

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA
MECÁNICA Y DE
MATERIALES

La valoración funcional. Aplicaciones en el ámbito de la discapacidad y el daño corporal. Modelo de transferencia tecnológica de laboratorios de valoración de la discapacidad y del daño corporal

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

D. José David Garrido Jaén

Directores:

Prof. Dr. Pedro Manuel Vera Luna

Dr. Carlos Soler Gracia

Valencia, 2012

“El secreto de la vida es la honestidad y el juego limpio, si puedes simular eso, lo has conseguido”

Groucho Marx

A Susana, sin ella todo esto carecería de sentido; mil gracias por tu ayuda, comprensión y cariño.

A Diego e Irene, mis dos soles, mis tesoros, os quiero infinito.

A mis padres, gracias por todos vuestros esfuerzos y por darme los valores que han forjado lo que soy.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo de tesis no hubiera sido posible sin la dedicación, esfuerzo y compromiso de mucha gente. Sirvan estas palabras para expresar mi más sincera gratitud.

En primer lugar, me gustaría darle las gracias a todos mis compañeros del IBV, los que están y los que por diversos motivos ya no se encuentran entre nosotros; sin la participación de cada uno de ellos, este proyecto no hubiera sido posible. Ejemplo de ello, lo constituyen todos los miembros de la antigua sección de ATD, donde se fraguó el germen que ha permitido convertir en realidad los primeros trabajos de desarrollo tecnológico e investigación en los que se sustentan los pilares de este proyecto. También por supuesto, a los compañeros de las secciones de APL, SOFT, SAT y OGC, que gracias a su encomiable trabajo, no exento de dificultades y sobresaltos, han permitido acrecentar de manera notoria la calidad y utilidad de todos y cada una de los resultados que se describen en este trabajo.

Por supuesto, sólo puedo tener palabras de gratitud y reconocimiento a mis directores, el Dr. Carlos Soler Gracia y el Dr. Pedro Vera Luna, ya que gracias a sus consejos, ánimos y visión, los convierte en una pieza fundamental de este proyecto.

También quisiera agradecer a los Dr. Jaime Prat, Aleixandre Cortés y Enrique Viosca por sus grandes aportaciones en el conocimiento e implantación de la valoración funcional en el IBV y en ámbitos clínicos como la valoración del daño corporal y la rehabilitación.

No podría dejar de agradecer a los Dr. José M^a Sanz Pastor y Dr. Antonio García Barreiro, Coordinador de las Unidades de Valoración Funcional y Director de Proyectos Sanitarios y Asistencia Sanitaria de Asepeyo respectivamente. Sin su compromiso, esfuerzo y tenacidad, la implantación de la valoración funcional en el ámbito de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social no sería hoy el que es. Además, sus consejos y ayuda en la confección de los resultados de este trabajo han sido de capital relevancia.

Del mismo modo, quisiera hacer extensible este sentimiento de gratitud a toda la comunidad de usuarios de técnicas de valoración funcional IBV, ya que su trabajo y perseverancia han contribuido de forma decisiva en los resultados de este proyecto de tesis. Desde aquí os hago llegar mi más sincero reconocimiento.

Para finalizar, quisiera reservar las últimas palabras para todos mis compañeros de la línea de producto Valoración Biomecánica: Paqui, Chema, Mariajo, Juan, Salva, Luís, Magda, Andrea, Susana, Pilar, Mariam, Manuel, Carla, Miguel y a otros muchos que estuvieron y ya no están; este trabajo también es sin duda vuestro y así me gustaría que lo sintierais. Gracias al esfuerzo, dedicación y compromiso que mostráis todos los días, el desarrollo de este trabajo ha sido muchísimo más fácil de lo que cabría esperar. Por otro lado, también me gustaría reconocer y poner en valor vuestra calidad humana, cosa que ha hecho que además de compañeros también os considere buenos amigos.

Resumen

En este proyecto de tesis se ha definido un conjunto de soluciones tecnológicas intensivas en conocimiento, basadas en valoración funcional biomecánica, dirigidas a dotar de criterios, rigor y objetividad a los procesos de valoración propios de la medicina laboral, la rehabilitación de trabajadores lesionados y la gestión de los recursos sociosanitarios ligados a la incapacidad temporal y permanente de origen musculoesquelético.

Para ello, se ha generado un cuerpo de conocimiento base asociado a la caracterización funcional biomecánica de los trastornos del aparato locomotor más prevalentes en la población laboral española, así como un modelo de transferencia completo, dotado de las estructuras organizativas y los medios técnicos y humanos necesarios para garantizar su incorporación y utilización por parte de las entidades y profesionales del ámbito de la medicina laboral.

Adicionalmente, se han propuesto los instrumentos y mecanismos específicos para garantizar la sostenibilidad, la explotación y la eficiencia de las soluciones propuestas en el seno de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, así como de las empresas privadas de valoración y peritación médica del daño corporal.

Finalmente se ha realizado un análisis detallado de la implantación alcanzada de las soluciones tecnológicas propuestas a nivel nacional, así como del grado de utilización práctica logrado por los profesionales usuarios, lo que corrobora su utilidad en un entorno real de trabajo.

Summary

In this research project a set of knowledge intensive technology solutions has been defined, based on biomechanics functional assessment, aimed at providing criteria, rigor and objectivity to the process of evaluation of occupational medicine, rehabilitation of injured workers and management of health resources related to the temporary and permanent disability of musculoskeletal origin.

With this objective, a body of base knowledge has been created in the field of functional and biomechanical characterization of musculoskeletal disorders more prevalent in the Spanish working population. In addition, a complete transfer model has been also defined, taking into account the creation of the organizational structures and technical and human resources to ensure their incorporation and use by institutions and professionals of occupational medicine.

Furthermore, specific tools and instruments to ensure sustainability, operation and efficiency of the proposed solutions have been proposed; especially in the fields of mutual work accidents and occupational diseases of the Social Security and private companies focused on valuation and medical expertise of body pain.

Finally, to analyse the usefulness in a real working environment of the technological solution proposed, a detailed analysis of the achieved implementation at national level and the degree of practical use made by professional users have been performed.

Resum

En aquest projecte de tesis se ha definit un conjunt de solucions tecnològiques intensives en coneixement, basades en valoració funcional biomecànica, dirigides a dotar de criteris, rigor i objectivitat als processos de valoració propis de la medicina laboral, la rehabilitació de treballadors lesionats i la gestió dels recursos socio-sanitaris associats a la incapacitat temporal i permanent de naturalesa musculoesquelètica.

Per això, s'ha generat un cos de coneixement base associat a la caracterització funcional biomecànica de les malalties del aparell locomotor mes prevalents en la població laboral espanyola, així com un model de transferència complet, dotat de les estructures organitzatives i els mitjans tècnics i humans necessaris per garantir la seua incorporació i utilització per part de les entitats i professionals de la medicina laboral.

Adicionalment, s'ha proposat els instruments i mecanismes específics per garantir la sostenibilitat, la explotació i la eficiència de les solucions proposades dins de les mútues de accidents de treball i malalties professionals de la Seguritat Social, així com de les empreses privades de valoració i peritatge mèdic del dany corporal.

Finalment, s'ha realitzat un anàlisi detallat de la implantació aconseguida de les solucions tecnològiques proposades a nivell nacional, així com del grau d'ús pràctic donat pels professionals usuaris, el que ha corroborat la seua utilitat en un entorn real de treball.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
1.1. ORIGEN DEL TRABAJO. ANTECEDENTES	1
1.1.1. La valoración funcional. Origen y aplicaciones	3
1.1.2. Las funciones de la vida diaria	4
1.1.2.1. Clasificación de las funciones de la vida diaria.....	4
1.1.3. Limitación funcional. Definición de deficiencia, discapacidad y minusvalía	9
1.1.4. Patologías frecuentes causantes de limitación funcional	14
1.1.4.1. Enfermedades neurodegenerativas o cerebrales no psiquiátricas	15
1.1.4.2. Trastornos psiquiátricos y psicológicos.....	15
1.1.4.3. Trastornos cerebrales. Enfermedad cerebral sobrevenida.....	16
1.1.4.4. Afectaciones musculoesqueléticas.....	17
1.1.5. Recuperación funcional. La Rehabilitación.....	21
1.1.6. Técnicas de valoración objetiva de la función.....	24
1.1.7. Técnicas de análisis biomecánico para la valoración de las funciones humanas.....	27
1.1.7.1. Técnicas de análisis cinemático.....	28
1.1.7.2. Técnicas de análisis cinético	34
1.1.8. Aplicación de las técnicas de análisis biomecánico en el estudio de las funciones humanas	39
1.1.8.1. Aplicaciones de las técnicas cinemáticas al estudio de las funciones humanas.....	39
1.1.8.2. Aplicaciones de las técnicas cinéticas al estudio de las funciones humanas.....	42
1.1.9. Técnicas de tratamiento de datos biomecánicos de aplicación en la valoración funcional	47
1.1.9.1. Acondicionamiento de señales biomecánicas.....	47
1.1.9.2. Técnicas avanzadas de interpretación de datos como ayuda a la decisión.....	50
1.1.10. Valores de referencia para la emisión de diagnósticos funcionales	55
1.1.11. Dificultades clínicas en la emisión de diagnósticos funcionales. El concepto de simulación	58

1.1.12. Marco legal de la valoración de la discapacidad en España.....	61
1.1.13. Agentes implicados en el ámbito de la valoración médica.....	66
1.1.14. Innovación tecnológica en el ámbito de la valoración funcional	74
1.1.15. Necesidades detectadas	77
1.2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	83
1.2.1. Objetivos.....	83
1.2.2. Plan de trabajo	84
MATERIAL Y MÉTODOS	89
2.1. DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO BASE EN EL QUE SE SOPORTAN LAS APLICACIONES PROPUESTAS.....	89
2.1.1. Patologías más comunes vs funciones de la vida diaria	90
2.1.1.1. Funciones analizadas para la caracterización de las lumbalgias	92
2.1.1.2. Funciones analizadas para la caracterización de las cervicalgias.....	93
2.1.1.3. Funciones analizadas para la caracterización de las omalgias	95
2.1.1.4. Funciones analizadas para la caracterización de los trastornos musculoesqueléticos con afectación de la bipedestación	96
2.1.1.5. Funciones analizadas para la caracterización de los trastornos musculoesqueléticos con afectación de la deambulación	98
2.1.2. Caracterización funcional de una patología con afectación del sistema musculoesquelético	99
2.1.3. Selección de los medios técnicos adecuados.....	101
2.1.4. Definición de los protocolos de valoración.....	104
2.1.4.1. Protocolos de valoración funcional de las lumbalgias.....	104
2.1.4.2. Protocolos de valoración funcional de las cervicalgias	108
2.1.4.3. Protocolos de valoración funcional de las omalgias.....	112
2.1.4.4. Protocolos de valoración funcional de los trastornos de la bipedestación.....	116
2.1.4.5. Protocolos de valoración funcional de los trastornos de la marcha.....	119
2.1.5. Determinación de los valores de referencia de la población laboral española. Construcción de las bases de datos de referencia	121
2.1.5.1. Selección de los sujetos integrantes de la muestra de estudio	122
2.1.6. Modelos de tratamiento de datos aplicados a la selección de variables	123
2.1.6.1. Modelos estadísticos. Consideraciones previas.....	125
2.1.6.2. Clasificación estadística	126
2.1.6.3. Estudio de la sensibilidad, especificidad.....	127
2.1.6.4. Definición del Índice de Valoración Funcional	129
2.2. MODELO DE TRANSFERENCIA DE LAS APLICACIONES DE VALORACIÓN FUNCIONAL.....	132
2.2.1. Creación de una planta piloto de valoración del daño corporal. Medios técnicos y humanos requeridos	132
2.2.1.1. Requerimientos de la sala de valoración.....	133
2.2.1.2. Medios humanos requeridos para la prestación de servicios valoración.....	135
2.2.2. El valorador experto. La prestación singular de servicios.....	137
2.2.3. Concepto de aplicación tecnológica. modelo de desarrollo, evolución y mantenimiento de las aplicaciones.....	138

2.2.4. Proceso de implantación entre los agentes clave del sector: las MATEPSS	140
2.2.5. Puesta en marcha de los espacios de comunicación y relación con la comunidad de usuarios	144
2.2.5.1. Centro de atención al usuario	145
2.2.5.2. Espacios virtuales de colaboración (EVC)	146
2.2.5.3. Jornadas de usuarios de técnicas de valoración biomecánica	147
2.2.6. Modelos de explotación de resultados por parte de los usuarios	149
RESULTADOS	150
3.1 BASES CIENTÍFICAS DE LAS METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN DESARROLLADAS	151
3.2 DESARROLLO DEL MODELO DE TRANSFERENCIA	155
3.2.1. Resultados de la prestación singular de servicios de valoración	155
3.2.2. Aplicaciones que componen el laboratorio de valoración funcional.....	157
3.2.2.1. Aplicación para la valoración funcional de lumbalgias NedLumbar/IBV	157
3.2.2.2. Aplicación para la valoración funcional de cervicalgias NedCervical/IBV	158
3.2.2.3. Aplicación para la valoración funcional de omalgias NedHombro/IBV	160
3.2.2.4. Aplicación para la valoración funcional de la marcha NedAMH/IBV	162
3.2.2.5. Aplicación para la valoración funcional del equilibrio postural NedSVE/IBV	164
3.2.3. Layout estándar del laboratorio de valoración funcional.....	166
3.2.4. Aplicaciones y laboratorios transferidos	167
3.2.4.1. Consideraciones institucionales de la implantación de los laboratorios de valoración funcional.....	168
3.2.4.2. Análisis de las entidades usuarias en función de su actividad	168
3.2.4.3. Distribución geográfica de las entidades usuarias.....	170
3.2.5. Estructura organizativa de las unidades de valoración funcional en el seno de las entidades usuarias	171
3.2.6. Resultados alcanzados por los usuarios	174
3.2.6.1. Resultados alcanzados por los agentes de la comunidad de usuarios pertenecientes al ámbito de la medicina laboral	175
3.2.6.2. Resultados alcanzados por los agentes de la comunidad de usuarios pertenecientes al ámbito hospitalario.....	180
CONCLUSIONES	181
4.1. CONCLUSIONES.....	181
4.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	183
BIBLIOGRAFÍA	185
ANEXOS	200
1. INSTRUMENTACIÓN DE PACIENTES EN LAS PRUEBAS DE VALORACIÓN DE LAS LUMBALGIAS, CERVICALGIAS Y OMALGIAS	200
2. CATÁLOGO DE SERVICIOS DE VALORACIÓN DEL DAÑO CORPORAL	209
3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS APLICACIONES DE VALORACIÓN.....	211

4.	PROCEDIMIENTO DE PUESTA EN MARCHA DE UN LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL.....	220
5.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CONSTRUCTIVAS DEL LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL.....	221
6.	PROGRAMA FORMATIVO INICIAL PARA LOS PROFESIONALES RESPONSABLES DE LAS UNIDADES DE VALORACIÓN FUNCIONAL.....	236
7.	PROGRAMA CIENTÍFICO DE LAS VI JORNADAS DE USUARIOS EN TÉCNICAS DE VALORACIÓN FUNCIONAL.....	237
8.	SENTENCIAS JUDICIALES ASOCIADAS A LOS RESULTADOS DE LAS VALORACIONES FUNCIONALES	238

1

INTRODUCCIÓN

1.1. ORIGEN DEL TRABAJO. ANTECEDENTES

Cuando finalicé mis estudios de Ingeniería Industrial, allá por el año 2002, jamás pensé que mi futuro profesional se desarrollaría en el ámbito de la investigación y aún menos, en el campo de la biomecánica.

Por aquel entonces mi vocación y orientación profesional iban dirigidas hacia la ingeniería nuclear y la energía, pero por los azares de la vida, y porque así lo consideraron el Dr. Jaime Prat, el Dr. Javier Sánchez, D. Ricard Barberà, tuve la oportunidad de comenzar mi etapa de investigación en este magnífico centro en temas relacionados con las ayudas técnicas para personas con discapacidad.

Las metodologías y trabajos de investigación, nuevas para mí por completo, pronto despertaron en mí una vocación oculta que cada vez ganaba en interés y fascinación a otras actividades profesionales. Durante las primeras etapas, fueron muchas las cosas que pude aprender en relación a la I+D, el diseño y el desarrollo de productos. En especial recuerdo con gran cariño los conocimientos y habilidades que adquirí con mis compañeros de entonces Juanma Belda en los trabajos relacionados con la valoración funcional del temblor y Ricard Barberá en los proyectos de evaluación y diseño de cojines antiescaras para personas usuarias de sillas de ruedas.

Finalizada mi etapa de formación y especialización en metodologías de investigación, tuve la oportunidad de participar en proyectos en el ámbito del calzado, en concreto en el diseño y desarrollo de calzado para personas diabéticas. Esta etapa, aunque breve, resultó ser crucial en lo profesional y personal, ya que me permitió iniciarme en el cultivo de otras facetas y habilidades ligadas a la negociación y comunicación de los

resultados de la investigación, ambas cruciales, como no puede ser de otra manera, para el investigador.

Quizá hoy por hoy seguiría desarrollando proyectos en esta materia sino hubiera sido por la magnífica oportunidad profesional que me brindó el IBV y en particular Jaime Prat a mediados de 2005. En concreto, me ofrecieron la posibilidad de hacerme cargo de una nueva sección en el IBV, la Sección de Transferencia Tecnológica (STT), cuyo principal objetivo era la de identificar oportunidades de mercado donde transferir el conocimiento generado en las etapas de I+D en forma de servicios y aplicaciones tecnológicas. Esta etapa abrió un mundo de oportunidades y retos profesionales, más ligados a la gestión y organización de actividades de I+D. No negaré que esta fase inicial me costó más de un disgusto y quebradero de cabeza, pero sin duda ha forjado lo que hoy por hoy soy en el ámbito laboral y en el que mayores satisfacciones profesionales me ha dado.

Y así fue, a través de la STT, que más adelante se convertiría en la línea de Valoración Biomecánica, como entré en contacto con la valoración funcional y la valoración del daño corporal. Por aquel entonces habían comenzado a darse los primeros pinitos en el centro en relación a la transferencia de aplicaciones para este ámbito de la medicina, y el reto, para mí y para el resto de mis compañeros implicados, era desarrollarlo y potenciarlo.

Un acontecimiento que sin duda marcó el devenir de esta línea de investigación en general y de mi persona en particular, se sitúa en el momento en el que ASEPEYO M.A.T.E.P.S.S nº 151 decidió instalar en su hospital de San Cugat (Barcelona) la primera unidad de valoración funcional. Éste fue un hito en la historia reciente del IBV, ya que de esta forma se materializaba el éxito de cualquier trabajo de investigación: su aplicabilidad en el contexto real y, aún más, cuando éste mezcla aspectos relacionados con la medicina, la gestión de la incapacidad temporal, el adecuado reparto de los recursos públicos y la búsqueda de una mayor equidad.

1.1.1. LA VALORACIÓN FUNCIONAL. ORIGEN Y APLICACIONES

A pesar de que en los últimos 50 años se ha desplegado una actividad notable en el ámbito de la valoración funcional, todavía no existe una definición unánime y aceptada por los profesionales implicados del término (Viosca., 2006). De hecho, las actividades desarrolladas en esta disciplina son todavía muy incipientes debido a su complejidad. El término “funcional” tiene connotaciones ambiguas, siendo utilizado en contextos muy diversos con significados distintos (discapacidad funcional, recuperación funcional, habilidad funcional, etc.) lo que produce una pérdida de su significado.

Lo mismo sucede con el término “función”, el cual es fácil de entender pero muy difícil de definir; en términos generales se relaciona con lo que hacen las personas y cómo lo hacen (Badía, 2002; Cohen, *et al.*, 2000; Granger, 1998).

La valoración funcional surge de las necesidades de la medicina de tener que evaluar el grado de severidad del daño corporal, la efectividad de tratamientos, la evolución de los pacientes tratados y la gestión de los recursos asociados a la rehabilitación. Por este motivo, resulta imprescindible “medir” o registrar los cambios funcionales del paciente, ya que el objetivo de cualquier programa de rehabilitación es “conseguir el mayor grado de recuperación funcional posible” (OMS 1969).

Desde este punto de vista, la aproximación médica tradicional basada en el diagnóstico de la patología como pieza clave de la caracterización y clasificación médica, resulta insuficiente (Viosca, 2006). Para tener éxito en el proceso de rehabilitación de un paciente, resulta imprescindible una metodología global que tenga en consideración todas las consecuencias y dimensiones de la enfermedad (física, social, psicológica y de comportamiento). De esta forma, la valoración funcional se convierte en un método alternativo a la exploración física o de laboratorio (Frattali, 1993). En particular, las metodologías propias de la valoración funcional tratan de establecer un diagnóstico general del estado de salud del paciente.

Sin una definición particular, la valoración funcional es una medida del cambio (cualitativo y cuantitativo) el cual proporciona información acerca de cómo una persona desarrolla ciertas actividades en los distintos contextos de su vida. Por tanto, puede ser entendida como un proceso multidimensional y global que contempla las cuatro categorías básicas de las funciones humanas (Figura 1), y que analiza las aptitudes, habilidades o las capacidades residuales de las personas mientras desarrollan las actividades de la vida diaria (cuidado personal, desarrollo de roles sociales o actividades laborales).

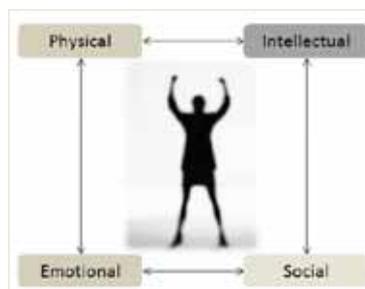


Figura 1. Categorías básicas de las funciones humanas

1.1.2. LAS FUNCIONES DE LA VIDA DIARIA

Como ha sido señalado, el objetivo de cualquier programa de rehabilitación es “**conseguir el máximo nivel de recuperación funcional como sea posible**”. Para ello, será imprescindible analizar las aptitudes, habilidades y capacidades residuales de las personas mientras realizan las actividades propias de su vida diaria. Dichas actividades pueden ser entendidas como aquello que los seres humanos realizan cotidianamente, como las relativas a la alimentación, al aseo personal o al movimiento.

Desde los primeros orígenes de la valoración funcional, el análisis y el estudio de los fenómenos implicados en las actividades de la vida diaria han sido objeto de su principal interés. No obstante, anteriormente a la aparición de la valoración funcional como ciencia de investigación y análisis, ya surgen en los Estados Unidos los movimientos de las Societies of Arts and Crafts “Sociedades de Artes y Oficios” (Moruro, 2002; Reed y Sanderson, 1999), el Settlement Movement y las Settlement Houses “Movimiento de los Establecimientos y Casas de Acomodación”, como reacción a los problemas sociales y sanitarios inherentes al crecimiento de la población, especialmente de inmigrantes de las grandes ciudades industriales.

El Settlement Movement tiene como principales objetivos: la educación de los adultos de las clases más desfavorecidas, el desarrollo de los servicios comunitarios, la mejora de la vivienda, la expansión del movimiento sindical, la abolición del trabajo infantil y la mejora de las condiciones laborales e integración de la población inmigrante (Moix, 1991).

Entre las actuaciones llevadas a cabo en las Casas de Acomodación, el fomento de actividades de cocina, costura, decoración, compras, etc., desarrolladas en la mayoría de los casos por población femenina inmigrante, todo ello basado en la hipótesis de que éstas constituyen un vehículo para la integración social de esta población.

Durante la Primera Guerra Mundial y años posteriores, la valoración de las actividades de la vida diaria cobra especial interés, sobre todo en el contexto de los heridos de guerra, especialmente en aquellos que sufrieron amputaciones. A partir de este momento empiezan a realizarse numerosas actividades dirigidas a adaptación de puestos de trabajo, al entrenamiento y uso de prótesis y ayudas técnicas que posibilitaban la actividad laboral y como consecuencia un mayor grado de autonomía personal y funcionalidad en actividades como el aseo, el vestido o el transporte (Bloom, 1996; Gutman, 1997). En 1919, William Dunton, en su libro *Reconstruction Therapy*, ya incluye imágenes de individuos utilizando ayudas técnicas para la realización de actividades de aseo, laborales y para el transporte (Peloquin, 1991a).

1.1.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE LA VIDA DIARIA

En términos generales, las AVD pueden ser entendidas como todas las tareas necesarias para el cuidado personal, como vestirse, alimentarse, ir al baño, asearse, etc. Éstas se conocen como actividades de la vida diaria básicas (ABVD). Por otra parte, se conoce como actividades de la vida diaria instrumentales (AIVD) aquellas actividades necesarias para que la persona pueda vivir independiente en la comunidad, tales como usar el teléfono, ir de compras, preparar la comida, etc. Finalmente, las AVD avanzadas

(AAVD), son actividades más complejas y relativas a las relaciones sociales e interacción con el entorno que permiten a la persona mejorar su calidad de vida.

El nivel de autonomía de un individuo, y por ende su calidad de vida, se encuentra estrechamente ligado con la capacidad de desarrollar las AVD. Inicialmente se comienza por ser capaz de llevar a cabo por sí mismo las actividades básicas, posteriormente las instrumentales y, por último, las avanzadas.

Una de las clasificaciones de referencia es la del **Disability in National Survey Research** (DNSR) de Estados Unidos que efectúa la siguiente distinción de tareas:

- 6 ABVD: asearse, vestirse, comer, control de las necesidades corporales, levantarse/acostarse de la cama/silla, desplazarse dentro de hogar.
- 6 AIVD: preparar comida, desplazarse fuera de casa, realizar tareas del hogar, manejar dinero, hablar y utilizar el teléfono, tomar medicamentos.

Las ABVD están relacionadas con el cuidado personal de uno mismo y con el funcionamiento físico y mental básico, y son imprescindibles para poder desarrollar una vida cotidiana sin ayuda continua de una tercera persona.

