

2016

HABITRANS

Desarrollo de unidades de carga intermodal para el transporte del mix de productos del hábitat, integrando elementos de protección y dispositivos inteligentes para detección de roturas de producto.

Nº Expte: IMAMCC/2016/1
Programa: PROMECE

Resumen de resultados del proyecto Habitrans

Breve descripción.

En este documento se presenta un resumen de las principales actividades llevadas a cabo, así como los resultados obtenidos dentro del proyecto Habitrans.

Realizado por:
AIDIMME



Contenido

ENTREGABLE E8.....	9
1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.....	9
2 ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE TRANSPORTE.....	9
2.1 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.....	9
2.1.1 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-1, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	9
2.1.2 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-2, MEDIANTE POLEA Y MECANISMO MANUAL.....	10
2.1.3 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.....	11
2.1.4 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-3, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	11
2.1.5 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-4, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	12
2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS.....	12
2.2.1 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-1, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	12
2.2.1.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.....	12
2.2.1.2 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO SAVER.....	15
2.2.1.3 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.....	15
2.2.2 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-2, MEDIANTE POLEA Y MECANISMO MANUAL.....	16
2.2.2.1 RESULTADOS DEL TEST.....	16
2.2.2.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.....	20
2.2.3 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.....	22
2.2.3.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.....	22
2.2.3.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.....	23
2.2.4 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-3, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	24
2.2.4.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.....	24
2.2.4.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.....	25
2.2.5 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-4, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.....	26
2.2.5.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.....	26
2.2.5.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.....	27
3 PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.....	27
3.1 PREPARACIONES PREVIAS.....	27
3.1.1 MONTAJE DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.....	27
3.1.2 MONTAJE EN LA UNIDAD DE CARGA.....	27
3.2 RUTA 1.....	29
3.2.1 RECORRIDO.....	29
3.2.2 RESULTADOS.....	30
3.3 RUTA 2.....	32
3.3.1 RECORRIDO.....	32
3.3.2 RESULTADOS.....	32
3.4 CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.....	34
4 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS EN EL PROTOTIPO.....	34
4.1 REQUISITOS INICIALES DEL PROTOTIPO.....	34
4.1.1 REQUISITOS DEL DISPOSITIVO.....	34
4.1.2 REQUISITOS DE LA UNIDAD DE CARGA.....	35
4.2 CARENCIAS DETECTADAS.....	35
4.2.1 CARENCIAS DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.....	36
4.2.2 CARENCIAS DE LA UNIDAD DE CARGA.....	38

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

4.3 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS.	39
4.3.1 MEJORAS EN EL DISPOSITIVO.	39
4.3.2 MEJORAS EN LA UNIDAD DE CARGA.	40
RESUMEN. CONCLUSIONES.	41
ENTREGABLE E9.	43
1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.	43
2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN ACTUALES.	43
2.1 UNIDADES DE CARGA DE PRIMER NIVEL.	43
2.2 UNIDADES DE CARGA DE SEGUNDO NIVEL.	45
2.2.1 UNIDADES DE CARGA EN MADERA.	46
2.2.2 UNIDADES DE CARGA METÁLICAS.	47
3 POSIBILIDADES PARA INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS EN LA UNIDAD DE CARGA.	48
3.1 DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE.	48
3.2 POSIBILIDADES PARA INCORPORAR EL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN EN LA UNIDAD DE CARGA.	51
3.2.1 INCORPORACIÓN EN UNA UNIDAD DE CARGA DE MADERA.	51
3.2.1.1 POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN EN UN PALET.	51
3.2.1.2 POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN EN JAULA Y CAJA:	56
3.2.2 INCORPORACIÓN EN UNA UNIDAD DE CARGA METÁLICA.	57
4 DISEÑO CONEPTUAL DE UN PROCESO DE INSERCIÓN DEL DISPOSITIVO.	59
4.1 INSERCIÓN EN UNIDADES DE CARGA DE MADERA.	59
4.2 INSERCIÓN EN UNIDADES DE CARGA METÁLICAS.	62
Resumen. Conclusiones	64
Referencias	65
ENTREGABLE E10.	66
1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.	66
2 INPUTS PARA EL PROCESO DE DISEÑO.	67
2.1 objetivos del nuevo concepto de unidad de carga intermodal del hábitat.	67
2.2 mejoras identificadas tras la evaluación del prototipo1.	68
3 ANÁLISIS QFD.	70
3.1 INTRODUCCIÓN A LA TÉCNICA DEL QFD.	70
3.2 DESARROLLO DEL QFD DEL PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA INTERMODAL DEL HÁBITAT.	71
3.2.1 Paso 1.- Definición de los requisitos funcionales del nuevo prototipo (QEs).	72
3.2.2 Paso 2.- Valoración de la importancia de los requisitos (QEs) y valoración del estatus actual.	73
3.2.3 Paso 3.- Definición de los requerimientos de las partes del prototipo 2 (COMOs).	75
3.2.4 Paso 4.- Cuantificar el objetivo de los COMOs	77

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

3.2.5	Paso 5.- Evaluar la competencia en los COMOs.....	78
3.2.6	Paso 6.- Relaciones entre los COMOs.....	80
3.2.7	Paso 7.- Elaboración final de la casa de la calidad	81
3.3	Análisis y priorización de esfuerzos.....	83
4	GENERACIÓN DE PROPUESTAS.....	85
4.1	PROPUESTAS PARA LA UNIDAD DE CARGA.	85
4.1.1	Propuestas para optimizar el espacio de una unidad de carga de primer nivel.	85
4.2	Propuestas para el dispositivo de registro de datos.....	93
4.2.1	Propuestas para aumentar la autonomía del dispositivo sin tener que conectarlo a la red eléctrica.....	93
4.2.2	Propuestas para avisar si un golpe puede haber dañado un producto.	98
4.2.3	Propuestas para generar y visualizar resultados que aporten valor.	98
5	DISEÑO FINAL DE PROTOTIPOS.	103
5.1	DESARROLLO DE PROPUESTAS EN LOS PROTOTIPOS.	103
5.2	DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA EN MADERA.	103
5.3	DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA METÁLICA.....	107
5.4	DISEÑO DE PROTOTIPO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE.....	108
6	FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS.....	108
6.1	UNIDAD DE CARGA EN MADERA.....	108
6.2	DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.....	111
6.2.1	Versión inicial.	111
6.2.2	Otras versiones.	112
6.3	INTEGRACIÓN DE UNIDAD DE CARGA Y DISPOSITIVO.	113
	Resumen. Conclusiones.....	114
	Referencias.....	115
	ENTREGABLE E11.	116
1	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.	116
2	ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE TRANSPORTE.	116
2.1	DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.....	116
2.1.1	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	116
2.1.2	ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.....	117
2.1.3	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	118
2.1.4	ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.....	118
2.1.5	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 CON DISPOSITIVO DE REGISTRO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	119
2.1.6	ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.....	119
2.2	RESULTADOS DE ENSAYOS.	120

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

2.2.1	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	120
2.2.2	ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.....	121
2.2.3	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	122
2.2.4	ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.....	123
2.2.5	ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 CON DISPOSITIVO DE REGISTRO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.....	124
2.2.6	ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.....	130
2.3	CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS EN LABORATORIO.....	132
3	PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.....	133
3.1	PREPARACIONES PREVIAS.....	133
3.1.1	MONTAJE DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.....	133
3.1.2	PREPARACIÓN DE LA CARGA.....	133
3.2	RUTA 1.....	134
3.2.1	RECORRIDO.....	134
3.2.2	RESULTADOS.....	134
3.3	RUTA 2.....	136
3.3.1	RECORRIDO.....	136
3.3.2	RESULTADOS.....	137
3.4	CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.....	139
	Resumen. Conclusiones.....	140

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. IMÁGENES DE ENSAYO DE CAÍDA LIBRE 1.....	10
FIGURA 2. IMÁGENES DE ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL.....	11
FIGURA 3. IMÁGENES DE ENSAYO DE CAÍDA LIBRE 3.....	12
FIGURA 4. CAÍDA LIBRE 1 - IMPACTO 1.....	13
FIGURA 5. CAÍDA LIBRE 1 - IMPACTO 2.....	13
FIGURA 6. CAÍDA LIBRE 1 - IMPACTO 7.....	14
FIGURA 7. CAÍDA LIBRE 1 - IMPACTO 10.....	14
FIGURA 8. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 1.....	16
FIGURA 9. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 6.....	16
FIGURA 10. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 16.....	17
FIGURA 11. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 21.....	17
FIGURA 12. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 26.....	17
FIGURA 13. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 31.....	18
FIGURA 14. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 36.....	18
FIGURA 15. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 41.....	18
FIGURA 16. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 46.....	19
FIGURA 17. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 52.....	19
FIGURA 18. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 57.....	19
FIGURA 19. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 62.....	20
FIGURA 20. CAÍDA LIBRE 2 - IMPACTO 67.....	20
FIGURA 21. DESVIACIONES EN EL TIEMPO DE CAÍDA LIBRE.....	21
FIGURA 22. IMPACTO HORIZONTAL - IMPACTO 1.....	22
FIGURA 23. IMPACTO HORIZONTAL - IMPACTO 2.....	22
FIGURA 24. IMPACTO HORIZONTAL - IMPACTO 3.....	22
FIGURA 25. IMPACTO HORIZONTAL - IMPACTO 4.....	23
FIGURA 26. IMPACTO HORIZONTAL - IMPACTO 5.....	23
FIGURA 27. CAÍDA LIBRE 3 - IMPACTO NO CONSIDERADO COMO CAÍDA (I).....	24
FIGURA 28. CAÍDA LIBRE 3 - IMPACTO NO CONSIDERADO COMO CAÍDA (II).....	24
FIGURA 29. CAÍDA LIBRE 3 - IMPACTO NO CONSIDERADO COMO CAÍDA (III).....	25
FIGURA 30. CAÍDA LIBRE 3 - IMPACTO CONSIDERADO COMO CAÍDA (I).....	25
FIGURA 31. CAÍDA LIBRE 4 - IMPACTO REGISTRADO CORRECTAMENTE COMO CAÍDA (I).....	26
FIGURA 32. CAÍDA LIBRE 4 - IMPACTO REGISTRADO CORRECTAMENTE COMO CAÍDA (II).....	26
FIGURA 33. NUEVA CARCASA DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.....	27
FIGURA 34. INSTALACIÓN DISPOSITIVO EN UNIDAD DE CARGA (I).....	28
FIGURA 35. INSTALACIÓN DISPOSITIVO EN UNIDAD DE CARGA (II).....	28
FIGURA 36. INSTALACIÓN DISPOSITIVO EN UNIDAD DE CARGA (III).....	28
FIGURA 37. INSTALACIÓN DISPOSITIVO EN UNIDAD DE CARGA (IV).....	29
FIGURA 38. ESQUEMA RUTA 1 – ETAPA 1.....	29
FIGURA 39. ESQUEMA RUTA 1 – ETAPA 2.....	29
FIGURA 40. ESQUEMA RUTA 1 – ETAPA 3.....	30
FIGURA 41. RESULTADOS RUTA 1 (I).....	31
FIGURA 42. RESULTADOS RUTA 1 (II).....	31
FIGURA 43. ESQUEMA RUTA 2 – ETAPA 1.....	32
FIGURA 44. ESQUEMA RUTA 2 – ETAPA 2.....	32
FIGURA 45. RESULTADOS RUTA 2 (I).....	33
FIGURA 46. RESULTADOS RUTA 2 (II).....	33
FIGURA 47. ETAPAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS DEL PROTOTIPO INICIAL.....	34
FIGURA 48 – COMPONENTES DE UN CONTENEDOR MARÍTIMO.....	43
FIGURA 49 – ESQUEMA GENERAL DE FABRICACIÓN DE UN CONTENEDOR MARÍTIMO.....	44
FIGURA 50 – EJEMPLO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE UN PALET DE MADERA.....	46
FIGURA 51 – ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE UNIDADES DE CARGA DE SEGUNDO NIVEL, METÁLICAS.....	47

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

FIGURA 52 – COMBINACIONES DE COMPONENTES PARA EL MONTAJE DEL DISPOSITIVO.	50
FIGURA 53 – DIMENSIONES DE LAS OPCIONES DEL DISPOSITIVO.	50
FIGURA 54 – SUPERFICIE Y VOLUMEN DE LAS OPCIONES DEL DISPOSITIVO.	51
FIGURA 55 – PARTES DE UNA PALETA	52
FIGURA 56 – DIMENSIONES DE UN EUROPALET	52
FIGURA 57 – HUECO DISPONIBLE PARA UBICACIÓN DISPOSITIVO.	53
FIGURA 58 – EJEMPLO DE UBICACIÓN DEL DISPOSITIVO ENTRE TABLAS	53
FIGURA 59 – EJEMPLO DE UBICACIÓN DEL DISPOSITIVO EN EL TACO	54
FIGURA 60 – DISPOSICIÓN DE LOS CLAVOS EN EL TACO	54
FIGURA 61 – EJEMPLO DE COLOCACIÓN DE NUEVOS TACOS	55
FIGURA 62 – EJEMPLO DE COLOCACIÓN EN CAJA O JAULA	56
FIGURA 63 – EJEMPLO DE UNIDAD DE CARGA METÁLICA	57
FIGURA 64 – PROCESO 1, PARA OPCIONES 1 Y 5	59
FIGURA 65 – PROCESO 2, PARA OPCIONES 3 Y 4	60
FIGURA 66 – PROCESO 3, PARA OPCIÓN 2	61
FIGURA 67 – PROCESO 1 UNIDAD CARGA METÁLICA	62
FIGURA 68 – PROCESO 2, UNIDAD CARGA METÁLICA	63
FIGURA 69. ETAPAS DEL PROCESO DE DISEÑO DE PROTOTIPOS.	66
FIGURA 70. EJEMPLO DE CASA DE LA CALIDAD.	70
FIGURA 71. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL QFD	72
FIGURA 72. CASA DE LA CALIDAD PROTOTIPO 2 (i)	82
FIGURA 73. CASA DE LA CALIDAD PROTOTIPO 2 (ii)	84
FIGURA 74. CONFIGURACIONES DE LLENADO DE UN CONTENDOR (i)	87
FIGURA 75. CONFIGURACIONES DE LLENADO DE UN CONTENDOR (ii)	88
FIGURA 76. CONFIGURACIONES DE LLENADO DE UN CONTENDOR (iii)	88
FIGURA 77. CONFIGURACIONES UDC 780 x 585 MM	89
FIGURA 78. CONFIGURACIONES UDC 750 x 550 MM	89
FIGURA 79. CONFIGURACIONES UDC 730 x 585 MM	90
FIGURA 80. CONFIGURACIONES UDC 730 x 780 MM	90
FIGURA 81. CONFIGURACIONES UDC 780 x 780 MM	91
FIGURA 82. PROPUESTAS PARA AMPLIAR TAMAÑO DE FORMA MODULAR.	92
FIGURA 83. OTROS SISTEMAS DE UNIONES.	92
FIGURA 84. BOBINAS TRADICIONALES EMPLEADAS	94
FIGURA 85. IMPRESIÓN DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS.	94
FIGURA 86. EJEMPLO A ESCALA LABORATORIO. IMPRESIÓN SOBRE MADERA.	95
FIGURA 87. ESQUEMA DE LA PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.	96
FIGURA 88. DATOS REGISTRADOS EN MÁQUINA DE IMPACTO HORIZONTAL – IMPACTO 3’5 G’s.	99
FIGURA 89. DATOS REGISTRADOS POR DISPOSITIVO HABITRANS – IMPACTO 3’5 G’s.	99
FIGURA 90. SIMULACIÓN COMPORTAMIENTO FILTRO TIPO 1 ($\alpha = 0'95$)	101
FIGURA 91. SIMULACIÓN COMPORTAMIENTO FILTRO TIPO 1 ($\alpha = 0'9$)	101
FIGURA 92. SIMULACIÓN COMPORTAMIENTO FILTRO TIPO 1 ($\alpha = 0'8$)	102
FIGURA 93. SIMULACIÓN COMPORTAMIENTO FILTRO TIPO 1 ($\alpha = 0'95$)	102
FIGURA 94. BOCETOS DE UNIDAD DE CARGA CON LATERALES APOYANDO EN INTERIOR DE LA BASE	103
FIGURA 95. BOCETOS DE UNIDAD DE CARGA CON LATERALES APOYANDO EN EXTERIOR DE LA BASE	104
FIGURA 96. INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.	104
FIGURA 97. BOCETOS DE UNIDAD DE CARGA METÁLICA (i)	107
FIGURA 98. DISEÑO DE PCB PROPIA DEL PROYECTO	108
FIGURA 99. DISEÑO FINALES DEL PROTIPO	109
FIGURA 100. DIMENSIONES FINALES DEL PROTIPO.	110
FIGURA 101. CARCASA PARA LA UBICACIÓN DE BATERÍA Y PLACA CONTROLADORA.	111
FIGURA 102. MONTAJE INICIAL EN PLACA DE PROTOTIPADO.	111
FIGURA 103. MONTAJE FINAL DEL DISPOSITIVO	111
FIGURA 104. MONTAJE FINAL DEL DISPOSITIVO	112
FIGURA 105. MONTAJE DEL ACCELERÓMETRO ADXL377	112
FIGURA 106. FIJACIÓN DEL DISPOSITIVO EN LA UNIDAD DE CARGA	113

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

FIGURA 107. IMÁGENES DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL 1.....	120
FIGURA 108. RESULTADO DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL 1.....	121
FIGURA 109. IMÁGENES DE ENSAYO DE VIBRACIÓN.....	121
FIGURA 110. IMÁGENES DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL 2.....	122
FIGURA 111. RESULTADO DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL 2.....	123
FIGURA 112. IMÁGENES DE ENSAYO DE VIBRACIÓN.....	123
FIGURA 113. IMÁGENES DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL 3.....	125
FIGURA 114. IMAGEN DE LA ELEVACIÓN DE LA TAPA TRAS IMPACTOS.....	126
FIGURA 115. RESULTADO GENERAL DE ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL.....	126
FIGURA 116. GRÁFICAS DE IMPACTOS.....	128
FIGURA 117. GRÁFICAS DE IMPACTOS CON FILTRO.....	129
FIGURA 118. ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL.....	130
FIGURA 119. REGISTRO DISPOSITIVO HABITRANS - IMPACTO 1.....	130
FIGURA 120. REGISTRO DISPOSITIVO HABITRANS - IMPACTO 4.....	131
FIGURA 121. REGISTRO DISPOSITIVO HABITRANS - IMPACTO 8.....	131
FIGURA 122. REGISTRO DISPOSITIVO HABITRANS - IMPACTO 10.....	131
FIGURA 123. UNIDAD DE CARGA COMPLETA.....	133
FIGURA 124. ESQUEMA RUTA 1.....	134
FIGURA 125. IMAGEN GENERAL DE LOS RESULTADOS CAPTURADOS. RUTA 1.....	135
FIGURA 126. UNIDAD DE CARGA CON PRODUCTO.....	135
FIGURA 127. PRODUCTO EMBALADO.....	136
FIGURA 128. INSPECCIÓN PRODUCTO DESEMBALADO.....	136
FIGURA 129. ESQUEMA RUTA 2.....	137
FIGURA 130. IMAGEN GENERAL DE LOS RESULTADOS CAPTURADOS. RUTA 2.....	137
FIGURA 131. UNIDAD DE CARGA CON PRODUCTO.....	138
FIGURA 132. INSPECCIÓN PRODUCTO DESEMBALADO.....	138

ENTREGABLE E8.

1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.

En este documento se presentan los resultados, análisis y conclusiones obtenidas de las pruebas realizadas sobre el primer prototipo de unidad de carga intermodal del hábitat desarrollada a lo largo de la primera anualidad del proyecto.

El objetivo de este tipo de pruebas es detectar las deficiencias de este primer prototipo, de modo que se puedan generar propuestas de mejora a implementar en el Paquete de Trabajo 5, donde se genera una nueva versión del prototipo.

Para ello, además de realizar las pruebas de transporte real (Tarea 3.2), se llevan a cabo más pruebas de laboratorio (Tarea 3.1) con el objetivo de identificar la causa de algunas de las deficiencias identificadas en la primera anualidad del proyecto. En concreto, errores a la hora de capturar datos en caída libre, y lecturas que no se correspondían con el patrón esperado.

En el apartado 2, se presentan los ensayos de simulación de transporte realizados, sus resultados, y las conclusiones extraídas.

En el apartado 3, se muestran las pruebas de transporte real realizadas, sus resultados, y las conclusiones extraídas.

Por último, en el apartado 4, se exponen las posibles mejoras a llevar a cabo en el dispositivo, como fruto de la reflexión sobre los resultados obtenidos.

2 ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE TRANSPORTE.

2.1 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.

Según se ha documentado en el Entregable N°2, tras la ejecución de la tarea 1.2., las pruebas y ensayos realizados son los que se describen a continuación.

2.1.1 ENSAYO DE CAIDA LIBRE-1, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

El **objetivo** del ensayo es **comprobar la capacidad del dispositivo para reconocer una caída libre, y grabar todos los datos correctamente.**

Este primer ensayo se va a llevar a cabo con el registro de las caídas mediante el dispositivo desarrollado durante el proyecto y mediante un equipo comercial del laboratorio de simulación y transporte de AIDIMME. Este último equipo se denominará a partir de ahora SAVER.

Se realizaron caídas a 5-10-15-20 cm de altura, con 5 repeticiones de la caída para cada altura de caída.

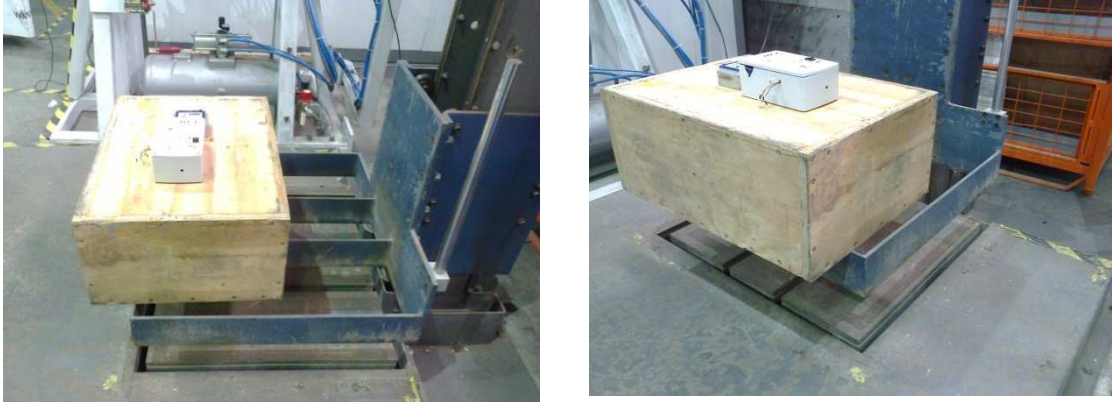


Figura 1. Imágenes de ensayo de caída libre 1.

2.1.2 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-2, MEDIANTE POLEA Y MECANISMO MANUAL.

El **objetivo** del presente ensayo es **confirmar o desmentir las hipótesis que surgen tras las deficiencias identificadas al analizar los resultados del primer test de caída libre (ver apartado 2.2.1.3).**

Se diseña un test donde el acelerómetro se extrae de la placa de prototipado y se fija a una caja de contrachapado, que es sobre al que se realizará la caída libre. El resto de componentes (placa controladora, módulo de lectura SD, RTC, leds) permanecen en la placa de prototipado fuera de la caja. De este modo, aseguramos que solo el acelerómetro recibe el impacto de la caída.

Por otro lado, **se prueban 7 versiones diferentes de programación del dispositivo (elaboradas en versiones previas del dispositivo), que se chequean con dos alturas de caída: 5 y 15 cm.** Para cada caída se realizan 5 repeticiones para comprobar que la variabilidad de los datos registrados no es excesiva.

El tipo de montaje, y la necesidad, para algunas versiones de programación, de conectarse directamente al PC para mandar los datos por puerto serie hacen imposible su realización en la máquina de caída libre del laboratorio de simulación de transporte de AIDIMME.

Se trata de un simple mecanismo de cuerda y polea, mediante el cual se puede controlar la altura de la caída libre, y el momento en que se inicia (soltando la cuerda).

2.1.3 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.

El **objetivo** del ensayo es **comprobar el nivel de ruido registrado en este tipo de impactos, así como determinar la facilidad para diferenciar impactos de diferente nivel** sin aplicar un filtrado matemático de la señal.

El ensayo de impacto horizontal, se realiza sobre el dispositivo de registro de datos con una nueva carcasa, ya que la carcasa anterior quedó inservible, tras los ensayos de caída libre. Al igual que en el ensayo inicial de caída libre se realiza conjuntamente con el SAVER, de forma que se puedan comparar los resultados grabados por ambos dispositivos.

El ensayo consiste en someter a los sistemas de embalaje a una serie de impactos controlados.



Figura 2. Imágenes de ensayo de impacto horizontal

2.1.4 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-3, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

Al igual que en el primer ensayo de caída libre, el **objetivo** del ensayo es **comprobar la capacidad del dispositivo para reconocer una caída libre, y grabar todos los datos correctamente**, teniendo en cuenta las modificaciones que se han llevado a cabo sobre la placa de prototipado y la carcasa del dispositivo.

Se repite el ensayo de caída libre con el dispositivo en la nueva carcasa y ligeros cambios en la programación.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados



Figura 3. Imágenes de ensayo de caída libre 3

2.1.5 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-4, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

El **objetivo** del ensayo es **comprobar si las deficiencias identificadas en test anteriores se deben no a problemas en la detección de una caída libre, sino en el propio método de generar la caída de la máquina de ensayo.**

Se instala solo el acelerómetro en una caja, conectado a una placa controladora que envía los datos por puerto serie en continuo (sin programar el envío de datos por interrupciones del acelerómetro). Se realizan caídas a 5-10-15-20 cm de igual forma que en los otros ensayos de caída libre realizados.

2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS.

2.2.1 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-1, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

2.2.1.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.

Los resultados grabados por el dispositivo no coinciden con los esperados en cuanto al número de caídas registrado, ni los valores de aceleración registrados para las mismas.

Se muestran algunos de los impactos registrados por el dispositivo en las siguientes gráficas:

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados
 Impacto 1 – HORA 11:58h

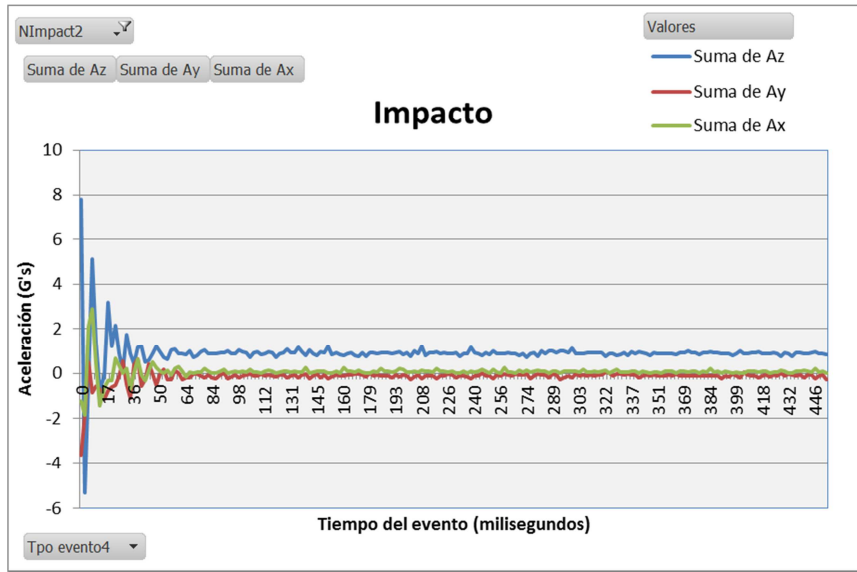


Figura 4. Caída libre 1 - Impacto 1.

Impacto 2 – HORA 12:06h

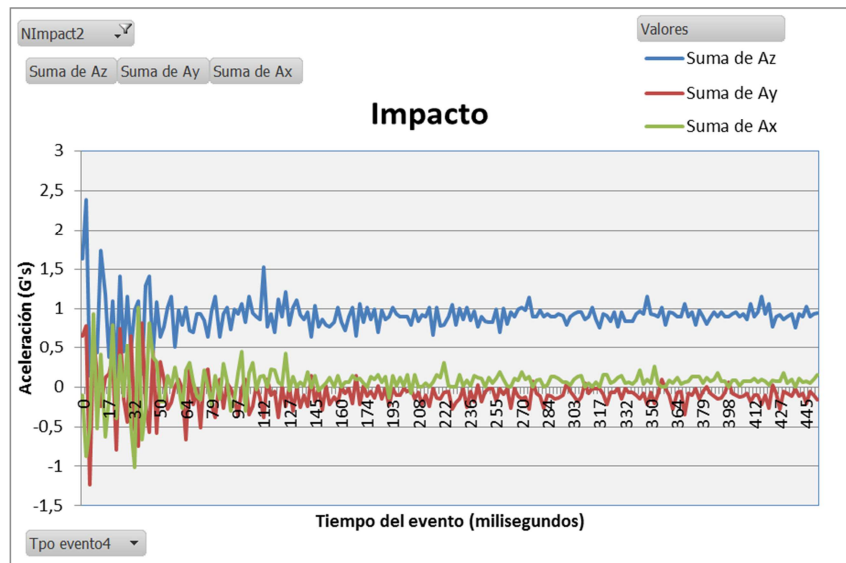


Figura 5. Caída libre 1 - Impacto 2.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados
 Impacto 7 – HORA 12:12:01

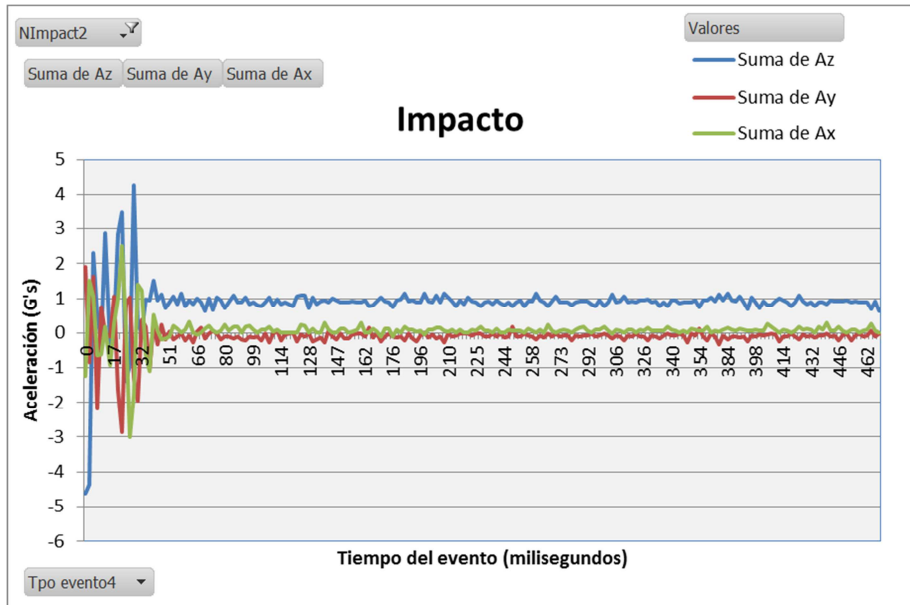


Figura 6. Caída libre 1 - Impacto 7.

Impacto 10 – HORA 12:15h

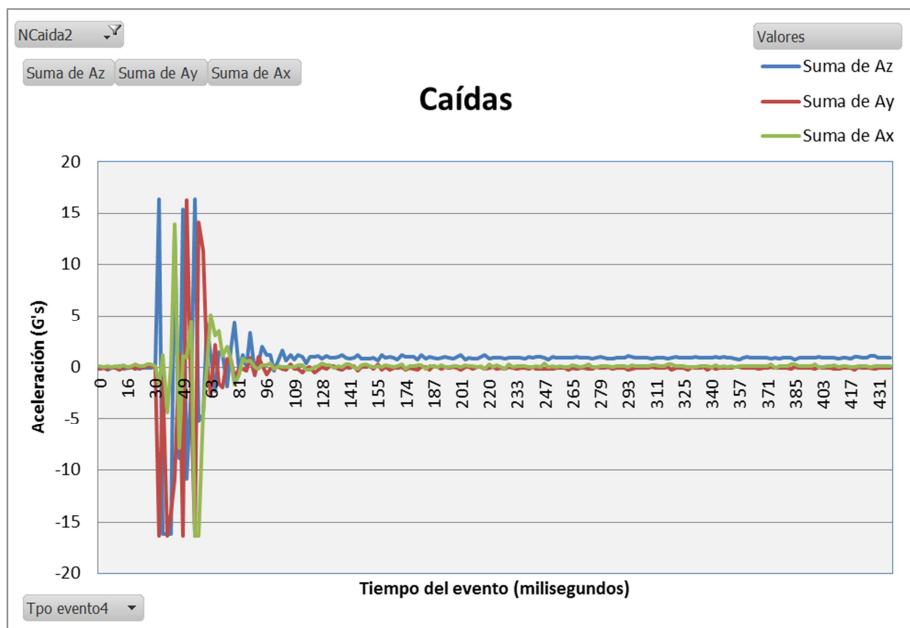


Figura 7. Caída libre 1 - Impacto 10.

2.2.1.2 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO SAVER.

Al igual que ha ocurrido con varios de los registros grabados por el dispositivo propio, este dispositivo no ha capturado datos de caída libre, sino impactos (sin caída libre).

2.2.1.3 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.

Se han identificado diferentes deficiencias en cuanto a las lecturas esperadas por el dispositivo, que se listan a continuación:

- Todas las caídas no han quedado registradas por el dispositivo.
El plan de ensayos fijó un número de 20 caídas, correspondiente a 4 alturas de caída, con 5 repeticiones cada una. Sin embargo se han registrado 21 impactos durante las pruebas, y todos no hacen referencia a caídas, sino a impactos sin caída libre.
- Todas las caídas registradas no cumplen con el patrón de lecturas esperado en una caída libre, identificado tras los ensayos llevados a cabo durante la primera anualidad del proyecto.

Solo 9 de las caídas cumplen con el patrón esperado, en el que los tres ejes (x, y, z) al entrar en caída libre pasan a un valor de 0 G's, para subir bruscamente su valor de aceleración en el momento de impactar en el suelo, bajando progresivamente hasta estabilizarse al cabo de 200 – 300 milisegundos (en función de la altura de caída).

Además, se han identificado otras deficiencias en cuanto a la carcasa donde se ha montado el dispositivo:

- La placa de prototipado donde van montados el microcontrador, módulo de lectura SD, y el RTC, no queda fijada adecuadamente en la carcasa de plástico, y durante las caídas se desplaza dentro de la misma, haciendo que en ocasiones se desconecten cables de la alimentación, o se golpee el acelerómetro.

Hipótesis 1: Puede existir algún error en la programación del dispositivo, que hace que los cálculos para activar la grabación de una caída se retrasen, y comiencen cuando ya se ha producido el impacto en el suelo.

Hipótesis 2: se considera que con los componentes perfectamente soldados en una nueva placa de prototipado y fijados a una nueva carcasa sin posibilidad de movimiento, evitarán desconexiones de la alimentación e impactos de la placa de prototipado sobre el acelerómetro que provocan lecturas erróneas.

Para comprobar estas dos hipótesis, **se diseña la segunda prueba de caída libre, donde se prueban diversas versiones de programación previas del dispositivo.** El montaje realizado prescinde de carcasa y se fija directamente el acelerómetro ADXL345 a una caja de contrachapado, conectado a una placa Arduino que envía los datos directamente a un PC directamente vía puerto serie.

Este tipo de montaje no puede realizarse en la máquina de caída libre, por lo que se realiza un montaje específico para realizar las caídas de forma manual.

2.2.2 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-2, MEDIANTE POLEA Y MECANISMO MANUAL.

2.2.2.1 RESULTADOS DEL TEST.

A continuación se muestran algunos de los resultados de los datos capturados por el dispositivo para cada una de las versiones de programación, en cada una de las alturas de caída.

Programa 1- 5 cm.

Caída 1.

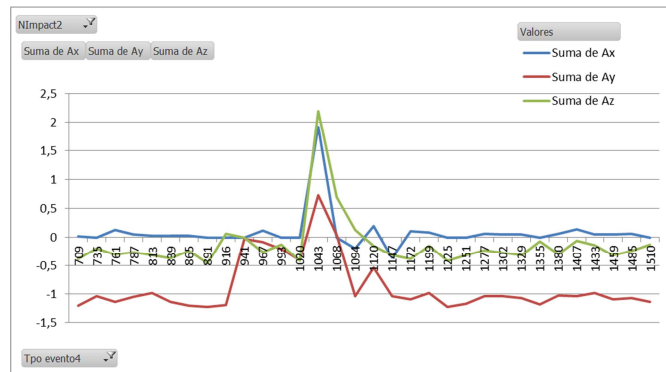


Figura 8. Caída libre 2 - Impacto 1.

Programa 1- 15 cm.

Caída 1.

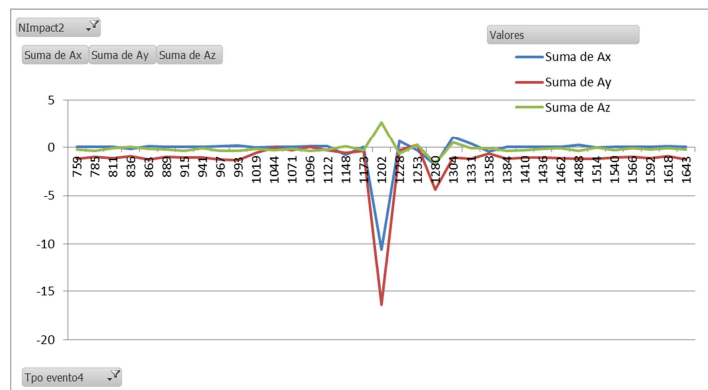


Figura 9. Caída libre 2 - Impacto 6.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados
Programa 2- 15 cm.

Caída 1.

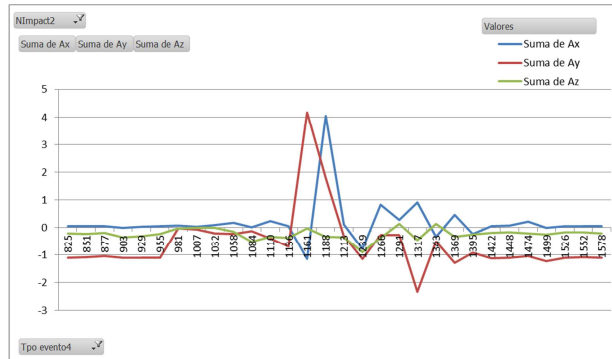


Figura 10. Caída libre 2 - Impacto 16.

Programa 3- 5 cm.

Caída 1.

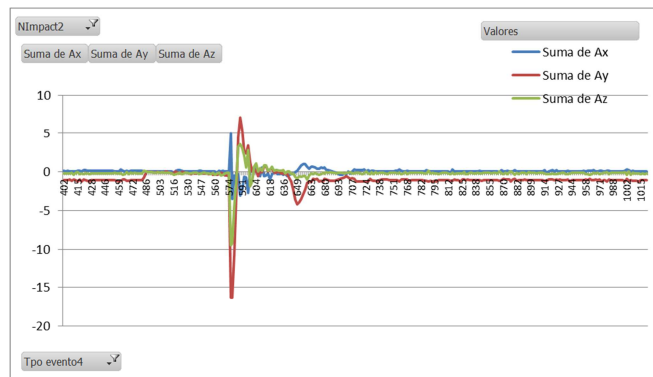


Figura 11. Caída libre 2 - Impacto 21.

