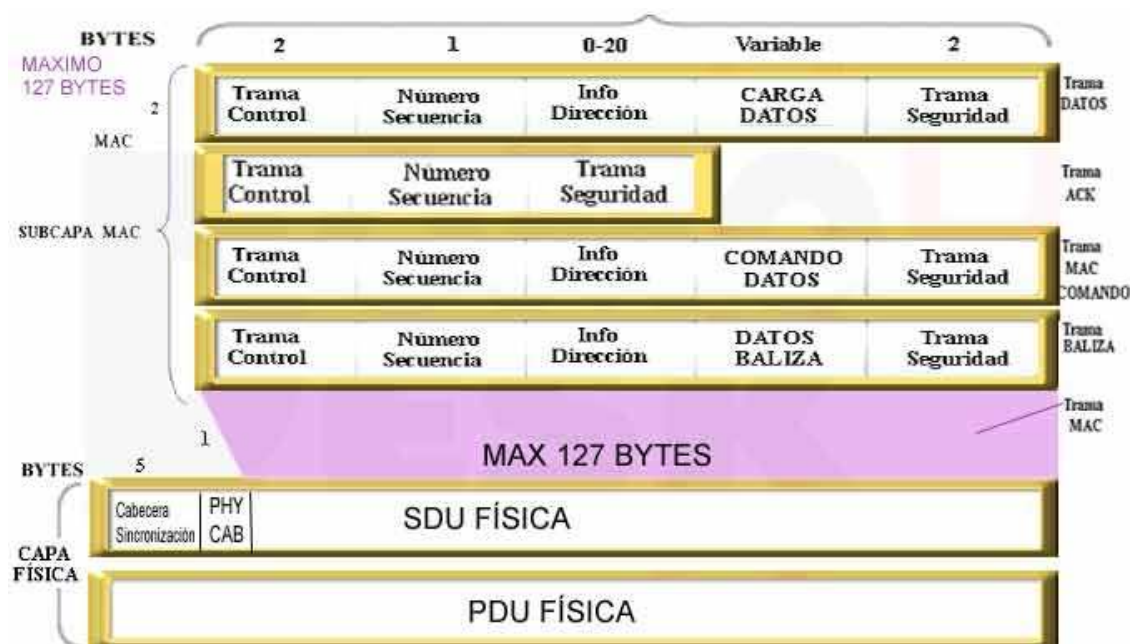


Figura 2.17 – Estructura de las tramas ZigBee

El paquete de datos tiene una carga de datos de hasta 104 bytes. La trama está numerada para asegurar que todos los paquetes lleguen. Un campo nos asegura que el paquete se ha recibido sin errores. Esta estructura aumenta la fiabilidad en condiciones complicadas de transmisión.

Otra estructura importante es la de ACK, o reconocimiento. Esta trama es una realimentación desde el receptor al emisor, para confirmar que el paquete se ha recibido sin errores. Se puede incluir un 'tiempo de silencio' entre tramas, para enviar un pequeño paquete después de la transmisión de cada paquete.

El paquete MAC, se utiliza para el control remoto y la configuración de dispositivos/nodos. Una red centralizada utiliza este tipo de paquetes para configurar la red a distancia.

Para acabar, el paquete baliza 'despierta' los dispositivos, que escuchan y luego vuelven a 'dormirse' si no reciben nada más. Estos paquetes son importantes para mantener todos los dispositivos y los nodos sincronizados, sin tener que gastar una gran cantidad de batería estando todo el tiempo encendidos.

Dos mecanismos de acceso al canal se implementan en 802.15.4. Para una red 'sin balizas', un estándar ALOHA CSMA-CA envía reconocimientos positivos para paquetes recibidos correctamente. En una red 'con balizas', una estructura de 'supertrama' se usa para controlar el acceso al canal.

La supertrama es estudiada por el coordinador de red para transmitir 'tramas baliza' cada ciertos intervalos (múltiples cada de 15.38 ms, hasta cada 252 s). Esta estructura garantiza el ancho de banda dedicado y bajo consumo. Los dispositivos se direccionan empleando 64-bits y un direccionamiento corto opcional de 16 bits.

El campo de dirección incluido en MAC puede contener información de direccionamiento de ambos orígenes y destinos (necesarios para operar punto a punto). Este doble direccionamiento es usado para prevenir un fallo dentro de la red.

La seguridad de las transmisiones y de los datos son puntos clave en la tecnología ZigBee y por ello utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- Control de accesos: el dispositivo mantiene una lista de los dispositivos 'comprobados' en la red.
- Datos Encriptados, los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- Integración de tramas para proteger los datos de ser modificados por otros.
- Secuencias de refresco, para comprobar que las tramas no han sido reemplazadas por otras.

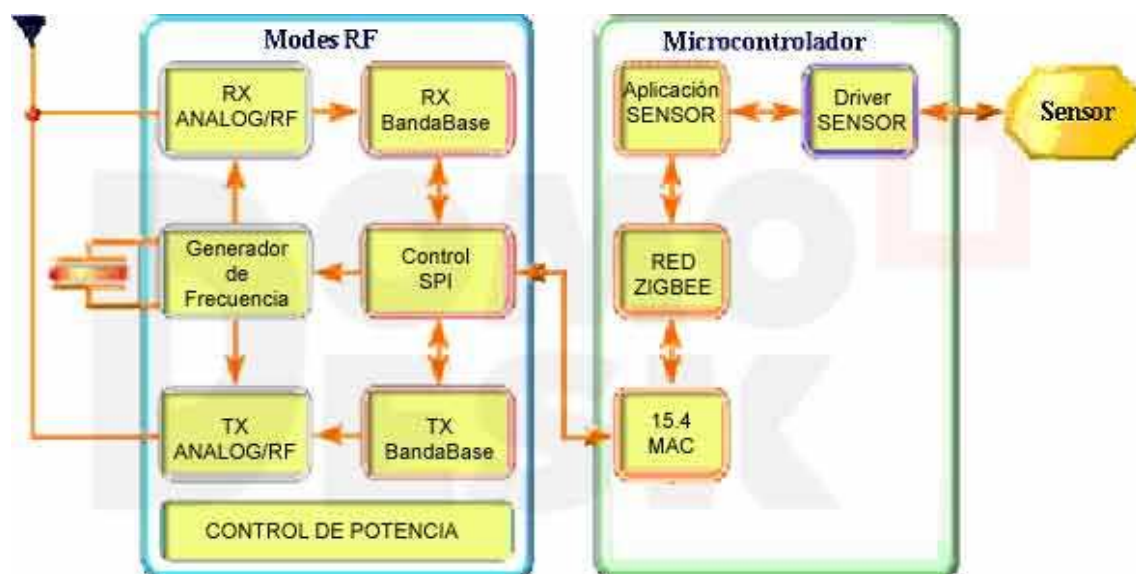


Figura 2.18 - Esquema de un dispositivo tipo ZigBee

El típico dispositivo ZigBee incluye una parte con un circuito integrado de radio frecuencia (RF IC) con una pequeña parte de capa física (PHY) conectada al bajo consumo/pequeño voltaje del microcontrolador de 8-bits con periféricos, conectados a una aplicación de sensor o actuador. La pila de protocolos y aplicaciones está implementada en un chip de memoria flash.

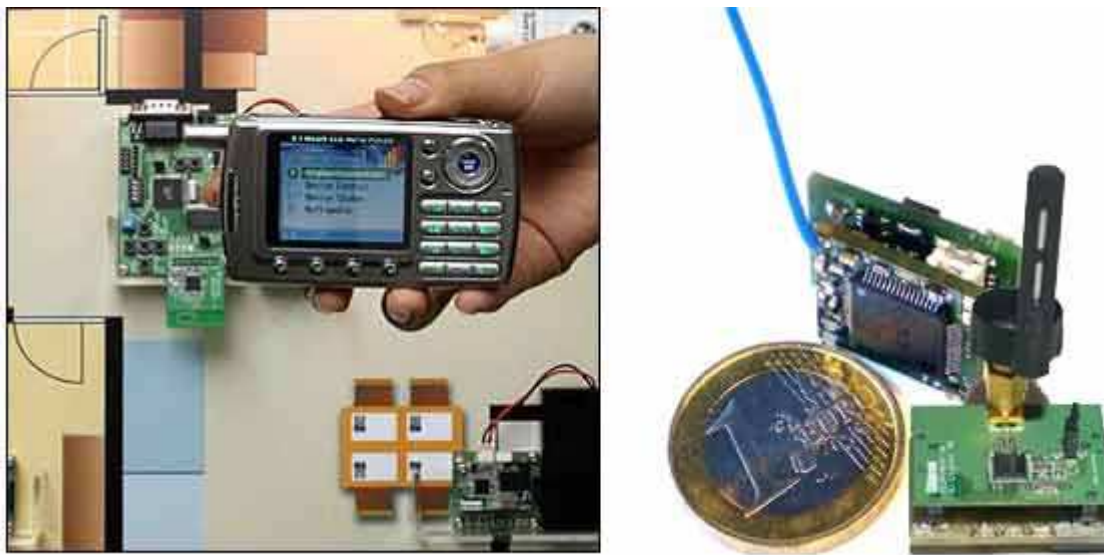


Figura 2.19 - Ejemplos de dispositivo Zigbee

Motorola y Atmel ya ofrecen un grupo de microcontroladores para ZigBee. Chipcon está mostrando dispositivos que trabajan en la banda de 2.4Ghz. Actualmente, un dispositivo con chip ZigBee puede costar cerca de 6 euros, pero el precio puede caer hasta los dos euros si el mercado crece. Los estudios sugieren que esto ocurrirá en pocos años.

2.4.4 Sistema de posicionamiento GPS

2.4.4.1 Definición

El GPS (*Global Positioning System* / Sistema de Posicionamiento Global), es un GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), que permite determinar absolutamente en todo el mundo la posición de un objeto determinado, un vehículo o incluso una persona, con una precisión hasta de pocos metros.

Fue desarrollado e instalado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, aunque originalmente se ha pretendido identificar a su creación a los gobiernos belga y franceses.

Funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo), en órbita sobre el globo a 20.200 Km. con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra.

Para determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos.

Por ello, se sincroniza el reloj del GPS calculando luego el retraso de las señales. Finalmente, por triangulación calcula la posición en que éste se encuentra.

2.4.4.2 Protocolo NMEA

NMEA es un protocolo que se usa para la navegación tanto marítima (por la que realmente se creó) como terrestre. La NMEA (*National Marine Electronic Association*) fue la precursora de la comunicación entre equipos, estableciendo un protocolo normalizado de transmisión de datos.

El primero en aparecer fue el formato NMEA 180 simple, que permitía transmitir datos a un piloto automático del desvío de desviación a babor o estribor respecto de una trayectoria predeterminada. Más tarde y debido a los avances tecnológicos, apareció la NMEA 180 complejo y la NMEA 182 que, además de las anteriores transmitían datos respecto del desviación y coordenadas geográficas de nuestra posición; estos datos se transmitían a razón de 1.200 baudios.

Los microprocesadores de los equipos aumentan su capacidad de cálculo y exigen más información. NMEA 183 es, además, capaz de transmitir datos de velocidad del barco, velocidad y dirección de viento, profundidad, nº de waypoint y coordenadas, fecha y hora, tiempo estimado y hora de llegada a un punto establecido, etc. Todo esto a una velocidad de 4.800 baudios.



Con todo esto, se produjo una desviación de la norma y algunos fabricantes introducían sus propios protocolos de manera que equipos de distinta marca no se entendían entre ellos pese a tener formato NMEA 183.

Además de esto, algunos equipos antiguos que funcionaban con los receptores LORAN no son capaces de leer la información de un GPS, pues la sentencia NMEA de un loran empieza por LC y la de un GPS por GP; así mismo, si la información que reciben es centesimal, es decir, termina con tres cifras, tampoco la reconocen pues su microprocesador solo entiende la sexagesimal o de dos cifras. También si les entra más información de la que son capaces de reconocer, se bloquean.

La información NMEA se transmite por dos vías, es decir, existe un puerto de entrada y uno de salida. La información que sale de un equipo por el puerto "NMEA OUT" entra en otro por el puerto "NMEA IN"; con lo cual en una instalación NMEA necesitaremos además de los dos cables de alimentación, negativo y positivo, dos cables para NMEA IN.

Una vez que un GPS sabe donde está (conoce las coordenadas geográficas de tu posición), es posible suministrar dicha información a un ordenador (o cualquier otro tipo de equipo especializado, como los "plotters" de los barcos) para poder hacer lo que se llama la función de mapa móvil.

La información de tipo NMEA se ha estandarizado a nivel mundial. Además de nuestra posición suministra información de la dirección de nuestro desplazamiento, nuestra velocidad actual, cual es el waypoint de destino, qué satélites esta recibiendo, la intensidad de las señales que se reciben, la posición de los satélites (si están hacia el norte, sur, etc.), el datum que se está usando, etc. Hay incluso sentencias NMEA que indican cual es la profundidad de una sonda que introduzcamos bajo el agua.



2.4.4.3 Características y evolución

2.4.4.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL BUS NMEA

Los estándares principales del protocolo NMEA permiten un único "talker", y varios "listeners" en un de circuito. El cableado recomendado para las interconexiones es un par trenzado y cubierto, con la cobertura conectada a tierra sólo en el "talker". Las normas no especifican el uso de ningún conector en particular.

Los estándares NMEA-0180 y 0182 dicen que la salida del "talker" puede ser RS-232, o de un buffer TTL, capaz de entregar 10 mA a 4 V. Un circuito de muestra puede ser un buffer de colector abierto TTL con una resistencia de 680 Ohm a +12 V, y un diodo para impedir que el voltaje de salida suba por encima de +5.7 V.

NMEA-0183 acepta esto, pero recomienda que la salida del "talker" cumpla con el EIA-422. Éste es un sistema diferencial, que tiene dos líneas de señales, A y B. Los voltajes en la línea "A" corresponden a los que antes teníamos en el cable simple TTL, mientras los voltajes de "B" se invierten (mientras "A" está a +5, "B" está a tierra, y viceversa).

En ambos casos, el circuito de recepción recomendado usa un aislante con la circuitería apropiada de protección. La entrada deber aislarse de la tierra del receptor. En la práctica, el cable simple, o el cable "A" del EIA-422 pueden estar conectados directamente a una entrada RS-232 de ordenador.

2.4.4.3.2 NMEA-0180 y NMEA 0182.

Los estándares NMEA-0180 y NMEA-0182 están muy limitados, y sólo tratan las comunicaciones desde Loran-C (u otro tipo de receptor de navegación, aunque los estándares mencionan específicamente Loran), y un autopiloto.

Parece ser, que los estándares 0180 y 0182 no difieren demasiado. La única diferencia, es que los equipos certificados como NMEA-0180 usan el formato simple, mientras que los equipos NMEA 0182, utilizan el formato complejo.

El formato simple consiste en un octeto único de datos transmitido a intervalos de 0.8 a 5 segundos, a 1200 baudios con la paridad impar. Los bits 5 - 0 dan el error de “*cross-track*” en unidades de 0.1 uS o 0.01 millas náuticas. El error se da en offset binario, con un contador de 1 representando el error “*full scale right, 32 (hex 20) for on course, and 63 (hex 3f) full scale left error*”. El bit 6 es un 1 si los datos son válidos, y bit 7 es 0 para indicar el formato de datos simple.

El formato complejo consiste en un bloque de datos de 37 bytes de (generalmente) texto legible ASCII que da el error “*cross-track*”, proporciona un waypoint, presenta la Lat / Long actual, y un byte binario de estado. El bloque de datos se enviará a intervalos de 2 a 8 s. Todos los bytes en el formato complejo tienen el bit 7 = 1 para distinguirse del formato simple. A un dispositivo remitente se le permite enviar datos simples y complejos, e incluso enviar un byte “simple” de datos en medio de un bloque “complejo” de datos.

Byte	Datos	
1	S	
2	M dispositivo	
3	P dirección	
4	K = kilómetros cross track	
	N = millas náuticas error	
	U = microsegundos unidades	
5 - 8	0 - 9 o .	valor del error “cross track”
9	L o R	posición del error “cross track”
10	T o M	presentación cierta o magnética
11 - 13	0 - 9	proporciona el siguiente waypoint
14 - 23	12D34'56"N o 12D34.56'N	latitud actual
24 - 34	123D45'56"W o 123D45.67'W	longitud actual
35	byte de estado no - ASCII bit 0 = 1 para la cerradura manual de ciclo 1 = 1 SHR bajo 2 = 1 salto de ciclo 3 = 1 parpadea 4 = 1 alarma de llegada 5 = 1 discontinuidad de TDs 6 = 1 siempre	
36	carácter "NUL" (hex 80) (byte de estado reservado)	
37	carácter "ETX" (hex 83)	
	Cualquier dato no disponible se llena de bytes "NUL".	

Figura 2.20 - Ejemplo de codificación NMEA



2.4.4.3.3 NMEA-0183

Bajo la norma NMEA-0183, todos los caracteres usados son texto ASCII imprimible (más retorno de carro y "line feed"). Los datos NMEA-0183 se envían a 4800 baudios, usando 8 bits de datos, 1 bit de stop y sin paridad.

Los datos se transmiten en forma de "sentencias". Cada sentencia comienza con una "\$", dos letras " talker ID", tres letras " ID sentencia ", seguido por un número de campos de datos separados por comas, y acaba con un checksum optativo, y un retorno de carro / "line feed". Una frase puede contener hasta 82 caracteres incluyendo el "\$" y CR / LF.

Si los datos para un campo no están disponibles, el campo simplemente se omite, pero las comas que le delimitarían se envían igualmente, pero sin espacio entre ellas.

Como algunos campos tienen la anchura variable, o pueden omitirse como decíamos arriba, el receptor debe ubicar los campos de datos deseados contando las comas, más que por la posición del carácter dentro de la sentencia.

El campo optativo checksum consiste en "*" y dos dígitos hex representando la OR exclusiva de todos los caracteres que hay en medio, pero sin incluir el "\$" y el "*". El checksum se necesita en algunas sentencias.

La norma permite a cada fabricante definir los formatos patentados de la frase. Estas frases comienzan con "\$P", después 3 letras de identificación del fabricante, seguido por cualquier dato que desee el fabricante, y a continuación el formato general de las frases del estándar.



2.4.4.4 Aplicaciones del sistema GPS

El GPS, sistema de localización global por satélites surgió con fines bélicos. Algunos de los satélites que rodean la Tierra pueden detectar con precisión la presencia de ejércitos o de armamento en diferentes regiones del globo.

De la misma manera como esos sistemas son capaces de detectar movimientos con fines bélicos, también es posible utilizarlos para la supervisión de movimientos naturales de la Tierra, el tránsito en una ciudad o las oscilaciones de estructuras arquitectónicas como puentes colgantes y estatuas.

La tecnología del sistema global por satélites GPS nos permite esos y muchos otros tipos de actividades relacionados con la vigilancia. Entre ellas podríamos citar la detección de la dilatación de magma de un volcán, la observación de los movimientos de un iceberg, determinar las finas vibraciones terrestres o cualquier fenómeno natural o creado por el hombre que presente algún movimiento, por más imperceptible que parezca.

Los investigadores del Instituto de Mediciones Geográficas de Japón han recogido una serie de datos con Geonet, una red de más de mil sensores GPS que cubre las zonas rurales del país, para con esto tratar de predecir el comportamiento de las capas subterráneas y predecir un posible seísmo.

De esta y muchas formas más un sistema que surgió bajo necesidades bélicas podrá ser utilizado para propósitos benéficos para la humanidad.

Es empleado en la navegación marítima, terrestre y aérea. En el caso de los marítimos, antes las embarcaciones empleaban el sistema *Transit*. Se piensa que en poco tiempo toda la navegación marítima se basará en GPS.



2.5 Ventajas técnicas del sistema prototipo

Además de todas las razones expuestas en los apartados referentes a comparativas de tecnologías y protocolos de comunicación (necesarias para esclarecer y justificar la utilización de las mismas en este prototipo), he aquí una exposición de algunas razones por las que este proyecto tiene ventajas para el desarrollo del sistema final.