Un factor definitivo a la hora de poder llevar a cabo de forma autónoma las ABVD es la destreza en el uso de las extremidades superiores. Alimentarse supone sostener utensilios, cortar, pinchar, levantar la comida del plato y llevarla a la boca. Asearse implica manipular el grifo, regular la temperatura, manejar el jabón, secarse, etc. Vestirse requiere igualmente tareas de manipulación sencillas como coger la ropa y otras más precisas como anudar unos zapatos o abrochar una botonera.

En la Tabla 1 se muestra, a modo de ejemplo, como se asocia el nivel de discapacidad a las alteraciones de miembro superior en función de las tareas que el sujeto es capaz de realizar por sí mismo.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA DISCAPACIDAD POR ALTERACION DE UNA EXTREMIDAD SUPERIOR

CLASE I	El paciente puede utilizar el miembro afectado para el autocuidado, para las actividades diarias y para sujetar objetos. No tiene dificultad con la destreza de los dedos.	< a 11%
CLASE II	El paciente puede utilizar el miembro afectado con dificultad para el autocuidado, para la prensión y para sujetar objetos, pero no tiene destreza con los dedos.	11 a 24%
CLASE III	El paciente no puede utilizar el miembro afectado para las actividades de la vida diaria o con la actividad laboral y tiene dificultad con algunas de las actividades de autocuidado.	25 a 40%
CLASE IV	El paciente no puede utilizar el miembro afectado para las actividades de autocuidado y actividades de la vida diaria.	41 a 55%

Tabla 1. Criterios de evaluación de la discapacidad de miembro superior

Como consecuencia una discapacidad de miembro superior es altamente limitante para la realización de las actividades de la vida diaria básicas; conseguir mejorar las capacidades de una persona para aprehender, manipular y desplazar de una forma controlada redundaría en un indudable incremento de su autonomía y de su calidad de vida.

Las AIVD son también esenciales para una vida independiente, si bien más complejas que las actividades básicas de la vida diaria, exigiendo cierto nivel cognitivo derivado de la interacción entre las personas y los dispositivos o sistemas tecnológicos que deben manejarse para su realización así como por la interacción con el entorno físico.

Preparar comidas implica, además de las capacidades físicas básicas, habilidades cognitivas elementales como memoria, atención o concentración para evitar los riesgos que supone moverse en un entorno con instrumentos peligrosos como cuchillos, gas o fuego. En la realización de las tareas del hogar se manipulan productos como limpiadores y desinfectantes que pueden producir daños físicos en caso de no utilizarse de manera correcta. La memoria es especialmente importante en la toma de medicamentos ya que olvidar la dosis, las pastillas que deben tomarse en cada momento o simplemente olvidarse de medicarse puede tener consecuencias realmente trágicas para la persona.

En la Tabla 2 se resumen las actividades cognitivas básicas y enumera los problemas asociados a cada una de ellas.

PATOLOGÍA	PROBLEMAS DERIVADOS
Alteraciones de memoria	Olvidar las acciones realizadas
	Pérdida de objetos
	Olvidar los nombres
	Olvidar los teléfonos
	Olvidar la medicación
	Olvidar los encargos citas, etc.
	Olvidar los hechos sucedidos en el pasado
Alteraciones en la percepción temporal	No saber qué día es, ni qué hora es
	Trastornos de conducta: levantarse por la noche pensando que es de día, etc.
Alteraciones espaciales	No saber donde están las diferentes habitaciones
	Malestar por sentirse perdido
Afasia (dificultad de nombrar y escribir)	Problemas para comunicarse
	Malestar por no poder expresar lo que quieren
Agnosia (fallo de reconocimiento de personas, objetos, lugares, estímulos)	No reconocer a los familiares y cuidadores.
	Desorientación espacial.
	No saber para qué sirven diferentes objetos.
Déficit de concentración	Problemas para desarrollar actividades.
	Problemas de comunicación

Tabla 2. Trastornos derivados de pérdida en las capacidades cognitivas

Desde una perspectiva evolutiva, las AVD van vinculadas necesariamente al propio desarrollo humano. Desde el momento en que nacemos, disponemos de una serie de capacidades, ligadas a la captación de información (percepción visual, auditiva y táctil), a la manifestación de reflejos (succión, deglución, prensión, marcha, etc.) y a la transmisión de información (llanto, expresiones emocionales, sonrisa, etc.). El periodo neonatal se caracteriza por el establecimiento de los ritmos y patrones diarios (alimentación, aseo, sueño, etc.). A los 9 meses el niño ya cuenta con tres grandes comidas, con periodos de sueño de 10h aproximadamente. Es capaz de utilizar la taza o el vaso, aunque a veces necesita ayuda y puede comer solo con los dedos y usar la cuchara con cuidado. Los roles sociales propios de esta edad son los de hijo, hermano y nieto. Las conductas adaptativas requieren el funcionamiento de estos roles en respuesta al maternaje, hablar, caminar y el control esfinteriano (Llorens, 1991).

A los 3 años el niño domina el uso de la cuchara y el tenedor. Aprende los modales en la mesa por imitación de los adultos y ya colabora a la hora de vestirse y desvestirse, aunque suele necesitar ayuda para pasar la prenda por la cabeza, no siendo capaz de distinguir el derecho del revés. Se puede poner los zapatos si se le deja en el lado correcto del pie y, aunque el niño coopera en el baño, la hora de bañarse es como un momento de juego que, además, le sirve para atraer la atención de los padres.

Entre los 3 y los 5 años los niños tienen control total de sus esfínteres y se visten y desvisten prácticamente sin ayuda. Necesitan supervisión para el baño, especialmente en lo relativo a los estándares de limpieza. A los 5 años el niño puede colaborar en actividades domésticas y es capaz de asumir responsabilidades con la familia.

Posteriormente, entre los 5 y 11 años, se logra la independencia en las actividades básicas de la vida diaria: se cortan las uñas, se lavan el pelo o seleccionan la ropa de forma adecuada en función de la actividad que vayan a desarrollar. Entorno a los 7 años aprenden a ahorrar y a manejar dinero, y comienzan a tener un buen control sobre el tiempo.

La adolescencia es un periodo de rápidos cambios y transiciones del rol de dependencia. Así mismo, hay cambios en la estructura y habilidades corporales, de tal modo que el adolescente continúa desarrollando su propia identidad y aficiones, y aumenta su interés por la sexualidad, así como la autosuficiencia, la competencia y la madurez.

Durante el período de la adolescencia se deben desarrollar nuevas habilidades para las actividades básicas e instrumentales, la educación, el trabajo, el ocio y la participación social. Algunas de las nuevas habilidades que se aprenden durante este periodo son la supervivencia y la planificación de viajes. Además, existe una mayor preocupación por la imagen personal que influye sobre la autoestima y el sentido de competencia personal.

En la edad adulta se originan grandes cambios en los roles vitales. Es el periodo en el que se produce la independencia y autonomía personal, y se adquiere la responsabilidad de cuidar de uno mismo y de otros, tanto física como emocionalmente. Entre los 18 y 25 años se adquiere una mayor independencia económica que influye también en el cuidado personal y en el ocio. Entre los 25 y los 35 suelen acontecer cambios, asumiendo mayores responsabilidades en el cuidado del hogar, cuidado de otros y en el ámbito

laboral. Suele ser la etapa en la que se afirma la identidad profesional y se desarrolla el proyecto vital.

Durante la edad madura, entre los 35 y los 55 años se produce un aumento del interés del cuidado personal. Al final de esta etapa suelen producirse cambios corporales y de identidad relativos a la edad. En el ámbito laboral, inicialmente suele ser una etapa de grandes logros y expansión, en la que por fin se logra la estabilidad.

En el periodo comprendido entre los 55 y los 65 años se continúa el proceso de remodelación corporal iniciado en la etapa anterior y suele aumentar de nuevo el número de actividades dedicadas al cuidado de otros.

En la edad avanzada existe una gran variedad individual. Normalmente, a medida que se crece van apareciendo limitaciones funcionales que restringen el desarrollo de ciertas AVD. Esto se debe a que existe una estrecha relación entre el envejecimiento y los procesos de deterioro de los sistemas musculoesquelético, cardiovascular, respiratorio y psicológico, lo que conlleva que un porcentaje significativo de la población mayor de 65 años manifieste algún tipo de alteración o limitación funcional.

Generalmente la pérdida de capacidad para desarrollar las AVD se encuentra íntimamente ligado al término discapacidad, el cual se refiere al impacto que las condiciones de la salud, ya sean crónicas o agudas, tienen sobre el funcionamiento de sistemas corporales específicos y, de forma global, sobre las habilidades de las personas para actuar de la forma necesaria, usual, esperada, o personalmente deseada en su medio social (Puga Gonzalez *et al.*, 2004).

Así por tanto, se puede decir que las AVD adquieren un valor simbólico que trasciende de su propósito. Este valor simbólico les confiere una función de nuestra identidad y por el sentido de nuestro que hacer. Más allá de su utilidad y propósito, en las AVD se inscribe nuestra subjetividad, permitiéndonos acceder y relacionarnos con el mundo que nos rodea.

1.1.3. LIMITACIÓN FUNCIONAL. DEFINICIÓN DE DEFICIENCIA, DISCAPACIDAD Y MINUSVALÍA

Como ha sido comentado en el apartado anterior, el estudio de las AVD debe ser entendido como un proceso global y multidimensional que abarca las cuatro categorías principales de las funciones humanas (**físicas, mentales, afectivas y sociales**). El estudio de su evolución a lo largo del ciclo vital es una medida del cambio (cualitativo y cuantitativo) de cómo una persona efectúa ciertas AVD o **funciones** en los distintos aspectos de su vida. El análisis de dichas funciones queda por tanto, encargado de la definición de los métodos de valoración y medición de las aptitudes, habilidades, o capacidades residuales del individuo en el desempeño de las tareas cotidianas de autocuidado, el desempeño de los roles sociales, o en el desarrollo de actividades recreativas y ocupacionales. Del mismo modo, incluirá la evaluación de las limitaciones del individuo para realizar dichas habilidades y la interacción con el medio.

Así, la evaluación de las funciones humanas consiste en el estudio de las características dinámicas del individuo, incluyendo las actividades, habilidades, actuaciones prácticas, condiciones ambientales y necesidades del mismo. En otras palabras, la valoración funcional se puede entender como el conjunto de métodos que evalúan la capacidad de las personas para preocuparse y realizar los propios cuidados personales, para desarrollar las actividades físicas necesarias para atender su salud física y mental, atender al control emocional y acometer roles sociales. De algún modo pretende **establecer un diagnóstico o medición general del estado de salud**.

Esta ligazón entre existencia de salud o ausencia de la misma ligada a la capacidad funcional del individuo, ha provocado una transformación profunda en el campo de la medicina física. El concepto de salud ha evolucionado en los últimos tiempos desde lo meramente curativo a la prevención, y desde la pura “recuperación” al concepto de **rehabilitación integral**. La salud ya no es comprendida como la ausencia de enfermedad sino, como la define la OMS, “*el completo estado de bienestar físico, psíquico y social de las personas y no meramente la ausencia de enfermedad o debilidad*”. Para ello, hay que tener en cuenta no sólo la desaparición de la enfermedad en sí, sino las secuelas orgánicas que ésta ha podido dejar, las consecuencias que estas secuelas producen en el conjunto del individuo y cómo marcan su relación con su entorno.

A lo largo de la historia contemporánea han sido muchos los intentos de clasificación y sistematización de la existencia o ausencia de determinadas funciones. Estos intentos de clasificación han ido proporcionando visiones incompletas en las diferentes dimensiones de la función o la ausencia de ella.

Los fundamentos conceptuales contemporáneos de la evaluación funcional residen en los “modelos de discapacidad” propuestos por Nagi y Woods. Entre todos ellos, el más conocido es el de la OMS de 1980 (*Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidad y Minusvalía* CIDD). Es el único modelo internacional y estándar de la terminología funcional que persigue establecer un catálogo de las consecuencias de la enfermedad, más allá de la mera recopilación de cuáles son las causas de la misma. Este

modelo presenta un planteamiento secuencial que podría esquematizarse tal y como se recoge en Figura 2:

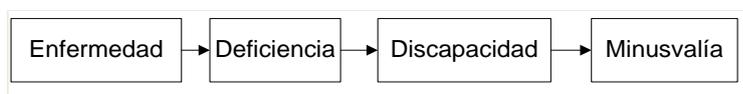


Figura 2. Modelo de Discapacidad de CIDMM. Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (IMSERSO, 1997)

Las flechas en este esquema no se deben interpretar como un “necesariamente implica”, sino como un “puede conducir a”.

La **deficiencia** hace referencia a las anormalidades de la estructura corporal y de la apariencia, así como de la función de un órgano o sistema, cualquiera que sea su causa; en un principio, las deficiencias representan trastornos en el ámbito del órgano. La CIDDM, dentro del marco de la salud, la define como “Toda pérdida o anormalidad de una estructura o función psicológica, fisiológica o anatómica”.

La **discapacidad** refleja la consecuencia de la deficiencia desde el punto de vista del rendimiento funcional y de la actividad del individuo; la discapacidad representa, por tanto, trastornos en el ámbito de la persona. La CIDDM, dentro del contexto de la salud, la define como: “Toda restricción o ausencia (debida a una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano”.

La **minusvalía** hace referencia a las desventajas que experimenta el individuo como consecuencia de las deficiencias y discapacidades; así pues, la minusvalía refleja una interacción y adaptación del individuo a su entorno. La CIDDM, dentro de la experiencia de la salud, la ha definido como: “Una situación desventajosa para un individuo determinado, consecuencia de una deficiencia o una discapacidad, que limita o impide el desempeño de un rol que es normal en su caso (en función de su edad, sexo y factores sociales y culturales).

La integración de estos conceptos quedaría reflejada en la Figura 3 de la siguiente manera:

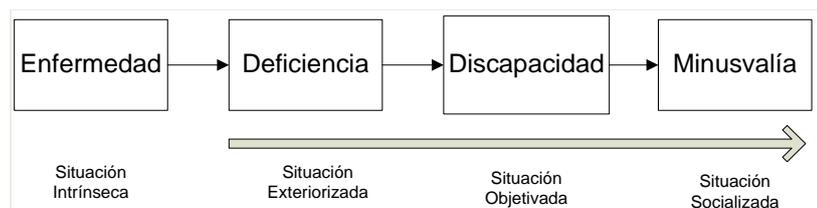


Figura 3. Clasificación Internacional de Deficiencia, Discapacidades y Minusvalías según la OMS (IMSERSO, 1997)

Recientemente, este modelo ha sido modificado y actualizado bajo el nombre de Clasificación Internacional del Funcionamiento y la Discapacidad (CIF). La CIF modifica la terminología CIDMM y considera la discapacidad como una interacción dinámica entre los distintos estados de salud y el propio contexto personal y ambiental (Ortega, 2004); clasifica los niveles de capacidad funcional de la persona como una actividad (Figura 4). El cambio de terminología, desde la discapacidad a la actividad, elimina las connotaciones negativas de aquel término y sitúa la evaluación funcional bajo las dimensiones de la actividad (Cohen y Marino 2000). Además tiene la ventaja de ser más útil y aplicable a nivel internacional, evitando los problemas interculturales.

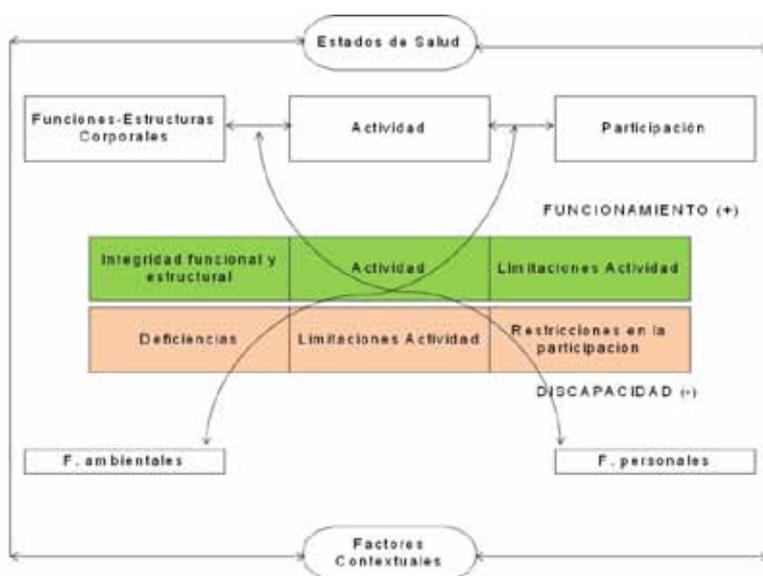


Figura 4. Clasificación Internacional del Funcionamiento y la Discapacidad (CIF). (Viosca, 2006)

Desde una perspectiva clínica, el proceso de discapacidad se inicia con una patología, desorden o accidente. En el esquema teórico, tal y como se ha comentado, la situación de origen, o patología se refiere a toda anomalía bioquímica o psicológica detectada y médicamente clasificada como enfermedad, lesión o condición congénita o de desarrollo. Puede resultar de una infección, traumatismo, desequilibrio metabólico, proceso degenerativo de la enfermedad u otra etiología; estas condiciones provocan una interrupción o interferencia de los procesos normales (Pope y Tarlov, 1991). Una patología activa implica la interrupción de los procesos celulares normales y un esfuerzo simultáneo del organismo por recuperar el estado normal (Jette y Badley, 2002).

Estas condiciones duran un tiempo, fase aguda, o bien pueden ser crónicas. Una patología crónica abarca una lesión progresiva con secuelas a largo plazo, y conlleva anomalías estructurales y sensoriales. Los cambios anormales bioquímicos o psicológicos son “interiores”, y no siempre directamente mensurables en la práctica médica contemporánea. Pacientes, entrevistados e informes médicos informan sobre el

diagnóstico, que es el lenguaje público de la patología. Pero detectar una patología a menudo consiste en la evaluación de los signos y síntomas más manifiestos, es decir en la evaluación de las deficiencias.

La deficiencia incluye anomalías, defectos o pérdidas, y se refiere al nivel del tejido orgánico o sistema corporal (Jette y Badley, 2002), pero no al organismo en su conjunto. Las deficiencias representan una desviación de la “norma” generalmente aceptada en relación al estado biomédico del cuerpo y a sus funciones.

Las deficiencias suceden en el escenario al que pertenece la patología primaria, pero también pueden ocurrir en escenarios secundarios, tanto inmediatamente como retardadas (por ejemplo la diabetes tiene un impacto primario sobre el sistema metabólico, pero un efecto posterior en el sistema cardiovascular, neurológico, renal, etc.). Las deficiencias pueden ser intermitentes, temporales o permanentes. No siempre existe una relación causal entre enfermedad y deficiencia; por ejemplo la pérdida de un miembro puede resultar como consecuencia de un traumatismo o por una anomalía vascular. La presencia de una deficiencia necesariamente implica una causa, no obstante la causa puede no ser suficiente para explicar la deficiencia resultante. El concepto deficiencia es más amplio y contempla tres categorías claramente diferenciadas:

1. Condiciones derivadas directamente de la patología.
2. Pérdidas residuales o anomalías que queden después de controlar o eliminar una patología.
3. Anomalías no asociadas a una enfermedad, como por ejemplo las derivadas de un accidente.

Asimismo, las deficiencias pueden derivar de otras deficiencias. Por ejemplo, la pérdida de fuerza muscular puede desembocar en una atrofia del movimiento articular; problemas respiratorios pueden derivar en anomalías cardiovasculares, y una percepción deficitaria puede afectar a las funciones cognitivas.

Las deficiencias son por tanto anomalías significativas de sistemas corporales específicos que tienen consecuencias para el funcionamiento físico, mental o social.

Dichas consecuencias son las **limitaciones funcionales**. Por limitación funcional se entiende el conjunto de restricciones para el desarrollo de las acciones físicas y mentales propias en la vida diaria para un grupo de edad y sexo. Se trata de las consecuencias de la deficiencia a nivel del individuo: restricciones en el mantenimiento básico de la persona (Naggi, 1991).

Las limitaciones funcionales se refieren a nivel del organismo como un conjunto, y no a los problemas en un órgano en concreto como las deficiencias. Cualquier limitación funcional resulta de una deficiencia, pero no todas las deficiencias derivan en una limitación funcional.

Las limitaciones funcionales se asocian con lo que un organismo puede hacer objetivamente. Incluyen la movilidad general, algunos movimientos concretos y la fuerza, problemas de visión, problemas de audición y de comunicación. Pero las limitaciones en las acciones desarrolladas por las personas no son únicamente las funcionales sino también, como reivindican cada vez más autores (Baltes *et al.*, 1996), cognitivas y emocionales.

Las funciones cognitivas se refieren a funciones mentales como la memoria a corto plazo, el lenguaje, recordar el momento en el que se han de hacer ciertas actividades o la orientación en el tiempo y el espacio.

Por su parte, las funciones emocionales se refieren a lo que se siente con fuerzas de hacer, como relacionarse con compañeros o amigos, desenvolverse en el ámbito de trabajo, relacionarse con la familia, cuidar de otros, o acatar responsabilidades. Estas limitaciones funcionales, cognitivas y emocionales constituyen la interferencia básica entre una persona y el medio físico y social en el que desarrolla sus actividades diarias.

Bajo esta perspectiva, resulta esencial encontrar el instrumento apropiado para medir de forma objetiva sin mezclar conceptos distintos en el mismo registro (Viosca, 2006). Así pues, para llevar a cabo una adecuada evaluación de las funciones humanas resulta imprescindible medir por separado la deficiencia, la discapacidad y la minusvalía.

1.1.4. PATOLOGÍAS FRECUENTES CAUSANTES DE LIMITACIÓN FUNCIONAL

Como ha quedado expuesto en los apartados anteriores, **la valoración funcional es una medida del “cambio”** el cual proporciona información acerca de cómo una determinada persona realiza ciertas actividades relacionadas con todas las dimensiones de su vida cotidiana. Debe ser entendida como un proceso global y multidisciplinar que cubre las cuatro categorías de las funciones humanas (física, intelectual, emocional y social).

El desarrollo normal de estas cuatro dimensiones humanas se encuentra estrechamente relacionado con el estado de salud del individuo. De hecho, tal y como reflejan los principales modelos de discapacidad, comentados en el apartado anterior, la presencia de un **daño corporal** es el primer estadio para la aparición de una limitación funcional, siendo ésta una condición necesaria pero no suficiente.

En un sentido amplio, el daño corporal se define como la consecuencia de toda agresión, exógena o endógena, sobre cualquier zona del cuerpo. Las causas que lo originan pueden tener doble naturaleza: violenta o natural. En la primera se encuentran, entre otras, los accidentes tanto laborales como causales. Por su parte, el daño corporal de origen natural es la consecuencia de múltiples procesos patológicos que llevan asociados las distintas enfermedades.

Las manifestaciones y consecuencias de las acciones causantes del daño corporal son muy diversas lo que requiere un abordaje distinto tanto para su diagnóstico como para su tratamiento. Entre las clasificaciones más extendidas de las manifestaciones del daño se encuentra la que las divide en 5 grupos:

1. **Anatómicas:** las que afectan a cualquier tejido, órgano, aparato o sistema corporal, con independencia de la función.
2. **Funcionales:** son aquellas que afectan la función de cualquier tejido, órgano, aparato o sistema.
3. **Estéticas:** afectan a la belleza y a la estimación de la persona.
4. **Morales:** son manifestaciones colaterales a la propia lesión o daño corporal de naturaleza psíquica.
5. **Extracorpóreas:** Cuando la lesión trasciende a daños físicos o morales sobre personas o cosas.

Bajo este planteamiento y en concordancia con el objetivo del presente trabajo, resulta imprescindible conocer las manifestaciones del daño corporal que en mayor medida ocasionan limitaciones funcionales y por consiguiente, acaban afectando al normal discurrir de las actividades de la vida diaria.

En este sentido y tomando como referencia la información publicada por el área de Salud Pública de la Comisión Europea (<http://ec.europa.eu>), las familias de patologías de alta prevalencia en el continente europeo con mayor repercusión sobre la funcionalidad, pueden ser clasificadas en:

- Enfermedades neurodegenerativas o cerebrales no psiquiátricas.
- Trastornos psiquiátricos y psicológicos.
- Trastornos cerebrales. Enfermedad Cerebral sobrevenida.

- Afectaciones musculoesqueléticas.

A continuación se desarrolla brevemente las principales características de cada una de estas familias, teniendo en cuenta que determinadas etiologías pueden desencadenar afectaciones en más de una dimensión humana (sirva el ejemplo de pacientes afectados de parálisis cerebral, los cuales presentan en la mayoría de las ocasiones minusvalías no sólo en aspectos físicos sino también intelectuales, emocionales y sociales).

1.1.4.1. ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS O CEREBRALES NO PSIQUIÁTRICAS

Las enfermedades neurodegenerativas se definen como afecciones hereditarias y esporádicas caracterizadas por una disfunción progresiva del sistema nervioso. Con frecuencia, estos trastornos están asociados con una atrofia de las estructuras afectadas del sistema nervioso central o periférico.

Entre ellas figuran afecciones como la enfermedad de Alzheimer, el cáncer de cerebro, las enfermedades neurodegenerativas, la demencia, la encefalitis, la epilepsia, los trastornos cerebrales genéticos, las malformaciones del cerebro y del cráneo, la hidrocefalia, el derrame cerebral, alteraciones del cerebro y el sistema nervioso, la enfermedad de Parkinson, la esclerosis múltiple, la esclerosis lateral amiotrófica, el corea de Huntington, la demencia frontotemporal, las enfermedades priónicas y otras.

