

MEMORIA CIENTIFICA

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.



EXPEDIENTE: PII2019SC0003

Situación: T. M. DE ALMERÍA (ALMERÍA)

Entidad: UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Requerimiento de subsanación de documentación justificativa: **07 de Mayo de 2021**

Fecha MEMORIA Ampliada: **19 de Mayo de 2021**

	DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ	20/05/2021 11:07	PÁGINA 1/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

Índice

	Página
1. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA ENTIDAD	2
2. DATOS DEL PROYECTO SUBVENCIONADO	3
3. PERIODO DE EJECUCIÓN, CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	4
4. OBJETIVOS	5
5. RESULTADOS	6
5.1. DISPOSITIVO “WEARABLE”	6
5.2. DISPOSITIVO DE RADIO FRECUENCIA QUE PERMITE INTERACTUAR CON LAS MÁQUINAS CIRCUNDANTES	11
5.3. DISEÑAR Y CREAR UN SOFTWARE BASADO EN LA NUBE Y EL BIGDATA PARA ANALIZAR LOS DATOS OBTENIDOS	13
5.4. EVALUAR SI EXISTEN DIFERENCIAS DE GÉNERO ENTRE TRABAJADORES EN CUESTIONES DE RIESGO POSTURAL O TRANSTORNO MUSCULO ESQUELETICO	14
5.5. PROPONER MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD PARA LOS TRABAJADORES	18
5.6. AUMENTAR EL CONFORT Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES. MEJORAR LA OPERATIVA Y CONDICIONES DE LOS TRABAJADORES	20
5.7. CREACIÓN DE UN CONOCIMIENTO NUEVO E INNOVADOR BASADO EN EL PARDIGMA IOT DIGITAL PARA MONITORIZAR LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.	22

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 2/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

1. DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA ENTIDAD:

Entidad: **UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Carácter de la entidad: **UNIVERSIDAD**

Datos de la Entidad: Carretera Sacramento, La Cañada de San Urbano, 04120. Universidad de Almería. CIF: **Q-5450008-G**

Representante legal: **Diego Luis Valera Martínez**

(Vicerrector de Investigación e Innovación de la Universidad de Almería)

DNI: **27520970K**

Equipo de dirección y coordinación

1-Francisco Manzano Agugliaro (Coordinador labores de Campo-PRL). Dr. Ingeniero Agrónomo. Catedrático de Universidad. UAL.

2-Alfredo Alcayde García (Investigador Principal- IP). Dr. Ingeniero Informático. Profesor Ayudante Doctor de Universidad. UAL.

3-Francisco Gil Montoya. (Coordinador diseño hardware y Software). Dr. Ingeniero Industrial. Profesor Titular de Universidad. UAL.

Equipo de desarrollo de Hardware

4- José Luis Blanco Caracho. Dr. Ingeniero Industrial. Profesor Titular de Universidad. UAL.

5- Javier López Martínez. Dr. Ingeniero Industrial. Profesor Titular de Universidad. UAL.

Equipo de desarrollo de Software

6- Raúl Baños Navarro. Dr. Ingeniero Informático. Profesor Titular de Universidad. UAL.

2-Alfredo Alcayde García. Dr. Ingeniero Informático. Profesor Ayudante Doctor de Universidad. UAL.

Equipo de Pruebas de campo y control de PRL

7-Antonio Zapata Sierra. Dr. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular de Universidad. UAL

8- Ángel Callejón Ferre. Dr. Ingeniero Agrónomo. Catedrático de Universidad. UAL

Equipo de análisis de datos y estudios de género

9-Francisco Arrabal Campos. Ingeniero Industrial. Profesor Ayudante Doctor. UAL.

10- Esther Salmerón Manzano. Dra. en Derecho. Profesor Asociado. UAL.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 3/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

2. DATOS DEL PROYECTO SUBVENCIONADO

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

EXPEDIENTE: PII2019SC0003

Concedido por:



Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales
CONSEJERÍA DE EMPLEO, EMPRESA Y COMERCIO

3. PERIODO DE EJECUCIÓN, CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Concesión

Fecha de inicio: 1-1-2020

Fecha de finalización: 28-9-2020 (con prórroga en virtud de la "RESOLUCION DEL IAPRL ACECUACION PLAZOS TRAS SUSPENSIÓN COVID-19_ PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN INNOVADORES EN PRL 2019").

El cronograma final del proyecto de investigación es el siguiente:

Acción (objetivos operativos)	MES								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Revisión bibliográfica 1	X								
Creación de prototipo 1	X								
Revisión del proyecto (objetivos y métodos)	X								
1.3. Pruebas de laboratorio Prototipo 1		X							
1.4. Creación Prototipo 2		X							
Informe intermedio			X						

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

2.1. Revisión bibliográfica	X									
2.2. Creación de Software						X				
3.1. Revisión bibliográfica	X									
3.2. Medidas I con prototipo 2							X	X		
3.2. Medidas II con prototipo 2							X	X	X	
3.3. Análisis de datos generales								X		
4. Análisis de datos por género								X		
5. Creación de manual de recomendaciones								X	X	
6. Transferir resultados al sector primario								X	X	
7. Transferencia de tecnología al sector empresarial									X	
Informe Final									X	

Nº Reg. Entrada: 202199904976315. Fecha/Hora: 20/05/2021 11:07:09

4. OBJETIVOS

El cronograma anterior dio respuesta a los siguientes objetivos

1. Diseñar y desarrollar un dispositivo "wearable", es decir, una prenda tecnológica que pueda llevarse puesta y permita monitorizar en tiempo real los parámetros relacionados con la postura de las personas
2. Incluir un elemento de radio frecuencia que permite interactuar con las máquinas circundantes y establecer zonas seguras de trabajo que eviten golpes y atropellos
3. Diseñar y crear un software basado en la <i>Nube</i> y el <i>BigData</i> para analizar los datos obtenidos
4. Evaluar si existen diferencias de género entre trabajadores en cuestiones de riesgo postural o trastorno musculo esquelético
5. Proponer medidas de protección y seguridad para los trabajadores
6. Aumentar el confort y seguridad de los trabajadores. Mejorar la operativa y condiciones de los trabajadores
7. Creación de un conocimiento nuevo e innovador basado en el paradigma IoT digital para monitorizar la salud de los trabajadores.