Teniendo en cuenta la situación en la que el sistema se desenvuelve, era necesaria una tecnología de posicionamiento y comunicación que no dependiera de un canal de voz para conocer el paradero de la víctima. No sólo porque es prácticamente imposible ubicarse en el mar sin referencias visuales notables, sino porque puede darse el hecho de que el sujeto no sea capaz de comunicarse por encontrarse, por ejemplo, en estado de inconsciencia o hipotermia.

Por esto se eligió la tecnología GPS, pero además la precisión que otorga en su estándar civil resulta suficiente para los fines de salvamento marítimo que tienen la maqueta y por tanto el sistema final. No obstante sería interesante estudiar la posibilidad de utilizar la tecnología DGPS (Diferencial GPS) que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada. Se estudiará con más detenimiento en el Capítulo 7 Propuestas de futuro.

Por último, cabe destacar el hecho de que el sistema de comunicación GPS sea independiente del emisor en cuanto a la comunicación, esto es, para conocer la posición de un elemento a localizar no hay problemas de visibilidad o nivel de señal del emisor porque, al tratarse de un sistema global, cualquier punto del planeta en cualquier instante está bajo un mínimo de 6 satélites GPS, siendo necesarios sólo 4 para un posicionamiento correcto.



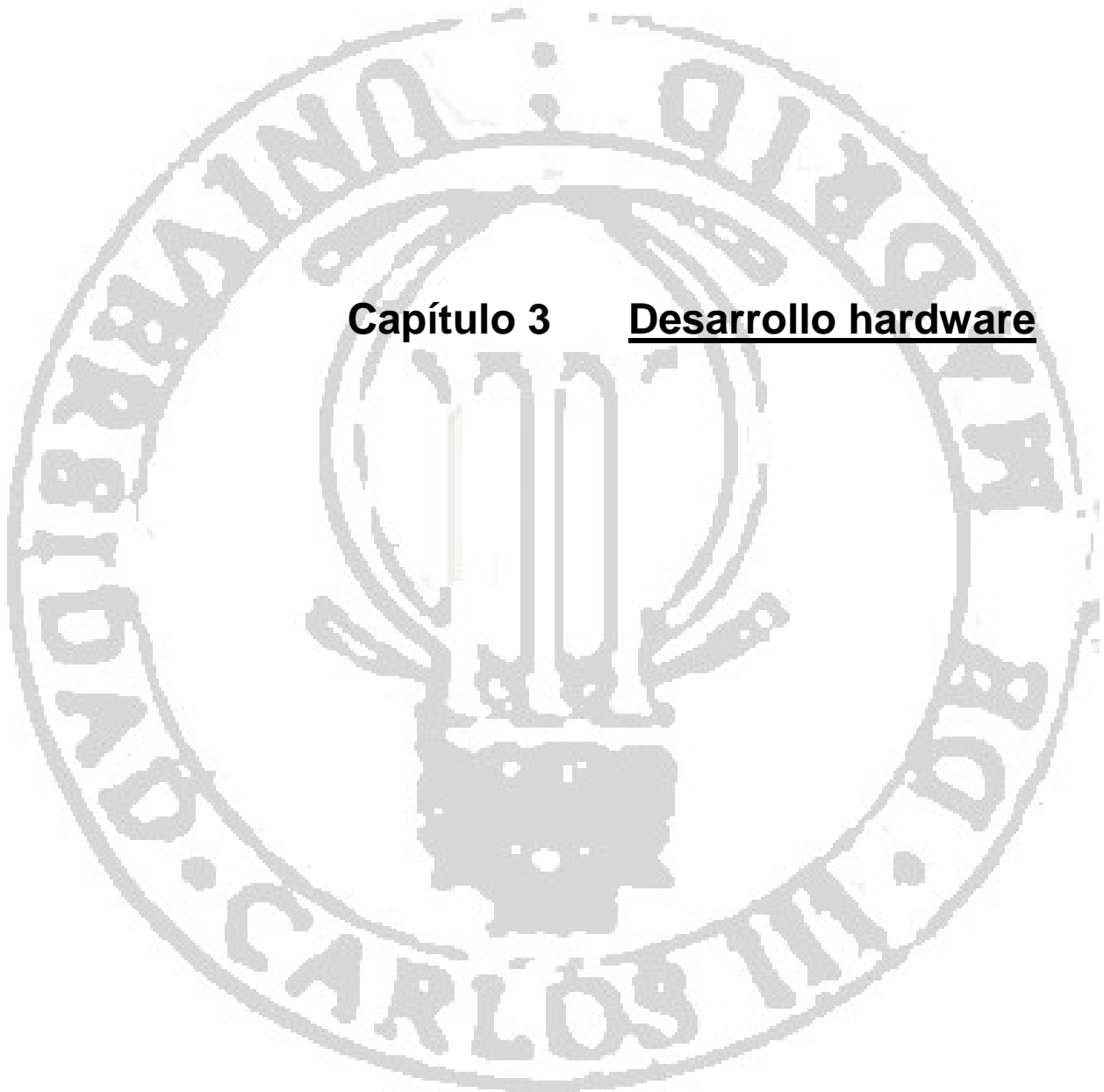
En cuanto a la utilización de ZigBee como método de comunicación entre los distintos módulos, es de gran ayuda para poder realizar prototipos de manera fiable y rápida poder contar con elementos modulares y sistemas de comunicación cuyas pasarelas de protocolos sean asequibles y no supongan un retraso en el diseño y la construcción de los elementos hardware cuya finalidad es, como prototipo, dar resultados útiles en las pruebas.

En los capítulos siguientes se puede ver como el diseño para los elementos de la red del prototipo, basados en módulos comerciales y tecnologías de estándares industriales ha conseguido un acabado profesional y de bajo coste así como rápido y útil, contemplando las similitudes y diferencias respecto al sistema final.





Capítulo 3 Desarrollo hardware





3.1 Arquitectura del sistema

3.1.1 *Descripción del prototipo*

El prototipo del sistema cuenta con un Módulo Coordinador conectado a un ordenador y que funciona como receptor de las señales de los múltiples Módulos Remotos que hacen la función de los módulos integrados en los uniformes de pesca y del módulo integrado en el barco.

Cuando uno o varios de los Módulos Remotos son activados simulando una caída por la borda de un tripulante, empiezan a transmitir su posición GPS y el Módulo Coordinador se encarga de recibir esos datos y comunicarlos al software en el ordenador que calcula y muestra, de manera gráfica y configurable, la posición relativa entre los diferentes Módulos Remotos de los tripulantes y la del barco.

3.1.2 *Topología de red*

Dada la tecnología de comunicación de datos entre los módulos, esto es, comunicación inalámbrica mediante la capa física del protocolo ZigBee utilizando el canal como puerto serie virtual, la topología de red que debemos usar es la topología de estrella o PAN (*Personal Area Network*).

El prototipo del sistema a implementar tiene un Módulo Coordinador y varios Módulos Remotos que no tienen que comunicarse entre ellos. De esta manera todos los datos de posición de los individuos a localizar son recibidos por el Módulo Coordinador para ser posteriormente procesados en el ordenador con el que éste se comunica.

Para mayor comodidad separaremos ahora las comunicaciones que tengan conexión física por cable de las que se basan en radiofrecuencia mostradas en la Figura 3.1

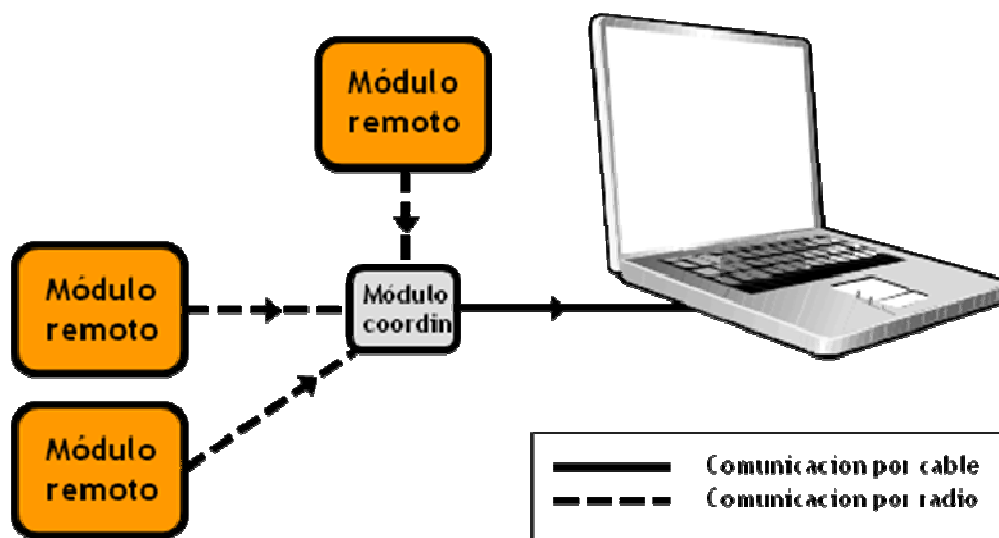


Figura 3.1 - Topología de red en estrella

3.1.2.1 Comunicación por cable

Solamente la conexión entre el Módulo Coordinador de la red y el PC se realiza mediante un cable USB que recogerá la información proveniente de los Módulos Remotos para que la aplicación software calcule y muestre la posición relativa de todos los que estén indicando su posición.

3.1.2.2 Comunicación por radio

La comunicación realizada por radio es la que tiene lugar entre cada Módulo Remoto con el Módulo Coordinador conformando una topología de estrella en la que el flujo de información es unidireccional, esto es: el módulo central conectado por USB recibe de manera coordinada la información del resto para gestionarla posteriormente en el interfaz gráfico del ordenador.



3.1.3 Número de módulos

El número de módulos utilizado para la red del prototipo se elige teniendo en cuenta los elementos mínimos necesarios, la necesidad de una referencia, los parámetros de latencia y las posibles combinaciones de situaciones para el sistema definitivo.

Los módulos mínimos necesarios para poder establecer una comunicación, fuera como fuese ésta, serían un emisor y un receptor; en nuestro caso, un Módulo Coordinador y un Módulo Remoto. Para poder tener un punto de referencia sobre el que calcular la distancia relativa del resto de los Módulos Remotos, uno de ellos debe representar el que fuera a estar ubicado de manera permanente en el barco, ya que el sistema de monitorización de víctimas estaría allí instalado.

Además, para poder contemplar la situación de que hubiera más de una víctima y para comprobar la latencia y las interferencias en las comunicaciones entre el Módulo Coordinador y varios remotos, se hacen necesarios otros dos Módulos Remotos que representen individuos portadores del sistema localizador de rescate.

Así, se deduce que resulta imprescindible que el prototipo del sistema se componga de un Módulo Coordinador y tres Módulos Remotos: uno para la posición del barco y otros dos que representen tripulantes del mismo.

3.2 Módulo Coordinador

El Módulo Coordinador se encarga de recibir los datos con las posiciones GPS de los Módulos Remotos y comunicar los datos de manera ordenada al ordenador para que este los procese y genere el mapa visual de posiciones relativas entre los diversos Módulos Remotos.

3.2.1 Elementos

En este apartado se describen los elementos internos que componen el Módulo Coordinador de la red de elementos remotos cuya disposición y conexión se detalla en la Figura 3.2

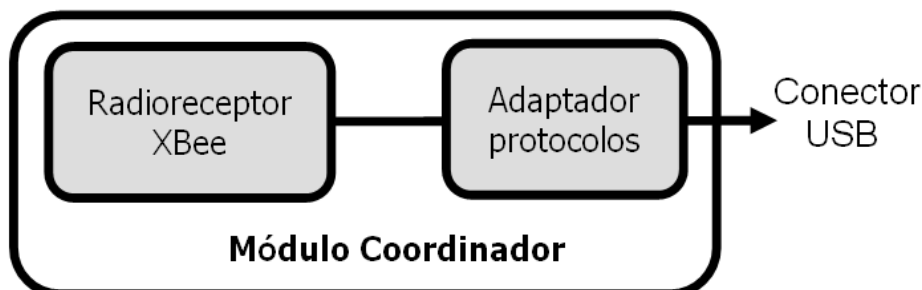


Figura 3.2 - Esquema interno Módulo Coordinador

3.2.1.1 Radioreceptor XBee-PRO 802.15.4

El módulo de comunicaciones XBee-PRO 802.15.4 integra todos los elementos necesarios para establecer una comunicación inalámbrica bajo el protocolo 802.15.4 con ventajas añadidas, tanto para este prototipo como para un sistema definitivo, que serán descritas en los siguientes apartados.



Figura 3.3 - Módulo XBee

3.2.1.1.1 Descripción

Estos módulos se presentan como una interesante alternativa, acortando el tiempo de desarrollo dado que ya poseen el stack correspondiente cargado, funcionando como modems configurables mediante el set de comandos AT y pudiendo operar en un modo transparente, lo que permite reemplazar un cable de comunicación serie.

Debido a que poseen un conversor analógico a digital y salidas PWM, es posible no sólo transmitir datos serie y estado de entradas digitales sino

también magnitudes analógicas, dado que es posible configurar a un módulo para que sus salidas sigan a las entradas de otro.

3.2.1.1.2 Características técnicas

La característica fundamental que ha destacado a los productos de este fabricante (anteriormente MaxStream) es la sensibilidad de sus receptores. En vez de elevar la potencia del transmisor, con el consabido aumento de consumo, para lograr mayor alcance, estos módulos incorporan receptores más sensibles, lo que les permite lograr un mayor alcance que otros productos similares manteniendo un consumo reducido.

El diseño exterior está basado en un formato de algo menos de 27x25mm, la conexión a la PCB se realiza mediante dos conectores de 10 pines de paso 2mm (similares a los utilizados en algunos modelos de Rabbit), separados 22mm entre si: los mismos utilizados en otros productos de la familia XBee.

Los módulos permiten configurar muchos de los pines, destinados por defecto como I/O, para funcionar como entradas analógicas. Existe una salida PWM que muestra la intensidad de señal recibida. pero puede configurarse como salida digital.

El módulo XBee-PRO 802.15.4 presenta una potencia de salida de 60mW (18dBm) y la sensibilidad del receptor es de -100dBm. Este link budget de 118dB le permite operar a más de 1km en espacios abiertos, y hasta 300m en espacios urbanos.

La corriente de operación de estos dispositivos ronda los 50mA, tanto para transmisión (215mA a máxima potencia para el XBee-PRO) como para recepción, mientras que en el modo de bajo consumo se reduce a tan sólo 10uA con una tensión de operación que es de 3 a 3.3V.

Los detalles sobre el protocolo de comunicación 802.15.4 están descritos en el Apartado 2.4.3. Los parámetros de configuración de cada módulo para establecer la red de topología estrella serán detallados en los apartados referentes al desarrollo software.

3.2.1.2 Adaptador de protocolos de comunicación serie

Dada la diferencia de protocolos de comunicación serie entre el XBee (RS232) y el PC (USB), se hace necesaria una pasarela de comunicaciones que funcione como interfaz entre ambos ya que, como ya hemos mencionado, el Módulo Coordinador se conecta al PC por medio de un puerto USB.

3.2.1.2.1 Descripción

Esta pasarela se integra mediante el adaptador: *XBee-USB Board* que consta de una placa preparada para insertar directamente el módulo de comunicaciones XBee y un conector mini-USB para la conexión del correspondiente cable.



Figura 3.4 - XBee-USB Board

El encargado de la conversión entre protocolos serie RS232 y USB es el integrado FT232RL de FTDI, que representa el principal componente activo de esta placa de pasarela.

3.2.1.2.2 Características técnicas

Voltaje:	5 V (USB)
Alimentación:	500mA (máx.)
Dimensiones:	35mm L x 52mm W x 7mm H

Tabla 3.1 - Características técnicas XBee-USB Board

Compatible con todos los módulos de la Serie 1 de XBee. Los esquemáticos del circuito así como las características detalladas de los integrados FT232RL y MIC5219 se encuentran en el Capítulo 8 Anexos.

3.2.1.3 Receptáculo y cableado

Se ha optado por una caja con IP61 aunque se trate de un prototipo que no requiere estanqueidad y protección contra la corrosión del salitre presente en ambientes marinos..



Figura 3.5 - Caja miniatura

Las características técnicas de la Caja de plástico ABS Evatron modelo PP40N vienen especificadas en el Capítulo 8 Anexos. El cable de conexión es un cable USB cuyos conectores son: USB mini-B (conectado al XBee-USB Breakout Board) y otro USB standard-A para conectar al PC.

De esta manera, el Módulo Coordinador resulta al final de unas dimensiones mínimas, aptas para su uso con un PC portátil, lo que resulta muy útil a la hora de realizar pruebas de campo tales como las que han tenido lugar para determinar alcance del sistema prototipo.

3.2.2 Conexión y alimentación

Se ha dotado a la caja con un LED testigo de encendido para evitar posibles confusiones en caso de haber un fallo de comunicación entre módulos. Resulta imprescindible para asegurar el correcto funcionamiento del sistema ya que la alarma simulacro de hombre al agua se genera cuando el Módulo Coordinador recibe señal de alguno de los Módulos Remotos y debemos garantizar que el coordinador está alimentado y conectado.

Este LED rojo de 5mm queda visible en el exterior de la caja mediante un soporte metálico cromado.



Figura 3.6 - Soporte cromado

3.3 Módulo remoto

El Módulo Remoto calcula y remite su posición GPS al Módulo Coordinador de manera inalámbrica para que el usuario pueda, mediante el interfaz gráfico en el PC, visualizar su localización en tiempo real respecto al resto de módulos.

3.3.1 *Elementos*

En este apartado se describen los elementos internos que componen los Módulos Remotos comunicados con el Módulo Coordinador cuya disposición y conexión se detalla en la Figura 3.7

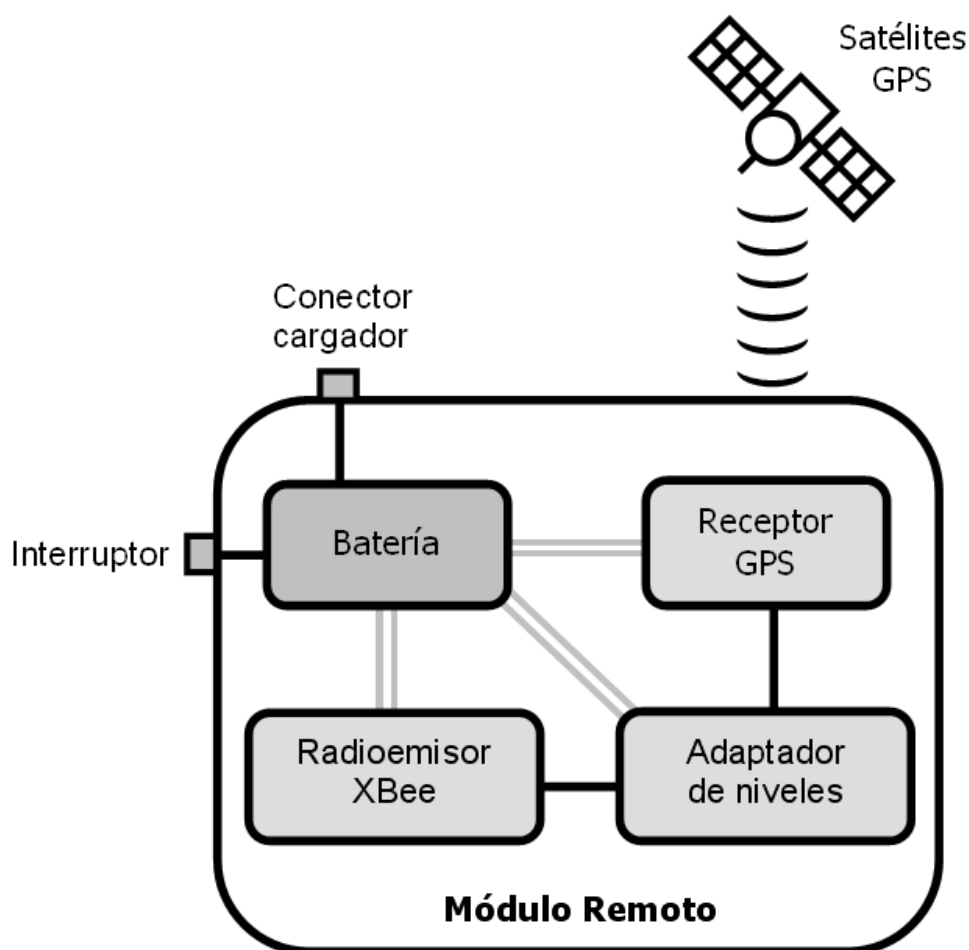


Figura 3.7 - Esquema interno Módulo Remoto

Un solo elemento del módulo es el encargado de recibir la señal de los satélites, procesar y calcular la posición GPS de cada Módulo Remoto: el receptor GPS con antena integrada *HI-204III Cable GPS Reciever*.