En el marco de la información sanitaria relativa a las enfermedades neurodegenerativas se incluyen las enfermedades cerebrales, definidas como afecciones patológicas que afectan también al cerebro, compuesto por componentes intracraneales del sistema nervioso central, como la corteza cerebral, la sustancia blanca, los ganglios basales, el tálamo, el hipotálamo, el tronco cerebral y el cerebelo.

1.1.4.2. TRASTORNOS PSIQUIÁTRICOS Y PSICOLÓGICOS

En otra dimensión diferente a los anteriores se encuentran los cuadros patológicos emocionales o "síndromes depresivos". En estos estados, el paciente se caracteriza por presentar una tristeza profunda que afecta la totalidad de su vida psíquica, física y de relación social. Se ve acompañada en mayor o menor medida por síntomas de inhibición o angustia y por diferentes manifestaciones físicas. Según los datos recopilados por el Área de Salud Pública de la Unión Europea, aproximadamente el 40% de las personas que consultan en forma ambulatoria un servicio de Salud Mental de un Hospital General, presentan un trastorno depresivo; siendo la población femenina la más afectada. La depresión es el factor más importante de riesgo suicida: el 70% de los suicidas presentan síntomas depresivos, pero la intensidad de los síntomas no constituye en sí un factor adicional de riesgo.

Los trastornos de origen cerebral (psiquiátricos, neurológicos y enfermedades que requieren neurocirugía) son una creciente fuente de discapacidad e incapacidad. El impacto económico de los trastornos cerebrales todavía no es bien conocido en Europa. La OMS afirma que este conjunto de patologías suponen el 35% de todas las enfermedades registradas en el continente europeo.

Según la información presentada por el *European Journal of Neurology* en el año 2005, se estima que alrededor de 127 millones de europeos presentan algún tipo de trastorno

cerebral. El coste anual de este tipo de trastornos supuso en 2004 un total de 386 billones de Euros, distribuyéndose según la Tabla 3:

Costes directos	135 billones	Atención sanitaria de pacientes ingresados en centros hospitalarios	78 billones
		Asistencia externa	45 billones
		Gasto farmacéutico	13 billones
Costes indirectos <i>(días de baja, pérdida de productividad, incapacidades y mortalidad)</i>	179 billones		
Costes sociales <i>(atención y cuidados personales)</i>	72 billones		

Tabla 3. Gastos asociados a los trastornos cerebrales ya sean de origen neurológico o psiquiátrico

1.1.4.3. TRASTORNOS CEREBRALES. ENFERMEDAD CEREBRAL SOBREVENIDA

El daño cerebral es una lesión que se produce en las estructuras cerebrales de forma súbita en personas que, habiendo nacido sin ningún tipo de daño en el cerebro, sufren en un momento posterior de su vida, lesiones en el mismo como consecuencia de un accidente o una enfermedad. La lesión cerebral más frecuente es el **traumatismo craneoencefálico (TCE)** producido por accidentes de tráfico, laborales, deportivos, caídas o agresiones. Si bien existen otras muchas causas, como tumores cerebrales, anoxias cerebrales por infarto de miocardio, enfermedades metabólicas o **accidentes cerebrovasculares (ACV)**, más usuales entre la gente mayor que las lesiones traumáticas. Más del 80% de los afectados de traumatismo craneoencefálico se debe a accidentes de tráfico de jóvenes entre los 15 y 30 años.

Se utiliza la definición de lesión cerebral cuando hay un problema suficientemente importante que afecta a la cabeza, dañando no solamente la caja craneal sino también el cerebro.

Estos trastornos suponen un problema de salud de primer orden dado su frecuencia y por su impacto tanto sobre los enfermos y sus familias como sobre la sociedad (Tabla 4). Por este motivo, estos problemas de salud exigen ofrecer una respuesta cada vez más especializada, en la medida en que los avances tecnológicos y la investigación progresa.

	Población entre 65-84 años	Población > 75 años
Prevalencia % (IC 95%)	4.84% (4.47 – 5.21)	7.06% (6.52 – 7.60)
Incidencia anual (IC 95%)	8.72 por 1.000 (7.47 – 10.06)	17.31 por 1.000 (14.79 – 20.02)

Tabla 4. Frecuencia de ACV en Europa a inicios del siglo XXI (Gangoiti, 2004)

Según la Federación Española de Daño Cerebral (<http://www.fedace.org>), en España en el año 2009 se produjeron al menos **35.000 ingresos hospitalarios** por traumatismos con afectación neurológica (accidentes de tráfico, accidentes laborales o deportivos, caídas domésticas o agresiones, etc.), gran parte de los cuales provocaron alteraciones funcionales a unas 4.300 personas.

En España, las alteraciones neurológicas constituyen la segunda causa de mortalidad (primera en la mujer) y es el principal responsable de discapacidad física grave en el adulto (Castillo, 2000). En pacientes mayores de 60 años, la incidencia con discapacidad residual grave a los seis meses es de 75 por 10.000 personas (Jimenez Muro, 2000).

En España, la estancia hospitalaria media de los pacientes afectados por ACV es similar a la referida en el resto de Europa; no obstante el uso de la rehabilitación es significativamente más bajo (Jimenez Muro, 2000). Un estudio presentado por Carol-Artal *et al.* (1999) analiza el coste sanitario medio en España de los accidentes cerebrovasculares, cifrando el gasto total medio por paciente a lo largo del primer año de seguimiento en más de 6.000€. A esta cifra habría que añadirle el gasto derivado de la rehabilitación, el transporte sanitario y la adquisición del material ortésico, lo que daría como resultado una cifra cercana a **10.000€ por paciente en primer año**. A pesar de estas cifras económicas, existen muchos estudios (Schmidt, 2000) que demuestran que si comparamos la inversión media en rehabilitación por paciente en España, dista mucho de la que destinan los países industrializados de nuestro entorno.

Ante esta realidad, y debido al envejecimiento progresivo de la población, se espera un incremento en el impacto sanitario de los trastornos cerebrales. Este impacto será fundamentalmente debido al aumento de la discapacidad con estabilización de la mortalidad (Di Carlo, 2000). Por todo ello, es previsible un **aumento significativo de la demanda de rehabilitación en las próximas décadas**. Las empresas que dirigen sus servicios a la rehabilitación de este tipo de pacientes han de responder a este reto tanto a nivel de la actuación sobre cada paciente individual como en el aspecto organizativo de los recursos que gestionan.

1.1.4.4. AFECTACIONES MUSCULOESQUELÉTICAS

Las afecciones musculoesqueléticas incluyen **más de 150 enfermedades y síndromes**, que generalmente son progresivos y dolorosos. Según el *Statistical Office of the*

European Community – Eurostat (<http://ec.europa.eu>), los trastornos musculoesqueléticos pueden categorizarse en:

- Enfermedades articulares
- Discapacidad física
- Trastornos vertebrales
- Afecciones resultantes de algún trauma

Las afecciones que presentan un mayor impacto social son la artritis reumatoide, la artrosis, la osteoporosis, la lumbalgia y los traumatismos de las extremidades. El uso del término «problemas musculo-esqueléticos inespecíficos» implica que no se establece un diagnóstico claro, puesto que el término incluye todas las afecciones dolorosas del sistema musculoesquelético.

Los dolores musculo-esqueléticos constituyen la queja más frecuente señalada en las encuestas de salud (*Statistical Office of the European Community – Eurostat*). Los diferentes dolores musculo-esqueléticos reciben una enorme variedad de nombres distintos, que reflejan la diversidad de opiniones y la falta de consenso en cuanto a su origen. Las afecciones musculoesqueléticas son muy corrientes y tienen importantes consecuencias para el individuo y para la sociedad. A modo de ejemplo, el 50 % de la población afirma haber sufrido dolores musculo-esqueléticos en uno o más puntos del cuerpo durante al menos una semana en el curso del mes de noviembre de 2007. Las encuestas de población realizadas muestran que el **dolor de espalda** constituye el dolor más común entre los adultos más jóvenes y los de mediana edad, mientras que entre las personas más mayores el dolor más común es el **dolor de las rodillas**. La discapacidad física muestra una prevalencia más elevada entre las mujeres que entre los hombres, y aumenta con la edad: alrededor del 60 % de las mujeres mayores de 75 años que viven en la sociedad señalan alguna limitación física.

Entre las personas mayores, la artritis reumatoide, la artrosis y la osteoporosis se asocian con la pérdida de independencia y con la necesidad de un mayor apoyo en la comunidad o la admisión en un centro de cuidados residenciales. Entre un 15 % y un 20 % de las consultas de atención primaria se deben a afecciones musculoesqueléticas. A muchas de estas personas se les aconseja recurrir a las especialidades médicas asociadas, como la fisioterapia, la terapia ocupacional o la quiropráctica; o a médicos especialistas como reumatólogos, cirujanos ortopédicos o especialistas en rehabilitación. La prótesis total de una articulación (principalmente de la cadera o de la rodilla) constituye una de de las operaciones electivas más comunes entre las personas de edad avanzada de la mayoría de países europeos. Las fracturas de antebrazo, de columna vertebral y de cadera son las que tienen mayores consecuencias para los servicios sanitarios de osteoporosis.

Según un estudio publicado en 2008 por la *Agencia Europea de Salud e Higiene en el Trabajo* (*Work-related musculoskeletal disorders: Prevention report*), **los Trastornos Musculo-esqueléticos (TME) constituyen el problema de salud más común en el ámbito laboral a nivel europeo**. En la Unión Europea de los 27, el 25% de los trabajadores refieren en algún momento de su vida dolor de espalda y el 23% lo hacen de afecciones musculares. Los TME constituyen la principal causa de absentismo laboral en prácticamente la totalidad de los estados miembros. En algunos países, el

40% de las compensaciones por baja es a causa de los TME, llegando a suponer un coste del 1.6% del PIB.

En España, según un estudio presentado por la Sociedad Española de Reumatología, la Fundación Abbott, el Foro Español de Pacientes, la Fundación Ramón Areces y TAISS en el marco del proyecto europeo Fit for Work, las enfermedades musculoesqueléticas fueron la principal causa de incapacidad temporal (IT) en 2007, produciendo casi 36 millones de días de baja laboral, con un coste para el Instituto Nacional de la Seguridad Social (INSS), las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social y empresas de más de 500 millones de euros. Este mismo estudio pone de manifiesto que las enfermedades musculoesqueléticas provocaron en 2007 un 18% de todas las IT en España y el 23% de los costes generados por esta causa.

El mayor número de procesos de IT se produjo entre la población de 36 a 45 años. Sin embargo, el grupo de edad con mayor coste total asociado a estos trastornos es el de 46 a 55 años por ser episodios de mayor duración.

Dentro del conjunto de enfermedades y síndromes que constituyen los TME, si se analiza la incidencia de cada familia de patologías según el número de demandas de incapacidad producida, se puede observar que la mayoría de los casos se producen por trastornos de la columna vertebral (23%) seguidos por los trastornos articulares periféricos (10%) (Arancón, 2002).

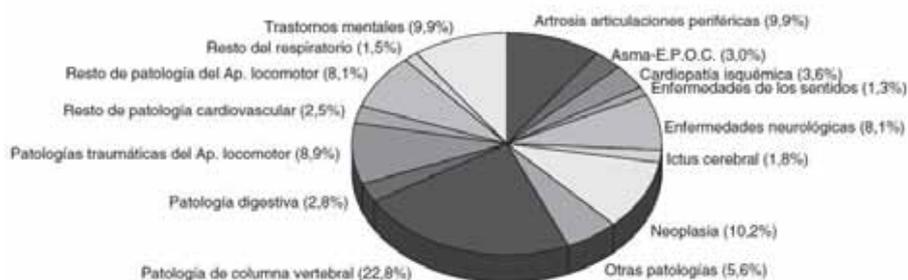


Figura 5. Tasa de incapacidad demandada según patologías totales en el año 2000 (Arancón A., 2002)

Entre los trastornos de la columna vertebral sin duda la lumbalgia es el síndrome más frecuente, con una importantísima dimensión sanitaria y socioeconómica. En una revisión sistemática presentada por Walder (2000), la prevalencia de la lumbalgia se fijaba entre 22-65% en la población adulta.

El dolor lumbar es el segundo motivo de baja laboral tras el resfriado común y la primera causa de incapacidad en los países desarrollados (Flórez García *et al.*, 2006).

Una característica paradigmática de este síndrome es que sólo el 10% de los casos presenta una causa específica definida, mientras que en el 80% restante no se puede identificar una alternación que la justifique.

A nivel económico, la lumbalgia representa en España un coste económico anual que oscila entre el 1.5 y 2% del PIB (Casado *et al.*, 2008). El análisis realizado por

Gonzalez y Condón (2000) revela que cada año se produce una media de **55.500 bajas labores** motivadas por este síntoma clínico, lo que supone un 11.4% del total de incapacidades transitorias que se registran anualmente. Este dato supone una pérdida superior a un millón de jornadas laborales para el sector productivo nacional y un coste económico por trabajador por encima de los 1.300€. Según este mismo estudio, esta cifra es una de las más altas de los países de la Unión Europea, por detrás de Suecia.

A nivel cervical, los traumatismos de la columna vertebral presentan una prevalencia casi tan alta como la de las lumbalgias. Aunque son diversas las causas que producen dolor en la zona cervical es sin duda el síndrome del latigazo cervical (SLC) (*whiplash*) el que mayor repercusión presenta. El creciente incremento de la frecuencia se pone de manifiesto en la actividad médica desarrollada por las compañías aseguradoras a lo largo de los últimos 20 años. La importancia de estas lesiones se debe a que más del 80% de las reclamaciones por lesiones en accidentes de circulación se deben a lesiones a nivel de la columna cervical (Borobia, 2008).

Según Garamendi y Landa (2003), en los países occidentales los trastornos asociados al whiplash en la fase aguda pueden estimarse en 100 nuevos casos por cada 10.000 habitantes año; sin embargo, esta cifra oscila entre países europeos y, más concretamente, en los de la Unión Europea. A nivel mundial, los países con una mayor incidencia en esta patología son Estados Unidos y Noruega.

En España, en los últimos dos años el número de esguinces cervicales ha crecido de forma no fácilmente justificable ni desde el punto de vista técnico ni médico. Actualmente, la incidencia de la patología relacionada con el latigazo cervical está presente en cerca del 55% de los accidentes de tráfico, lo que supone entorno a 25.000 nuevos casos al año (Borobia, 2008).

Al margen de los TME asociados a la columna vertebral, mención especial requieren los asociados a nivel del hombro. Cerca de la mitad de la población sufre al menos un episodio anual de dolor de hombro (Brox, 2003). Tras el dolor lumbar y el cervical es la tercera causa de incapacidad de origen musculoesquelético en los países desarrollados (Gomoll, 2004).

En definitiva son innumerables las patologías, síndromes y trastornos que pueden afectar significativamente a la funcionalidad de las personas y de muy diversas maneras; desde la deambulación o la bipedestación, pasando por la manipulación de objetos y cargas, hasta el aseo personal, manutención o la imposibilidad de relacionarse con el entorno que nos rodea.

1.1.5. RECUPERACIÓN FUNCIONAL. LA REHABILITACIÓN

La rehabilitación es una especialidad médica que surge como respuesta al tratamiento de la discapacidad.

La actividad clínica sobre este campo se ha construido desde una perspectiva científica, con una contribución decisiva de la **biomecánica**, y también sobre una tradición histórica de procedimientos terapéuticos físicos. De ahí que la especialidad mantenga la doble denominación “*Medicina Física y Rehabilitación*” (RHB).

Por supuesto, la idea de rehabilitación de la discapacidad es un concepto mucho más amplio y atañe a disciplinas muy diversas, como la Psicología, el Derecho o la Ingeniería. Muchas son las profesiones que tienen una relación con la persona y con la discapacidad, pero la medicina, hasta ahora, es la única que ha construido una actividad clínica y profesional específica y una amplia red asistencial internacional dedicada a las personas con discapacidad.

La RHB ha pasado por diversas etapas hasta su consolidación. Su definición surgió de la mano de la gimnasia cuando ésta se desarrolló desde una perspectiva científica. Fueron muchos los investigadores que se percataron del potencial del ejercicio físico para preservar la salud, curar la enfermedad y restaurar la capacidad del movimiento. Uno de ellos, Sebastián Busqué, fue el primero en utilizar la palabra “*Rehabilitación*” en la bibliografía médica de 1865 (Climent, 2001). Poco más tarde la escuela francesa de Neurología desarrolló el concepto de “reeduación locomotriz” que supuso una revolución en el tratamiento de enfermedades nerviosas a través del ejercicio físico.

Más tarde se producirían dos hechos importantes en relación a la atención clínica de los discapacitados. El primero fue motivado por los heridos de ambas guerras mundiales, que impulsaron a los estados occidentales a asumir el compromiso de la RHB. El segundo y definitivo fue causado por las epidemias de poliomyelitis del segundo cuarto del siglo XX, que fue una motivación añadida para que muchos Estados creasen redes asistenciales. Sobre esta base, **la RHB se reconoció en 1947 como especialidad médica en Estado Unidos**. En definitiva, la rehabilitación ha evolucionado desde una nueva idea terapéutica a finales del siglo XIX hasta una actividad profesional, que ha cristalizado a mediados del siglo XX.

Los fundamentos de la RHB se centran en conceptos tan poco precisos como son la **discapacidad** y la **valoración funcional**. La discapacidad está íntimamente relacionada con las enfermedades y trastornos de las funciones motoras del ser humano, restringiendo de manera significativa la movilidad. Esta es la razón fundamental por la que la RHB centra sus esfuerzos de una manera más intensa en los trastornos del aparato locomotor (sistema nervioso, musculoesquelético y articular).

En la Figura 6 se muestra la distribución de los distintos tipos de enfermedades atendidas en rehabilitación.

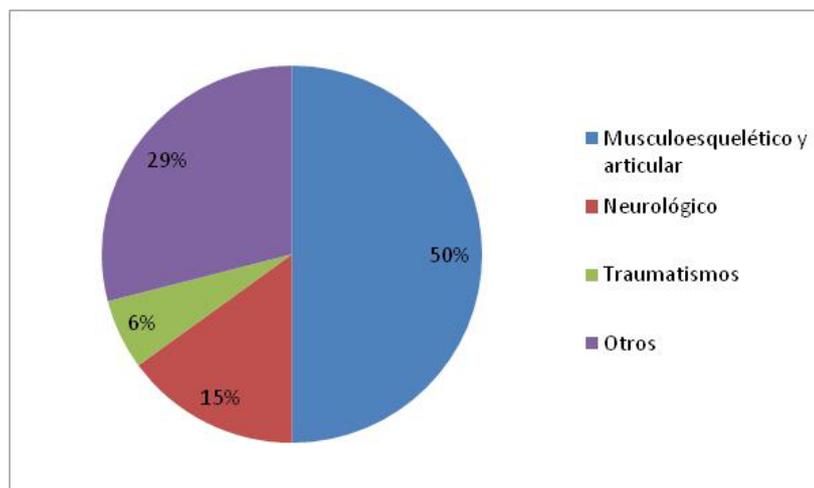


Figura 6. Distribución de los tipos de enfermedades atendidas en rehabilitación (Climent J.M. 2001)

Dentro de la especialidad, la mayor actividad sanitaria se centra en torno a las parálisis de origen central o periférico, a las deformidades, a las rigideces articulares y las patologías y síndromes del sistema musculoesquelético.

La mayor parte de estas enfermedades ocasionan una limitación funcional lo que las une necesariamente con la RHB, pero no todas ellas tienen el mismo alcance ni repercusión. La mayor parte de los **traumatismos** suelen producir restricción funcional temporal, de modo que requieren actuaciones rehabilitadoras breves o a medio plazo. Las **musculoesqueléticas** y **articulares** son muy variables, pero evolucionan a medio o largo plazo y producen restricción moderada. Las **neurológicas**, sin embargo, generan discapacidades más graves y duraderas, presentando un perfil de atención más exigente, con mayor dedicación de recursos e infraestructuras.

Desde el punto de vista diagnóstico, la peculiaridad más significativa de la RHB se centra en la valoración funcional. Dos personas con la misma patología pueden tener repercusiones funcionales distintas. Tanto es así que una de las dos puede llevar una vida activa e integrada en todos los roles sociales, mientras que la otra puede estar muy limitada y con una incapacidad importante para llevar a cabo las actividades de la vida diaria (Frattali, 1993; Goldstein, 1995a). Esto se debe a que la valoración funcional, abarca todos los aspectos que rodean al individuo, sus experiencias pasadas y sus expectativas futuras. Es sin duda, una manera de afrontar el diagnóstico clínico que va más allá de la identificación del daño como elemento de clasificación médica. La valoración funcional por tanto, trata de determinar el impacto de la enfermedad sobre la vida y capacidad de los pacientes con el fin de establecer objetivos terapéuticos, valorar los resultados y determinar el momento en el que se ha alcanzado la estabilización evolutiva.

Desde el punto de vista terapéutico, la RHB añade al tratamiento puramente farmacológico la componente física (masaje, termoterapia, electroterapia, etc.). Estos

elementos terapéuticos tienen la peculiaridad de ir dirigidos principalmente a mejorar la función y aliviar el dolor.

Por otro lado, el médico rehabilitador tiene competencia en ortopedia clínica y está capacitado para identificar las necesidades en orden a mejorar o sustituir las funciones de sus pacientes mediante la aplicación de ortesis o prótesis.

No obstante, a pesar de la visión holística que diferencia al profesional rehabilitador durante el proceso de diagnóstico y tratamiento de sus pacientes, la actual coyuntura sociosanitaria plantea nuevos retos a la especialidad (Climent, 2001):

- Por un lado, los profesionales de la rehabilitación deben adaptarse a la continua evolución, tanto desde el punto de vista instrumental como aplicativo, de la forma de llevarse a cabo las valoraciones funcionales. La valoración fiable, precisa y objetiva de las capacidades humanas y sus implicaciones diagnóstica, evolutiva y de peritaje, forma un campo de desarrollo al que resulta imprescindible que los especialistas rehabilitadores se incorporen de manera determinante.
- Por otro lado, la extraordinaria demanda social en relación al tratamiento de las enfermedades y síndromes del aparato locomotor, en especial los trastornos musculoesqueléticos de los tejidos blandos, exige a la especialidad el desarrollo de nuevas herramientas y procedimientos que optimicen los recursos sociosanitarios que gestiona la RHB.

En España, la RHB constituye una especialidad médica en continuo crecimiento, con un potencial clínico y una capacidad organizativa y de difusión muy notable. Un servicio hospitalario medio de RHB realiza entre 15.000 y 20.000 actos médicos al año (SERMEF, 2005). España cuenta con más de 1.600 facultativos asociados a **SERMEF** (*Sociedad Española de Medicina Física y Rehabilitación*) y cada año se forman alrededor de 70 nuevos médicos especialistas que acaban ejerciendo su profesión en Servicios de Rehabilitación de hospitales de la red pública, Centros de Especialidades, Mutuas Laborales o compañías privadas de seguros de salud.

1.1.6. TÉCNICAS DE VALORACIÓN OBJETIVA DE LA FUNCIÓN

Dentro del campo de la valoración clínica es importante destacar que las consecuencias de la enfermedad o trastorno suelen verse modificados por la situación personal del paciente. Tal y como se comentó en apartados anteriores, la afectación en la función de un determinado trastorno o síndrome depende de todas las dimensiones del individuo; por tanto, su situación laboral, económica y emocional jugarán sin duda un papel relevante en las manifestaciones y secuelas originadas por la lesión.

No obstante, si la valoración funcional se encarga de estudiar y evaluar dichas repercusiones o menoscabos en relación al desarrollo de las AVD, existen otras muchas técnicas que se encargan de realizar un análisis objetivo y detallado de la estructura corporal afecta. Estas técnicas se centran en el diagnóstico, es decir, en conocer el origen del cuadro clínico. Su utilización es generalizada y se encuentra circunscrito al modelo médico tradicional, ya que se basa en la patología como pieza clave de caracterización y clasificación médica. Entre ellas se encuentran pruebas de laboratorio, técnicas de imagen (Rx, TAC, RMN, mielografía, gamagrafía ósea), estudios electrodiagnósticos (EMG) y termografía.

A pesar de su objetividad, por sí solas tiene una utilidad importante pero limitada en los procesos de valoración y no siempre presentan una buena correlación entre sus resultados y el estado funcional del paciente (Nachemson, 1976; Flórez *et al.*, 1992).

Incluimos en este apartado las técnicas más extendidas en la práctica clínica como información complementaria en los procesos de valoración corporal.

- **Radiografía convencional:** constituye un elemento clave en el diagnóstico y es la primera exploración que suele realizarse. Tiene alta sensibilidad y especificidad (Miralles, 2001) y se caracteriza por ser la exploración más rápida y simple en sucesivos controles, siendo en algunos casos muy útil en la obtención de conclusiones.
- **Tomografía Axial Computerizada (TAC):** Propone un paso hacia delante en el diagnóstico por imagen, permitiendo la adquisición volumétrica y las reconstrucciones bi o tridimensionales de la zona dañada. Constituyó, hasta la aparición de la resonancia magnética y de la ecografía, prácticamente la única alternativa para delimitar con cierta exactitud las lesiones de las partes blandas del aparato musculoesquelético. Sin embargo, la información que proporciona tiene problemas de especificidad, por lo que no constituye una técnica de primera elección salvo por limitación de medios en el entorno hospitalario. La disponibilidad de TAC con ventana de partes blandas mejora sustancialmente las posibilidades de esta técnica.
- **Resonancia magnética nuclear (RMN)** es una técnica diagnóstica de imagen que identifica con claridad pequeñas diferencias de densidad de los tejidos sin exponer al paciente a radiaciones ni a material de contraste. Posibilita la representación exacta de la situación de las partes blandas. La ventaja principal de la RMN es la capacidad de evaluar el estado de tendones, partes blandas adyacentes, huesos y articulaciones de forma simultánea, siendo capaz de

detectar tanto tendinitis, roturas tendinosas como tumores óseos, sinoviales, anomalías congénitas, etc.