Nº Reg. Entrada: 202199904976315. Fecha/Hora: 20/05/2021 11:07:09

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 6/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

5. RESULTADOS

5.1. DISPOSITIVO "WEARABLE"

El objetivo era diseñar y desarrollar un dispositivo "wearable", es decir, una prenda tecnológica que pueda llevarse puesta y permita monitorizar en tiempo real los parámetros relacionados con la postura de las personas.



Figura 1. Sensores inerciales Xsens Dot

El sistema de monitorización postural desarrollado utiliza los sensores inerciales Xsens Dot, que son capaces de registrar hasta 4 horas de movimiento y almacenan aceleraciones y ángulos absolutos (campo magnético). Están diseñados para funcionar con batería y pueden ser instalados en cualquier parte del cuerpo por medio de bandas elásticas.

Los datos de aceleración y campo magnético necesitan ser descargados del dispositivo tras la lectura y permiten hacer un tracking de la posición mediante procesamiento de señal.

Como se puede apreciar en las figuras, los dispositivos se instalan en las extremidades a medir y tras el análisis posterior puede obtenerse el ángulo de cada articulación.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 7/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			



Figura 2. Posición 1



Figura 3. Posición 2

	DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ	20/05/2021 11:07	PÁGINA 8/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			



Figura 4. Posición 3

Las posturas son registradas mediante los acelerómetros de alta precisión según la figura siguiente:

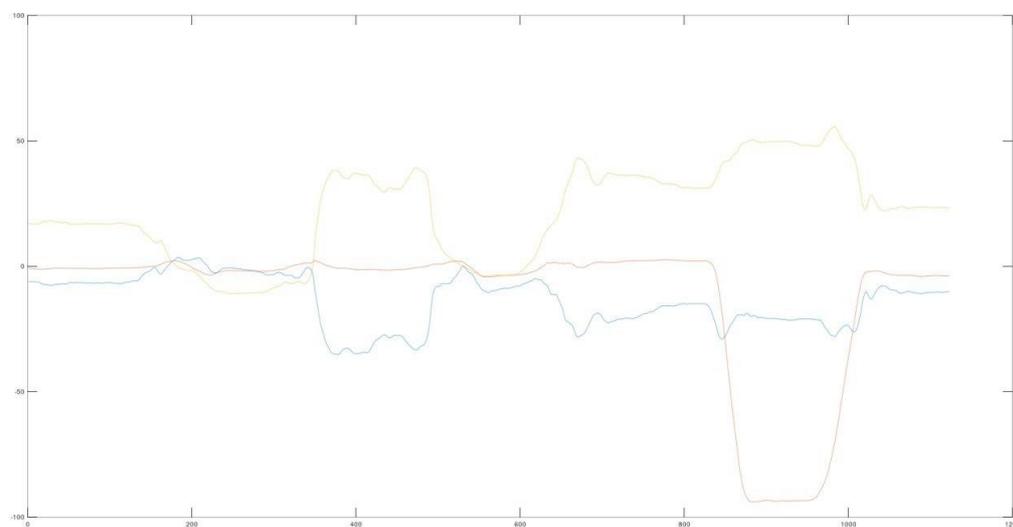


Figura 5. Registro de aceleración en sensor de posición

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 9/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

De esta forma, dicha información es enviada de forma inalámbrica a la unidad de procesamiento que lo traduce en posiciones que van variando en el tiempo, de forma que es posible hacer un seguimiento postural. Una vez capturada la información, se procesan las aceleraciones y se genera un modelo completamente virtual donde es posible calcular ángulos de Euler y computar traslaciones y giros en el espacio mediante cuaterniones.

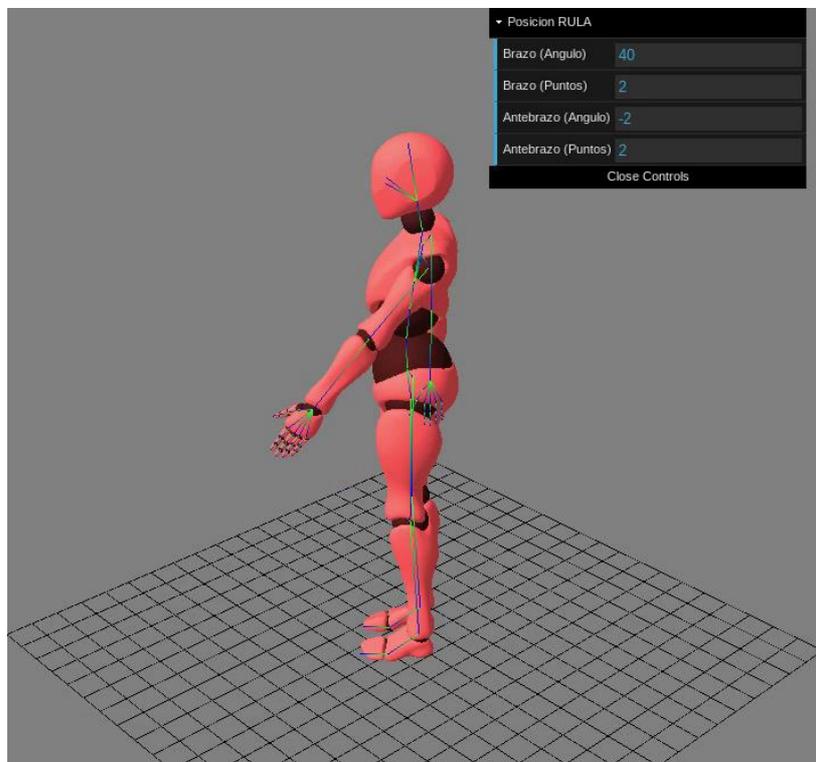


Figura 6. Renderización de posición y cálculo del índice RULA

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 10/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