Debido a la acelerada evolución en esta tecnología, ha sido posible realizar el prototipo con un receptor con antena integrada que se ajustaba a todos los parámetros de tamaño, consumo y precisión necesarios con un coste asumible para poder hacer el número de Módulos Remotos que se considera necesario (como se vio en el Apartado 3.1.3 Número de módulos).

3.3.1.1.1 Descripción

Se trata de un módulo receptor de GPS con antena integrada capaz de recibir señal de todos los satélites GPS con un chipset SiRF III que integra un algoritmo de cálculo de posición muy evolucionado que se traduce en la disminución del tiempo de arranque: el intervalo comprendido entre la recepción de señal y la comunicación final por su puerto RS232 de comunicaciones de toda la información recocida y recalculada y de la cual nosotros utilizaremos exclusivamente la de la posición GPS.

Como quedó indicado en el Apartado 2.5 cualquier punto del planeta está bajo al menos el campo de emisión de 6 satélites GPS, siendo sólo 4 necesarios para un posicionamiento correcto.

Esto hace que el tiempo de arranque pueda minimizarse en este sistema hasta el indicado por el fabricante (porque está medido en campo abierto sin obstáculos en el campo de adquisición de señal como pueden ser edificios o árboles, tal y como se presenta nuestro campo de desarrollo: alta mar)



Figura 3.8 - Módulo Receptor GPS

3.3.1.1.2 Características técnicas

	Ítem	Descripción
General:	Chipset	SiRF StarIII
	Frecuencia	L1, 1575.42 MHz
	C/A código	1.023 MHz chip rate
	Canales	20
	Sensibilidad	-159dBm
Aproximación:		10 metros, 2D RMS
	Posición	5 metros 2D RMS, WAAS corregido
	Velocidad	< 5 metros (50%), DGPS corregido
	Tiempo	0.1 metros/segundo
Datum:	Defecto	1 microsecond synchronized to GPS
	Otro	WGS-84
Adquisición :	Readquisición	Selección para otros Datos
	Arranque inmediato	0.1 s., media
	Arr. Caliente	1 s., media
	Arr. Templado	8 s., media
	Arranque frío	38 s., media
		42 s., media
Condiciones Dinámicas:	Altitud	18000 metros (60000 pies) máx.
	Velocidad	515 m/s (1000 nudos) máx.
	Aceleración	4g, máx.
	Sacudida	20 metros/segundo, máx.
Consumo:	Voltaje alimentación	5Vdc nominal
	Rango de Voltaje alimentación	3.8Vdc a 8Vdc
	Corriente de alimentación	75mA
	Consumo arranque	3V Lithium-Ion rechargeable battery
Indicadores:	LED Encendido	Búsqueda de Señal
	LED Flash	Posición Fijada
Interfaces:	Serie	RS-232
Protocolo:	NMEA-0183 v3.01 @ 4800 baudios, 8-N-1	
NMEA Msg.:	RMC, GGA, GSA, GSV and VTG	
Dimensiones:	43mm L x 42mm W x 13mm H	
Peso:	85g	

Tabla 3.2 - Características Técnicas del Módulo receptor GPS

3.3.1.2 Radioemisor XBee XBee-PRO 802.15.4

En el caso del Módulo Remoto el encargado de realizar las comunicaciones, es decir, de transmitir la señal procesada por el receptor GPS es un módulo XBee-PRO 802.15.4 idéntico al que utiliza el Módulo Coordinador, descrito en el Apartado 3.2.1.1.

Al tratarse de dispositivos capaces de establecer comunicaciones bidireccionales y redes de comunicación de cierta complejidad, pueden desempeñar tanto el papel de emisor como de receptor, siempre que sean configurados de la forma adecuada, tal y como veremos en el Apartado 4.2: Configuración del XBee-PRO 802.15.4

3.3.1.3 Adaptador de niveles de tensión

Dada la diferencia de protocolos de comunicación serie entre el XBee (RS232) y el PC (USB), se hace necesaria una pasarela de comunicaciones que funcione como interfaz entre ambos ya que, como ya hemos mencionado, el Módulo Coordinador se conecta al PC por medio de un puerto USB.

3.3.1.3.1 Descripción

Esta pasarela se integra mediante el adaptador: *XBee-Serial Board* que consta de una placa preparada para insertar directamente el módulo de comunicaciones XBee y un conector DB9 para la conexión del correspondiente cable.



Figura 3.9 - - XBee-Serial Board

El encargado de la conversión entre los niveles de tensión TTL y RS232 es el integrado MAX232 de Maxim, que representa el principal componente activo de esta placa de pasarela.

3.3.1.3.2 Características técnicas

Voltaje:	3.3 – 5 V
Alimentación:	500mA (máx.)
Dimensiones:	33mm L x 48mm W x 13mm H

Tabla 3.3 - Características técnicas XBee-Serial Borrada

Compatible con todos los módulos de la Serie 1 de XBee. Los esquemáticos del circuito así como las características detalladas de los integrados MAX232RL y LM317 se encuentran en el Apartado 8 Anexos.

3.3.1.4 Batería

Dentro de cada Módulo Remoto se encuentra la batería recargable Accu-NiMh C 2A de Tridonic que alimenta los tres elementos activos del módulo.

Cierto es que se trata de un elemento que resulta demasiado voluminoso y pesado para un sistema que deba ser integrado en una prenda, pero recordemos que se trata de un prototipo inicial del sistema.

A pesar de esto, una batería de estas características presenta importantes ventajas de autonomía y rapidez de carga: parámetros que resultan indispensables para la versatilidad a la hora de realizar las pruebas de campo.

El hecho de que este tipo de baterías no contuvieran plomo, altamente tóxico, fue otro punto a favor para su elección.

La posibilidad de cambiar el modelo de batería por otra más ligera y menos voluminosa como pueden ser las de Li-ion se trata en el Apartado 7.2 Mejoras de Hardware.

3.3.1.5 Receptáculo

Por los mismos motivos que se tuvieron en cuenta al elegir la caja para albergar el Módulo Coordinador (Apartado 3.2.1.3), se escogió la Caja de plástico ABS modelo WCAH2853 en la cupieran todos los elementos del Módulo Remoto y cuyas características técnicas vienen detalladas en el Capítulo 8 Anexos.

3.3.2 Conexión y alimentación

Los Módulos Remotos deben poder simular la situación de alarma que provocaría la caída del usuario por la borda del barco. Para este prototipo se ha instalado un sencillo interruptor que interrumpe la alimentación de los elementos internos del módulo consiguiendo así con una sola acción de encendido poner en marcha todo el sistema de adquisición de datos GPS y comunicación por radio del XBee.



Figura 3.10 - Cargador profesional Baterías NiMH

Para poder recargar los módulos se ha provisto a los Módulos Remotos de un conector hembra de barril que junto al interruptor de simulación de alarma permiten recargar la batería de NiMH mediante un cargador modelo MW6168V de OMNI (Figura 3.10).



Por último, se ha instalado un LED indicador similar al instalado en el Módulo Coordinador (Apartado 3.2.2) que indicará en este caso que el módulo está emitiendo el simulacro de alarma y que además nos avisa de cuando la batería está agotada evitando confusiones en caso de fallo de recepción.

3.3.3 Proceso de recarga

No se debe cargar los Módulos Remotos con otro cargador que no sea el proporcionado con el sistema, aunque coincida la clavija con el conector.

El módulo en proceso de carga debe estar con el interruptor apagado.

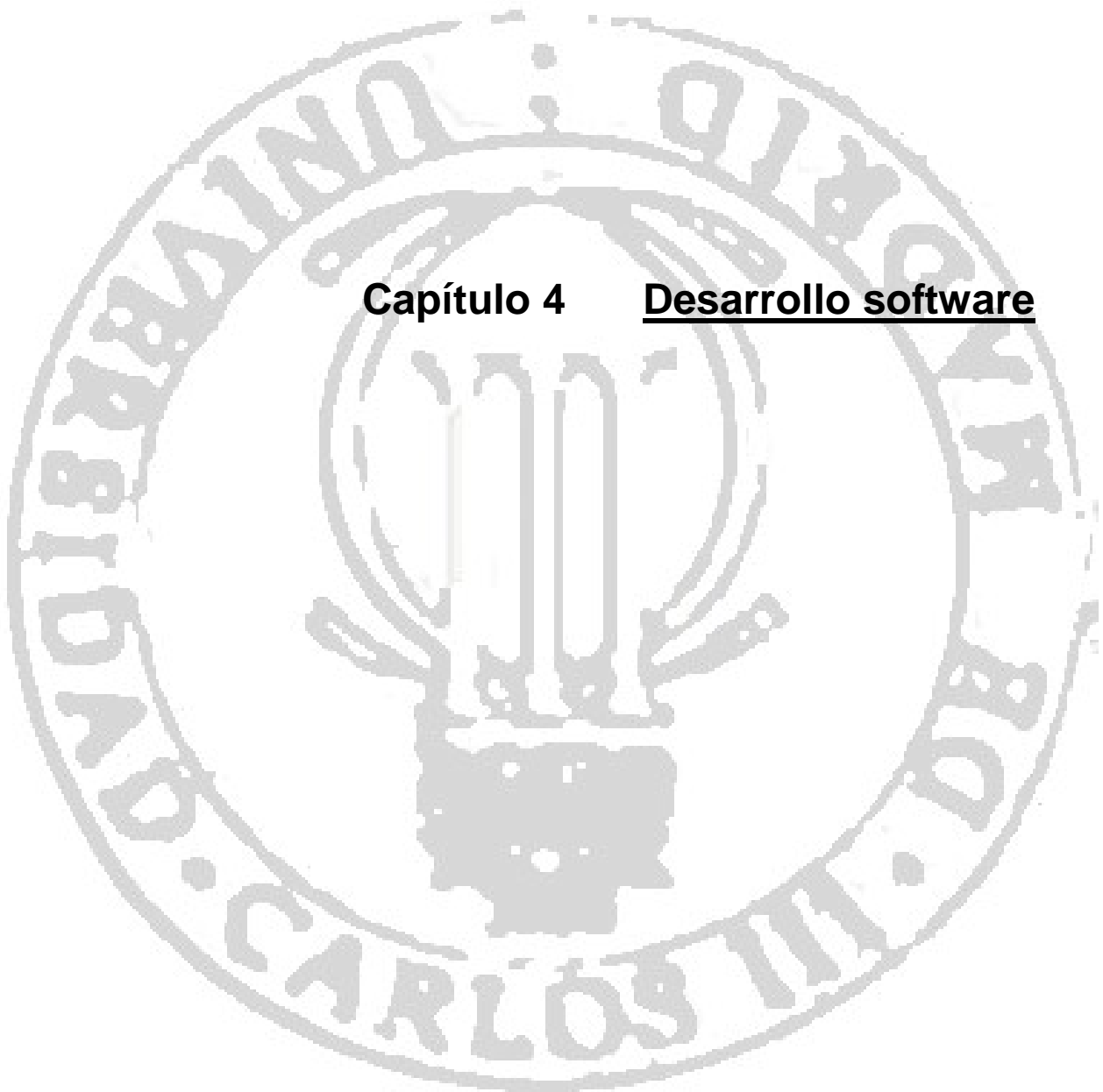
Los selectores rotativos del cargador deben estar siempre en las posiciones en que fueron entregados: Izquierdo en el 4 (batería de 4 celdas) y Derecho en 500mA.

Para recargar los Módulos Remotos se debe esperar a que el indicador del cargador, que al conectar el módulo se encenderá de color rojo, pase a estar de color verde. Entonces se debe desconectar el módulo y desenchufar el cargador.





Capítulo 4 Desarrollo software



4.1 Introducción

En este capítulo se describirá, de una forma eminentemente técnica, el desarrollo de la aplicación software que conforma la interfaz gráfica de este prototipo y permite visualizar en tiempo real la situación relativa de los Módulos Remotos unos respecto de otros. De esta manera, la parte de desarrollo hardware queda completada con un desarrollo software que resulta altamente intuitivo y de fácil manejo.

Aunque bien es cierto que admite muchas mejoras en algunos términos como gráficos o velocidad de respuesta, son problemas que son resolubles con mínimas inversiones de tiempo y coste en siguientes versiones hasta conseguir el modelo definitivo, objetivo principal de este ejercicio de pura investigación y desarrollo.

4.2 Configuración XBee-PRO 802.15.4

Los módulos XBee disponen de variedad de parámetros de comunicación que dan lugar a muchas posibilidades de configuración con alto nivel de escalabilidad.

Recordemos que los módulos cumplen las capas físicas del protocolo ZigBee pero carecen de algunas de las características del protocolo completo. No obstante, el XBee-PRO 802.15.4 resulta suficientemente versátil como para abarcar lo pretendido en este prototipo.

Esto hace posible elegir una configuración que nos permita tanto realizar una red básica para el prototipo de este primer prototipo del sistema, como una red escalable para el sistema objetivo en que haya varios módulos coordinadores.

4.2.1 Entorno de configuración X-CTU

La aplicación X-CTU es una aplicación basada en Windows, hecha para interactuar con los productos que contienen archivos con firmware encontrados en los productos RF de Digi que puede ser descargado de la página del mismo fabricante, una vez hecho esto procedemos a su instalación que no requiere ningún paso de configuración especial.

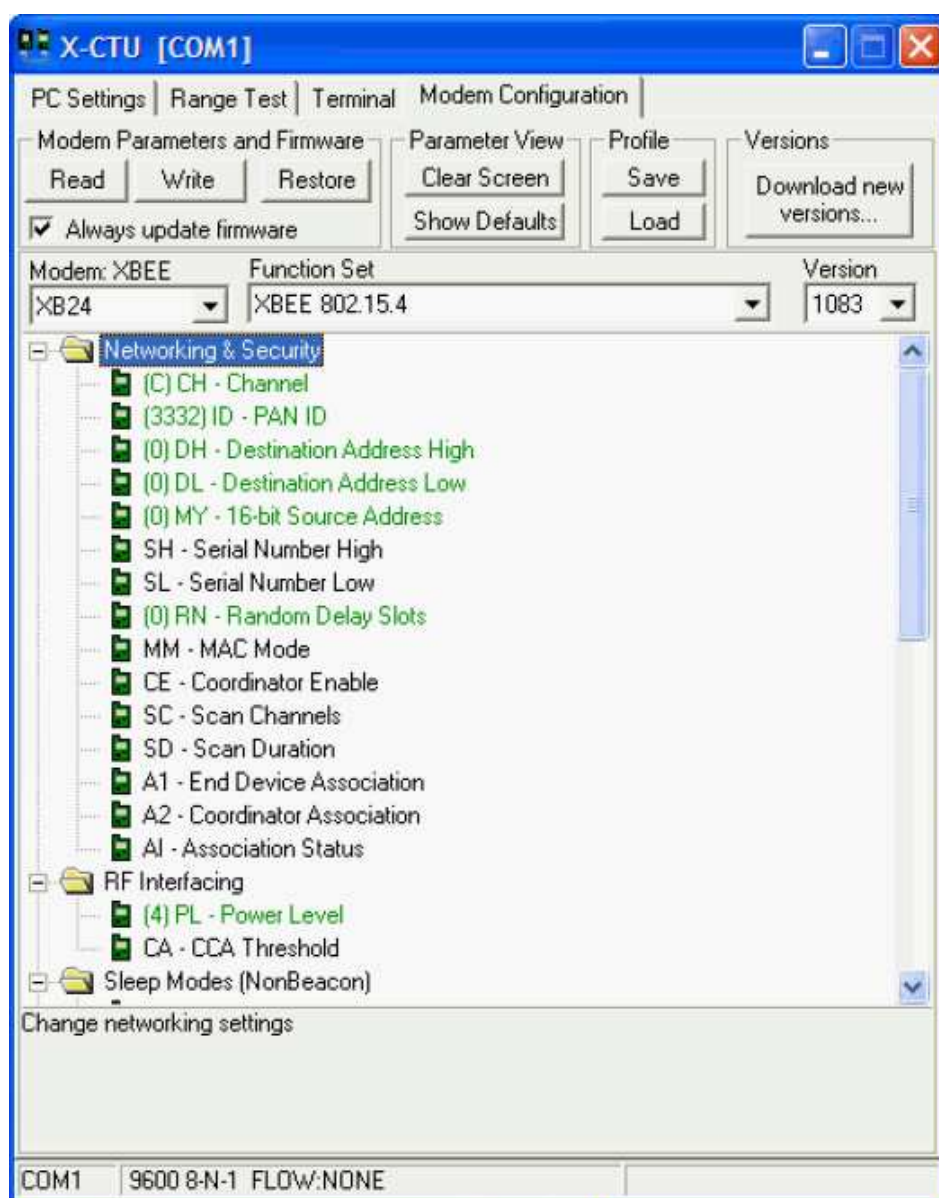


Figura 4.1 - Aplicación X-CTU de Digi

Una vez instalada, la aplicación X-CTU nos permite cargar el firmware y configurarlo de forma clara y simple. También podemos lanzar comandos AT manualmente si el firmware lo permite. Cada grupo de versiones de firmware correspondiente al tipo de dispositivo tiene dos posibilidades de operación y configuración:

- *Transparente + AT*: el módulo envía al remoto configurado como destinatario los mensajes que recibe por su puerto serie, y presenta en éste los mensajes que recibe del Módulo Remoto. Los cambios de configuración se realizan escapando a modo comando y lanzando comandos AT.
- *API*: especialmente recomendado para módulos que deben cumplir la función de comunicarse con diversos otros tanto comandos como mensajes y respuestas viajan dentro de un framing documentado, permitiendo mandar y recibir mensajes a y de múltiples remotos de forma sencilla, en una única interfaz serie.

Si bien es cierto que en modo API la comunicación es más completa, esto no supone una ventaja mayor que la que conseguimos en el primer modo de operaciones ya que, mediante comandos AT, la comunicación no tiene apenas información añadida a la que debe comunicar: básicamente una cabecera con direcciones de origen y destino.

Esto se traduce en que los módulos funcionarán como un puerto serie virtual inalámbrico causando un mínimo retardo al enviar los paquetes de datos.

Configuraremos por tanto, todos los dispositivos del prototipo con firmware de XBee 802.15.4 y modo de comunicación mediante comandos AT por ser el método con menos latencia en comunicación, consiguiendo que los Módulos Remotos tengan como único destinatario al Módulo Coordinador, por lo que éste recibirá todo lo que se comunique por el puerto serie de los demás puntos de la red que simulan los usuarios del sistema.

4.2.2 Configuración por Comandos AT

Los comandos AT fueron en sus comienzos, un pequeño grupo de instrucciones para comunicar el ordenador con un módem telefónico. Con los años, a este tipo de comandos para comunicarse con diversos dispositivos (módems, teléfonos móviles, dispositivos inalámbricos...) se los populariza como Comandos AT. De esta manera, los módulos XBee Pro se pueden comunicar con un ordenador, con un microcontrolador y con cualquier otro dispositivo que posea una conexión serie (Tx/Rx) mediante el tipo de instrucciones en forma de este tipo de comandos que se detallan en este mismo apartado.