Es una de las pruebas más jóvenes de las que se dispone y la correlación de los signos y síntomas clínicos con los resultados anómalos aún deben determinarse (Witt *et al.*, 1984).

- **Ecografía:** Se basa en la transmisión y reflejo por las estructuras del organismo de ondas sónicas de diferentes frecuencias. Emitidos y recogidos por el mismo transductor o sonda ecográfica y transformados en escala de grises se convierte en imágenes anatómicas.

En la enfermedad tendinosa la ecografía es la técnica de elección y en particular en las lesiones de rotura de fibras musculares (Moya, 1995).

- **Gammagrafía:** se basa en la captación por tejidos de isótopos radiactivos introducidos en el organismo. La gammacámara detecta la mayor o menor concentración del radioisótopo en diferentes tejidos y lo reproduce en imagen. En campos como la detección de fracturas por estrés, lesiones poco visibles en otras exploraciones, tiene gran sensibilidad (Miralles, 2001).
- **Mielografía** es una técnica invasiva que requiere la inyección de un medio de contraste para visualizar la médula espinal y las raíces al realizar posteriormente una radiografía o un TAC (mielo-TAC). Es una técnica muy útil para identificar lesiones del interior del conducto vertebral, pero tiene ciertas limitaciones. Es un procedimiento invasivo asociado a muchos más efectos secundarios que otras técnicas de imagen. La indicación de la misma ha disminuido mucho al ser suplantada poco a poco por la RMN, sobre todo en el estudio del paciente con dolor lumbar (Wang, 1995).
- **Termografía:** Es una técnica no invasiva basada en la creación de imágenes a partir de la irradiación infrarroja (calor) emitida por la superficie corporal. Esta prueba se fundamenta en el principio según el cual las variaciones de diferentes funciones orgánicas alteran a su vez el aporte vascular cutáneo que calienta la piel. El cuerpo tiene simetría térmica. Una termografía no es normal si hay diferencias entre los dos lados mayores de 1°C afectando al 25% del área evaluada. Las alteraciones de los patrones de distribución de la temperatura fisiológica también son indicativos de anomalía. El dolor agudo se asocia a un aumento de temperatura, y el crónico a una disminución de la misma. El aumento de temperatura se localiza sobre las áreas afectadas por un proceso inflamatorio. El aumento de metabolismo muscular asociado a espasmo o contracción se puede detectar como un aumento térmico debido al aumento de circulación en la superficie. La revisión realizada por Hoffman (1991), trata de la precisión diagnóstica y utilidad clínica de esta prueba en la radiculopatía lumbar, no encontrando resultados positivos que animen a la utilización de la misma.
- **Electromiografía:** Esta técnica se basa en el registro de la actividad eléctrica generada por el músculo estriado. Se caracteriza por ser una disciplina especializada que se ocupa de la evaluación clínica y neurofisiológica de la

patología neuromuscular y de ciertos aspectos de la patología del SNC. En determinados casos se puede cuantificar la fuerza muscular resultante a partir del registro electromiográfico, en especial en condiciones estáticas. La electromiografía, en condiciones dinámicas, no es una medida directa de la fuerza muscular. A partir de un registro electromiográfico se intenta extraer tres parámetros: la secuencia de activación muscular, el esfuerzo estático y la fuerza muscular. Si bien es posible identificar la cantidad de esfuerzo muscular, no es tan sencillo especificar la fuerza muscular verdadera realizada. Lo anteriormente señalado limita y matiza la utilización de la electromiografía dinámica como técnica de cuantificación real de la fuerza ejercida por diferentes grupos musculares durante la realización de un determinado movimiento y, por tanto, es necesario una gran experiencia y cautela al utilizarla como técnica de cuantificación de movimientos humanos.

En definitiva son muchas las técnicas objetivas que pueden ser utilizadas como pruebas médicas complementarias durante el proceso de valoración clínica. En cualquier caso, todas ellas deben ser utilizadas después de la realización de un diagnóstico diferencial a partir de una buena anamnesis y una completa exploración física. De esta forma, se podrá hacer una correcta interpretación de los resultados, y permitirán confirmar o descartar diagnósticos específicos de la enfermedad.

1.1.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS BIOMECÁNICO PARA LA VALORACIÓN DE LAS FUNCIONES HUMANAS

La valoración de las funciones humanas tiene por objetivo analizar qué hacen las personas y cómo lo hacen. Es una medición del cambio y por tanto, lleva implícito un análisis dinámico de la evolución experimentada por las estructuras corporales en respuesta a un determinado estímulo externo o interno.

Como cualquier otra disciplina del conocimiento humano, la valoración funcional requiere de instrumentos que permitan mensurar aquellos fenómenos que les ocupa con el objetivo de analizarlos, comprenderlos y plantear las actuaciones que se precisen en cada caso.

En este sentido, los primeros instrumentos desarrollados para tratar de objetivar la función y que aún hoy en día siguen utilizándose, son las **escalas de valoración funcional**. Su formato varía desde entrevistas hasta cuestionarios, autonotificaciones o pruebas observacionales directas (Halpern, 1984). En los últimos 60 años se han desarrollado numerosas escalas (Barer, 1989); ninguna es ideal o perfecta, por lo que se impone una selección de las más adecuadas, dependiendo de la información necesaria y del objetivo perseguido. Además, la subjetividad tanto del evaluador como del evaluado en el proceso de recogida de información, hace que sean muchos los profesionales que las crean insuficientes o incompletas, abogando por el desarrollo de nuevas técnicas que mejoren o complementen la información que suministran.

Más recientemente han aparecido nuevas técnicas de registro en el marco de la valoración funcional basadas en nuevas tecnologías, fundamentalmente las ligadas con el **análisis de los movimientos humanos**. Esta disciplina consiste, básicamente, en la obtención de características biomecánicas de las personas. En muchas ocasiones, sobre todo en aplicaciones médicas, el estudio de los movimientos humanos se ha utilizado para obtener patrones de "normalidad" que permitieran comparar y analizar patologías o estudiar la evolución de un determinado proceso de rehabilitación. En otras aplicaciones el objetivo ha sido optimizar el rendimiento del movimiento, por ejemplo en deporte, o también reducir los esfuerzos a los que se encuentran sometidos el cuerpo con el fin de prevenir futuras lesiones, como sería el caso de la biomecánica ocupacional.

Para analizar los movimientos se pueden utilizar métodos de análisis que pueden ser desde los más simples, con ausencia total de ayudas tecnológicas, hasta el más completo y sofisticado de los laboratorios. En este apartado se describen las técnicas de registro más usualmente utilizadas, explicando su principio de funcionamiento, sus características fundamentales, sus ventajas e inconvenientes relativos y sus aplicaciones.

En términos generales las técnicas utilizadas pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Técnicas cinemáticas**; aquellas que permiten medir variables relacionadas con el movimiento: posiciones, velocidades, aceleraciones.
- **Técnicas cinéticas**; aquellas que nos permiten medir variables dinámicas: fuerza, presiones, etc.

1.1.7.1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS CINEMÁTICO

En la década de 1940 se constituye en Estados Unidos la *Research Council of the American Association for Health, Physical Education and Recreation (AAHPER)*, dando un gran impulso a la investigación en el análisis de movimientos. Varios miembros coordinados por Scott y Cureton publican en 1949 el libro *Research Methods Applied to Health, Physical Education and Recreation*, donde algunos capítulos se dedican a la fotografía y cinematografía aplicadas al análisis de movimientos.

El análisis de movimientos humanos se centra en el estudio cuidadoso de actividades que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo o una acción. Este tipo de análisis permite identificar objetivamente patrones de movimiento normales y alterados, postular causas y recomendar tratamientos.

A continuación se describe brevemente las principales técnicas de registro y análisis del movimiento humano.

Ø GONIOMETRÍA

Un goniómetro (Figura 7) es un instrumento con forma de semicírculo o círculo graduado en 180° o 360°, utilizado para medir o construir ángulos. Normalmente incorpora un dial giratorio sobre su eje de simetría, para poder medir cualquier valor angular. El dial giratorio puede llevar incorporado un nonio.



Figura 7. Goniómetro manual. (IBV)

Un **electrogoniómetro** (Figura 8) hace uso de una resistencia variable o un potenciómetro y un sistema de sujeción mecánica que permite convertir el giro de una articulación en una variación del potenciómetro. De esta forma es posible obtener una señal eléctrica proporcional al ángulo girado.



Figura 8. Ejemplos de electrogoniómetros. (IBV)

Según su número de ejes el goniómetro puede ser uniaxial, biaxial o triaxial.

Puede conectarse directamente a un ordenador, ir asociado a un sistema de registro y almacenamiento, o bien a un equipo de telemetría.

Las principales ventajas son el bajo coste, la simplicidad de uso y la rapidez con que se obtienen los resultados. Sus inconvenientes radican en la molestia que supone para el sujeto, y en el hecho de que los ángulos articulares medidos son relativos y, por tanto, no proporcionan la posición absoluta del segmento ni de la articulación.

Existe otro tipo de electrogoniómetros basados en galgas extensométricas, que son mucho menos aparatosos y pueden utilizarse incluso debajo de la ropa (Figura 9). Suelen ser biaxiales, por lo que pueden medir simultáneamente, por ejemplo, la flexión-extensión y la abducción-aducción de la articulación. También existen modelos para medir torsión.



Figura 9. Ejemplos de electrogoniómetros configurado para medir torsión. (IBV)

Ø ULTRASONIDOS

Los **sistemas de ultrasonidos** (Figura 10) han ido desapareciendo de muchos laboratorios de análisis de movimientos a medida que los sistemas de vídeo aumentaban en precisión y se introducía el uso de vídeo digital.

Consta de un digitalizador en tres dimensiones con tres o más micrófonos instalados en un marco fijo. Para utilizarlo se deben colocar unos pequeños emisores de ultrasonidos sobre el sujeto. El equipo funciona haciendo emitir secuencialmente a los emisores y midiendo el tiempo empleado por el sonido en llegar hasta los micrófonos para, entonces, calcular la posición de cada emisor en coordenadas referidas al marco en el que se sitúan los micrófonos.

El hecho de que la velocidad del sonido en el aire sea de aproximadamente 343 m/s impone una limitación en el volumen activo y en la frecuencia de muestreo. Con un volumen activo de 3m se puede llegar a una frecuencia de unos 10 Hz para 8 emisores (Sánchez Lacuesta *et al.*, 1993).

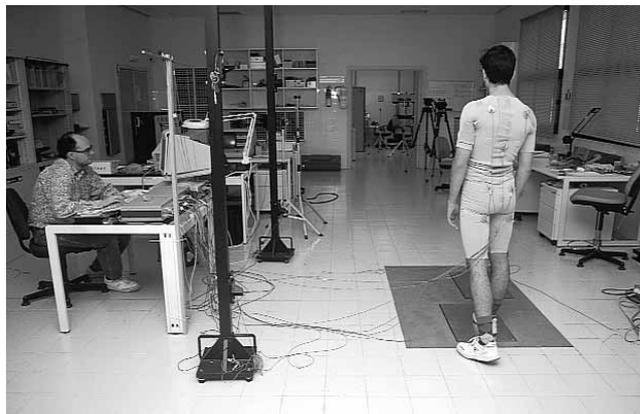


Figura 10. Sistema de ultrasonidos para el análisis de marcha. (IBV)

Las principales ventajas de estos sistemas son su elevada resolución espacial, superior a lo estrictamente necesario para muchas aplicaciones biomecánicas, y la obtención de datos en tiempo real. Entre los inconvenientes su limitada frecuencia de muestreo, la incomodidad para el sujeto debida a los cables que van desde los emisores hasta la unidad (actualmente existen equipos con transmisión por infrarojos), la limitación del estudio a un solo lado del cuerpo, dado que no debe haber obstáculos en las trayectorias desde los emisores hasta los micrófonos y la influencia del movimiento del aire sobre la precisión de la medida.

Ø ACELEROMETRÍA

Para el estudio de las vibraciones producidas por el golpe del pie sobre el suelo al caminar, al saltar o al correr, tanto sobre el mismo pie como sobre toda la cadena esquelética hasta llegar al cráneo, es útil disponer de un instrumento que mida directamente la aceleración. También es imprescindible para el estudio del efecto amortiguador de calzado, ortesis o cualquier otro mecanismo, complemento o dispositivo.

Los **acelerómetros** son sensores, usados frecuentemente en ingeniería mecánica, capaces de traducir una aceleración en una señal eléctrica. Su funcionamiento se basa en la inercia de una masa situada sobre un captador de fuerzas, de acuerdo a la segunda ley de Newton ($F=m \cdot a$). Existen acelerómetros capaces de medir en una, dos o tres direcciones.

Existen de varios tipos según la tecnología utilizada (*piezo-eléctrico, piezo-resistivo, galgas extensométricas, láser, térmico, capacitivo*, etc) y diseños. Son muy distintos unos de otros según la aplicación a la cual van destinados y las condiciones en las que han de trabajar. Hay dos parámetros principales a la hora de escoger el medidor adecuado, los rangos de funcionamiento de aceleración y frecuencia.

La precisión de la medida del acelerómetro dependerá del rango de aceleración que puede medir. Las aceleraciones que se producen al saltar o correr no superan los 50 g. Sin embargo, en un impacto o un golpe accidental se pueden llegar a los 100 ó 200 g.

Para el estudio de los movimientos humanos se utilizan **acelerómetros piezorresistivos** o basados en extensometría (Figura 11), porque tienen un excelente comportamiento en el rango de aceleración útil en biomecánica (0 a 100 m/s^2) y permiten la medida de bajas frecuencias, desde 0 hasta 100 Hz. Pueden ser de peso muy pequeño (5g) y tienen gran precisión.

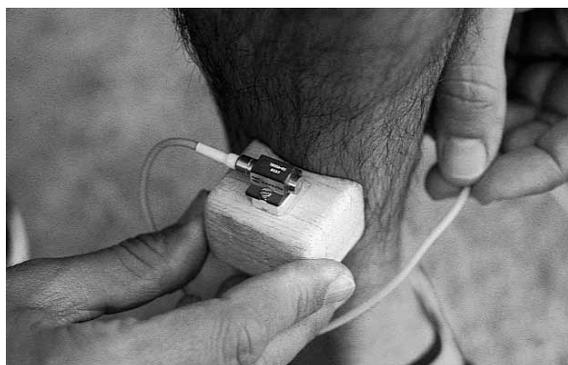


Figura 11. Acelerómetro colocado en la tibia para el registro del impacto durante la marcha

Las principales ventajas de los acelerómetros son, además de su bajo coste, que proporcionan la información directamente y en tiempo real. Sus inconvenientes son que necesitan de una sujeción sólida y que el sujeto ha de ir cableado o con un sistema de telemetría. Además, los acelerómetros son frágiles, siendo vulnerables a golpes directos sobre superficies duras.

Una aplicación interesante es la utilización de los acelerómetros como **inclinómetros** basándose en la posibilidad de obtener el ángulo que adopta con respecto a la vertical pues de él depende la componente medida de la gravedad. Aunque las aceleraciones debidas al movimiento introducen una fuente de error en la medida, la precisión puede ser suficiente para identificar fases o medir determinados ángulos articulares.

Ø FOTOGRAMETRÍA

La **estéreo-fotogrametría** permite obtener información espacial a partir de imágenes planas. Aunque se han utilizado imágenes fotográficas y con imágenes cinematográficas, en la actualidad, los equipos de análisis de movimientos basados en vídeo son los más extendidos.

La configuración típica de un sistema consta de:

- Marcadores, sistemas de referencia y focos de alumbrado
- Cámaras de vídeo
- Equipo de digitalización
- Ordenador, periféricos y accesorios
- Otros equipos complementarios

Los marcadores más utilizados son pasivos y consisten en pequeños objetos (desde 1mm a varios cms) de forma cónica, esférica o circular recubiertos de material reflectante y con un sistema de sujeción al cuerpo o a la ropa. Se utilizan asociados a un sistema de iluminación, en algunos casos visible y en otros infrarrojo, instalado junto a la cámara, de forma que en la imagen obtenida en condiciones de luz ambiental controlada se distinguen claramente contrastados los marcadores del resto de la imagen (Figura 12).



Figura 12. Ejemplos de marcadores reflectantes. (IBV)

Un **sistema de referencia** permite determinar la posición relativa de las cámaras. El sistema de referencia consiste normalmente en una estructura, de geometría y dimensiones conocidas, que soporta unos marcadores ubicados de forma fija y de los que se conoce su posición con gran precisión. Para minimizar los errores, el sistema de referencia debe cubrir el máximo volumen posible del campo de filmación y análisis.

En cuanto a la velocidad, lo usual es que funcionen a 50 ó 60 imágenes/s, lo que es suficiente para el análisis de las funciones cotidianas de la vida diaria y otros gestos lentos, aunque existen equipos de 100, 200 y hasta 600 imágenes/s para poder estudiar movimientos rápidos y gestos deportivos.

Una primera fase del tratamiento de los datos es la **digitalización de los marcadores**, es decir, la obtención de las coordenadas planas de la posición que ocupa cada marcador dentro de cada imagen y para cada cámara.

El algoritmo más utilizado para el cálculo de las coordenadas espaciales de los marcadores o puntos anatómicos a partir de sus imágenes planas es **la transformación lineal directa**, conocida por sus siglas en inglés **DLT**. Se basa en la determinación, por optimización, de las ecuaciones que relacionan las coordenadas planas con las espaciales, a partir de los datos espaciales (reales) y de los datos planos (digitalizados) de un sistema de referencia.

Para la aplicación de las técnicas de fotogrametría al análisis de las funciones humanas, se asume un modelo mecánico del cuerpo humano (dividido en segmentos articulados). La fotogrametría permite conocer la posición espacial de las articulaciones humanas en cada instante de muestreo. A partir de estos datos, mediante procedimientos matemáticos sencillos de derivación temporal, se obtienen las velocidades y aceleraciones lineales y angulares de cualquier punto de interés del modelo para cada instante de tiempo.

Ø ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS POR MEDIO DE VISIÓN ARTIFICIAL

A pesar de que la fotogrametría basada en marcadores es la técnica más extendida en el análisis de movimientos humanos, en los últimos años se han puesto en marcha nuevas líneas de investigación dirigidas al desarrollo de sistemas no invasivos sin marcadores. La motivación con la que surgen estos sistemas de registro reside en la optimización de los tiempos de medida y captura de movimiento, y en la posibilidad de medición en escenarios y situaciones no necesariamente controladas.

Los sistemas de registro de movimiento humano sin marcadores se dividen en dos categorías: **activos** y **pasivos**.

Los primeros se fundamentan en el estudio de patrones de luz, visible o infrarojo, que es proyectada sobre el cuerpo u objeto a analizar. Los pasivos por el contrario, se basan exclusivamente en la captura y análisis de imágenes.

Generalmente, los dispositivos comúnmente utilizados para la proyección lumínica son escáners láser, sistemas de luz estructurada y sensores de medición de los tiempos de vuelo de los haces de luz. Estas configuraciones están pensadas para medir posiciones estáticas o cuasiestáticas, requiriendo unas condiciones de laboratorio muy controladas. Esta limitación, ha producido que las líneas de investigación actual se centren en el desarrollo de sistemas de análisis de movimientos sin marcadores basados en sistemas pasivos.

Estos sistemas se diferencian entre sí por el número de cámaras utilizadas, el modo de representación gráfica de la información y por el tipo de algoritmos de detección utilizados.

Según la bibliografía especializada, son múltiples los tipos de algoritmos de detección que pueden ser implementados en función del objetivo perseguido. Algunos de lo más generalizados son los basados en **modelos estadísticos** (Wren, CR., *et al.*, 1997), **contorno de siluetas** (Bottino *et al.*, 2001, Cheung *et al.*, 2003) o los basados en el **filtrado de partículas** (Deutscher *et al.*, 2000).

En la actualidad, los sistemas de análisis de movimientos sin marcadores están siendo ampliamente utilizados en sectores como la vigilancia, el control industrial, animación, entretenimiento o la realidad virtual (Moeslund *et al.*, 2001, Wang *et al.*, 2003). No obstante, según algunos autores, el grado de desarrollo actual de estos sistemas no permite todavía su aplicación práctica en la clínica por carecer de la precisión y sensibilidad suficiente (Mündermann *et al.*, 2006).

En la Figura 13 se muestra un ejemplo de análisis de movimientos humanos a través de técnicas pasivas de visión artificial.

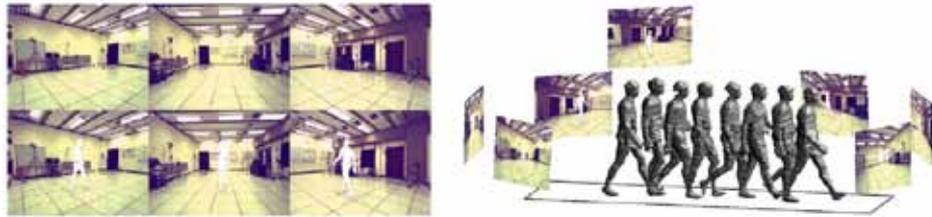


Figura 13. Ejemplo de análisis de movimientos humanos sin marcadores basado en técnicas pasivas de visión artificial (Mündermann, *et al.*, 2006)

1.1.7.2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS CINÉTICO

Desde la segunda mitad del siglo XX se han desarrollado diversas técnicas para la medición directa de las fuerzas ejercidas por los músculos y tendones, así como el estado tensional de huesos y ligamentos en las distintas posiciones que se suceden durante el movimiento. No obstante, la mayoría de estas técnicas son sólo aplicables en experimentación animal ya que, en general, requieren pequeñas intervenciones quirúrgicas. Pese a ello, algunos investigadores, como Lanyon (1975), sí las utilizaron en humanos.

Las técnicas de medición directas se reducen a la captación de las acciones externas ejercidas sobre el medio en el cual se ejecuta el movimiento y a la evaluación cualitativa de la actividad muscular.

Son mucho más frecuentes las investigaciones que utilizan técnicas indirectas, que en general, requieren un modelo cinético y el conocimiento de las fuerzas actuantes externamente. Para la construcción del modelo cinético es necesario haber determinado previamente las características antropomorfas del sistema que se modela.

De esta forma, lo más cómodo para plantear el estudio cinético del movimiento humano es hacer uso de un modelo, es decir, de cálculos indirectos soportados sobre algunas medidas experimentales del tipo reacciones exteriores.

Existen diversas técnicas cuantitativas de registro de cargas que tienen lugar en el contacto entre el pie y el suelo durante la marcha. De todas ellas la más importante la constituyen las **plataformas dinamométricas**, si bien existen otras que las complementan en situaciones específicas, como los podómetros y **plantillas instrumentadas**.

Ø PLATAFORMAS DINAMOMÉTRICAS

A finales del siglo XIX principios del XX se describieron las primeras plataformas dinamométricas; (Beely, 1892 y Marey, 1894). Amar (1916) diseñó una pista dinamométrica que registraba fuerzas en cuatro sentidos: vertical, horizontal, lateral externa y lateral interna. Cunningham y Brown (1952) fabricaron una plataforma dinamométrica en cuyo diseño se han basado muchos sistemas posteriores de análisis de fuerzas.

Las plataformas dinamométricas (Figura 14) son instrumentos electrónicos para la medida y análisis de la fuerza que un individuo ejerce sobre el suelo (Sánchez Lacuesta *et al.*, 1992).



Figura 14. Plataforma dinamométrica. (IBV)

Para transformar dicha fuerza en una señal electrónica se utilizan dos tecnologías de transductores: **extensométricos y piezoeléctricos**. En general, las plataformas existentes en la actualidad emplean cuatro transductores, de uno u otro tipo, ubicados en cada una de las cuatro esquinas de la plataforma. Dichos transductores pueden ser bidimensionales o tridimensionales, según registren fuerzas en dos o tres direcciones perpendiculares. Existen también células de carga complejas que proporcionan las tres componentes de la fuerza y las tres componentes del momento actuante sobre ella.

Las plataformas deben fijarse rígidamente al suelo para su correcto funcionamiento. Normalmente se habilita un foso, o bien se construye una pista elevada sobre el suelo. La plataforma queda anclada y permite el estudio de marcha humana y movimientos deportivos diversos. En ningún caso debe quedar elevada sobre la trayectoria de avance del sujeto experimental, puesto que en este caso el patrón de movimientos del individuo distaría mucho de llamarse natural.

Cuando un individuo camina sobre una plataforma dinamométrica, la fuerza ejercida por el pie sobre la misma es absorbida por los cuatro captadores, que generan las correspondientes señales eléctricas. A partir de dichas señales se calculan las tres componentes de la fuerza de reacción, las coordenadas del centro de presión vertical y el momento torsor sobre la plataforma.

La Figura 15 representa un esquema básico de funcionamiento de las plataformas dinamométricas.

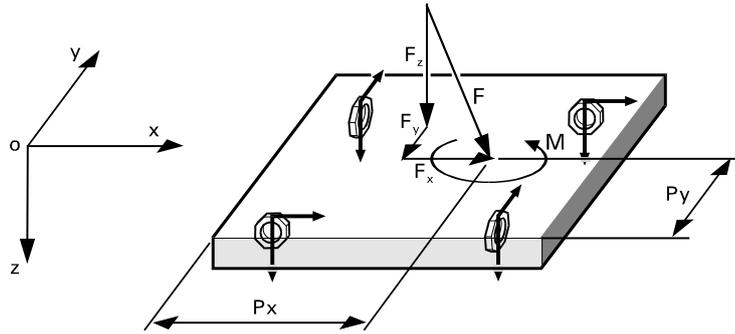


Figura 15. Fuerzas de reacción, momento torsor y centro de presiones sobre una plataforma dinamométrica

Ø PODÓMETROS, PLANTILLAS INSTRUMENTADAS Y OTRAS TÉCNICAS PRESUROMÉTRICAS

Antes de hablar de los diferentes equipos o sistemas de medida conviene introducir algunos conceptos generales:

- Un equipo **estático** solo podrá medir presiones si no existe movimiento. Con estos equipos se obtiene una medida de presiones con el cuerpo en una posición fija.
- Un equipo **dinámico** permitirá medir presiones con el cuerpo en movimiento. Con estos equipos se obtiene una medida de presiones en función del tiempo y del tipo de movimiento.