Programa 3- 15 cm.

Caída 1.

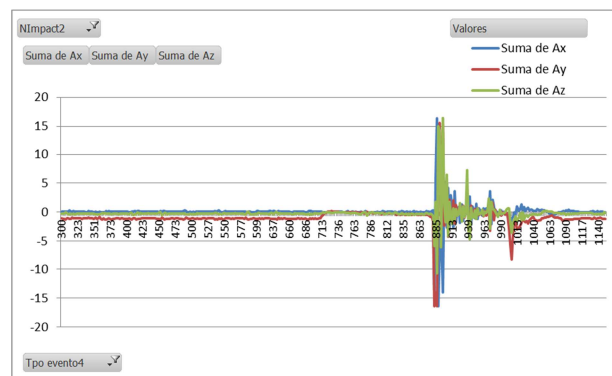


Figura 12. Caída libre 2 - Impacto 26.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados

Programa 4- 5 cm.

Caída 1.

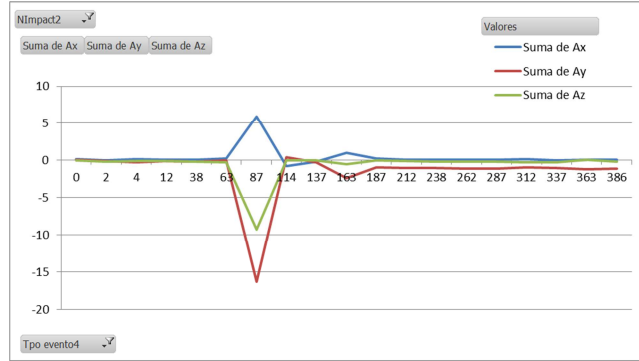


Figura 13. Caída libre 2 - Impacto 31.

Programa 4- 15 cm.

Caída 1.

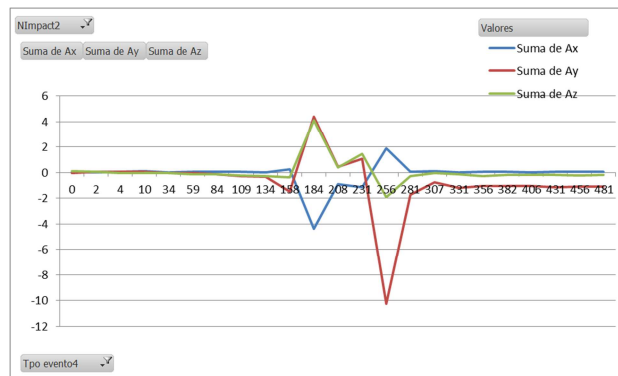


Figura 14. Caída libre 2 - Impacto 36.

Programa 5- 5 cm.

Caída 1.

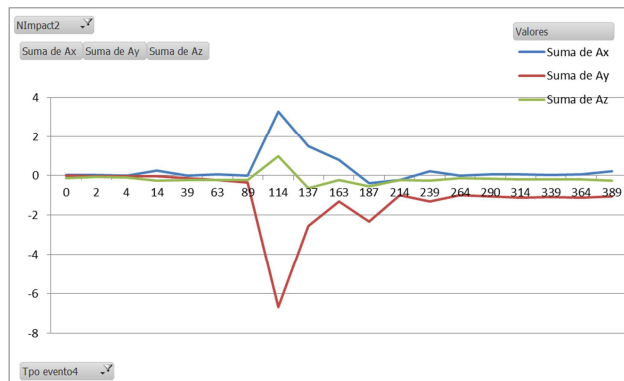


Figura 15. Caída libre 2 - Impacto 41.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados

Programa 5- 15 cm.

Caída 1.

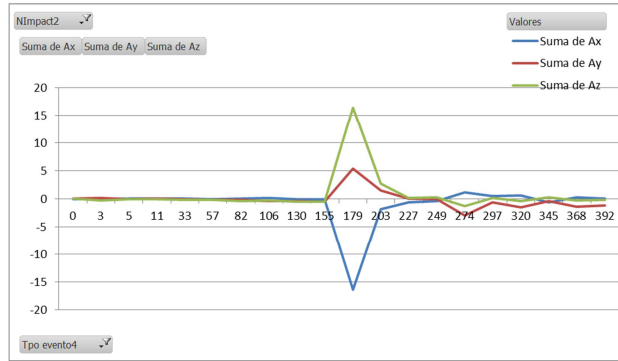


Figura 16. Caída libre 2 - Impacto 46.

Programa 6- 5 cm.

Caída 2.

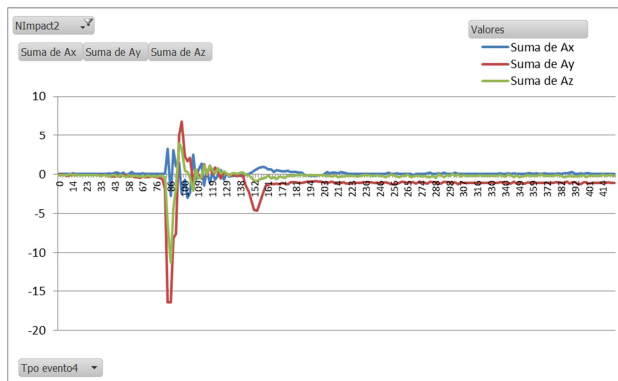


Figura 17. Caída libre 2 - Impacto 52.

Programa 6- 15 cm.

Caída 2.

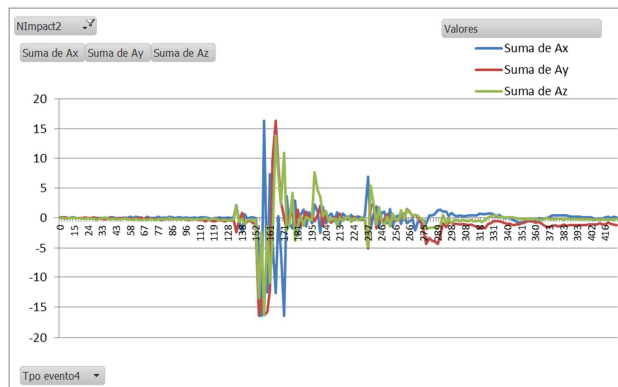


Figura 18. Caída libre 2 - Impacto 57.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados
Programa 7- 5 cm.

Caída 2.

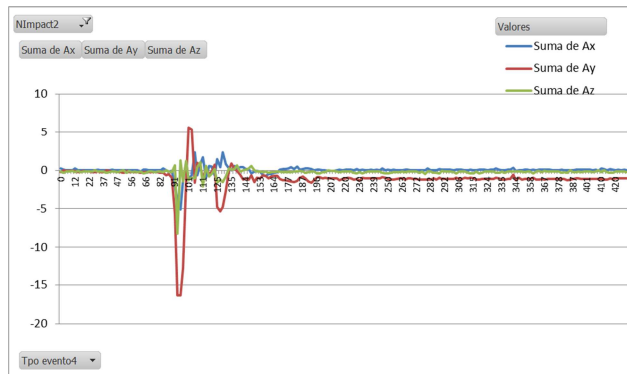


Figura 19. Caída libre 2 - Impacto 62.

Programa 7- 15 cm.

Caída 2.

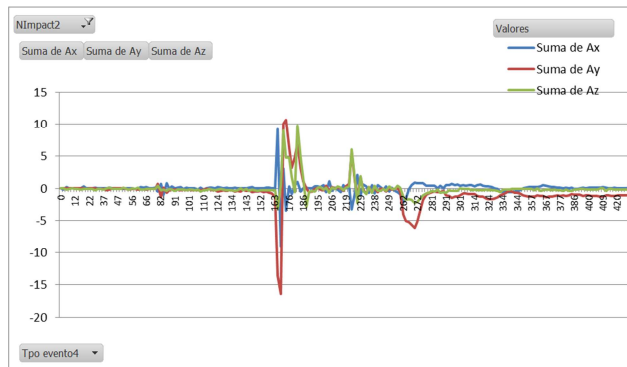


Figura 20. Caída libre 2 - Impacto 67.

2.2.2.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.

- Con todas las versiones de programación se han registrado datos que cumplen con el patrón de aceleraciones esperado para una caída libre. Tan solo, para aquellas versiones en la que la programación se organizó para que el dispositivo funcione como una máquina de estados, la primera caída tras arrancar el dispositivo resulta errónea. Se trata de un error puntual en el arranque, sobre el que se trabajará en el PT5, durante el rediseño del dispositivo.
- Al tratarse de una caída libre llevada a cabo de forma manual con un mecanismo de cuerda y polea, es imposible mantener la base de la caja exactamente paralela al suelo. Por ello, se aprecian diferentes niveles de picos máximos de aceleración y signo del mismo. Trata de resultados coherentes con el método del ensayo.
- Se ha calculado la desviación entre el tiempo teórico de caída libre a 5 y 15 cm, y los tiempos registrados por el dispositivo. A partir del programa 4, donde la detección de la caída libre se realiza vía interrupción, la desviación aumenta (se tarda más en grabar

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

datos cuando comienza la caída libre). Con las últimas versiones de programación, este efecto se consigue mitigar. En cualquier caso, conocido el retraso (que es constante), puede incorporarse como un parámetro más de la programación.

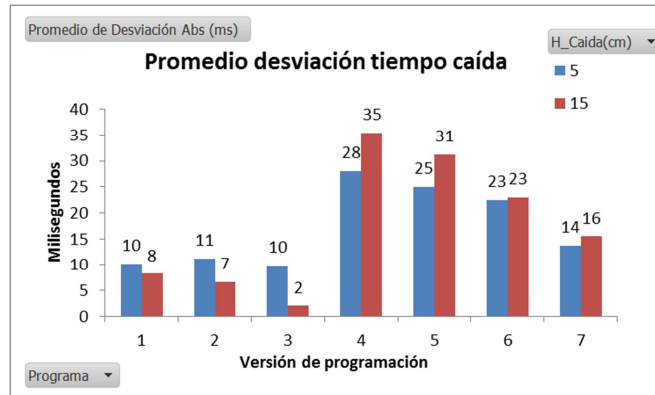


Figura 21. Desviaciones en el tiempo de caída libre.

- El tiempo entre lectura de datos en las versiones de programación donde no se graban los datos en la SD (y se manda directamente por puerto serie) es del orden de 15-20 milisegundos. Esto supone que el número de datos capturado es muy bajo para caracterizar adecuadamente el impacto. En el resto de versiones dicho intervalo baja a 2-3 milisegundos.

Por tanto, **los resultados indican que las deficiencias encontradas tras los primeros test de caída libre no se deben a deficiencias de programación, y si a las deficiencias de montaje de la placa de prototipado en la carcasa.**

Se planifica otra tanda de pruebas de caída libre en el laboratorio de simulación de transporte, con los componentes soldados en una placa de prototipado, y fijados en una nueva carcasa.

Hipótesis 3: Con el nuevo montaje y la misma programación de las pruebas iniciales, la detección de caídas será correcta.



2.2.3 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.

2.2.3.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.

A continuación se muestran algunos de los resultados de los datos capturados por el dispositivo para algunos de los impactos llevados a cabo.

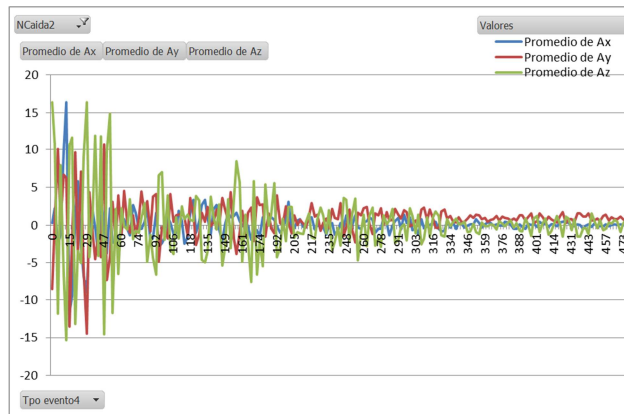


Figura 22. Impacto Horizontal - Impacto 1.

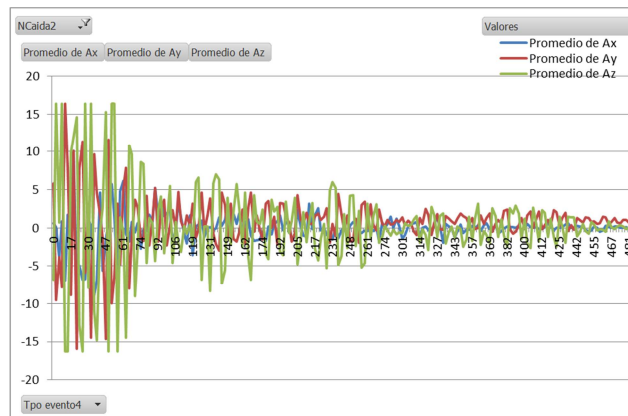


Figura 23. Impacto Horizontal - Impacto 2.

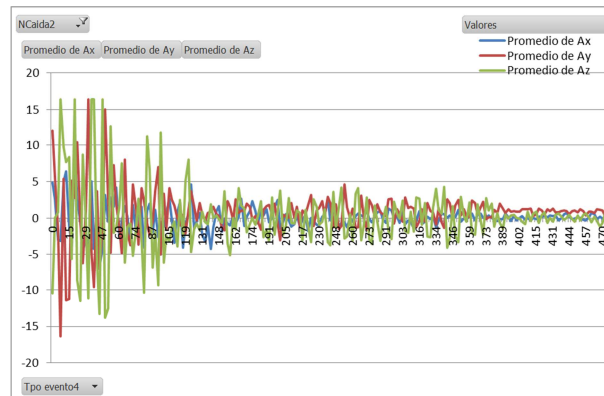


Figura 24. Impacto Horizontal - Impacto 3.

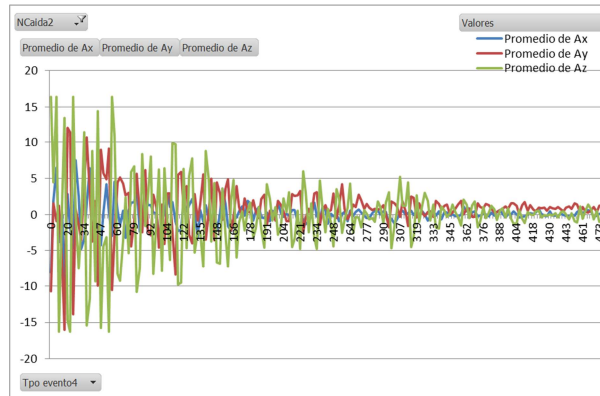


Figura 25. Impacto Horizontal - Impacto 4.

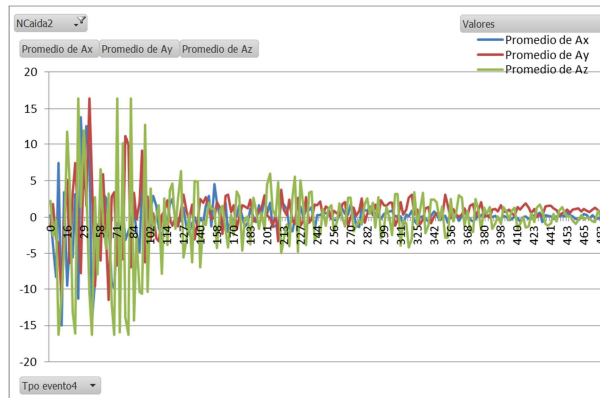


Figura 26. Impacto Horizontal - Impacto 5.

2.2.3.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.

- La duración de un impacto, es mucho menor que el tiempo de grabación actual. Se puede aumentar la duración de la batería y el número de impactos que se pueden almacenar si en vez de 200 datos/impacto, se reduce a la mitad.
- Sin un sistema de filtrado matemático de la señal, existe mucho ruido en los datos que dificulta identificar el nivel de impacto real.
- Se comprueba la diferencia entre las lecturas de los dispositivos (dispositivo propio y SAVER) y las grabaciones de la máquina de impacto horizontal, donde la ubicación del acelerómetro que lee los datos es diferente.

2.2.4 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-3, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

2.2.4.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.

Se han obtenido diferentes grabaciones de impactos que no se corresponden un perfil de aceleraciones (ejes x, y, z) de caída libre. Al igual que ocurría con las primeras pruebas de caída libre.

Algunos datos se corresponden con pequeños golpes, que son debidos a la manipulación de la caja durante la preparación de la caída libre. El mecanismo de subida de la máquina presenta frenazos bruscos que provocan lecturas como la de la siguiente imagen.

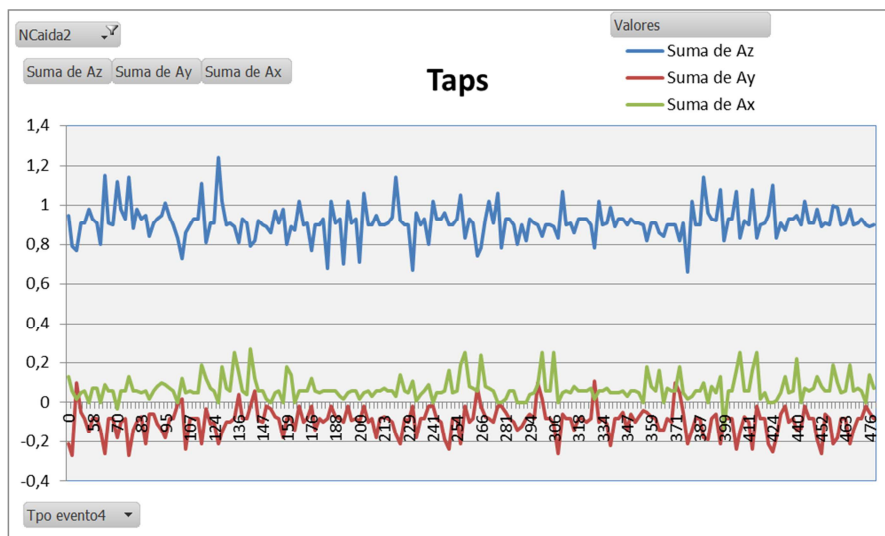


Figura 27. Caída libre 3 - Impacto no considerado como caída (i).

En cambio, otras grabaciones como impacto, no pueden ser debidas a los movimientos previos de la máquina. Se deben al impacto en el suelo tras la caída libre, y por tanto el dispositivo no las ha reconocido correctamente. Se muestran algunas gráficas de este tipo de grabaciones.

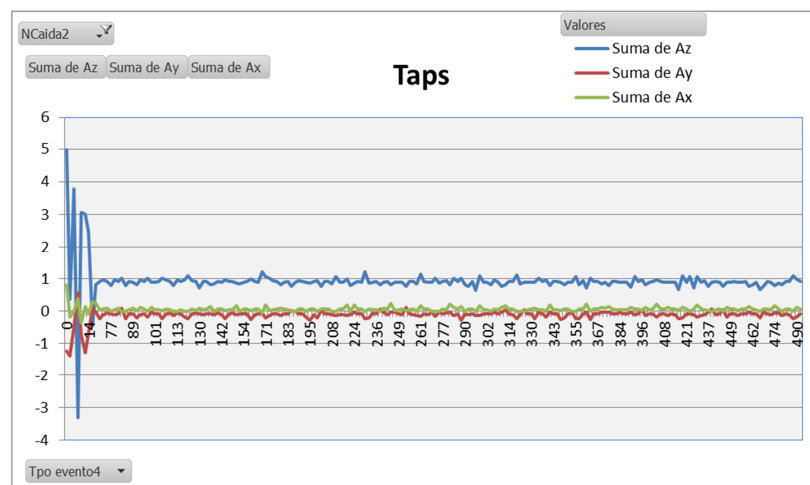


Figura 28. Caída libre 3 - Impacto no considerado como caída (ii).

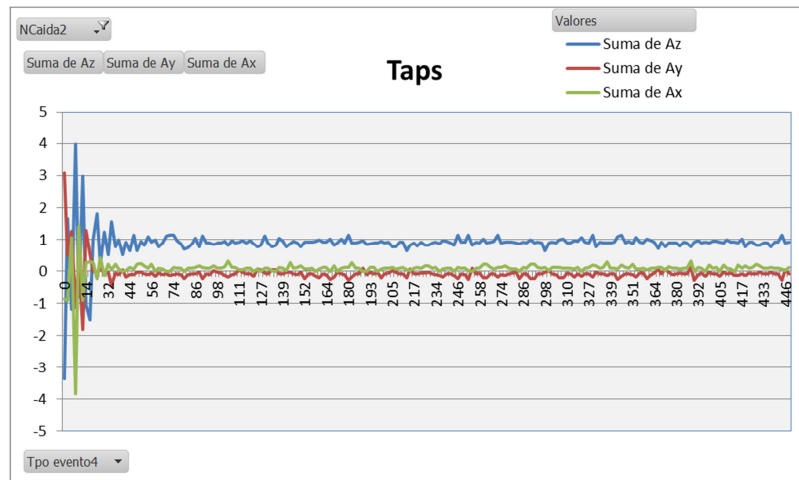


Figura 29. Caída libre 3 - Impacto no considerado como caída (iii).

Las grabaciones de impacto, considerados como caída libre sí que presentan un patrón de aceleraciones acorde a lo esperado.

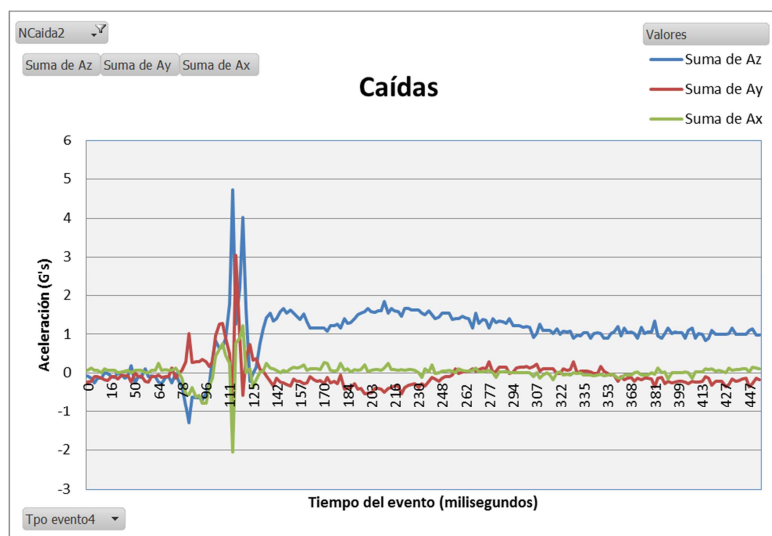


Figura 30. Caída libre 3 - Impacto considerado como caída (i).

2.2.4.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.

- Se vuelven a reproducir algunos de los errores identificados en las primeras pruebas de caída libre en el laboratorio: no se capturan como caída libre todos los eventos.
- Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas de caída libre llevadas a cabo de forma manual, no se trata de un problema en la programación del dispositivo.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Hipótesis 4: El mecanismo de desenganche de la máquina de caída libre, para alturas muy pequeñas, no genera una caída libre pura (gravedad 0 G's en los tres ejes), por lo que el dispositivo, no lo reconoce como caída libre, y solo graba el impacto al llegar al suelo.

Para comprobar ésta última hipótesis, se realiza la última prueba de caída libre, solo con el acelerómetro en la máquina de caída libre y conectada la placa controladora directamente al ordenador.

2.2.5 ENSAYO DE CAÍDA LIBRE-4, SEGÚN UNE-EN 22248:1994.

2.2.5.1 DATOS GRABADOS POR EL DISPOSITIVO HABITRANS.

Los resultados registrados para las caídas a 5 – 10 -15 cm, evidencian que no se generan gravedad cero (0 G's en la caída) y que el mecanismo de la máquina no deja totalmente libre el producto de forma instantánea. Debido a ello, en las pruebas previas no se registraban correctamente las caídas sino que solo el impacto.

Solo en las pruebas de caída de 20 cm, se registra correctamente la gravedad cero durante la caída.

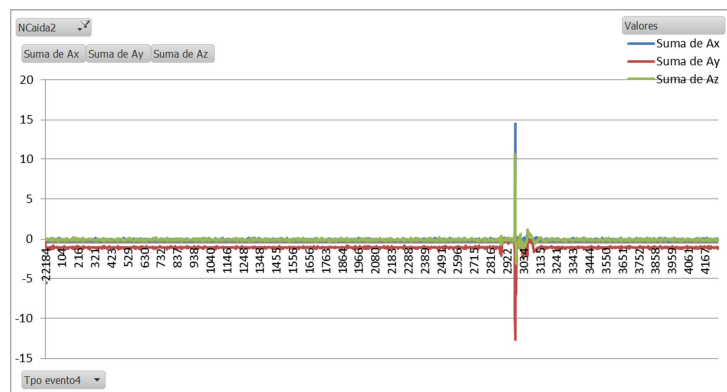


Figura 31. Caída libre 4 - Impacto registrado correctamente como caída (i).

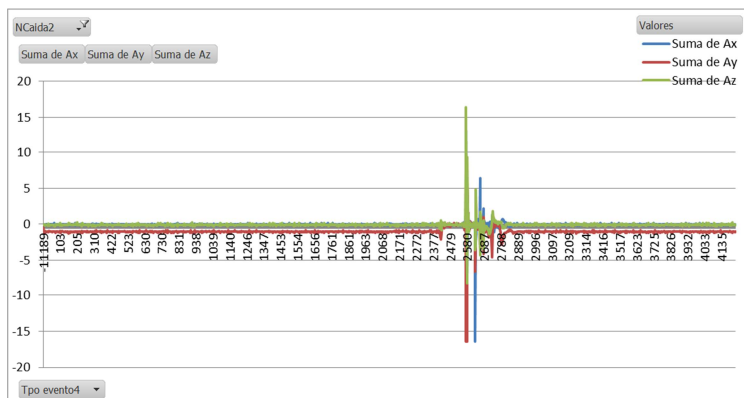


Figura 32. Caída libre 4 - Impacto registrado correctamente como caída (ii).

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

2.2.5.2 CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DEL TEST.

- El dispositivo de registro de datos y su programación actual permiten capturar correctamente una caída libre.

3 PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.

3.1 PREPARACIONES PREVIAS.

3.1.1 MONTAJE DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.

Dado que la carcasa del dispositivo de registro de datos quedó dañada, tras las últimas pruebas de caída libre, hubo que preparar una nueva carcasa de madera sobre la que fijar la placa de prototipado a la que se soldaron todos los componentes.

En esta ocasión, la batería se colocó al mismo nivel que la placa de prototipado, haciendo que el dispositivo fuera más largo, pero más estrecho que en las pruebas previas.

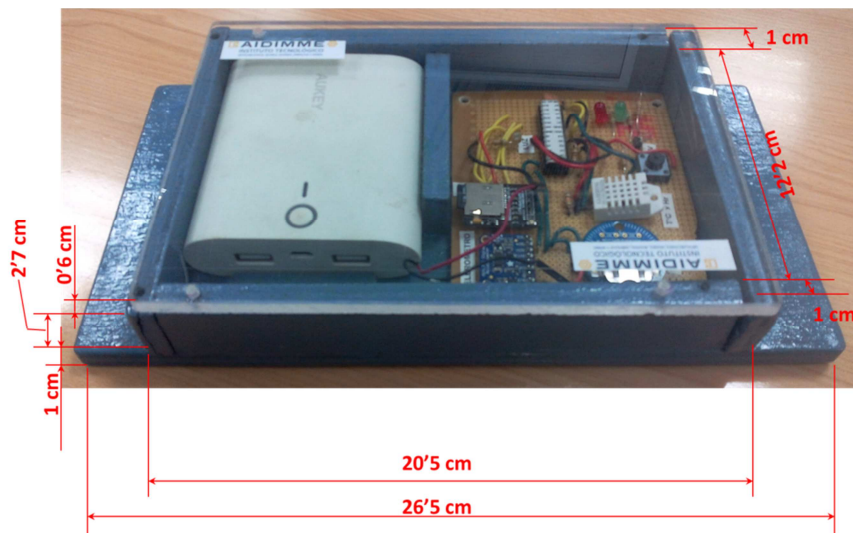


Figura 33. Nueva carcasa del dispositivo de registro de datos.

3.1.2 MONTAJE EN LA UNIDAD DE CARGA.

Dado que las dimensiones y geometría del dispositivo eran diferentes a la versión inicial del mismo, hubo que buscar de nuevo una ubicación del mismo en la unidad de carga, y realizar las operaciones correspondientes para su instalación.

Finalmente, se eligió la parte inferior de un lateral interior de la unidad de carga, siendo una posición similar a la de las pruebas realizadas en laboratorio en la anualidad 2015. A continuación se muestran unas fotografías del proceso de instalación.



Figura 34. Instalación dispositivo en unidad de carga (i).



Figura 35. Instalación dispositivo en unidad de carga (ii).



Figura 36. Instalación dispositivo en unidad de carga (iii).

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados



Figura 37. Instalación dispositivo en unidad de carga (iv).

3.2 RUTA 1.

3.2.1 RECORRIDO.

La ruta se compone de dos etapas:

- **Etapa 1:** Ruta desde las instalaciones de AIDIMME en el Parque Tecnológico (Paterna) a las instalaciones de la empresa Transportes y Mudanzas Grande, S.L. (Riba Roja).



Figura 38. Esquema Ruta 1 – Etapa 1.

- **Etapa 2:** Ruta desde el almacén de Transportes y Mudanzas Grande, S.L. a almacén de Burdeos, y descarga de la unidad de carga.



Figura 39. Esquema Ruta 1 – Etapa 2.

- **Etapa 3:** Carga de la jaula en Burdeos y ruta hasta el almacén de Transportes y Mudanzas Grande, S.L., y descarga de la unidad de carga.



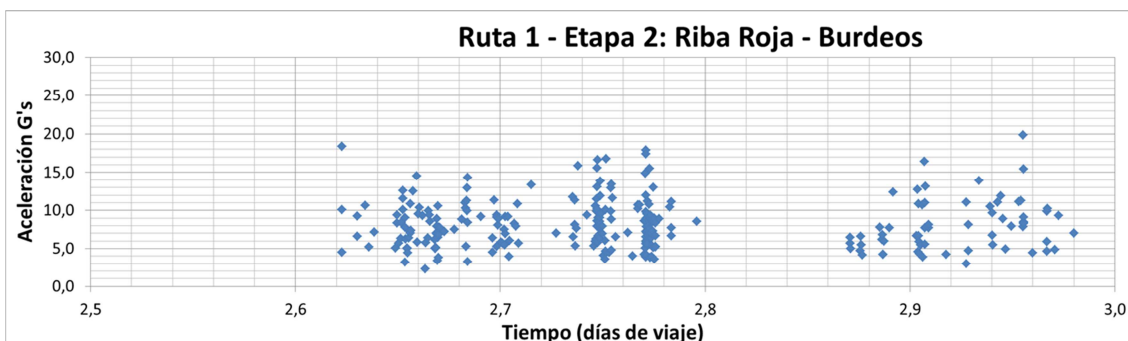
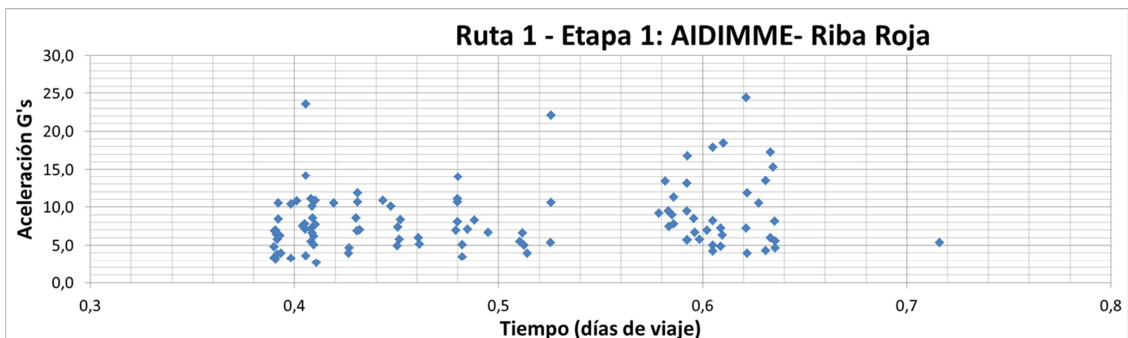
Figura 40. Esquema Ruta 1 – Etapa 3.

3.2.2 RESULTADOS.

Los resultados grabados en la tarjeta microSD del dispositivo se han representado en el siguiente gráfico, donde se ha representado, para cada impacto grabado, el pico máximo de aceleración global, calculada como la raíz de la suma de los cuadrados de las aceleraciones en los ejes x, y, z:

$$A = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

Las siguientes gráficas representan los picos máximos capturados por el dispositivo.



HABITRANS

Informe de difusión de resultados

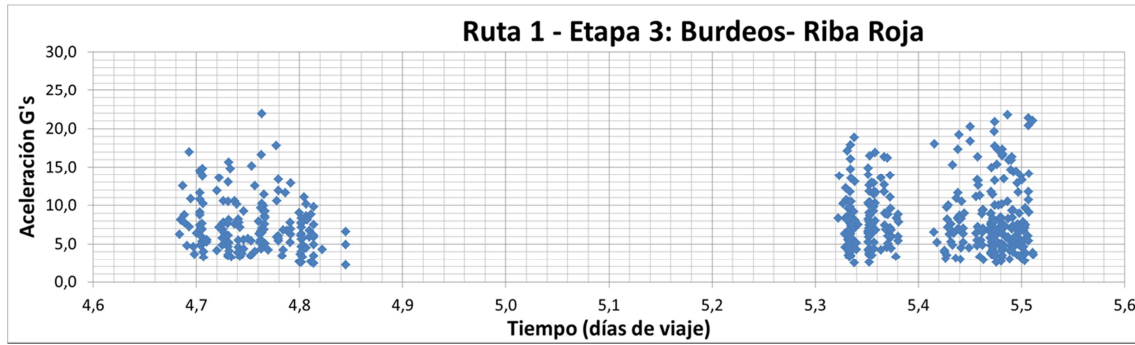


Figura 41. Resultados Ruta 1 (i).

Si se analizan los datos de manera conjunta, se pueden identificar las diferentes etapas de la ruta, y sus operaciones asociadas, tal y como se ha representado en la siguiente imagen.

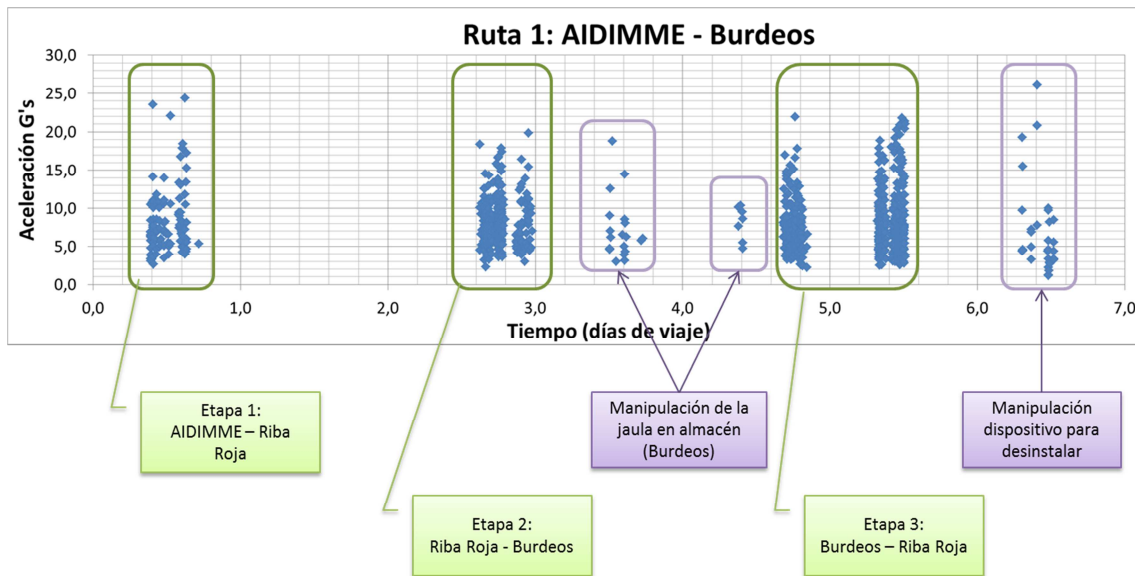


Figura 42. Resultados Ruta 1 (ii).

Tras una inspección visual de la unidad de carga y su contenido, no se aprecian daños, ni defectos en ninguno de los productos contenidos.

3.3 RUTA 2.

3.3.1 RECORRIDO.

Ruta desde el almacén de Transportes y Mudanzas Grande, S.L. a almacén de Dusseldorf, descarga y carga de la unidad de carga, y vuelta a las instalaciones de Transportes y Mudanzas Grande, S.L.

- **Etapa 1:** Ruta desde el almacén de Transportes y Mudanzas Grande, S.L. a almacén de Dusseldorf, y descarga de la unidad de carga.



Figura 43. Esquema Ruta 2 – Etapa 1.

- **Etapa 2:** Carga de la jaula en Dusseldorf y ruta hasta el almacén de Transportes y Mudanzas Grande, S.L., y descarga de la unidad de carga.



Figura 44. Esquema Ruta 2 – Etapa 2.

3.3.2 RESULTADOS.

Al igual que en el caso de la ruta 1, los resultados grabados en la tarjeta microSD del dispositivo se han representado en el siguiente gráfico, donde se ha representado, para cada impacto grabado, el pico máximo de aceleración global, calculada como la raíz de la suma de los cuadrados de las aceleraciones en los ejes x, y, z:

$$A = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Las siguientes gráficas representan los picos máximos capturados por el dispositivo.

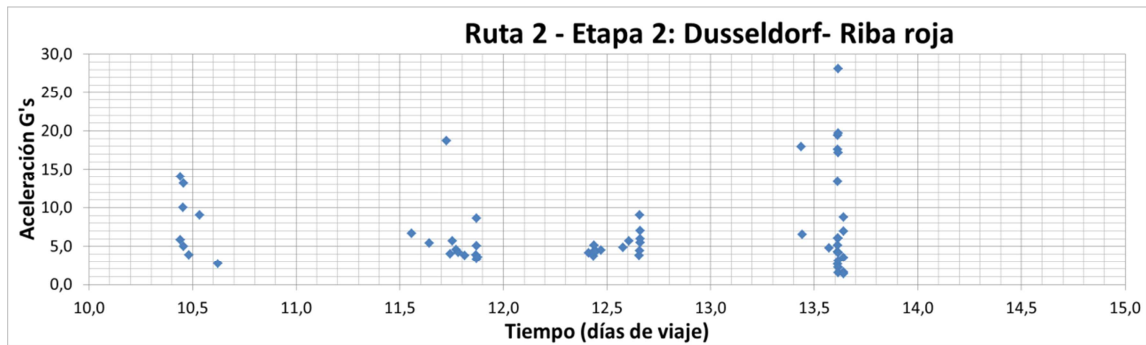
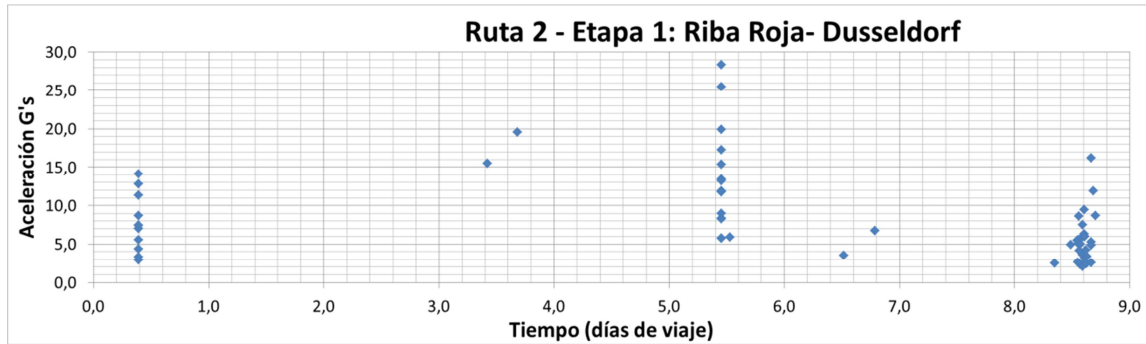


Figura 45. Resultados Ruta 2 (i).