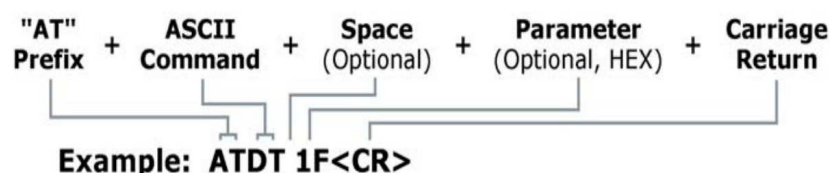


Figura 4.2 – Estructura y ejemplo de Comando AT

Por supuesto, no existe un conjunto de comandos que sean universales para todos los dispositivos, sin embargo, la mayoría adopta una estructura muy similar. Por ejemplo, a cualquier equipo que pueda trabajar con este tipo de instrucciones, el envío del comando "AT" originará la devolución, por parte del dispositivo remoto, de un "OK" indicando que está en condiciones de recibir instrucciones y/o devolver condiciones de estado y funcionamiento ante la requisitoria del ordenador (de hecho, el término AT es una abreviatura de *attention*, a modo de llamada de atención del terminal que comunica sobre el que escucha)

Existen multitud de comandos AT que permiten dotar al XBee de una gran versatilidad. En la Tabla 4.1 se detallan sólo los que se consideran más importantes: o se muestra con el rango permitido por el comando, una descripción, y las configuraciones para cada valor del parámetro.

Comando	Rango	Descripción
A1	0 - 0x0F	Describe el modo de Asociación de un módulo. Utilizado como Dispositivo Terminal (CE=0).
A2	0 - 0x0F	Describe el modo de Asociación de un módulo utilizado como Coordinador (CE=1).
AC		Aplica los cambios realizados explícitamente en la configuración.
AP	0 - 0x02	Habilita el modo de operación API. Defecto=0.
BD	0 - 0x07	Ajusta la tasa de transmisión entre el módulo y su cliente conectado a través de la interfaz serial.
CC	0 - 0xFF	Establece el carácter de secuencia a ser usado entre tiempos de esperas para entrar al modo de comandos.
CH	0x0B - 0x1A	Establece el canal por el cual se realiza la conexión RF entre módulos. Verificar Tabla 5-1. Frecuencia de Canales para configurar este parámetro.
CE	0 - 1	Indica el comportamiento del módulo.
CN		Sale del modo de Comando.
D0-D4	0 - 5	Ajusta la configuración de los pines I/O.
D5	0 - 5	Mismas funciones que D0 - D4. Sin RTS ni ADC.
D6	0 - 5	Mismas funciones que D0 - D4. Sin RTS ni ADC.
D7	0 - 5	Mismas funciones que D0 - D4. Sin RTS ni ADC.
D8	Sólo 0 y 3	Ajusta la configuración del pin DI-8 (pin 9).
CB	0x17 - 0x5C (x-1dBm)	Lee la potencia de la señal del módulo del cual provino el último paquete RF recibido
DL	0 - 0xFFFFFFFF	Ajusta los 32 bits menos significativos para Direccionamiento.
DH	0 - 0xFFFFFFFF	Ajusta los 32 bits más significativos para direccionamiento.
GT	2 - 0x0CE4 (x 1 ms)	Tiempo de espera antes y después de ingresar el carácter de secuencia para entrar al modo de comandos.
IA	0 - 0xFFFFFFFF	Utilizado para crear el Cable Virtual. Indica la dirección del módulo de origen de los datos.
ID	0 - 0xFFFF	Ajusta la dirección PAN del módulo.
IR	0 - 0xFFFF (x1 ms)	Ajusta la tasa de muestreo de los pines I/O.
IS	1 - 0xFF	Fuerza al módulo a leer todos sus pines I/O.
IT	1 - 0xFF	Número de muestras DIO y ADC que se deben esperar antes de transmitir.

Tabla 4.1 - Principales Comandos AT para el XBee I

Comando	Rango	Descripción
IO	8 bits	Ajusta los niveles de las salidas digitales. Cada bits representa el nivel de los pines I/O configurados como salida .
M0 - M1	0 - 0x03FF	Ajusta el ciclo de trabajo de la salida PWM0 y PWM1.
MY	0 - 0xFFFF	Configura la dirección de 16 bits para el módulo.
NB	0 - 4	Ajusta la Paridad para la comunicación serial UART del módulo.
ND		Reporta todos los dispositivos que se encuentren en el mismo canal y en la misma PAN que el módulo
NI	20 x ASCII	Define con un String el nodo o módulo
P0 - P1	0 - 2	Configura el pin PWM0 y PWM1.
RE		Restaura los valores de los parámetros a los valores por defecto que vienen de fábrica.
SM	0 - 6	Configura el modo de operación SLEEP.
SL	0 - 0xFFFFFFFF	Entrega los 32 bit menos significativos del Número Serial del módulo
SH	0 - 0xFFFFFFFF	Entrega los 32 bit más significativos del Número Serial del módulo.
SP	1 - 0x68B0 (x10 ms)	Ajusta el tiempo de duración en que un módulo duerme o se mantiene en el modo SLEEP.
ST	1 - 0xFFFF (x1 ms)	Ajusta el tiempo de antes de que el módulo ingrese al modo SLEEP.
T0 - T7	0 - 0xFF (x100 ms)	Tiempo de espera de apagado para los Cables Virtuales.
IU	0 - 1	Habilita o no la salida I/O UART
VL		Entrega la versión del Firmware de forma Verbal.
VR	0 - 0xFFFF	Indica cual versión de firmware se encuentra actualmente en el módulo.
WR		Guarda en la memoria no-volátil del módulo, todos los valores de los parámetros.

Tabla 4.2 - Principales Comandos AT para el XBee II

4.3 Entorno de programación

4.3.1 *Sobre el lenguaje C++*

El comité para el estándar ANSI C fue formado en 1983 con el objetivo de crear un lenguaje uniforme a partir del C original, desarrollado por Kernighan y Ritchie en 1972, en la ATT. Hasta entonces el estándar lo marcaba el libro escrito en 1978 por estos dos autores.

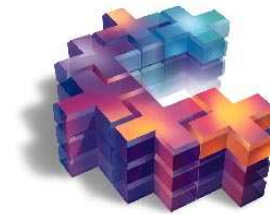


Figura 4.3 - Logotipo C++

El lenguaje C++ se comenzó a desarrollar en 1980. Su autor fue B. Stroustrup, también de la ATT. Al comienzo era una extensión del lenguaje C que fue denominada *C with classes*. Este nuevo lenguaje comenzó a ser utilizado fuera de la ATT en 1983. El nombre C++ es también de ese año, y hace referencia al carácter del operador incremento de C (++). Ante la gran difusión y éxito que iba obteniendo en el mundo de los programadores, la ATT comenzó a estandarizarlo internamente en 1987. En 1989 se formó un comité ANSI (seguido algún tiempo después por un comité ISO) para estandarizarlo a nivel americano e internacional.

En la actualidad, el C++ es un lenguaje versátil, potente y general. Su éxito entre los programadores profesionales le ha llevado a ocupar el primer puesto como herramienta de desarrollo de aplicaciones. El C++ mantiene las ventajas del C en cuanto a riqueza de operadores y expresiones, flexibilidad, concisión y eficiencia. Además, ha eliminado algunas de las dificultades y limitaciones del C original. La evolución de C++ ha continuado con la aparición de Java, un lenguaje creado simplificando algunas cosas de C++ y añadiendo otras, que se utiliza para realizar aplicaciones en Internet.

Hay que señalar que el C++ ha influido en algunos puntos muy importantes del ANSI C, como por ejemplo en la forma de declarar las funciones, en los punteros a void, etc.

4.3.2 Entorno de desarrollo Borland Builder

C++Builder es un entorno para el desarrollo rápido de aplicaciones (RAD, *Rapid Application Development*) para Windows. Mediante esta herramienta de programación podremos realizar aplicaciones Win32 de consola (tipo DOS), de interfaz gráfica de usuario (GUI, *Graphical User Interface*) o cliente-servidor con una gran rapidez.

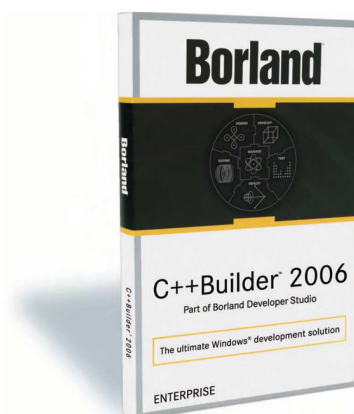


Figura 4.4 - Borland C++ Builder

El entorno de desarrollo de C++Builder (IDE, *Integrated Development Environment*) se invoca localizando en el escritorio de Windows o a través del menú Inicio el icono correspondiente denominado C++Builder y haciendo click en él. Este entorno consta de ventanas de distinto tamaño y posición.

A diferencia de otras aplicaciones Windows, estas ventanas no ocupan todo el escritorio, sino sólo el espacio necesario, dejando libre el resto. Cada una de estas ventanas posee un propósito en particular dentro del programa y lo más habitual es tener abiertas sólo las que se precise en cada momento.

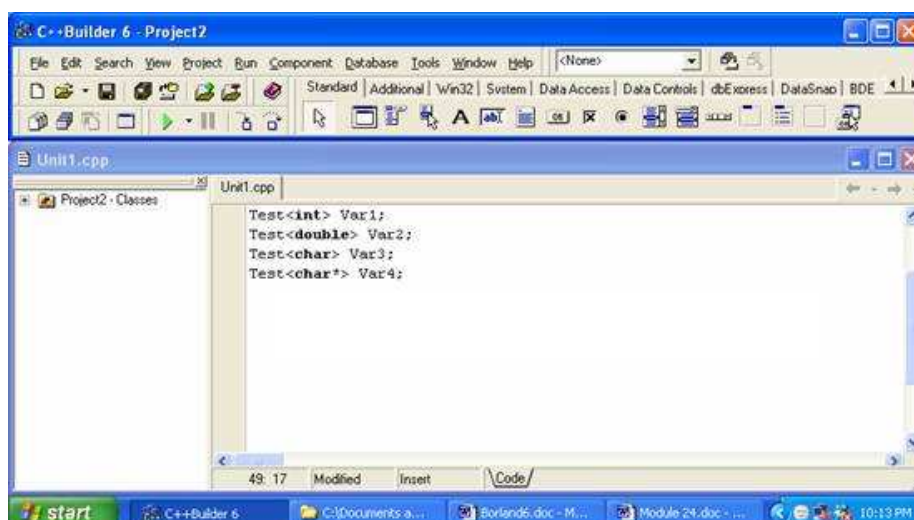


Figura 4.5 - Entorno de desarrollo de C++Builder

El IDE consta de las herramientas necesarias para diseñar, implementar, ejecutar y depurar una aplicación, mediante una serie de elementos que operan de forma integrada y complementaria: un Editor de Código, un Depurador de Errores, una Barra de Herramientas, Herramientas de Bases de Datos, etc. El IDE consta de la *Ventana principal* y el *Área de trabajo*

- La *Ventana principal*, con el Menú, la Barra de Herramientas de acceso inmediato y la Paleta de Componentes.
- El *Área de trabajo*, donde introduciremos el código fuente de nuestra aplicación, además de desarrollar de forma visual su interfaz de usuario mediante fichas (formularios) y el Inspector de objetos, con el que modificaremos las propiedades y los sucesos de los objetos de nuestra aplicación.

4.3.3 Ventajas para el desarrollo del sistema

El hecho de elegir un lenguaje de programación como es C++, radica en varios parámetros que suponen importantes a la hora de desarrollar la parte software para el interfaz gráfico: versatilidad, robustez y portabilidad

- *Versatilidad*: al tratarse de un desarrollo que implica comunicaciones a bajo nivel con diversos dispositivos, se hace necesario que el lenguaje pueda garantizar librerías y funciones que puedan ser compatibles con el mayor número posible de protocolos, puesto que se trata de un prototipo que irá evolucionando de manera relativamente impredecible.
- *Robustez*: teniendo en cuenta que el objetivo del sistema final es salvar vidas humanas, el sistema debe ser sólido y fiable al máximo nivel. Esto implica, por supuesto, que la parte software sea altamente estable y robusta.

- **Portabilidad:** para este prototipo el soporte hardware sobre el que se ejecuta la aplicación es un PC pero, como se hará notar en el capítulo referente a las futuras mejoras, las diferentes plataformas suponen un abanico de posibilidades que requerirá de la aplicación para visualizar tripulantes poder ser implantado en diferentes tipos terminales fijos y móviles.

4.4 Aplicación grafica

El sistema de localización se ha ideado desde éste, su primer prototipo, con un interfaz gráfico que agilice al máximo la localización del objetivo ya que puede tratarse de un individuo en grave peligro para el que un rescate inmediato resulta crucial.

Por ello el prototipo del sistema de localización cuenta con una aplicación informática diseñado para trabajar en un sistema operativo Microsoft Windows que facilita mediante un claro mapa escalado, la situación de los Módulos Remotos cuya alarma está activada respecto al sistema central, que representa la posición del barco mediante al asignación de un módulo como Módulo Remoto Central.

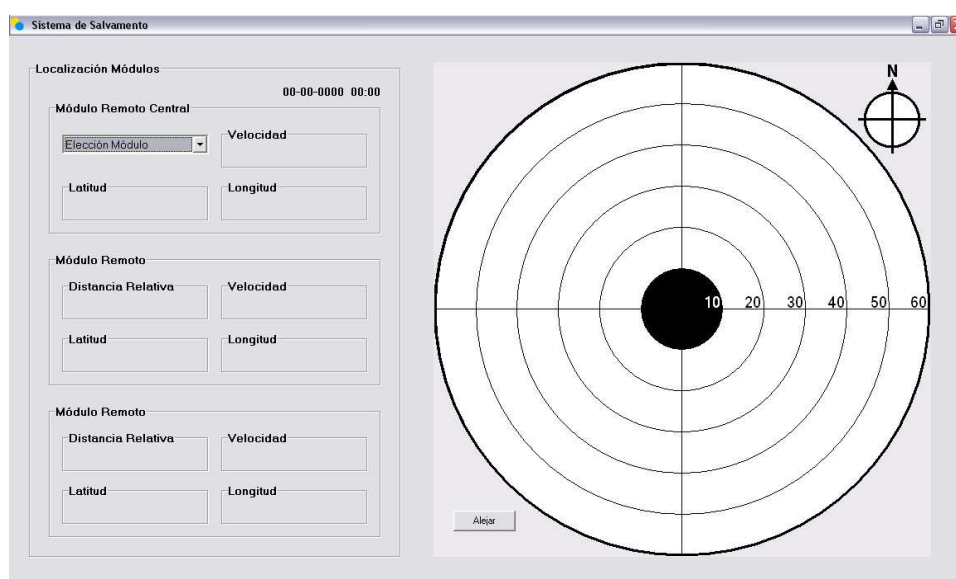


Figura 4.6 - Pantalla principal Aplicación Gráfica



4.4.1 Descripción

Como ya se apuntó en el Apartado 3.1.3, el número mínimo de módulos necesario para realizar pruebas que pudieran asemejarse a una futura red de módulos era de tres Módulos Remotos y un Módulo Coordinador de red que recibe los datos enviados por ellos con sus posiciones GPS.

En la pantalla principal de la aplicación se puede elegir cual de los Módulos Remotos es asignado como Módulo Remoto Central, que establecerá la posición GPS sobre la que el programa calcula la posición relativa de los otros dos módulos para mostrarla en el mapa en caso de que estos empiecen a emitir como causa de una alarma provocada por el encendido del Módulo Remoto correspondiente.

El centro del mapa situado en la zona izquierda de la pantalla principal representa la posición del barco en que se suponen los tripulantes o usuarios equipados con los módulos de localización.

Como situación general, el sistema tendrá localizado de manera permanente el Módulo Remoto Central que representa el barco, del que siempre le llegará señal y posición.

De esta manera, la alarma se genera cuando el Módulo Coordinador recibe señal de alguno de los Módulos Remotos (excepto del asignado como Módulo Remoto Central), que significaría que el dispositivo se ha activado y empieza a comunicar su señal y posición.

El mapa mostrará la posición relativa del módulo o módulos cuya alarma esté activada siempre y cuando la posición que comunican sea válida y se obtengan los datos necesarios para calcular dichas posiciones.

4.4.2 Puesta en marcha e instrucciones de uso

La aplicación es un único archivo ejecutable sin necesidad de instalación que tras una imagen de presentación empresarial solicitará mediante una ventana emergente el puerto de comunicaciones por el que se van a comunicar ordenador y Módulo Coordinador.

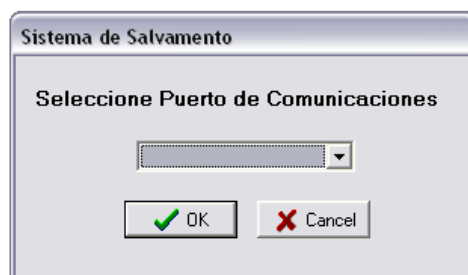


Figura 4.7 - Ventana emergente de selección de puerto

La pantalla se divide en dos secciones: a la izquierda se encuentra el marco Localización Módulos y a la derecha el Mapa de Situación. En el marco se pueden ver la fecha y hora actuales y tres subsecciones, correspondientes a cada uno de los tres Módulos Remotos y que muestran los siguientes datos:

Elección módulo: Lista desplegable para elegir que módulo actuará como el Módulo Remoto Central que representará la posición del barco (Módulo Remoto Central), estableciendo los otros dos módulos como Módulo Remoto.

Distancia y Velocidad: en línea recta medida en tiempo real que separa el Módulo Remoto Central del Módulo Remoto en cuestión.

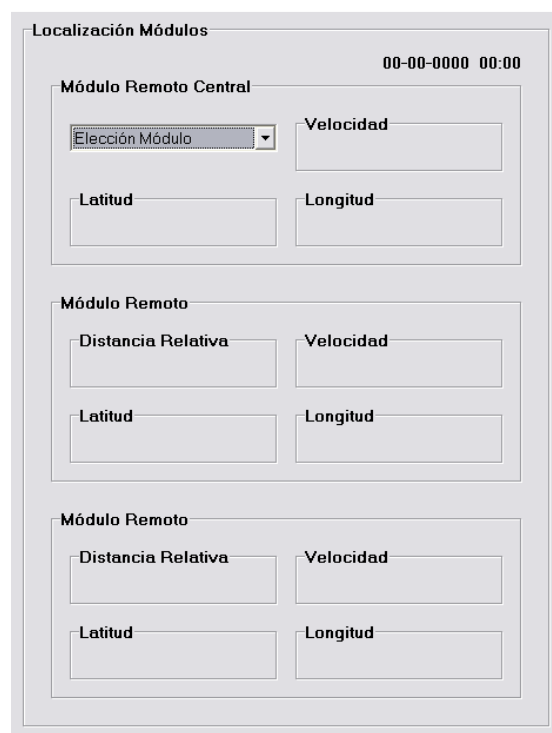


Figura 4.8 - Marco Localización Módulos

Latitud y Longitud: coordenadas geográficas que indican la distancia mínima actual del Módulo Remoto al ecuador y al Meridiano Cero.

La zona de la izquierda corresponde a un Mapa de Situación donde se mostrará la situación relativa de los Módulos Remotos que tengan activada su alarma, que equivale a recibir señal con posición GPS correcta y que se mostrará con un círculo rojo indicando el módulo que está enviando la alerta.

