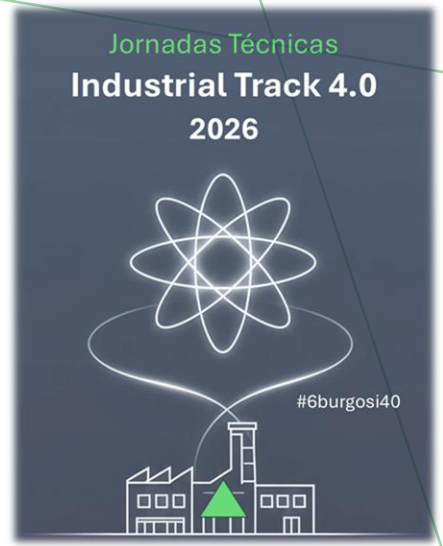
Jornadas Técnicas Industrial Track 4.0 2026



BURGOS, 15 DE OCTUBRE 2026 | SESIÓN ESPECIAL EDIHS

Evaluación inteligente de exoesqueleto sobre operario usando tecnología SCAMA: Caso de éxito en resolución colaborativa de retos de innovación



JAVIER MARÍN BONÉ
Responsable SCAMA Ergonomics. **Grupo IDERGO (I3A). UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**



BORJA ÁLVAREZ PEÑA
Director de oficina técnica POLEA Lab en **DIHBU**

DIHBU DIGIS³ Cofinanciado por la Unión Europea

SCAMA

Universidad Zaragoza
1542

Necesidad de un sistema de medición para validar un exoesqueleto desarrollado en proyecto POLEA LAB de Dihbu, en un entorno real (fábrica PINDURG), antes de escalado industrial



DIHBU
Digital Innovation Hub Industry 4.0

EDIH
ARAGON EUROPEAN Digital Innovation Hub

Contacto con SCAMA – UNIZAR

1. Análisis de viabilidad de sistema de medición ergonómica de SCAMA
2. Comunicación EDIHs
3. Acuerdo colaboración técnica DIHBU-UNIZAR para validación
4. Realización de colaboración técnica

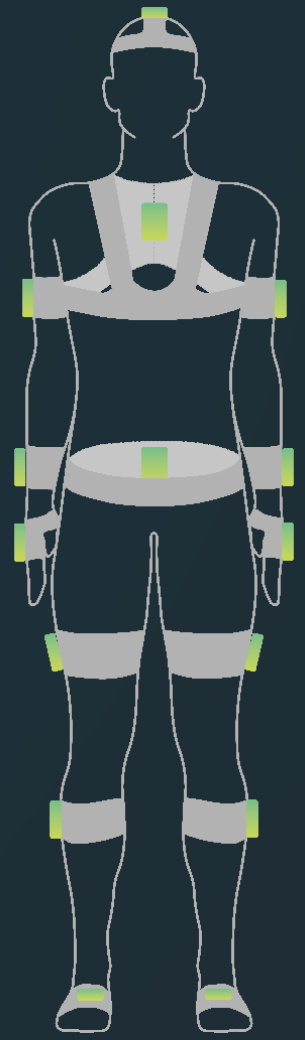
DIGIS³

Cofinanciado por la Unión Europea

SCAMA

Sistema utilizado para la medición de efectividad del exoesqueleto

Desarrollado por la Universidad de Zaragoza



COMPONENTES SISTEMA

15 sensores inerciales, que se colocan sobre la ropa del operario

Tablet con software para captura, visualización, simulación y generación de informes

DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

01

Medición con
captura de movimiento

02

Semáforo intuitivo
para evaluar el riesgo

03

Simulación de las
acciones ergonómicas



DIHBU
DIGIS3
Cofinanciado por
la Unión Europea

01

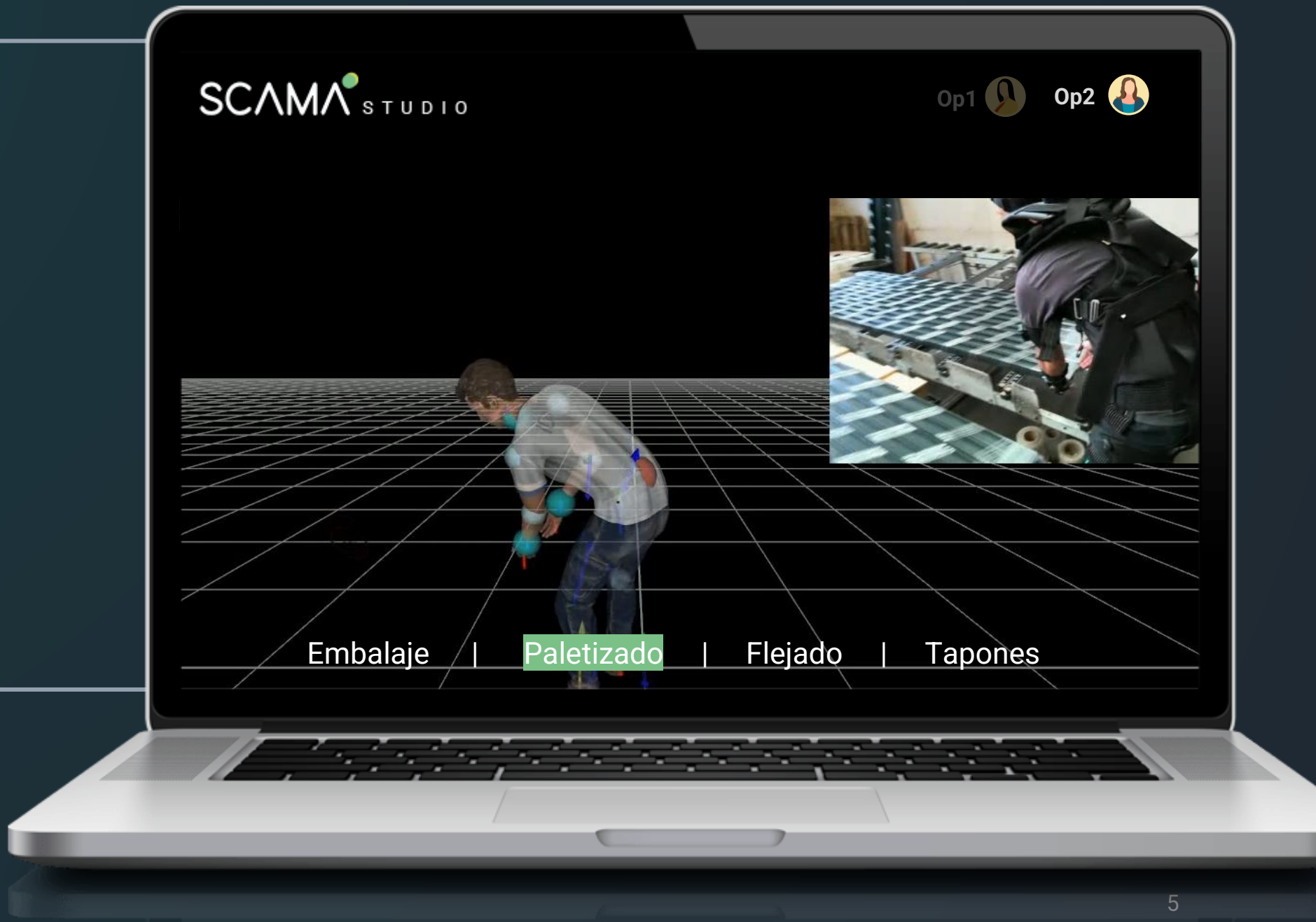
Medición con
captura de movimiento

02

Semáforo intuitivo
para evaluar el riesgo

03

Simulación de las
acciones ergonómicas



DIHBU
DIGIS3
Cofinanciado por
la Unión Europea

01

Medición con
captura de movimiento

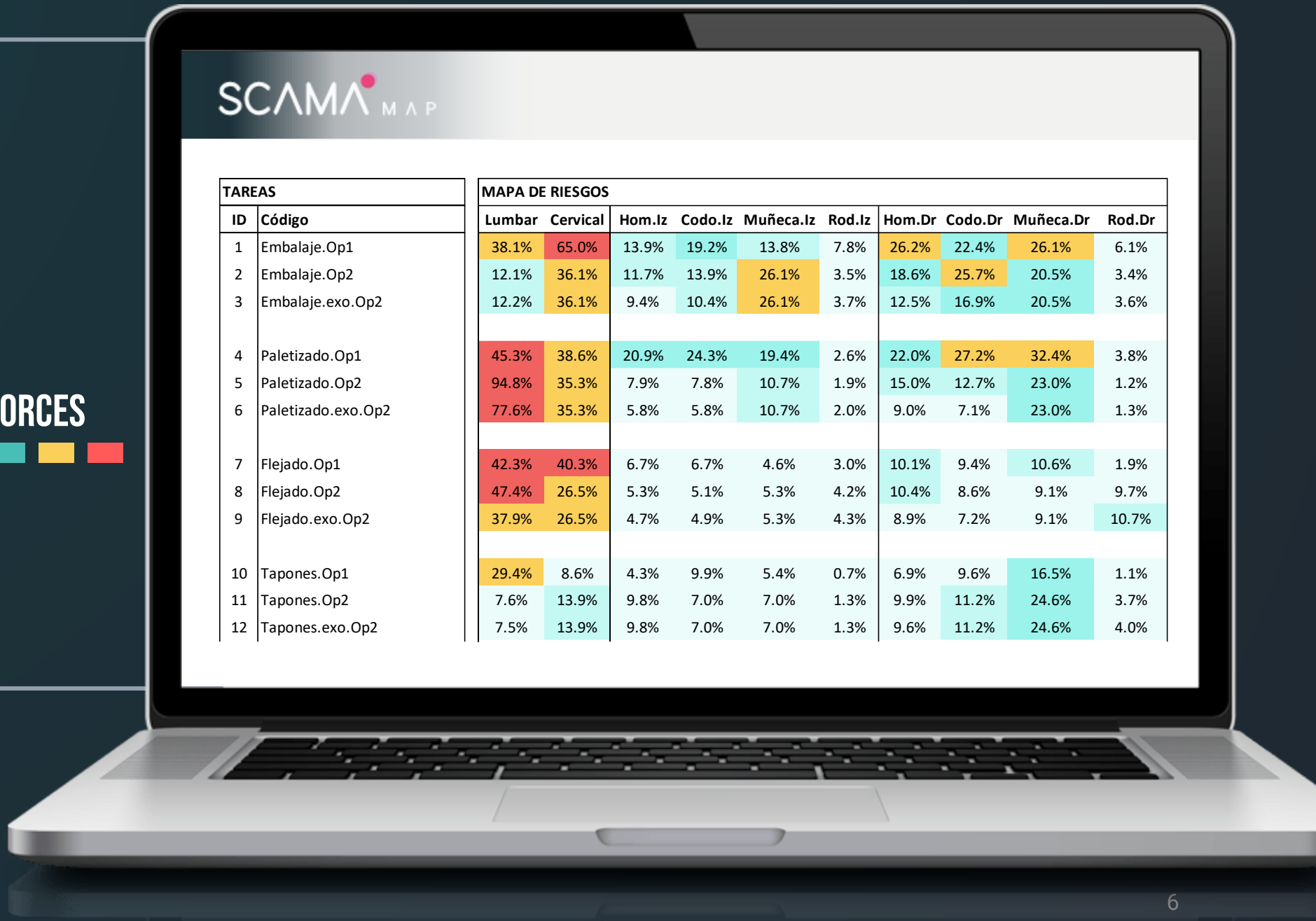
02

Semáforo intuitivo
para evaluar el riesgo

FORCES

03

Simulación de las
acciones ergonómicas



TAREAS		MAPA DE RIESGOS									
ID	Código	Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
1	Embalaje.Op1	38.1%	65.0%	13.9%	19.2%	13.8%	7.8%	26.2%	22.4%	26.1%	6.1%