Si se analizan los datos de manera conjunta, se pueden identificar las diferentes etapas de la ruta, y sus operaciones asociadas, tal y como se ha representado en la siguiente imagen.

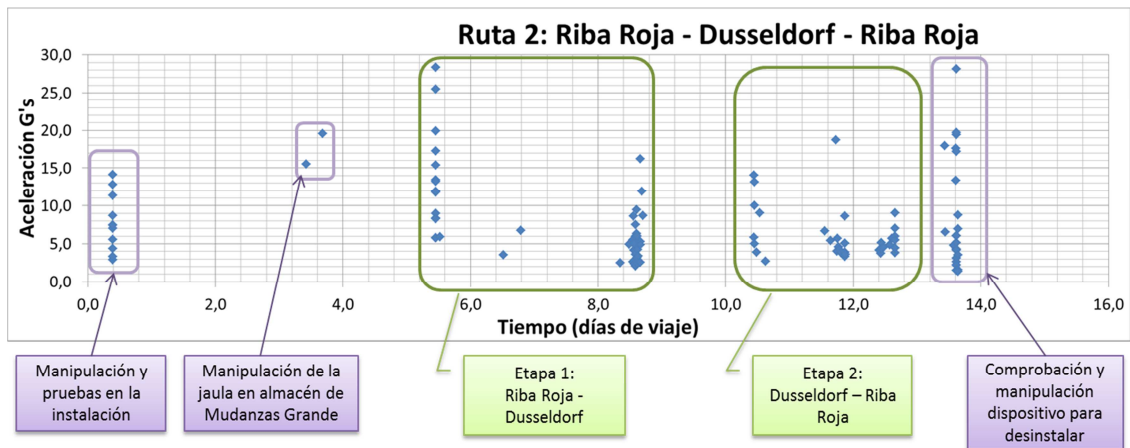


Figura 46. Resultados Ruta 2 (ii).

Tras una inspección visual de la unidad de carga y su contenido, no se aprecian daños, ni desperfectos en ninguno de los productos contenidos.

3.4 CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.

- El dispositivo ha demostrado que es capaz de funcionar de forma autónoma en rutas de distribución europeas de 15 días de duración, tanto a nivel de batería, como de capacidad de almacenamiento de datos.
- El gran volumen de datos que se almacena durante una ruta real (número elevado de impactos registrados y 200 registros por impacto), hace complicado su análisis a posteriori.
- Para representar los resultados en este informe se han utilizado los valores pico de cada impacto registrado, sin embargo dichos valores pueden inducir a error en el análisis debido al ruido de la señal y la falta de un filtrado matemático (tal y como ya se comprobó en los ensayos de laboratorio en la anualidad de 2015).

4 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS EN EL PROTOTIPO.

En éste apartado se muestran las necesidades de mejora identificadas en el prototipo 1 del proyecto HABITRANS.

En primer lugar, se recuerdan los requisitos a cumplir por el prototipo (formado por el dispositivo de registro de datos + la unidad de carga), y como se ha materializado (anualidad 2015). Para cada requisito, se han identificado carencias que han surgido tras la fase de pruebas. Para cada carencia se proponen mejoras a desarrollar en el prototipo. La priorización de propuestas se lleva a cabo en la fase de diseño de la nueva versión del prototipo (T5.1).

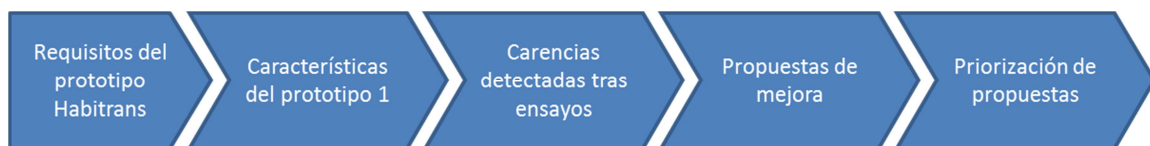


Figura 47. Etapas para la identificación de mejoras del prototipo inicial.

4.1 REQUISITOS INICIALES DEL PROTOTIPO.

Los requisitos se han dividido en dos grupos: requisitos a cumplir por el dispositivo de registro de datos, y requisitos a cumplir por la unidad de carga.

4.1.1 REQUISITOS DEL DISPOSITIVO.

- Capacidad para avisar de que un producto puede estar dañado por golpe o caída.
 - Poder Identificar que se produce un golpe y / o caída de la jaula.
 - Poder valorar la severidad de dicho golpe y / caída.
 - Poder valorar si dicha severidad puede provocar rotura del producto (hay que conocer la “fragilidad de los productos”).
 - Poder informar de la posible rotura del producto.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

- Capacidad para registrar los datos más relevantes, que permitan estudiar lo sucedido durante el transporte de la unidad de carga.
 - o Poder Identificar que se produce un golpe y / o caída de la jaula.
 - o Poder valorar la severidad de dicho golpe y / caída.
 - o Poder grabar los datos en una memoria a la que acceder a posteriori.
 - o Poder importar la información desde la memoria.
 - o Poder analizar la información y extraer conclusiones que aporten valor.
- Capacidad para funcionar más de 30 días de forma ininterrumpida.
- Capacidad para quedar integrado dimensional y estructuralmente en una unidad de carga.

4.1.2 REQUISITOS DE LA UNIDAD DE CARGA.

- Capacidad para proteger la carga frente a vibraciones y / o impactos.
- Capacidad de optimizar el volumen de llenado de unidades de carga intermodal de primer nivel (contenedor marítimo y caja móvil)

4.2 CARENCIAS DETECTADAS.

Se ha elaborado una tabla donde aparecen los siguientes campos:

- Requisitos generales: Los requisitos identificados en el apartado 2 del presente documento.
- Sub-requisito: Requisitos particulares que se agrupan bajo un mismo requisito general. Ya identificados en el apartado 2.
- Componentes de la solución Prototipo 1: Se marca con una “x” para cada subrequisito, que componentes de la solución del prototipo 1 contribuyen a alcanzarlo.
- Aportaciones de los componentes para alcanzar los requisitos: Se describe de qué manera los componentes ayudan a alcanzar el requisito.
- Carencias detectadas: Se describen las carencias detectadas tras los ensayos para alcanzar cada sub-requisito.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

4.2.1 CARENCIAS DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.

Requisito general	Sub-requisito	Componentes de la solución Prototipo 1								Aportaciones de los componentes para alcanzar los requisitos	Carencias detectadas tras pruebas	
		Microcontrolador ATmega 328P	Acelerómetro ADXL 345	RTC DS3231	Micro SD 32Gb y Alta velocidad	Sensor T ⁹ Hr DTH22	Sensor Luz LDR	Batería 10.000 mAh	Actuadores (Leds)			
Capacidad para avisar de que un producto puede estar dañado por golpe o caída.	Poder Identificar que se produce un golpe y / o caída de la jaula.	x	x								<ul style="list-style-type: none"> - ATmega 328P se programa fácilmente en entorno Arduino. - Acelerómetro ADXL345 tiene funciones para en la programación detectar la caída libre y el golpe. 	
	Poder valorar la severidad de dicho golpe y / caída.	x	x								<ul style="list-style-type: none"> - El umbral de G's bajo el que se activa un golpe es muy bajo. → Se graban demasiados eventos. (1) - El valor máximo que se puede registrar es de 16G's. (2) - La señal capturada no presenta filtros que eliminen el ruido (3) 	
	Poder valorar si dicha severidad puede provocar rotura del producto (hay que conocer la "fragilidad de los productos").										<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere un conocimiento del nivel de fragilidad del producto embalado. (4) 	
	Poder informar de la posible rotura del producto.	x							x	<ul style="list-style-type: none"> - El código de colores y el parpadeo de los leds permite informar de la situación, y su consumo es bajo 	<ul style="list-style-type: none"> - No se ha conseguido un funcionamiento lógico del sistema de luces por led. (5) 	
Capacidad para estudiar los datos relativos al transporte de la unidad de carga.	Poder grabar los datos en una memoria a la que acceder a posteriori.	x	x	x	x	x	x			<ul style="list-style-type: none"> - La tarjeta de alta velocidad permite grabar datos cada 2-3 ms (no se pierde información relevante). - Microcontrolador guarda los valores de todos los sensores cuando realiza las 	<ul style="list-style-type: none"> - La fecha y hora del RTC se retrasa con el paso del tiempo y por tanto no ofrece un dato fiel a la realidad. (6) 	

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

											lecturas. - RTC aporta la fecha y hora actualizadas.	
	Poder importar la información desde la memoria.				x						- La información está almacenada en una tarjeta Micro SD de 32 Gb.	
	Poder analizar la información y extraer conclusiones que aporten valor.										- Los datos de guardan en un fichero .txt que puede ser importado desde Excel, Acces, u otras aplicaciones a desarrollar. - Los análisis en Excel son muy manuales. Cuesta obtener una visión global de lo sucedido en una ruta. (7) - La señal capturada no presenta filtros que eliminen el ruido (3)	
Capacidad para funcionar más de 30 días de forma ininterrumpida.	Capacidad para funcionar más de 30 días de forma ininterrumpida.	x	x	x	x	x	x	x	x	X	- Batería de 10.000mAh - programación en base a máquina de estados. El dispositivo está en estado reposo hasta que el acelerómetro detecta golp.	- Con el consumo actual del dispositivo y la batería actual no se ha logrado una autonomía mayor de 15 días. (8)
Capacidad para quedar integrado dimensional y estructuralmente en una unidad de carga.	Capacidad para quedar integrado dimensional y estructuralmente en una unidad de carga.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	- El tamaño final es la suma del tamaño de todos los componentes. - Resulta crítico el tamaño de la batería.	- Con los componentes actuales el tamaño del dispositivo dificulta en exceso la integración en una unidad de carga. (9)

4.2.2 CARENCIAS DE LA UNIDAD DE CARGA.

Requisito general	Sub-requisito	Componentes de la solución				Aportaciones de los componentes para alcanzar los requisitos	Carencias detectadas tras pruebas
		Jaula metálica	Bandas antideslizante	Cinchas de fijación	Porex		
Capacidad para proteger la carga frente a vibraciones y / o impactos.	Capacidad para proteger la carga frente a vibraciones y / o impactos.	x	x	x	X	<ul style="list-style-type: none"> - Jaula con bandas de PE en el interior. - Las cinchas limitan el movimiento de la carga dentro de la jaula. - El porex elimina huecos interiores y limita el movimiento de la carga. - El suelo antideslizante evita el deslizamiento y la abrasión de la base de la carga con el suelo de la jaula. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los ganchos de las cinchas quedan muy expuestos y pueden rozar con la carga. (10) - En ensayos el porex se desplaza perdiendo su utilidad. (11) - Con el tiempo las bandas antideslizantes se despegan. (12)
Capacidad de optimizar el volumen de llenado de unidades de carga intermodal de primer nivel (contenedor marítimo y caja móvil).	Capacidad de optimizar el volumen de llenado de unidades de carga intermodal de primer nivel (contenedor marítimo y caja móvil).	x				<ul style="list-style-type: none"> - La unidad de carga se pliega para minimizar el espacio en los retornos. 	<ul style="list-style-type: none"> - El tamaño de la jaula no es submúltiplo de las dimensiones de un contenedor marítimo. (13) - Solo existe un tamaño de jaula. No existe posibilidad de modular la unidad de carga según necesidades volumétricas.(14)

4.3 IDENTIFICACIÓN DE MEJORAS.

Se ha elaborado una tabla donde aparecen los siguientes campos:

- Tipo de mejora: Identificación de si la mejora propuesta hace referencia a la programación, los componentes, diseño de carcasa o dispositivo, aplicación informática, diseño de la estructura de la jaula, o diseño del interior de la jaula.
- Descripción de la mejora: Se describe de forma breve la mejora.
- Carencia que puede solventar: Se indica la carencia que solventa. Ya identificadas en apartado 5.
- Contribución con los requisitos: se indica mediante flecha verde hacia arriba si contribuye positivamente con los requisitos del prototipo, o con flecha roja hacia abajo, si contribuye negativamente con algún requisito.

4.3.1 MEJORAS EN EL DISPOSITIVO.

Tipo de mejora	Descripción de la mejora	Carencia que puede solventar	Contribución con los requisitos			
			Capacidad avisar de daños en producto	Capacidad para estudiar los datos transporte de	Más de 30 días de batería	Integración en unidad de carga
Programación del dispositivo	(P1) Mejorar la programación de los umbrales de detección de golpe	(1) Umbral de detección del golpe muy bajo. Se graban muchos eventos.		↑	↑	
	(P2) Mejorar la programación de la función visualizar	(5) Funcionamiento lógico de los leds que avisan de golpe	↑↑			
	(P3) Buscar nuevas librerías del RTC y revisar programación.	(6) RTC se retrasa		↑↑		
	(P4) Realizar microparadas del ATmega329P (watchdog)	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑	
	(P5) Revisar frecuencia de uso de componentes (Tº y Hr, luz, leds, etc.)	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑	
	(P6) Programar en el microcontrolador filtros matemáticos de la señal	(3) Ruido excesivo de la señal	↑	↑↑	↓	
Componentes del dispositivo	(C1) Utilización de acelerómetros con un rango de lecturas mayor a +/- 16G's	(2) Capturar eventos de más de 16G's	↑			
	(C2) Utilizar acelerómetro donde el umbral mínimo para detectar el golpe sea mayor.	(1) Umbral de detección del golpe muy bajo. Se graban muchos eventos.		↑	↑	
	(C3) Utilizar otros modelos de RTC	(6) RTC se retrasa		↑↑		
	(C4) Utilizar batería de mayor capacidad	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑↑	↓
	(C5) Utilizar microcontrolador y sensores de bajo consumo	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑↑	

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Diseño y Carcasa del dispositivo	(D1) Diseño de PCB que minimice el espacio	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño				↑↑
	(D2) Utilizar batería de menor tamaño	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño			↓↓	↑↑
	(D3) Diseño de carcasa que minimice el volumen final y se acople a UC	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño				↑
Aplicación informática	(A1) Desarrollar aplicación informática para el análisis y información registrada en la SD	(7) Análisis muy manual de los datos registrados		↑↑		
	(A2) Desarrollar aplicación que incorpore filtros matemáticos a la señal del acelerómetro	(3) Ruido excesivo de la señal		↑↑		

4.3.2 MEJORAS EN LA UNIDAD DE CARGA.

Tipo de mejora	Descripción de la mejora	Carencia que puede solventar	Contribución con los requisitos	
			Capacidad para proteger carga	Capacidad para optimizar volumen de llenado contenedor
Diseño de la estructura	(E1) Diseñar base según submúltiplos de contenedor marítimo.	(13) tamaño de la jaula no es submúltiplo de un contenedor marítimo.		↑
	(E2) Realizar diseño modular a partir de submúltiplos que se puedan adicionar	(14) Solo hay un tamaño de jaula. No existe posibilidad de modular.		↑↑
Diseño del interior	(I1) Diseñar elementos interiores donde anclar cinchas, sin que sobresalgan y dañen al producto.	(10) Los ganchos de la cincha pueden dañar el producto.	↑↑	
	(I2) Diseñar sistemas donde alojar "según se necesite" elementos de protección internos	(11) Porex interior se desplaza durante el transporte	↑	
	(I3) Utilizar otro material antideslizante y un sistema de fijación más duradero.	(12) bandas antideslizantes se despegan	↑↑	

RESUMEN. CONCLUSIONES.

El prototipo inicial se ha mostrado apto para cumplir con las dos funciones básicas que le han sido demandas:

- Proteger la carga contenida en su interior.
- Registrar datos de impactos, golpes o caídas que pueden implicar la rotura de alguno de los productos contenidos en su interior.

Sin embargo, se han detectado diferentes deficiencias en el dispositivo de registro de datos que serán objeto de mejora durante el paquete de trabajo 5, cuyo objetivo es diseñar y fabricar una nueva versión del concepto de unidad de carga intermodal del hábitat.

Respecto del dispositivo de registro de datos:

- El umbral de G's bajo el que se activa un golpe es muy bajo. Se graban demasiados eventos.
- El valor máximo que se puede registrar es de 16G's.
- La señal capturada no presenta filtros que eliminen el ruido.
- Se requiere un conocimiento del nivel de fragilidad del producto embalado.
- No se ha conseguido un funcionamiento lógico del sistema de luces por led.
- La fecha y hora del RTC se retrasa con el paso del tiempo y por tanto no ofrece un dato fiel a la realidad.
- Los análisis en Excel son muy manuales. Cuesta obtener una visión global de lo sucedido en una ruta.
- La señal capturada no presenta filtros que eliminen el ruido.
- Con el consumo actual del dispositivo y la batería actual no se ha logrado una autonomía mayor de 15 días.
- Con los componentes actuales el tamaño del dispositivo dificulta en exceso la integración en una unidad de carga.

Respecto de la unidad de carga:

- Los ganchos de las cinchas quedan muy expuestos y pueden rozar con la carga.
- En ensayos el porex se desplaza perdiendo su utilidad.
- Con el tiempo las bandas antideslizantes se despegan.
- El tamaño de la jaula no es submúltiplo de las dimensiones de un contenedor marítimo.
- Solo existe un tamaño de jaula. No existe posibilidad de modular la unidad de carga según necesidades volumétricas.

Se han generado propuestas de mejora, que deberán ser evaluadas en el paquete de trabajo 5.

Respecto del dispositivo de registro de datos:

- Mejorar la programación de los umbrales de detección de golpe
- Mejorar la programación de la función visualizar
- Buscar nuevas librerías del RTC y revisar programación.
- Realizar microparadas del ATMEGA329P (watchdog)
- Revisar frecuencia de uso de componentes (Tº y Hr, luz, leds, etc.)
- Programar en el microcontrolador filtros matemáticos de la señal
- Utilización de acelerómetros con un rango de lecturas mayor a +/- 16G's
- Utilizar acelerómetro donde el umbral mínimo para detectar el golpe sea mayor.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

- Utilizar otros modelos de RTC
- Utilizar batería de mayor capacidad
- Utilizar microcontrolador y sensores de bajo consumo
- Diseño de PCB que minimice el espacio
- Utilizar batería de menor tamaño
- Diseño de carcasa que minimice el volumen final y se acople a UC
- Desarrollar aplicación informática para el análisis y información registrada en la SD
- Desarrollar aplicación que incorpore filtros matemáticos a la señal del acelerómetro

Respecto de la unidad de carga:

- Diseñar base según submúltiplos de contenedor marítimo.
- Realizar diseño modular a partir de submúltiplos que se puedan adicionar
- Diseñar elementos interiores donde anclar cinchas, sin que sobresalgan y dañen al producto.
- Diseñar sistemas donde alojar “según se necesite” elementos de protección internos
- Utilizar otro material antideslizante y un sistema de fijación más duradero.

ENTREGABLE E9.

1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.

En este documento se presentan los resultados de las actividades llevadas a cabo en el paquete de trabajo 4 del proyecto.

El objetivo del mismo es profundizar en los procesos de fabricación de unidades de carga existentes en la actualidad, así como proponer modificaciones en dichos procesos de fabricación, de modo que contemplen operaciones de inserción de un dispositivo de registro de datos de transporte como el que se desarrolla en el proyecto.

Para ello, en el apartado 2, se realiza una identificación de operaciones en los procesos de fabricación de unidades de carga de primer nivel, y segundo nivel (tanto de madera como metálicas).

En el apartado 3, se presentan diferentes opciones para ubicar un dispositivo de registro de datos de dimensiones aproximadas al del prototipo 1 desarrollado en la primera anualidad del proyecto, en una unidad de carga.

Por último, en el apartado 4 se exponen diferentes opciones que, de manera conceptual, definen como se puede llevar a cabo la inserción d este tipo de dispositivos en una unidad de carga.

2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN ACTUALES.

2.1 UNIDADES DE CARGA DE PRIMER NIVEL.

Como unidad de carga intermodal de primer nivel por excelencia tenemos el contenedor marítimo. Básicamente se compone de una serie de perfiles metálicos y chapas de acero onduladas soldados para dar rigidez al conjunto.

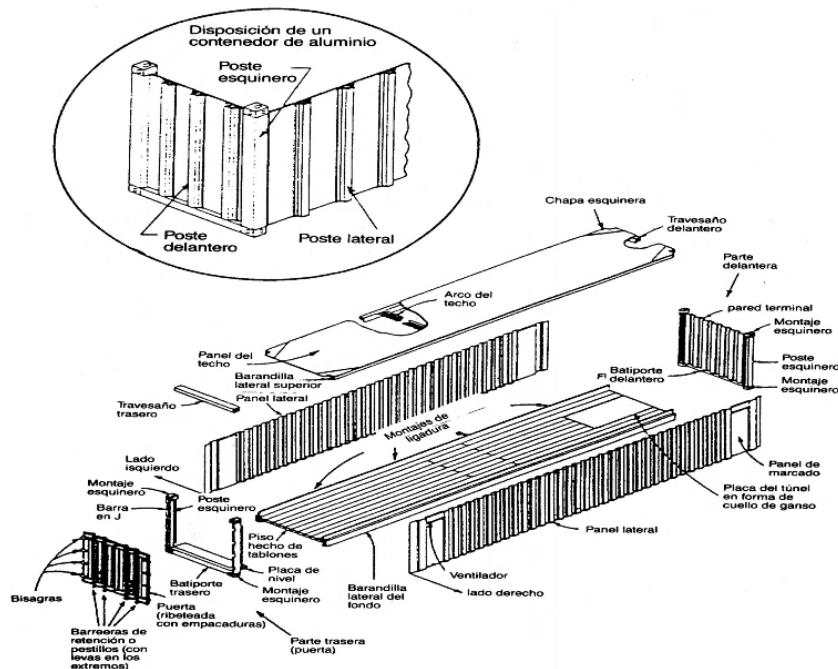


Figura 48 – Componentes de un contenedor marítimo.

Fuente: BASC [1].

El proceso de fabricación de un contenedor marítimo se compone de operaciones de corte de chapas y perfiles metálicos, estampación sobre chapas, mecanización de agujeros, y soldadura de elementos para dar forma al conjunto, así como pintura y otros acabados [2], [3]. A continuación se ofrece un esquema general del proceso de fabricación de un contenedor marítimo:

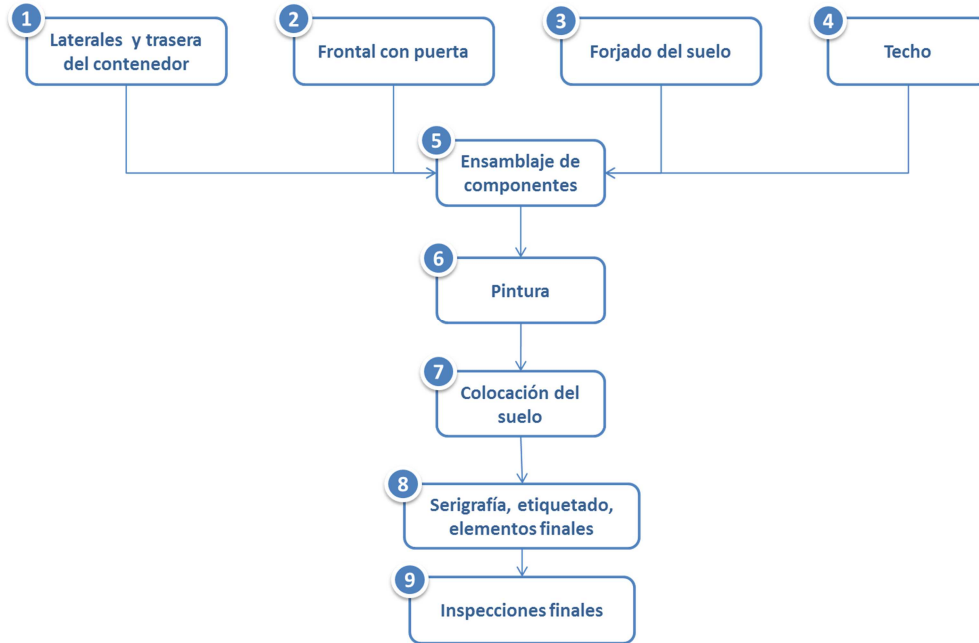


Figura 49 – Esquema general de fabricación de un contenedor marítimo
 Fuente: elaboración propia.

2.2 UNIDADES DE CARGA DE SEGUNDO NIVEL.

Tal y como se identificó en el Entregable 1 del proyecto (“Informe de características técnicas actuales unidad de carga intermodal”), el mercado de fabricantes de contenedores es muy reducido, con grandes barreras de entrada. Por tanto, se detectó la dificultad de actuar sobre la unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo o caja móvil), siendo necesaria la actuación sobre las unidades de carga de segundo nivel, si se desea que los resultados del proyecto tengan impacto en el sector logístico e industrial. A continuación se muestran, a modo de recordatorio, algunas de las conclusiones del Entregable 1 del proyecto.

- La industria de fabricación de contenedores es muy intensiva en capital, por lo que son pocos fabricantes a nivel mundial, con grandes barreras de entrada y están muy estandarizados y en su interior no tienen para la sujeción o trincaje de cargas más que elementos de anillas a los lados superior e inferior para asir cinchas y otros elementos (*Extraído del Entregable 1 del proyecto*).
- También podemos entender como unidad de carga al margen de las mencionadas, otros conceptos que sirven para agrupar, manipular eficazmente y proteger a las mercancías. En definitiva las podemos entender también como unidades de carga de segundo nivel para cargar en contenedores. Entre ellas tenemos las paletas, jaulas, boxpalet, cajas de madera, metálicas, plásticas, contenedores varios (*Extraído del Entregable 1 del proyecto*).
- Así pues para la mejora de la seguridad, integridad y eficiencia del transporte de mercancías en forma intermodal se hace necesario desarrollar estas unidades de carga de modo que se satisfagan tanto los requerimientos de fácil y rápida manipulación, como de optimizar la carga volumétrica de los contenedores (*Extraído del Entregable 1 del proyecto*).

Por tanto, todos los esfuerzos del proyecto se centran en la adaptación de unidades de carga de segundo nivel al concepto de unidad de carga intermodal del hábitat. Para ello, se ha realizado un esfuerzo previo de análisis volumétrico de éste tipo de unidades de carga, para su adaptación dimensional, de modo que optimice el volumen disponible en una unidad de carga de primer nivel.

Éste análisis, cuyos resultados se toman como input del proceso de diseño del prototipo 2 del proyecto, se adjunta para su consulta como Anexo al presente entregable.

2.2.1 UNIDADES DE CARGA EN MADERA.

El proceso de fabricación de unidades de carga de segundo nivel de madera se compone, básicamente, de operaciones de corte de listones de madera para generar tacos y listones de dimensiones deseadas, y operaciones de clavado de tacos y listones para dar forma a la estructura final. Si se trata de unidades de carga para exportación fuera de la Unión Europea, la unidad de carga requerirá de un tratamiento térmico adecuado para cumplir con la normativa NIMF-15.

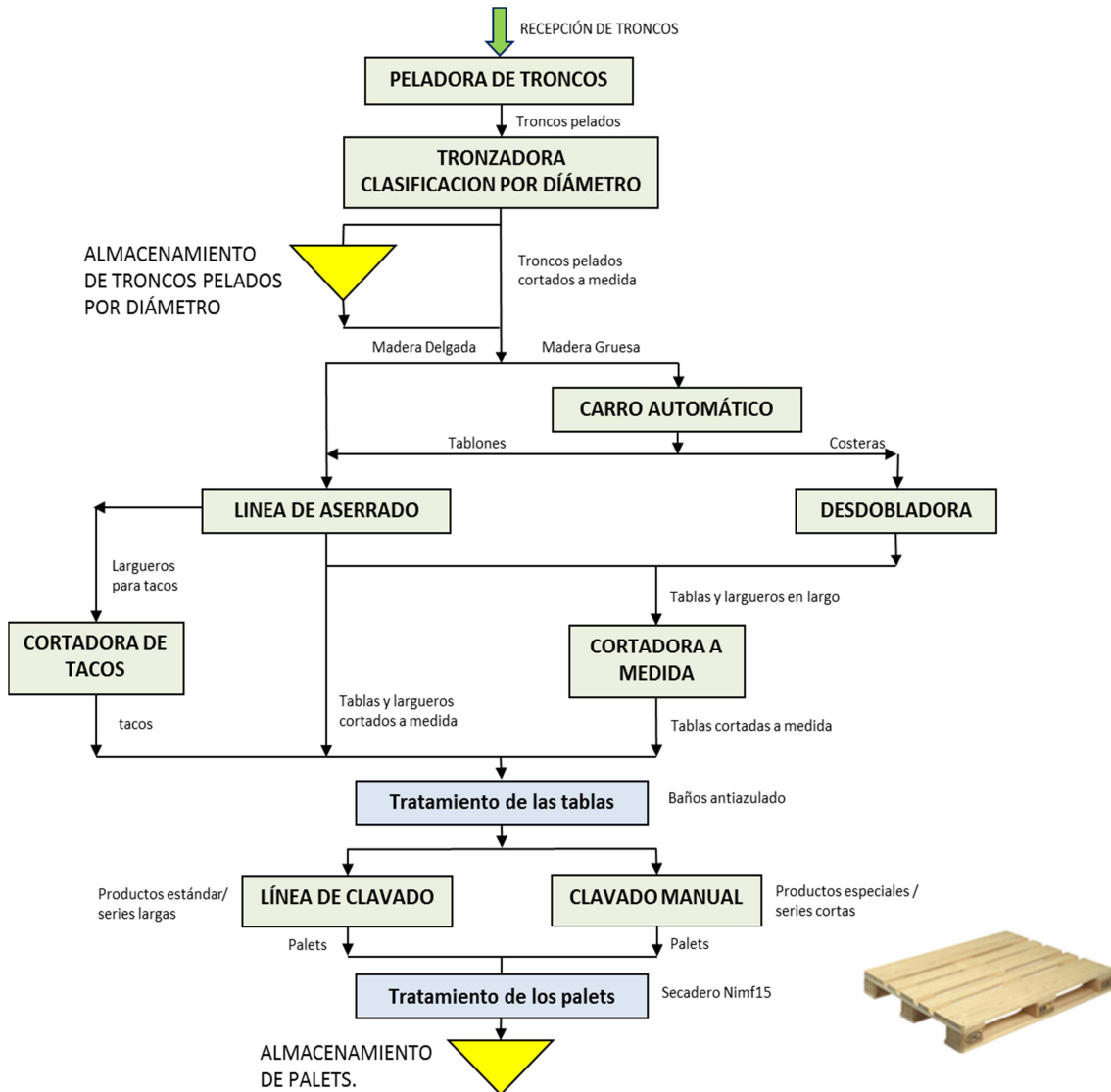


Figura 50 – Ejemplo de proceso de fabricación de un palet de madera
Fuente: Elaboración AIDIMME, tras análisis de proceso fábrica de palets.

2.2.2 UNIDADES DE CARGA METÁLICAS.

De manera general, el proceso de fabricación de una unidad de carga de segundo nivel metálica se compone de operaciones de corte de perfiles metálicos (según el diseño de la unidad de carga puede requerir operaciones de curvado, mecanizado de agujeros, soldadura de perfiles para formar estructuras, fijación de chapas o tablero si se quiere cubrir la estructura, montaje de herrajes para el cierre / apertura de laterales, y procesos finales de acabado (principalmente pintura).

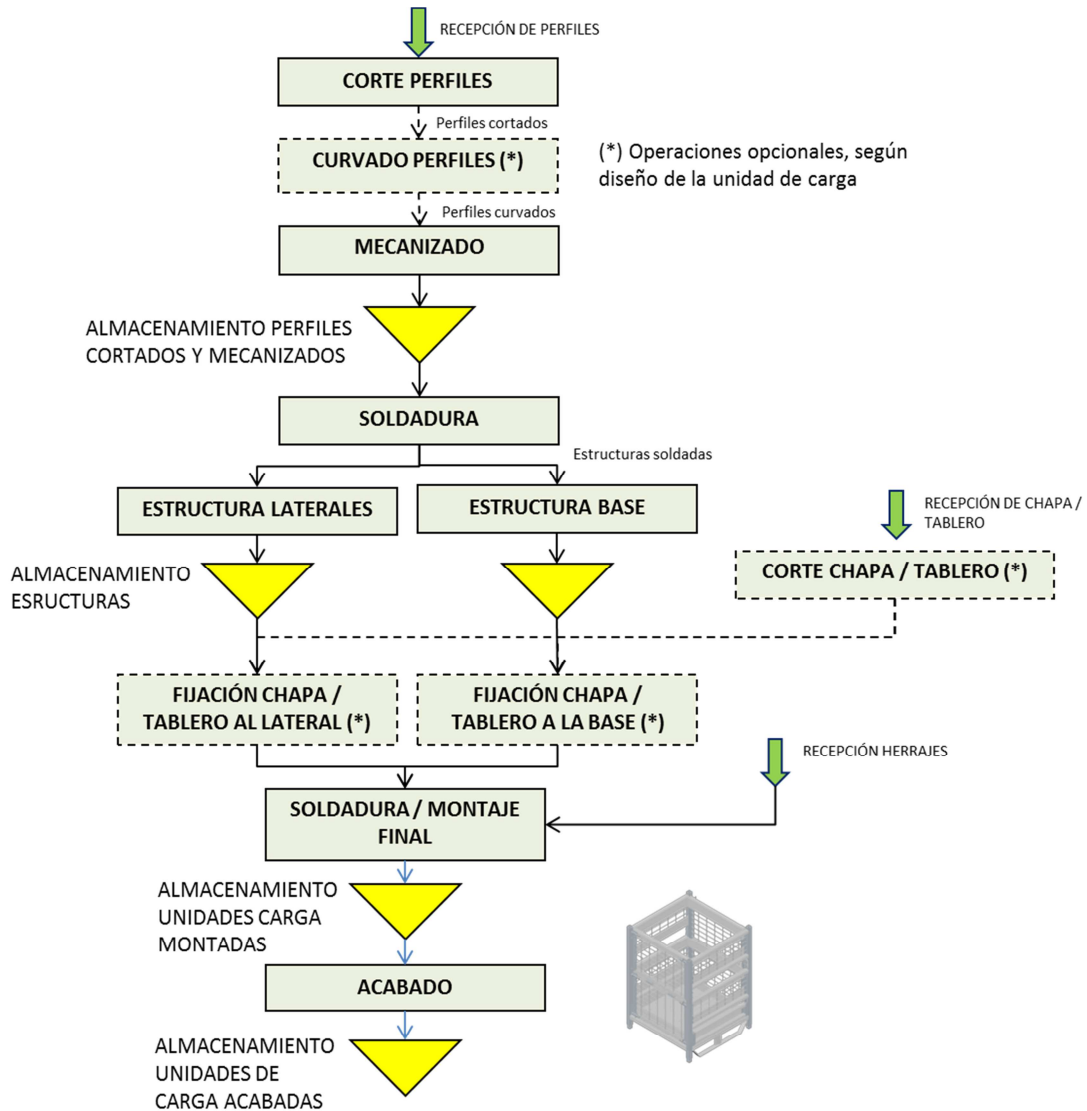


Figura 51 – Esquema general del proceso de fabricación de unidades de carga de segundo nivel, metálicas.
Fuente: elaboración propia, en base a visita de fabricantes de contenedores metálicos.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

3 POSIBILIDADES PARA INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS EN LA UNIDAD DE CARGA.

3.1 DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE.

El dispositivo de registro de datos de transporte desarrollado en el proyecto se compone de tres partes:

- Placa de prototipado o PCB que incorpora el microcontrolador, acelerómetro, RTC, módulo SD, sensor de temperatura y humedad, sensor de luminosidad, y leds.
- Batería con capacidad (mAh) suficiente para alimentar al microcontrolador y sus sensores.
- Carcasa donde se fijan la placa, y la batería, proporcionando integridad y protección al conjunto.

Por tanto, la geometría y dimensiones finales del dispositivo dependerán de las dimensiones y geometrías de estos tres componentes.

El prototipo 1 del proyecto ha sufrido algunas modificaciones en cuanto a estos componentes, con el objetivo de garantizar la integridad del dispositivo durante las pruebas de transporte (Tarea 3.2).

A lo largo del Paquete de trabajo 5, se ha trabajado en paralelo en la definición final del prototipo 2 del dispositivo. Las modificaciones que se realicen, irán encaminadas a reducir el consumo, lo que puede reducir el tamaño de la batería necesaria. Del mismo modo se pueden tomar decisiones que afecten a la elección de los componentes, modificando el tamaño de la placa de prototipado.

A la hora de indagar en el proceso de inserción del dispositivo en una unidad de carga intermodal del hábitat, se va a considerar una serie de opciones de diseño del dispositivo que cubren de forma satisfactoria el posible rango de tamaño y volumen final del dispositivo.

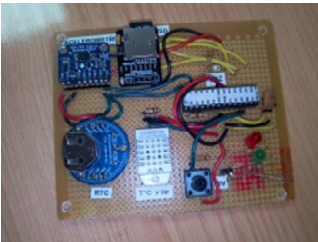

Para ello, se consideran dos opciones en cuanto a la conexión del microcontrolador con los sensores y actuadores:

- Una placa de prototipado estándar donde se sueldan los componentes.
- Una PCB diseñada a medida para la ubicación de los componentes del dispositivo, donde se sueldan, quedando el tamaño optimizado.

A continuación, se muestra un ejemplo de desarrollos en el proyecto de estas dos opciones.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

Placa de control

Prototipado con componentes soldados	PCB con componentes soldados
 <p>P1 <u>Dimensiones aprox.:</u> 11,5cm x 8,5cm x1,5cm</p>	 <p>P2 <u>Dimensiones aprox:</u> 14cm x 5cm x 2,5cm</p>

Para la batería, se contemplan tres opciones con capacidad suficiente para alimentar el dispositivo:

- Batería LiPO de 6.600 mAh. Al tratarse de una batería de 3'7V, requiere de un elevador de tensión hasta los 5V que requiere el microcontrolador.
- Batería LiPO de 10.600 mAh. Al tratarse de una batería de 7'2V, requiere de un reductor de tensión hasta los 5V que requiere el microcontrolador.
- Batería USB de 10.000 mAh de 5V.

A continuación se muestra un ejemplo de este tipo de baterías.