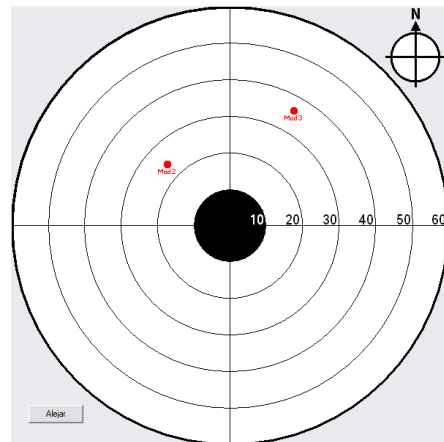
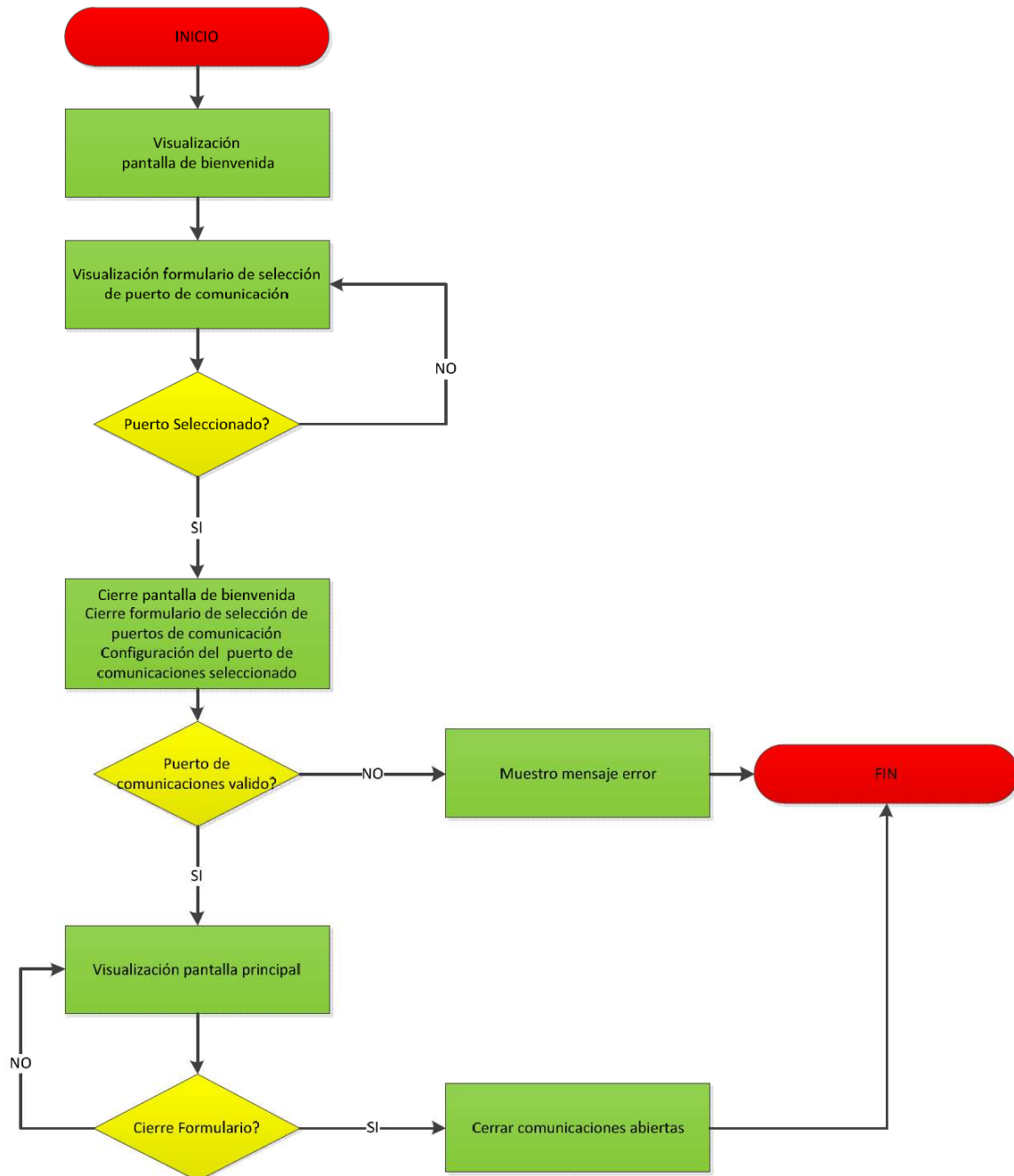
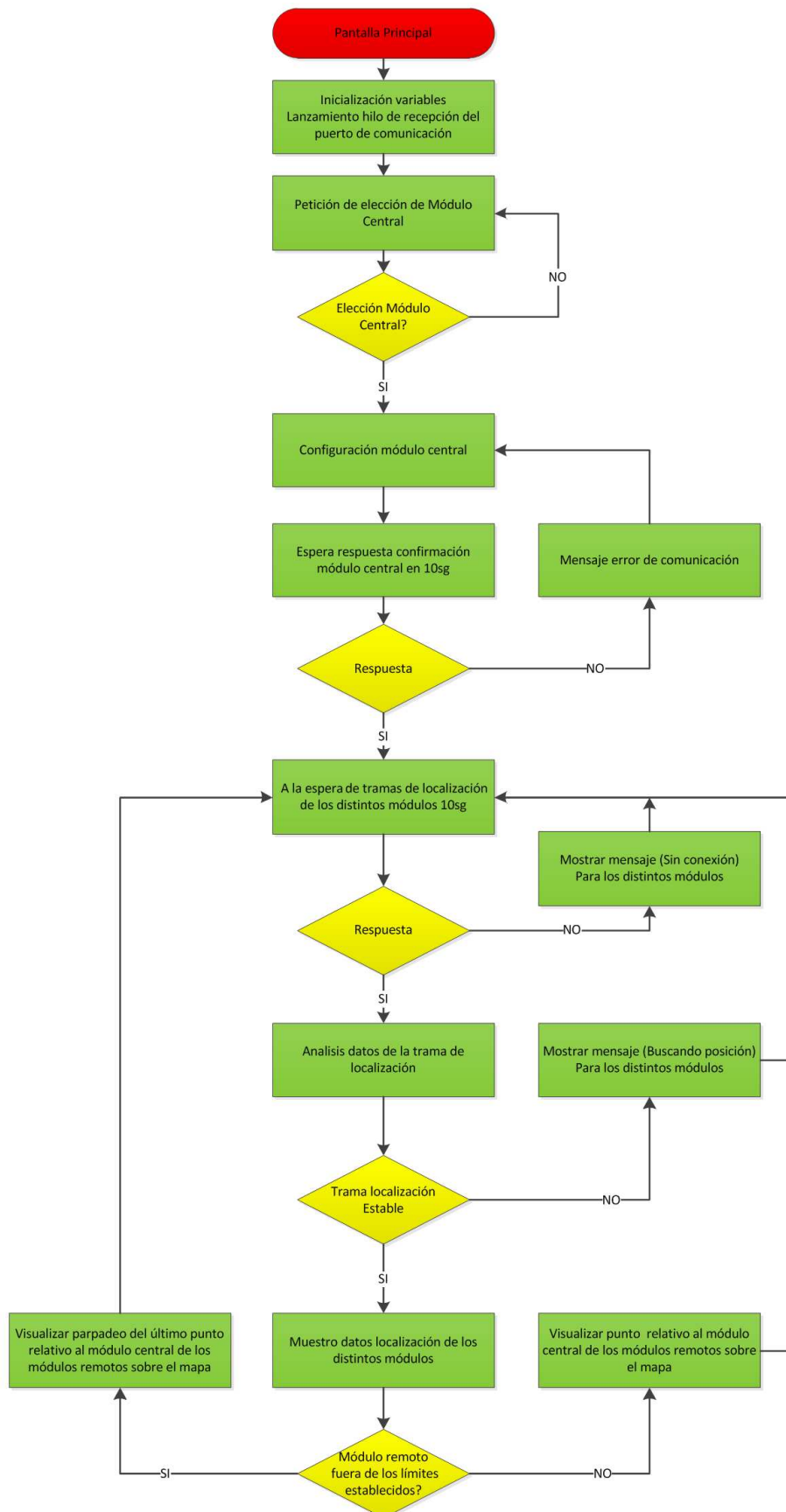


Figura 4.9 - Mapa de Situación

Además el mapa cuenta con un botón de Zoom que aumentará por diez la escala de distancia relativa que abarca el mapa.

4.4.3 Diagramas de bloques del código de programa







**Capítulo 5 Construcción prototipo
y pruebas experimentales**



5.1 Pruebas y montaje

5.1.1 *Configuración de los Xbee*

El módem XBee nos brinda multitud de parámetros configurables que nos permiten realizar una configuración óptima para el tipo de topología de red que necesitemos establecer. En el Apartado 4.2.2 se detallan los principales utilizados en el desarrollo de este proyecto.

Se escogieron los parámetros principales que hicieran posible una comunicación con la menor latencia posible de modo que el Módulo Coordinador recibiera la información de los Módulos Remotos de manera ordenada y evitando posibles colisiones de datos. En resumen se ideó un método de escaneo de canales por el cual, mediante la aplicación gráfica y por medio de comandos AT, se cambia de manera cíclica el canal en el que el Módulo Coordinador está activado.

Módulo	Parámetro	Valor asignado
Módulo Coordinador	CH	0x0C
	ID	0x3331 - 0x3333
	DH	0x00000000
	DL	0xFFFFFFFF
	MY	0x0000
	SM	0
	AP	0
Modulo Remoto 1	CH	0x0C
	ID	0x3331
	DH	0x00000000
	DL	0x00000000
	MY	0x0001
	SM	0
	AP	0

Tabla 5.1 - Parámetros Configuración XBee I

Módulo	Parámetro	Valor asignado
Módulo Remoto 2	CH	0x0C
	ID	0x3332
	DH	0x00000000
	DL	0x00000000
	MY	0x0002
	SM	0
	AP	0
Módulo Remoto 3	CH	0x0C
	ID	0x3333
	DH	0x00000000
	DL	0x00000000
	MY	0x0003
	SM	0
	AP	0

Tabla 5.2 - Parámetros Configuración XBee II

5.1.2 Pruebas de colisión de datos

Dado que XBee trabaja en una banda ISM, lo que implica que otros protocolos de comunicaciones emitan en la misma banda (por ejemplo WiFi) es necesario estudiar los posibles efectos del ruido en las comunicaciones de nuestro sistema.

Al tratarse de una comunicación digital codificada, esto sólo afectará al rango de alcance de la señal de radio entre los diferentes dispositivos. Sin embargo al no ser éste el único parámetro que afecta al alcance, se incluirá su influencia el Apartado 5.1.3 Pruebas de alcance.

5.1.3 Pruebas de alcance

El alcance de una transmisión digital codificada entre dos módulos de radio depende de varios factores: potencia de difusión de señal para los emisores, sensibilidad de recepción para los receptores, situación y orientación de las antenas, elementos intermedios que se interpongan, ruido de otras señales en la misma banda, etc.

Se ha tratado de simular un escenario cercano al del sistema objetivo, en el cual se ha supuesto el Módulo Remoto Central en la parte alta del barco dispuesto en un mástil o antena común, que le confiere un gran ángulo de visibilidad omnidireccional y una altura relativa de cuatro metros respecto a los Módulos Remotos, dispuestos a nivel del suelo asemejando el nivel del mar.

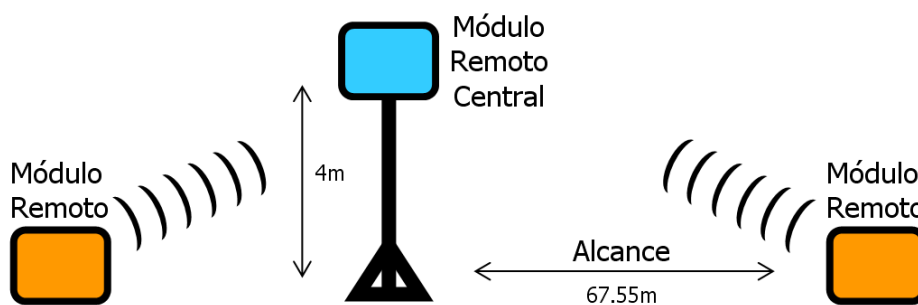


Figura 5.1 - Esquema disposición de los Módulos en las pruebas de Alcance

Para obtener datos fiables se ha medido la distancia a la que los módulos perdían la comunicación con el sistema central en una prueba múltiple en campo abierto con la disposición comentada, y con diferentes combinaciones de uno o varios Módulos Remotos emitiendo

Alcance (metros)	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	Dmedia
RC+R1	82,7	67,6	43,9	69,2	55,8	69,9	69,2	88,5	68,35
RC+R2	60,8	62,5	89,1	86,2	46,4	72,9	40	80,3	67,27
RC+R1(R2)	72,1	71	89	68,8	56	70,6	61,6	73,6	70,34
RC+R2(R1)	42,7	63,6	57,7	81,4	50,2	89,4	79,2	49,7	64,24

Tabla 5.3 - Resultados de Pruebas de Alcance

Como conclusión a los resultados obtenidos, se deduce que la distancia de alcance media entre un Módulo Remoto y el Módulo Remoto Central es independiente de si emite un solo módulo (casos $RC+R1$ y $RC+R2$) o si emiten ambos módulos de manera simultánea (casos $RC+R1(R2)$ Y $RC+R2(R1)$).

Se obtienen con estos datos un **Alcance Promedio** de **67,55m**. Los métodos para mejorarlo se verrán en el Apartado 7.2 Mejoras de Hardware.

5.1.4 Pruebas de tiempos de posicionamiento

La latencia del sistema es uno de los parámetros más críticos e importantes del sistema final. Entendemos por latencia el intervalo de tiempo desde que el individuo se encuentra en peligro hasta que el sistema señala la alarma correspondiente.

En el caso de este prototipo la latencia será mayoritariamente el tiempo que tarda el Módulo Remoto en calcular su posición GPS. El tiempo que tardarán los datos en ser enviados por radio y procesados para ser mostrados resulta insignificante (6 órdenes de magnitud menores)

Distingamos ahora los posibles tipos de arranque que puede tener un módulo GPS en función de los datos con los que cuenta cuando se le solicita que empiece a calcular su posición GPS a partir de los datos que los satélites le proporcionan:

- El arranque "en caliente" es cuando el dispositivo GPS aun recuerda su última posición calculada y los satélites aun a la vista, usa el almanaque (información sobre todos los satélites de la constelación), la hora UTC y hace un intento de leer a los mismos satélites y calcular una nueva posición basada en la información anterior. Esta es la forma más rápida de leer GPS pero sólo funciona si está en general en la misma ubicación que tenía cuando se apagó la última vez.

- El arranque "en templado" es cuando el dispositivo GPS recuerda su última posición calculada, y utiliza almanaque, y la hora UTC, pero no los satélites que estaban a la vista. A continuación, realiza un reset y los intentos de obtener las señales del satélite y calcula una nueva posición. El receptor tiene una idea general de que los satélites que buscar porque sabe que su última posición y los datos de almanaque ayuda a identificar los satélites que son visibles en el cielo. Esto requiere más tiempo que un arranque que "en caliente", pero no tanto como un arranque "en frío".
- El arranque "en frío" es cuando el dispositivo GPS empieza a recolectar toda la información, los intentos de localizar los satélites y calcula una posición de GPS. Esto requiere más tiempo porque no hay información conocida. El receptor GPS tiene que tratar de unirse a una señal de satélite de los satélites disponibles, básicamente como sondeo, que tiene mucho más que saber qué satélites para buscar. Este arranque GPS es por tanto el que más tiempo requerirá.

Las pruebas de tiempo de posicionamiento se realizaron con los 3 módulos de manera independiente con intervalos de 5 a 7 minutos entre cada medida y reposicionándolos también entre cada medida a una distancia entre 50 y 70 metros respecto a la anterior para asegurar que tenían que recalcular su posición y se supone adquiriendo los datos de los mismos satélites en la mayoría de sus medidas.

Tiempo (segundos)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
M1	59	86	82	79	72	58	52	54	65	64
M2	88	65	88	84	86	68	61	79	84	76
M3	65	78	60	63	57	71	52	79	72	68

Tabla 5.4 - Resultados Pruebas de Tiempos de posicionamiento



Como resultado de las pruebas obtenemos un **Tiempo de Posicionamiento Promedio de 40,5 segundos**, lo que puede suponer una latencia demasiado alta que deberá ser corregida en sucesivas versiones con soluciones como las propuestas en el Apartado 7.3 Mejoras en software.

5.1.5 Pruebas de autonomía de las baterías

Con los módulos cargados tal y como marca el Apartado 3.3.3 Proceso de recarga, se les ha dejado encendidos y con el GPS recibiendo una posición correcta emitida por el módulo de radio XBee hasta que el LED testigo de encendido de cada módulo se ha apagado indicando que la batería se encontraba agotada.

Tras varias repeticiones se ha llegado a la conclusión de que la autonomía de cada módulo es de unos 210 minutos (3 horas y media). Tiempo que resultó adecuado para poder realizar las pruebas de campo con una sola recarga y que supondría tiempo suficiente para localizar a la víctima en el prototipo final.

Por ello se considera que utilizar un batería de litio hace que se pueda dotar al sistema de la ligereza necesaria así como de un reducido espacio por módulo consiguiendo una autonomía aceptable.

5.2 Resultados experimentales

5.2.1 Especificaciones técnicas del sistema prototipo

En este apartado se describen las especificaciones técnicas principales que suponen parámetros importantes del prototipo, ya sea por constituir puntos a mejorar en futuras versiones o por ser relevantes para su utilización en pruebas de campo.

Topología de red

Módulos coordinadores de red	1
Módulos personales de localización	3
Módulos enrutadores/repetidores de señal	0
Sistema visualización en tiempo real	1
Alcance comunicación promedio	67,5 metros
Latencia comunicación promedio	40,5 segundos

Tabla 5.5 - Especificaciones básicas Topología de Red

Módulo Coordinador

Dimensiones	50mmL x 36mmW x 20mmH
Peso	76 g
Estanqueidad	IP61
Conectividad	USB 2.0 y Protocolo 802.15.4
Autonomía	Alimentado por USB
Consumo	<1mW

Tabla 5.6 - Especificaciones básicas Módulo Coordinador

Módulos Remotos

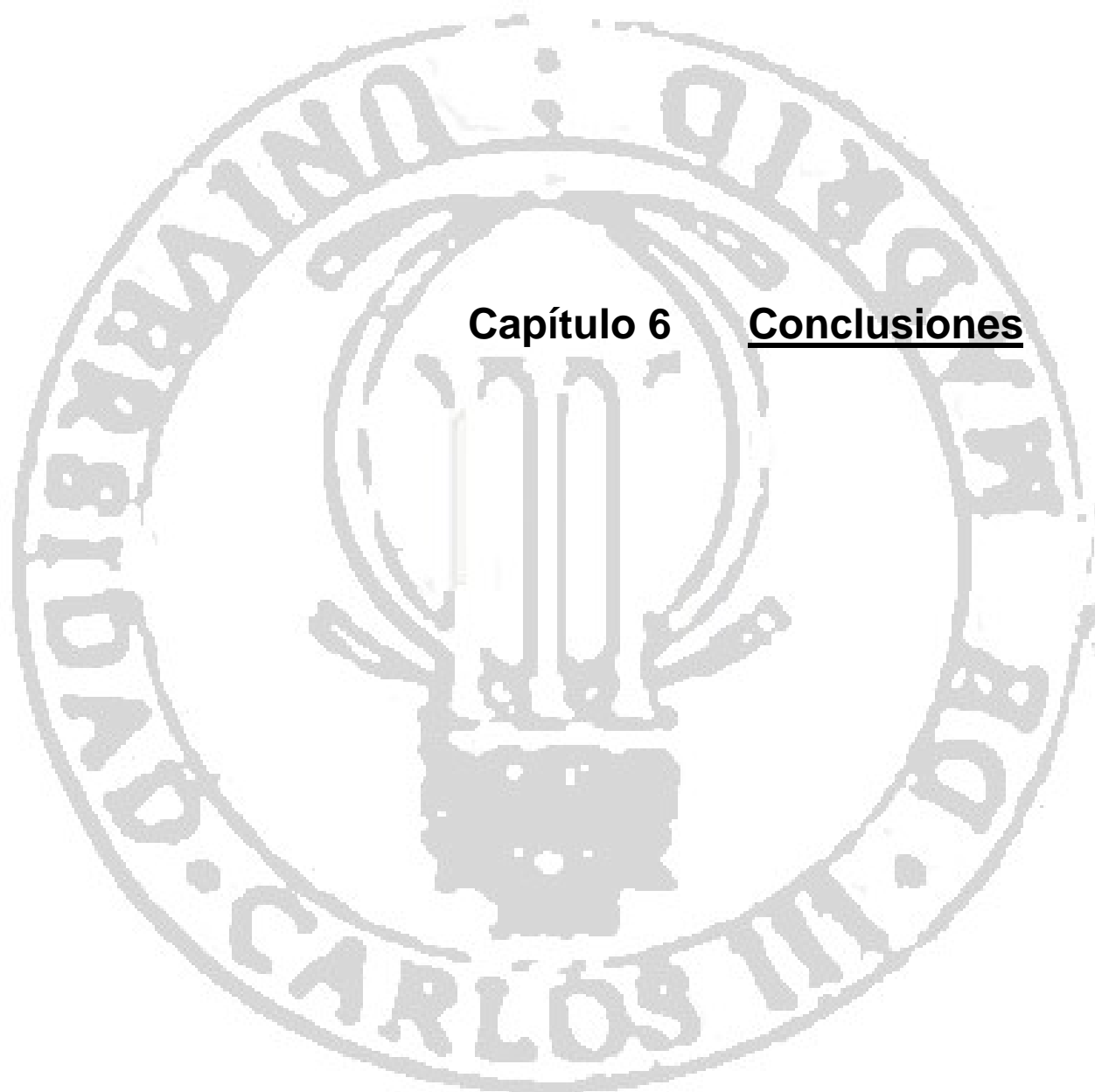
Dimensiones	131mmL x 69mmW x 46mmH
Peso	180 g
Estanqueidad	IP51
Conectividad	NEA-0183 y Protocolo 802.15.4
Autonomía	210 minutos (aprox.)
Consumo	350mW (máx.)