Además de estáticos y dinámicos, es posible distinguir entre:

- **Técnicas cualitativas**, que se basan en un estudio visual de la interacción entre el miembro evaluado y una superficie rígida. Son dispositivos que se encuentran sujetos al criterio subjetivo del examinador.
- **Técnicas semi-cuantitativas**, que cuantifican las imágenes obtenidas a partir de las técnicas cualitativas y que suponen, por tanto, un avance en tanto en cuanto objetivan las impresiones visuales.
- **Técnicas cuantitativas**, que transforman mediante transductores o sensores electro-mecánicos la presión en una magnitud eléctrica cuantificable.

Aunque la mayor parte de los ejemplos de aplicación de estas técnicas se circunscriben a la valoración podológica, cabe destacar la existencia de técnicas de registro de presiones adaptadas para otras aplicaciones. Por ejemplo presiones en respaldos y asientos de butacas, presiones de mangos de herramientas, etc.

Centrándose en los dispositivos más extendidos en el campo de la valoración funcional, cabe destacar en primer lugar el **podoscopio** (Figura 16), el cual constituye el estereotipo de las técnicas cualitativas de valoración de presiones plantares. Consiste en una superficie transparente (cristal, metacrilato, etc.) sobre la que se apoya el pie del

sujeto en estudio. La imagen de la huella plantar puede evaluarse directamente a través de la otra cara de la superficie transparente o bien mediante un sistema de espejos que permita la visualización más cómoda.



Figura 16. Ejemplo de podoscopio (IBV)

El **pedobarógrafo** (Figura 17), considerado como técnica semi-cuantitativa, es una extensión del podoscopio que permite la cuantificación de las presiones mediante la incorporación de una esterilla de material elástico, que se coloca entre el pie y el cristal, y que posee diversas semiesferas en la parte inferior. De esta forma, cuanto mayor es la presión ejercida sobre la esterilla, mayor es la deformación de las semiesferas elásticas, lo cual queda reflejado en la imagen. Incorporando un sistema analizador de imágenes es posible cuantificar el mapa de presiones en base a la diferencia de diámetro o luminosidad de cada semiesfera deformada.

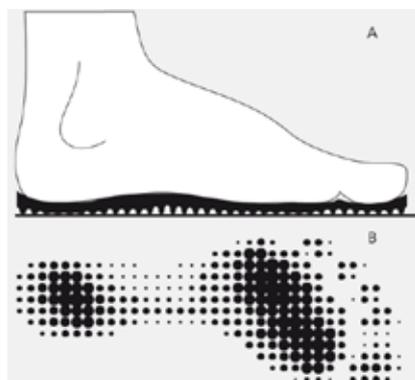


Figura 17. Pedobarómetro. (Sánchez Lacuesta et. al., 1993)

Las **plantillas instrumentadas** (Figura 18) son dispositivos que disponen de un número discreto de sensores de diverso tipo (piezoeléctrico, resistivo, etc.) que captan la presión

que ejerce la planta de pie contra la superficie de apoyo. Estos sensores se distribuyen de una manera selectiva sobre una base flexible de material polimérico.



Figura 18. Sistema Biofoot/IBV de plantillas instrumentadas. (IBV)

La señal generada en los captadores es tratada por un sistema de acondicionamiento de señales compuesto por una cadena de amplificadores.

En la actualidad es posible realizar las medidas utilizando un sistema de telemetría, evitando así el cableado del paciente al ordenador y facilitando el estudio. Una vez introducidas las plantillas dentro del calzado de la persona que se quiere valorar, únicamente hay que pedirle que deambule de forma natural (Figura 19).



Figura 19. Izquierda: Colocación plantillas en el calzado. Derecha: deambulación instrumentado. (IBV)

El registro de presiones plantares es una herramienta muy valiosa para el especialista clínico. La determinación objetiva de presiones plantares y su localización exacta en la planta del pie durante la fase de apoyo del ciclo de marcha se considera un componente esencial en la evaluación diagnóstica y para la planificación del tratamiento en pacientes con alteraciones dolorosas o de la sensibilidad en el pie (Martínez Azucena *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2005).

1.1.8. APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS BIOMECÁNICO EN EL ESTUDIO DE LAS FUNCIONES HUMANAS

En el ámbito de la valoración funcional son muchos los ejemplos de aplicación que pueden encontrarse de las técnicas de análisis biomecánico. Las principales aplicaciones descritas en la literatura especializada han ido dirigidas hacia la objetivación y comprensión de determinadas alteraciones funcionales secundarias a las patologías del sistema musculoesquelético.

A continuación se describen los más representativos en relación a la aplicación de las técnicas cinemáticas y cinéticas.

1.1.8.1. APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS CINEMÁTICAS AL ESTUDIO DE LAS FUNCIONES HUMANAS

Sin duda alguna, la fotogrametría ha sido la técnica de análisis cinemático más ampliamente utilizada en el campo de la valoración funcional. Entre sus aplicaciones cabría destacar su utilización en:

- Análisis de la movilidad del raquis y otros segmentos articulares
- Análisis del movimiento que implica una actividad de la vida diaria
- Análisis cinemático de la marcha

Análisis de la movilidad del raquis y otros segmentos articulares

El análisis de la movilidad, ya sea del raquis u otros segmentos articulares, tiene como finalidad objetivar y registrar un dato clínico adicional que contribuya a llevar un seguimiento más cercano del enfermo, controlar su evolución y asistir al médico en la toma de una decisión. En la práctica médica cada vez se hace más necesario el empleo de sistemas de medida objetivos y fiables que den una información útil sobre el estado real y funcional del paciente. Los datos registrados mediante este tipo de sistemas tienen especial interés para aquellos profesionales relacionados con la valoración del paciente. La información proporcionada por estos sistemas complementa aquella que se adquiere mediante la exploración física y la utilización de escalas funcionales que recogen la opinión subjetiva del paciente sobre su limitación en la actividad (Waddell *et al.*, 1992).

McClure (1997) en sus estudios analiza la movilidad del raquis en el movimiento de flexo extensión lumbar tanto en sujetos con dolor lumbar como en sujetos sanos. Sforza *et al.* (2002) objetivaron mediante el sistema de fotogrametría los seis grados de libertad del movimiento cervical. En su trabajo consigue medir el eje instantáneo de rotación y radios de curvatura en movimientos de flexo-extensión cervical. Antonaci (2002) midió los ángulos de movimiento de la cabeza en las tres direcciones del espacio y Woltring (1994) analizó mediante sistemas de fotogrametría el eje instantáneo de movimiento a través de un estudio de personas sanas y personas diagnosticadas de esguince cervical

Análisis de los movimientos que implican una actividad de la vida diaria

La fotogrametría ha sido utilizada como sistema de medida tanto en personas sanas como personas con diferentes patologías que afectan al movimiento. El objetivo común de todos los trabajos realizados con estos sistemas, asociados o no a otro tipo de instrumentación biomecánica, ha sido comprender mejor el movimiento normal para, a partir de él poder establecer diferencias con uno patológico, y así poder tomar decisiones con respecto a tratamientos, prevención de riesgos, estado funcional del paciente, etc.

El análisis mediante fotogrametría de actividades de la vida diaria se remonta al siglo pasado. En 1959, Jones *et al.*, iniciaron estudios que caracterizaban este tipo de gestos, estudiando la trayectoria de segmentos humanos como cabeza, tronco y muslo. En 1963, Jones utilizó esta misma técnica para analizar este movimiento en una muestra de 8 hombres con enfermedad neurológica comparando los resultados con un número no determinado de sujetos sanos (1963).

Estudios de movimientos asociados a actividades de la vida diaria, concretamente de los gestos de levantarse de una silla o coger y levantar un peso, han sido objeto de especial interés. La lumbalgia crónica ha sido el cuadro clínico que con mayor frecuencia ha originado estos estudios, aunque la información por ellos obtenidos puede ser de utilidad para otras patologías.

El análisis del gesto de levantarse de una silla ha sido objetivo de muchos trabajos que intentan comprender este movimiento y los factores que pueden influir en él. Entre las finalidades de este tipo de estudios destacan:

- **Caracterización del patrón normal.** En todos los trabajos se intenta obtener información de cómo nos movemos en condiciones normales para poder establecer diferencias con los movimientos de población patológica. Los tamaños de las muestras utilizados han sido muy variados. En 2000, Yu *et al.*, estudiaron a 10 sujetos sanos. La muestra utilizada por Nuzik *et al.* (1996) fue mayor, 55 personas sanas, caracterizando mediante sistemas de fotogrametría el movimiento tanto de miembros superiores como inferiores. Este trabajo finalizó formalizando un modelo estándar para poder comparar patrones de movimiento patológicos. Riley *et al.* (1991) caracterizaron el patrón de movimiento normal dividiendo el gesto en diferentes fases de flexión y de extensión con una muestra de 9 mujeres. Rodosky *et al.* (1991) realizaron este análisis con una muestra de 10 sujetos sanos pero modificando las condiciones de altura de la silla para poder determinar como influía en los momentos de fuerza en miembros inferiores y columna y por tanto dificultaba el movimiento. Schenkman *et al.* (1990) caracterizaron este movimiento en una muestra de 9 sujetos sanos, utilizando tanto sistemas de fotogrametría como plataformas dinamométricas.
- **Avances en el campo de las personas mayores:** Las personas mayores y sus dificultades para poder realizar el levantamiento de una silla han sido objeto de estudio con fotogrametría. La influencia de la edad en la realización de este gesto es un factor importante a considerar con el fin de ayudar a prevenir las caídas de las personas mayores. Wheeler *et al.* (1985) utilizaron dos grupos de estudio, uno con media de edad de 24 años y otro de 75 años. Observaron que

las personas mayores tenían mayor dificultad de levantarse de una silla estándar. Los resultados sirvieron para determinar qué características debía tener una silla que mejorase dicha funcionalidad fuese mejor en estas personas. Ikeda *et al.* (1991) analizaron este gesto en una muestra de 9 personas mayores con una medida de edad de 67 años comparándolo con una de 9 sujetos jóvenes. Las diferencias cinemáticas encontradas ayudaron a determinar las implicaciones clínicas que podía haber por la pérdida de equilibrio en estos pacientes secundaria a su estrategia de movimiento.

- **Estudio de diferentes patologías:** Alteraciones del sistema neurológico y musculoesquelético dan lugar a trastornos de la coordinación, fuerza y sensibilidad que pueden afectar al movimiento. La fotogrametría ha sido utilizada para el análisis objetivo del movimiento en patologías como paraplejia o parkinsonismo. Bajd *et al.* (1982) analizaron la eficacia de una tratamiento de electro estimulación funcional en pacientes parapléjicos para conseguir que estas personas pudiesen ponerse de pie. Mak *et al.* (2003) compararon los momentos de fuerza realizados por un grupo de personas sanas con los de un grupo de personas con enfermedad de Parkinson para poder determinar las causas que dificultan a este tipo de pacientes el iniciar esta actividad.

Otros estudios se han centrado con mayor interés en pacientes con dolor lumbar. Una vez caracterizado el patrón normal de movimiento, el análisis de los resultados de la fotogrametría permite establecer diferencias con patrones que se alejan de la normalidad y que dan lugar a comportamientos anómalos secundarios al daño lumbar (Coghlin *et al.*, 1994).

Otro gesto analizado en la literatura es el de levantamiento de cargas. El hecho de introducir pesos en el movimiento de levantarse es interesante cuando se valora a una persona que va a ocupar un puesto de trabajo determinado. Los trabajos realizados analizando este gesto se han basado fundamentalmente en conocer como realizan el movimiento las personas con dolor lumbar, y qué factores pueden influir en sobrecargar el raquis y por tanto reagudizar o producir una lesión.

Con el fin de prevenir la lesión se realizan análisis del movimiento interesando fundamentalmente la repercusión que tiene sobre la columna, la magnitud del peso levantado (Van der Burg *et al.*, 2001). Soderberg y Barr (1983), demostraban que con 16kg de peso, la mitad de las personas con dolor lumbar crónico eran incapaces de realizar esta tarea. Nordin *et al.* (1986) estudiaron los cambios en los movimientos en la columna cervical, dorsal y lumbar al levantar un peso y la relación de estos cambios con la magnitud del peso. Para ello utilizaron una muestra de 15 sujetos sanos, sin antecedentes de dolor de espalda.

Es muy importante enseñar a los pacientes con problemas de espalda la mejor forma de levantar un peso. Existen estudios que realizan un análisis cinemático de diferentes formas de coger un peso para seleccionar aquella más adecuada y que menor sobreesfuerzo provoque en el raquis lumbar (Van Dieën *et al.*,

1999). De esta forma se analizan científicamente estrategias de movimiento que prevengan la aparición de una lesión o la reagudización del dolor.

La guía de levantamiento de cargas establecida por el *Nacional Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) reconoce la importancia de la localización de la carga tanto a nivel vertical como horizontal para intentar minimizar la sobrecarga en la columna. Otro de los factores importantes a tener en cuenta en las técnicas de levantamiento de peso con el fin de prevenir lesiones es la distancia horizontal de la localización de la carga con respecto al cuerpo. Así lo demuestran estudios realizados mediante fotogrametría (Schipplein *et al.*, 1995).

McClure *et al.* (1997) realizaron un estudio sobre el movimiento concreto de levantamiento desde la posición de flexión pero sin levantar ningún peso, determinando que este gesto influye en la movilidad de las personas con un dolor lumbar.

- **Estudio de pacientes con dolor lumbar:** Newman *et al.* (1996) utilizaron una muestra de 20 sujetos con dolor lumbar. Comparando los resultados con una muestra de 40 sanos cuyo movimiento ya había sido caracterizado, encuentran diferencias significativas que les permite establecer un patrón de movimiento alterado con una sensibilidad y especificidad muy alta además de proporcionar información objetiva sobre la capacidad funcional de los trabajadores. El análisis en pacientes con lumbalgia para establecer diferencias entre sanos y patológicos es común en la mayoría de trabajos que estudian este gesto (Larivière *et al.*, 2000)

Análisis de la marcha

Los sistemas de fotogrametría además de utilizarse para análisis del movimiento en actividades de la vida diaria también se utilizan, sobre todo a nivel clínico, en el análisis de la marcha humana normal y patológica, completando en ocasiones la información obtenida con otros sistemas de medida como son las plataformas dinamométricas (Lohmann *et al.*, 1993; Jefferson *et al.*, 1990).

Otras aplicaciones de la fotogrametría

Además de en el ámbito clínico, son innumerables las aplicaciones en otros ámbitos como el deporte ya sea a través de estudio de movimientos o gestos como puede ser el tenis u otros como los saltos (Elliot *et al.*, 1986; Remizov. 1984)

1.1.8.2. APLICACIONES DE LAS TÉCNICAS CINÉTICAS AL ESTUDIO DE LAS FUNCIONES HUMANAS

Del mismo modo que la fotogrametría se ha postulado como la técnica de análisis biomecánico de referencia en el análisis de los movimientos humanos, las plataformas dinamométricas y las plantillas instrumentadas lo han hecho dentro del ámbito de las técnicas cinéticas.

En este sentido, a través de la utilización de **plataformas de fuerza** se han llevado a cabo estudios de la marcha normal y patológica en poblaciones de diversa edad y

distintas características, pero también se han empleado para conocer las fuerzas de reacción que se ejercen en otras acciones o movimientos, como por ejemplo estudios ergonómicos o estudios cinéticos de diversas modalidades deportivas (carrera, salto, etc.).

Los estudios de marcha mediante plataformas dinamométricas en sujetos sanos tienen gran importancia para la obtención de poblaciones de referencia y para el conocimiento de la influencia de diversos factores individuales como el sexo, características antropométricas, personalidad, emociones, etc. o extrínsecos como el calzado o el tipo de terreno (Nagasaki et al. 1.995).

Crowe *et al.* (1993) analizaron la marcha en 25 mujeres sanas con una edad media de 23'5 años a las que hicieron caminar sobre plataformas dinamométrica y Herzog *et al.* (1989) realizaron un estudio cinético de la marcha normal empleando también una muestra de sujetos sanos y determinando asimetrías de apoyo entre ambos miembros inferiores.

Se han llevado a cabo, asimismo, estudios combinando varias técnicas de análisis de la marcha, por ejemplo Mickelborough *et al.* (2000) estudiaron una población de 12 sujetos sanos, 5 mujeres y 7 varones, con edades comprendidas entre 23-53 años mediante plataformas de fuerza y análisis de movimientos. San Gil Sorbet (1991) analizó mediante plataformas dinamométricas y estudio de improntas plantares una población de 17 mujeres y 16 varones de 18 a 21 años sin patologías. Rodríguez Torres (1993), en su tesis doctoral, analizó la marcha con plataformas de fuerza en una población de 62 niños de 5 y 6 años, 31 del sexo femenino y 31 del sexo masculino.

Entre las principales aplicaciones y objetivos de este tipo de estudios cabe destacar:

Análisis de la marcha en patologías neurológicas

Las patologías neurológicas suelen llevar consigo alteraciones motrices y en concreto modificaciones de la marcha por alteraciones del equilibrio, de la fuerza, de la coordinación, tono muscular, etc. Se han llevado a cabo numerosos estudios de marcha con plataformas de fuerza en enfermos neurológicos, principalmente en parálisis cerebral infantil (Galli *et al.*, 2001), mielomeningocele (Soria *et al.*, 1991), hemiplegias (Rellán *et al.*, 1998) y neuropatía diabética (Shaw *et al.*, 1998). Los objetivos de estos estudios han sido caracterizar el patrón de marcha, controlar la mejoría del paciente dentro de esta actividad, o bien poder determinar el efecto de un fármaco, por ejemplo, aquel que disminuya la espasticidad.

Los resultados obtenidos mediante la plataforma dinamométrica se han utilizado como indicadores de cambios tras sesiones de rehabilitación motora en pacientes con daño cerebral adquirido (Colomer *et al.*, 2006)

Análisis de la marcha en patología vestibular y trastornos del equilibrio

También se ha estudiado, mediante el análisis de marcha, pacientes con trastornos vestibulares en los que existe una sintomatología de vértigo e inestabilidad (Tucker *et al.*, 1997). Es de todos conocidos la afectación de la marcha que aparece en muchos pacientes con este tipo de trastornos. Las fuerzas medio laterales suelen aumentar, siendo indicativas de una marcha más tambaleante.

Análisis de la marcha en patología músculo-esquelética

Las alteraciones del sistema músculo esquelético, bien sea por enfermedad bien por traumatismo, son también valoradas a través de un análisis de marcha con el fin principal de poder comprobar la evolución de los pacientes en el proceso de enfermedad u objetivar el efecto de un tratamiento. Se han utilizado para valorar la marcha en pacientes con lesión de pie o tobillo estableciendo diferencias con el lado sano (Bausá *et al.*, 2006). También es herramienta indispensable para controlar el estado funcional de un paciente tras la administración de un tratamiento. El hecho de poder realizar un análisis de marcha objetivo previo al tratamiento y posterior al mismo, hace que sea posible cuantificar el resultado obtenido por el mismo. Por ejemplo, monitorización del efecto del ácido hialurónico en gonartrosis (Cortés *et al.*, 2004) o de la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior (Mittlmeier *et al.*, 1999)

La patología de columna, como el dolor lumbar, también afecta a la deambulación. Se han utilizado los parámetros cinéticos de marcha como indicadores de la evolución de estos pacientes, tanto pre como postoperatoriamente (Khodadadeh *et al.*, 1993).

Análisis de la marcha en amputados

El sujeto al que se le ha amputado uno de los miembros inferiores pierde el soporte estático, la función del complejo articular así como la información sensorial propioceptiva. Por todo ello sufren alteraciones posturales y de la marcha. Los estudios de la deambulación en estos sujetos tienen gran importancia para el diseño de nuevas prótesis y como control de la adaptación de estos sujetos a las prótesis empleadas o componentes de las mismas y la evaluación del proceso de reeducación de la marcha (Sánchez-Lacuesta *et al.*, 1992).

Arya *et al.* (1995) estudiaron con plataformas dinamométricas a tres varones amputados con edades comprendidas entre 43 y 47 años, para apreciar las características y evolución de la marcha en estos pacientes con diferentes tipos de pies protésicos.

Geriatría

Los ancianos presentan ciertas peculiaridades en su patrón de marcha, además existen patologías más frecuentes en edades avanzadas que tienen una influencia sobre el sistema nervioso, aparato locomotor, etc. y que van a provocar distintas alteraciones en la deambulación. Es de interés conocer las modificaciones que se producen en la marcha del anciano y en su equilibrio para la prevención de caídas, tan frecuentes en personas de edad avanzada.

Ramiro J. (1998) estudió una muestra de nueve varones y nueve mujeres para analizar la influencia de distintos tipos de calzado en personas mayores. Para ello empleó análisis de movimientos tridimensional con vídeo, acelerometría, cronómetro, y plataformas dinamométricas. Observó que a más velocidad los dos máximos de la fuerza vertical y el mínimo están más acentuados, mientras que a velocidades lentas el valle prácticamente desaparece.

Análisis de la marcha tras cirugía reparadora

Es útil el análisis mediante plataformas para evaluar los resultados de la cirugía y la evolución del paciente. Principalmente se han realizado estudios en sujetos con prótesis internas de rodilla y cadera. Es de interés el estudio comparativo de la evaluación de la

marcha prequirúrgica y postquirúrgica, así como el estudio de la evolución del paciente tras la cirugía (Mittlmeier *et al.*, 1999).

Control evolutivo de tratamientos

También es herramienta indispensable para controlar el estado de un paciente tras la administración de un tratamiento. El hecho de poder realizar un análisis de marcha objetivo previo al tratamiento y posterior al mismo, hace que sea posible el cuantificar el resultado obtenido por el mismo (Bausá *et al.*, 2007, Cortés *et al.*, 2004, Lafuente *et al.*, 1999).

Ayudas técnicas

Son importantes los estudios de marcha en sujetos a los que se les van a prescribir ayudas técnicas para la marcha, para determinar cuál es la ayuda más adecuada y que pueda ofrecer al paciente una mayor seguridad, según las alteraciones que presente. También son útiles estos estudios para evaluar la eficacia de las ayudas prescritas. Se han realizado estudios con muletas instrumentadas para conocer el porcentaje de descarga que el sujeto hace sobre dicha muleta (Lafuente *et al.*, 1999).

Ejército

En el campo militar se han realizado diversos estudios de la marcha para evaluar cómo influye en las distintas fases del ciclo de la marcha el calzado pesado que utilizan los militares, analizar la influencia del transporte de carga durante las largas marchas y maniobras (víveres, armamento) sobre el proceso de deambulación, calcular el gasto de energía durante esas marchas, etc. (Madras *et al.*, 1998).

Medicina Deportiva

En el campo del deporte lo que se estudia con más frecuencia son aspectos como el gasto de energía, coordinación de movimientos, evaluación de la capacidad física durante la marcha, el salto y la carrera. Con estos estudios se pretende la prevención de lesiones deportivas y el mantener al deportista en la mejor forma física. También se emplean estas técnicas para la evaluación de alteraciones de la marcha o el movimiento tras lesiones deportivas, la evolución del deportista y efectividad del tratamiento de rehabilitación.

Valoraciones funcionales

La marcha es una actividad de la vida diaria que se estudia con frecuencia en las valoraciones funcionales, junto con otras actividades como subir y bajar escaleras o mantener el equilibrio en distintas posiciones y al realizar cambios posturales. La valoración objetiva de la marcha permite medir de forma más precisa la discapacidad del paciente (Lafuente *et al.*, 2000). 144 pacientes diagnosticados de osteoartritis de miembro inferior (45 de cadera, 54 de rodilla, y 45 de tobillo), junto con una muestra control de 144 sanos, fueron estudiados y analizada su marcha. Sus resultados se compararon con los obtenidos mediante escalas funcionales de valoración encontrándose una importante correlación lo que confirmaba la utilidad y validez del análisis de la marcha en este tipo de pacientes para medir su alteración funcional o discapacidad.

Por otro lado, las aplicaciones de las **plantillas instrumentadas** aportan información muy valiosa en relación a la cuantificación funcional de la marcha, el dolor plantar, la prescripción y la validación ortésica del miembro inferior, tanto en patología de aparato locomotor (traumática o no) como neurológica, la prevención de úlceras en neuropatías relevante en la diabética, y control evolutivo.

Valoración del pie normal

Para entender las marchas o presiones patológicas, siempre es necesario conocer lo que es “normal”. Martínez Nova *et al.* (2006) estudiaron el patrón de presiones plantares en el pie normal a través de una muestra de 43 sujetos sanos y utilizando plantillas instrumentadas. De esta forma establecen un cuadro de valores representativos describiendo la distribución de presiones plantares.

Valoración del pie diabético

En los últimos años se ha avanzado significativamente en la generación de conocimientos para la utilización de estos sistemas en ámbitos específicos y vanguardistas como la valoración del pie diabético. Se ha apreciado que existen coincidencias de zonas ulceradas en los pies de pacientes diabéticos con zonas de presiones máximas elevadas (Cavanagh *et al.*, 1991)

Valoración del pie traumático

Las plantillas instrumentadas también han demostrado su utilidad para estudiar evolutivamente a personas con fracturas de pie a las que se les ha aplicado un tratamiento. Toda información objetiva que se pueda obtener del estado del paciente secundario a su lesión siempre favorece el control evolutivo del mismo y las tomas de decisión con respecto al tratamiento a aplicar (Lafuente *et al.*, 1999).