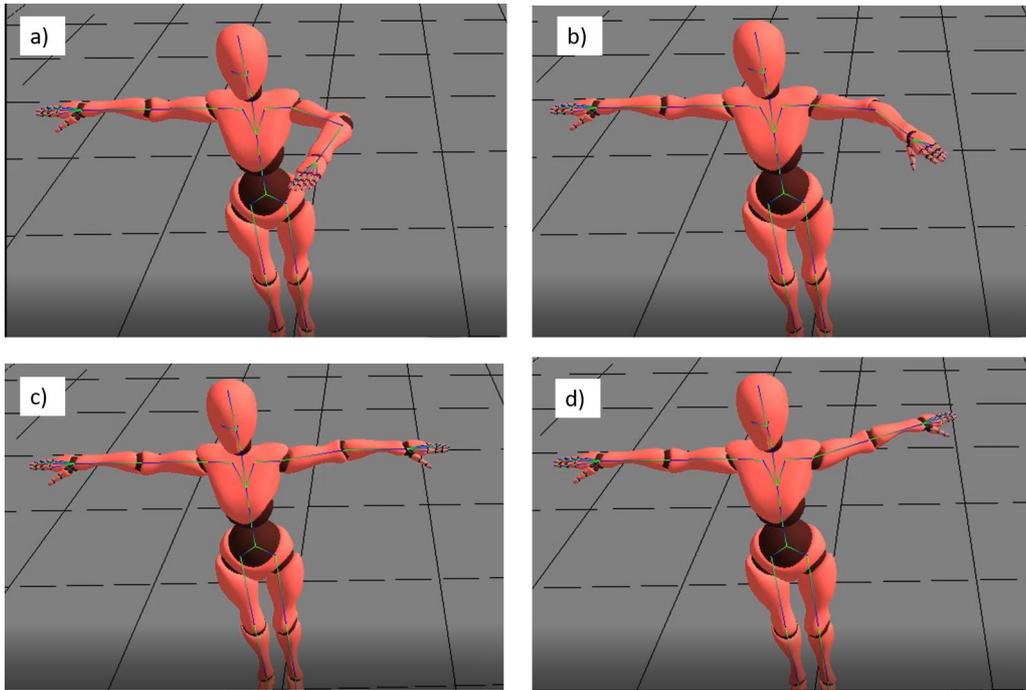


Figura 7. Ejemplo d media de ángulos en un brazo.

Por tanto, es posible realizar un seguimiento de la tarea repetitiva y establecer unos umbrales máximos y mínimos que determinan si la tarea está provocando un deterioro progresivo en la funcionalidad musculo-esquelética del trabajador. Diferentes índices pueden ser calculados puesto que es posible conocer todos los ángulos que forman las articulaciones involucradas y monitorizadas: hombro, codo, muñeca, cadera, rodilla y pie.

Los estudios realizados sobre mujeres en labores repetitivas hasta la fecha se basan en estudiar la eficiencia de la mujer asociándola a la obtención de la cantidad de producción final. Este estudio pone de manifiesto que se deberían controlar que las condiciones de trabajo, por ejemplo, tareas de recolección o confección de género hortofrutícola en cooperativas o alhóndigas agrarias.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 11/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

5.2. DISPOSITIVO DE RADIO FRECUENCIA QUE PERMITE INTERACTUAR CON LAS MÁQUINAS CIRCUNDANTES

El objetivo planteado era Incluir un elemento de radio frecuencia que permite interactuar con las máquinas circundantes y establecer zonas seguras de trabajo que eviten golpes y atropellos.



Figura 8. Sistema "onboard" para gestión de radiofrecuencia en sensor

El sistema se basa en los módulos de la firma DecaWave, que permiten determinar la distancia entre maquina y personas, por medio de emisores de microondas. Estos sensores trabajan de forma omnidireccional, calculando la distancia entre ellos, independientemente de la orientación u obstáculos intermedios, para ello utilizan la técnica de Time Of Flight (TOF) que obtiene con precisión la separación existente a partir del tiempo de propagación de la señal que emiten. La precisión obtenida es de aproximadamente un centímetro.

Estos módulos se encuentran en multitud de formatos y con distintas funcionalidades, la más común es el posicionamiento en interiores, aunque como hemos probado puede utilizarse para determinar la distancia entre distintos módulos, que desempeñan los roles de persona y máquina.

El sistema se forma por receptores en forma de pulsera que tienen la capacidad de emitir sonido y vibrar, que son portados por los operarios y bases fijas que son instaladas en las maquinas móviles y que tienen la función de emitir sonido y una luz visible para el operario que controla la máquina.

	DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ	20/05/2021 11:07	PÁGINA 12/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

El prototipo original fue probado en cuanto a su usabilidad y comodidad. Permitiendo avisar tanto al operario de la maquina como a los trabajadores circundantes de la presencia del otro. En la siguiente figura se muestran unas fotos a modo de ejemplo.