Batería

LiPo de 6.600 mAh (3,7V) + elevador	LiPo RC 10.000 mAh (7,2V)+ reductor	Batería USB 10.000 mAh (5V)
 <p>B1 <u>Dimensiones aprox:</u> (6,9 cm x 5,4 cm x 1,8 cm)+(5 cm x 1,5 cm x1,5cm)</p>	 <p>B2 <u>Dimensiones aprox:</u> (16,8 cm x 6,9 cm x 4 cm)+(5 cm x 1,5 cm x 1,5 cm)</p>	 <p>B3 <u>Dimensiones aproximadas:</u> (8,5 cm x 9 cm x3 cm)</p>

Por tanto, se trabaja con una combinación de 6 posibles dimensiones finales, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

POSIBLES DIMENSIONES DE DISPOSITIVOS SEGÚN OPCIONES DE PLACAS Y BATERÍAS

Nota: Se ha marcado en verde la opción 3 disponible en la actualidad

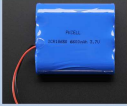



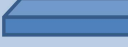


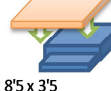
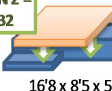
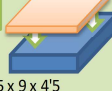

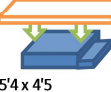
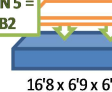
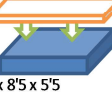
		Baterías	LiPo de 6.600 mAh (3'7V)+elevador	LiPo RC 10,000MAh (7'2V) + reductor	Batería USB 10.000 mAh(5V)
			B1 	B2 	B3 
Placas de control			 6'9 x 5'4 x 1'8 cm + (5 x 1'5 x 1'5)	 16'8 x 6'9 x 4 cm + (5 x 1'5 x 1'5)	 8'5 x 9 x 3 cm
Prototipado con componentes soldados	P1 	OPCIÓN 1 = P1+B1  11'5 x 8'5 x 1,5 cm	OPCIÓN 2 = P1+B2  11'5 x 8'5 x 3'5	OPCIÓN 3 = P1+B3  11'5 x 9 x 4'5	
PCB con componentes soldados	P2 	OPCIÓN 4 = P2+B1  14 x 5'4 x 4'5	OPCIÓN 5 = P2+B2  16'8 x 6'9 x 6'5	OPCIÓN 6 = P2+B3  14 x 8'5 x 5'5	

Figura 52 – Combinaciones de componentes para el montaje del dispositivo.
Fuente: elaboración propia.

El resumen, para todas las combinaciones, de tamaños, volumen, y superficie se muestra en la siguiente tabla.

Resumen de Opciones

Opción	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Vol (cm3)	Super (cm2)
1	11,5	8,5	3,5	342,125	97,75
2	16,8	8,5	5,5	785,4	142,8
3	11,5	9	4,5	465,75	103,5
4	14	5,4	4,5	340,2	75,6
5	16,8	6,9	6,5	753,48	115,92
6	14	8,5	5,5	654,5	119

El prototipo 1, desarrollado en la primera anualidad del proyecto se corresponde con la opción nº 3. Se trata de una opción intermedia en cuanto a dimensiones en los ejes x,y,z, superficie en el plano x-y, y volumen total ocupado, tal y como se comprueba en la figura 9 y la Figura 10.

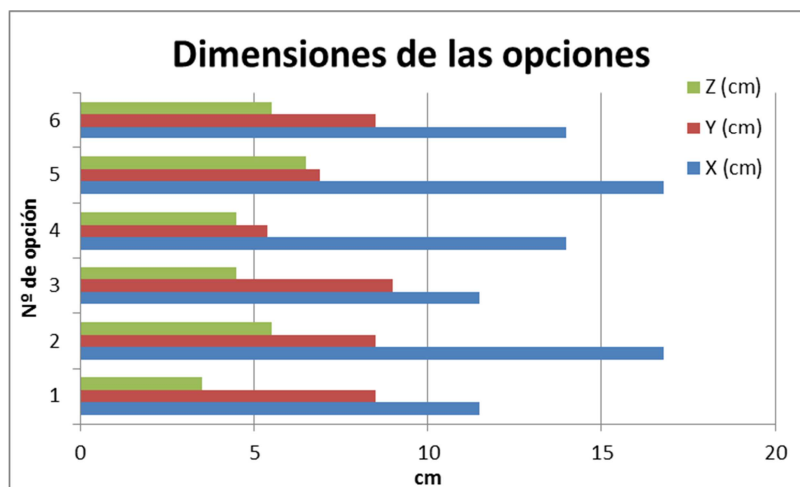


Figura 53 – Dimensiones de las opciones del dispositivo.
Fuente: elaboración propia.

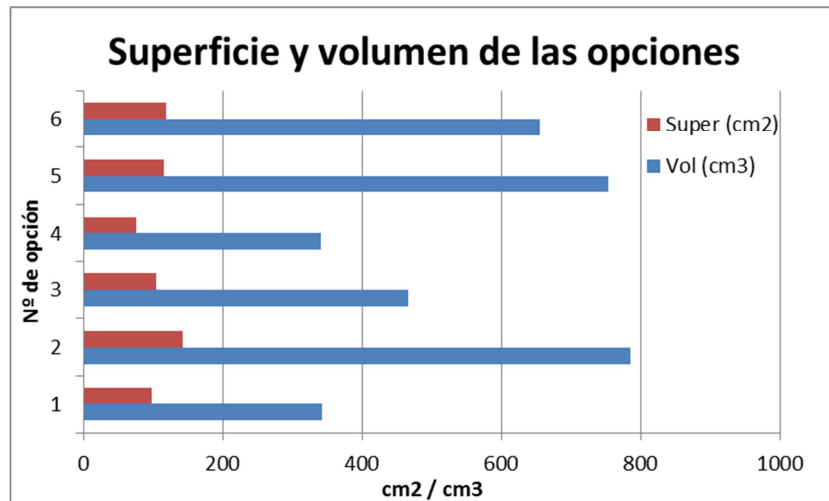


Figura 54 – Superficie y volumen de las opciones del dispositivo.
Fuente: elaboración propia.

Se tomará como referencia para el desarrollo del procedimiento de inserción del dispositivo la opción actual nº 3, aunque se verificará de manera teórica la validez del método con el resto de opciones.

3.2 POSIBILIDADES PARA INCORPORAR EL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN EN LA UNIDAD DE CARGA.

3.2.1 INCORPORACIÓN EN UNA UNIDAD DE CARGA DE MADERA.

A continuación, se relaciona las limitaciones que cada tipología de unidad de carga tiene, para incorporar el elemento de medida, teniendo en cuenta su propia fisonomía y funcionalidad:

3.2.1.1 POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN EN UN PALET.

El dispositivo de registro de datos debe ir posicionado en una ubicación que no moleste a la carga, por lo tanto no puede ir sobre la superficie donde apoya la carga en el palé.

El dispositivo debe ir en una zona que no pueda ser golpeada por las palas de la carretilla. Por lo tanto, no se puede colocar por la parte inferior del palé, ya que las palas de la carretilla pueden entrar por cualquiera de los cuatro lados.

Además, las palas podrían golpear también por cualquier zona exterior al perímetro del palé.

Con estas limitaciones, se desprende que la solución debe pasar por colocar el dispositivo de medición en un lugar no accesible con las palas de una carretilla, por lo tanto debe ser un lugar creado mediante un vaciado en la madera, que deje oculto el dispositivo.

Las posibilidades de crear un hueco donde se pueda ocultar el dispositivo de medición no son muchas, ya que las piezas en las que se compone el palé son de dos tipos: el tablón y el taco

Tablones



Taco

Figura 55 – Partes de una paleta
 Fuente: adaptado de www.rotom.es [4]

En la actualidad existen dos medidas de palets normalizadas, el europalet (1.200 x 800 mm) y el universal (1.200 x 1.000 mm). El primero se utiliza sobre todo en Europa y el universal es propio del mercado americano y japonés.

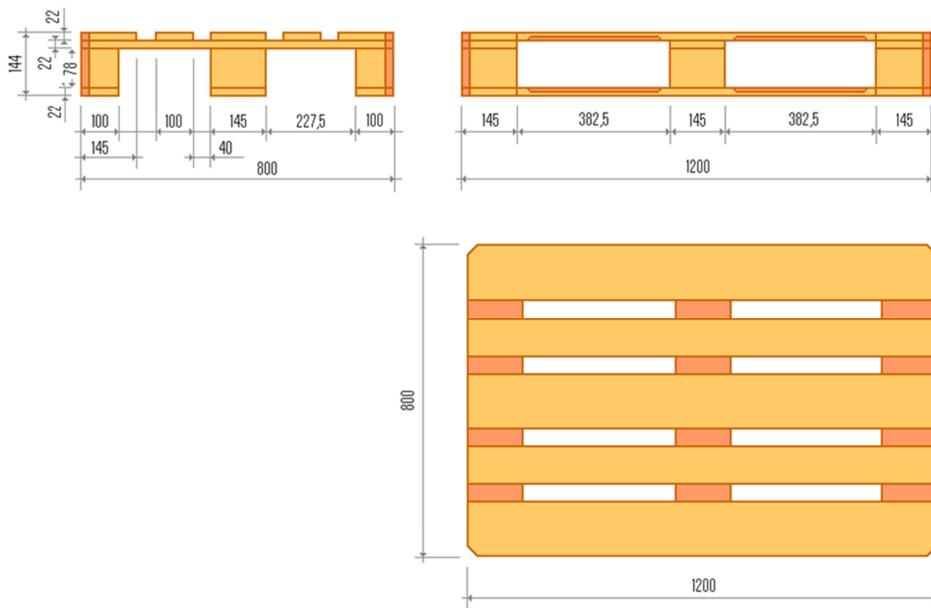
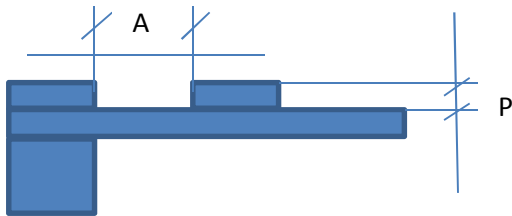


Figura 56 – Dimensiones de un europalet
 Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Plan_palette-europe.svg [7]

Opción 1.

Utilizar el hueco actual entre dos tablas. El espacio disponible es el que se muestra en la siguiente imagen.



A= ancho **4,1** cm.
 L= largo **14,5** cm.
 P= Profundidad **2,2** cm.
 Superficie: $4,1 \times 14,5 \times 2,2 = 130,79 \text{ cm}^2$

Figura 57 – Hueco disponible para ubicación dispositivo.
 Fuente: elaboración propia.

Con esta opción se puede superar la cota de largo (L), siempre y cuando se asegure la sujeción del dispositivo de medición. Con esta opción las características mecánicas del palet no se ven afectadas.

Ubicaciones Opción 1

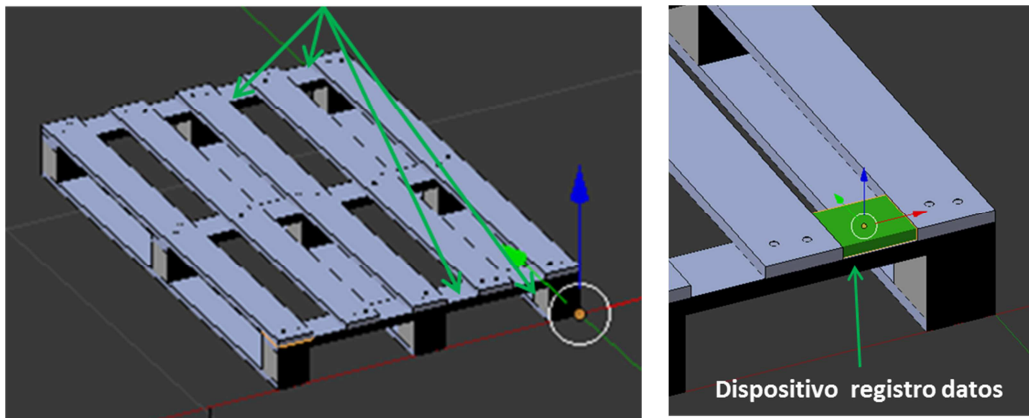


Figura 58 – Ejemplo de ubicación del dispositivo entre tablas
 Fuente: elaboración propia.

Opción 2.

Utilizar el hueco entre dos tablas, mecanizándolas para ampliar la cota de ancho (A) y la cota de profundidad (P). Esta opción puede afectar a las características mecánicas del palet.

Con esta opción no se puede superar la cota de largo (L).

Tanto en la opción 1 como la 2 se tendría que utilizar varios espacios entre tablas.

Opción 3.

Realizar un mecanizado en el taco para introducir el elemento de medición. El espacio utilizable es el del taco.



$$L = 2,2 + 2,2 + 7,8 + 2,2 = 14,4 \text{ cm}$$

La sección del taco = $14,5 \times 10,0 =$

$$145 \text{ cm}^2$$

Figura 59 – Ejemplo de ubicación del dispositivo en el taco
Fuente: elaboración propia.

El mecanizado del taco se puede realizar tanto en la dirección longitudinal del taco, como en las direcciones transversales. El mecanizado puede tener distintas secciones: circular, rectangular, cuadrada, etc.

Esta opción lleva consigo un debilitamiento del taco y por consiguiente de las características técnicas del palet.

Se debe investigar la posibilidad de reforzar el taco mecanizado.

También hay que tener en cuenta el que los tacos van sujetos a las estructura a través de clavos de unas dimensiones establecidas en las especificaciones de fabricación. En el caso de los palets del tipo EUR, la posición y dimensión de los clavos hace imposible poder realizar un vaciado de los mismos para alojar el dispositivo tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen.

Para evitar el problema de los clavos se tendría que buscar una alternativa, que podría ser la sustitución de uno de los tacos por un perfil metálico de sección rectangular hueco, unido a la plataforma del palet a través de remaches en lugar de utilizar clavos.

Esta opción nos permitiría disponer de tacos huecos, sin perder resistencia. Para que la resistencia sea la adecuada se debe calcular, en función de los kgr que soporte el palet, el espesor del perfil. A nivel comercial existen perfiles estándar que se podría utilizar.

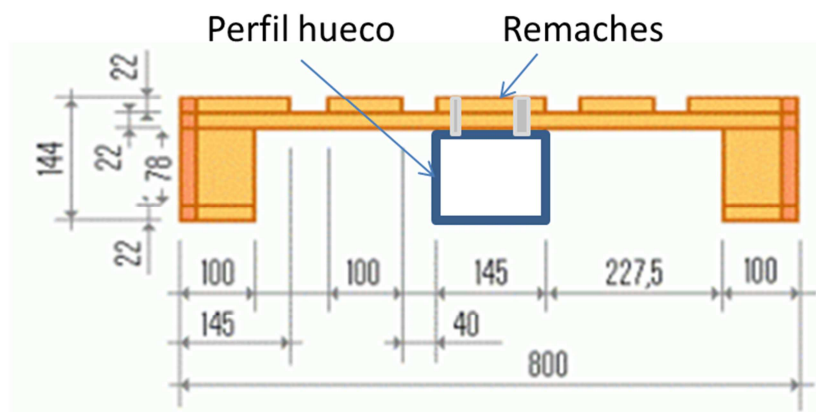


Figura 60 – Disposición de los clavos en el taco
Fuente: elaboración propia.

Dado el sistema de construcción que actualmente se utiliza para la fabricación de los palets, y considerando que existen muchos palets del tipo EUR fabricados. Se recomienda la sustitución del patín central de palet por completo.

En caso de que se fabricaran desde el principio se debería realizar una adaptación de las líneas que actualmente se utilizan para el clavado de palets, ya que están preparadas para realizar el montaje con clavos no con remaches y lo que esto implica (agujereado previo y remachado posterior), pero con la tecnología existen la complejidad del cambio no es muy alta.

Opción 4.

Diseñar un taco con dimensiones superiores, para poder alojar con facilidad el dispositivo de medición. La modificación de las cotas del taco se debería de hacer de manera que el palé siguiera siendo simétrico.

Si se modificara el taco de la esquina, debería afectar por igual, a los 4 tacos esquineros.

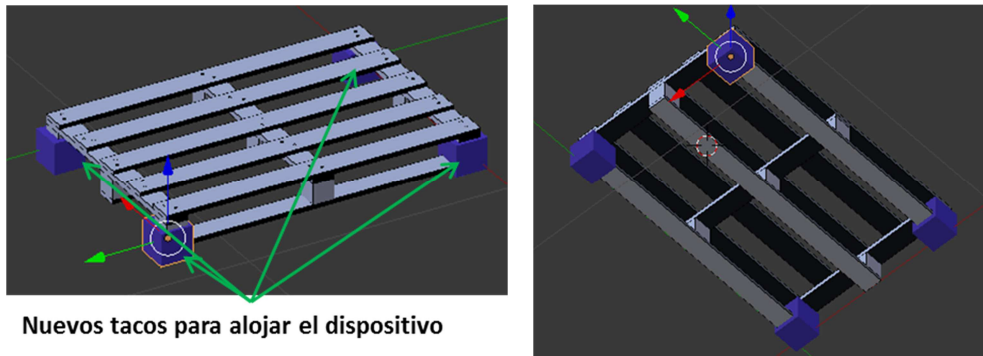


Figura 61 – Ejemplo de colocación de nuevos tacos
Fuente: elaboración propia.

Si se modificara el taco del medio, afectaría por igual al taco opuesto.

El taco se podría ampliar siempre que no impidiera la entrada de las horquillas de las máquinas que se utilizan para la manipulación de los palets.

El taco nunca debería sobresalir de los límites establecidos dado que esto dificultaría la optimización de los espacios de carga.

Con el fin de evitar posibles deterioros en el palet se recomienda que no sustituya un único taco, sino que sustituyan siguiendo la simetría de los ejes centrales. Esto facilitará que el comportamiento del palet sea uniforme.

Tanto la opción 3 como la 4, como implica la modificación de los palets, se deberían solicitar la aceptación como palet tipo EUR, para aprovechar la implantación del mismo como estándar mundial.

3.2.1.2 POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN EN JAULA Y CAJA:

Tanto en la jaula como en la caja se pueden adoptar las mismas soluciones que las adoptadas para el palé. Además, se pueden adoptar nuevas posibilidades, que en todo caso pasarían por colocar el dispositivo de medición, oculto en uno de los laterales o en la tapa en el caso de la jaula.

Para poder ocultar el dispositivo de medición sería necesario partir de un espesor de tablero igual o superior al espesor del dispositivo.

Para conseguir que el dispositivo de medición quede bien fijado, se podría añadir un tablero por la parte interior.

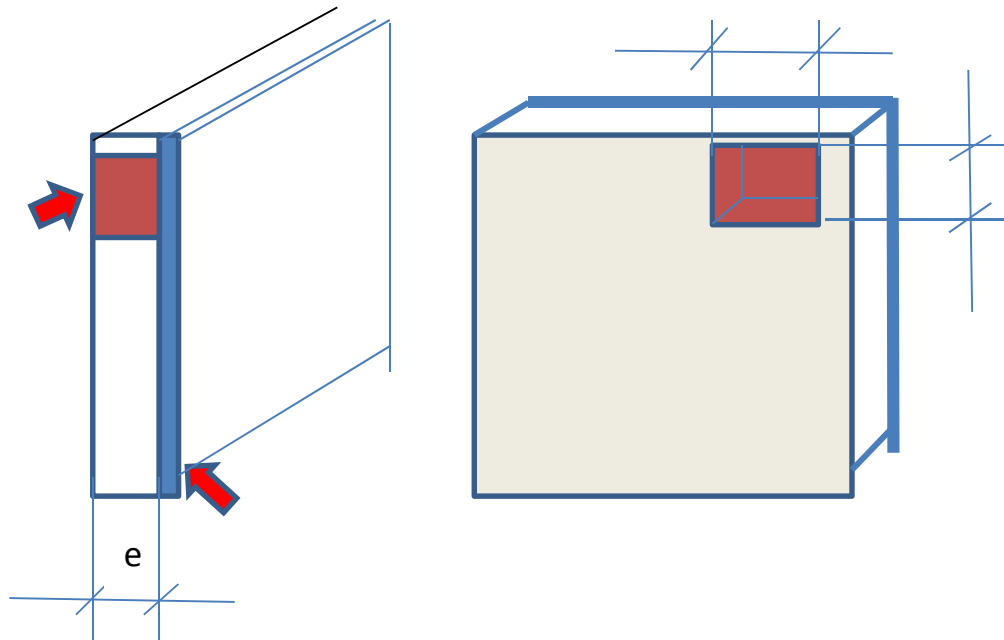


Figura 62 – Ejemplo de colocación en caja o jaula
 Fuente: elaboración propia.

Esta opción implica una pérdida de volumen de carga, al tener que instalar un lateral donde alojar el dispositivo.

A continuación, se muestra una tabla donde se recogen las ventajas y desventajas identificadas por el equipo de AIDIMME de la utilización de las diferentes opciones propuestas.

Opción	Ventajas	Desventajas
1.- Hueco entre tablas	<ul style="list-style-type: none"> No se modifica la estructura estándar de la unidad de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones del dispositivo muy limitadas. Dispositivo puede dañarse en la manipulación con carretilla o traspaleta.
2.- Hueco entre tablas modificadas	<ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones del dispositivo pueden ser mayores 	<ul style="list-style-type: none"> La estructura de la unidad de carga puede quedar debilitada. Dispositivo puede dañarse en la manipulación con carretilla o traspaleta.
3.- Dentro de taco vaciado	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo totalmente integrado en la unidad de carga 	<ul style="list-style-type: none"> La estructura de la unidad de carga puede quedar debilitada. Dimensiones del dispositivo muy limitadas Dispositivo puede dañarse en la manipulación con carretilla o traspaleta.
4.- Dentro de nuevos tacos	<ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones del dispositivo pueden ser mayores Dispositivo totalmente integrado en la unidad de carga 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivo puede dañarse en la manipulación con carretilla o traspaleta.
5.- En lateral de jaula o cajas	<ul style="list-style-type: none"> No se modifica la estructura estándar de la unidad de carga. Las dimensiones del dispositivo pueden ser mayores 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de capacidad de almacenamiento, dado que parte del espacio disponible está ocupado por un lateral con espesor suficiente para albergar el dispositivo.

3.2.2 INCORPORACIÓN EN UNA UNIDAD DE CARGA METÁLICA.

Las unidades de carga metálicas tienen las mismas características que una jaula de madera, en cuanto a sus características dimensionales.



Figura 63 – Ejemplo de unidad de carga metálica
 Fuente: elaboración propia.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Por tanto, teóricamente las opciones desarrolladas para el caso de la madera son válidas para las unidades de carga metálicas. Sin embargo, la mayor capacidad de resistencia del metal (frente a la madera) hace que la sección de los perfiles metálicos necesarios para la estructura de la unidad de carga sea mucho menor que la de los tablones y listones de madera. Además, por este motivo, el número de perfiles necesarios es mucho menor y no se requiere tacos en la base.

Por ello quedan descartadas las opciones 1, 2, 3, 4, desarrolladas para el caso de la madera. Solo queda como válida la opción 5, en la que se inserta el dispositivo en un lateral de la unidad de carga.

4 DISEÑO CONEPTUAL DE UN PROCESO DE INSERCIÓN DEL DISPOSITIVO.

4.1 INSERCIÓN EN UNIDADES DE CARGA DE MADERA.

Desde el punto de vista de la inserción del dispositivo dentro de un proceso industrial de fabricación de una unidad de carga de madera, se han definido tres posibilidades, en función de la opción considerada.

Proceso Tipo 1.

Se corresponde con proceso para las opciones 1 y 5.

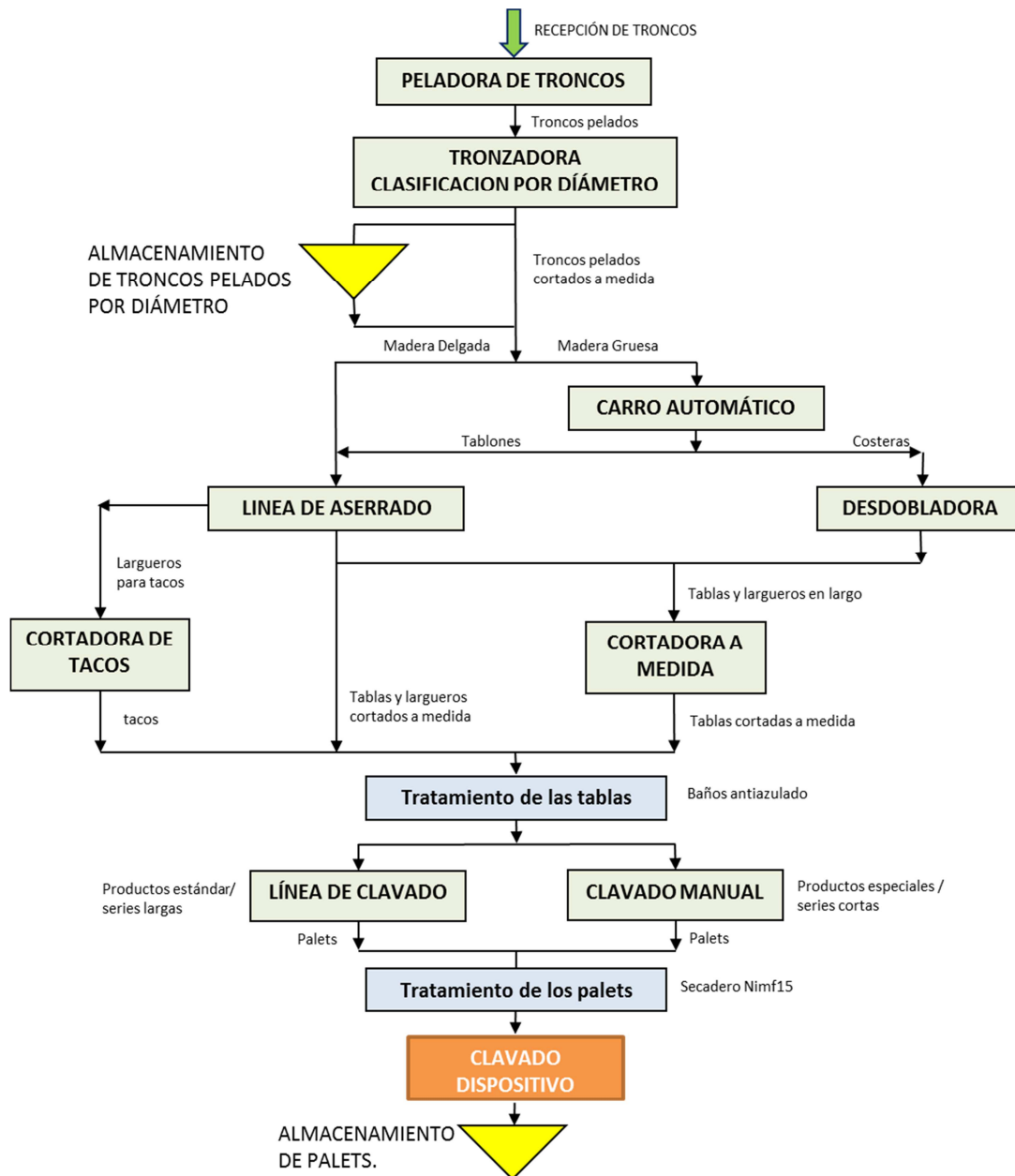


Figura 64 – Proceso 1, para Opciones 1 y 5
Fuente: elaboración propia.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

El proceso actual de fabricación de una unidad de carga no se modifica. Tan solo se adiciona una operación final de fijación del dispositivo en las tablas de la base o el lateral. En función de las dimensiones del dispositivo y del diseño de la jaula (distancia entre tablas), la operación de fijado puede presentar mayor o menor complejidad.

El diseño de la carcasa del dispositivo debe permitir la utilización de clavos, tornillos o sistema similar para su fijación.

Proceso Tipo 2.

Se corresponde con proceso para las opciones 3 y 4. En el caso de la opción 4, los tacos se cortan a medida de las necesidades del hueco para el dispositivo.

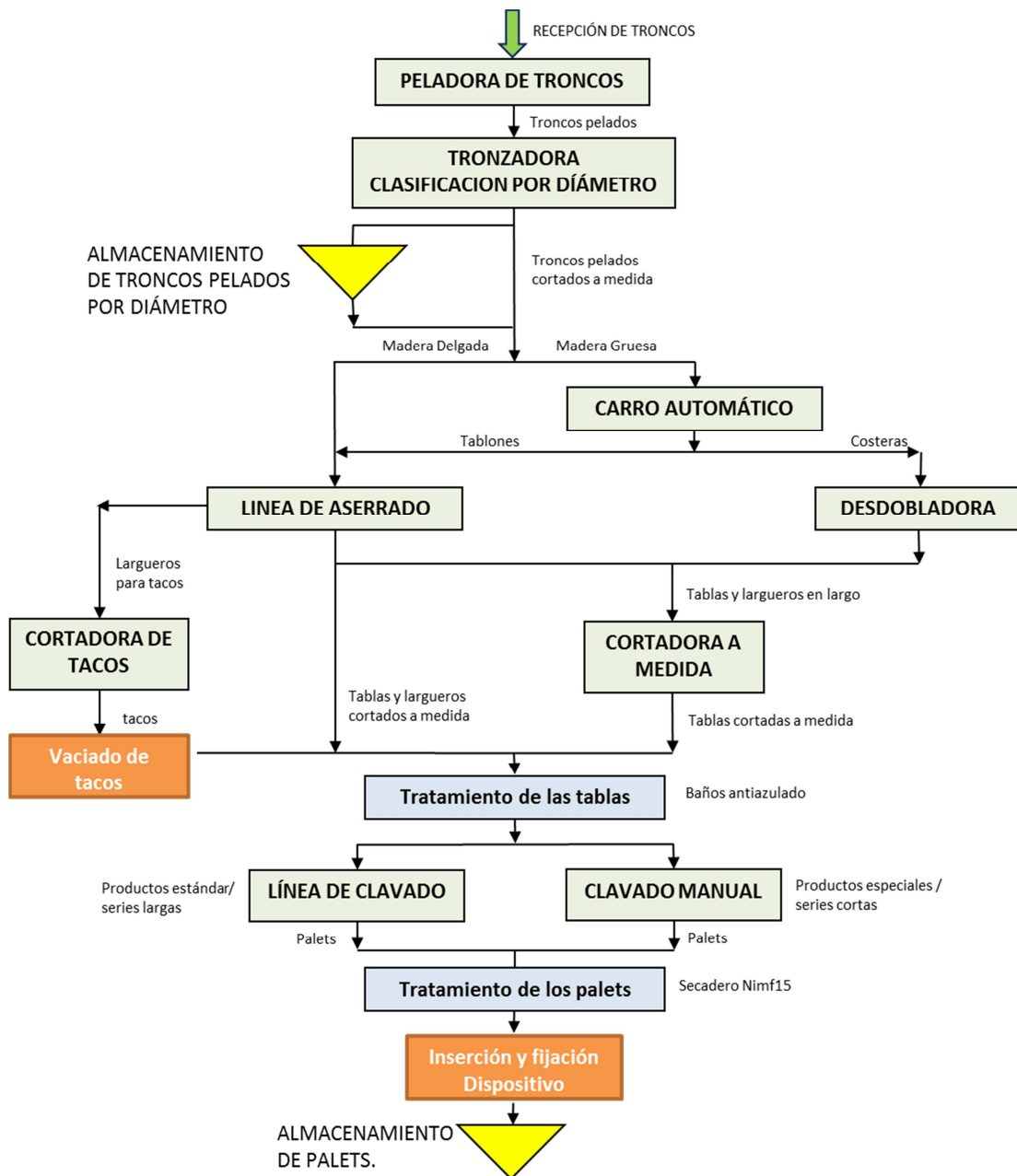


Figura 65 – Proceso 2, para opciones 3 y 4
Fuente: elaboración propia.

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Este proceso, requiere de una operación de vaciado de tacos a la salida de la cortadora de tacos. La geometría y tamaño del vaciado debe de adaptarse a las dimensiones del dispositivo.

Además, requiere de una operación final de inserción del dispositivo en el hueco vaciado. Esta operación es más compleja que en el caso anterior, ya que el acceso al dispositivo y las pareces del hueco es más limitado.

Proceso tipo 3.

Se trata de un proceso para la opción 2. Este proceso es similar al de Tipo 1, pero implica que en la línea de aserrado se corten talas y largueros a medida del hueco necesario para el dispositivo.

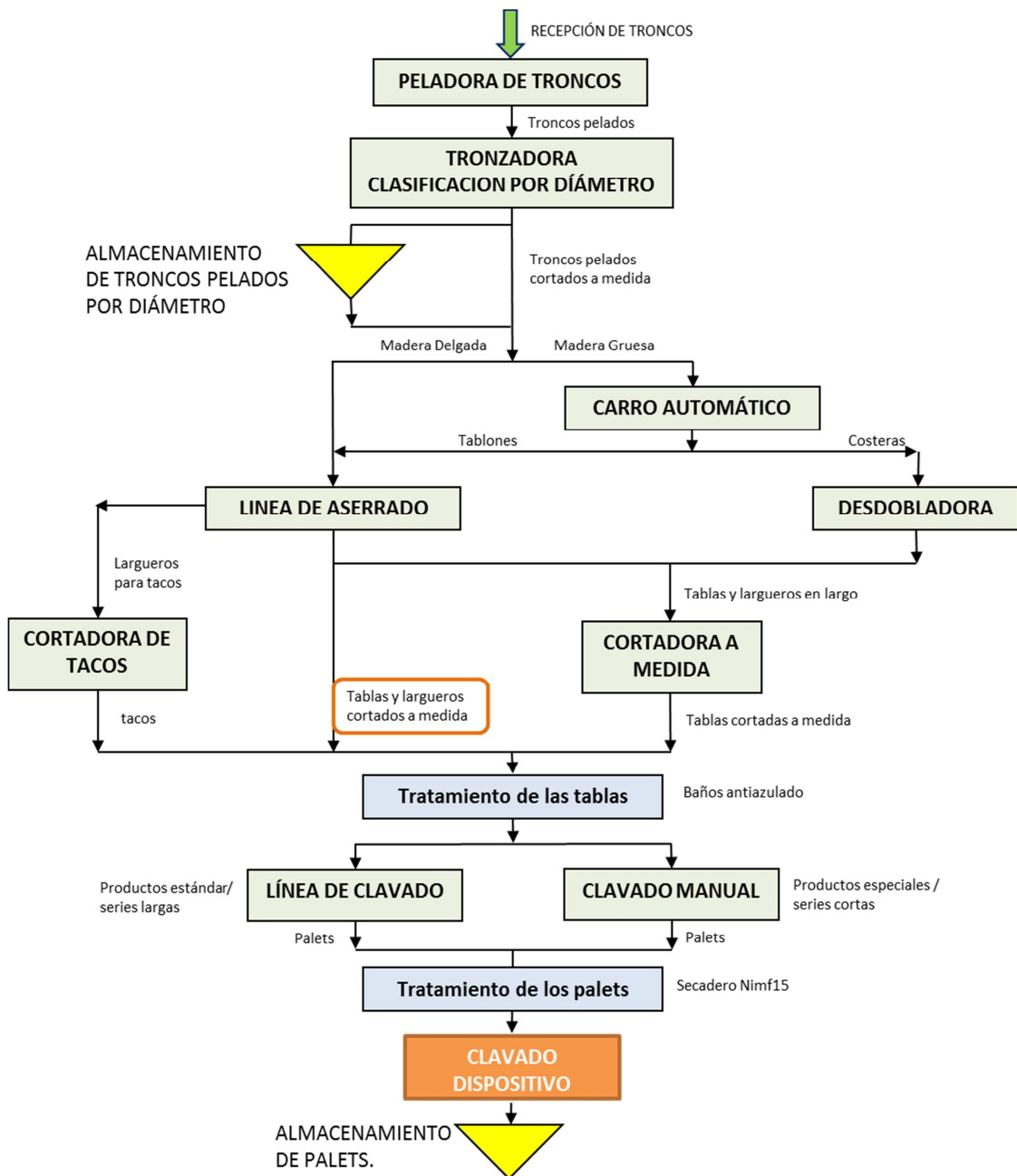


Figura 66 – Proceso 3, para opción 2
Fuente: elaboración propia.

4.2 INSERCIÓN EN UNIDADES DE CARGA METÁLICAS.

Se han definido dos posibles procesos que minimizan el impacto en el proceso general actual.

Proceso Tipo 1.

Implica, tras la etapa de corte de perfiles del mecanizado de los agujeros necesarios para la inserción del dispositivo tras la fase de acabado mediante los herrajes adecuados.

Este proceso requiere de una identificación correcta de los perfiles sobre los que se han realizado dichos mecanizados, y su correcta utilización en el montaje de las estructuras: tanto en la orientación de los agujeros, como en el cuidado de no deteriorar o deformar los mismos.

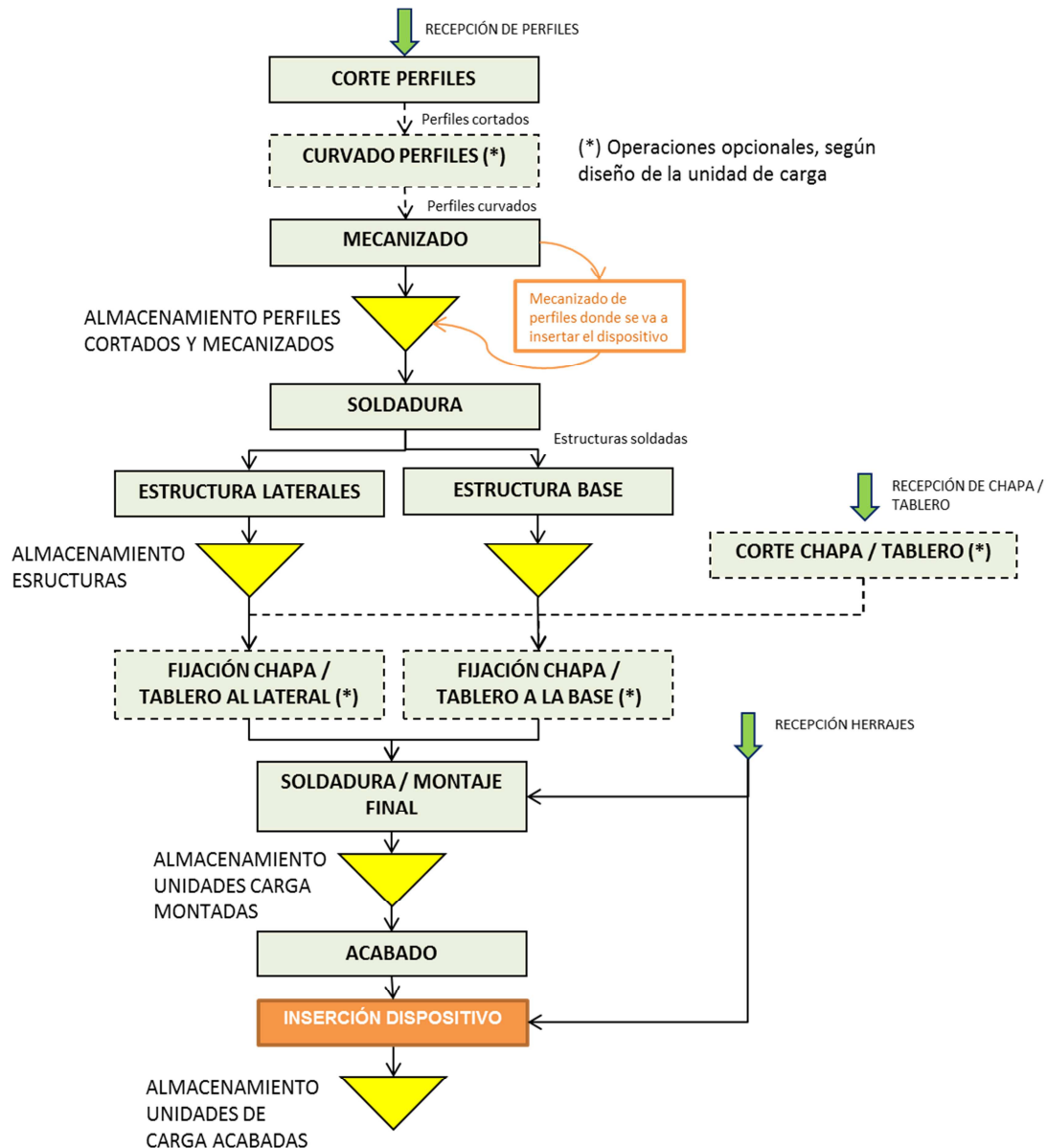


Figura 67 – Proceso 1 unidad carga metálica
Fuente: elaboración propia.