Valoración deformidades estructurales

Alteraciones estructurales, como el hallux valgus, pueden ocasionar presiones elevadas en antepié que ocasionen dolor. Una forma de demostrar este dato es realizando la valoración de distribución de presiones plantares mediante plantillas instrumentadas. Martínez Nova *et al.* (2007), realizaron un estudio con 30 sujetos con pie normal y 30 con hallux valgus. Se analizó la marcha mediante las plantillas instrumentadas, con el fin de comprobar cuantitativamente la diferencia de presiones que existía en la planta del pie y, concretamente, en el antepié. El uso de esta técnica de medida les permitió establecer un patrón de presiones plantares en la patología estudiada y comprender mejor los mecanismos que provocan la lesión (Martínez-Nova *et al.*, 2007).

Obtención de criterios para diseño de plantillas o calzado

Si es complicado diseñar un calzado que se adapta a las características personales de cada persona, la dificultad aumenta cuando se trata de calzar pies exigentes. Por ello se desarrollan líneas de trabajo que utilizan plantillas instrumentadas ya que les permiten conocer mejor la forma de apoyo del pie y sus características (Garrido, 2005) obteniendo criterios de diseño de calzado para estos pacientes.

1.1.9. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE DATOS BIOMECÁNICOS DE APLICACIÓN EN LA VALORACIÓN FUNCIONAL

1.1.9.1. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES BIOMECÁNICAS

En el apartado anterior se han descrito diversas técnicas instrumentales de gran utilidad para la obtención de datos cuantitativos y fiables sobre el comportamiento biomecánico del cuerpo humano. Todas ellas permiten el estudio de los fenómenos físicos que rodean al análisis del movimiento humano. Este estudio se inicia con el tratamiento de las señales recogidas durante la medida que permite a los investigadores extraer información sobre el proceso físico analizado. El tratamiento de estas señales consiste en obtener información a partir de sus valores muestreados, transformando así las variables continuas en secuencias de valores discretos. Este proceso puede conducir a una pérdida de información y/o errores que sean arrastrados posteriormente durante el procesamiento de la información si no se tienen en cuenta ciertas consideraciones durante el acondicionamiento de datos.

En el ámbito de la valoración biomecánica es muy común emplear señales que describen la posición y movimiento de determinados segmentos corporales cuando se estudia un determinado gesto de la vida diaria. A partir de esta información los valoradores requieren obtener información acerca de las velocidades y aceleraciones lineales y angulares, de los segmentos objeto de estudio. Así pues, surge la necesidad de evaluar la primera y la segunda derivada con respecto al tiempo de las señales de posición; señales que, por el propio proceso de medida, contienen errores sistemáticos y aleatorios que se reconocen como “ruido blanco” y que serán amplificadas en los procesos de derivación.

Ante este problema, los investigadores han centrado su atención en minimizar este efecto a través de varias estrategias:

- **Selección de la frecuencia de muestreo** adecuada, la cual tiene que ser suficientemente elevada para asegurarse de que la señal registrada tiene componentes en frecuencia fuera del ancho de banda que define la frecuencia de Nyquist y poder ser reconstruida con precisión a partir de los valores discretos.
- Definición de la **resolución espacio-temporal** adecuada al gesto que se pretende estudiar.
- Selección de la técnica de ajuste de los datos o de **filtrado de los valores discretos**. Estas técnicas permiten:
 - Mejorar la calidad de la señal, “suavizando” el ruido de la señal mediante la eliminación de los errores aleatorios introducidos en las medidas durante el proceso de registro.
 - Encontrar expresiones analíticas que representen el valor de las funciones registradas.

En este apartado se pretende presentar de manera resumida las principales características de las técnicas de tratamiento y acondicionamiento de datos, así como los criterios de utilización de cada una de ellas en el campo de la biomecánica.

1. Técnicas de **ajuste de datos a polinomios por el método de mínimos cuadrados** (Gregor y Kirkendall, 1978).

Este método persigue encontrar un polinomio de “ajuste” que se aproxime lo máximo posible a los datos registrados. Una vez obtenida la expresión del polinomio de ajuste, sus derivadas se calculan por diferenciación analítica.

La formulación del problema en dos dimensiones, la más común en análisis biomecánico, se expresa a continuación:

El problema parte de un conjunto de puntos (x_k, y_k) que representan las muestras registradas por el instrumento de medida, con $k=1:n$ (siendo n el número de muestras registradas). El grado del ajuste vendrá determinado por el número de funciones linealmente independientes que se consideren, es decir, $f_j(x)$ con $j=1,2,\dots,m$. El problema consiste en encontrar la función f combinación lineal de las funciones bases tal que $f(x_k) \approx y_k$, esto es:

$$f(x) = \sum_{j=1}^m c_j \cdot f_j(x)$$

La resolución del problema consistirá en determinar los m coeficientes c_j que hagan que la función $f(x)$ se la mejor aproximación a los puntos (x_k, y_k) . El criterio de mejor aproximación se basa en aquél que dé un menor error de la aproximación, el cual se expresa como:

$$e_k = y_k - f(x_k)$$

En este caso se trata de minimizar el error cuadrático medio en el conjunto de la aproximación.

$$E_c = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n e_k^2}{n}}$$

La aproximación mínimo cuadrada se basa en la minimización del error cuadrático medio o, equivalentemente, en la minimización del radicando de dicho error, el llamado **error cuadrático**.

2. Técnicas de ajuste de datos a **funciones “spline”** (Wood y Jennigs, 1979).

Con estas técnicas, el ajuste de los datos se “trocea” en lugar de utilizar un único polinomio para toda la señal. De este modo, varios polinomios de grado bajo son empalmados entre sí de forma continua. La función resultante no

presenta las oscilaciones que presentan los polinomios de interpolación de alto grado y la curva de ajuste tiene mayor suavidad.

El spline de grado 3 ($k=3$) es el más empleado, debido a que proporciona un excelente ajuste y su cálculo no es excesivamente complejo.

Si representa un polinomio de grado cúbico diferente para cada intervalo $[t_0, t_1], \dots, [t_{n-1}, t_n]$. Los polinomios S_{i-1} y S_i interpolan el mismo valor en el punto t_i , es decir se cumple:

$$S_{i-1}(t_i) = y_i = S_i(t_i)$$

$$(1 \leq i \leq n-1)$$

Esta condición garantiza que S es continuo en todo el intervalo. Además se supone que S' y S'' son continuas, condición que se emplea en la deducción de la expresión analítica del spline.

3. Técnicas basadas en el “**filtrado digital**” de datos (Winter, 1979).

Un filtro digital es un dispositivo selectivo de frecuencias, de modo que acepta como entrada una secuencia $E(t)$ de valores discretos equiespaciados y opera sobre estos para producir en la salida otra secuencia de números $S(t)$ en una banda de frecuencia limitada. Por consiguiente, el filtrado digital consiste en eliminar cierta parte del espectro de una función que, normalmente, representa el “ruido” que contiene la señal, dejando intacta la parte de la señal que corresponde a los valores verdaderos de la medida.

Existen básicamente tres tipos de filtros según su función de transferencia. El filtro paso bajo, el filtro paso alto, el filtro paso banda.

4. Técnicas basadas en las **series de Fourier** (Hatze, 1981)

Este método consiste en transformar los datos registrados por los instrumentos de medida en el dominio de la frecuencia utilizando la transformada rápida de Fourier (FFT) de la iniciales del término inglés *Fast Fourier Transformation* y una vez reconstruidos los datos con la transformada inversa de Fourier hasta un determinado número de armónicos, calcular las derivadas (velocidad y aceleración). Las series de Fourier constituyen una herramienta muy potente para el tratamiento de los datos que representan los fenómenos físicos y su estudio en el dominio de la frecuencia.

5. Técnicas basadas en la **transformada Wavelet**.

Esta técnica se desarrolló a mediados de los años 80 y puede decirse que se trata de un tipo especial de transformada de Fourier. Está especialmente formulada para señales no estacionarias y de rápida transitoriedad. Entre sus aplicaciones destaca el análisis de señales electrocardiográficas, sísmicas, sónicas, de radar, así como en la compresión y procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones.

1.1.9.2. TÉCNICAS AVANZADAS DE INTERPRETACIÓN DE DATOS COMO AYUDA A LA DECISIÓN

Tras el desarrollo de sofisticados métodos de acondicionamiento de señales de parámetros biomecánicos, uno de los principales escollos radica en la carencia de métodos eficientes y objetivos para la síntesis e interpretación de la información proveniente de los sistemas de registro (Lafuente, 1999).

Según algunos autores (Cohen *et al.*, 2000; Lafuente, 1999; Arya *et al.*, 1995) este problema es especialmente relevante en el terreno médico, donde la presencia de personal no siempre familiarizado con la complejidad del equipamiento de registro utilizado, hace necesario el desarrollo y la incorporación de nuevos métodos de tratamiento de datos que recojan la información esencial del sistema de medida y proporcionen al especialista una respuesta concisa y plausible que le asista en la interpretación de resultados.

En el contexto de la valoración funcional, las decisiones que se toman se basan en el diagnóstico del problema. Dicho diagnóstico puede adoptar dos modalidades básicas:

- La **clasificación**, es decir, la asignación categórica de un fenómeno determinado a un grupo en función de un criterio de similitud. Se trata de estimar probabilidades de pertenencia a una clase determinada (por ejemplo, la probabilidad de padecer una enfermedad).
- La **valoración**, es decir, el grado de disfunción que existe en el fenómeno estudiado. Así un sujeto sin patología tiene una valoración del 100%, esta valoración desciende en función del grado de discapacidad existente.

Desde un punto de vista técnico, el diagnóstico puede implementarse mediante una herramienta informática que automatice dicho proceso de inferencia y que recibe el nombre de **sistemas de ayuda a la decisión (SAD)**.

Según la funcionalidad de los SAD se pueden clasificar en dos grupos: los **modelos de clasificación** y los **modelos de asociación** o función de transferencia (FdT). Los primeros generan respuestas ante problemas de diagnóstico diferencial comparando el patrón de un sujeto con el de cada una de las poblaciones posibles. El sistema devuelve una serie de probabilidades de pertenecer a un patrón dado a cada grupo de población. Como grupos de población pueden definirse patología o diferencias musculoesqueléticas. Del mismo modo, pueden elegirse grupos de sujetos asignados a un mismo nivel funcional o de grupo de gravedad como primera aproximación a un diagnóstico funcional.

Por lo general, se suelen utilizar los modelos binarios que utilizan únicamente dos alternativas de clasificación: por ejemplo una población normal y otra patológica (Lafuente, 1999). El sistema responde con dos valores proporcionales a la probabilidad de pertenecer en cada clase.

Como herramientas típicas para el diseño de estos modelos se encuentran el Análisis Discriminante, los clasificadores estadísticos, las redes neuronales o los sistemas basados en lógica borrosa entre otros.

En la Figura 20 se muestra el esquema de funcionamiento de un clasificador.

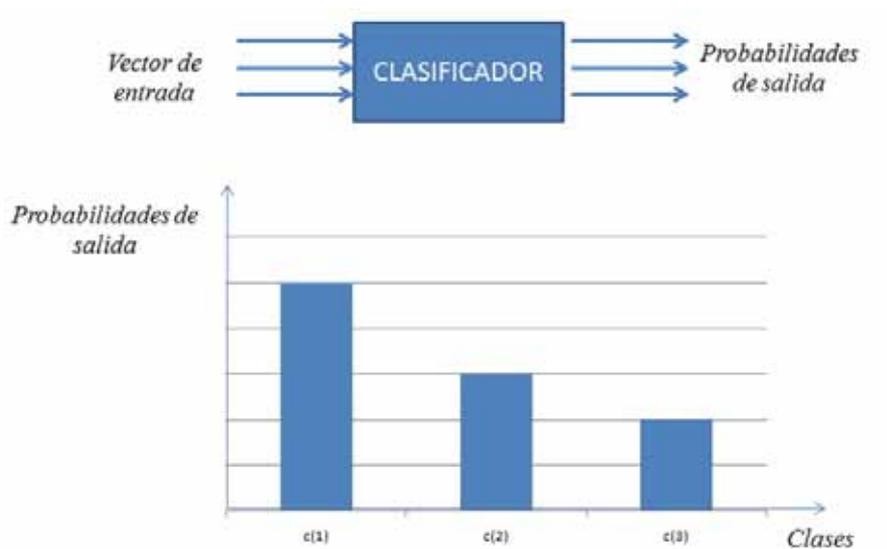


Figura 20. Esquema funcional de clasificador, visualizando las respuestas (probabilidades) en forma de diagrama de barras (Lafuente 1997)

Por su parte, los modelos de asociación relacionan directamente un patrón de entrada con un número real de salida. Para ello, se establece una función que cubre el espacio de los patrones de entrada, de forma que un individuo dado recibe un índice según su ubicación en dicho espacio. Este modelo podría emplearse para la evaluación funcional.

Las herramientas que se pueden utilizar para desarrollar modelos de asociación son, entre otros, sistemas borrosos con defuzzificación de la salida, técnicas numéricas de identificación de sistemas, distancias estadísticas, redes neuronales, etc.

En la Figura 21 se esquematiza el funcionamiento de un modelo de asociación.

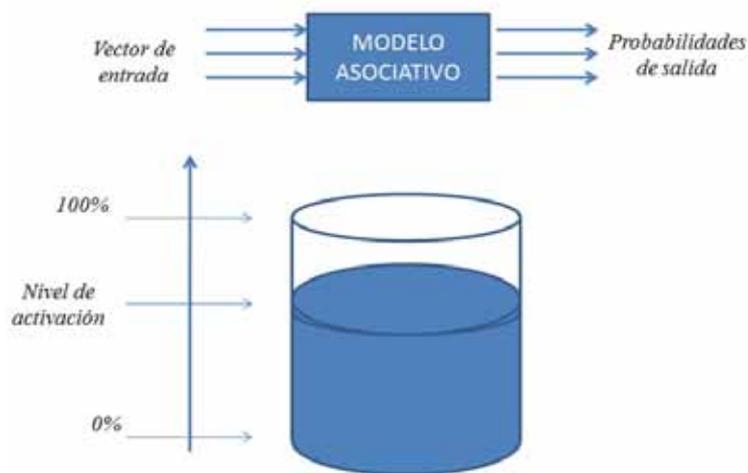


Figura 21. Esquema funcional del modelo de asociación. El índice de valoración mostrado en el diagrama equivale a una capacidad de aproximadamente el 70% con respecto a lo que cabría esperar en un grupo de referencia.

Según el modo en el que se diseñe un SAD, se pueden diferenciar entre sistemas de **naturaleza estadística y heurística**. Los SAD estadísticos están basados en las herramientas estadísticas que se han venido empleando tradicionalmente y que cabría asociar dentro de algunas de las siguientes categorías (Fisher y Van Belle, 1993):

- Estadística descriptiva, de cara a condensar la información en unos pocos parámetros, como la media, la varianza, los percentiles, etc.
- Ajuste de curvas y cálculos de regresión, para obtener una expresión algebraica que sintetice los registros tomados.
- Inferencia estadística: análisis de la media (ANOM), análisis de la varianza (ANOVA) y análisis multivariante de la varianza (MANOVA), para establecer diferencias no debidas al azar con un nivel de seguridad dado.
- Cálculo de correlaciones y correspondencias, para el hallazgo de interdependencias lineales.
- Clasificadores multivariantes paramétricos (bayesianos) y no paramétricos (k vecinos, ventanas de Parzen, etc.). Análisis discriminante y regresión logística, como potentes métodos de agrupación.
- Análisis de conglomerados (clustering) para determinar grupos dentro de una población heterogénea no clasificada previamente.
- Análisis de componentes principales, con objeto de clasificar grupos de patrones, analizar la importancia de las variables de entrada, encontrar parecidos entre observaciones o descomponer los parámetros medidos en grupos homogéneos.

Los principales problemas con el que se encuentra el especialista cuando trata de extraer conclusiones a partir de los datos reales utilizando técnicas estadísticas, son las estrictas asunciones matemáticas “a priori” (como linealidad o normalidad) y la necesidad de conocer con relativa profundidad los fundamentos estadísticos de cada método.

Por otro lado, los sistemas heurísticos han contado con un gran interés por parte de la comunidad científica en los últimos años por tratar de acercarse al modo de procesar la información a la forma de razonar del experto humano. Esta aproximación se resume en el concepto Inteligencia Artificial (IA).

La IA no posee una acepción universalmente válida, aunque a partir de los años cincuenta aparecen dos objetivos en los trabajos sobre esta materia (Charniak y McDemott, 1985): unos están más orientados al desarrollo de máquinas o equipos que ejecuten tareas de forma más inteligente; los otros se centran más en la investigación psicológica, es decir, en el uso de la IA como herramienta para investigar sobre la naturaleza humana.

A efectos prácticos se distinguen dos ideas clave o paradigmas que impregnan el campo de la IA:

- La búsqueda heurística: consiste en la renuncia a encontrar la solución única y contentarse con aplicar reglas empíricas avaladas por la experiencia. Los sistemas diseñados según este principio permiten resolver problemas para los que, en principio, no se hallan preparados. Por el contrario, el sistema deja de ser infalible, al no poder asegurar completamente que la respuesta dada sea la correcta.
- El paradigma del conocimiento: trata de la construcción de sistemas que emulen a los expertos humanos en actividades muy concretas y restringidas. Aparecen así diversos métodos de modelación y formalización del conocimiento, que dan lugar a lo que se conoce como sistemas expertos.

Combinando la esencia de ambas aproximaciones, se ha abordado desde los años setenta el desarrollo de SAD inteligentes o sistemas expertos, generalmente basados en programas informáticos. Se imponía que el sistema fuera un colaborador y no un sustituto del experto. A partir de este nuevo enfoque, no sólo en el campo médico, sino también en numerosas áreas de la ingeniería, la aplicación de sistemas capaces de incorporar conocimientos del experto humano o de extraer autónomamente conclusiones a partir de estos datos reales ha cobrado gran interés ante la posibilidad de:

- Objetivar las decisiones tomadas.
- Disminuir costes a través de la sustitución de operarios humanos por sistemas expertos.
- Reducir los errores cometidos y agilizar el proceso de toma de decisión.
- Formalizar los conocimientos implícitos de un experto o grupo de expertos.
- Descubrir nuevas reglas a partir de la observación del fenómeno analizado.

Un sistema experto de ayuda a la decisión (SEAD) es una herramienta informática que emula a un experto humano en algún área muy concreta del saber. Considerado

como una “caja negra”, para que un sistema artificial pueda actuar de experto en las siguientes actividades (Hayes-Roth, 1984):

- Resolver problemas de gran dificultad.
- Razonar heurísticamente.
- Interactuar adecuadamente con las personas.
- Manipular descripciones simbólicas.
- Funcionar con datos erróneos y reglas inciertas.
- Contemplar simultáneamente múltiples hipótesis competitivas.
- Justificar sus conclusiones.

Pese a la multitud de esfuerzos en el desarrollo de sistemas expertos para el ámbito médico, prácticamente ninguno de estos productos llegó a trascender del entorno de la investigación (Fernández Fernández, 1985). Ello puede explicarse a partir de dos motivos fundamentales, uno de carácter psicológico y otro más pragmático. Desde el punto de vista psicológico, diversos estudios realizados en los Estados Unidos destacaron la actitud inicial desfavorable del clínico frente al sistema informático (Teach y Shortliffe, 1981; Anderson *et al.*, 1981). Las razones pragmáticas pueden resumirse en que los sistemas casi nunca fueron diseñados para cubrir una necesidad real práctica (Kulikowski, 1980). Muchos médicos consultados en dichas encuestas coincidieron en resaltar la destreza del sistema experto en cuenta a capacidad diagnóstica, pero sin embargo no fueron capaces de apreciar su verdadera utilidad.

En este sentido, Clancey y Shortliffe (1984) sugieren que una evaluación completa antes de desarrollar cualquier herramienta de asistencia clínica debería contemplar todas estas fases:

1. Necesidad del sistema.
2. Funcionamiento al mismo nivel que el experto humano.
3. Facilidad de manejo por usuarios con poca práctica informática.
4. Aceptación en cuanto al uso potencial de la herramienta.
5. Impacto sobre la actividad de los clínicos.
6. Impacto sobre la mejora asistencial.
7. Mejora de la relación coste/eficacia de pruebas y terapias.

1.1.10. VALORES DE REFERENCIA PARA LA EMISIÓN DE DIAGNÓSTICOS FUNCIONALES

Hasta ahora se han analizado las herramientas que son comúnmente utilizadas por los profesionales para objetivar la presencia de un daño corporal. Todos estos sistemas se caracterizan por realizar un análisis detallado de la estructura corporal afectada con la finalidad de conocer el origen del cuadro clínico. No obstante, este enfoque se encuentra circunscrito al modelo médico tradicional, ya que se basa en el diagnóstico de la patología como pieza clave de la caracterización y clasificación médica.

En este sentido son muchos los profesionales clínicos que afirman la obsolescencia de este planteamiento, asegurando que para tener éxito en la valoración del daño y su repercusión global sobre el paciente es necesario un abordaje más amplio que contemple todas las consecuencias de la enfermedad y sus dimensiones tanto sociales, psicológicas y de comportamiento.

No obstante y a pesar de lo dicho anteriormente, en la mayoría de los manuales de valoración del daño se encuentran abordajes que basan su análisis únicamente en la **determinación de los rangos articulares del segmento corporal evaluado**. Dentro de este planteamiento y para comprender la complejidad que ofrecen muchas veces las secuelas funcionales a la hora de valorarlas, basta decir que en lo referente a la movilidad articular, no hay acuerdo de unos a otros autores a la hora de establecer cuáles son los límites normales de movilidad y giro de una determinada articulación. Esto se debe a que no sólo influyen factores de edad y sexo, sino de hábitos, profesión, adiestramiento, etc. (Borobia, 2006).

Si nos referimos a porcentajes, en lugar de rangos, igualmente se encuentran diferencias sustanciales de unos a otros autores y de unas a otras tablas de valoración. La variabilidad en el concepto de normalidad y la falta de criterios uniformes en cuanto a los límites fisiológicos de movilidad de las distintas articulaciones, hacen difícil el poder valorar menoscabos o deficiencias (Louis Melennec “Bareme International des Invalidities posttraumatiques” J. Barsotti y C. Dujardin “Guía Práctica de Traumatología”).

Una de las causas de esta discrepancia se encuentra en las características del actual estilo de vida. Hoy en día el sedentarismo empieza a ser, junto con las dietas inadecuadas, un sistema de vida viciado de la juventud, haciendo que los límites implementados en los baremos pudieran no concordar con la escala establecida para su edad.

A esto también habría que sumarle la falta de instrumentos de precisión y objetivos para el cálculo de las variables angulares que definen el rango articular.

Dadas las limitaciones de las tablas y patrones de normalidad actuales, son mucho los profesionales que, basándose en su experiencia, siguen los siguientes criterios: si se trata de una articulación doble, que permite exploración en lado sano y enfermo, omiten en principio, la consulta de tablas y proceden a explorar la sana. Se buscarán los límites sin forzar hasta el dolor; posteriormente se explora la enferma y se buscan igualmente sus límites. La diferencia será el menoscabo funcional.

Cuando se trata de explorar una zona que no tiene contralateral comparativa, caso de la columna vertebral, se procede a establecer los límites mediante tablas acreditadas tras la exploración del lesionado: la diferencia entre los patrones de normalidad encontrados en tablas y la hallada en la exploración marcará la deficiencia.

Añadido a este hecho, cabe destacar que circunscribir la valoración funcional únicamente al conocimiento de los rangos articulares corresponde a un planteamiento reduccionista en opinión de numerosos profesionales. Según Viosca (2006) la valoración funcional engloba otros muchos aspectos al margen de la medición de las características dinámicas del individuo. Es por ello por lo que la evaluación debe incluir las actividades, habilidades, actuaciones prácticas, condiciones ambientales y necesidades de dicho individuo.

A parte de la falta de consenso en los valores de normalidad, otros autores señalan como factores determinantes de la complejidad de la valoración del daño a aspectos de origen legislativo. Actualmente, no existen patrones uniformes entre los distintos países de la Comunidad Económica Europea, encontrándose disparidad de criterios en la aplicación de baremos supletorios. La propia OMS (Organización Mundial de la Salud) establece normas que no siempre se ajustan a las de aplicación de algunos países.

Esta situación no se encuentra respaldada por las actuaciones seguidas por las compañías aseguradoras, donde proliferan los baremos, generalmente poco unificados entre ellas (Borobia, 2006). Es muy común hoy en día encontrar peritajes médicos con puntos de vista muy dispares. En cada momento, cada cual intenta hacer uso de aquello que más le beneficia. Con carácter supletorio se intenta que tengan validez los principios, tablas o baremos que más pueden beneficiar a la parte interesada (Mélenec, 1996).

Cabe destacar que en el ámbito jurídico existe una gran cantidad de baremos de valoración del daño corporal de uso frecuente en España, ya sean oficiales o no. Entre ellos destacan los siguientes:

- Real Decreto 1971/1999, de 23 de diciembre, de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía y las modificaciones introducidas por el.
- Resolución de 1 de junio de 1989, de la Dirección General de Seguros, por la que se aprueba el baremo de indemnización de los daños corporales a cargo del Seguro de Responsabilidad Civil, derivada del uso de vehículos a motor, de suscripción obligatoria.
- Sistemas para la valoración de daños corporales derivados de accidentes de circulación de ICEA investigación Corporativa entre Entidades Aseguradoras), de abril de 1990.
- Bareme International de Invalidities Post-Traumatiques. Este contempla las incapacidades fisiológicas o funcionales, incapacidades para el trabajo e incapacidad de renta, tanto de Derecho común como en accidente de trabajo.
- Guía práctica de Traumatología de J. Barssottiy D. Dujardin
- Manual de Clasificación Internacional de las deficiencias, discapacidades y minusvalías.