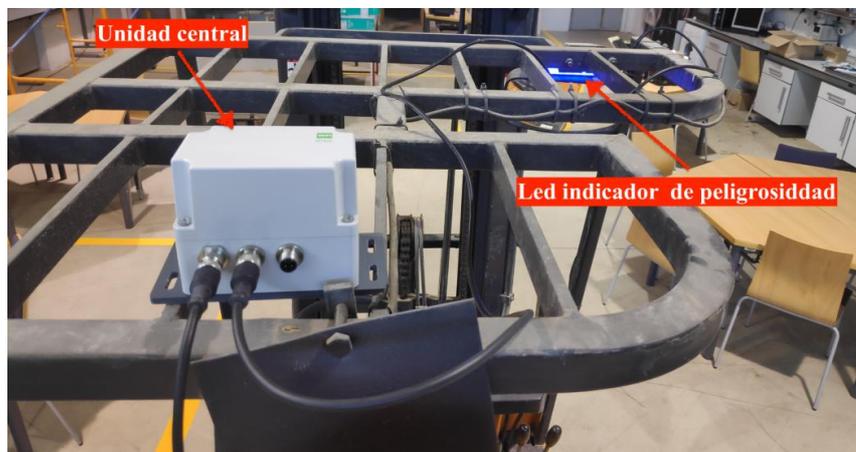


Figura 9. Detalle de colocación en torillo eléctrico



Figura 10. Proximidad humana detectada

	DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ	20/05/2021 11:07	PÁGINA 13/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.
 Tras la exploración y análisis de este primer prototipo se ajustaron ciertas especificaciones como lampara poder mayor facilidad y comodidad.
 Se ajustaron también algunos detalles en la electrónica y comunicaciones de los sensores.

5.3.DISEÑAR Y CREAR UN SOFTWARE BASADO EN LA NUBE Y EL BIGDATA PARA ANALIZAR LOS DATOS OBTENIDOS

De la experiencia obtenida en este proyecto se ha observado que los datos obtenidos no son fáciles de obtener ni de procesar automáticamente. Por tanto, ha realizado es una página web en la que, subiendo los datos obtenidos de los sensores, se genera una animación con el movimiento de la articulación, y la puntuación de resto obtenida por la postura monitorizadas.

El setup inicial para poder realizar una sesión consiste en:

- Selección de articulación a medir
- Instalación de sensores necesarios para medir el ángulo de la articulación.
- anotación de ángulos iniciales tanto los reales de la articulación como los leídos por los sensores.
- Inicio de la grabación.
- Volcado de datos, sensor por sensor.
- Configuración de la interface de visualización con los ángulos iniciales y articulaciones implicadas.
- Carga de datos y visualización de movimiento e índices.

Nº Reg. Entrada: 202199904976315. Fecha/Hora: 20/05/2021 11:07:09

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 14/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

5.4.EVALUAR SI EXISTEN DIFERENCIAS DE GÉNERO ENTRE TRABAJADORES EN CUESTIONES DE RIESGO POSTURAL O TRANSTORNO MUSCULO ESQUELETICO

Dada la situación de pandemia se optó por el plan de contingencia, donde se realizó la monitorización en laboratorio, simulando las posiciones de los trabajadores mediante pruebas específicas. La muestra se limitó a 40 personas (simulando los trabajadores de centros de manipulación), 20 hombres y 20 mujeres, y de este modo el estudio de género se considera equilibrado.

En este objetivo trata de detectar el potencial de lesiones y los efectos de las posturas acopladas con diversas magnitudes de carga, que son las posiciones que se dan en los centros de manipulación. Concretamente para los manipuladores manuales de los centros de manipulación hortofrutícola son el movimiento de torsión axial lumbar pasivo in vivo combinado con varias posturas de flexión/extensión.

Se ha visto que el acoplamiento de la flexión/extensión modula la amplitud del movimiento de torsión axial. Estos cambios en el movimiento pueden alterar la distribución de la carga y los mecanismos de fallo entre los tejidos de la zona lumbar, aumentando potencialmente el riesgo de lesión.

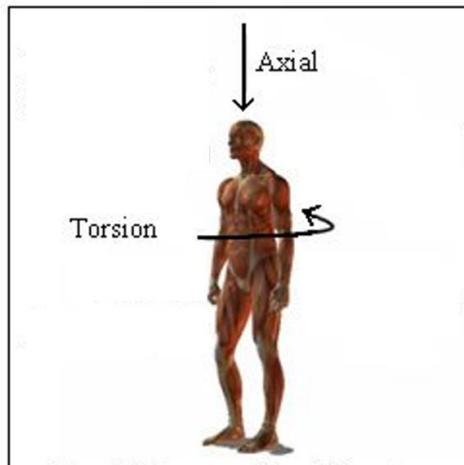


Figura 11. Movimiento de torsión axial

Del análisis de los individuos simulando el trabajo de los centros de manipulación, es decir de levantamiento repetitivo, se identificaron la magnitud de la carga, el ángulo de flexión del tronco y la velocidad de giro como factores de riesgo de lesión lumbar. Véase figura adjunta.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 15/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	





Figura 12. Ejemplo de elevación de cargas en centros de manipulado

En nuestro estudio se realizaron, para dos tipos de cargas (carga pesada de 10 kg y carga media de 7.5 kg) medida de tres ángulos (ángulo de flexión lateral, ángulo de rotación, ángulo de flexión extensión). En la figura adjunta se puede ver esquemáticamente los ángulos medidos.