Proceso Tipo 2.

En este proceso, el mecanizado de los agujeros se realiza una vez montada y acabada la unidad de carga, justo antes de la inserción del dispositivo. Este tipo de operaciones es difícil de realizarlas en una línea automatizada (deberán de realizarse de forma manual), pero evitan la complejidad de la gestión de piezas a medida mecanizada con los agujeros en las etapas previas, y evita los errores en el montaje con este tipo de piezas.

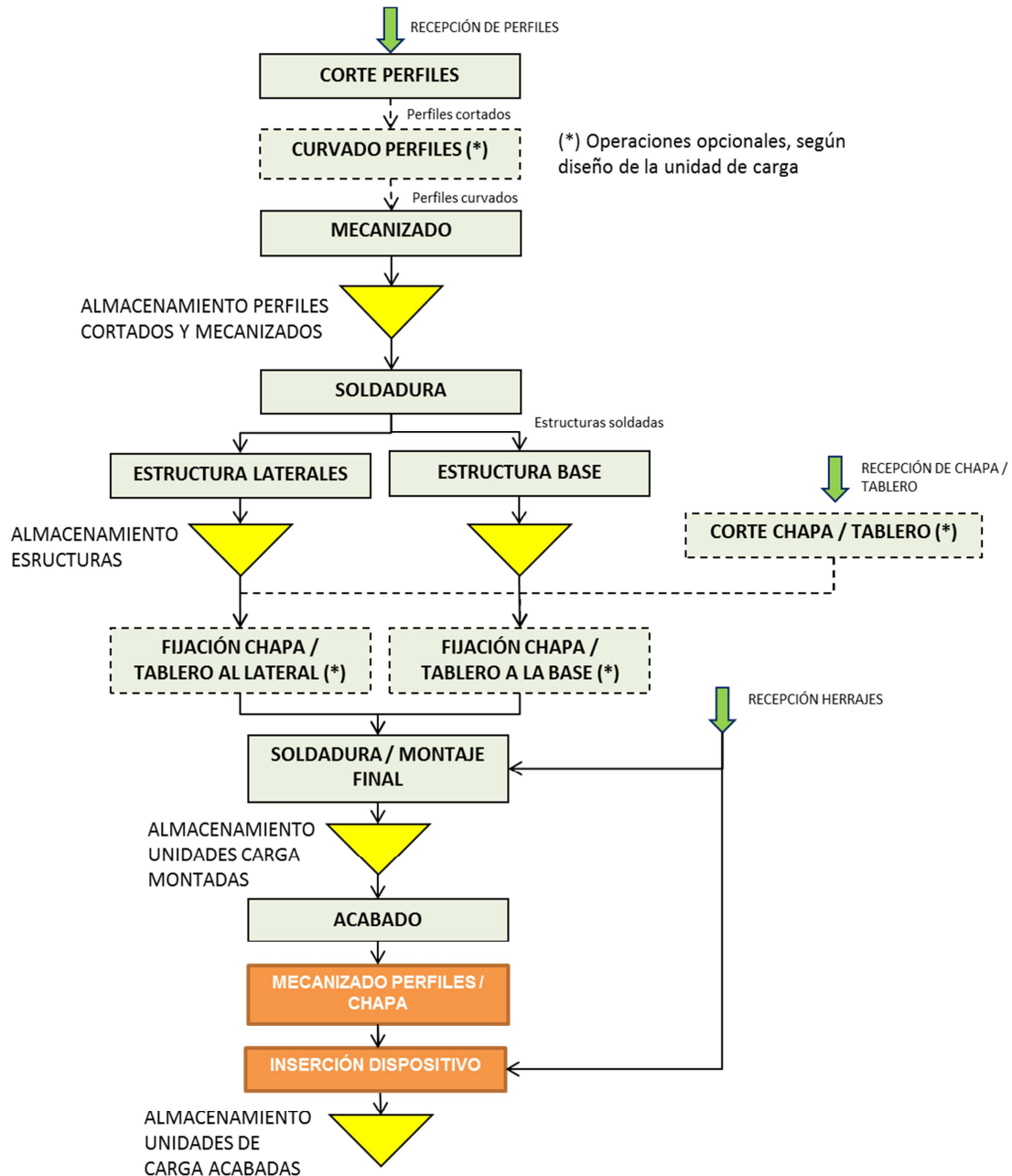


Figura 68 – Proceso 2, unidad carga metálica
Fuente: elaboración propia.

Resumen. Conclusiones

Se han estudiado los procesos de fabricación actuales de unidades de carga de primer y segundo nivel, focalizando los esfuerzos de desarrollo de propuestas en las de segundo nivel en línea con las conclusiones del Entregable 1 del proyecto.

Existen diferentes posibilidades de integración del dispositivo de registro de datos en unidades de carga, tanto metálicas como de madera.

El factor limitante para la elección del método de inserción es el tamaño del dispositivo. Con el tamaño actual, la mejor opción pasa por la inserción en un lateral de la unidad de carga, por seguridad del dispositivo.

Se han definido diferentes tipos de procesos de inserción en función de la etapa del proceso donde se incorporan nuevas actividades.

Referencias

- [1] BASC (n.d.). Guía para la inspección de contenedores bajo estándares de seguridad BASC. BASC.
- [2] www.bigsteelbox.com, n.d. <http://www.bigsteelbox.com/>, accedido el día 16/06/2016.
- [3] blog.is-arquitectura.es, n.d. <http://blog.is-arquitectura.es/2016/04/03/fabricacion-contenedor-de-carga/#prettyPhoto>, accedido el día 16/06/2016.
- [4] <http://www.rotom.es/blog/las-medidas-del-palet-de-madera.html>.
- [5] <http://www.encajaembalajes.com/jaulas-embalaje-madera-tablones-carga-protégida-depositos-recipientes/>
- [6] <http://www.fuerstenberg-holz.de/es/productos/embalajes-de-madera/embalajes-retornables/marcos-superiores-de-madera.html>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Plan_palette-europe.svg.
- [8] <http://www.transportesmercanciasintereco.es/es/empresa-transporte-europeo-luminaria-iluminacion.html>
- [9] <http://www.transportesmercanciasintereco.es/es/transporte-de-mercancia-textil-y-calzados-a-alemania.html>.
- [10] <http://www.transportesmercanciasintereco.es/es/transporte-hilados-textiles-paletizados.html>
- [11] <http://www.transportesmercanciasintereco.es/es/transporte-palets-baldosas.html>

ENTREGABLE E10.

1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.

En el presente documento se recoge un resumen de las actividades llevadas a cabo para el desarrollo de los nuevos prototipos de la unidad de carga intermodal del hábitat.

En primer lugar, en el apartado 2, se describen los inputs considerados en el proceso de diseño: tanto los objetivos a cumplir por el nuevo concepto de unidad de carga intermodal del hábitat como las mejoras a implementar (respecto del prototipo 1), identificada tras la fase ensayos y pruebas del paquete de trabajo 3.

Posteriormente, en el apartado 3, se realiza un análisis QFD (Quality Function Deployment) para garantizar que se cubren los requisitos funcionales definidos al inicio del proyecto. Se despliega la casa de la calidad para el caso de diseño de la unidad de carga intermodal, y se priorizan las funcionalidades y necesidades de mejora identificadas. De este modo, los esfuerzos de diseño del paquete de trabajo 5 se focalizan en las funcionalidades básicas para cumplir con los objetivos del proyecto.

A continuación, en el apartado 4, se realizan una serie de propuestas de diseño tanto para el dispositivo de registro de datos, como para la unidad de carga. Algunas de estas propuestas se desarrollan a nivel conceptual, y otras pasan a la fase de prototipado.

En el apartado 5, se muestran los diseños finales del prototipo.

Finalmente, en el apartado 6, se muestran los prototipos desarrollados, tras ser fabricados.

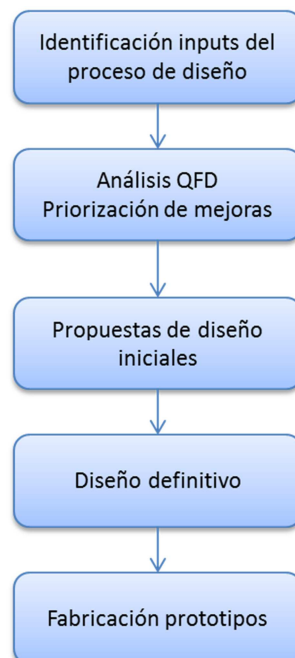


Figura 69. Etapas del proceso de diseño de prototipos.
Fuente: elaboración propia.

2 INPUTS PARA EL PROCESO DE DISEÑO.

Los principales inputs utilizados en el proceso de diseño de los nuevos prototipos son los requisitos funcionales del nuevo concepto de unidad de carga, así como las mejoras identificadas tras la fase de pruebas realizadas al prototipo 1. En el Entregable 8, se detallan ambos aspectos que, de forma resumida se vuelven a resaltar en este documento.

2.1 OBJETIVOS DEL NUEVO CONCEPTO DE UNIDAD DE CARGA INTERMODAL DEL HÁBITAT.

Objetivos que tiene que cumplir el dispositivo.

- Capacidad para avisar de que un producto puede estar dañado por golpe o caída.
 - o Poder Identificar que se produce un golpe y / o caída de la jaula.
 - o Poder valorar la severidad de dicho golpe y / caída.
 - o Poder valorar si dicha severidad puede provocar rotura del producto (hay que conocer la “fragilidad de los productos”).
 - o Poder informar de la posible rotura del producto.

- Capacidad para registrar los datos más relevantes, que permitan estudiar lo sucedido durante el transporte de la unidad de carga.
 - o Poder Identificar que se produce un golpe y / o caída de la jaula.
 - o Poder valorar la severidad de dicho golpe y / caída.
 - o Poder grabar los datos en una memoria a la que acceder a posteriori.
 - o Poder importar la información desde la memoria.
 - o Poder analizar la información y extraer conclusiones que aporten valor.

- Capacidad para funcionar más de 30 días de forma ininterrumpida.
- Capacidad para quedar integrado dimensional y estructuralmente en una unidad de carga.

Objetivos de la unidad de carga.

- Capacidad para proteger la carga frente a vibraciones y / o impactos.
- Capacidad de optimizar el volumen de llenado de unidades de carga intermodal de primer nivel (contenedor marítimo y caja móvil).
- Capacidad integrar el dispositivo para preservar su integridad.

2.2 MEJORAS IDENTIFICADAS TRAS LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO1.

A continuación, se realiza un recordatorio de las posibles mejoras identificadas tras la fase de ensayos de la tarea 3.3 (ver entregable E8).

- Mejoras a desarrollar en el dispositivo.

Tipo de mejora	Descripción de la mejora	Carencia que puede solventar	Contribución con los requisitos			
			Capacidad avisar de daños en producto	Capacidad para estudiar los datos transporte de	Más de 30 días de batería	Integración en unidad de carga
Programación del dispositivo	(P1) Mejorar la programación de los umbrales de detección de golpe	(1) Umbral de detección del golpe muy bajo. Se graban muchos eventos.		↑	↑	
	(P2) Mejorar la programación de la función visualizar	(5) Funcionamiento lógico de los leds que avisan de golpe	↑↑			
	(P3) Buscar nuevas librerías del RTC y revisar programación.	(6) RTC se retrasa		↑↑		
	(P4) Realizar microparadas del ATmega329P (watchdog)	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑	
	(P5) Revisar frecuencia de uso de componentes (Tº y Hr, luz, leds, etc.)	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑	
	(P6) Programar en el microcontrolador filtros matemáticos de la señal	(3) Ruido excesivo de la señal	↑	↑↑	↓	
Componentes del dispositivo	(C1) Utilización de acelerómetros con un rango de lecturas mayor a +/- 16G's	(2) Capturar eventos de más de 16G's	↑			
	(C2) Utilizar acelerómetro donde el umbral mínimo para detectar el golpe sea mayor.	(1) Umbral de detección del golpe muy bajo. Se graban muchos eventos.		↑	↑	
	(C3) Utilizar otros modelos de RTC	(6) RTC se retrasa		↑↑		
	(C4) Utilizar batería de mayor capacidad	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑↑	↓
	(C5) Utilizar microcontrolador y sensores de bajo consumo	(8) Autonomía no mayor a 15 días			↑↑	
Diseño y Carcasa del dispositivo	(D1) Diseño de PCB que minimice el espacio	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño				↑↑
	(D2) Utilizar batería de menor tamaño	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño			↓↓	↑↑
	(D3) Diseño de carcasa que minimice el volumen final y se acople a UC	(9) Dificultad de integración en UC por tamaño				↑

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Aplicación informática	(A1) Desarrollar aplicación informática para el análisis e información registrada en la SD	(7) Análisis muy manual de los datos registrados		↑↑		
	(A2) Desarrollar aplicación que incorpore filtros matemáticos a la señal del acelerómetro	(3) Ruido excesivo de la señal		↑↑		

- Mejoras a desarrollar en la unidad de carga.

Tipo de mejora	Descripción de la mejora	Carencia que puede solventar	Contribución con los requisitos	
			Capacidad para proteger carga	Capacidad para optimizar volumen de llenado contenedor
Diseño de la estructura	(E1) Diseñar base según submúltiplos de contenedor marítimo.	(13) tamaño de la jaula no es submúltiplo de un contenedor marítimo.		↑
	(E2) Realizar diseño modular a partir de submúltiplos que se puedan adicionar	(14) Solo hay un tamaño de jaula. No existe posibilidad de modular.		↑↑
Diseño del interior	(I1) Diseñar elementos interiores donde anclar cinchas, sin que sobresalgan y dañen al producto.	(10) Los ganchos de la cincha pueden dañar el producto.	↑↑	
	(I2) Diseñar sistemas donde alojar "según se necesite" elementos de protección internos	(11) Porex interior se desplaza durante el transporte	↑	
	(I3) Utilizar otro material antideslizante y un sistema de fijación más duradero.	(12) bandas antideslizantes se despegan	↑↑	

3 ANÁLISIS QFD.

3.1 INTRODUCCIÓN A LA TÉCNICA DEL QFD.

En la presente fase de diseño del prototipo final (versión 2) de la unidad de carga intermodal del hábitat, se hace necesario garantizar que las mejoras y modificaciones que se definan garanticen la plena consecución de los objetivos de funcionamiento de la misma, y por tanto de los objetivos del proyecto.

Del mismo modo, se hace necesario priorizar todas las posibles mejoras a implementar sobre el prototipo 1 (desarrollado en la anualidad 2015), ya que el objetivo no es desarrollar un prototipo con requisitos técnicos muy elevados, pero que no se focalizan en la consecución de los requisitos funcionales demandados por el proyecto.

En este sentido la herramienta QFD (Quality Function Deployment) se ha demostrado como una herramienta útil como paso previo al proceso de diseño de un producto para garantizar que se cumplen con requisitos funcionales demandados por el cliente y las características técnicas del diseño, así como para priorizar el desarrollo de aquellas características técnicas del producto que maximizan los requisitos funcionales [1].

Básicamente el QFD o Despliegue de la Función de Calidad, es un sistema que pretende transformar las necesidades o deseos del cliente en especificaciones técnicas de un producto [2].

Por tanto, se trata de un sistema para desplegar, paso a paso y con el mayor detalle posible, las demandas de los usuarios en características concretas de calidad del producto a diseñar, identificando las relaciones entre ambos conceptos.

Para representar y visualizar este tipo de relaciones se emplea la casa de la calidad. Se trata de una matriz, donde en las filas se colocan los requisitos del cliente, y en columnas los requerimientos de diseño del producto.

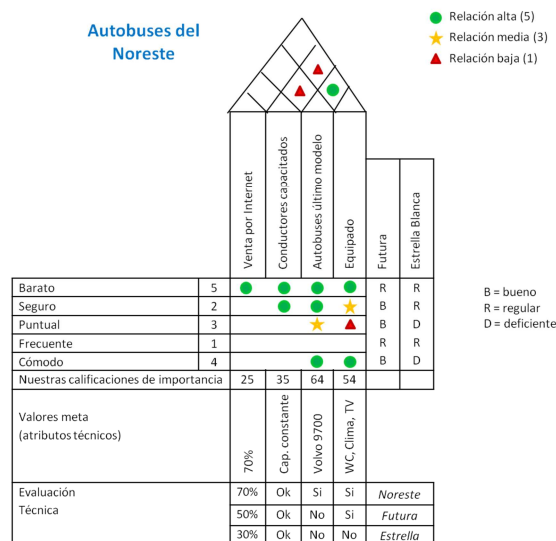


Figura 70. Ejemplo de casa de la calidad.
Fuente: [3].

3.2 DESARROLLO DEL QFD DEL PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA INTERMODAL DEL HÁBITAT.

Para la aplicación de la metodología QFD el primer paso es la identificación y ordenación de los requisitos funcionales del producto (el prototipo 2 de unidad de carga intermodal). Estos requisitos deben extraerse directamente de las necesidades del cliente. A estos requisitos funcionales se les denomina “QUEs”, ya que se trata de aquello QUE debe realizar el producto a diseñar. En el caso del presente proyecto, los requisitos funcionales han sido definidos al inicio del proyecto, y se derivan de los objetivos del mismo, que permiten solventar la problemática asociada al envío conjunto de productos del hábitat en unidades de carga intermodal.

A continuación debe de definirse la importancia que se le otorga a cada requisito funcional, así como realizar una valoración de cómo son cubiertas dichas necesidades del cliente por los productos de la competencia así como con el producto propio.

El siguiente paso es identificar los componentes del producto, y las características técnicas del mismo que permiten cubrir los requisitos funcionales. A estos requisitos técnicos se les denomina “COMOs”, ya que se trata de aquellas características de cada componente que nos permiten identificar COMO vamos a alcanzar las necesidades de los clientes (QUEs).

A continuación, debe de cuantificarse un objetivo a alcanzar con el nuevo diseño para cada uno de los COMOs definidos. Posteriormente, se debe de valorar como los productos de la competencia cumple con dichos objetivos técnicos. El mismo tipo de valoración debe de realizar con los productos propios.

El siguiente paso es la identificación de relaciones entre las características técnicas de los componentes (COMOs). Es posible que alcanzar un objetivo técnico en un determinado componente impida alcanzar el objetivo técnico en otro componente, o al contrario, lo potencia.

Una vez definidos los QUEs y los COMOs, el siguiente paso es identificar las relaciones existentes entre ambos. Es decir, identificar como cada característica técnica de un componente contribuye a alcanzar los requisitos funcionales del producto, y en qué medida lo hace.

Finalmente se debe de realizar un análisis de las relaciones identificadas que permita priorizar aquellas características técnicas que maximicen la consecución de los requisitos funcionales del producto.

A continuación, se muestra una imagen que resume el proceso seguido en el proyecto para llevar a cabo la metodología QFD.

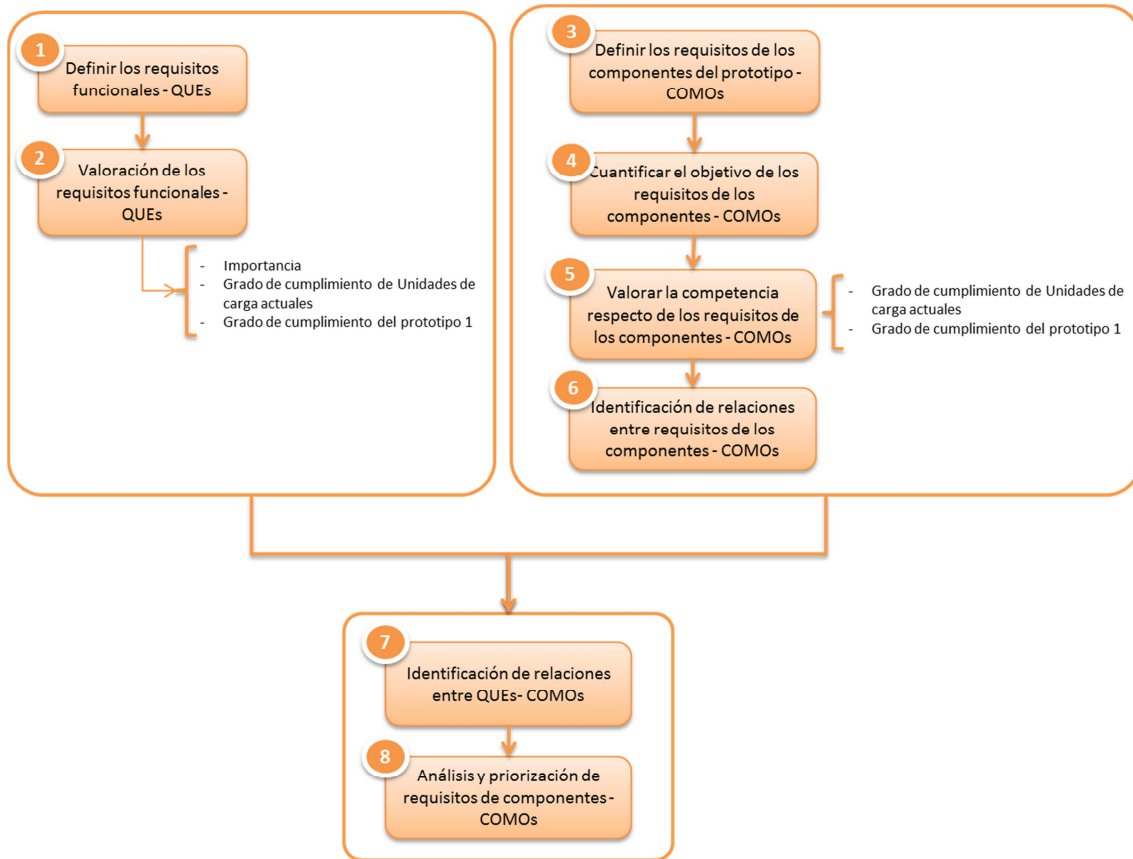


Figura 71. Metodología de aplicación del QFD
Fuente: elaboración propia.

3.2.1 PASO 1.- DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS FUNCIONALES DEL NUEVO PROTOTIPO (QUES).

Los requisitos funcionales del nuevo prototipo se definieron al inicio del proyecto y han sido revisados tras el análisis de resultados de pruebas realizados sobre el prototipo 1, llevado a cabo en la Tarea 3.3 del proyecto (Ver entregable E8).

A continuación se muestran agrupados dichos requisitos a cumplir por el prototipo 2. Se han generado dos niveles. El nivel superior agrupa, por un lado aquellos requisitos relacionados con el funcionamiento del dispositivo de registro de datos de transporte, por otro los relacionados con el método de análisis de datos guardados en la memoria del dispositivo, y por último los relacionados con la unidad de carga intermodal del hábitat.

QEs Nivel 1	QEs Nivel 2
Requisitos del dispositivo de registro de datos	Detectar Golpes, impactos o vibraciones en la unidad de carga intermodal
	Avisar si un golpe puede haber dañado un producto
	Grabar la información en memoria para su posterior recuperación
	Autonomía de larga duración sin conexión a la red eléctrica
	Integración dimensional y estética en la unidad de carga
Sistema de análisis de datos	Importación de datos desde la memoria del dispositivo
	Analizar volumen de datos elevado
	Generar y visualizar resultados que aporten valor
Unidad de carga intermodal	Proteger la carga contenida en su interior
	Optimizar el espacio de una unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo)

3.2.2 PASO 2.- VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS REQUISITOS (QEs) Y VALORACIÓN DEL ESTATUS ACTUAL.

A continuación se realiza una valoración de la importancia de cada uno de dichos requisitos, así como una evaluación de cómo son cubiertos por las unidades de carga intermodal actuales, así como por el prototipo 1 (desarrollado en la anualidad de 2015 del proyecto).

Las valoraciones se realizan en una escala Likert (1-5), donde 1 es la valoración más baja, y 5 la más elevada.

Este tipo de valoraciones se han obtenido como resultado de sesiones de trabajo y puesta en común de ideas y resultados llevadas a cabo por el equipo de trabajo implicado en el paquete de trabajo 5.

QEs Nivel 1	QEs Nivel 2	Importancia	UCI Actuales	Prototipo 1	Comentarios respecto Prototipo 1
Requisitos del dispositivo de registro de datos	Detectar Golpes, impactos o vibraciones en la unidad de carga intermodal	5	1	5	Se detectan aceleraciones en los ejes x,y,z hasta +/- 16G's. La programación del microcontrolador se muestra eficaz para detectar este tipo de eventos.
	Avisar si un golpe puede haber dañado un producto	5	1	3	La función visualizar (programación del microcontrolador) en el prototipo 1 no funcionaba correctamente
	Grabar la información en memoria para su posterior recuperación	5	1	5	Se graban todos los golpes en una memoria MicroSD de 10Gb y alta velocidad de escritura
	Autonomía de larga duración sin conexión a la red eléctrica	3	1	3	Teóricamente, la autonomía del prototipo 1 es de 15 días de promedio
	Integración dimensional y estética en la unidad de carga	2	1	1	En el prototipo 1 no se ha avanzado en este requerimiento.
Sistema de análisis de datos	Importación de datos desde la memoria del dispositivo	5	1	5	Se permite la importación desde el fichero ".txt" que se guarda en la Micro SD
	Analizar volumen de datos elevado	5	1	4	Los datos se importan a Excel y se analizan mediante tablas y gráficos dinámicos
	Generar y visualizar resultados que aporten valor	4	1	2	La visualización en Excel de los resultados requiere un trabajo muy manual por parte del usuario
Unidad de carga intermodal	Proteger la carga contenida en su interior	4	4	4	Ofrece la misma protección que cualquier unidad de carga existente en el mercado
	Optimizar el espacio de una unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo)	5	3	3	Presenta dimensiones similares a cualquier unidad de carga existente en el mercado

3.2.3 PASO 3.- DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LAS PARTES DEL PROTOTIPO 2 (COMOS).

Se ha realizado un ejercicio de análisis e identificación de aquellas características técnicas (sin definir objetivo de las mismas en esta etapa) que están relacionadas de alguna manera con la consecución de los requisitos funcionales.

QUES	COMOS
Detectar Golpes, impactos o vibraciones en la unidad de carga intermodal	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Usando de un acelerómetro con un rango de lectura (nivel de G's) apropiado. ✓ Utilizar un microcontrolador con una frecuencia de muestreo que permita capturar un impacto. ✓ Programar adecuadamente una función que lea los datos del acelerómetro.
Avisar si un golpe puede haber dañado un producto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programando una función que encienda leds en función de la severidad del golpe capturado.
Grabar la información en memoria para su posterior recuperación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Usando un módulo de lectura / escritura en una tarjeta Micro SD. ✓ Programando una función que permita escribir en la SD los datos de un impacto. ✓ Utilizando un RTC para vincular cada dato con su fecha y hora. ✓ Programando una función que permita escribir en la fecha y hora de cada impacto.
Autonomía de larga duración sin conexión a la red eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Usando una batería de gran capacidad (mAh). ✓ Ajustando la programación del micro para minimizar el consumo de energía. ✓ Programando microparadas en el micro (Watchdog). ✓ Utilizando microcontrolador y sensores de bajo consumo. ✓ Sistemas de carga de baterías alternativos
Integración dimensional y estética en la unidad de carga	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizando sensores y componentes de soldadura superficial (SMD). ✓ Utilizando una PCB que minimice las dimensiones del circuito ✓ Utilizando una batería de dimensiones reducidas. ✓ Desarrollando una carcasa ajustada a las dimensiones del dispositivo y la unidad de carga
Importación de datos desde la memoria del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizando un software que permita importar datos desde un fichero .txt de forma ordenada.
Analizar volumen de datos elevado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizando un software que permita analizar la información de todos los impactos
Generar y visualizar resultados que aporten valor	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizando un software que permita resumir y visualizar gráficamente la información de mayor relevancia
Proteger la carga contenida en su interior	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollar elementos interiores para incorporar fijaciones de la carga. ✓ Desarrollar sistemas interiores para alojar sistemas de protección ✓ Desarrollar una base antideslizante.
Optimizar el espacio de una unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Definir las dimensiones de la base, según submúltiplos del contenedor marítimo. ✓ Definir un diseño modular que pueda crecer uniendo varias unidades de carga.

De esta manera, los requerimientos de las partes del prototipo quedarían organizados de la siguiente forma, agrupados en diferentes niveles:

COMOs Nivel 1	COMOs Nivel 2	COMOs Nivel 3
Hardware del dispositivo	Acelerómetro (y otros sensores)	#1 Rango de lectura (nivel de G's) apropiado.
		#2 Utilizando componentes de soldadura superficial (SMD).
		#3 Sensores de bajo consumo
	Microcontrolador	#4 Frecuencia de muestreo que permita capturar un impacto.
		#5 De bajo consumo
	Módulo SD	#6 Alta capacidad de almacenamiento
		#7 Alta velocidad de escritura
	Reloj (RTC)	#8 Que permita vincular datos con fecha y hora
	PCB	#9 Dimensiones reducidas
	Batería	#10 Dimensiones reducidas
		#11 Gran capacidad
		#12 Sistema de carga alternativo
Programación del dispositivo	Programación del dispositivo	#13 Función de lectura de sensores
		#14 Función de obtención de fecha y hora
		#15 Función de escritura en SD
		#16 Función de visualizar eventos
		#17 Función de control general (máquina de estados)
		#18 Función para generar microparadas
Carcasa del dispositivo	Carcasa del dispositivo	#19 Dimensiones reducidas
Sistema para analizar datos	Software para analizar datos	#20 Herramienta para importar datos desde un fichero .txt de forma ordenada.
		#21 Herramienta para analizar la información de todos los impactos
		#22 Herramienta para resumir y visualizar gráficamente la información de mayor relevancia
Unidad de carga	Base y dimensiones externas	#23 Según submúltiplos del contenedor marítimo.
		#24 Diseño modular que pueda crecer uniendo varias unidades de carga.
	Elementos interiores	#25 Suelo antideslizante
		#26 Desarrollar elementos interiores para incorporar fijaciones de la carga.
		#27 Desarrollar sistemas interiores para alojar sistemas de protección

3.2.4 PASO 4.- CUANTIFICAR EL OBJETIVO DE LOS COMOs .

En esta etapa se define un objetivo para cada una de las características técnicas identificadas.

COMOs Nivel 1	COMOs Nivel 2	COMOs Nivel 3	Objetivo
Hardware del dispositivo	Acelerómetro (y otros sensores)	#1 Rango de lectura (nivel de G's) apropiado.	+/-16 G's
		#2 Utilizando componentes de soldadura superficial (SMD).	Tamaño final PCB 40 x 40 mm
		#3 Sensores de bajo consumo	8 mAh (consumo total del dispositivo)
	Microcontrolador	#4 Frecuencia de muestreo que permita capturar un impacto.	16MHz
		#5 De bajo consumo	8 mAh (consumo total del dispositivo)
	Módulo SD	#6 Alta capacidad de almacenamiento	10Gb
		#7 Alta velocidad de escritura	Clase 10
	Reloj (RTC)	#8 Que permita vincular datos con fecha y hora	Fecha, hora
	PCB	#9 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm
	Batería	#10 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm
		#11 Gran capacidad	10.000 mAh
		#12 Sistema de carga alternativo	10.000 mAh
Programación del dispositivo	Programación del dispositivo	#13 Función de lectura de sensores	Captura de datos correcta
		#14 Función de obtención de fecha y hora	Registro de fecha y hora exacto
		#15 Función de escritura en SD	Registro de datos exacto
		#16 Función de visualizar eventos	Encendido y apagado leds correcto
		#17 Función de control general (máquina de estados)	Control general del dispositivo correcto
		#18 Función para generar microparadas	Reducción del consumo en un 30%
Carcasa del dispositivo	Carcasa del dispositivo	#19 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm
Sistema para analizar datos	Software para analizar datos	#20 Herramienta para importar datos desde un fichero .txt de forma ordenada.	Importar desde un .txt
		#21 Herramienta para analizar la información de todos los impactos	Analizar información de forma dinámica
		#22 Herramienta para resumir y visualizar gráficamente la información de mayor relevancia	

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

Unidad de carga	Base y dimensiones externas	#23 Según submúltiplos del contenedor marítimo.	780 x 780 mm
		#24 Diseño modular que pueda crecer uniendo varias unidades de carga.	Poder generar 4 múltiplos a partir del mínimo
	Elementos interiores	#25 Suelo antideslizante	Sin rozaduras en el mueble tras ensayos de vibración
		#26 Desarrollar elementos interiores para incorporar fijaciones de la carga.	Poder colocar 4 cinchas
		#27 Desarrollar sistemas interiores para alojar sistemas de protección	Poder fijar 4 elementos de protección (separadores)

3.2.5 PASO 5.- EVALUAR LA COMPETENCIA EN LOS COMOS

Se evalúa, tomando como referencia los objetivos definidos en el paso anterior, el nivel de cumplimiento de las unidades de carga intermodal actuales (UCI Actuales) y el prototipo 1 desarrollado en la anualidad de 2015.

La evaluación se realiza mediante una escala Likert (1-5), donde el 1 se corresponde con la mínima puntuación y el 5 con la máxima.

Lógicamente al realizar la evaluación de las unidades de carga intermodal actuales, en lo que respecta al hardware del dispositivo, la programación del mismo, la carcasa, y el sistema de análisis de datos, la valoración es la mínima, ya que en la actualidad no disponen de este tipo de sistemas.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

COMOs Nivel 1	COMOs Nivel 2	COMOs Nivel 3	Objetivo	UCI Actuales	Prototipo 1
Hardware del dispositivo	Acelerómetro (y otros sensores)	#1 Rango de lectura (nivel de G's) apropiado.	+/-16 G's	1	5
		#2 Utilizando componentes de soldadura superficial (SMD).	Tamaño final PCB 40 x 40 mm	1	1
		#3 Sensores de bajo consumo	8 mAh (consumo total del dispositivo)	1	2
	Microcontrolador	#4 Frecuencia de muestreo que permita capturar un impacto.	16MHz	1	5
		#5 De bajo consumo	8 mAh (consumo total del dispositivo)	1	3
	Módulo SD	#6 Alta capacidad de almacenamiento	10Gb	1	5
		#7 Alta velocidad de escritura	Clase 10	1	5
	Reloj (RTC)	#8 Que permita vincular datos con fecha y hora	Fecha, hora	1	4
	PCB	#9 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm	1	2
	Batería	#10 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm	1	2
		#11 Gran capacidad	10.000 mAh	1	4
		#12 Sistema de carga alternativo	10.000 mAh	1	1
Programación del dispositivo	Programación del dispositivo	#13 Función de lectura de sensores	Captura de datos correcta	1	5
		#14 Función de obtención de fecha y hora	Registro de fecha y hora exacto	1	3
		#15 Función de escritura en SD	Registro de datos exacto	1	5
		#16 Función de visualizar eventos	Encendido y apagado leds correcto	1	3
		#17 Función de control general (máquina de estados)	Control general del dispositivo correcto	1	5
		#18 Función para generar microparadas	Reducción del consumo en un 30%	1	1
Carcasa del dispositivo	Carcasa del dispositivo	#19 Dimensiones reducidas	Base de 40 x 40 mm	1	2

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

Sistema para analizar datos	Software para analizar datos	#20 Herramienta para importar datos desde un fichero .txt de forma ordenada.	Importar desde un .txt	1	2
		#21 Herramienta para analizar la información de todos los impactos	Analizar información de forma dinámica	1	2
		#22 Herramienta para resumir y visualizar gráficamente la información de mayor relevancia		1	2
Unidad de carga	Base y dimensiones externas	#23 Según submúltiplos del contenedor marítimo.	780 x 780 mm	3	3
		#24 Diseño modular que pueda crecer uniendo varias unidades de carga.	Poder generar 4 múltiplos a partir del mínimo	1	1
	Elementos interiores	#25 Suelo antideslizante	Sin rozaduras en el mueble tras ensayos de vibración	3	3
		#26 Desarrollar elementos interiores para incorporar fijaciones de la carga.	Poder colocar 4 cinchas	3	3
		#27 Desarrollar sistemas interiores para alojar sistemas de protección	Poder fijar 4 elementos de protección (separadores)	1	1

3.2.6 PASO 6.- RELACIONES ENTRE LOS COMOS

Se identifican las siguientes relaciones entre características técnicas de Iso componentes del prototipo.

COMOs 1	COMOs 2	Relación
Batería de dimensiones reducidas	Batería de gran capacidad	Fuerte. Las baterías de dimensiones reducidas, no tienen gran capacidad, y viceversa.
Componentes de soldadura superficial (SMD)	PCB de dimensiones reducidas	Fuerte. Los componentes SMD permiten reducir considerablemente el tamaño de la PCB
PCB de dimensiones reducidas	Carcasa de dimensiones reducidas	Fuerte. A mayor tamaño de carcasa o batería, mayor tamaño final de carcasa.
Batería de dimensiones reducidas		
Función para generar microparadas	Función de lectura de sensores	Media. Las microparadas pueden hacer que en la lectura de los sensores se pierdan datos.

3.2.7 PASO 7.- ELABORACIÓN FINAL DE LA CASA DE LA CALIDAD

Se establecen las relaciones entre requisitos funcionales (QEs) y las características técnicas de los componentes (COMOs). Las fuera de la relación se mide mediante la siguiente escala:

- 1: Relación débil.
- 3: Relación media.
- 9: Relación fuerte.

A continuación, en la siguiente imagen, se muestra el resultado final de la elaboración de la casa de la calidad

HABITRANS

E10.-Prototipo 2 unidad de carga intermodal del hábitat.

3.3 ANÁLISIS Y PRIORIZACIÓN DE ESFUERZOS.

A la hora de organizar y priorizar los esfuerzos de diseño, se ha comenzado por priorizar los requisitos funcionales (QEs). Para ello se han seleccionado aquellos con una importancia alta (valoración de 4-5), y que no hayan sido suficientemente cubiertos con el prototipo 1 (valoración 1-2-3).

El resultado es que los requisitos funcionales sobre los que hay que focalizar los esfuerzos son los que se detallan a continuación, y que han sido marcadas en color rosado en la imagen 4 mostrada en la siguiente página

- Analizar si un golpe puede haber dañado un producto.
- Autonomía de larga duración del dispositivo, sin conexión a la red eléctrica.
- Generar y visualizar resultados que aporten valor.
- Optimizar el espacio d unidad de carga de primer nivel.