2	Embalaje.Op2	12.1%	36.1%	11.7%	13.9%	26.1%	3.5%	18.6%	25.7%	20.5%	3.4%
3	Embalaje.exo.Op2	12.2%	36.1%	9.4%	10.4%	26.1%	3.7%	12.5%	16.9%	20.5%	3.6%
4	Paletizado.Op1	45.3%	38.6%	20.9%	24.3%	19.4%	2.6%	22.0%	27.2%	32.4%	3.8%
5	Paletizado.Op2	94.8%	35.3%	7.9%	7.8%	10.7%	1.9%	15.0%	12.7%	23.0%	1.2%
6	Paletizado.exo.Op2	77.6%	35.3%	5.8%	5.8%	10.7%	2.0%	9.0%	7.1%	23.0%	1.3%
7	Flejado.Op1	42.3%	40.3%	6.7%	6.7%	4.6%	3.0%	10.1%	9.4%	10.6%	1.9%
8	Flejado.Op2	47.4%	26.5%	5.3%	5.1%	5.3%	4.2%	10.4%	8.6%	9.1%	9.7%
9	Flejado.exo.Op2	37.9%	26.5%	4.7%	4.9%	5.3%	4.3%	8.9%	7.2%	9.1%	10.7%
10	Tapones.Op1	29.4%	8.6%	4.3%	9.9%	5.4%	0.7%	6.9%	9.6%	16.5%	1.1%
11	Tapones.Op2	7.6%	13.9%	9.8%	7.0%	7.0%	1.3%	9.9%	11.2%	24.6%	3.7%
12	Tapones.exo.Op2	7.5%	13.9%	9.8%	7.0%	7.0%	1.3%	9.6%	11.2%	24.6%	4.0%

DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

01

Medición con
captura de movimiento

02

Semáforo intuitivo
para evaluar el riesgo

03

Simulación de las acciones
ergonómicas



DIHBU
DIGIS3
Cofinanciado por la Unión Europea

EXOESQUELETO OBJETO DE LA MEDICIÓN



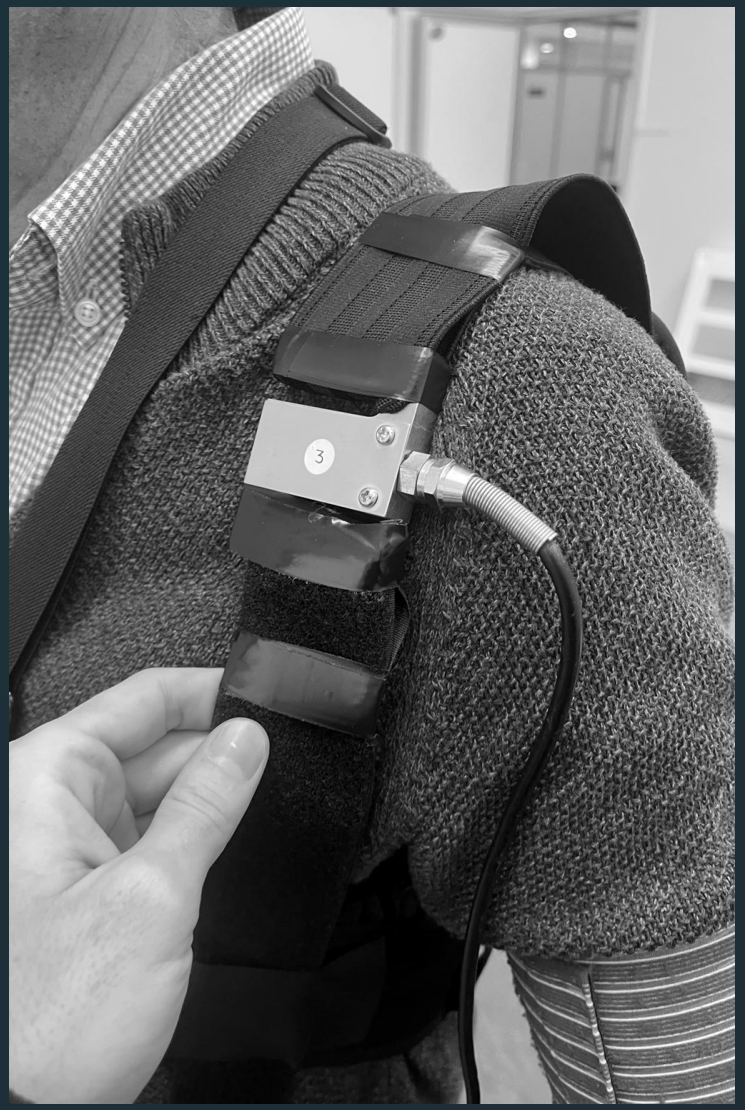


Exoesqueleto industrial pasivo – Prototipo adaptado por DIHBU en Polea Lab: lumbar y brazos

DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

ESTUDIO PREVIO MODELAR EXOESQUELETO

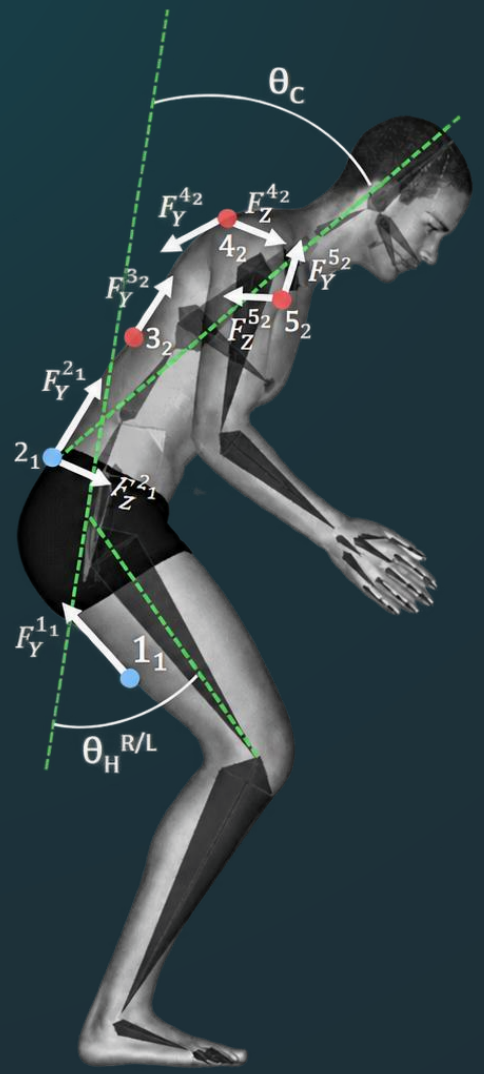


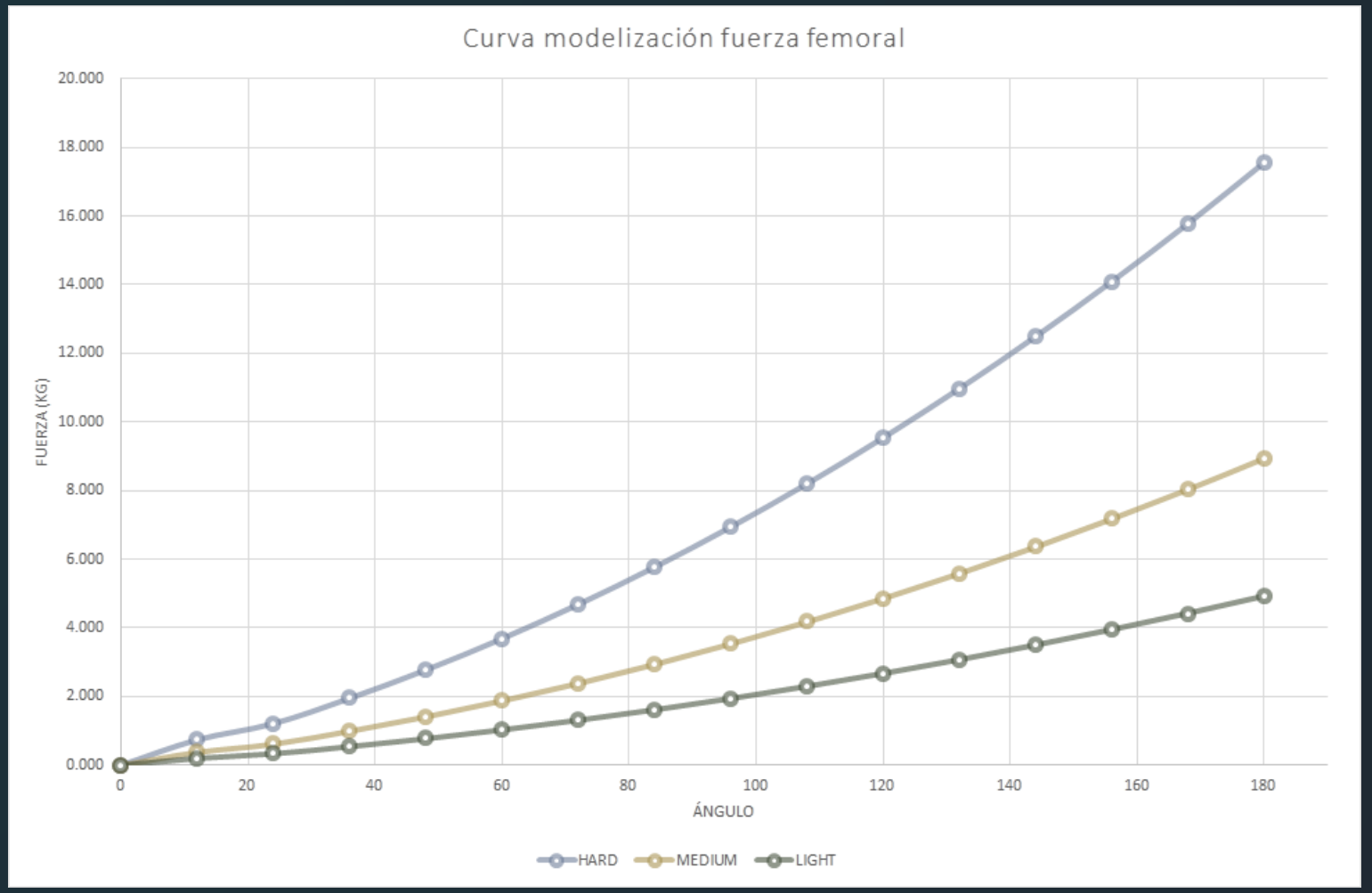




DIHBU
DIGIS
Cofinanciado por la Unión Europea

MODELO VIRTUAL EXOESQUELETO





DIHBU DIGIS³ Cofinanciado por la Unión Europea

MODELO VIRTUAL EXOESQUELETO

Op1 Op2



DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

Reproducir...167/421

RESULTADOS OBTENIDOS

TAREAS		MAPA DE RIESGOS									
ID	Código	Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
1	Embalaje.Op1	38.1%	65.0%	13.9%	19.2%	13.8%	7.8%	26.2%	22.4%	26.1%	6.1%
2	Embalaje.Op2	12.1%	36.1%	11.7%	13.9%	26.1%	3.5%	18.6%	25.7%	20.5%	3.4%
3	Embalaje.exo.Op2	12.2%	36.1%	9.4%	10.4%	26.1%	3.7%	12.5%	16.9%	20.5%	3.6%
4	Paletizado.Op1	45.3%	38.6%	20.9%	24.3%	19.4%	2.6%	22.0%	27.2%	32.4%	3.8%
5	Paletizado.Op2	94.8%	35.3%	7.9%	7.8%	10.7%	1.9%	15.0%	12.7%	23.0%	1.2%
6	Paletizado.exo.Op2	77.6%	35.3%	5.8%	5.8%	10.7%	2.0%	9.0%	7.1%	23.0%	1.3%
7	Flejado.Op1	42.3%	40.3%	6.7%	6.7%	4.6%	3.0%	10.1%	9.4%	10.6%	1.9%
8	Flejado.Op2	47.4%	26.5%	5.3%	5.1%	5.3%	4.2%	10.4%	8.6%	9.1%	9.7%
9	Flejado.exo.Op2	37.9%	26.5%	4.7%	4.9%	5.3%	4.3%	8.9%	7.2%	9.1%	10.7%