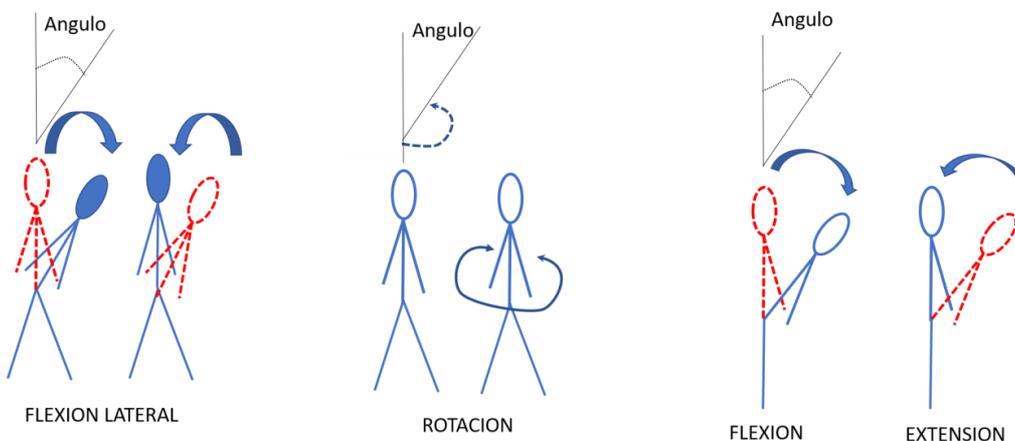


Figura 13. Ángulos medidos en posturas de trabajadores

Para medir los ángulos las cargas las pusieron en tres posiciones, suelo a la izquierda, suelo a la derecha, centro, y el destino de las cargas era el lado opuesto para los ángulos laterales, y en centro para la posición central.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 16/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

Tabla de ángulos de flexión-lateral

Carga	Suelo	Hombro	XX	XY	Promedio
7.5 Kg	Izquierda	Derecho	12.9	12.8	12.85
	Derecha	Izquierdo	12.8	11.9	12.35
	Centro	Centro	10.9	10.9	10.9
10 Kg	Izquierda	Derecho	14.1	12.8	13.45
	Derecha	Izquierdo	14.2	9.1	11.65
	Centro	Centro	11.8	9.2	10.5
Promedio			12.78	11.12	

Para los ángulos de flexión-lateral, no se ha observado diferencias significativas en función del género del trabajador. Tampoco se han observado diferencias significativas en función de las distintas posiciones laterales. Lateral I-D promedio de 13.2, mientras que Lateral D-I tuvo un promedio de 12.0. Donde si se pueden apreciar diferencias es entre cargas laterales (12.6) y carga central (10.7).

Tabla de ángulos de rotación

Carga	Suelo	Hombro	XX	XY	Promedio
7.5 Kg	Izquierda	Derecho	35.8	29.9	32.85
	Derecha	Izquierdo	29.9	30.1	30
	Centro	Centro	20.8	14.9	17.85
10 Kg	Izquierda	Derecho	40.1	38.8	39.45
	Derecha	Izquierdo	32.1	30.7	31.4
	Centro	Centro	16.8	14	15.4
Promedio			29.25	26.40	

Para los ángulos de rotación, no se ha observado diferencias significativas en función del género del trabajador. Tampoco se han observado diferencias significativas en función de las distintas posiciones laterales. Lateral I-D promedio de 36.2, mientras que Lateral D-I tuvo un promedio de 30.7. Donde sí se pueden apreciar diferencias es entre cargas laterales (33.4) y carga central (16.6).

Tabla de ángulos de flexión-extensión

Carga	Suelo	Hombro	XX	XY	Promedio
7.5 Kg	Izquierda	Derecho	60.1	50.2	55.15
	Derecha	Izquierdo	69.8	50.1	59.95
	Centro	Centro	70.5	61.9	66.2
10 Kg	Izquierda	Derecho	70.7	50.1	60.4
	Derecha	Izquierdo	64.8	50.8	57.8
	Centro	Centro	69.8	57.6	63.7
Promedio			67.62	53.45	

Para los ángulos de flexión-extensión, no se ha observado diferencias significativas en función del género del trabajador. Tampoco se han observado



diferencias significativas en función de las distintas posiciones laterales. Lateral I-D promedio de 57.8, mientras que Lateral D-I tuvo un promedio de 58.9. Donde sí se pueden apreciar diferencias es entre cargas laterales (58.3) y carga central (65).

Se sabe de la bibliografía que los aumentos de las fuerzas de cizallamiento y compresión laterales correlacionan con la disminución de la altura de origen de la elevación y el aumento de la postura asimétrica.

En lo que respecta al género, se sabe que las áreas transversales de los erectores espinales, los oblicuos internos y externos, el psoas mayor y el cuadrado lumbar son mayores en los hombres que en las mujeres, lo que puede modificar las vías de carga de cada músculo.