A continuación se identifican aquellas características técnicas que permiten alcanzar dichos objetivos. Posteriormente se identifican aquellas en las que el prototipo 1 tenía un desempeño más bajo, y presentan una relevancia mayor, ya que impactan de forma relevante en un mayor número de requisitos funcionales.

Aquellos requisitos técnicos (COMOs) sobre los que interesa focalizarse se han marcado en color rosado en la imagen 4. El resto de requisitos que no han sido alcanzados por el prototipo 1 se abordarán para dar una solución conceptual, que no se materializará en prototipo, a no ser que su dificultad de desarrollo sea baja.

Concretamente los requisitos técnicos con una PRIORIDAD ALTA son:

- Batería de gran capacidad.
- Optimizar las funciones de programación del dispositivo, para mejorar funcionamiento y consumo.
- Implementar microparadas de la placa controladora, para aumentar autonomía de funcionamiento.
- Diseño de la unidad de carga en base a submúltiplos de una unidad de carga de primer nivel como el contenedor marítimo.

Otros requisitos, quedarían encuadrado en una categoría de PRIORIDAD MEDIA, según los resultados del QFD:

- Visualización gráfica de la información.
- Diseño modular, de modo que se pueda ampliar el tamaño de la unidad de carga.

HABITRANS

E10.-Prototipo 2 unidad de carga intermodal del hábitat.

Características de las partes - COMOs		Características de las partes - COMOs																															
		Rango de lectura (nivel de G) a	Componentes de soldadura superficial (SMD).	Componentes de soldadura superficial (SMD).	Componentes de soldadura superficial (SMD).	Frecuencia de muestreo	Microrcontrolador de bajo consumo	Alta capacidad de almacenamiento	Alta velocidad de escritura	Visualizar datos con fecha y hora	Diferenciar entre reducidas	Diferenciar entre reducidas	Gran capacidad	Sistema de carga alternativo	Función de lectura de sensores	Función de obtención de fecha y hora	Función de escritura en SD	Función de Visualizar eventos	Función de control general (más una de)	Función para generar micrográficas	Importar datos desde un fichero txt	Analizar la información de todos los impactos	Visualizar gráficamente la información	Submúltiplo del contenedor marítimo.	Diseño modular. Crear uniendo varias unidades de carga.	Suelo antideslizante	Elemento s timbreos para fijaciones de la carga.	Sistemas interiores para fijaciones de la protección	Importancia	UCI Actuales	Prototipo 1		
Requisitos del diseño - QUES		Acelerómetro		Micro		Micro SD		RTC		PCB		Batería		Programación dispositivo				Carcasa		Software análisis		Exterior UCI		Interior UCI									
Requisitos del dispositivo de registro de datos	Detectar Golpes, impactos o vibraciones en la unidad de carga intermodal	9											3				9														5	1	5
	Avisar si un golpe puede haber dañado un producto	3											3				3														5	1	3
	Grabar la información en memoria para su posterior recuperación													3				9													5	1	5
	Autonomía de larga duración sin conexión a la red eléctrica																	9													4	1	3
	Integración dimensional y estética en la unidad de carga		3																												2	1	1
Sistema de análisis de datos	Importación de datos desde la memoria del dispositivo																														5	1	5
	Analizar volumen de datos elevado																														5	1	4
	Generar y visualizar resultados que aporten valor																														4	1	2
Unidad de carga intermodal	Proteger la carga contenida en su interior																														4	4	4
	Optimizar el espacio de una unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo)																														5	3	3
Importancia COMOs	Absoluta	12	3	9	18	9	18	9	18	9	18	18	3	27	15	24	12	15	12	3	9	9	9	9	3	3	3	3	3				
	Relativa	4%	1%	3%	6%	3%	6%	3%	6%	3%	6%	6%	1%	9%	5%	8%	4%	5%	4%	1%	3%	3%	3%	3%	1%	1%	1%	1%					
	Orden relevancia	4	6	5	3	5	3	5	3	5	3	3	6	1	4	2	4	4	4	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6				
Evaluación UCA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3	3	1					
Evaluación Prototipo 1	5	1	2	5	3	5	5	4	2	2	4	1	5	2	5	2	5	1	2	2	2	2	3	1	3	3	1						
Necesidad de mejora	3	0	36	6	27	0	0	0	0	36	24	15	9	24	6	48	9	50	0	0	0	36	27	15	0	0	0						
Dificultad de la mejora	1	5	5	1	5	1	1	3	4	4	2	5	1	2	1	2	1	4	4	3	3	4	1	3	1	3	4						
Priorización de acciones	12	0	0	24	0	0	0	0	0	36	72	0	36	72	24	144	36	50	0	0	0	36	108	30	0	0	0						
Priorización de acciones - base 100	2%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	11%	0%	5%	11%	4%	21%	5%	7%	0%	0%	0%	5%	16%	4%	0%	0%	0%						

Figura 73. Casa de la calidad Prototipo 2 (ii)

Fuente: elaboración propia.

HABITRANS

E10.-Prototipo 2 unidad de carga intermodal del hábitat.

4 GENERACIÓN DE PROPUESTAS.

A continuación, se presentan diferentes propuestas acerca de cómo implementar en los nuevos prototipos los principales requisitos técnicos definidos en el apartado anterior. En cada una de ellas, se lleva a cabo un desarrollo conceptual, que supone una primera aproximación acerca de la factibilidad de incorporar el requisito, y cómo implementarlo en la fase final de diseño del prototipo2.

Las propuestas se han dividido en dos grupos:

- Propuestas para la unidad de carga.
- Propuestas para el dispositivo de registro de datos.

Además se indica dentro de cada grupo, el requisito funcional con el que están relacionadas, y el nivel de prioridad resultante del análisis de los resultados de la aplicación de la herramienta QFD.

4.1 PROPUESTAS PARA LA UNIDAD DE CARGA.

4.1.1 PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR EL ESPACIO DE UNA UNIDAD DE CARGA DE PRIMER NIVEL.

COMOs 23 (PRIORIDAD ALTA).- Diseño de estructura en base a submúltiplo de unidad de carga intermodal de primer nivel.

A continuación se muestra el estudio de las posibilidades a la hora de generar submúltiplos de una unidad de carga de primer nivel (contenedor marítimo), llevadas a cabo en la Tarea 4.1, y se definen diferentes opciones de dimensiones de la unidad de carga que maximicen el espacio disponible en el contenedor.

Definición de escalabilidad dimensional óptima

Vamos a tratar de definir la escalabilidad dimensional partiendo de una unidad de carga intermodal de primer nivel:

- Contenedor (20' y 40')

Para ello necesitamos conocer en primer lugar las dimensiones estándar de las unidades de carga intermodales.

Contenedores:

	Exteriores			Interiores			Peso
	Longitud	Anchura	Altura	Longitud	Anchura	Altura	
Contenedor 20'	6.058	2.438	2.591	5.898	2.350	2.390	2.200
Contenedor 40'	12.192	2.438	2.591	12.032	2.350	2.390	3.800
Puertas 20' y 40'	-	-	-	-	2.343	2.280	-

* Dimensiones en mm

Estudio de escalabilidad de un contenedor de 20'.

Vamos a tratar de obtener distintos submúltiplos de las dos dimensiones interiores del contenedor 20':

LARGO	SUBM. 1	SUBM. 2	SUBM. 3	SUBM. 4	SUBM. 5
5898	2940	1470	980	730	580
L	L/2	L/4	L/6	L/8	L/10

ANCHO	SUBM. 1	SUBM. 2	SUBM. 3	SUBM. 4	SUBM. 5
2350	1170	585	780	-	-
A	A/2	A/4	A/3	-	-

* Dimensiones en mm.

Viendo estas dimensiones resultantes, podríamos seleccionar como módulos base mínimos estas dos opciones:

- UDC 1: 730x585 mm
- UDC 2: 580x585 mm
- UDC 3: 730x780 mm

Resumiendo los cálculos anteriores obtenemos las siguientes unidades de carga secundarias:

DIMENSIONES INTERIORES 5898 x 2350 x 2390 mm			
SUBMÚLTIPLOS (mm.)			
2940 x 1170	580 x 1170	730x780	730 x 585
1470 x 1170	2940 x 780	2940 x 585	580 x 585
980 x 1170	1470x780	1470 x 585	
730 x 1170	980x780	980 x 585	


Elección de las medidas de unidad de carga secundaria más adecuadas.

En la tabla podemos observar un primer nivel de submúltiplos que nos ofrece varias unidades de carga secundarias de un tamaño considerable y que quizás resulten de difícil manipulación por su tamaño desproporcionado: **2940 x 1170 mm, 2940 x 780 mm y 2940 x 585 mm.**

Por otro lado se observa que alguna de las dimensiones resultantes puede no ser adecuada para realizar un correcto grupaje de productos de hábitat ya que posee un tamaño muy reducido: **580 x 585 mm.**

De las UDC secundarias obtenidas eliminaremos pues aquellas cuyas dimensiones son muy pequeñas o desproporcionadas:

UDC SECUNDARIAS (mm.)		
2940 x 1170	2940 x 780	2940 x 585
1470 x 1170	1470 x 780	1470 x 585
980 x 1170	980 x 780	980 x 585
730 x 1170	730 x 780	730 x 585
580 x 1170	580 x 780	580 x 585

 Módulos desechados

De las UDC secundarias restantes desecharemos también las UDC de 980 x 585/1170 mm ya que la dimensión 980 no es submúltiplo del ancho del contenedor, con lo que desperdiciamos bastante espacio. A continuación podemos realizar varias agrupaciones:

UDC SECUNDARIAS (mm.)		
2940 x 1170		-
1470 x 1170	1470 x 780	1470 x 585
980 x 1170	980 x 780	980 x 585
730 x 1170	730 x 780	730 x 585
580 x 1170	580 x 780	

Tomando como módulo base mínimo o módulo patrón la UDC de **730 x 585 mm** podríamos llegar a configurar (si uniéramos entre sí varios módulos) cualquiera de las otras UDC marcadas en verde, como podemos observar en el dibujo adjunto:



Figura 74. Configuraciones de llenado de un contenedor (i).

Fuente: elaboración propia.

Este tamaño de UDC también nos permite cargar el contenedor sin preocuparnos de introducir la unidad de carga por su lado ancho o lado largo, ya que ambas dimensiones serían “submúltiplo” del ancho del contenedor.

Otra opción a considerar será también la UDC de **730 x 780** mm que también nos permite cierta modularidad.



Figura 75. Configuraciones de llenado de un contenedor (ii).
 Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra una imagen de posibles cubicciones con la UDC de **780x780** mm.

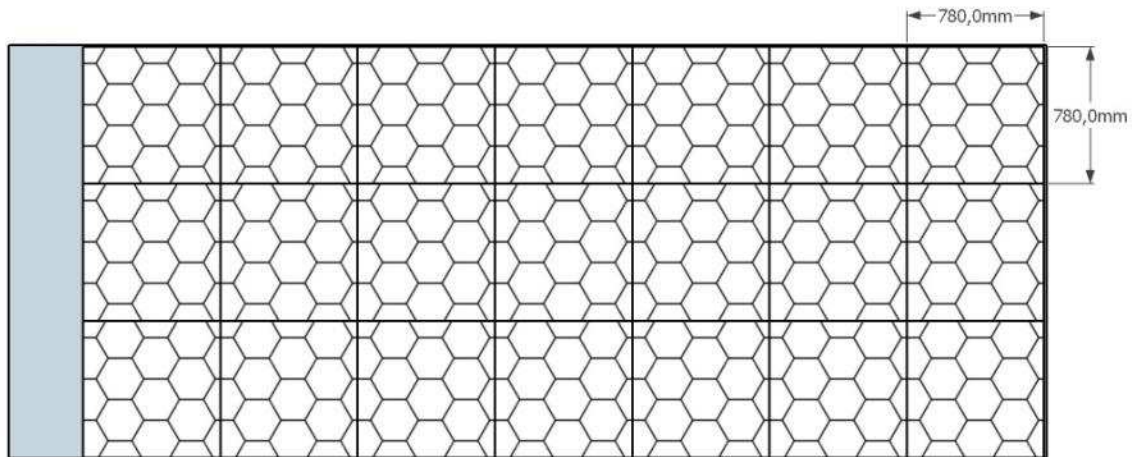


Figura 76. Configuraciones de llenado de un contenedor (iii).
 Fuente: elaboración propia.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

Para ajustar la dimensión del módulo patrón mínimo vamos a ver la ocupación máxima conseguida con cada una de las opciones. En el caso de la UDC de 730x585 mm y variantes:

Módulo 780x585	Contenedor 20'			
	Largo interior: 5898 mm	Ancho interior: 2350 mm	Total	% ocupación
# UDC Posición 1:	10	3	30	98,8%
# UDC Posición 2:	7	4	28	92,2%



Figura 77. Configuraciones UDC 780 x 585 mm
Fuente: elaboración propia.

Módulo 750x550	Contenedor 20'			
	Largo interior: 5898 mm	Ancho interior: 2350 mm	Total	% ocupación
# UDC Posición 1:	10	3	30	89,3%
# UDC Posición 2:	7	4	28	83,3%

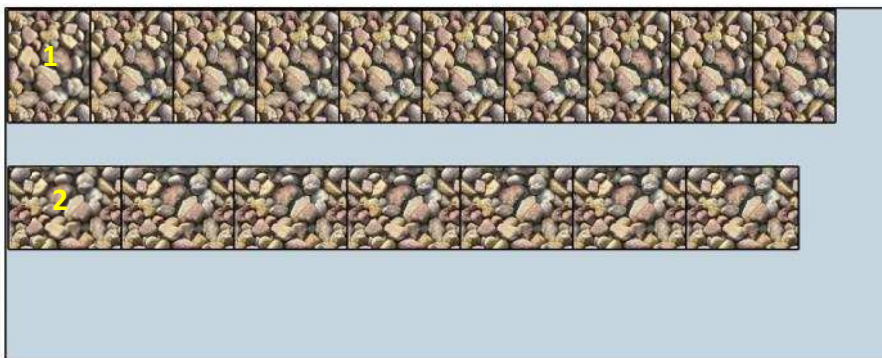


Figura 78. Configuraciones UDC 750 x 550 mm
Fuente: elaboración propia.

Módulo 730x585	Contenedor 20'			
	Largo interior: 5898 mm	Ancho interior: 2350 mm	Total	% ocupación
# UDC Posición 1:	10	3	30	92,4%
# UDC Posición 2:	8	4	32	98,6%

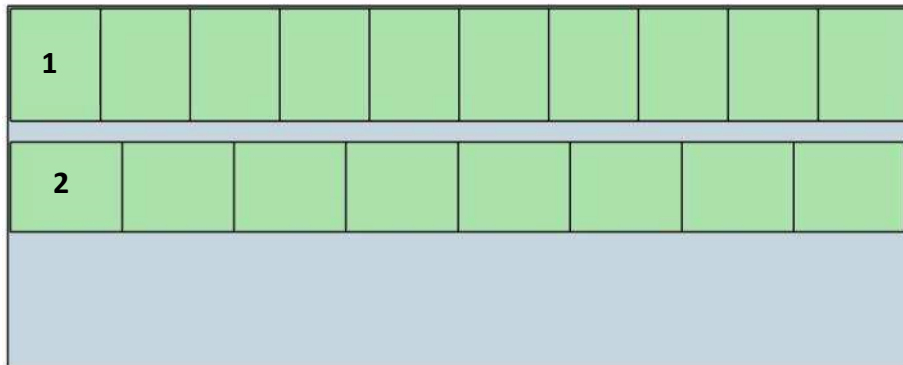


Figura 79. Configuraciones UDC 730 x 585 mm
Fuente: elaboración propia.

En el caso de la UDC de **730x780 mm** vamos a comprobar también la ocupación de una UDC de 780x780 mm con el objeto de conseguir una unidad de carga más versátil a la hora de “jugar” con modularidades:

Módulo 730x780	Contenedor 20'			
	Largo interior: 5898 mm	Ancho interior: 2350 mm	Total	% ocupación
# UDC Posición 1:	7	3	21	86,3%
# UDC Posición 2:	8	3	24	98,6%

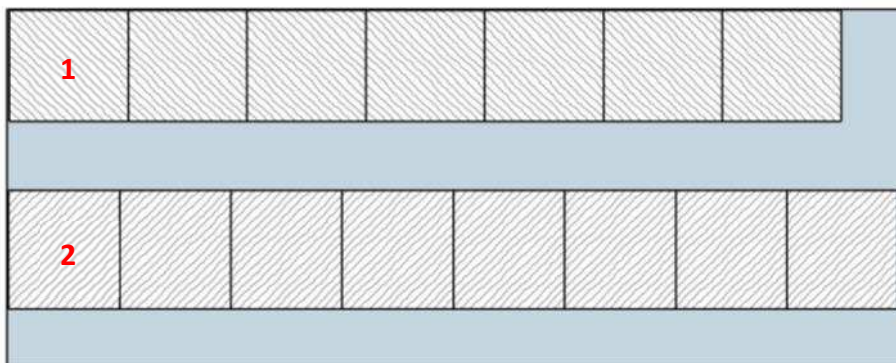


Figura 80. Configuraciones UDC 730 x 780 mm
Fuente: elaboración propia.

Módulo 780x780	Contenedor 20'			
	Largo interior: 5898 mm	Ancho interior: 2350 mm	Total	% ocupación
# UDC Posición 1:	7	3	21	92,2%
# UDC Posición 2:	7	3	21	

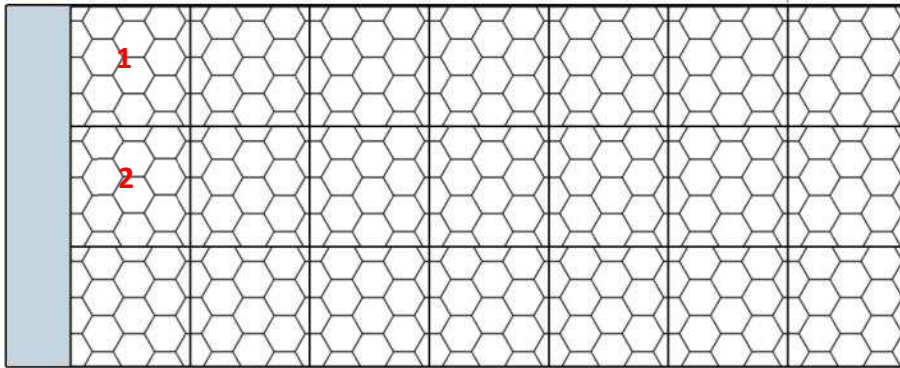


Figura 81. Configuraciones UDC 780 x 780 mm
Fuente: elaboración propia.

En este caso, pese a que tiene una peor eficiencia de llenado del contenedor **elegimos la opción de la UDC de 780x780 mm puesto que nos va a facilitar la posibilidad de realizar unidades de carga modulares fabricando el mínimo número de piezas posibles.**

COMOs 24 (PRIORIDAD MEDIA).- Diseño modular de la unidad de carga de segundo nivel.

Como se ha comentado anteriormente, la elección del módulo UDC de 780 x 780 mm va a facilitar la introducción de las unidades de carga en el contenedor sin preocuparnos de si lo cargamos por el lado largo o el lado ancho.

Esta dimensión de UDC ofrece también la posibilidad de unir varias bases con la finalidad de obtener una unidad de carga de mayor tamaño.

A continuación se muestran varios ejemplos desarrollados para conseguir ampliar, de forma modular el tamaño de la unidad de carga de segundo nivel.

Para ampliar el tamaño de la base, se propone un sistema de ranurado en los tacos y uniones mediante pletinas, que encajarían en dichas ranuras. Para la unión de los laterales se propone un sistema de pestillo.

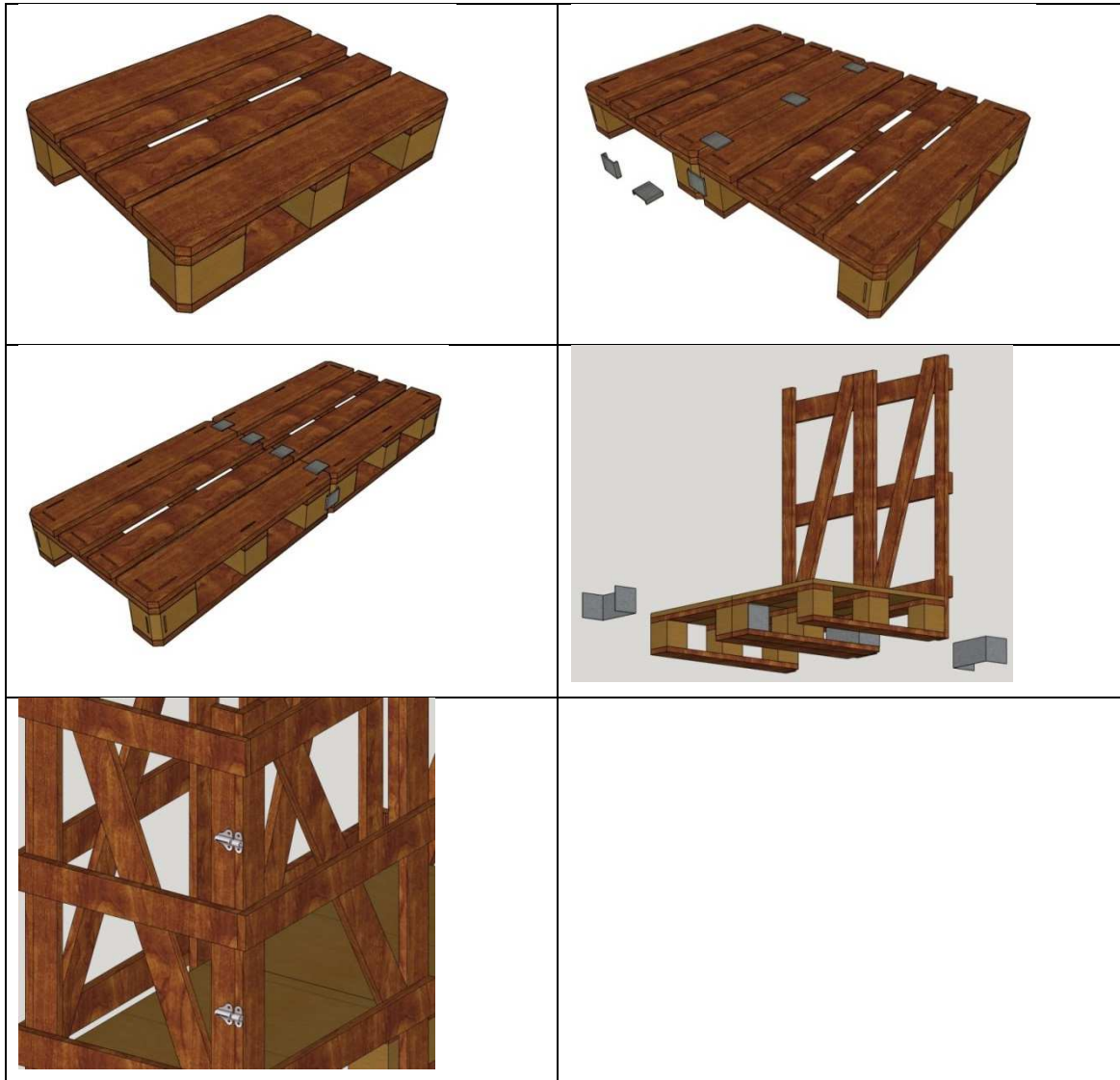


Figura 82. Propuestas para ampliar tamaño de forma modular.
Fuente: elaboración propia.

Otro tipo de sistemas que se pueden utilizar para unir los laterales son seguros fijos, o un sistema de perno con excéntrica.



Figura 83. Otros sistemas de uniones.
Fuente: <http://www.essentracomponents.es> [9]

4.2 PROPUESTAS PARA EL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.

4.2.1 PROPUESTAS PARA AUMENTAR LA AUTONOMÍA DEL DISPOSITIVO SIN TENER QUE CONECTARLO A LA RED ELÉCTRICA.

COMOs 11 (PRIORIDAD ALTA).- Utilización de baterías de gran capacidad

Si se revisan las opciones comerciales existentes en la actualidad de baterías con capacidades mayores a los 10.000 mAh (batería del prototipo 1), hay que recurrir a baterías LiPo empleadas en aeromodelismo de 7'2 V o 12'6V (según el número de celdas), o a bancos de baterías USB de 5V.

Sin embargo, para utilizar una batería con capacidad por encima de 10.000 mAh, aumenta el tamaño de la batería, complicando su integración en una unidad de carga, y entrando en confrontación con otro de los requisitos técnicos, que es el tamaño reducido del dispositivo resultante (conjunto de placa de prototipado y batería).

En el caso de las baterías LiPo, además de la batería, habría que montar un circuito reductor del voltaje, para ajustarse a los 5 V a los que debe ser alimentado el microcontrolador y los sensores.

Por tanto, **tras la revisión de tamaños de baterías de más de 10.000 mAh, se descarta la utilización de otro tipo de batería.**

COMOs 12.- Utilización de baterías y sistemas de carga alternativos.

La investigación en los materiales y la mejora tecnológica ha conllevado una discreta optimización de las prestaciones de las baterías en estos últimos años. Se han ido optimizando los puntos mejorables como los ciclos y la velocidad de carga, el peso y la densidad energética de la misma (energía acumulada por unidad de peso), entre otros. Las baterías toman un papel vital en el compromiso de la Unión Europea y de todos los estados miembros en el desempeño de políticas aptas al desarrollo de estrategias en el ámbito de la “descarbonización” de la sociedad, es decir disminuir la generación de emisiones de gases de efecto invernadero provocados por los combustibles fósiles. De hecho, sirven para almacenar energía proveniente de fuentes renovables y también tienen un papel fundamental en la logística y transporte para vehículos eléctricos, etc.

No obstante, hay mucho recorrido todavía para llegar a un modelo que permita la sinergia de baterías para el uso de cualquier equipo electrónico debido a desventajas como la duración de la carga, el efecto memoria (duración de vida del producto), la necesidad de “enchufar” para recargar los tiempos de recarga.

En este escenario se está llevando a cabo mucha investigación para obviar estos inconvenientes permitiendo la transferencia de la electricidad a distancia sin el uso de cables, la impresión de circuitos y antenas que permiten la transferencia, recepción y detección inteligentes de aparatos eléctricos en sistemas de recarga y baterías.

Uno de los posibles puntos débiles del producto desarrollado en este proyecto es asegurar que la batería convencional instalada en el equipo medidor y que alimenta los sensores tenga suficiente energía para desempeñar su trabajo durante todo el recorrido del transporte intermodal de bienes. Mientras se conoce la duración máxima de la batería en condiciones ideales, el consumo eléctrico pero puede ser más intenso proporcionalmente al número y

longitud de los eventos medidos de los sensores, desgastando la batería ante-tiempo. Esto puede ser un problema ya que, en determinadas condiciones, no se podría asegurar un control continuo durante todo el desplazamiento.

Actualmente la sustitución y recarga de las mismas es un modelo de negocio e organización industrial que hay que considerar y que aumentaría los costes relacionados. Las soluciones en la que se está investigando últimamente son el uso de electricidad inductiva o sin cables. Hay diferentes estándares, pero el Qi Standard parece el más reconocido. Existen ya en el mercado productos/cargadores que permiten recargar baterías con solo apoyar equipos electrónicos sobre ello. La energía no se transfiere por contacto si no por cercanía (unos 4 mm medios) al receptor.

No obstante estos equipos usan bobinas a granel (figura 14) que ocupan mucho espacio.



Figura 84. Bobinas tradicionales empleadas
 Fuente: www.xppower-china.com [4]

Algunos equipos electrónicos ya están equipados con este sistema pero necesitan ser instalados en elementos de apoyo y conectados cada uno de ellos a la red a través de un cable.

Actualmente, se está investigando para disminuir el tamaño de estas bobinas en el grosor de una hoja gracias a la tecnología de impresión. Se imprimen circuitos ya directamente en diferentes tipologías de superficies (papel, plástico, madera, etc.) con el mismo objetivo y con las ventajas de simplificar, reducir peso, facilitar un modelo de industrialización más eficiente, entre otros. A continuación unos ejemplos de método de impresión (Figura 15), y otro real de producto ya desarrollados a escala laboratorio (Figura 16).

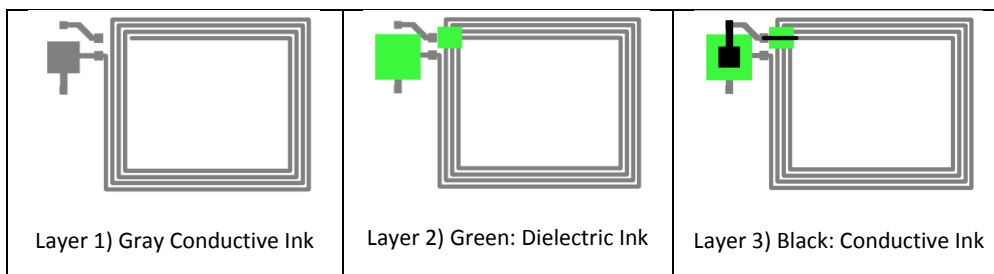


Figura 85. Impresión de circuitos eléctricos.
 Fuente: www.bioage-srl.com [5]

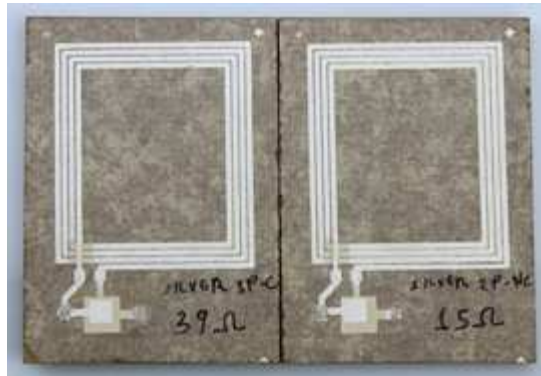


Figura 86. Ejemplo a escala laboratorio. Impresión sobre madera.
Fuente: www.bioage-srl.com [5]

Se ha demostrado que el flujo de electricidad por inducción no funciona solo a pocos milímetros, casi por contacto, si no también, llega a una distancia de más de 10 cm.

Con esta investigación se pretende, el día de mañana, poder olvidarse de cargar y substituir la batería, así como quitar el cableado y las conexiones entre equipos eléctricos, ya que con solo electrificar una superficie de trabajo, se permite la distribución de la energía a los elementos que la necesitan. En el caso del transporte intermodal, las áreas de depósitos de las diferentes unidades de transporte (camión, tren, barco, etc.) se podrían electrificar con energía inductiva que luego se transmite de forma inteligentes a través de las jaulas en las que están instalados los sensores y la batería. De esta forma la batería estaría siempre en carga desempeñando siempre su trabajo. Además las baterías estarían plenamente cargadas durante las fases transitorias del transporte (cambio de medio de transporte), así que no habría ningún riesgo de pérdidas de datos.

Otro factor muy importante es que el sistema es capaz de detectar cuando hay un circuito que alimentar, es decir se optimizaría también la eficiencia energética. Además hay que matizar que los estudios hechos hasta ahora describen que la energía inductiva no conlleva riesgos para las personas.

COMOs 13 / 14 / 15 / 16 / 17 (PRIORIDAD ALTA).- Mejorar la eficiencia de la programación de las funciones.

De manera general el esquema de funcionamiento del programa desarrollado para el dispositivo de registro de datos de transporte es el que se muestra en el esquema de la figura 15.

El programa está leyendo en bucle los datos del acelerómetro para determinar si se cumplen las condiciones de grabación de un golpe o una caída libre. También se evalúa el tiempo transcurrido para saber si se deben tomar datos de temperatura, humedad y luminosidad.

Una vez se está dentro de las funciones para registrar datos de un impacto o caída libre, se entra en un bucle de 200 iteraciones donde se realiza lectura y grabación de los datos del acelerómetro. Una vez terminadas las 200 iteraciones se lee fecha y hora y se graba, para a continuación encender los leds que informan del golpe recibido.

En el caso del resto de sensores (temperatura, humedad, luminosidad), que no requieren de una frecuencia de muestreo tan elevada, se lee solo una vez el dato, y se graba junto con la fecha y la hora, y se enciende el correspondiente led de aviso.

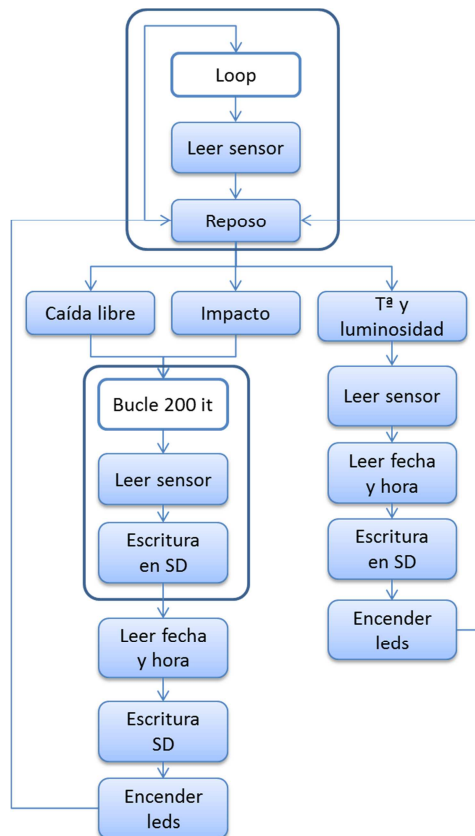


Figura 87. Esquema de la programación del dispositivo de registro de datos.
Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta este esquema de funcionamiento, las líneas de trabajo sobre las que se va a trabajar en el diseño del prototipo 2 del dispositivo son las siguientes:

- Minimizar el uso de la función “delay ()”, ya que aunque no se está ejecutando ninguna instrucción, el consumo de la placa no disminuye.

- Reducir el número de iteraciones de los bucles de las funciones de registro de datos de impacto y caída libre. Tal y como se ha comprobado con los resultados del entregable 8, no es necesario capturar 200 datos para caracterizar un impacto. Con 100 datos con una frecuencia de muestreo de 2-3 milisegundos, se capturan entre 200-300 milisegundos, lo que es suficiente para grabar las aceleraciones de cualquier impacto. Las operaciones de grabación en la SD, aumentan considerablemente el consumo de la placa, respecto del estado en reposo.
- Reducir el tiempo entre registro de datos de temperatura, humedad, y luminosidad. La captura de datos de impactos solo se lleva a cabo si se supera un cierto umbral de aceleraciones, sin embargo, los datos de temperatura, humedad y luminosidad, se capturan por periodos fijos de tiempo (5 minutos). Si se aumenta el tiempo entre lecturas, se minimiza el uso de la batería.
- Reducir el tiempo de encendido de los leds. Es posible sustituir un encendido fijo por un parpadeo intermitente, o incluir una función en la que solo se enciendan a demanda del usuario.

COMOs 18 (PRIORIDAD ALTA).- Programar microparadas.

Una placa estándar (como Arduino) que monte el microcontrolador ATmega 328P, como es el caso de los desarrollos iniciales del dispositivo del proyecto, consume en vacío unos 45 mAh [5]. En el presente proyecto, al montar solo el microcontrolador en una placa de prototipado, sin el regulador de tensión lineal de Arduino, ni otros componentes que no son necesarios para el proyecto, el consumo en vacío se mantiene sobre 35mAh, y sube a 41 mAh cuando está grabando datos de impacto o lecturas de sensores de temperatura humedad o luminosidad (según mediciones propias realizadas con un polímetro sobre el dispositivo).

El consumo mínimo medido de 35 mAh, se produce justo cuando el dispositivo está sin “hacer nada”, justo a la espera de detectar una aceleración que active las funciones de registro de datos de impacto.

Para reducir el consumo en éste tipo de situaciones, se puede utilizar el modo “sleep” del microcontrolador, en el que el microcontrolador está “dormido” y se puede volver a activar al cabo de un cierto tiempo.

Para ello, la forma más cómoda es hacer uso de librerías como la “LowPower” y utilizar un Watch Dog Timer para volver a activar el micro. El mínimo tiempo que puede estar el micro ATmega 328 en modo sleep es de 15 milisegundos y el máximo 8 segundos.

Un montaje básico de parpadeo de un led puede reducir su consumo desde los 15 mAh, hasta 5 mAh (75% de ahorro energético), con bucles de sleep de 8 segundos [6].

Sin embargo, esta opción parece arriesgada para nuestra aplicación, ya que la aplicación de microparadas de solo 15 milisegundos, puede influir en la calidad de los datos capturados, ya que un impacto puede llegar a tener una duración de 30 milisegundos, tal y como se ha comprobado en las pruebas de laboratorio.

Se han realizado pruebas de medición de consumo con polímetro incluyendo microparadas de 15 milisegundos en modo sleep en el bucle de control, y el consumo en vacío ha bajado de 35 mAh a 29 mAh, sin embargo, existen determinados impactos que no han sido capturados al estar el microcontrolador “dormido”.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

En la siguiente tabla se muestran el resultado de algunas de las pruebas realizadas para determinar los efectos que tendría sobre el dispositivo aplicar el modo sleep.

Prueba	Impactos leídos	Impactos perdidos
1	7	3
2	8	2
3	7	3

Aunque se muestra eficaz para reducir el consumo del dispositivo, no se considera adecuado utilizar el modo “sleep” ya existe un riesgo elevado de no detectar golpes e impactos, con lo que se toma la decisión de no emplear este modo, dándole prioridad a garantizar el registro de la información frente a la reducción del consumo del dispositivo.

4.2.2 PROPUESTAS PARA AVISAR SI UN GOLPE PUEDE HABER DAÑADO UN PRODUCTO.

COMOs 16 (PRIORIDAD ALTA).- Mejorar el funcionamiento de la función para visualizar eventos.

Se propone realizar modificaciones en los bucles de control que encienden los leds para avisar de la gravedad de un golpe, para corregir los errores en el encendido del prototipo1.

Además, al reducir el número de leds (en vez de tres leds, indicar la gravedad del golpe mediante la rapidez del parpadeo), hay que modificar totalmente la programación de esta parte del sketch.

4.2.3 PROPUESTAS PARA GENERAR Y VISUALIZAR RESULTADOS QUE APORTEN VALOR.

COMOs 13 (PRIORIDAD ALTA) .- Mejorar la función de detección de fecha y hora.

Se propone la modificación de las funciones para obtener la fecha y hora, mediante la actualización de la versión de la librería “Time”. En la versión del prototipo 1, se producían retrasos en la hora registrada por el dispositivo. Se comprobará si se solventan con la nueva librería.

COMOs 22 (PRIORIDAD MEDIA).- Mejorar la visualización gráfica de los resultados.

Tras las pruebas realizadas en el laboratorio de simulación y transporte de AIDIMME (tarea 3.1 del proyecto), se ha detectado una discrepancia elevada entre los valores registrados por el acelerómetro ADXL345 y los valores registrados por la máquina de impacto horizontal.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

Se ha identificado, que a la señal capturada del acelerómetro de la máquina de impacto horizontal, el software de control le aplica un filtrado matemático, antes de mostrar el resultado al usuario.

A continuación se muestra una imagen de un impacto de 3'5 G's. A la izquierda la señal del impacto mostrada por la máquina tras el filtrado matemático. A la derecha los datos de la máquina sin el filtro matemático. Abajo, los datos capturados por el acelerómetro ADXL utilizado en el proyecto (teniendo en cuenta que la frecuencia de muestreo es mucho más baja de la del acelerómetro de la máquina, y que se comienza a capturar información en el pico del impacto).