Tabla 5.7 - Especificaciones Técnicas Módulos Remotos

5.2.2 Especificaciones técnicas del sistema objetivo

Las especificaciones de las siguientes etapas de desarrollo del prototipo hasta llegar a un sistema comercializable, deben ser especificadas por ambas empresas involucradas en el proyecto: InTecDom S.L. y Asintec-Salvatex.

Habría que mejorar varias de las especificaciones, aunque conseguirlo para la mayoría de ellas no debería suponer un coste muy elevado ya que sólo requieren una mayor inversión en tecnología o materiales que seguramente se amortizaría con la venta del primer sistema viable instalado en el mercado.



Capítulo 6 Conclusiones

Se ha conseguido realizar con éxito un primer prototipo para un sistema de salvamento marítimo con buenos recursos en I+D y una mínima inversión económica en material y personal.

El proyecto en su conjunto, tanto la fabricación y pruebas de campo como la investigación y la documentación del mismo, ha dado como resultado un sistema prototipo fiable y útil:

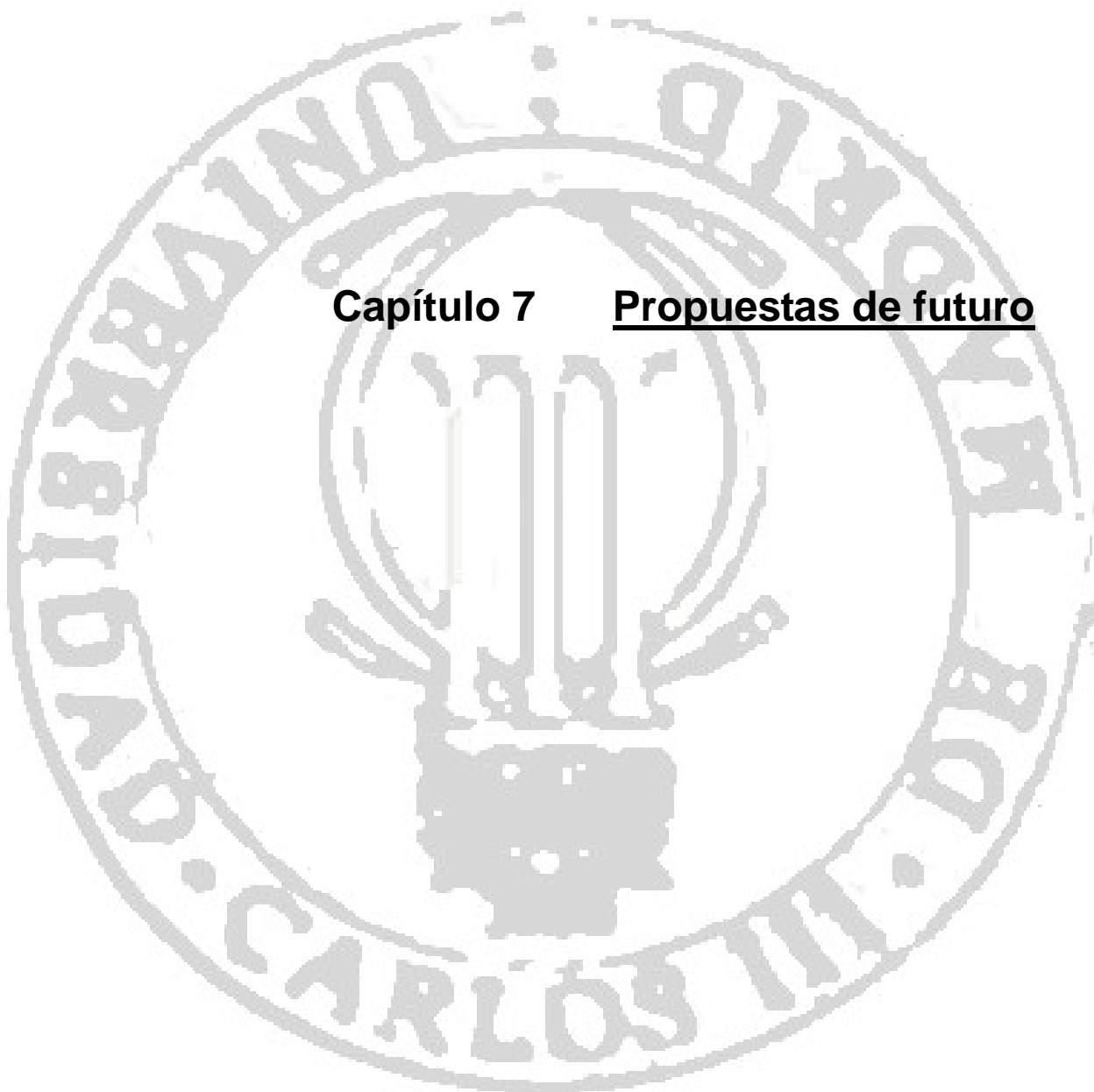
- fiable por utilizar tecnologías basadas en protocolos estandarizados e interconexiones con métodos elegidos tras un estudio exhaustivo de las posibilidades existentes en el mercado más actual
- y útil en cuanto a conseguir una imagen real de la situación de necesidad de mejora en el campo de la seguridad marítima y la posibilidad de conseguir con medios abarcables un sistema final viable y capaz de mejorar el estado de ésta.

En cuanto a cuestiones técnicas, el prototipo constituye, no sólo un modelo de red básico para hacer pruebas de campo y obtener medidas pertinentes, sino que estudia y establece los parámetros a investigar en sucesivas versiones del producto (esto se detalla en profundidad en el siguiente Capítulo 7 Propuestas de futuro)

Queda ahora en manos de ambas compañías el retomar el acuerdo de colaboración para continuar la labor de I+D y el estudio de mercado necesarios que tengan como objetivo principal conseguir resolver el problema que en un principio inspiró el planteamiento inicial de este proyecto.



Capítulo 7 Propuestas de futuro





7.1 Introducción

En este capítulo expondremos algunas de las posibles mejoras del sistema desarrollado en este proyecto y las clasificaremos en dos apartados según se trate de modificaciones referentes a hardware o software.

Se plantean mejoras en varios de los aspectos estudiados en otros capítulos de este mismo documento, añadiendo una breve reseña de lo propuesto para cada caso.

En caso de llegar a un acuerdo para continuar el desarrollo del sistema hasta el punto que pueda ser comercializable, deberán tenerse en cuenta otros aspectos técnicos tales como certificados técnicos de calidad y normativas ISO a superar, así como ampliar el estudio del estado actual del mercado para poder lanzar un producto con salida comercial.

7.2 Mejoras en hardware

7.2.1 En los Módulos Remotos

Las mejoras más evidentes pasan por reducir su tamaño y peso, principalmente en cuanto al dispositivo a integrar en el chaleco salvavidas, el Módulo Remoto.

Según los resultados del estudio de las posibles tecnologías, no parece complejo conseguir unas dimensiones mucho más reducidas y un peso bruto más ligero: bastaría con rediseñar el adaptador de niveles y conseguir una batería más ligera.

La tecnología de baterías de compuesto Li-ION resulta las más apropiada en este caso ya que, no sólo aporta una considerable disminución de peso si no que carece de pérdidas de capacidad por sometimiento a continuos ciclos de carga, conocido popularmente como *Efecto Memoria*.



Que así sea es imprescindible ya que el objetivo es fabricar un elemento integrado dentro de una prenda y la continuidad de la capacidad de la batería marcará el tiempo de vida del artículo completo, esto es, la prenda será utilizable hasta que la batería del sistema no supere una autonomía fijada.

Por otra parte, el sistema debe hacerse completamente estanco y de materiales capaces de aguantar alto niveles de corrosión: el salitre marino es altamente corrosivo en largas exposiciones.

La recarga de la batería podría realizarse mediante conectores inoxidables que aguantaran bien el clima y condiciones a que serían sometidos o bien un sistema inductivo que, aunque más costoso, permite realizar un diseño del módulo completamente estanco en un solo bloque elemental.

Para ayudar a la localización de la víctima se podría incorporar un grupo de luces LED de alta luminosidad que emitan destellos visibles a larga distancia.

Queda descartada una alarma acústica ya que el escenario sería posiblemente tan ruidoso que el nivel de volumen sería perjudicial para la propia víctima.

Otro punto importante en el que no se ha profundizado en este proyecto es cómo detectar el evento en el que el individuo cae por la borda: podría estar monitorizándose su posición continuamente pero debido al error de posición asociado al protocolo GPS sólo se podría asegurar la situación de emergencia una vez la víctima estuviera a una distancia considerable del barco, que repercute en las posibilidades de su rescate tanto como la latencia del sistema.

La alternativa que se puede considerar más viable es dotar al chaleco de detectores de inmersión que activen la alarma del módulo en el momento en que el usuario del chaleco se sumerja parcialmente al caer al mar, consiguiendo de esta forma reducir al máximo el intervalo de peligro y la actuación para su rescate.

El problema del alcance de la señal se resuelve utilizando conjuntos de varias antenas, más potentes y mejor orientadas. No afectaría demasiado a la autonomía del sistema porque los datos enviados son poca información y su emisión supone sólo una pequeña fracción de tiempo y, por tanto, de consumo.

También existe la posibilidad, utilizando el protocolo ZigBee al completo, de que existan boyas de repetición que actúen de repetidores de señal, lo que implicaría un área de alcance miles de veces mayor y una intercomunicación entre todos los barcos de una misma flota o de una misma zona costera y los puestos de seguridad marítima en tierra.

Cabe la posibilidad de dotar al sistema de sensores de actividad cardíaca y temperatura corporal para poder monitorizar en tiempo real el estado de salud de la víctima, crucial en caso de rescate para una correcta preparación del personal médico y sanitario.

7.2.2 En el Sistema Central

Las mejoras de hardware en el sistema central pasan por hacer un único sistema con diferentes versiones instalables en el puesto de controles y otra autónoma y portátil.

En cualquier caso, debe ser un sistema único que incorpore su propio hardware dedicado y diseñado de tal manera que sea rápido, cómodo e intuitivo para el usuario encargado de la seguridad de la tripulación.

La antena de recepción debería colocarse lo más alto posible para maximizar el área cubierta y tener una disposición concreta en base a los requerimientos del sistema y el método de comunicación.

7.3 Mejoras en software

Las mejoras de software pasan por minimizar la latencia de visualización de la alarma y posición y por reducir costes en cuanto al soporte de la aplicación gráfica.

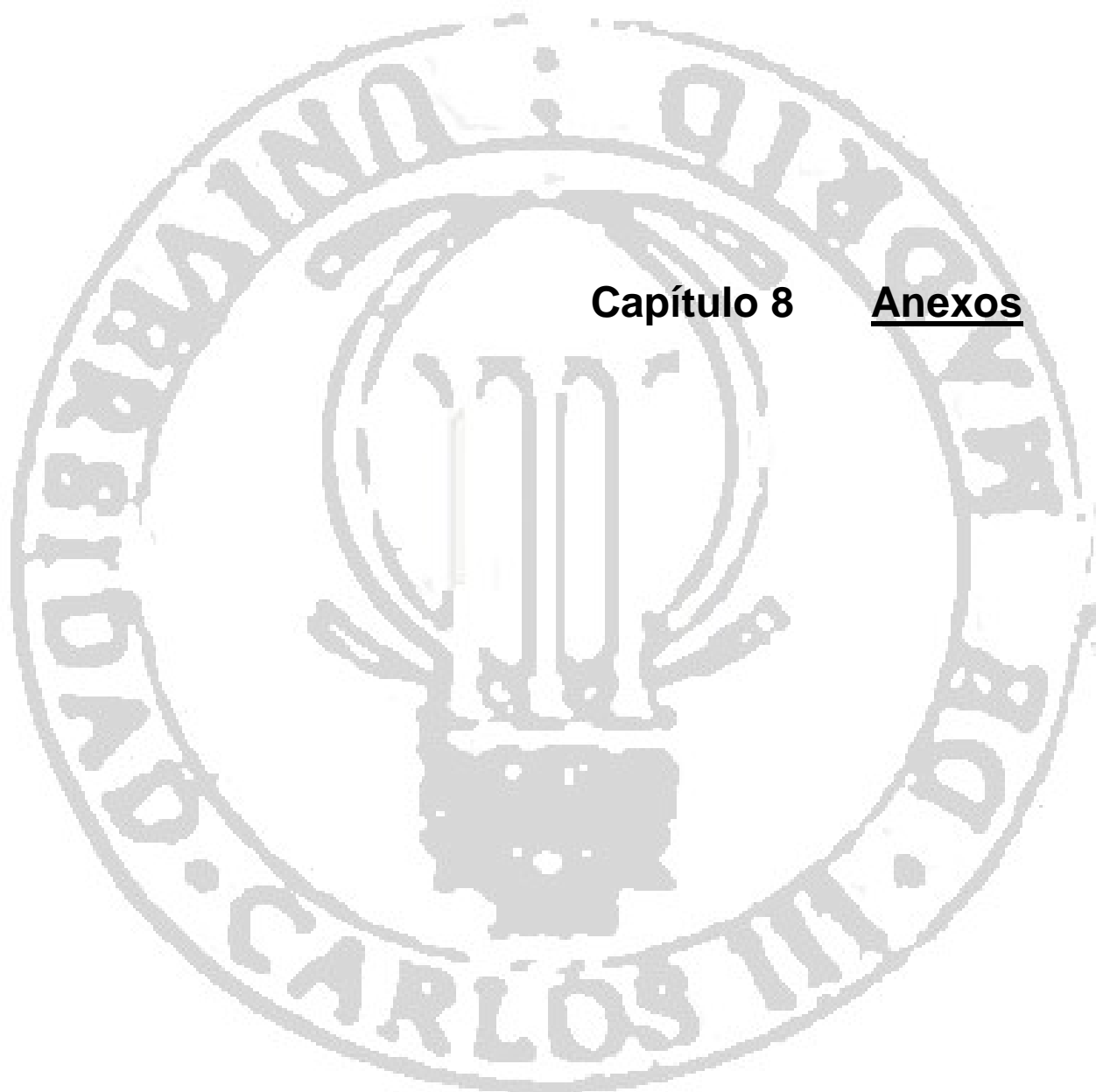
La latencia se minimizaría utilizando otros parámetros para refrescar la información obtenida por los módulos, filtrando con un sencillo microcontrolador los datos emitidos por el dispositivo GPS para minimizar el contenido a enviar (con la posibilidad de añadir datos como los obtenidos por los sensores, identificación, etc.) y principalmente utilizar dispositivos GPS cuya frecuencia de refresco fuera superior: existen modelos que recalculan su posición hasta 5 veces por segundo. Esto reduciría el problema del tiempo de visualización en casi el 80%.

Para reducir el coste de la aplicación gráfica bastaría con conseguir desarrollarla sobre la plataforma Java y utilizar una distribución básica de Linux que permitiera realizar un sistema fiable y robusto con el único coste asociado al desarrollo de las versiones de la aplicación gráfica del sistema.






Capítulo 8 **Anexos**



8.1 Hoja Técnica Lightex



TECHNICAL CHARACTERISTICS

The thermal resistance mean value of Lightex 0,5 mm thick is 0,055 m²K/W-RCT equivalent to 0,355 CLO (1 CLO=0,155RCT-m²K/W).

It is clear that Lightex 0,5 mm thick has the same thermal resistance as heavy clothes such as jackets, flannel shirts etc. Furthermore, Lightex heat and thermal insulation performances increase with temperatures up to -25°.

The thermal resistance of a material results directly from the combination of radiant, conductive and convective heat and its value depends on the contribution of each to the total heat transfer.

For what concerns thermal insulation it is enough to compare Lightex performances with all the other products which are advertised for the similar qualities and characteristics.

We could for example compare Lightex with Thinsulate (3M art. C/40) which is 4 mm thick and has an RCT = 0,12 and a CLO of 0,775.

Since heat loss is influenced by the thickness of insulation and since the various CLOs add together, if you add up the CLO values of each component, you could approximate the total value: (3M Thinsulate Insulation-Physics of Insulating: <http://cms.3m.com/cms/US/en/2-147/crzuRFW/view.jhtml>).

Therefore, in order to have the same thermal resistance of the Thinsulate C/40 (4 mm), we would only need 3 layers of Lightex (1,5 mm). Furthermore, given that Lightex is an air cushion, and since air is the best thermal insulator, Lightex is able to isolate the body keeping a constant temperature, protecting from both an extremely cold and an extremely hot weather. Lightex is the only product in the market that keeps the body - or an environment - warm only when needed.

TECHNICAL DETAILS

Closed cells polyethylene

TECHNICAL PROPERTIES	STANDARD	UNIT	VALUE	MIN	MAX
Thickness	Int.	mm	0,5		
Density	Int.	kg/m ³	32		
Weight	Int.	g/m ²	16		
Thermal Conductivity	UNI EN 12667	W/m-K	0,04	0,03	0,065
Coefficient of steam diffusion resistency	UNI EN 12086	μ	>2000		
Water absorption (after 24 hours)	ASTMD570	%	0,80	0,40	15,00
Self extinction	Int.	mm/min	<100		
Buoyancy	UNI EN 395	N	63	15	150
Working temperature	Int.	°C	72		

These technical details were found after various tests and technical analysis made by accredited laboratories within the company. These values only pertain to the technical characteristics of the expanded polyethylene and they might differ if the material is combined with other fabrics. Depending on the market, on the destination, on the utilisation of the final product and on the country where the product will be sold, the final users must take full responsibility in relation to the application or the use of the stated information, of which they must always check the final qualities and properties.



8.2 Especificaciones 802.15.4

**IEEE Standard for
Information technology—
Telecommunications and information
exchange between systems—
Local and metropolitan area networks—
Specific requirements—**

Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)

1. Overview

1.1 General

Wireless personal area networks (WPANs) are used to convey information over relatively short distances. Unlike wireless local area networks (WLANs), connections effected via WPANs involve little or no infrastructure. This feature allows small, power-efficient, inexpensive solutions to be implemented for a wide range of devices.

This document defines a standard for a low-rate WPAN (LR-WPAN).

1.2 Scope

The scope of this revision is to produce specific enhancements and corrections to IEEE Std 802.15.4, all of which will be backwards compatible with IEEE Std 802.15.4-2003. These enhancements and corrections include resolving ambiguities, reducing unnecessary complexity, increasing flexibility in security key usage, considerations for newly available frequency allocations, and others.

IEEE Std 802.15.4 defines the physical layer (PHY) and medium access control (MAC) sublayer specifications for low-data-rate wireless connectivity with fixed, portable, and moving devices with no battery or very limited battery consumption requirements typically operating in the personal operating space (POS) of 10 m. It is foreseen that, depending on the application, a longer range at a lower data rate may be an acceptable tradeoff.

It is the intent of this revision to work toward a level of coexistence with other wireless devices in conjunction with Coexistence Task Groups, such as IEEE 802.15.2 and IEEE 802.11/ETSI-BRAN/MMAC 5GSG.