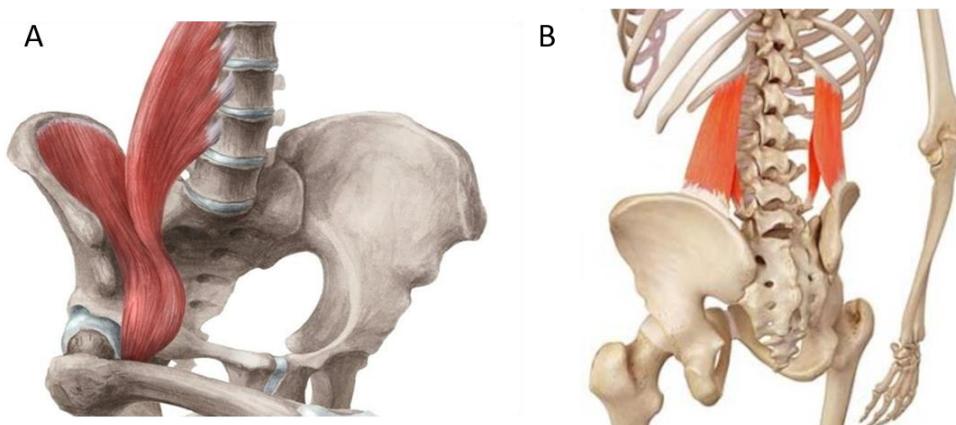


Figura 14. A) Psoas mayor. B) Cuadrado lumbar

Conclusiones y recomendaciones

No hubo diferencias significativas en función del género, la tarea de elevación o la carga. Sin embargo, se ha visto que el género tiene menos impacto en las cargas espinales que la asimetría postural y el peso de la carga. Las mujeres realizan cada vez más tareas de manipulación manual en los centros de manipulación hortofrutícola y pueden correr un mayor riesgo de sufrir lesiones lumbares. Además, en muchos de los centros de manipulación hortofrutícola se utilizan cargas fijas y alturas de origen y destino en estas tareas. Por lo tanto, es importante cuantificar el ángulo del tronco y la activación muscular del tronco en hombres y mujeres durante tareas de elevación simétricas y asimétricas. Y quizás deba hacerse un estudio de los puestos de trabajo para elevar la posición de trabajadores, dado que las líneas de manipulado son fijas y con pendientes establecidas.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 18/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

5.5. PROPONER MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD PARA LOS TRABAJADORES

5.5.1. Manipulado de hortalizas y frutas

Las principales tareas características de la actividad del manipulado de frutas y hortalizas se pueden desglosar en:

A) Volcado de cajas de hortalizas y frutas.

Alimentación de la línea mediante volcado de cajas llenas hortalizas procedentes de la recogida en el campo. Se mueven cajas llenas de entre 14 y 20 kg. a distintas alturas de origen, según la paletización en origen. La frecuencia de manipulación oscila entre 1 y 5 cajas por minuto.

Recomendación: Mecanizado de la tarea y estandarizar el tipo de procedencia de la mercancía del campo.

B) Clasificado y selección. Alimentación o retirada de frutas u hortalizas de la línea. Reajuste de los pesos de las cajas llenas añadiendo o retirando piezas. Llenado de mallas y posterior cierre. Etiquetado a mano o con pistola.

Recomendación: Mecanizado de la tarea de pesaje y detección de piezas de desecho o de categoría inferior.

C) Envasado en línea. Introducción de hortalizas en cajas y posterior retirada de la caja llena de diferentes formas: empujándola o trasladándola. Las cajas vacías suelen situarse por encima o detrás del puesto. La trabajadora se sitúa frente a un plano continuo o a la salida de la máquina clasificadora. La manipulación manual de toda carga que pese más de 3 kg puede entrañar un potencial riesgo dorsolumbar no tolerable, si se manipula en unas condiciones ergonómicas desfavorables, es decir alejada del cuerpo o con posturas inadecuadas. Además, hay que tener en cuenta que el trabajo se considera repetido cuando la duración del ciclo de trabajo fundamental es menor de 30 segundos, o se permanece más del 50% del ciclo de trabajo realizando los mismos movimientos.

Recomendación: La caja de envasado no debe estar nunca por encima del hombro, pues es una postura claramente forzada. Las cajas vacías deben estar a preferentemente a la altura de las cajas de envasado, para que se hagan los menores movimientos de flexión-extensión.

Es en esta fase donde la tecnología desarrollada puede ser útil estudiando personalmente cada puesto de trabajo. Si bien la tecnología puede ser empleada por grandes centros de trabajo, por su servicio de PRL, estimamos

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 19/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.
que quizás es más adecuado que sean empresas especializadas que estudien con esta tecnología la ergonomía del puesto de trabajo.

D) Expedición. Paletizado (retirada de cajas de línea y apilado sobre palets). Retirada de cajas llenas de género de la línea y posterior paletizado. Los pesos de las cajas suelen oscilar entre los 5 y los 7 kg. y se manipulan en un rango de alturas muy amplio. La frecuencia de manipulación es variable.

Recomendación: En el paletizado el problema se encuentra cuando el palet se ha colmatado hasta la altura de los hombros, lo cual obliga al trabajador a elevar las cajas llenas por encima de los hombros. Lo ideal sería retirar los palets completados hasta esa altura, y en una zona adecuada de alturas otro operario completarlos hasta la altura deseada que suele ser a veces por encima de los 2 metros.

Los riesgos de esta actividad que se pretenden evitar son de tipo físico y generalmente biomecánicos. Y los daños asociados pueden ser musculares, articulares y tendinosos.

5.5.2. Movimientos en el almacén

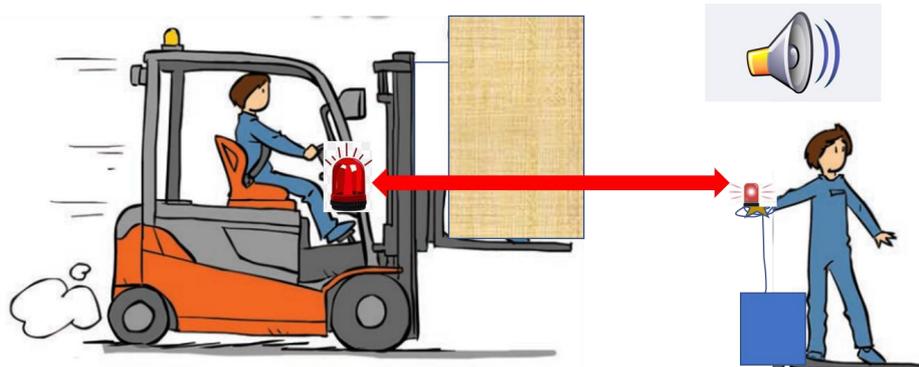
Lo ideal es que las zonas del trabajo en un almacén hortofrutícola estuviesen señalizadas para evitar riesgos de colisión. Esta medida de seguridad minimiza posibles riesgos en el almacén y, a su vez, sirve para ordenar el espacio. Sobre todo, se trata de una medida de prevención de riesgos laborales, para evitar que los operarios que se crucen con carretillas y así se eviten los atropellos. En este sentido hay que indicar que existe una directiva europea "Directive 92/58/EEC - safety and/or health signs" ctualizada recientemente (19/04/2021) y puede consultarse en el link

https://osha.europa.eu/es/legislation/directives/9#_ga=2.197729833.727827628.1621333331-1885430630.1621333331