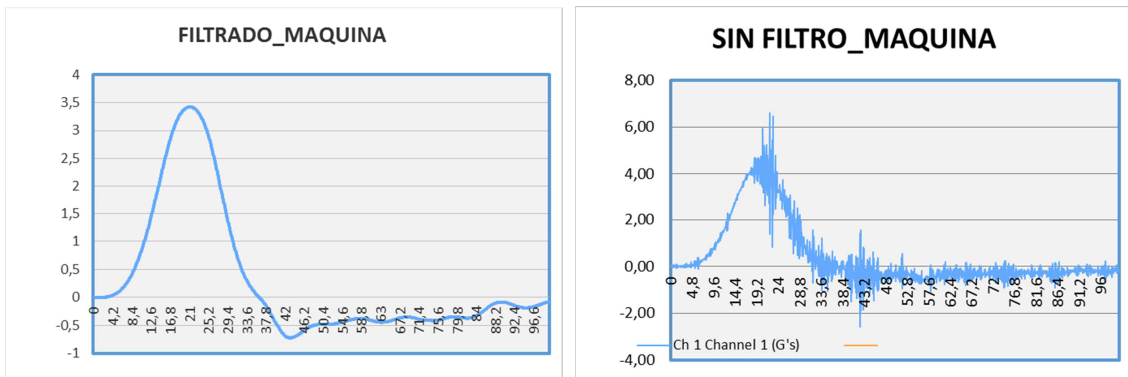


Figura 88. Datos registrados en máquina de impacto horizontal – Impacto 3'5 G's.
Fuente: elaboración propia.

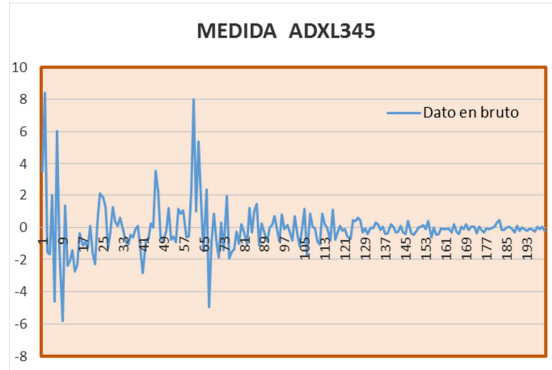


Figura 89. Datos registrados por dispositivo Habitrans – Impacto 3'5 G's.
Fuente: elaboración propia.

A la vista de los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, se comprobó la necesidad de aplicar un filtrado digital de la señal, para que los resultados se pudieran interpretar.

Un filtro digital es un sistema que realiza un procesamiento matemático sobre una señal a su entrada para obtenerla modificada a su salida, pudiendo haber cambiado en amplitud, frecuencia o fase. Normalmente, el objetivo que se persigue con un filtro es, o bien eliminar el ruido que pueda contener, o bien mantener o eliminar un rango determinado de frecuencias [6].

Existen dos grandes tipos de filtros digitales [7], [8]:

- IIR (Filtros de respuesta infinita al pulso). Para obtener la salida, además de valores actuales y pasados de la entrada, también utilizan valores de salida pasados, que son almacenados en memoria y realimentados hacia la entrada, según la aportación de determinados coeficientes. El orden del filtro viene dado por el máximo entre el número de coeficientes empleados para las entradas y salidas previas utilizadas en el filtro.
- FIR (Filtros de respuesta finita al impulso). Su salida solo depende de los valores previos y actuales de la entrada. El número de coeficientes empleado determina el orden del filtro.

Simulación de aplicación de filtros matemáticos.

Se descarta realizar pruebas con filtros tipo FIR, ya que son demasiado lentos y el necesitan órdenes muy elevados para conseguir aproximar su respuesta a la ideal. Por ello, no son muy apropiados en aplicaciones en tiempo real [7], como es el caso requerido.

Filtro IIR de primer orden.

Se ha aplicado un filtro con diferentes coeficientes, según la expresión:

$$y_i = (1-\alpha) * x_i + \alpha * y_{i-1}$$

Siendo:

y_i : Señal resultante del proceso de filtrado en el instante actual.

α : Coeficiente de amortiguación de la señal.

x_i : Señal real capturada por el acelerómetro en el instante actual.

y_{i-1} : Señal resultante del proceso de filtrado en el instante anterior al actual.

Se han realizado simulaciones del comportamiento del proceso de filtrado con datos reales capturados por la máquina de impacto horizontal de laboratorio de simulación de transporte durante las pruebas de laboratorio. A continuación se muestran los resultados obtenidos para diferentes valores del coeficiente α [0'95, 0'9, 0'8, 0'7].

- $\alpha = 0'95$.

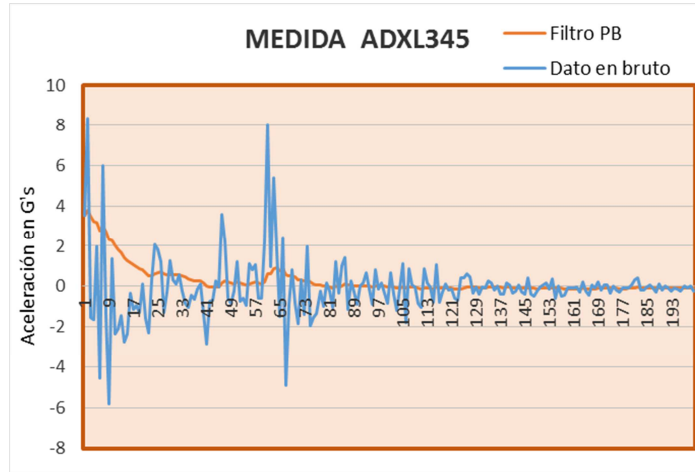


Figura 90. Simulación comportamiento filtro tipo 1 ($\alpha = 0'95$)
 Fuente: elaboración propia.

- $\alpha = 0'9$.

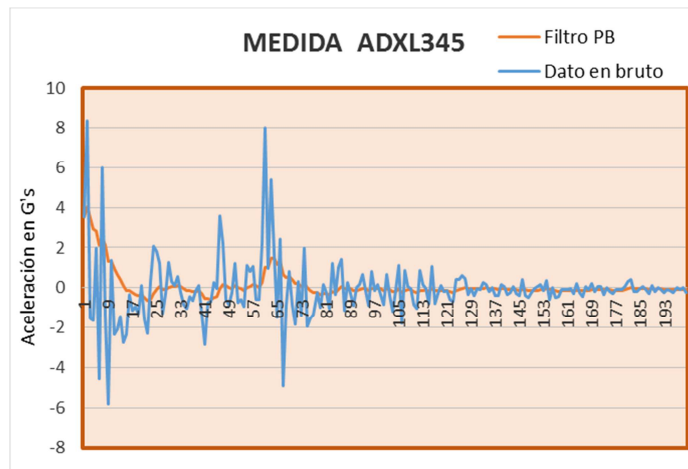


Figura 91. Simulación comportamiento filtro tipo 1 ($\alpha = 0'9$)
 Fuente: elaboración propia.

- $\alpha = 0'8$.

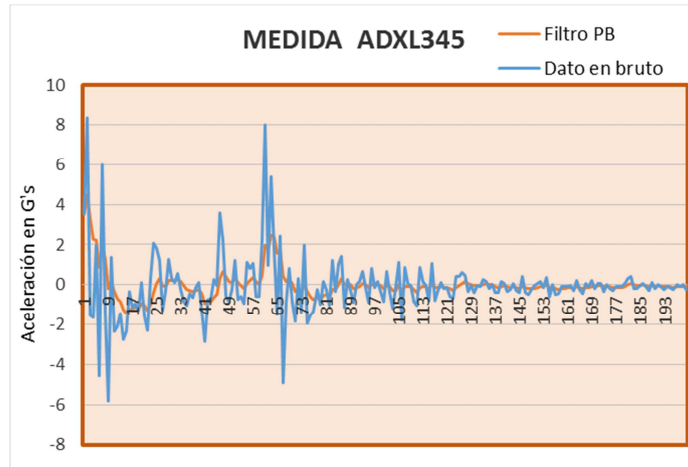


Figura 92. Simulación comportamiento filtro tipo 1 ($\alpha = 0'8$)
 Fuente: elaboración propia.

- $\alpha = 0'7$.

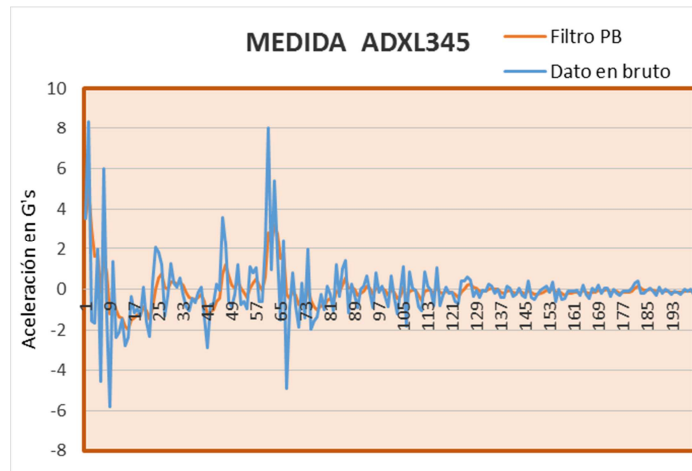


Figura 93. Simulación comportamiento filtro tipo 1 ($\alpha = 0'95$)
 Fuente: elaboración propia.

En las imágenes se aprecia cómo, cuanto mayor es el coeficiente α , mayor amortiguación de la señal se genera, mientras que cuanto menor es el coeficiente, la señal filtrada es más fiel a la realidad y recoge más ruido. Se trata de un tipo de filtro muy simple que requiere poca capacidad de cálculo para ser implementado en el micro.

5 DISEÑO FINAL DE PROTOTIPOS.

5.1 DESARROLLO DE PROPUESTAS EN LOS PROTOTIPOS.

En el diseño final del prototipo, se adoptan todas las propuestas consideradas con prioridad ALTA, excepto la utilización de baterías de mayor capacidad, puesto que aumentaría el tamaño del dispositivo.

Además, de las propuestas desarrolladas a modo conceptual en el apartado anterior, se adopta el desarrollo de un filtro digital para el análisis de los datos grabados por el dispositivo, tal y como se ha documentado en el apartado anterior. Ha quedado demostrado en el paquete de trabajo 3, la necesidad de aplicar este tipo de filtro para poder caracterizar con fiabilidad la severidad de los impactos registrados.

A continuación se exponen los diseños desarrollados.

5.2 DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA EN MADERA.

A modo conceptual, se proponen dos tipos de unidad de carga de madera, en función del tipo de sistema de fijación de los laterales a la base:

- Los laterales apoyan en el interior de la base.

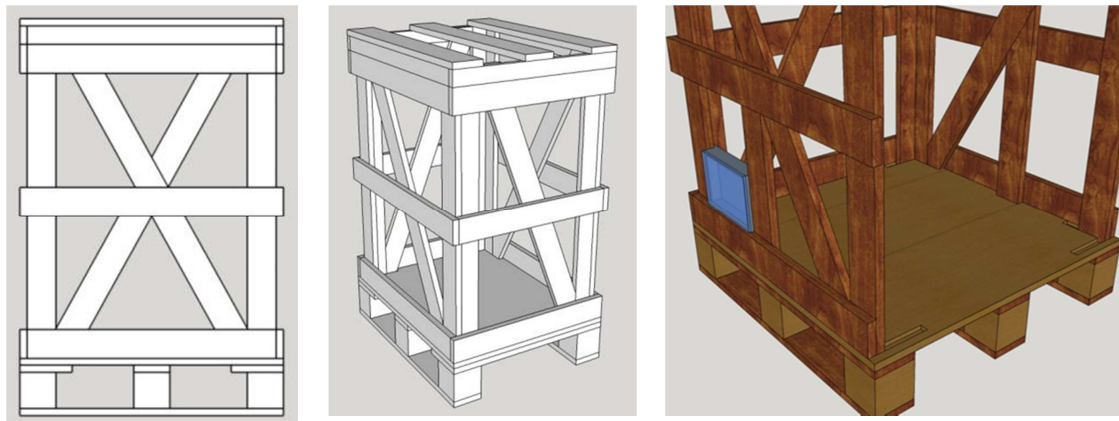


Figura 94. Bocetos de unidad de carga con laterales apoyando en interior de la base.
Fuente: elaboración propia.

- Los laterales apoyan en el exterior de la base.



Figura 95. Bocetos de unidad de carga con laterales apoyando en exterior de la base.
Fuente: elaboración propia.

Para lanzar a la fase de fabricación de prototipos se ha seleccionado la segunda opción (laterales apoyan en el exterior) por considerarse que aporta mayor estabilidad y resistencia al conjunto.

A continuación se muestra una visión de detalle del diseño de la siguiente unidad de carga, así como de los componentes que lo forman.

- UNIDAD CARGA MADERA 780 x 780 x 1098 mm.

El dispositivo de registro de datos quedaría fijado en las tablas de uno de los laterales, tal y como se muestra en la imagen.

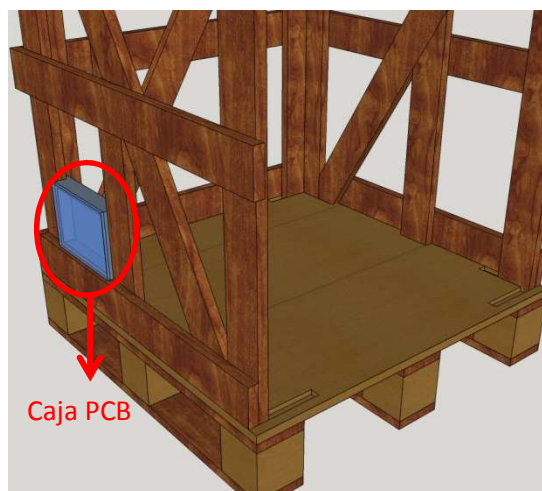
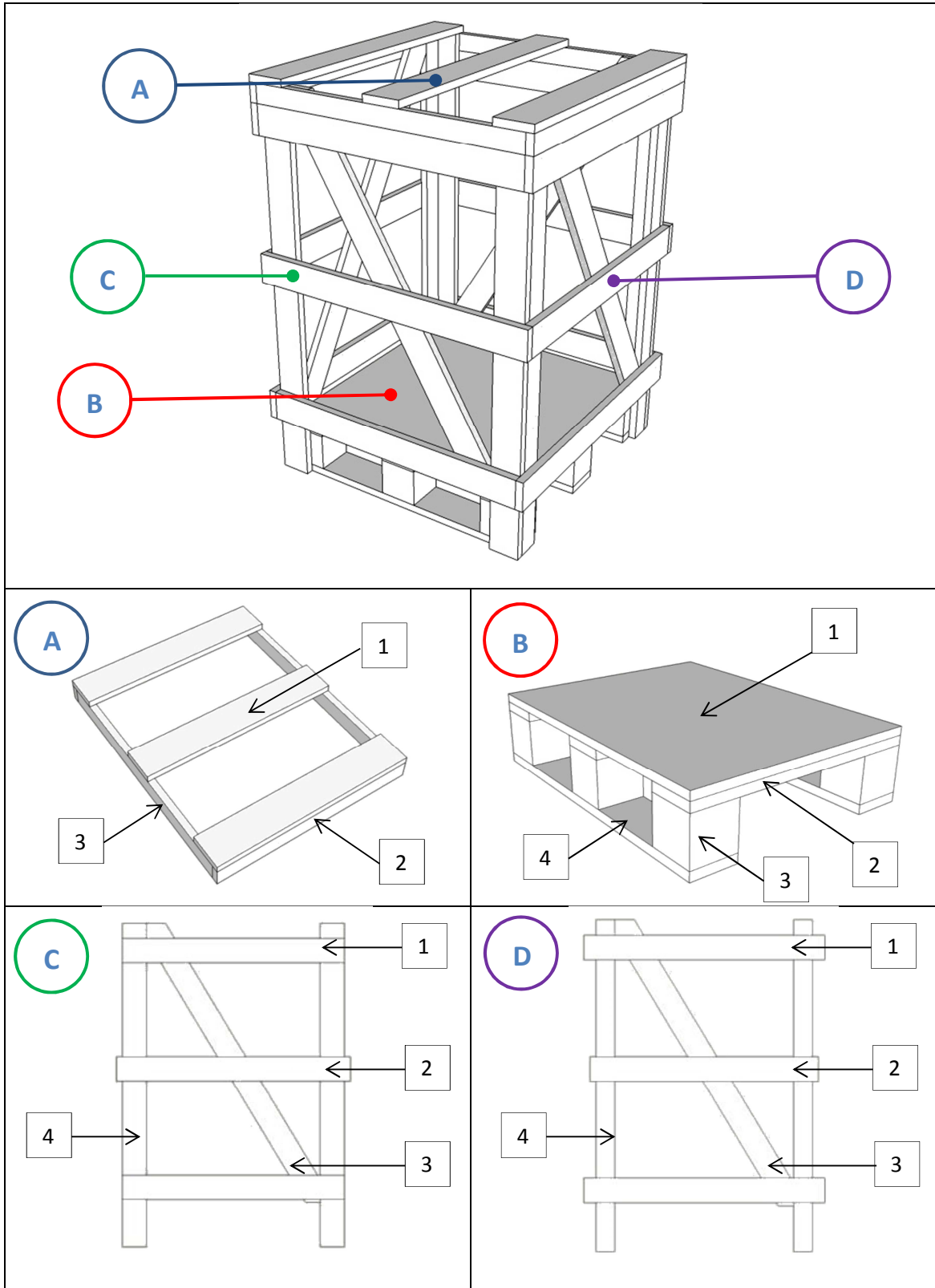


Figura 96. Integración del dispositivo de registro de datos.
Fuente: elaboración propia.

UNIDAD CARGA MADERA 780 x 780 x 1098 mm:



DESPIECE UNIDAD CARGA 780 x 780 x 1098 mm				
COMPONENTE A				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	3	780 x 100 x 20	1,56	4,68
2	2	780 x 50 x 20	0,78	1,56
3	2	740 x 50 x 20	0,74	1,48
COMPONENTE B				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	1	700 x 700 x 18	8,82	8,82
2	3	700 x 100 x 20	1,4	4,2
3	9	100 x 100 x 100	1	9
4	3	700 x 100 x 20	1,4	4,2
COMPONENTE C				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	4 (2+2)	740 x 80 x 20	1,18	4,74
2	2 (1+1)	780 x 80 x 20	1,25	2,50
3	2 (1+1)	1096 x 80 x 20	1,75	3,51
4	4 (2+2)	1078 x 80 x 20	1,72	6,90
COMPONENTE D				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	4 (2+2)	780 x 80 x 20	1,25	4,99
2	2 (1+1)	740 x 80 x 20	1,18	2,37
3	2 (1+1)	1096 x 80 x 20	1,75	3,51
4	4 (2+2)	1078 x 80 x 20	1,72	6,90
Volumen Total Jaula (dm ³)				69,34

5.3 DISEÑO DE PROTOTIPO DE UNIDAD DE CARGA METÁLICA.

Se ha realizado el rediseño del prototipo 1, ajustado a los formatos de dimensiones que maximizan el contenedor marítimo.

Unidad de carga de 780 x 780 mm

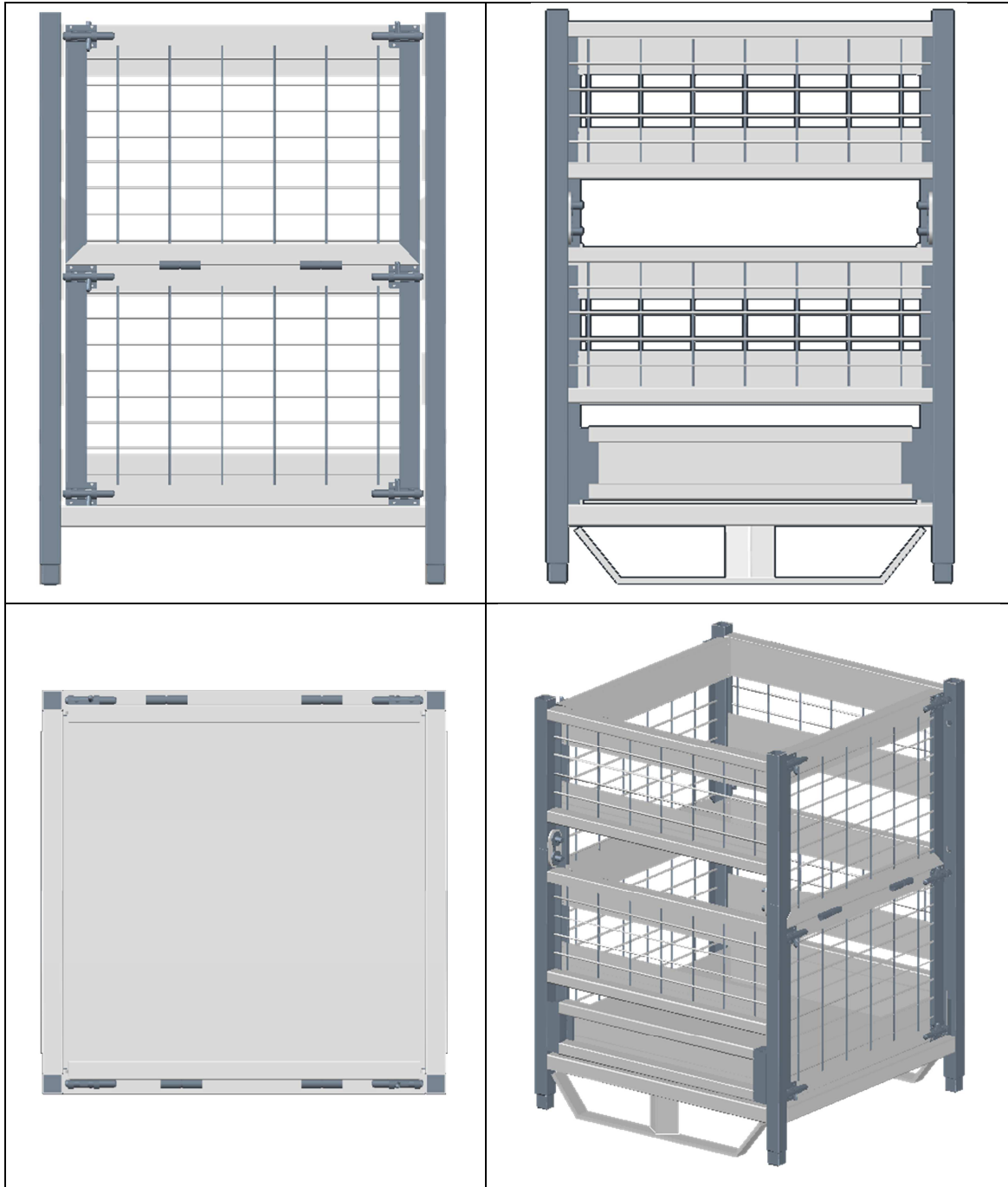


Figura 97. Bocetos de unidad de carga metálica (i)
Fuente: elaboración propia.

5.4 DISEÑO DE PROTOTIPO DE REGISTRO DE DATOS DE TRANSPORTE

En cuanto a los componentes utilizados respecto del prototipo 1, se han incorporado algunas variaciones encaminadas a disminuir el tamaño final del dispositivo

- Utilización un resonador de tamaño reducido, en vez de dos condensadores y un cristal de 16 MHz.
- Utilización de un solo led para la visualización de resultados, en vez de 3 leds para impactos y tres leds para caídas.
- Utilización de LDR para capturar información de luminosidad, en vez de un sensor integrado, ya que según pruebas realizadas en la primera anualidad del proyecto no se comprobó que el sensor integrado analógico (basado en el uso del LDR) ofreciera mejores prestaciones. Además, se ha trabajado en el diseño de diferentes versiones de PCB a medida de las necesidades del proyecto, de modo que el tamaño de la placa controladora quedara minimizado. En la siguiente figura se muestra una de las versiones generadas.

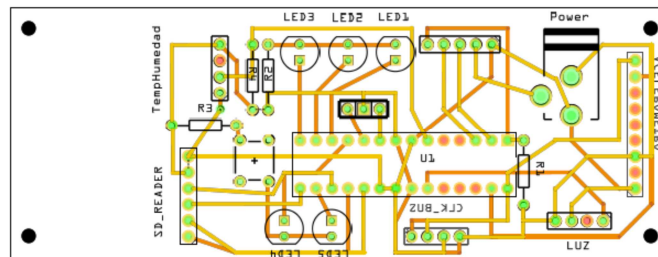


Figura 98. Diseño de PCB propia del proyecto.
Fuente: elaboración propia.

6 FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS.

6.1 UNIDAD DE CARGA EN MADERA.

Se encargó la fabricación de 4 prototipos de unidad de carga en madera según los bocetos y planos desarrollados para las dimensiones 780 x 780 x 1098 mm.

El proveedor, según el tipo de materia prima con la que trabaja (dimensiones de listón de madera comercial) y su experiencia propia, realizó pequeñas modificaciones en el diseño inicial proporcionado por AIDIMME, que en absoluto modifica las funcionalidades del prototipo.

La composición y dimensiones finales de la unidad de carga fabricada son las que se detallan a continuación.

JAULA MADERA 820 x 816 x 950 mm: SEGÚN FABRICACIÓN FINAL

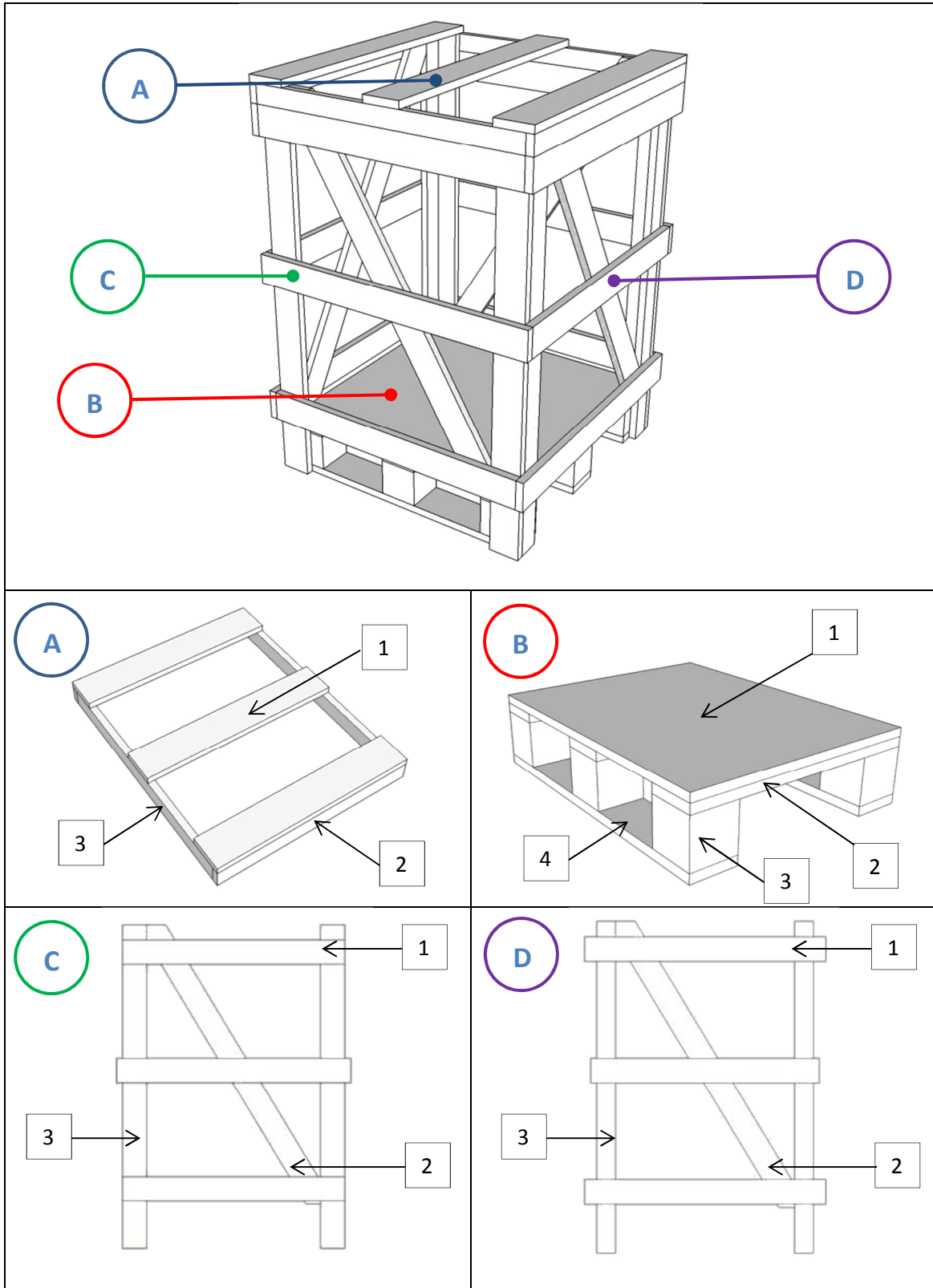


Figura 99. Diseño finales del prototipo.
 Fuente: elaboración propia.

DESPIECE JAULA 820 x 816 x 950 mm				
COMPONENTE A				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	3	820 x 75 x 18	1,11	3,32
2	2	820 x 50 x 18	0,74	1,48
3	2	780 x 50 x 18	0,70	1,40
COMPONENTE B				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	1	740 x 740 x 18	9,86	9,86
2	3	740 x 75 x 18	1,00	3,00
3	9	70 x 70 x 90	0,44	3,97
4	3	780 x 100 x 20	1,56	4,68
COMPONENTE C				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	6 (3+3)	700 x 75 x 18	0,95	5,67
2	2 (1+1)	960 x 75 x 18	1,30	2,59
3	4 (2+2)	930 x 75 x 18	1,26	5,02
COMPONENTE D				
ELEMENTO	# UNIDADES	DIMENSIONES (mm)	VOLUMEN UNITARIO (dm ³)	VOLUMEN TOTAL (dm ³)
1	6 (3+3)	740 x 75 x 18	1,00	5,99
2	2 (1+1)	900 x 75 x 18	1,22	2,43
3	4 (2+2)	930 x 75 x 18	1,26	5,02
Volumen Total Jaula (dm ³)				54,43

Figura 100. Dimensiones finales del prototipo.
Fuente: elaboración propia.

Durante el proceso de fabricación de los prototipos de jaula se han ajustado las dimensiones, para facilitar su posterior fabricabilidad, sin que esto haya supuesto una pérdida en las especificaciones técnicas, a nivel de resistencia y funcionalidad, de las jaulas.

6.2 DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.

6.2.1 VERSIÓN INICIAL.

Para el desarrollo del prototipo 2 del dispositivo de registro de datos, se utilizó la misma carcasa empleada en las pruebas de transporte real llevadas a cabo en la tarea 3.2, ya que, a pesar de sus dimensiones, quedó demostrada su utilidad para fijar el dispositivo a la unidad de carga, y proteger la placa controladora.



Figura 101. Carcasa para la ubicación de batería y placa controladora.
Fuente: elaboración propia.

Las modificaciones llevadas a cabo sobre la programación del dispositivo se probaron en primera instancia sobre un montaje en una placa de prototipado, tal y como se muestra en la siguiente imagen.

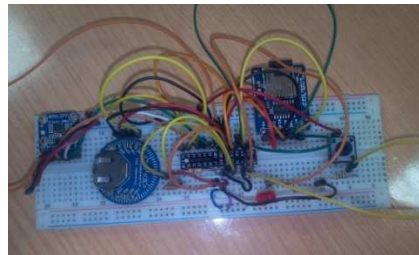


Figura 102. Montaje inicial en placa de prototipado.
Fuente: elaboración propia.

Una vez, comprobados que los cambios diseñados en la programación cumplen con su objetivo, se realizó el montaje de nuevo sobre una placa de baquelita perforada donde se soldaron los componentes. La placa controladora se fijó a la carcasa mediante tornillos, y se ubicó la batería, encaja en el alojamiento diseñado a tal efecto.



Figura 103. Montaje final del dispositivo.
Fuente: elaboración propia.

6.2.2 OTRAS VERSIONES.

Se llevaron a cabo tres versiones más del dispositivo que se detallan a continuación.

V2.- Versión en PCB diseñada a medida.

Se encargó fabricar una PCB según los diseños realizados por AIDIMME. Una vez recibida la placa, los componentes se soldaron, tal y como se muestra en la imagen.

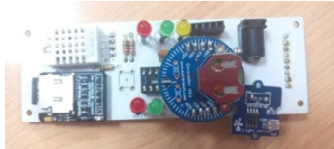


Figura 104. Montaje final del dispositivo.
Fuente: elaboración propia.

V3.- Versión con acelerómetro ADXL377

Se desarrolló una versión con un nuevo acelerómetro con rango de lecturas de +/- 200G's. Éste modelo de acelerómetro presenta las ventajas de poseer un rango de lecturas mucho más amplio que el ADL345 (+/- 16G's) y un menor consumo. Por el contrario, no dispone de interrupciones para detectar la caída libre o el impacto, lo que supuso un cambio en el enfoque de la programación.

Al tratarse de la misma familia de acelerómetros el esquema de conexiones es exactamente igual que para el ADL345, y se montó sobre una placa de baquelita perforada, igual que éste acelerómetro, tal y como se ve en la imagen de la figura 37.

V4.- Versión sin sensores de temperatura y luminosidad.

Con el objetivo de economizar al máximo la batería, en las pruebas de transporte real de la tarea 6.2, se montó un dispositivo igual que la versión 1, pero sin los sensores de temperatura/humedad y luminosidad.

La programación se modificó para no realizar lecturas y grabaciones sobre estos sensores, y de este modo consumir menos batería.

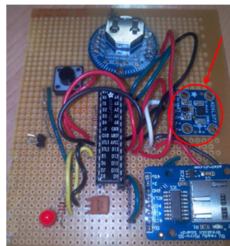


Figura 105. Montaje del acelerómetro ADXL377
Fuente: elaboración propia.

6.3 INTEGRACIÓN DE UNIDAD DE CARGA Y DISPOSITIVO.

El dispositivo de registro de datos se fijó mediante cuatro tornillos a los listones de madera que conforman los laterales de la unidad de carga, tal y como se muestra en las figuras.



Figura 106. Fijación del dispositivo en la unidad de carga.
Fuente: elaboración propia.

Resumen. Conclusiones

Partiendo de los objetivos del proyecto, y los requisitos funcionales del nuevo concepto de unidad de carga intermodal, se han desarrollado los requisitos técnicos de nuevo prototipo, alineados con las necesidades de mejora detectadas en el Paquete de trabajo 3 sobre el prototipo 1. Para ello, se ha trabajado con la herramienta QFD.

Se han desarrollado de manera conceptual, la forma de implementar dicha mejoras. Durante este desarrollo conceptual **se ha identificado la no conveniencia de implementar dos de las propuestas.**

- **Utilizar el modo “sleep” del micro ATmega328P.** Aunque se trate solo de microparadas (8 milisegundos), este periodo “durmiente” del microcontrolador hace que se pierda un porcentaje de impactos que oscila entre el 20-30%, que hace inviable su aplicación en éste proyecto.
- **Utilizar baterías de capacidad mayor a 10.000 mAh.** Utilizar baterías de mayor capacidad, implica un mayor Tamayo final del dispositivo, lo que entra en contradicción con otro de los requisitos funcionales del dispositivo, que es el tamaño reducido del mismo.

Por otro lado, **se ha decidido implementar una de las mejoras, que a priori no se encontraba en el “top” de prioridades: la aplicación de filtros digitales**, para la visualización de los datos registrados por el acelerómetro. Se trata de una mejora que, una vez identificado un algoritmo adecuado, se ha demostrado de gran utilidad para caracterizar la severidad de un impacto, eliminando ruido de la señal capturado por el sensor.

Así pues, **se ha realizado un nuevo diseño de unidad de carga intermodal de segundo nivel, en base a madera, y un nuevo dispositivo de registro de datos, que han sido fabricados**, y que son utilizados en el Paquete de trabajo 6, donde se testa su adecuación para cumplir con los objetivos iniciales del proyecto.

Referencias

- [1] Yacuzzi, E., & Martín, F, 2003. QFD: Conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos. CEMA.
- [2] Francisco Javier Miranda González, Antonio Chamorro Mera, Sergio Rubio Lacoba, 2007. Introducción a la gestión de la calidad. Delta Publicaciones, 2007.
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/QFD#/media/File:Casa_de_la_calidad_QFD.png.
- [4] <http://www.xppower-china.com/sell-1211588-50n50-series-wireless-charging-coils-compatible-with-qi-standard-of-wpc.html>.
- [5] www.bioage-srl.com.
- [6] <http://www.prometec.net/el-modo-sleep-en-arduino/>
- [7] Cuevas, P. M. (2012). Técnicas de procesado digital de la señal aplicadas a acelerómetros.
- [8] Martínez Escobedo, M. G., & Aguirre Rocha, J. E. (2015). Evaluación de técnicas de filtrado digital para la optimización de lecturas obtenidas con sensores inerciales.
- [9] <http://www.essentracomponents.es/pestillos-para-cajones-102537>.

ENTREGABLE E11.

1 DESCRIPCIÓN Y OBJETIVOS DEL ENTREGABLE.

En este documento se presentan los resultados, análisis y conclusiones obtenidas de las pruebas realizadas sobre el segundo prototipo de unidad de carga intermodal del hábitat desarrollada en el paquete de trabajo 5 del proyecto.

El objetivo de este tipo de pruebas es validar la idoneidad de la nueva versión del prototipo para cumplir con los objetivos para la que fue diseñada.

Para ello, se lleva a cabo una combinación de ensayos de simulación de transporte en laboratorio y pruebas de transporte real controlado.

En el apartado 2, se presentan los ensayos de simulación de transporte realizados, sus resultados, y las conclusiones extraídas.

En el apartado 3, se muestran las pruebas de transporte real realizadas, sus resultados, y las conclusiones extraídas.

2 ENSAYOS DE SIMULACIÓN DE TRANSPORTE.

2.1 DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS.

Se han definido ensayos de caída rotacional y vibración sobre la unidad de carga en vacío y con carga, para determinar su capacidad estructural y la capacidad para proteger a un producto.

Del mismo modo, se han llevado a cabo ensayos de caída rotacional sobre el conjunto Unidad de carga – dispositivo de registro de datos, para verificar la coherencia de los resultados obtenidos con los ensayos realizados sobre el prototipo 1.

2.1.1 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Este ensayo consiste en impactar la base de los contenedores, simulando una mala manipulación mecánica. **Con este ensayo se quiere valorar la capacidad estructural de la unidad de carga para soportar impactos, propios de su uso.**

Para llevar a cabo el ensayo, se coloca la muestra de ensayo sobre una superficie plana y rígida. Se levanta una arista de la muestra de ensayo hasta una altura determinada por encima de una superficie de impacto rígida, manteniendo la arista opuesta apoyada sobre la superficie de impacto. A continuación se suelta la muestra de ensayo para que caiga libremente y choque con la superficie de impacto rígida.

Método A: Ensayo de impacto sobre una cara (caída plana sobre una cara por basculamiento con respecto a una arista).

HABITRANS

Informe de difusión de resultados

- Nº de impactos: 3.
- Orientación de impactos: Arista 2-3, esquina.
- Altura impactos: 20 cm

2.1.2 ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.