1.3 Purpose

The purpose of this revision is to extend the market applicability of IEEE Std 802.15.4 and to remove ambiguities in the standard. Implementations of the 2003 edition of this standard have revealed potential areas of improvements. Additional frequency bands are being made available in various countries that are attractive for this application space.

IEEE
Std 802.15.4-2006

LOCAL AND METROPOLITAN AREA NETWORKS—PART 15.4:

8.3 Hoja técnica GPS EM-408



EM-408

Version 1.4.1

1. Product Information

- Product Part I.D. **EM-408**
- Product Description

The EM-408 GPS engine board is low cost but maintains high reliability and accuracy making it an ideal choice for integration with OEM/ODM systems. The EM-408 features an integrated patch antenna for complete implementation.

■ Product Features

- ✓ SiRF Star III high performance GPS chipset
- ✓ Very high sensitivity (Tracking Sensitivity: -159dBm)
- ✓ Extremely fast TTFF (Time To First Fix) at low signal levels
- ✓ Supports the NMEA 0183 data protocol
- ✓ Built-in SuperCap to maintain system data for rapid satellite acquisition
- ✓ Built-in patch antenna
- ✓ Foliage Lock for weak signal tracking
- ✓ Compact in size
- ✓ All-in-view 20-channel parallel processing
- ✓ Superior urban canyon performance
- ✓ WAAS / EGNOS support
- ✓ RoHS compliant

■ Product Specifications

GPS Receiver	
Chipset	SiRF Star III/LP Single
Frequency	L1, 1575.42 MHz
Code	1.023 MHz chip rate
Protocol	Electrical Level: TTL level, Output Voltage Level: 0V~2.85V Baud Rate: 4800 bps ~ 57,600bps (adjustable) Output Message: NMEA 0183 GGA, GSA, GSV, RMC (VTG, GLL optional)
Channels	20

Specifications are subject to be changed without notice.



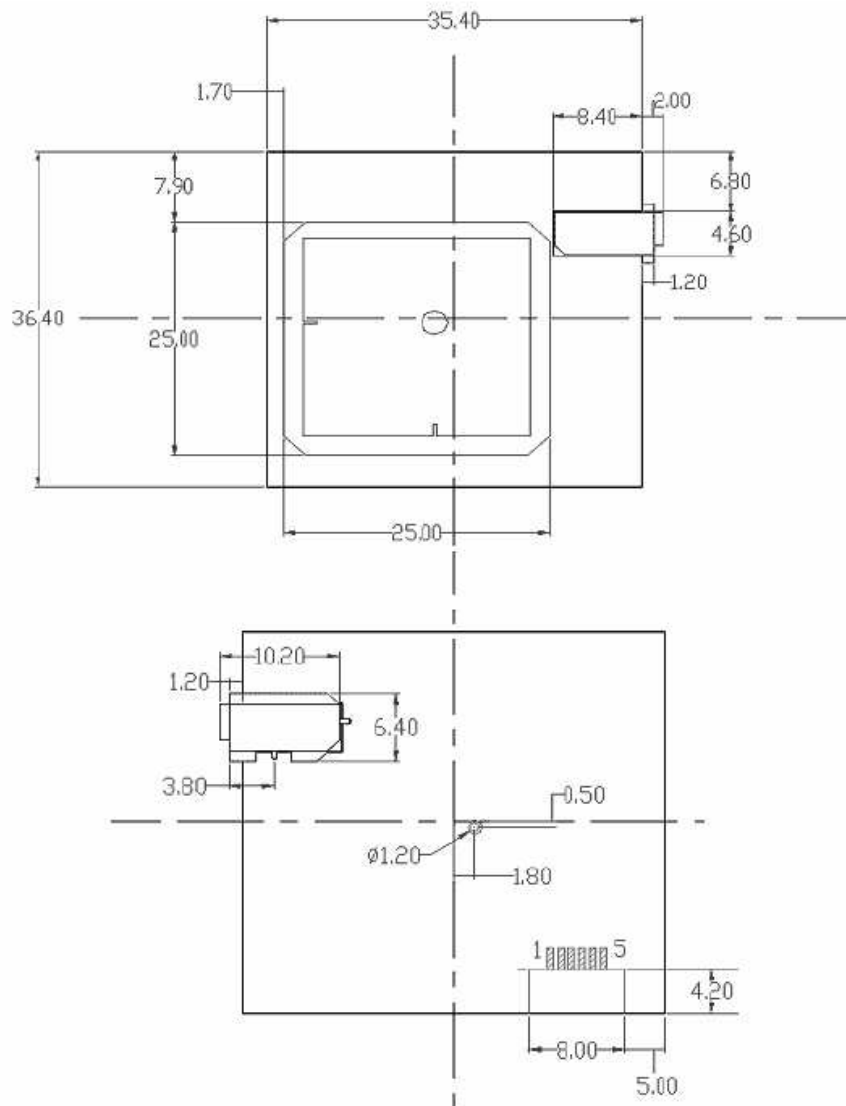
EM-408

Version 1.4.1

Sensitivity	-159dBm
Cold Start	42 seconds average
Warm Start	38 seconds average
Hot Start	8 second average
Reacquisition	0.1 second average
Accuracy	Position: 10 meters, 2D RMS 5 meters, 2D RMS, WAAS enabled Velocity: 0.1 ms Time: 1μs synchronized to GPS time
Maximum Altitude	18,000 meters (60,000 feet) max
Maximum Velocity	515 meter/second (1000 knots) max
Maximum Acceleration	4G
Datum	WGS-84
Jerk Limit	20m/sec **3
Physical Characteristics	
Dimensions	1.4" x 1.4" x 0.3" (36.4 x 35.4 x 8.3mm)
DC Characteristics	
Power Supply	3.3V DC Input
Power Consumption	44mA (Continuous Mode) 25mA (Trickle Power Mode)
Environmental Range	
Humidity Range	5% to 95% non-condensing
Operation Temperature	-40F to +185F (-40C to 85C)

2. Technical Information

■ Physical Characteristics



8.4 Hoja Técnica XBee-PRO 802.15.4

Módulos RF versión OEM XBee™

Modulos de RF ZigBee™/802.15.4 versión OEM fabricados por MaxStream, Inc.

XBee™

Alcance para ambientes interiores/zonas urbanas:
hasta 100' (30 m)

Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores
(con antena dipolo): hasta 300' (100 m)

Potencia de Salida de Transmisión: 1 mW (0 dBm)
Corriente Power-Down: < 10 µA
Frecuencia de Operación: 2.4 GHz
Velocidad de datos en RF: 250,000 bps

XBee-PRO™

Alcance para ambientes interiores / zonas urbanas:
hasta 300' (100 m)

Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores (con antena dipolo):
hasta 4000' (1200 m)

Potencia de Salida de Transmisión: 100 mW (20 dBm) EIRP
Corriente de Recepción: < 10 µA
Frecuencia de Operación: 2.4 GHz
Velocidad de datos en RF: 250,000 bps

Intercambiables

*También están disponibles
paquetes de interfase
RS-232 & USB*

Explicación de Características

\$ Relación de Precio con Rendimiento.
Debido a las innovaciones incluidas en el diseño de los XBee-PRO se obtuvieron beneficios en la calidad final del producto del rango de 2 a 3 veces sobre los módulos de la competencia. Esto ha permitido que los usuarios de las versiones OEM y los integradores puedan cubrir mayores extensiones de campo usando pocos dispositivos. Adicionalmente, los Módulos XBee son fáciles de usar y, de allí que, el costo del desarrollo de un sistema de datos se reduzca enormemente.

µA Baja Potencia de Consumo.
Los Módulos XBee utilizan poca potencia (45 mA de corriente de Transmisión para el XBee, 270 mA para el XBee-PRO). Adicionalmente los modos 'sueño', están disponibles, permitiendo corrientes power-down que alcanzan valores inferiores a 10 µA.

RxS Sensibilidad del Receptor.
Los Módulos de MaxStream 'escuchan' lo que otros no pueden; por eso es que nuestros Módems suministran alcances mas grandes y confiabilidad en los enlaces inalámbricos. Por cada 6 dBm ganados en la potencia de Transmisión o en la Sensibilidad de Recepción, los OEM e Integradores pueden doblar el alcance de un enlace inalámbrico. Los Módulos XBee superan a otros módems de mas alto costo, debido en gran parte a que, el incremento de alcance obtenido es logrado con una sensibilidad superior del Receptor.

FC CE Aprobados por la FCC (U.S.A.) & IC (Canadá).
Contacte con MaxStream para obtener una lista completa de certificaciones.
Los Sistemas que contienen Módulos XBee heredan las certificaciones MaxStream. Contacte con MaxStream para obtener una lista completa de aprobaciones de agencias de Gobierno.

Muestra de Aplicaciones

Sistemas de Seguridad & Controles de Iluminación

Automatización de Casas (DOMOTICA)

Aparatos domésticos & Alarmas de Incendio/CO2

Monitorización de sistemas remotos

Colección de datos de un sensor en sistemas incorporados

¡Llámenos Hoy mismo!

- Las Consultas de RF son gratis
- Se dan Descuentos por Volumen
- Se proporciona el precio del Kit de Desarrollo
- Se Habla Español

(866) 765-9885 para llamadas gratis dentro de U.S. & Canadá
(801) 765-9885 para llamadas desde cualquier parte del mundo
www.maxstream.net

Modulos de RF versión OEM XBee & XBee-PRO 2.4 GHz

Especificaciones		XBee 	XBee-PRO 
Rendimiento	Alcance en ambientes interiores/zonas urbanas	hasta 100' (30 m)	hasta 300' (100 m)
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores	hasta 300' (100 m)	hasta 4000' (1200 m)
	Potencia de Salida en Transmisión	1 mW (0 dBm)	60 mW (18 dBm), 100 mW EIRP
	Régimen RF de datos	250,000 bps	250,000 bps
	Sensibilidad del Receptor	-92 dBm (1% PER)	-100 dBm (1% PER)
Requerimientos de Potencia	Suministro de Voltaje	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
	Corriente de Transmisión (típico)	45 mA @ 3.3 V	270 mA @ 3.3 V
	Corriente de Recepción (típico)	50 mA @ 3.3 V	55 mA @ 3.3 V
	Corriente Power-Down	< 10 µA	< 10 µA
Información General	Frecuencia	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
	Dimensiones	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
	Temperatura de Operación	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
	Opciones de Antena	Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena	Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena
Trabajo en Red y Seguridad	Topologías permitidas en la Red	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh
	Número de Canales	16 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)	12 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)
	Capas de Filtración de la Red	PAN ID & Direcciones 64-bit	PAN ID & Direcciones 64-bit
Aprobaciones de la Agencia	FCC Parte 15.247	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
	Industry Canada (IC)	4214A-XBEE	4214A-XBEEPRO
	Europe	ETSI	ETSI

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Dibujos Mecánicos




MaxStream[®]
 355 South 520 West, 180
 London, UT 84042
 © 2005 MaxStream, Inc.


Para lograr lo mejor en Soluciones Inalámbricas de Datos y Soporte Técnico, sírvase contactar con MaxStream, Inc Se Habla Español

teléfono: (866) 765-9885 (Para llamadas gratis dentro de U.S.A. & Canadá)
 (801) 765-9885 (Para llamadas desde cualquier parte del mundo)

fax: (801) 765-9895

web: www.maxstream.net (Tenemos un canal para CHAT en vivo así como muchos otros recursos para brindarle el mejor servicio)

8.5 Hoja Técnica XBee USB Board



XBee - USB Board
990.002
V2.0

Description

The XBee - USB Board has been designed to allow an easy and reliable connection between the XBee's modules and PC. XBee and XBeePRO modules are fully supported.

The rock solid construction, the soft start circuitry and the high power voltage regulator, ensure the maximum reliability and full performances of the XBee module.

Four useful LEDs allow constant monitoring of the board activity and fast troubleshooting.

A Features Connector provides the most important connections with the XBee module and the USB chip adding great flexibility to this board.

The USB Mini B connector ensures a compact and easy to use board. Now with a USB to Serial connector, the 990.002 can be used as an USB to Serial converter!

XBee and XBeePRO are Trademarks of Maxstream, Inc.

Technical Specifications

- **XBee Modules:** XBee and XBeePRO are fully supported. XBee Series 2 are also supported.
- **USB Port:** a powered (500mA) USB 1.0/2.0 port is required.
- **3.3V OUT - Output Power:** depends on the XBee module used. About 300mA available with XBee, and 140mA with XBeePRO modules.
- **Dimensions:** 52 x 35 mm - max height 7 mm without Xbee module.

Features

RSSI and ASSOCIATE LEDs to monitor Xbee activity

TX and RX LEDs to monitor serial activity between the Xbee module and the USB chip

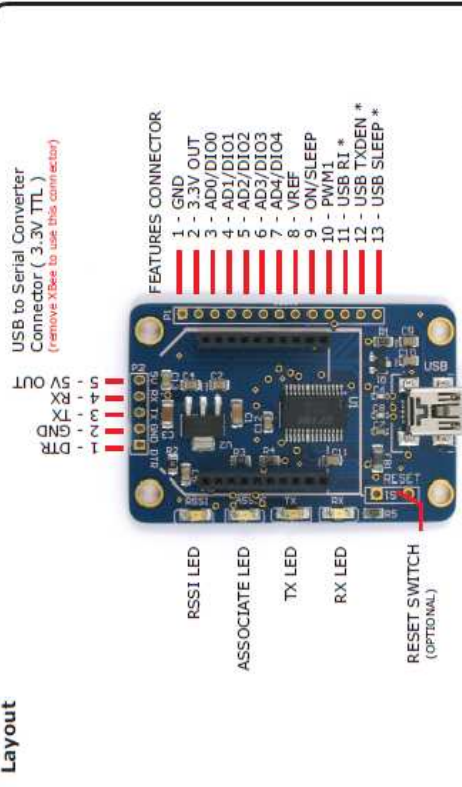
3.3V OUT to power external devices (MCU's, boards, etc)

Soft Start circuitry to maximize reliability

Features Connector to access the most important Xbee and USB connections

USB to Serial Connector: use this board as a USB to Serial Converter

Layout



USB to Serial Converter Connector (3.3V TTL)
(remove Xbee to use this connector)

FEATURES CONNECTOR

- 1 - GND
- 2 - 3.3V OUT
- 3 - AD0/DIO0
- 4 - AD1/DIO1
- 5 - AD2/DIO2
- 6 - AD3/DIO3
- 7 - AD4/DIO4
- 8 - VREF
- 9 - ON/SLEEP
- 10 - PWM1
- 11 - USB RT *
- 12 - USB TXDEN *
- 13 - USB SLEEP *

RSSI LED

ASSOCIATE LED

TX LED

RX LED

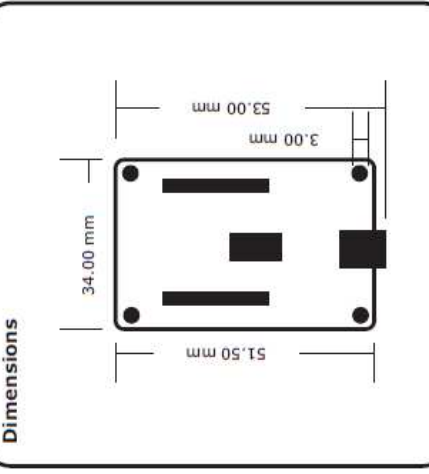
RESET SWITCH (OPTIONAL)

USB MINI B

RoHS Compliant

* Refer to the FTDI FT232RL Datasheet (www.ftdichip.com)

Dimensions



Notes

.....

.....

.....

.....


.....

Links

XBee Modules and Documentation:
www.maxstream.net

USB Drivers and Documentation:
www.ftdichip.com

Applications



USB to Zigbee

USB to Bluetooth

USB to RS232 TTL

PROIDS SAS
00139 ROMA ITALY
www.proids.it
info@proids.it

8.6 Hoja Técnica XBee Serial Board

TO SERIAL DEVICES

RoHS Compliant

Layout

1 2 3 4 5 6 7 8 9

- VIN
- GND
- 3.3V
- GND
- VIN
- RTS
- CTS
- DTR
- TX
- RX
- GND

Technical Specifications

3.3V OUT - Output Power: depends on the Xbee module used. About 300mA available with Xbee, and 140mA with XbeePRO modules.

VIN - Power Requirements: source power 4VDC to 8VDC

Dimensions: 33 x 48 mm - max height 13 mm (without Xbee)

Features

- TX, Associated and RSSI LEDs** to monitor Serial and Xbee activity
- Hardware Handshaking** full supported
- Energy Saving Mode** when the Xbee go in Sleep Mode, the serial chip do the same
- Feature Connector** useful for programming the Xbee, powering the module from a 3.3V source or power a 3.3V external device. Can be used as a serial level converter too.

Sample application

Serial Connector

Back View

Notes:

DRUIDS SAS
 00139 ROMA ITALY
 www.druids.it
 info@druids.it

Description

This is a DTE (Data Terminal Equipment) serial module, it means you can connect this device to any DCE (Data Communication Equipment) such as Modems or any DCE device equipped with a female DB9 connector.

Using our 990.002 USB Xbee Board on a PC and this module on the device, you can easily transform every serial cable in a wireless connection with a maximum speed of 115K Baud and a distance of up to 1.2Km.

You can use any of the Series1 or Series2 Xbee modules and make a reliable and fast serial network in minutes.

Three useful LED's show the TX activity of the Board and the signal strenght (RSSI) the third LED show the associated status. You can change the function of some LED in the Xbee EEPROM.

The feature connector is useful to program the Xbee or for powering external 3.3V devices. You can also use this module as serial level converter for 3.3V TTL signals.

Note

The DB9 Connector is Male type, it is like the serial port connector of computers.

Layout

Technical Specifications

3.3V OUT - Output Power: depends on the Xbee module used. About 300mA available with Xbee, and 140mA with XbeePRO modules.

VIN - Power Requirements: source power 4VDC to 8VDC

Dimensions: 33 x 48 mm - max height 13 mm (without Xbee)

Features

- TX, Associated and RSSI LEDs** to monitor Serial and Xbee activity
- Hardware Handshaking** full supported
- Energy Saving Mode** when the Xbee go in Sleep Mode, the serial chip do the same
- Feature Connector** useful for programming the Xbee, powering the module from a 3.3V source or power a 3.3V external device. Can be used as a serial level converter too.

Serial Connector

Back View

Notes:

DRUIDS SAS
 00139 ROMA ITALY
 www.druids.it
 info@druids.it

Description

This is a DTE (Data Terminal Equipment) serial module, it means you can connect this device to any DCE (Data Communication Equipment) such as Modems or any DCE device equipped with a female DB9 connector.

Using our 990.002 USB Xbee Board on a PC and this module on the device, you can easily transform every serial cable in a wireless connection with a maximum speed of 115K Baud and a distance of up to 1.2Km.

You can use any of the Series1 or Series2 Xbee modules and make a reliable and fast serial network in minutes.

Three useful LED's show the TX activity of the Board and the signal strenght (RSSI) the third LED show the associated status. You can change the function of some LED in the Xbee EEPROM.

The feature connector is useful to program the Xbee or for powering external 3.3V devices. You can also use this module as serial level converter for 3.3V TTL signals.

Note

The DB9 Connector is Male type, it is like the serial port connector of computers.

Layout

Technical Specifications

3.3V OUT - Output Power: depends on the Xbee module used. About 300mA available with Xbee, and 140mA with XbeePRO modules.

VIN - Power Requirements: source power 4VDC to 8VDC

Dimensions: 33 x 48 mm - max height 13 mm (without Xbee)

Features

- TX, Associated and RSSI LEDs** to monitor Serial and Xbee activity
- Hardware Handshaking** full supported
- Energy Saving Mode** when the Xbee go in Sleep Mode, the serial chip do the same
- Feature Connector** useful for programming the Xbee, powering the module from a 3.3V source or power a 3.3V external device. Can be used as a serial level converter too.