Además, en España, está en vigor una norma que engloba todas las directrices indicadas en la Directiva 92/58/EEC de la Unión Europea mencionada anteriormente, el Real Decreto 485/1997.

No obstante, hay zonas donde se tienen operarios trabajando en estas zonas. El sistema de geoposicionamiento interior desarrollado supone un sistema de doble alerta, avisando al conductor del torillo y al trabajador que tiene la pulsera. Por ello la tecnología desarrollada resulta muy útil y sería recomendable que se implantase de forma masiva, pues el conste es relativamente bajo. En la siguiente figura se puede apreciar un esquema de la solución desarrollada.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 20/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			



Distancia de seguridad para la alerta

Figura 15. Sistema de alarma anticollisión para almacenes hortofrutícolas.

5.6. AUMENTAR EL CONFORT Y SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES. MEJORAR LA OPERATIVA Y CONDICIONES DE LOS TRABAJADORES

Como recomendación previa se indicó evitar la manipulación manual de cargas (automatización o medios mecánicos). Si no es posible se recomienda una disminución del peso unitario a manipular y el peso total transportado cada día.

En general al trabajador hay que recomendarle que debe plantearse cómo va a realizar el movimiento, ya que los giros, las desviaciones a los lados, las flexiones o extensiones de muñeca pueden provocar lesiones. Es sabido que la espalda debe permanecer recta y por ello es recomendable deben flexionar las piernas.

a) Volcado de cajas de hortalizas y frutas. (Manipulación manual de cargas y posturas forzadas)

Para mejorar los factores de confort y seguridad de manipulación, se recomienda:

- 1º Mejorar la altura relativa a la que se manipulan las cargas.
- 2º Reducir la profundidad a la que se manipulan las cargas.
- 3º Para evitar los giros de columna, lo ideal es colocar las cajas a una distancia tal que obligue a mover los pies para volcarlas.
- 4º Manipular las cargas entre la altura de los codos y las manos.
- 5º Manipular las cargas lo más cercanas posibles al cuerpo.
- 6º Evitar manejar la carga por encima de los hombros. Emplearse para ello escalerillas o taburetes. No deben emplearse cajas para ganar altura, ya que pueden romperse al no estar destinadas para ese uso.
- 7º Manipular las cajas de una en una, así se evita el exceso de carga.

	DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ	20/05/2021 11:07	PÁGINA 21/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	



b) Clasificado y selección.

Debido a movimientos repetidos, muchas veces realizados de forma incorrecta, y posturas forzadas mantenidas, el principal riesgo en esta fase son los trastornos musculoesqueléticos.

Para mejorar los factores de confort y seguridad de manipulación, se recomienda:

- 1º Mejorar la altura relativa a la que se manipulan las cargas.
- 2º Mantener las muñecas rectas y reducir los movimientos de estas. Es conveniente mover el brazo entero en vez de forzar la muñeca.
- 3º ES recomendable que los codos estén pegados al cuerpo lo máximo posible.
- 4º Evitar flexionar el tronco al manipular las piezas.
- 5º Es recomendable trabajar con el cuello echado hacia atrás ya que las tareas suponen adoptar una postura con el cuello flexionado hacia abajo durante largos espacios de tiempo.
- 6º Para elevar cargas de baja altura es recomendable flexionar las rodillas, especialmente si son cargas laterales de izquierda a derecha, por ejemplo, ya que de este modo se permite a la cadera que se pueda mover, y de este modo se reducirás la carga sobre las lumbares (músculos Psoas mayor y Cuadrado lumbar).
- 7º Manipular las piezas de fruta u hortalizas de una en una. Ya que si se hacen con varias a la vez se aplica demasiada fuerza y se obliga a flexionar en exceso la muñeca.
- 8º Para el traslado de las cajas ya terminadas de confeccionar, la carga debe manipularse en la zona comprendida entre la altura de tus codos y la de las manos, y lo más cercanas al cuerpo que sea posible.
- 9º Sería recomendable cambiar de postura. Y por ello si hay puestos de manipulación enfrentados, sería recomendable cada hora cambiar el puesto, para que las rotaciones y flexiones sean compensadas y que descanse la musculación de los movimientos repetitivos en el mismo sentido.

c) Expedición y Paletizado.

Para mejorar los factores de confort y seguridad de manipulación, se recomienda:

- 1º Disminuir el peso unitario a manipular y el peso total transportado diariamente. Evitar transportar mas de una caja a la vez.
- 2º Reducir la profundidad a la que se manipulan las cargas. Es decir que las cargas estén los más cercanas al cuerpo.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 22/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			

La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

3º Alternar tareas que demanden esfuerzo físico con otras donde no lo hagan, y rotar a otros puestos, si es posible.

4º Retirar los palets completados hasta la altura de los hombros, y en una zona adecuada de alturas otro operario completarlos hasta la altura deseada que suele ser a veces por encima de los 2 metros.