Este ensayo reproduce los movimientos de vibración ocurridos durante los trayectos de las mercancías en los medios de transporte. El perfil e intensidad de dichos ensayos dependerá de la ruta de distribución y del tipo de transporte utilizado. **El objetivo del ensayo es comprobar la capacidad estructural de la unidad de carga para soportar impactos, propios de su uso.**

Con las máquinas del laboratorio de embalaje y transporte de AIDIMME, se pueden reproducir vibraciones aleatorias que se acercan mucho a las vibraciones reales en los diferentes modos de transporte.

Para ello, se coloca la muestra de ensayo sobre la mesa de vibración, sometiéndola a una vibración aleatoria con una frecuencia entre 3 Hz y 200 Hz.

La tolerancia sobre la raíz cuadrada de la media cuadrática de la aceleración (Grms) no debe exceder del 15%; la densidad espectral de potencia de aceleración obtenida de la señal de control del ensayo no se desviará más de ± 3 dB en el rango completo de frecuencias del ensayo.

La tabla indica los valores de densidad espectral de potencia que pueden ser usados para reproducir el transporte en general.

Frecuencia (Hz)	Densidad espectral de potencia – PSD (g^2/Hz)
1	0,00005
4	0,01
16	0,01
40	0,001
80	0,001
200	0,00001

Aceleración media cuadrática del rango de frecuencias: 0,37 g.

Duración: 2 horas.

2.1.3 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Este ensayo consiste en impactar la base de los contenedores, simulando una mala manipulación mecánica. **Con este ensayo se quiere valorar la capacidad de la unidad de carga para proteger los productos contenidos en su interior.**

Para llevar a cabo el ensayo, se coloca la muestra de ensayo sobre una superficie plana y rígida. Se levanta una arista de la muestra de ensayo hasta una altura determinada por encima de una superficie de impacto rígida, manteniendo la arista opuesta apoyada sobre la superficie de impacto. A continuación se suelta la muestra de ensayo para que caiga libremente y choque con la superficie de impacto rígida.

Método A: Ensayo de impacto sobre una cara (caída plana sobre una cara por basculamiento con respecto a una arista).

- Nº de impactos: 3.
- Orientación de impactos: Arista 2-3, esquina.
- Altura impactos: 20 cm

2.1.4 ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.

Este ensayo reproduce los movimientos de vibración ocurridos durante los trayectos de las mercancías en los medios de transporte. El perfil e intensidad de dichos ensayos dependerá de la ruta de distribución y del tipo de transporte utilizado. **El objetivo del ensayo es comprobar la capacidad del prototipo para proteger los productos contenidos en su interior.**

Con las máquinas del laboratorio de embalaje y transporte de AIDIMME, se pueden reproducir vibraciones aleatorias que se acercan mucho a las vibraciones reales en los diferentes modos de transporte.

Para ello, se coloca la muestra de ensayo sobre la mesa de vibración, sometiéndola a una vibración aleatoria con una frecuencia entre 3 Hz y 200 Hz.

La tolerancia sobre la raíz cuadrada de la media cuadrática de la aceleración (Grms) no debe exceder del 15%; la densidad espectral de potencia de aceleración obtenida de la señal de control del ensayo no se desviará más de ± 3 dB en el rango completo de frecuencias del ensayo.

La tabla indica los valores de densidad espectral de potencia que pueden ser usados para reproducir el transporte en general.

Frecuencia (Hz)	Densidad espectral de potencia – PSD (g^2/Hz)
1	0,00005
4	0,01
16	0,01
40	0,001
80	0,001
200	0,00001

Aceleración media cuadrática del rango de frecuencias: 0,37 g.

Duración: 2 horas.

2.1.5 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 CON DISPOSITIVO DE REGISTRO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Este ensayo consiste en impactar la base de los contenedores, simulando una mala manipulación mecánica. **Con este ensayo se quiere valorar la coherencia de los datos capturados por el dispositivo, con los datos de los ensayos sobre el prototipo 1.**

Para llevar a cabo el ensayo, se coloca la muestra de ensayo sobre una superficie plana y rígida. Se levanta una arista de la muestra de ensayo hasta una altura determinada por encima de una superficie de impacto rígida, manteniendo la arista opuesta apoyada sobre la superficie de impacto. A continuación se suelta la muestra de ensayo para que caiga libremente y choque con la superficie de impacto rígida.

Método A: Ensayo de impacto sobre una cara (caída plana sobre una cara por basculamiento con respecto a una arista).

- Nº de impactos: 3.
- Orientación de impactos: Arista 2-3.
- Altura impactos: 20 cm

2.1.6 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.

El objetivo del ensayo es comprobar la capacidad del prototipo para proteger el producto contenidos en su interior.

Al igual que en el ensayo inicial realizado en la tarea T3.1 se realiza conjuntamente con el SAVER, de forma que se puedan comparar los resultados grabados por ambos dispositivos.

El ensayo consiste en someter a los sistemas de embalaje a una serie de impactos controlados.

2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS.

2.2.1 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Se realizó el ensayo de caída rotacional según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.



Figura 107. Imágenes de ensayo de caída rotacional 1.
Fuente: elaboración propia.

Tras la realización del ensayo no se identifican problemas en la estructura del prototipo ensayado.



Figura 108. Resultado de ensayo de caída rotacional 1.
Fuente: elaboración propia.

2.2.2 ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN VACÍO, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.

Se realizó el ensayo de vibración según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.



Figura 109. Imágenes de ensayo de vibración
Fuente: elaboración propia.

Tras la realización del ensayo no se identifican problemas en la estructura del prototipo ensayado.

2.2.3 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Se realizó el ensayo de caída rotacional según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.



Figura 110. Imágenes de ensayo de caída rotacional 2.
Fuente: elaboración propia.

Tras la realización del ensayo no se identifican defectos ni roturas en la carga contenida en su interior.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados



Figura 111. Resultado de ensayo de caída rotacional 2.
Fuente: elaboración propia.

2.2.4 ENSAYO DE VIBRACIÓN, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA UNE-EN ISO 13355:2003.

Se realizó el ensayo de vibración según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.

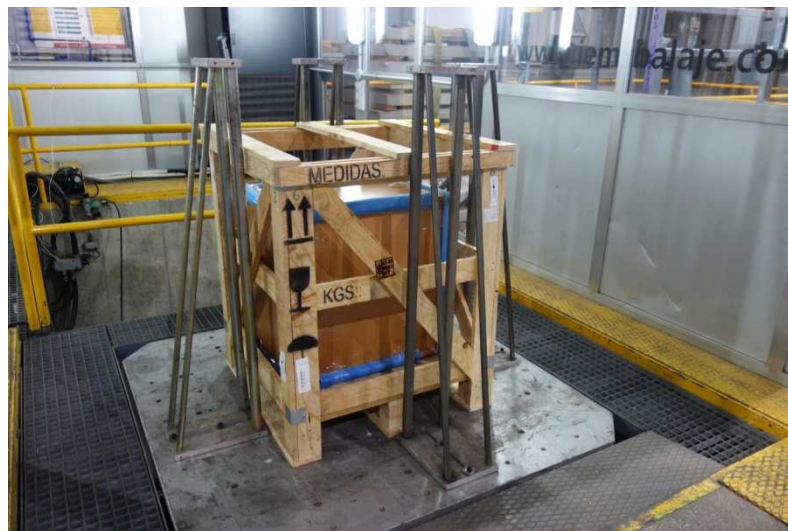


Figura 112. Imágenes de ensayo de vibración
Fuente: elaboración propia.

Tras la realización del ensayo no se identifican problemas en la estructura del prototipo ensayado.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

2.2.5 ENSAYO DE CAÍDA ROTACIONAL, PROTOTIPO 2 CON DISPOSITIVO DE REGISTRO, SEGÚN NORMA UNE-EN 14149:2004.

Se realizó el ensayo de caída rotacional según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.





Figura 113. Imágenes de ensayo de caída rotacional 3.
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detallan las gráficas de los impactos capturados por el dispositivo durante los impactos. Se muestran los impactos capturados en bruto, y los datos aplicando el filtro matemático desarrollado para el prototipo 2.

A nivel visual, tras alguno de los impactos se detecta que la tapa sufre una pequeña elevación en unos de sus laterales. Sin embargo, este hecho no supone ningún riesgo para la estructura ni la carga, pues al repetir de forma recursiva los impactos no llega a salirse en ningún caso.



Figura 114. Imagen de la elevación de la tapa tras impactos.
 Fuente: elaboración propia.

Resultados de los impactos capturados en bruto.

A continuación se muestra una imagen de todos los impactos capturados por el dispositivo durante la realización del ensayo de caída rotacional. La mayoría de los impactos, se corresponden con movimientos durante la manipulación de la unidad de carga, para poder colocar el taco de aluminio bajo la base. En la imagen se muestra el pico máximo de aceleración lineal compuesta de cada impacto registrado.

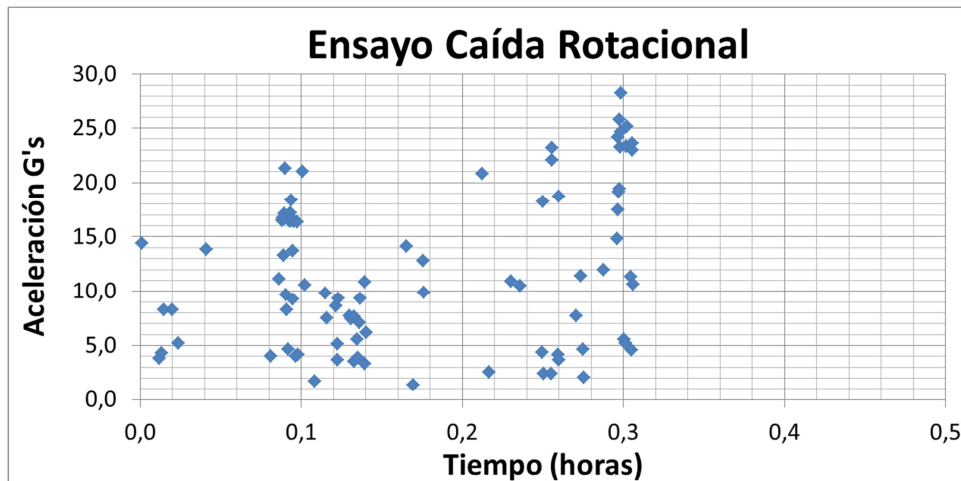
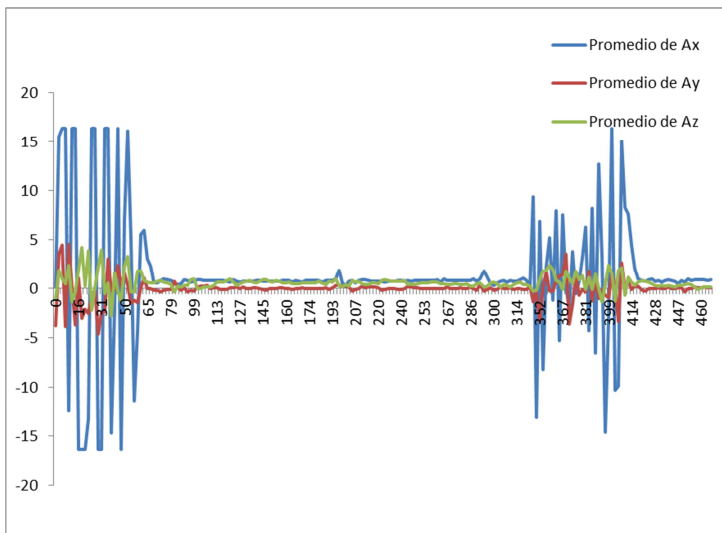
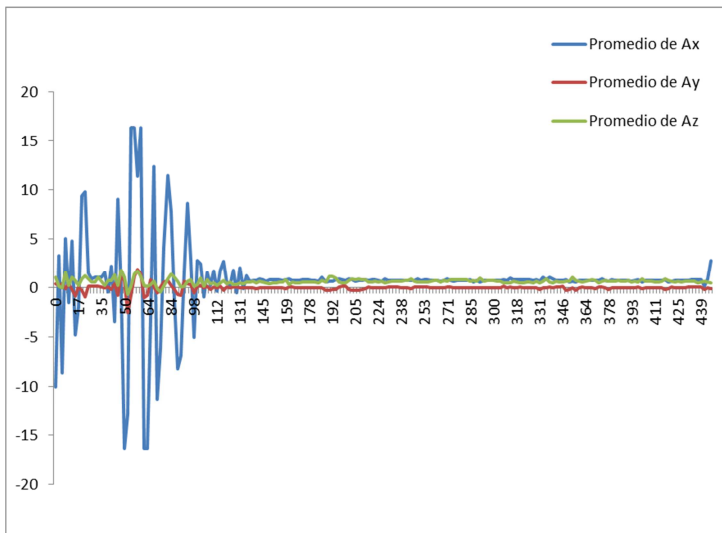
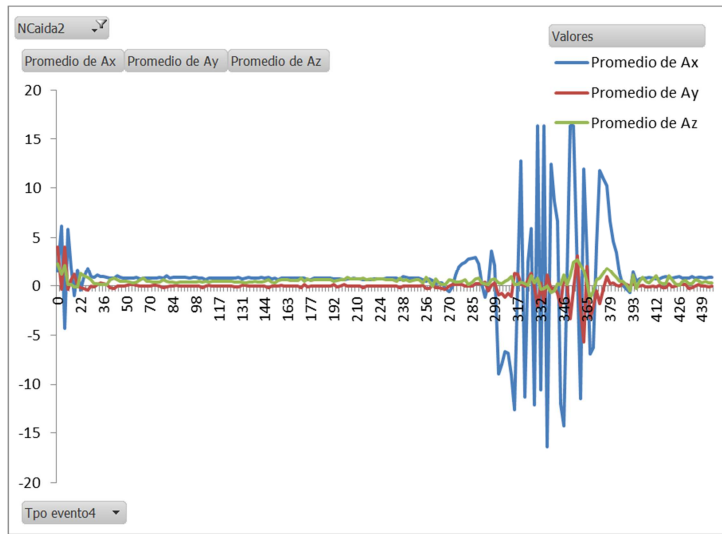


Figura 115. Resultado general de ensayo de caída rotacional.
 Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra el resultado gráfico de los datos capturados durante algunos de los impactos de las caídas realizadas. Se corresponden con impactos severos, con varios picos de 16 G's, y en alguna ocasión rebotes del producto dentro de la unidad de carga sobre el lateral del dispositivo.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados



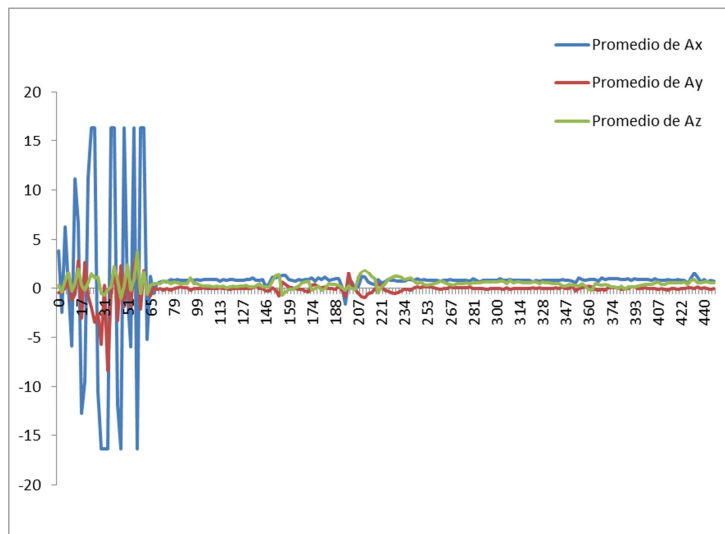
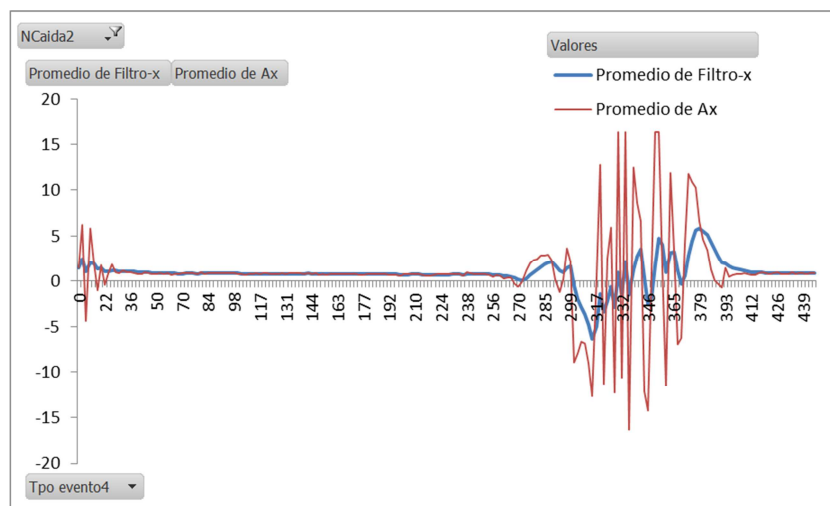


Figura 116. Gráficas de impactos.
 Fuente: elaboración propia.

Resultados de los impactos previo filtrado de la señal.

Los resultados de aplicar los filtros matemáticos desarrollados en el paquete de trabajo 5, se muestran en las siguientes gráficas. En color rojo, se muestra el valor en bruto (sin filtrar) de la aceleración en el eje x. En color azul, la señal filtrada, para el mismo eje.



HABITRANS
 Informe de difusión de resultados

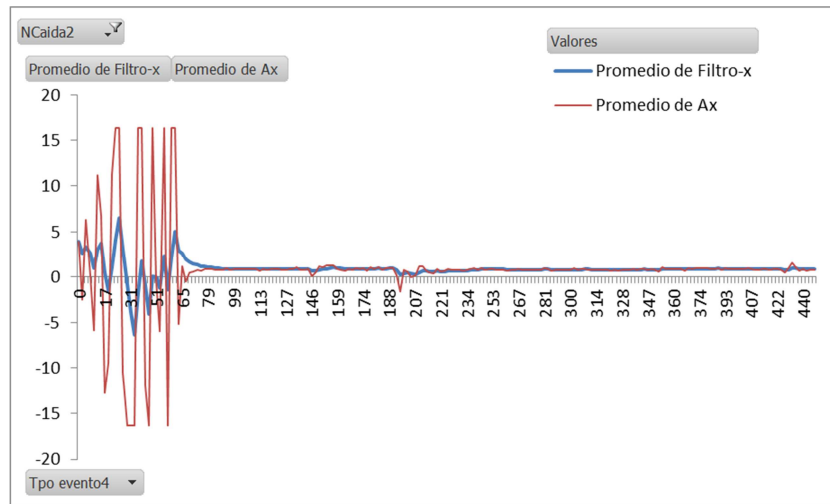
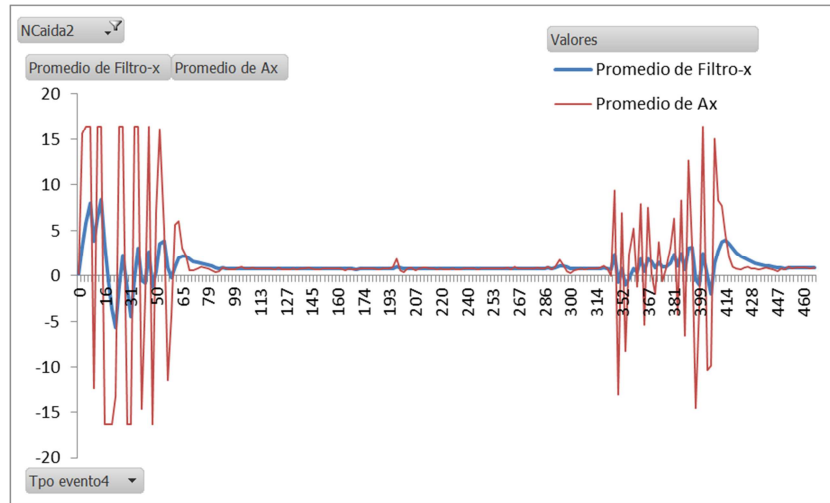
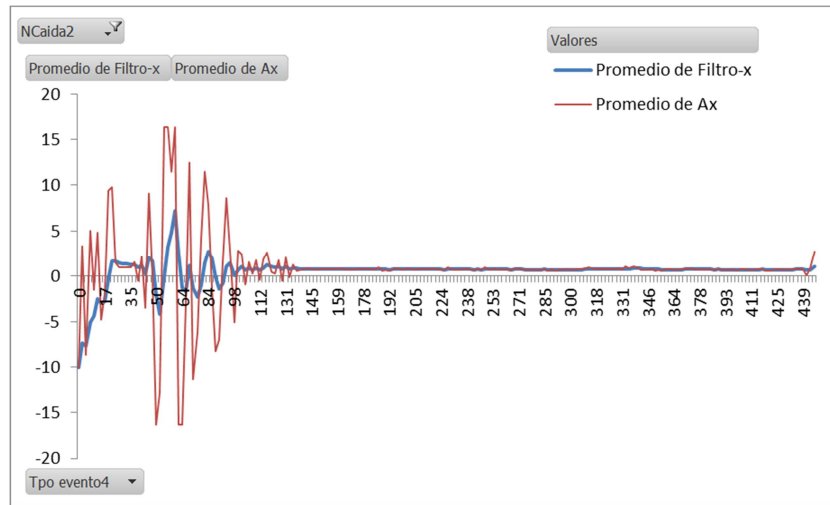


Figura 117. Gráficas de impactos con filtro.
 Fuente: elaboración propia.

Para todos los impactos se recogen picos máximos entorno a los 5 G's de aceleración.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados

2.2.6 ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL, PROTOTIPO 2 EN CARGA, SEGÚN NORMA EN-EN ISO 22244:2003.

Se realizó el ensayo de impacto horizontal según lo definido en el apartado 2.1 del presente documento.



Figura 118. Ensayo de impacto horizontal.
 Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestran algunos de los datos registrados.

Datos grabados por el dispositivo de registro de datos.

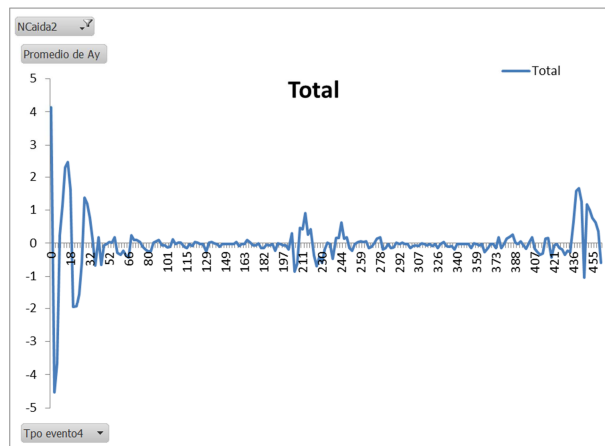


Figura 119. Registro dispositivo HABITRANS - Impacto 1.
 Fuente: elaboración propia.

HABITRANS
 Informe de difusión de resultados

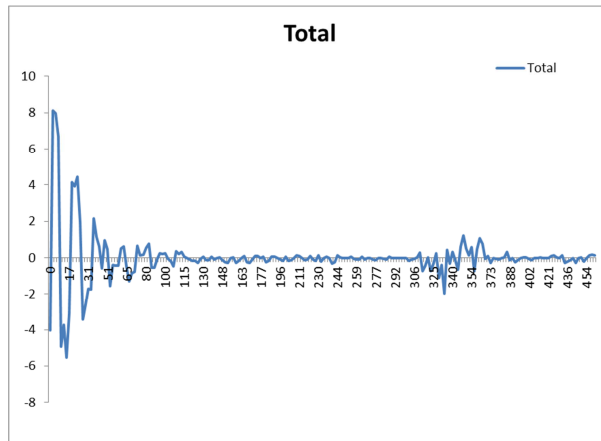


Figura 120. Registro dispositivo HABITRANS - Impacto 4.
 Fuente: elaboración propia.

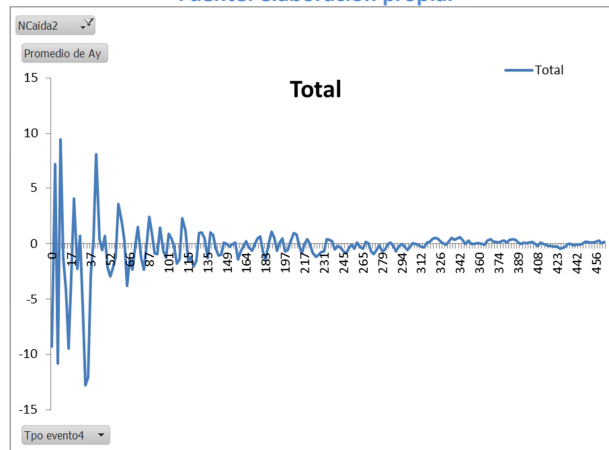


Figura 121. Registro dispositivo HABITRANS - Impacto 8.
 Fuente: elaboración propia.

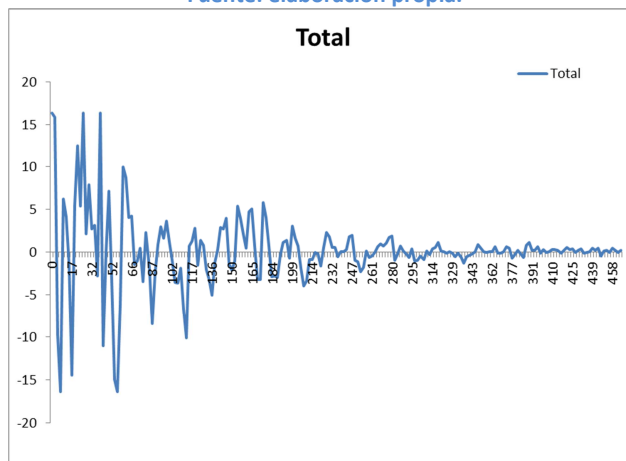


Figura 122. Registro dispositivo HABITRANS - Impacto 10.
 Fuente: elaboración propia.

2.3 CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS EN LABORATORIO.

- La estructura del prototipo de unidad de carga diseñado y fabricado, es suficientemente resistente, y es apta para soportar un ciclo de transporte según normativa actual.
- La unidad de carga diseñada y fabricada es apta para proteger un producto de mobiliario durante un ciclo de transporte según normativa actual.
- El sistema de filtrado matemático cumple con su función de amortiguar el ruido y picos extremos en lecturas de impactos.
- Se comprueba la diferencia entre las lecturas de los dispositivos (dispositivo propio y SAVER) y las grabaciones de la máquina de impacto horizontal, donde la ubicación del acelerómetro que lee los datos es diferente.
- Se comprueba como para impactos de gran intensidad, el rango de lecturas del acelerómetro del dispositivo desarrollado (+/- 16G's) se queda corto. Para capturar con precisión el pico máximo de un impacto de más de 16G's debe de utilizar otro tipo de acelerómetros como el ADXL377 (+/-200G's).

3 PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.

3.1 PREPARACIONES PREVIAS.

3.1.1 MONTAJE DEL DISPOSITIVO DE REGISTRO DE DATOS.

El dispositivo montado utiliza la misma carcasa que en las pruebas de la Tarea 3.2, aunque se ha reducido el número de componentes con el objetivo de reducir el consumo de éste tipo de pruebas.

Se ha instalado un solo led como sistema avisador de los golpes. No se han instalado los sensores de temperatura/humedad, y luminosidad, de modo que no se consuma energía realizando sus lecturas. Se trata de sensores contrastados y probados en la primera anualidad del proyecto, y cuya instalación no aporta información relevante para el desarrollo.

3.1.2 PREPARACIÓN DE LA CARGA.

Para simular una carga se utilizó un módulo de armario similar a los empleados en las pruebas de la Tarea 3.1 y T3.2, embalado con perfiles de espuma de polietileno (PE).

A continuación se muestran unas fotografías de la carga en la jaula, con la carga, junto con el dispositivo de registro de datos.



Figura 123. Unidad de carga completa.
Fuente: elaboración propia.

3.2 RUTA 1.

3.2.1 RECORRIDO.

El recorrido realizado se compone de varias etapas, donde se combinan los modos de transporte terrestre y marítimo, con el objetivo de simular trasvases de la unidad de carga entre medios de transporte, tal y como ocurre en un servicio de transporte intermodal.

Con punto de salida las instalaciones de AIDIMME (Paterna), la primera parada son las instalaciones de la empresa Mudinmar (Paiporta). Desde allí se viaja al puerto de Valencia, donde el prototipo pasó al barco, con destino Ibiza. Allí se produce una descarga y almacenaje en puerto, para luego realizar el mismo recorrido en sentido inverso.

A continuación se muestra un esquema del recorrido realizado en la ruta 1, en sus dos etapas: etapa de ida hacia Ibiza, y etapa de vuelta desde Ibiza hasta AIDIMME.

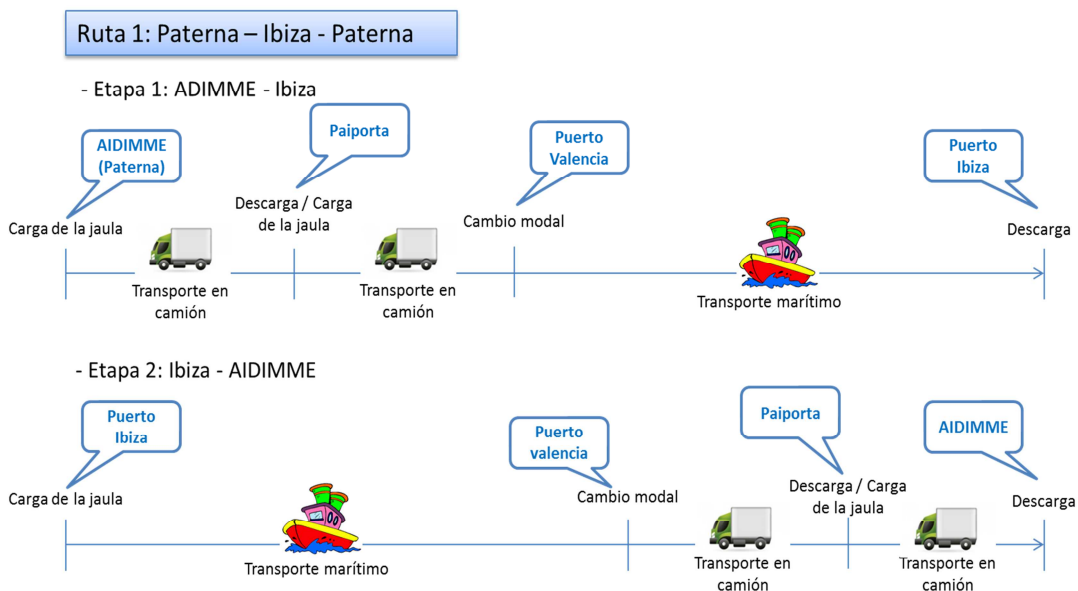


Figura 124. Esquema ruta 1
 Fuente: elaboración propia.

3.2.2 RESULTADOS.

Los resultados grabados en la tarjeta microSD del dispositivo se han representado en el siguiente gráfico, donde se ha representado, para cada impacto grabado, el pico máximo de aceleración global, calculada como la raíz de la suma de los cuadrados de las aceleraciones en los ejes x, y, z:

$$A = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

Las siguientes gráficas representan los picos máximos capturados por el dispositivo.

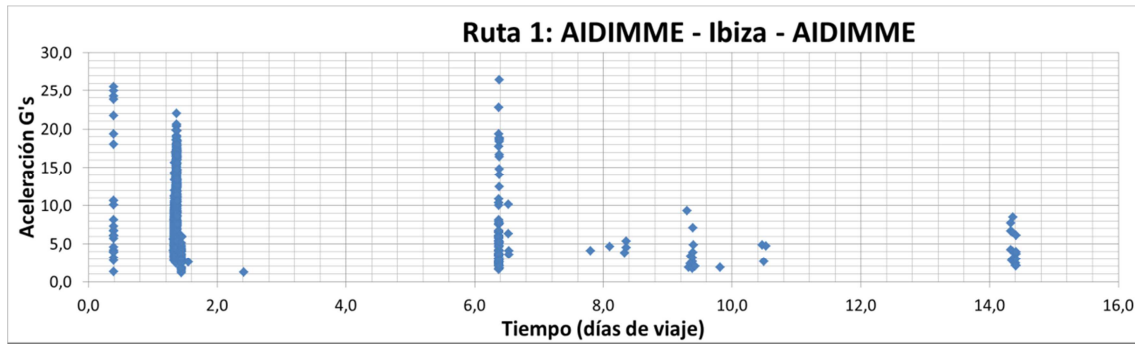


Figura 125. Imagen general de los resultados capturados. Ruta 1
 Fuente: elaboración propia.

Tras una inspección visual de la unidad de carga y su contenido, no se aprecian daños, ni desperfectos.



Figura 126. Unidad de carga con producto.
 Fuente: elaboración propia.

Al extraer el producto de la unidad de carga se aprecia que alguno de los perfiles de PE que protegen las aristas del mueble está algo dañado.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados



Figura 127. Producto embalado.
Fuente: elaboración propia.

Tras desembalar el mueble, si se inspecciona con detalle, se identifican en dos aristas del producto marcas de rozaduras, justo en las aristas donde el embalaje estaba dañado.



Figura 128. Inspección producto desembalado.
Fuente: elaboración propia.

3.3 RUTA 2.

3.3.1 RECORRIDO.

El recorrido realizado se compone de varias etapas, donde se combinan los modos de transporte terrestre y marítimo, con el objetivo de simular trasvases de la unidad de carga entre medios de transporte, tal y como ocurre en un servicio de transporte intermodal.

Con punto de salida las instalaciones de AIDIMME (Paterna), la primera parada son las instalaciones de la empresa Mudinmar (Paiporta). Desde allí se viaja al puerto de Valencia, donde el prototipo pasó al barco, con destino Menorca. Allí se produce una descarga y almacenaje en puerto, para luego realizar el mismo recorrido en sentido inverso, pero la

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

descarga final en vez de realizarse en AIDIMME, se realiza en Riba Roja del Turia en las instalaciones de la empresa Transportes y Mudanzas Grande.

Una vez en las instalaciones de Transportes y Mudanzas Grande, se realizan nuevas pruebas de transporte terrestre, que se detallan en el siguiente apartado (“Ruta 3”).

A continuación se muestra un esquema del recorrido realizado en la ruta 2, en sus dos etapas: etapa de ida hacia Menorca, y etapa de vuelta desde Ibiza hasta Riba Roja del Turia.

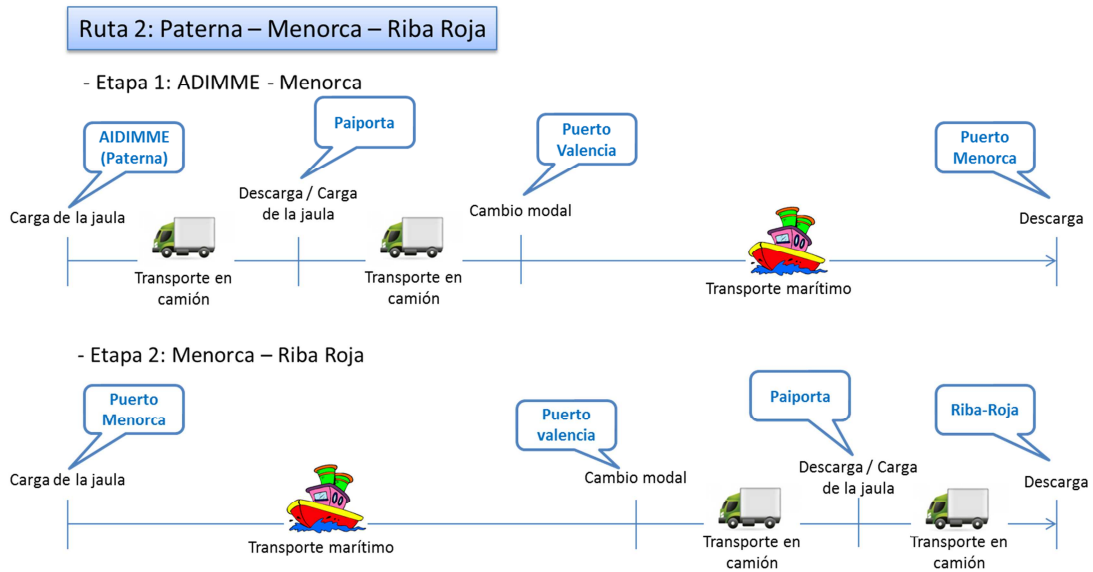


Figura 129. Esquema ruta 2
Fuente: elaboración propia.

3.3.2 RESULTADOS.

Los resultados grabados en la tarjeta microSD del dispositivo se han representado en el siguiente gráfico, donde se ha representado, para cada impacto grabado, el pico máximo de aceleración global, calculada como la raíz de la suma de los cuadrados de las aceleraciones en los ejes x, y, z:

$$A = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$



Figura 130. Imagen general de los resultados capturados. Ruta 2
Fuente: elaboración propia.

HABITRANS
Informe de difusión de resultados

Tras una inspección visual de la unidad de carga y su contenido, no se aprecian daños, ni desperfectos.



Figura 131. Unidad de carga con producto.
Fuente: elaboración propia.

Al extraer el producto de la unidad de carga no se aprecian daños o desperfectos en el producto o su embalaje.

Tras desembalar el mueble, si se inspecciona con detalle, se identifica en una arista del producto marcas de rozaduras. El resto del mueble está en buenas condiciones.



Figura 132. Inspección producto desembalado.
Fuente: elaboración propia.

3.4 CONCLUSIONES RESPECTO DE LAS PRUEBAS DE TRANSPORTE REAL.

- La estructura del prototipo de unidad de carga diseñado y fabricado, es suficientemente resistente, y es apta para soportar un ciclo de transporte combinado (terrestre-marítimo) real.
- La unidad de carga diseñada y fabricada es apta para proteger un producto de mobiliario durante un ciclo de transporte combinado (terrestre-marítimo) real. Los pequeños desperfectos identificados en algunas aristas del mueble, pueden solventarse mejorando el sistema de embalaje del propio mueble.
- Los picos máximos de aceleración se obtienen en lo que parece ser las operaciones de cambio modal, obteniéndose además un elevado número de impactos capturados en dicho momento.

Resumen. Conclusiones

Se han desarrollado ensayos de simulación de transporte en laboratorio, y pruebas de transporte real sobre el nuevo prototipo de unidad de carga intermodal de hábitat, desarrollado en el proyecto.

Dicho prototipo se ha mostrado apto para cumplir con las dos funciones básicas que le han sido demandas:

- Proteger la carga contenida en su interior.
- Registrar datos de impactos, golpes o caídas que pueden implicar la rotura de alguno de los productos contenidos en su interior.

Con las prueba de laboratorio se ha confirmado la adecuación del prototipo para soportar ciclos de transporte teóricos, según normativa, así como la idoneidad de la incorporación de filtros matemáticos para analizar los datos capturados por el dispositivo.

Con las pruebas de transporte real, se ha comprobado la idoneidad del prototipo en ciclos de transporte combinado (terrestre – marítimo) reales. Además se ha comprobado como las modificaciones realizadas en la programación han permitido aumentar la duración de la batería por encima de los 15 días, cosa que tras las pruebas de la tarea 3.2 no era posible.