10	Tapones.Op1	29.4%	8.6%	4.3%	9.9%	5.4%	0.7%	6.9%	9.6%	16.5%	1.1%
11	Tapones.Op2	7.6%	13.9%	9.8%	7.0%	7.0%	1.3%	9.9%	11.2%	24.6%	3.7%
12	Tapones.exo.Op2	7.5%	13.9%	9.8%	7.0%	7.0%	1.3%	9.6%	11.2%	24.6%	4.0%

Elevado
Tolerable
Aceptable

DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

RESULTADOS OBTENIDOS

TAREAS		MAPA DE RIESGOS									
ID	Código	Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
1	Embalaje.Op1	38.1%	65.0%	13.9%	19.2%	13.8%	7.8%	26.2%	22.4%	26.1%	7.8%
2	Embalaje.Op2	12.1%	36.1%	11.7%	13.9%	26.1%	3.5%	18.6%	25.7%	20.5%	3.5%
3	Embalaje.exo.Op2	12.2%	36.1%	9.4%	10.4%	26.1%	3.7%	12.5%	16.9%	20.5%	3.7%
4	Paletizado.Op1	45.3%	38.6%	20.9%	24.3%						
5	Paletizado.Op2	9[illegible]	[illegible]3%	7.9%	7.8%						
6	[illegible]	[illegible]	[illegible]%	5.8%	5.8%						
7	[illegible]	42[illegible]	[illegible]%	[illegible]%	6.7%						
8	[illegible]	47.4%	26.5%	5.3%	5.1%						
9	[illegible]	37.9%	26.5%	4.7%	4.9%						
10	Tapones.Op1	29.4%	8.6%	4.3%	9.9%						
11	Tapones.Op2	7.6%	13.9%	9.8%	7.0%						
12	Tapones.exo.Op2	7.5%	13.9%	9.8%	7.0%						

38%

Reducción promedio en hombros y codos por ExoArms

56%

Reducción promedio en lumbar y cervical por movimiento en bloque.





DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

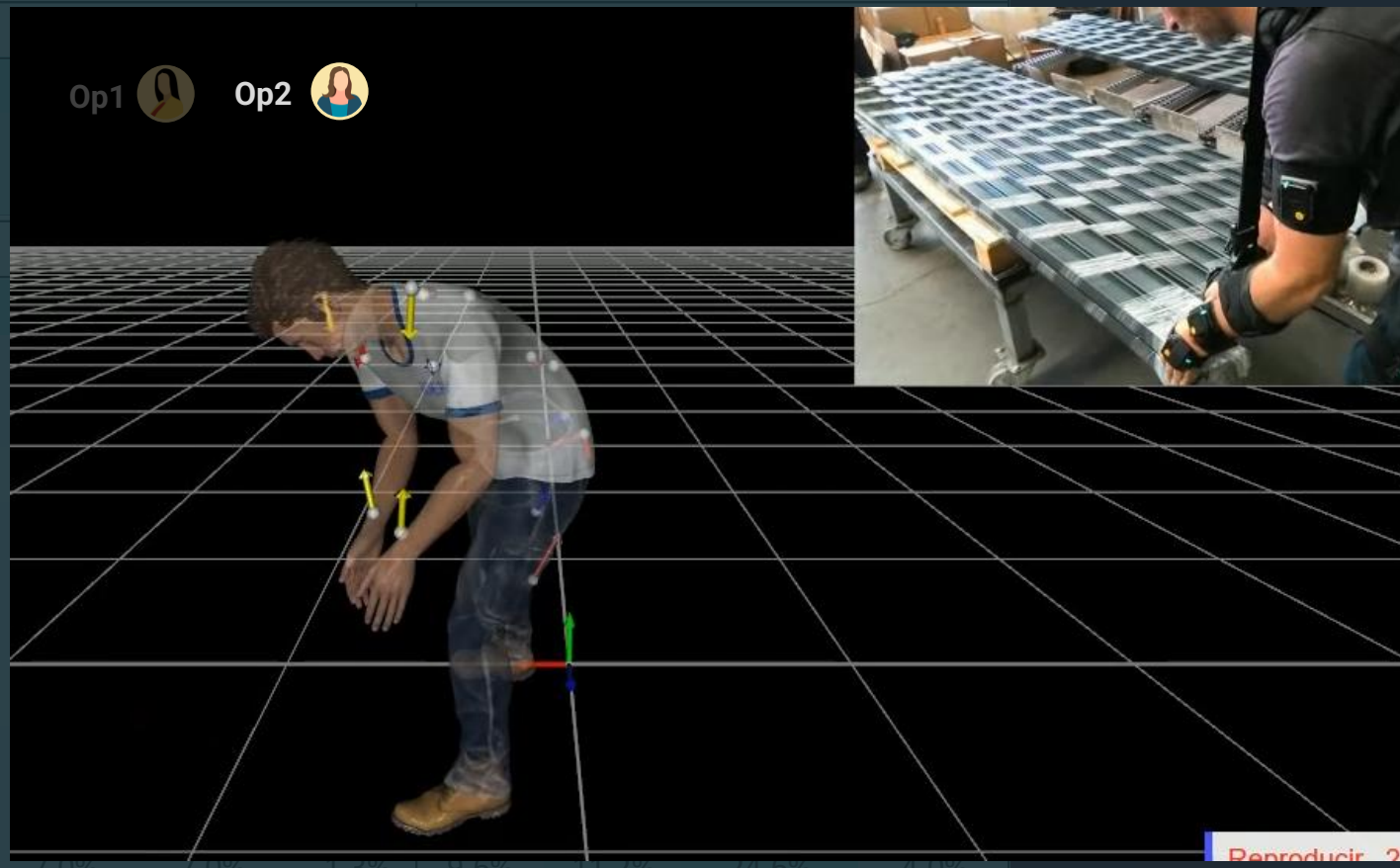
RESULTADOS OBTENIDOS

TAREAS		MAPA DE RIESGOS		
ID	Código	Lumbar	Cervical	Hom.Iz
1	Embalaje.Op1	38.1%	65.0%	13.9%
2	Embalaje.Op2	12.1%	36.1%	11.7%
3	Embalaje.exo.Op2	12.2%	36.1%	9.4%
ID	**Código**	**Lumbar**	Cervical	Hom.Iz
4	**Paletizado.Op1**	**45.3%**	38.6%	20.9%
5	**Paletizado.Op2**	**94.8%**	35.3%	7.9%
6	Paletizado.exo.Op2			5.8%
			40.3%	6.7%
			26.5%	5.3%
		29.4%	8.6%	4.3%
11	Tapones.Op2	7.6%	13.9%	9.8%
12	Tapones.exo.Op2	7.5%	13.9%	9.8%