- Orden de 5 de marzo de 1991, del Ministerio de Economía y Hacienda, “BOE” num. 60, de 11 de marzo de 1991.
- Baremos particulares: Del estudio de ellos se desprende a) falta de uniformidad en el tratamiento indemnizatorio. b) falta de uniformidad en la valoración de las secuelas, atendiendo a su gravedad y carácter indemnizatorio. c) El concepto moral y extracorpóreo, no se trata en la mayor parte de ellos.
- Ley 30/1995, de la Jefatura del Estado, de 8 de noviembre sobre Ordenación y Supervisión de los Seguros Privados

1.1.11. DIFICULTADES CLÍNICAS EN LA EMISIÓN DE DIAGNÓSTICOS FUNCIONALES. EL CONCEPTO DE SIMULACIÓN

Según el Diccionario de la Real Academia Española, **simulación** es “*la acción de simular, representar una cosa, fingiendo o imitando lo que no es*”. Según Gisbert (1991), es “*toda suerte de fraudes clínicos motivados por la intención de alcanzar alguna finalidad beneficiosa para el simulador, que no puede conseguirse de otra manera que a expensas del engaño*”. En este concepto se incluyen desde la imitación de síntomas patológicos como la exageración de síntomas reales. Desde una perspectiva médico-legal existen diferentes modalidades de simulación. Simonin (1966) las definió como:

1. **Simulación-exageración:** es la forma más frecuente de la simulación. El simulador está afectado por una enfermedad o presenta una herida auténtica, pero, con un fin interesado y de una manera consciente y voluntaria, tiende a exagerar la gravedad o las consecuencias. El enfermo o herido teme haber sido incompletamente indemnizado por una valoración médica insuficiente o bien busca aprovecharse al máximo de los derechos o privilegios que le corresponden normalmente, exagerando la importancia de los trastornos o las secuelas, generalmente de orden subjetivo que manifiesta.
2. **Simulación-perseveración:** el simulador prolonga indebidamente un estado mórbido auténtico del que obtiene provecho (reposo, indemnización). Entretiene la lesión por medios artificiales o persiste en una actitud patológica que ha desaparecido.
3. **Falsas imputaciones.** El simulador atribuye una enfermedad o trastornos mórbidos a un accidente antiguo o reciente; es decir, sí que hay enfermedad, pero su origen es anterior.

Hoy en día, las repercusiones de la simulación en los diferentes campos del Derecho tienen especial transcendencia en el Derecho Penal, Civil, Laboral y Canónico. Debido al objetivo del presente trabajo se hará especial hincapié en la importancia y transcendencia de este factor en el Derecho Laboral. Sin duda, es en este campo del derecho donde más casos de simuladores se presentan. La simulación de una determinada patología por parte del trabajador suele ocurrir para ser incluido dentro de las prestaciones de incapacidades e invalideces existentes, o bien para que se reconozca una lesión como accidente de trabajo de forma que reciba indemnizaciones más altas o consiga un cambio de puesto del mismo.

La simulación o exageración de los síntomas, constituye un capítulo de enorme interés por diversos motivos.

- Se trata de un problema que se presenta con relativa frecuencia en el ámbito médico-legal. El perito tiene la dificultad sobreañadida en el proceso de valoración de tratar con un paciente que no va a colaborar y que dudará de la sinceridad del esfuerzo realizado en la prueba. Por ello, este especialista debe contar con el máximo de pruebas objetivas que le ayuden en la toma de una decisión y, además, le permitan descubrir cuáles son los métodos que el simulador está empleando para mostrar o exagerar la clínica de una determinada sintomatología. En estos casos, el médico valorador ha de estar

familiarizado con las técnicas de valoración que le ayuden y permitan llegar al diagnóstico diferencial entre una verdadera enfermedad física o psíquica, una lesión o una patología simulada.

- La simulación constituye un grave problema judicial, con elevadas repercusiones económicas y sociales. Según datos publicados por el INE en 2010, el absentismo laboral alegando motivos de salud injustificados supuso un gasto cercano al 1.5% del PIB, más de 9.000 millones de euros, y un importante problema de pérdida de productividad y competitividad de las empresas españolas.

Al final de todo el proceso, es la sociedad la que soporta o sale perjudicada de una incorrecta valoración de un paciente. En los últimos tiempos, el número de reclamaciones compensatorias sujetas a litigación ha aumentado considerablemente, de ahí la necesidad fundamental de poder evaluar la función de los sistemas corporales de la forma más objetiva posible para poder determinar la colaboración del paciente.

Existen estrategias de valoración que son de utilidad en el diagnóstico de la simulación, pero hay que tener en cuenta que todas estas estrategias deben considerarse en el contexto de una anamnesis y exploración del paciente detalladas y que **el diagnóstico de la simulación requiere el perfecto conocimiento del cuadro clínico del proceso que presenta el paciente y de las formas simuladas** (Díaz, 1950).

Algunas de las estrategias utilizadas en la valoración biomecánica de la simulación son:

- Las **pruebas de sinceridad** y de **sorpresa** consisten en distraer la atención del sujeto valorado mientras se le explora o en realizar una prueba en la que no es consciente de qué aspecto está siendo evaluado (Simonin, 1966).
- Los **estudios de reproducibilidad de las medidas objetivas**. Existen determinadas normas o recomendaciones en manuales de valoración, como las existentes en la Guía para la Evaluación de las Deficiencias Permanentes (IMSERSO, 1995) sobre la validez de las medidas registradas si se cumplen determinados criterios de repetibilidad. Así, en su página 111 subraya que la reproducibilidad de la capacidad funcional de un paciente es un indicador de un esfuerzo óptimo. Estas recomendaciones, aceptada su validez, son tomadas como base en las valoraciones que se realizan hoy en día en España en relación a la determinación y reconocimiento del grado de minusvalía (B.O.E., 2000).
- Los **estudios de la consistencia y coherencia** de los resultados obtenidos entre las diversas valoraciones llevadas a cabo sobre un mismo paciente.
- La **comparación con patrones** de comportamiento con formas simuladas.

Es importante destacar que el diagnóstico de la simulación no se apoya en una única prueba, sino en una anamnesis completa, exploración clínica y conjunto de pruebas complementarias. El perito valorador, con sus conocimientos y experiencia debe ser capaz de interpretar y determinar la coherencia de los resultados obtenidos en todo el conjunto de la información.

Clasificación de “sospechosos de simulación”: posibles, probables y definitivos simuladores

Slick (1999), establece categorías en los sujetos con probabilidad de estar simulando en función del cumplimiento de determinadas condiciones, de modo que los clasifica en simulador definitivo, probable o posible, en función de la probabilidad de que realmente sean simuladores. Según las siguientes condiciones:

1. Presencia de un incentivo sustancial para el paciente como consecuencia de la evaluación médica, como prolongar un periodo de baja o la posibilidad de obtener una incapacidad.
2. Evidencia de simulación a partir de los resultados de una prueba médica o resultado positivo en una prueba para detectar simulación. Este punto tiene los siguientes subapartados:
 - a. Resultado de una prueba diagnóstica que demuestre que el paciente está simulando.
 - b. Resultado positivo en una prueba para detectar simulación.
3. Evidencia de simulación a partir de su evaluación clínica. Este punto tiene los siguientes subapartados:
 - a. Discrepancia entre los resultados de la evaluación y los síntomas que refiere.
 - b. Discrepancia entre los resultados de la evaluación y otras pruebas médicas.

Para ser un **simulador definitivo** se deben de cumplir las condiciones 1 y 2a; para ser un probable simulador la condición 1 y alguna de las condiciones tipo 2; para ser un **posible simulador**, la condición 1 y alguna de las tipo 3.

En general, los estudios publicados sobre simulación se han abordado utilizando dos diseños posibles: diseño de análogos (sanos) o diseño de grupos conocidos (simuladores). En el primero, los sujetos de estudio son individuos sanos a los que se les solicita que simulen; en el segundo, pacientes considerados sospechosos de simulación. En general, se critica la validez externa de los diseños análogos por su limitación para extender sus resultados a la población de pacientes objeto de valoración del daño corporal; en cambio, en los diseños de grupos conocidos se critica su validez interna, particularmente por la ambigüedad con la que se eligen los pacientes. Según Brenan (2006) no existe consenso acerca de cuál es el mejor diseño para el estudio de la simulación ya que ambos tipos de diseño presentan limitaciones metodológicas.

1.1.12. MARCO LEGAL DE LA VALORACIÓN DE LA DISCAPACIDAD EN ESPAÑA

En España, los daños sobre la salud han alcanzado en los últimos tiempos una importancia mayúscula por distintos motivos. En primer lugar debido al gran número de personas que sufren algún tipo de discapacidad. Según la encuesta sobre discapacidad, autonomía personal y situación de dependencia publicada por el INE en 2008, se cifraba que el 8.5% de la población española, 3.847.800 personas, sufren algún tipo de discapacidad; de entre ellas 1.547.300 son hombres (40%) y 2.300.500 mujeres (60%).

El origen de la discapacidad puede ser tanto congénito, como adquirido a lo largo de la vida debido a accidentes laborales, enfermedades degenerativas, agresiones o simplemente, por fenómenos fisiológicos derivados de la edad avanzada.

Por otro lado, hay que considerar que a las importantísimas consecuencias humanas y sociales que conllevan las lesiones, se le unen otras razones económicas, laborales, administrativas y jurídicas, confiriendo entre todas, una enorme importancia a este campo.

La valoración del daño corporal sufrido por una persona persigue objetivar la presencia de lesiones, secuelas, menoscabos, perjuicios, dolores, molestias, incapacidades, etc. que pudieran derivarse de accidentes o enfermedades, con el objetivo de producir una reparación adecuada. La actuación en este campo puede ser a nivel judicial (civil, penal, social), administrativo, Seguridad Social, seguros privados, contractual (pólizas de seguro) como extracontractual (daños a terceros, Responsabilidad Civil).

En este marco de referencia, la valoración del daño obliga a los profesionales del peritaje médico-legal a conocer el área del Derecho donde se desarrolla la evaluación, así como la finalidad de la misma. Sea para imposición de una pena, para otorgar una indemnización compensatoria o para tramitar el retorno de un trabajador a su puesto de trabajo, siempre existe la necesidad de conocer con claridad cuál es la entidad o cuantía que ha de responsabilizarse de cada caso particular.

La trascendencia social y económica de la valoración del daño corporal en España es muy grande. Según las memorias de la Fiscalía del Tribunal Supremo se recoge una media de 40.000 diligencias previas con relación directa con el delito de lesiones, ocupando el 5º en términos cuantitativos entre las diversas figuras delictivas. Este dato, puede ser indicativo de la gran cantidad de valoraciones realizadas para obtener una garantía social, administrativa o económica desde una perspectiva de equidad y justicia social. En este contexto, la necesidad de disponer de elementos que favorezcan la obtención de juicios objetivos e imparciales, junto con mecanismos para identificar fenómenos como la simulación y/o exageración, se hace cada vez más acuciantes (Gisbert, 1991; Muñoz-Céspedes, *et al.*, 2001; Borobia, 2006).

Entre los profesionales involucrados en el ámbito de la valoración del daño destacan los profesionales del Derecho, médicos generales, rehabilitadores, forenses, inspectores médicos de la Seguridad Social, Compañías de Seguros o Mutuas de Accidentes Laborales de la Seguridad Social.

Entre la jurisprudencia reguladora que existe alrededor de la valoración del daño corporal, destacan por su repercusión e importancia:

- El Real Decreto (RD) 1971/1999, de 23 de diciembre de procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía.
- RD Legislativo 1/1994, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.

Real Decreto (RD) 1971/1999 y 1856/2009

Tanto la metodología de evaluación propuesta por este RD, como los valores de referencia que utiliza están basados en las **Guías para la valoración de las deficiencias permanentes** (título original: *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment, American Medical Association*), publicadas por el IMSERSO en 1994.

En estas guías, se considera la existencia de **minusvalía** cuando, a consecuencia de las valoraciones efectuadas por un equipo multidisciplinar (médico, psicológico y social) a la persona con deficiencia o discapacidad se le reconoce un grado (porcentaje) igual o superior al 33% de afectación sobre la capacidad de llevar a cabo las actividades de la vida diaria. Hay que tener en cuenta que, cuando la afectación supera los 25 puntos porcentuales, a este porcentaje se puede sumar hasta un máximo de 15 puntos derivados de los factores sociales complementarios que pueden dificultar la integración social de una persona es decir, el entorno familiar y la situación laboral, educativa y cultural.

Se gestiona a través de los Centros Base de atención a personas con discapacidad de las CC.AA. que tengan transferida esta competencia, o el área de valoración del IMSERSO.

RD Legislativo 1/1994

La Ley General de la Seguridad Social define una serie de estados o situaciones a las que puede verse sometido un trabajador lesionado, así como el Derecho que se deriva de cada una de ellas.

INCAPACIDAD TEMPORAL (IT)

Toda aquella situación que se derive por enfermedad común o profesional o accidente, sea o no de trabajo, mientras el trabajador recibe asistencia sanitaria de la Seguridad Social y esté impedido para el trabajo. Presenta una duración máxima de **doce meses prorrogables por otros seis** (incluidos los periodos de recaída y de observación) cuando se presume que durante ellos puede el trabajador ser dado de alta médica por curación, o bien, se determinará la iniciación de un expediente de incapacidad, o en su defecto, se emitirá el alta médica.

El motivo de la incapacidad determinará su naturaleza y por tanto sus peculiaridades. El RD 1/1994 reconoce las siguientes clasificaciones de la lesión:

- **Accidente de Trabajo (AT)**. Toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejerce por cuenta ajena o cuenta propia.
- **Enfermedad Profesional (EP)**. En este apartado se identifican todas las lesiones o alteraciones de la salud que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejerce por cuenta ajena o por cuenta propia. La diferencia con respecto a la AT reside en que en la EP no existe accidente

desencadenante de la lesión, sino un **tiempo de exposición** en el trabajo. En definitiva, la alteración de la salud la causa el propio tipo de trabajo o su entorno y un tiempo de exposición a él. Es imprescindible que se den tres requisitos fundamentales para caracterizar una lesión como EP:

1. Debe darse una relación causa-efecto entre el trabajo y la enfermedad.
 2. Ha de existir un tiempo de exposición previo y suficiente para contraer la enfermedad.
 3. La enfermedad debe estar recogida en la lista oficial de Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social.
- **Contingencias Comunes (CC):** En este grupo se encuentra clasificada cualquier alteración de la salud que el trabajador sufra debido a una enfermedad o traumatismo que no tiene origen laboral. La puede haber de dos tipo:
 1. Enfermedad Común (EC)
 2. Accidente No Laboral (ANL).

La **prestación económica** en las diversas situaciones constitutivas de incapacidad laboral transitoria consistirá en un subsidio equivalente a un tanto por ciento sobre la base reguladora. La compensación económica dependerá del tipo de contingencia. En la Figura 22 se muestra el porcentaje de la base reguladora que percibe el trabajador durante el proceso de IT en función de la naturaleza de la misma.

La responsabilidad de prestación a favor del trabajador accidentado/enfermo se llevará a cabo a través de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social (MATEPSS). Las modalidades de pago contempladas en el RD1/1994 se resumen en la Tabla 5.

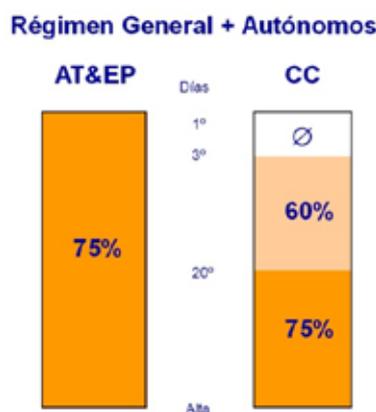


Figura 22. Prestación económica en función de la contingencia para el Régimen General y Autónomos

Modalidad	Responsable de la prestación	Condiciones
Pago Delegado	MATEPSS a través de la empresa del trabajador	Mientras exista relación laboral entre ambos La prestación se incluye en la nómina mensual de la empresa El importe económico es descontado a la mutua en la liquidación mensual con la Seguridad Social.
Pago Directo	MATEPSS	Si se ha producido una extinción contractual. En caso de autónomos o trabajadores agrarios.

Tabla 5. Modalidades de prestación por IT

INCAPACIDAD PERMANENTE (IP)

En la modalidad contributiva se entiende por **invalidez permanente** la situación del trabajador que, después de haber estado sometido al tratamiento prescrito y de haber sido dado de alta médica, presenta **reducciones anatómicas o funcionales graves**, susceptibles de determinación objetiva y previsiblemente definitivas, que disminuyan o anulen su capacidad laboral. No será obstáculo para tal calificación la posibilidad de recuperación incierta o a largo plazo de la capacidad laboral.

Las **reducciones anatómicas o funcionales existentes en la fecha de la afiliación** del interesado en la Seguridad Social no impedirán la calificación de la situación de incapacidad permanente, cuando se trate de personas minusválidas y con posterioridad a la afiliación tales reducciones se hayan agravado, provocando por sí mismas o por concurrencia con nuevas lesiones o patologías una disminución o anulación de la capacidad laboral.

También tendrá la consideración de invalidez permanente la situación de incapacidad que subsista después de extinguida la incapacidad temporal.

En la modalidad no contributiva podrían ser constituidas de invalidez las deficiencias, previsiblemente permanentes, de carácter físico o psíquico, congénitas o no, que anulen o modifiquen la capacidad física, psíquica o sensorial de quienes las padecen.

La calificación de los distintos grados de la incapacidad permanente, cualquiera que sea su causa, se determinará en función del porcentaje de reducción de la capacidad de

trabajo que reglamentariamente se establezca, valorada de acuerdo con la lista de enfermedades, pudiendo ser:

- **Incapacidad Permanente Parcial** para la profesión habitual: Reducción de la capacidad de trabajo de un porcentaje superior al 33%, que no le impide la realización de labores fundamentales de su trabajo habitual.
- **Incapacidad Permanente Total** para la profesión habitual: Cuando el trabajador está incapacitado para las tareas habituales de su profesión habitual. Con más de 55 años y sin trabajar se considera incapacidad permanente total cualificada.
- **Incapacidad Permanente Absoluta** para todo trabajo: Cuando el trabajador, tras sufrir una lesión o enfermedad, se ve impedido en la realización de todo tipo de trabajo o profesión.
- **Gran Invalidez:** Situación del trabajador que además de verse impedido para la realización de un trabajo, no puede realizar las actividades de la vida diaria.

A efectos de la determinación del grado de incapacidad, se tendrá en cuenta la incidencia de la reducción de la capacidad de trabajo en el desarrollo de la profesión (o grupo profesional en el que estaba encuadrada) que ejercía el interesado antes de producirse el hecho causante de la incapacidad permanente.

Tendrán derecho a la prestación vitalicia por invalidez permanente las personas incluidas en el Régimen General que sean declaradas en tal situación y que, además hubieran cubierto el periodo mínimo de cotización, salvo aquella que sea debida a accidente, sea o no laboral, o a enfermedad profesional, con ningún periodo previo de cotización. No se reconocerá el derecho a las prestaciones de incapacidad permanente derivada de contingencias comunes cuando el beneficiario reúna los requisitos para acceder a la pensión de jubilación en el sistema de Seguridad Social.

La responsabilidad de la prestación dependerá de las condiciones de la IP y corresponderá a la MATEPSS o al propio INSS (Instituto Nacional de la Seguridad Social). En la Tabla 6 se presenta la entidad responsable de la indemnización en función de la naturaleza del caso.

Tipo de Contingencia	Responsable de la Prestación por IP
AT	MATEPSS
EP	INSS
CC	INSS

Tabla 6. Modalidades de prestación por IP

1.1.13. AGENTES IMPLICADOS EN EL ÁMBITO DE LA VALORACIÓN MÉDICA

La Constitución Española de 1978 establece, en su artículo 43, el derecho a la protección de la salud y a la atención sanitaria de todos los ciudadanos. A partir de él, en 1986 se promulga la Ley General de Sanidad con el objeto de regular las actuaciones que hagan efectivo el derecho a la protección de la salud reconocido en la Carta Magna. En esta ley y en los posteriores reglamentos y decretos, se diseña un modelo sanitario universalista y no contributivo prestado a través del **Sistema Nacional de Salud** vía presupuesto generales del Estado, que se configura como distinto e independiente del **Sistema de Seguridad Social**, el cual se relaciona con la protección social o la cobertura de las problemáticas socialmente reconocidas.

El Sistema Nacional de Salud se configura como el conjunto coordinado de los servicios de salud de la Administración del Estado y los servicios de salud de las Comunidades Autónomas que integra todas las funciones y prestaciones sanitarias que, de acuerdo con la ley, son responsabilidad de los poderes públicos.

Según la Ley General de Sanidad 14/1986, de 25 de abril y la Ley de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud 16/2003, de 28 de mayo, las competencias de las administraciones públicas en materia sanitaria recaen sobre:

- La **Administración del Estado**: se responsabilizará de las bases generales y coordinación de la sanidad, la sanidad exterior y las relaciones y acuerdos sanitarios internacionales, y la legislación sobre productos farmacéuticos
- Las **Comunidades Autónomas**: Asumirán las competencias en materia sanitaria a través de un Servicio de Salud, que es la estructura administrativa y de gestión que integra todos los centros de salud, servicios y establecimientos de la propia comunidad, diputaciones, ayuntamientos y cualquier otra administración territorial.
- Las **Corporaciones Locales**: colaborarán activamente con las CC.AA en la gestión de los servicios públicos de salud.

El órgano que coordina y garantiza la cooperación y encuentro entre las administraciones públicas sanitarias central y autonómica es el **Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud**. El Presidente del Consejo es el Ministerio de Sanidad y Política Social y la Videpresidencia es desempeñada por uno de los consejeros de sanidad de las CC.AA, elegido por los consejeros que lo integran.

Desde el punto de vista asistencial, el Sistema Nacional de Salud se organiza en dos entornos o niveles: **Atención Primaria** y **Atención Especializada**.

La Atención Primaria pone a disposición de la población una serie de servicios sanitarios básicos a través de los **Centros de Salud**, donde trabajan equipos multidisciplinares integrados por médicos de familia, pediatras, personal de enfermería y administrativo, pudiendo disponer también de trabajadores sociales, matronas y fisioterapeutas.

El principal objetivo de la Atención Primaria es la promoción de la salud y la prevención de la enfermedad.

La Atención Especializada se presta en **Centros de Especialidades y Hospitales**, de manera ambulatoria o en régimen de ingreso. Comprende las actividades asistenciales, diagnósticas, terapéuticas y de rehabilitación, además de la promoción de la salud, educación sanitaria y prevención de la enfermedad, cuya naturaleza aconseja que se realicen bajo la supervisión de especialistas. En la actualidad el SNS cuenta con un total de 794 hospitales (*Datos del Ministerio de Sanidad y Política Social e Igualdad, 2011*).

Por su parte el Sistema de Seguridad Social se responsabiliza de la protección que la sociedad proporciona a sus miembros, mediante una serie de medidas públicas contra las privaciones económicas y sociales que, de otra manera, ocasionarían la desaparición o una fuerte reducción de sus ingresos como consecuencia de enfermedad, accidente de trabajo o enfermedad profesional, maternidad, desempleo, invalidez, vejez y muerte; y también la protección en forma de asistencia médica y de ayuda a las familias con hijos.

Tal y como se comentó en apartados anteriores, la Ley General de la Seguridad Social (RD Legislativo 1/1994, de 20 de junio) es la norma que recoge todas las disposiciones en esta materia, transfiriendo la competencia al **Instituto Nacional de la Seguridad Social (INSS)** como entidad gestora, adscrita al Ministerio de Trabajo e Inmigración, de la administración de las prestaciones económicas del sistema público de Seguridad Social y el reconocimiento del derecho a la asistencia sanitaria.

Entre sus numerosas competencias se encuentran el reconocimiento, gestión y control de la Incapacidad Permanente (IP), Incapacidad Temporal (IT) o las indemnizaciones económicas derivadas de Lesiones Permanentes no Invalidantes (LPNI).

Las estructuras que integran la Seguridad Social son variadas y de competencias específicas. Actualmente, como órgano superior se encuentra el Ministerio de Trabajo e Inmigración, del que depende la Secretaría de Estado de la Seguridad Social. Como órgano de apoyo y asistencia inmediata al Secretario de Estado existe un Gabinete, con un nivel orgánico de Subdirección General.

A su vez, de la Secretaría de Estado dependen la Dirección General de Ordenación de la Seguridad Social, la Intervención General de la Seguridad Social y el Servicio Jurídico de la Administración de la Seguridad Social.

La gestión del Sistema de Seguridad Social en España se atribuye, entre otros a los siguientes entes públicos con personalidad jurídica propia, adscritos al Ministerio de Trabajo e Inmigración a través de la Secretaría de Estado de la Seguridad Social: el **INSS**, el **Instituto Social de la Marina (ISM)**, la **Tesorería General de la Seguridad Social (TGSS)** y la **Gerencia de Informática de la Seguridad Social**.

La Figura 23 muestra el diagrama jerárquico de los distintos organismos que integran el Sistema Nacional de Seguridad Social.



Figura 23. Organismos y entidades que integran la Seguridad Social

En el ámbito de la Salud Laboral, según el Real Decreto 1993/1995, las entidades en las que delega la Seguridad Social la gestión de la IT, IP, LPNI son las **Mutuas de Accidentes y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social (MATEPSS)**, las cuales tienen personalidad jurídica propia y plena capacidad de obrar.

Las Mutuas se caracterizan por ser asociaciones de empresarios constituidas con el principal objetivo de colaborar en la gestión de la Seguridad Social. Dicha colaboración comprende las siguientes actividades:

- La colaboración en la gestión de las contingencias de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- La colaboración en la gestión de la prestación económica de incapacidad temporal derivada de contingencias comunes.
- Otras prestaciones, servicios y actividades que les sean legalmente atribuidas.