Serial Connector

Back View

Notes:

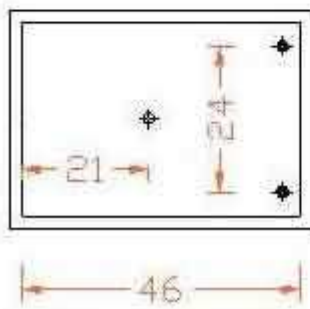
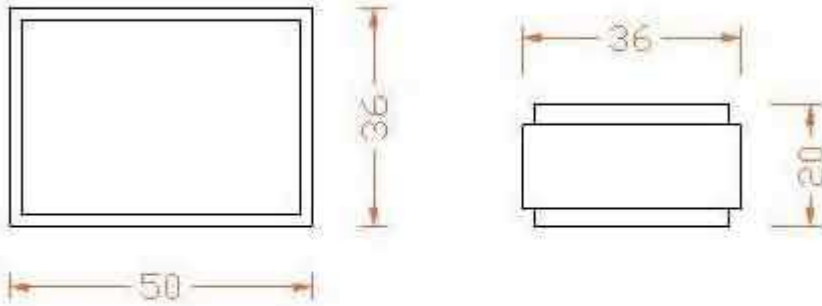
DRUIDS SAS
 00139 ROMA ITALY
 www.druids.it
 info@druids.it

8.7 Hoja Técnica Caja PP-40

Evatron Plastic Enclosures Ltd

Tel 01908 675121 Fax 01908 200148

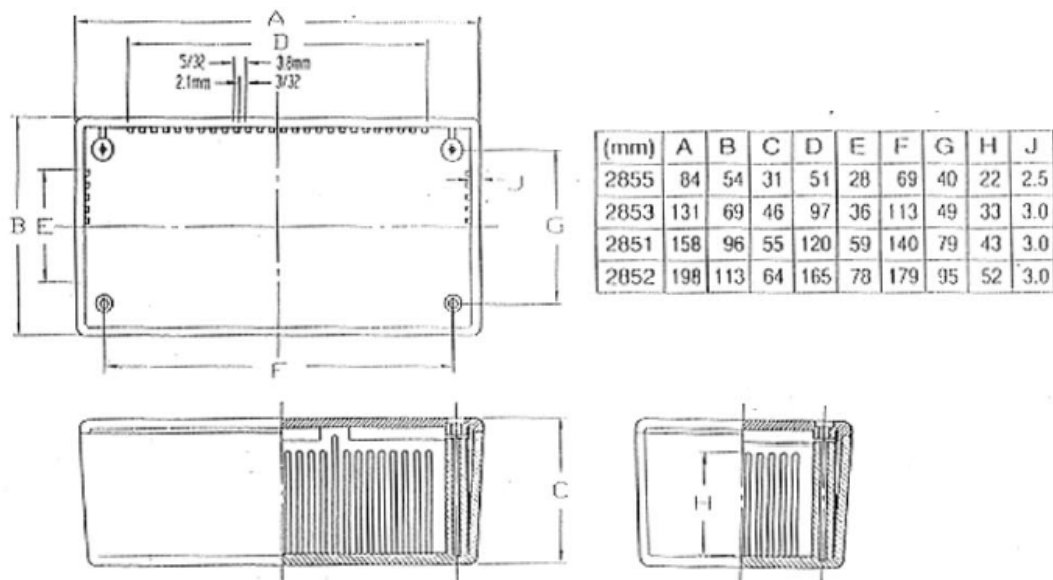
www.evatron.com Email sales@evatron.com



PP40

8.8 Hoja Técnica Caja WCAH2853

WCAH2851
WCAH2852
WCAH2853
WCAH2855



8.9 Índice IP sobre Nivel de Estanqueidad

Fecha: 04/02/2009

ÍNDICE DE PROTECCIÓN (I.P.) Nivel de estanqueidad de los productos

El índice de protección IP caracteriza el nivel de estanqueidad de los productos. La primera cifra corresponde al nivel de protección contra los cuerpos sólidos y la segunda contra los líquidos (ejemplo : IP67).
NORMAS: CEI 60529, EN 60529, NBN C 20-529 (1992)

1a cifra	Protección contra cuerpos sólidos	2a cifra	Protección contra cuerpos líquidos
IP	Descripción	IP	Descripción
0	Ninguna protección	0	Ninguna protección
1	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej: contacto involuntario de la mano)	1	Protección contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)
2	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm (ej: dedos)	2	Protección contra las caídas de gotas de agua con hasta 15° de la vertical
3	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej: herramientas, tornillos)	3	Protección contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej: destornillador, hilos)	4	Protección contra las salpicaduras de agua de cualquier dirección
5	Protección contra los residuos de polvo	5	Protección contra los chorros de agua de cualquier dirección con manguera
6	Protección total contra la penetración del polvo (estanqueidad)	6	Protección contra las salpicaduras de agua como los golpes de mar
		7	Protección contra los efectos de inmersión
		8	Protección contra los efectos de inmersión prolongada según condiciones especificadas

IP69K - Protección contra las salpicaduras de agua de cualquier dirección y con una presión aumentada de manera considerable (según la norma DIN40050-9). Una letra añadida después de la última cifra, como en el caso del IP 69K, ofrece informaciones adicionales, la letra « K » en particular caracteriza los vehículos viarios - es la norma DIN 40050 (parte 9) que tiene efecto en este caso. Describe la protección de aparatos eléctricos de vehículos viarios contra cuerpos desconocidos, polvos y contra la penetración de agua. Describe la limpieza de alta presión con agua pura bajo una presión del agua incluida entre 8000 y 10000 kPa y a una temperatura del agua de 80°C - el tiempo de inyección es de 30 segundos por posición.

Como este método de prueba se distingue claramente de las otras pruebas de IP, los aparatos de sigla IP 69K no presentan automáticamente el índice de protección IP 67 o IP 68. Solos los aparatos de índice de protección hasta IP 67 presentan también índices de protección inferiores.

8.10 Hoja técnica Baterías Accu-NiMh C 2A

TRIDONIC

Emergency lighting units
Batteries



NiMH Accus 2.0 – 4.0 Ah for 45 – 55 °C
Nickel-metal hydride cells (NiMH)

Product description

- High-temperature NiMH cells for use with emergency lighting units

Properties

- Cadmium free
- Constant high-temperature operation at 55 °C (2.0 Ah) or 45 °C / 50 °C (4.0 Ah) – depending on the emergency lighting unit used
- Low profile, cross-section 22 mm (without end caps)
- Good charging properties at high temperature
- High energy maintenance of the charged battery
- 4 year life in operation
- Certified quality manufacturer
- In various configurations
- Simple connection with blade terminal
- With polycarbonate fixing caps and connecting cable
- Electrical connection with mounted end caps possible
- Complies with IEC 61951-2 (constant charging load test)
- Suitable for emergency lighting equipment as per EC 60598-2-22



Standards, page 3



Fig. 1: Stick

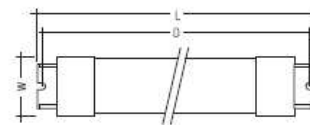


Fig. 2: Stick + Stick

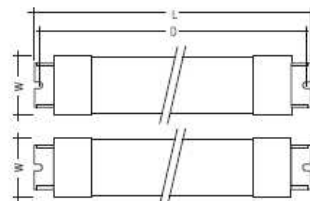
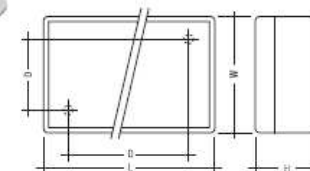


Fig. 3: Side by side



Technical data

Battery voltage per cell	1.2V
Battery casing temp. 2.0 Ah Cs (life of 4 years)	0 ... +55 °C
Battery casing temp. 4.0 Ah Cs (life of 4 years)	0 ... +45 / +50 °C depending on the emergency lighting unit used

Emergency lighting units
Batteries

Ordering data

Type	Article number	Number of cells	Capacity	Packaging, carton	Packaging, outer box	Weight per piece
NiMH C_s cells - stick						
Accu-NiMH 4Ah C 3A	89899054	1 x 3	4 Ah	5 pieces	25 pieces	0.25 kg
Accu-NiMH 4Ah C 4A	89899050	1 x 4	4 Ah	5 pieces	25 pieces	0.30 kg
Accu-NiMH 4Ah C 5A	89899051	1 x 5	4 Ah	5 pieces	25 pieces	0.40 kg
Accu-NiMH 4Ah C 6A	89899052	1 x 6	4 Ah	5 pieces	25 pieces	0.45 kg
Accu-NiMH C 2A	89899755	1 x 2	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.10 kg
Accu-NiMH C 3A	89899744	1 x 3	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.15 kg
Accu-NiMH C 4A	89899700	1 x 4	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.20 kg
Accu-NiMH C 5A	89899703	1 x 5	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.25 kg
Accu-NiMH C 6A	89899706	1 x 6	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.30 kg
NiMH C_s cells - stick + stick						
Accu-NiMH 4Ah C 6C	89899053	3 + 3	4 Ah	5 pieces	25 pieces	0.45 kg
Accu-NiMH C 6C	89899707	3 + 3	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.30 kg
NiMH C_s cells - side by side						
Accu-NiMH C 5B	89899704	5 x 1	2 Ah	5 pieces	25 pieces	0.25 kg

Specific technical data

Type	Number of cells	Capacity	Article number	Image	Length L	Hole spacing D	Width B	Height H
NiMH C_s cells - stick, 4 Ah								
Accu-NiMH 4Ah C 3A	3	4 Ah	89899054	1	215 mm	200 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH 4Ah C 4A	4	4 Ah	89899050	1	276 mm	260 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH 4Ah C 5A	5	4 Ah	89899051	1	336 mm	320 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH 4Ah C 6A	6	4 Ah	89899052	1	396 mm	380 mm	26 mm	26 mm
NiMH C_s cells - stick + stick, 4 Ah								
Accu-NiMH 4Ah C 6C	6	4 Ah	89899053	2	215 mm	200 mm	26 mm	26 mm
NiMH C_s cells - stick, 2 Ah								
Accu-NiMH C 2A	2	2 Ah	89899755	1	119 mm	104 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH C 3A	3	2 Ah	89899744	1	162 mm	148 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH C 4A	4	2 Ah	89899700	1	205 mm	190 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH C 5A	5	2 Ah	89899703	1	247 mm	232 mm	26 mm	26 mm
Accu-NiMH C 6A	6	2 Ah	89899706	1	290 mm	275 mm	26 mm	26 mm
NiMH C_s cells - stick + stick, 2 Ah								
Accu-NiMH C 6C	6	2 Ah	89899707	2	162 mm	148 mm	26 mm	26 mm
NiMH C_s cells - side by side, 2 Ah								
Accu-NiMH C 5B	5	2 Ah	89899704	3	148 mm	40 x 96 mm	54 mm	26 mm

8.11 Hoja Técnica Cargador de Baterías MW6168V

Universal Ni-Cad/Ni-MH Battery Charger



A universal desktop Ni-Cad/Ni-MH battery charger/discharger with selectable output voltage and charge current. The charger is able to detect voltage change and will automatically switch from fast charge to trickle charge when the battery has been fully recharged. The charger is reverse polarity protected.

- Selectable output voltage (2.8V to 14.0V) for 2-10 battery cells
- Selectable charge current 500mA/1000mA
- Detects transient voltage change
- Discharge function
- Reverse polarity, short circuit and overload protection
- Supplied with Tamiya plug and crocodile clip connectors, and detachable jack plug

Technical Data

Input Voltage	230V ac 50Hz 2.8V (2 cells)/5.6V (4 cells)/7.0V
Selectable Output Voltage	(5 cells)/8.4V (6 cells)/9.8V (7 cells)/11.2V (8 cells)/14.0V (10 cells)
Selectable Charge Current	500mA/1000mA 2.5-5 hours (depending on battery capacity)
Charge Time	Fast Charge (Red)
LED Charge Status	Trickle Charge (Green)
Dimensions (WxHxD)	Discharge (Yellow) 76x60x122mm



8.12 Código Fuente Aplicación Gráfica

8.12.1 *Project1.cpp*

```

#include <vcl.h>
#pragma hdrstop
#include "Inicio.h"
#include "Unit3.h"
USEFORM("Inicio.cpp", Form1);
USEFORM("Unit2.cpp", Form2);
USEFORM("Unit3.cpp", Form3);
WINAPI WinMain(HINSTANCE, HINSTANCE, LPSTR, int)
{
    try
    {
        Application->Initialize();
        Form1 = new TForm1 (static_cast<void *>(NULL));
        Form3 = new TForm3 (static_cast<void *>(NULL));
        Form1->Show();
        Form1->Refresh();
        Sleep(1000);
        Application->CreateForm(__classid(TForm2), &Form2);
        Form1->Free();
        Application->Run();
    }
    catch (Exception &exception)
    {
        Application->ShowException(&exception);
    }
    catch (...)
    {
        try
        {
            throw Exception("");
        }
        catch (Exception &exception)
        {
            Application->ShowException(&exception);
        }
    }
    return 0;
}

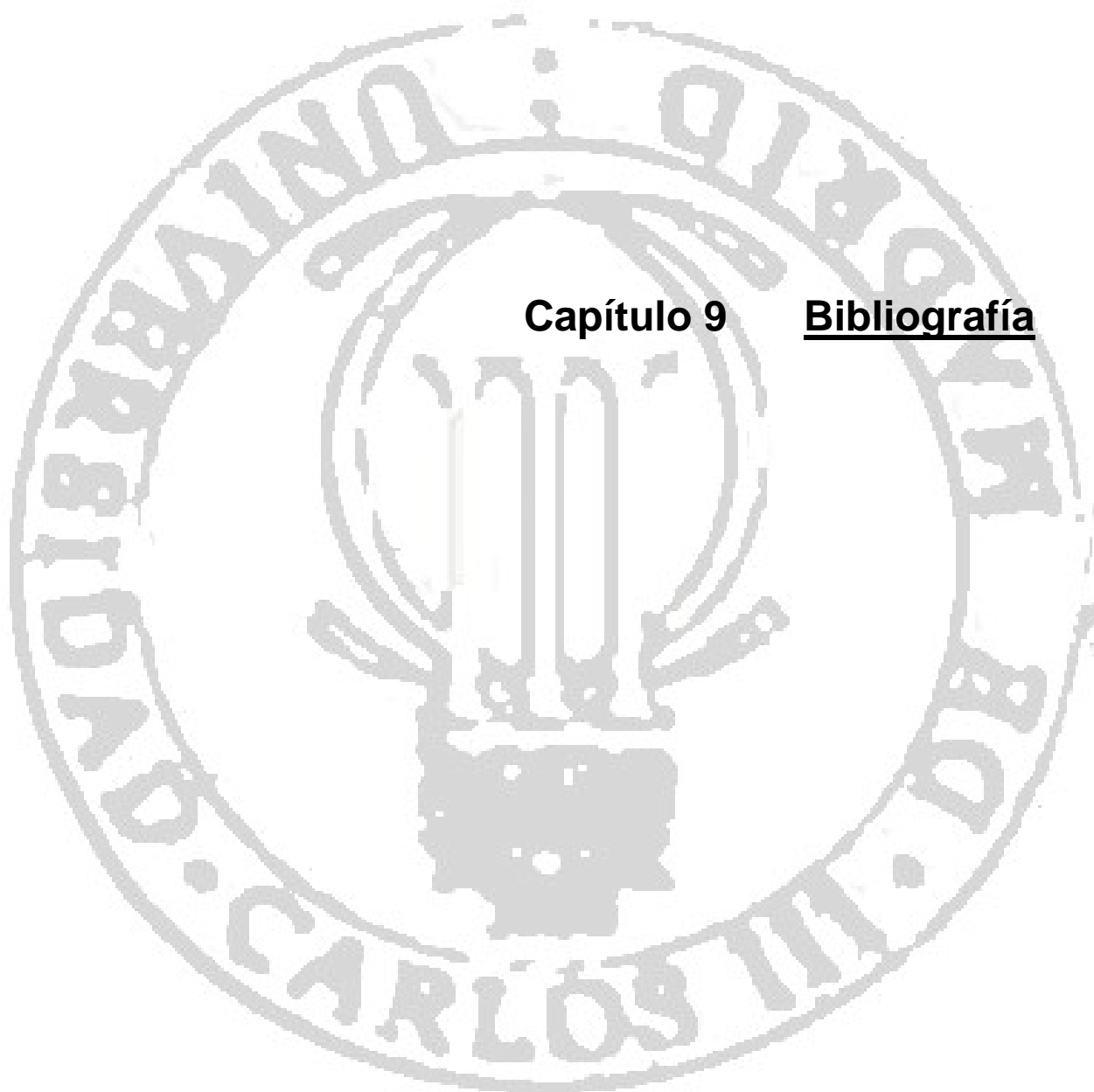
```

8.12.2 *Inicio.h*

```
#ifndef InicioH
#define InicioH
#include <Classes.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <StdCtrls.hpp>
#include <Forms.hpp>
#include <ExtCtrls.hpp>
#include <Graphics.hpp>
class TForm1 : public TForm
{
    __published: // IDE-managed Components
        TImage *Image1;
private: // User declarations
public: // User declarations
    __fastcall TForm1(TComponent* Owner);
};
extern PACKAGE TForm1 *Form1;
#endif
```

8.12.3 *Unit3.h*

```
#ifndef Unit3H
#define Unit3H
#include <Classes.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <StdCtrls.hpp>
#include <Forms.hpp>
#include <Buttons.hpp>
class TForm3 : public TForm
{
    __published: // IDE-managed Components
        TLabel *Label3;
        TComboBox *ComboBox1;
        TBitBtn *BitBtn1;
        TBitBtn *BitBtn2;
        void __fastcall BitBtn1Click(TObject *Sender);
        void __fastcall BitBtn2Click(TObject *Sender);
private: // User declarations
public: // User declarations
    __fastcall TForm3(TComponent* Owner);
};
extern PACKAGE TForm3 *Form3;
#endif
```

Capítulo 9 Bibliografía



9.1 Sobre seguridad marítima

La seguridad del transporte marítimo: Retos del siglo XXI

Autor: Francisco Piniella Corbacho

Editorial: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz; Edición: 1 (1 de noviembre de 2009)

ISBN: 8498282519

Los Incidentes Marítimos en el Atlántico Europeo y su Influencia en la Evolución del Derecho de la Seguridad Marítima

Autora: M^a Remedios Zamora Roselló

Editorial: GESBIBLO, S.L.; Edición: 1 (2008)

ISBN: 8496667111

Manual práctico del sistema de socorro y seguridad marítima (SMSSM/GMDSS)

Autora: Elías Meana Díaz

Editorial: Noray; Edición: 1 (11 de julio de 2008)

ISBN: 8474861667

9.2 Sobre normativa legal

Legislación marítima y fuentes complementarias (Bibli. Textos Legales 2009)

Editor: Editorial Tecnos; Edición: edición (3 de abril de 2009)

Autor: Ignacio Arroyo Martínez

ISBN: 8430948627

Localización Aeronautica. Radioayudas Radar Y GPS

Autor: J Gonzalez Bernaldo De Quiros

Editor: BELLISCO EDICIONES TECNICAS (1 de enero de 1979)

ISBN: 8496486591

9.3 Sobre 802.14.5 y ZigBee

Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing

Autor: Robert Faludi

Editorial: O'Reilly Media, Inc, USA; Edición: 1 (25 de enero de 2011)

ISBN: 978-0596807733

Hands-on ZigBee: Implementing 802.15.4 with Microcontrollers (Embedded Technology)

Autor: Fred Eady

Editorial: Newnes (an imprint of Butterworth-Heinemann Ltd); Edición: 1 Pap/Cdr (23 de abril de 2007)

ISBN: 978-0123708878

9.4 Documentación técnica

Historial Víctimas Accidentes Naturales: *Ministerio de Medio Ambiente*

<http://www.mma.es>

MóduloGPS: *US Global Sat*

http://www.usglobalsat.com/store/download/47/em408_ug.pdf

Normativa IP: *Haleco*

http://www.haleco.es/wpc/img_basse_def/NORM_IP_es.pdf

Módulos XBee: *Droids*

<http://www.droids.it/cmsvb4/content.php?136-XBee-Boards>

9.5 Otras fuentes de datos

Wikipedia: <http://es.wikipedia.org>

MicroSiervos: <http://www.microsiervos.com>

Monografías: <http://www.monografías.com>