52%

Incremento promedio en lumbar por flex - relax



DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

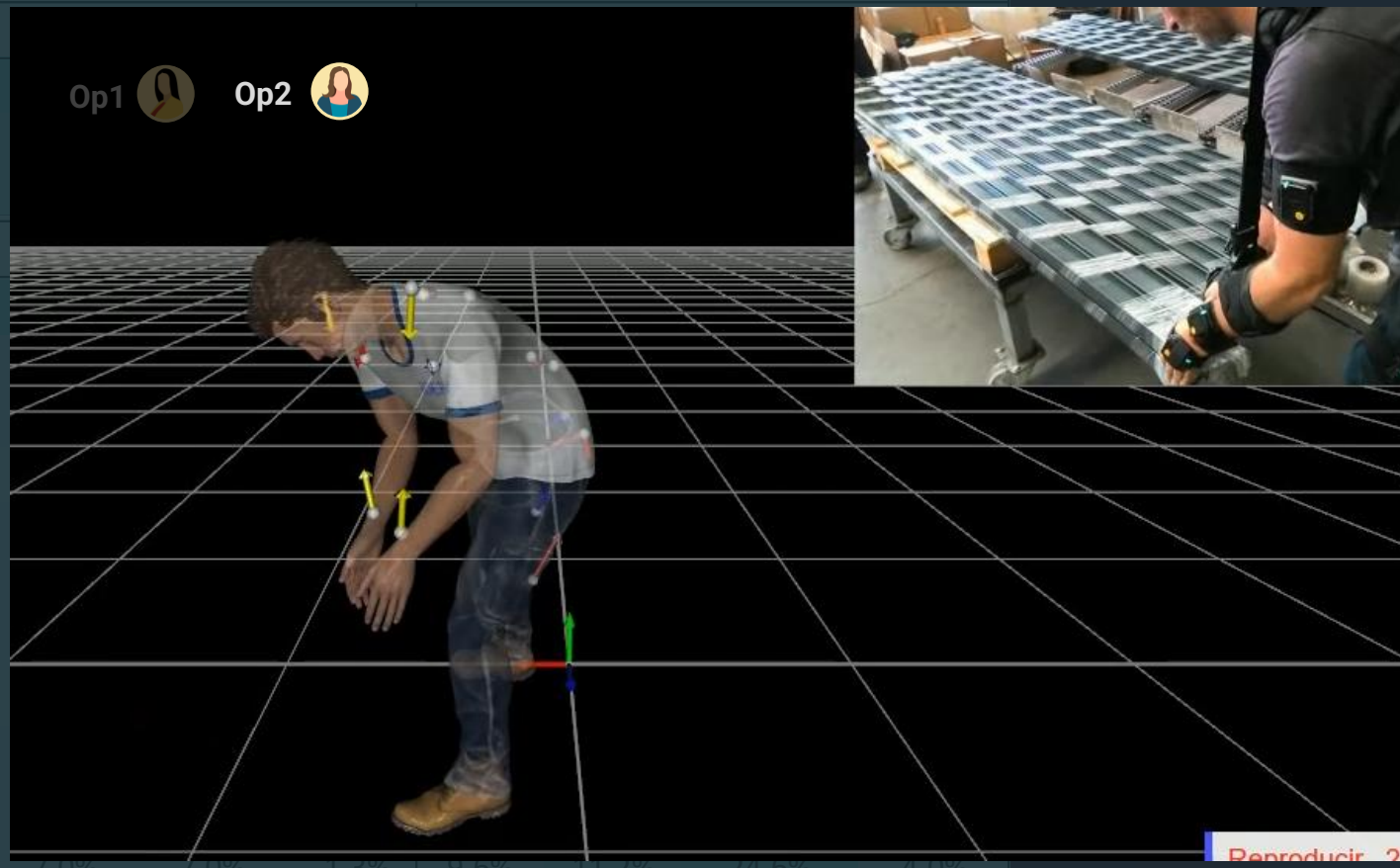
RESULTADOS OBTENIDOS

TAREAS		MAPA DE RIESGOS		
ID	Código	Lumbar	Cervical	Hom.Iz
1	Embalaje.Op1	38.1%	65.0%	13.9%
2	Embalaje.Op2	12.1%	36.1%	11.7%
3	Embalaje.exo.Op2	12.2%	36.1%	9.4%
ID	**Código**	**Lumbar**	Cervical	Hom.Iz
4	Paletizado.Op1	45.3%		20.9%
5	Paletizado.Op2	94.8%	35.3%	7.9%
6	Paletizado.exo.Op2	77.6%	35.3%	5.8%
		42.3%	40.3%	6.7%
			26.5%	5.3%
			26.5%	4.7%
				4.3%
		7.6%	13.9%	9.8%
12	Tapones.exo.Op2	7.5%	13.9%	9.8%



18%

Reducción de riesgo lumbar por efecto de ExoSoft



DIHBU DIGIS3 Cofinanciado por la Unión Europea

Dr. Javier Marín Boné
jmarinbone@unizar.es

www.scama-ergonomics.com

María de Luna, 3,
50018
Zaragoza, España

Borja Álvarez Peña
proyectos@polealab.es

www.dihbu40.es

López Bravo 70,
09001 Burgos, España

Cofinanciado por la Unión Europea