5.7.CREACIÓN DE UN CONOCIMIENTO NUEVO E INNOVADOR BASADO EN EL PARDIGMA IOT DIGITAL PARA MONITORIZAR LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.

La tecnología desarrollada en este proyecto ha demostrado ser eficaz para monitorizar los movimientos de los trabajadores, en concreto medir ángulos, en las distintas posiciones de los trabajos que realizan. Si se dispusiesen de suficientes sensores para todos los trabajadores de las centrales hortofrutícolas, se podría obtener información precisa incluso del numero de movimientos repetitivos que están realizando en cada una de las fases de trabajo.

Este sería el punto de partida para la conexión en red de sensores de movimiento o dispositivos en una red abierta que podría tener la capacidad de auto gestionarse, compartir información, datos y recursos, reaccionar y actuar frente a situaciones adversas para los trabajadores. Por ejemplo, cuando se hayan realizado n movimientos se debe cambiar de puesto de trabajo, puesto que lo que provoca trastornos son los movimientos repetidos y forzados.

Respecto a los aspectos de diseño para establecer estandarizaciones de las arquitecturas para para monitorizar la salud de los trabajadores se ha concluido que lo ideal es una arquitectura de tres capas.

1º Capas para dispositivos: las redes de sensores inalámbricas

2º Transmisión: la red de transmisión

3º Lógica para el control: el monitoreo de datos y central de análisis

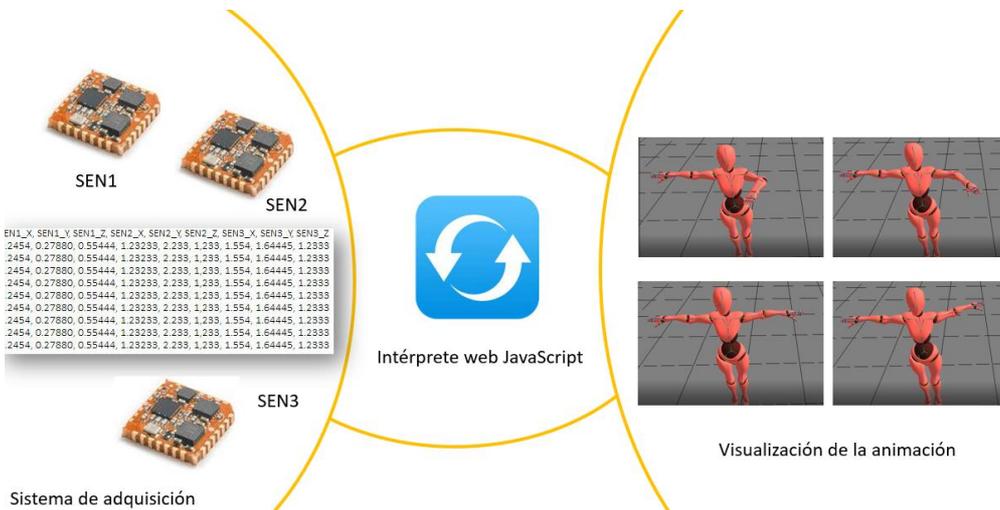


Figura 16. Arquitectura del sistema en 3 capas.

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 23/24
VERIFICACIÓN	PECLA85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	



La prevención de riesgos laborales en los centros de manipulación hortícola. Monitorización postural y riesgos de colisión.

Por último, toda esta información podría empezar a crear un conocimiento, mediante técnicas de procesamiento y minería de datos, por ejemplo, las plataformas en la nube como; software como un Servicio (SaaS), Plataforma como un Servicio (PaaS) e Infraestructura como un Servicio (IaaS), que proporcionan herramientas para las diferentes aplicaciones IoT.

Dentro de estas aplicaciones se podrían agrupar otros tipos de sensores (nodos) como de lectura de gases (contaminantes de aire, CO₂, O₂ y NO₂) y de condiciones ambientales (temperatura o humedad) , los datos de los nodos pueden ser transmitido a una estación base para ser procesados y así crear un árbol de decisión de las variables de confort térmico del trabajador y en función del esfuerzo que está realizando el mismo, e incluso puede servir para predecir condiciones de confort basadas en el conocimiento del trabajador y del entorno.

En Almería a 19 de mayo de 2021, se presenta la presente memoria a efectos de subsanar el requerimiento del Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales.

El investigador Principal

Vicerrector de Investigación e Innovación de la Universidad de Almería

**MANZANO
AGUGLIARO
FRANCISCO**
-
23793210D

Firmado digitalmente por
MANZANO AGUGLIARO
FRANCISCO - 23793210D
Nombre de reconocimiento
(DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-23793
210D,
givenName=FRANCISCO,
sn=MANZANO AGUGLIARO,
cn=MANZANO AGUGLIARO
FRANCISCO - 23793210D
Fecha: 2021.05.20 10:15:16
+02'00'

Francisco Manzano Agugliaro

(Firmado digitalmente)
**VALERA
MARTINEZ
DIEGO LUIS -
27520970K**

Firmado digitalmente por VALERA
MARTINEZ DIEGO LUIS - 27520970K
Nombre de reconocimiento (DN):
c=ES,
serialNumber=IDCES-27520970K,
givenName=DIEGO LUIS,
sn=VALERA MARTINEZ, cn=VALERA
MARTINEZ DIEGO LUIS - 27520970K
Fecha: 2021.05.20 11:03:45 +02'00'

Diego Luis Valera Martínez

DIEGO LUIS VALERA MARTINEZ		20/05/2021 11:07	PÁGINA 24/24
VERIFICACIÓN	PECLAE85EB46C16F72B6D10F3DFD04	https://ws050.juntadeandalucia.es/verificarFirma/	
			