Las Mutuas son entidades que carecen de ánimo de lucro y actúan mancomunadamente, basándose en el principio de solidaridad.

El empresario, con carácter voluntario, puede optar entre formalizar la cobertura de los accidentes de trabajo con las Entidades Gestoras de la Seguridad Social o asociarse a una Mutua.

Las Mutuas están autorizadas por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales y sometidas a su vigilancia y tutela. Su contabilidad se rige por el Plan General de Contabilidad de la Seguridad Social, debiendo las Mutuas rendir cuentas de su gestión ante el Tribunal de Cuentas. Sus presupuestos anuales se integran en el Presupuesto de la Seguridad Social.

Las Mutuas de Accidentes otorgan las siguientes prestaciones en su actividad de colaboración con la Seguridad Social:

- **Cobertura de los riesgos profesionales** (accidente de trabajo y enfermedad profesional).
 - Se encargan de pagar a los trabajadores las prestaciones económicas incluidas en la cobertura de la Seguridad Social.
 - Dispensan la asistencia sanitaria.
 - Realizan con carácter voluntario actividades de prevención en las empresas.
 - Otorgan prestaciones de recuperación y readaptación profesional.
 - Aportan un porcentaje de sus ingresos para el sostenimiento de los Servicios comunes y Sociales de la Seguridad Social.
 - Asignan el 80% del exceso de sus excedentes a fines generales de prevención y rehabilitación, porcentaje del que podrán dedicar un 15% a incentivar medidas que contribuyan a la reducción de la siniestralidad laboral mediante un sistema “bonus-malus” en los términos que reglamentariamente se determinen, un 10% a asistencia social y el restante 10% a constitución de reservas voluntarias, o a la finalidad anterior.
- **Cobertura de la prestación económica de IT por contingencias comunes** (accidente no laboral y enfermedad común):
 - Pagan la prestación económica por IT.
 - Realizan el control y seguimiento de la prestación.
 - Realizan actuaciones sanitarias de urgencia, con el consentimiento del trabajador.
 - Realizan las actuaciones sanitarias que puedan solicitarle los Servicios Públicos de Salud, en el marco de un acuerdo de colaboración que autorice el Ministerio de Trabajo.
 - Los excedentes de esta gestión, determinado reglamentariamente, se destina a dotar el Fondo de Reserva de la Seguridad Social.

En la actualidad en España existen 20 Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social. Por orden alfabético, estas entidades son:



Tabla 7. Actual relación de MATEPSS en España

La misión de las Mutuas en relación a la gestión de la IT se integra dentro de un complejo proceso que tiene implicaciones laborales, sociales, económicas y legales.

El proceso comienza cuando un trabajador entra en una situación de IT ya sea por accidente o enfermedad. Esta situación de incapacidad exige que los profesionales médicos de la mutua realicen una valoración médica que determine los tratamientos médicos necesarios para su reincorporación o en su defecto, determinar una propuesta de vuelta al trabajo. Como ya se comentó en apartados anteriores, la situación de IT puede tener una duración de 12 meses, prorrogables por 6 meses más si se estima que en este periodo suplementario puede alcanzarse una recuperación del trabajador lesionado.

Una vez transcurrido este periodo y siempre que no se den las condiciones necesarias para la reincorporación del paciente, el **Equipo de Valoración de Incapacidades de la Mutua (EVI)**, formado por un jurista, un técnico de prevención y un supervisor médico, realizan una propuesta de incapacidad que deberá ser ratificado por parte del **EVI del INSS**, organismo que según el Real Decreto 1300/95 de 21 de Julio, es el que tiene competencia para certificar el grado de incapacidad que adolece el trabajador. En la figura siguiente se esquematiza el proceso de gestión de la IT y reincorporación de un trabajador lesionado.

En la Figura 24 se muestra el diagrama de flujo del proceso de gestión de IT y de reincorporación de un trabajador lesionado.

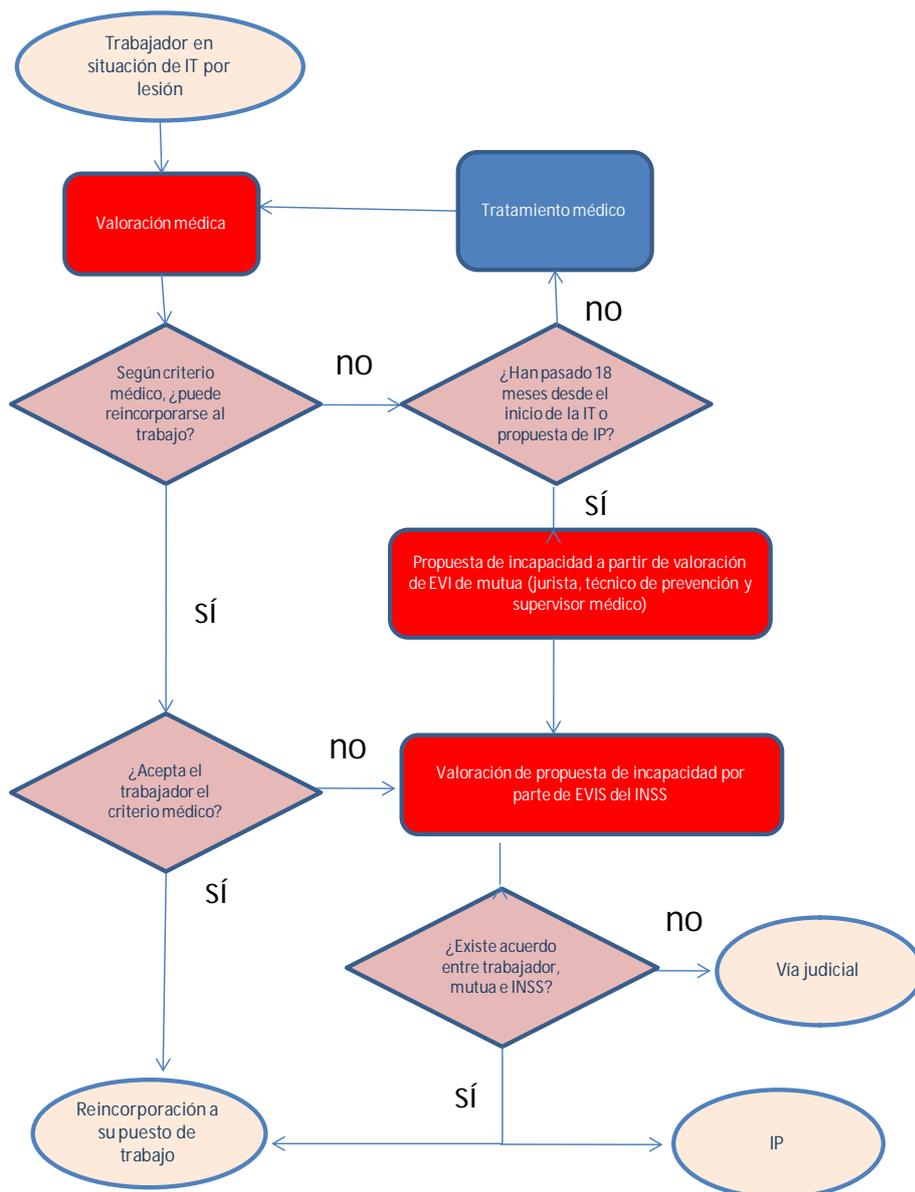


Figura 24. Proceso de Gestión de IT y de Reincorporación de un trabajador lesionado

Los equipos valoración de incapacidades del INSS están compuestos por un presidente, que será el subdirector provincial de Invalidez del INSS o funcionario que designe el Director General, y 4 vocales:

1. Un médico Inspector del Servicio Público de Salud de la Comunidad Autónoma.
2. Un facultativo médico, perteneciente al personal del Instituto Nacional de la Seguridad Social.
3. Un Inspector de Trabajo y Seguridad Social.
4. Un funcionario titular de un puesto de trabajo de la unidad encargada del trámite de las prestaciones de invalidez de la correspondiente Dirección Provincial del INSS que ejercerá las funciones de Secretario.

Corresponde por tanto a los EVI del INSS, examinar la situación de incapacidad de los trabajadores y formular al director provincial los dictámenes-propuesta en materia de anulación o disminución de la capacidad para el trabajo por existencia de situaciones de incapacidad permanente, calificación de estas situaciones en sus distintos grados, revisión de las mismas por agravación, mejoría o error de diagnóstico, y establecer la contingencia determinante.

Existen particularidades autonómicas a éste esquema. Así, en Cataluña, el ICAM (Instituto Catalán de Evaluaciones Médicas) tiene transferidas las competencias de control de la inspección, evaluación y seguimiento de los procesos médicos y sanitarios correspondientes a las prestaciones de sistema de la Seguridad Social en materia de Incapacidades Laborales.

Una vez recibida la Resolución por el trabajador y si alguna de las partes (trabajador, Mutua), no estuvieran de acuerdo, se podrá elevar la correspondiente reclamación a la vía jurisdiccional. La jurisprudencia que aplica en este caso es la del **Derecho Laboral**, el cual está constituido por el conjunto de principios y normas jurídicas que regulan las relaciones entre empleador, trabajador, las asociaciones sindicales y el Estado.

En última instancia será un **Magistrado Juez de lo Social** quien determinará un veredicto en función de las pruebas presentadas por cada una de las partes y en función de los hechos que puedan ser probados.

Para facilitar la comprensión e interpretación de las pruebas médicas y de valoración aportadas por las partes en litigio, ya sean de naturaleza laboral o civil, los Tribunales de Justicia recurren a **peritos judiciales**, los cuales son profesionales médicos con conocimientos en la materia, que suministran información y/o opinión fundada a los Magistrados. Existen de dos tipos; los nombrados judicialmente y los propuestos por una o ambas partes, que una vez aceptada por el juez, ambos ejercen la misma influencia en el juicio.

El peritaje podrá ser aportado en base a los meros conocimientos del médico perito, o bien a la aplicación de tales conocimientos en la evaluación de una determinada prueba o evaluación médica.

La necesidad de aportar pruebas objetivas sobre el estado de salud real del trabajador o el accidentado, junto con el gran número de causas presentadas en relación a estos temas (ver apartado 1.1.11) y las repercusiones económicas de la IT en España, ha hecho proliferar empresas dedicadas a la valoración y peritación médica. Estas empresas suelen denominarse **centros de valoración**. Estas compañías, PYMEs generalmente, reúnen la experiencia de profesionales de la valoración para la emisión de informes

objetivos que tratan de eliminar la subjetividad del explorador para ofrecer una visión objetiva del estado del paciente. Sus principales clientes son las MATEPSS, profesionales médicos de la rehabilitación, de la cirugía ortopédica y Traumatología, médicos del trabajo, empresas aseguradoras, gabinetes jurídicos y abogados.

Al margen de la medicina evaluadora dirigida al ámbito laboral y pericial, resulta imprescindible destacar la actividad desplegada por el **Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO)**. Este organismo oficial, adscrito al Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad desde la remodelación ministerial de octubre de 2010 (*RD 1313/2010 de 20 de octubre*), es la entidad Gestora de la Seguridad Social responsable de la gestión de los Servicios Sociales complementarios de las prestaciones del Sistema de Seguridad Social, y en materia de personas mayores y personas en situación de dependencia. Esta entidad tiene competencias en las siguientes materias:

- Los servicios complementarios de las prestaciones del sistema de Seguridad Social.
- El seguimiento de las prestaciones económicas derivadas de la Ley 13/1982, de integración social de las personas con discapacidad.
- La propuesta de normativa que garantice los principios de igualdad y solidaridad para la determinación de los baremos, a los efectos de reconocimiento del grado de minusvalía.
- La propuesta y ejecución, en su caso, de las funciones atribuidas a la Instituto de Mayores y Servicios Sociales en el artículo 9.1.a) del Real Decreto 1600/2004, de 2 de julio, en concreto "La planificación y regulación básica del reconocimiento del derecho a una ayuda personalizada a toda persona dependiente, garantizando un sistema de servicios universal, integrado y uniforme".
- El fomento de la cooperación con las organizaciones y entidades que agrupan a las personas mayores.
- El establecimiento y gestión de centros de atención especializada o de aquellos a los que se les asignen objetivos especiales de investigación de ámbito de actuación estatal en el campo de acción del Instituto.
- La propuesta, gestión y seguimiento de planes de servicios sociales de ámbito estatal en las áreas de personas mayores y de personas dependientes.
- Las relaciones con organismos extranjeros e internacionales y la asistencia técnica a los programas de cooperación internacional en materias y colectivos de su ámbito de acción.

En relación a la valoración médica para determinación de minusvalías, el IMSERSO posee una red de centros, de ámbito provincial, llamados **Centros Base**, donde se desarrollan, fundamentalmente, la atención básica a las personas con discapacidad, diagnóstico, valoración y calificación de las discapacidad física, intelectual o sensorial, así como la elaboración de programas individualizados de recuperación y tratamientos básicos en régimen ambulatorio.

1.1.14. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL ÁMBITO DE LA VALORACIÓN FUNCIONAL

Como se ha comentado en apartados anteriores, la Rehabilitación en general y la Valoración del Daño Corporal en particular, constituyen una especialidad médica en continuo crecimiento, con una proyección muy importante en relación a su demanda actual y futura y a la cantidad de recursos sociosanitarios que necesita gestionar.

Esta coyuntura presenta un reto desde muchos puntos de vista para los profesionales y empresas del sector de la valoración clínica. La demanda creciente por parte de la sociedad de mejores servicios y prestaciones, junto con un reparto equitativo de los recursos socioeconómicos del estado, obliga a afrontar esta situación desde una perspectiva de **innovación**, ya que se centra en una oportunidad de creación de valor y por consiguiente, de mejora y optimización de los procesos asociados.

No obstante, y a pesar de que nadie de la comunidad científica y sanitaria niega la relación existente entre innovación tecnológica y calidad de vida, resulta necesario destacar la presencia de autores que señalan la escasa penetración de las nuevas tecnologías en la práctica clínica en general y en la valoración y rehabilitación en particular (Ortega, 2004).

Un análisis comparativo (Gangoiti, 2004) entre el ámbito de la rehabilitación de los países desarrollados y otras disciplinas que han experimentado un mayor avance en las últimas décadas, muestra unas claras diferencias que podrían agruparse en:

- Los instrumentos de medida y valoración continúan siendo, en la mayoría de los casos, cuestionarios de evaluación clínica.
- Los procedimientos terapéuticos presentan un nivel muy bajo de automatización, dificultando la monitorización objetiva y la recogida de indicadores del proceso evolutivo del paciente.

Esta situación hace imprescindible analizar las causas de la desconexión existente entre los profesionales y empresas del sector y el mudo científico-tecnológico, situación que no es ni mucho menos exclusiva de este ámbito, sino que es una realidad manifiesta en el tejido productivo español (Michavila, 2006).

En términos generales, tal y como se desprende del análisis realizado por el Ministerio de Ciencia e Innovación en el Plan Nacional de I+D 2008-2011, el tejido empresarial español se caracteriza por una escasa cultura del riesgo y un insuficiente gasto en I+D. La mayoría de las empresas españolas fundamentan su competitividad en factores no ligados a la innovación. Se puede afirmar que existe un cierto temor y escepticismo, especialmente significativo en las PYME, en relación a los beneficios de la colaboración con los centros de I+D (CC.TT. o Universidad), lo que dificulta notablemente la absorción de nuevos conocimientos y de tecnología para la mejora de su competitividad.

La baja eficiencia de los procesos de transferencia de conocimiento y tecnológica de los centros de investigación ha sido convenientemente analizada en los últimos años por diversos autores e instituciones (Rubiralta, 2006). De estos análisis se desprende la obsolescencia de los procedimientos de colaboración entre empresa y universidad.

El modelo convencional de colaboración entre los centros de investigación y las empresas ha venido siendo de tipo **unidireccional** oferta/demanda (Figura 25). Este modelo se basaba en que a mayor inversión en I+D mayor innovación, sin intervención de otros factores externos.

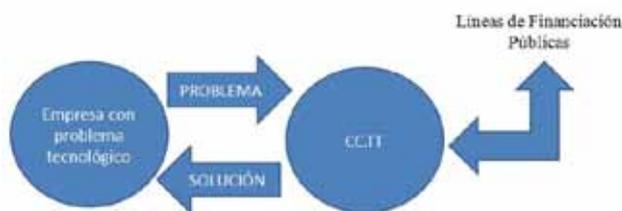


Figura 25. Modelo Lineal de Transferencia Tecnológica

Este modelo se caracteriza por un escaso impacto del conocimiento generado. Generalmente una empresa, plantea un problema singular que recibe una respuesta específica por parte de los centros de investigación. El centro tecnológico presenta una actitud reactiva ante las necesidades de las empresas. Este modelo, al proponer soluciones ad hoc para la empresa demandante, presenta varios inconvenientes.

- El poco conocimiento de los centros de innovación acerca las necesidades de las empresas, dificulta la implantación de las soluciones propuestas en un marco de producción real.
- Por otro lado, la singularidad de las soluciones planteadas, generalmente hacen que los centros generadores de conocimiento no puedan promocionar los conocimientos adquiridos entre otras empresas.

Este modelo, implantado en España durante la última parte del siglo XX, es evidencia de la baja atención que existe en nuestro país por transformar el conocimiento en valor (Rubiralta, 2007); característica común tanto en los sectores industriales como en los de servicios. Si además se contemplan aspectos relacionados con la coyuntura actual de globalización, crisis y sostenibilidad, se justifica el planteamiento de nuevos modelos de transferencia que favorezcan que el conocimiento generado por los agentes del sistema de innovación se dirijan hacia la creación de **valor de mercado** (Comisión Europea, 2007).

Para dar respuesta a esta necesidad manifiesta, la actual Estrategia Nacional de Ciencia y Tecnología (*Conferencia de Presidentes Autonómicos, 2007*) con un escenario temporal a 2015, contempla como objetivo estratégico promover un tejido empresarial altamente competitivo, para lo cual propone las siguientes líneas de actuación:

- a) Fomentar la **capacitación tecnológica de la empresa** mediante la incorporación sistemática de tecnología, la formación de departamentos de I+D y la cooperación público-privada.

- b) **Mejorar la capacidad de transferencia** hacia el sistema productivo de los resultados de la investigación financiada con fondos públicos.
- c) **Apoyar a las organizaciones de soporte a la innovación**, destacando los centros de innovación y tecnología y los parques científicos y tecnológicos.
- d) Estimular la **creación de empresas de base tecnológica**.

Estas acciones van encaminadas a fomentar la comercialización de las actividades académicas y de investigación mediante la implicación de los centros de investigación en el desarrollo de iniciativas empresariales a través de la prestación de **servicios tecnológicos**, el desarrollo de **soluciones tecnológicas** avanzadas de amplio uso y la creación de **empresas de base tecnológica (EBT)**. De esta manera, en las actividades relacionadas con el planteamiento y desarrollo de una investigación, se tienen en cuenta actividades relacionadas con el análisis de mercado y la viabilidad económica de la I+D.

Para el desarrollo de los modelos de transferencia tecnológica, resulta imprescindible contar con herramientas e instrumentos incentivadores que favorezcan la transferencia, así como introducir estructuras que faciliten la absorción de los resultados de la I+D al sector industrial y al sector servicios (Michavila, 2006). En este sentido, el instrumento más utilizado para promover la transferencia de conocimientos y tecnológica son los **programas de apoyo para el desarrollo empresarial**. Este tipo de programas están orientados para llevar a cabo acciones de innovación en las distintas fases del proceso de creación de valor. Desde programas específicos de diagnóstico y detección de necesidades empresariales, sectores industriales o servicios, programas para la generación de conocimiento base, acciones para el desarrollo de pruebas de concepto o investigación precompetitiva, e incluso programas de apoyo al desarrollo de producto, comercialización e internacionalización. En todos ellos, se promueve que la innovación, la viabilidad técnica y de mercado afecten al mayor número de componentes de la cadena de valor de las empresas implicadas. Con este planteamiento, el impacto de las iniciativas colaborativas entre empresas y centros de innovación deberá, a priori, disponer de mayor recorrido, además de orientar la investigación hacia un fin industrial o de servicios (Rubiralta, 2007).

Todo lo mencionado en este apartado no es ajeno para las empresas del sector sanitario, donde la importancia de la transferencia de conocimientos y tecnológica alcanza una importancia mayor si cabe. Tanto es así, que la necesidad de resolver problemas concretos del ámbito sanitario a través de la I+D ha acuñado un término específico llamado **investigación traslacional** (*translational research*).

Así por tanto, la investigación traslacional se responsabiliza de la investigación, creando el conocimiento con un propósito concreto y lleva ese conocimiento hasta el punto final (“*Del laboratorio a la cabecera del enfermo*”).

Actualmente, en el ámbito de las lesiones del aparato locomotor, la investigación traslacional cuenta con importantes oportunidades de actuación como son la caracterización biomecánica de patologías, el estudio de eficiencia/eficacia de nuevas terapias, o la definición y cuantificación de nuevos procedimientos de valoración (SERMEF).

1.1.15. NECESIDADES DETECTADAS

A lo largo de la revisión realizada sobre el estado actual de la valoración funcional y su repercusión en la medicina física y rehabilitación y la valoración del daño corporal, se hacen patentes una serie de necesidades o carencias cuya resolución pasa por afrontar importantes retos tecnológicos, metodológicos y organizacionales en todos y cada uno de los procesos implicados.

Este apartado trata de resumir las necesidades detectadas con la finalidad de definir y justificar tanto los objetivos del presente proyecto de tesis como el plan de trabajo propuesto para su consecución.

La Figura 26 muestra de manera esquemática los ámbitos donde se detectan las carencias más importantes:

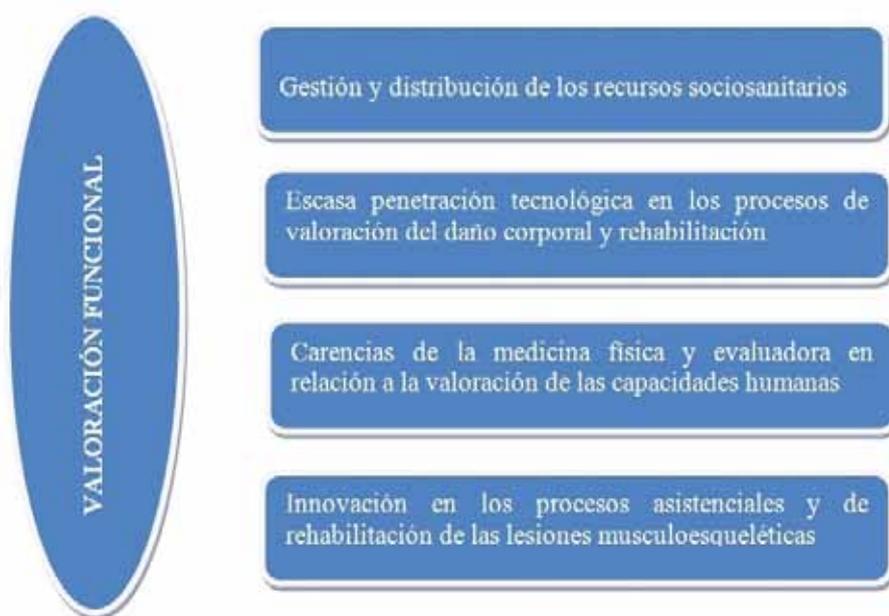


Figura 26. Necesidades detectadas en el ámbito de la medicina física y rehabilitación y la valoración del daño corporal en relación a la valoración funcional de las capacidades humanas

A continuación se desarrollan con mayor detalle las necesidades detectadas en cada uno de estos ámbitos.

1. Gestión y distribución de los recursos sociosanitarios

Los sistemas sanitarios y de seguridad social de los países desarrollados se enfrentan a una serie de retos que están condicionando de forma esencial su evolución:

- La gran incidencia de determinados cuadros clínicos con repercusiones socioeconómicas muy importantes tanto por el coste de tratamiento requerido, como por las pérdidas de días laborables que llevan implícitos.

- El reparto justo de los recursos sanitarios y prestaciones sociales como compensación ante lesiones permanentes incapacitantes.
- El envejecimiento de la población debido al aumento de la esperanza de vida y a la disminución de la natalidad que conlleva una creciente necesidad de rehabilitación.
- El estilo de vida de la población que contribuye inexorablemente a un aumento de las patologías crónicas y degenerativas asociadas a situaciones discapacitantes.
- El continuo crecimiento del gasto sanitario.

Esta coyuntura presenta un reto de sostenibilidad para los sistemas sanitarios europeos, los cuales cada vez se encuentran más cuestionados debido a la existencia de una demanda creciente por parte de los ciudadanos de mejores servicios y prestaciones sin que se produzca un crecimiento del gasto. Afrontar esta situación conlleva un reto de los servicios de valoración y rehabilitación.

La implantación de nuevos métodos y procedimientos de valoración objetiva de las lesiones del aparato locomotor y su integración dentro de los procesos rehabilitadores permitirá:

- Disponer de criterios de valoración que faciliten a los especialistas el proceso de prescripción de recursos.
- Suministrar información de utilidad a los profesionales sanitarios a la hora de definir las estrategias, tratamientos y compensaciones más adecuados en función del perfil del paciente.
- Determinar la duración óptima de los tratamientos rehabilitadores en función de la evolución de los pacientes, así como la cuantía de las indemnizaciones compensatorias por determinadas secuelas permanentes.

Mención especial requiere la **gestión de la incapacidad temporal (IT) y permanente (IP)** y el **diagnóstico de la simulación**, los cuales representan un problema de primer nivel en los sistemas sociosanitarios de los países europeos en general y en particular del español. En este sentido, son miles los millones de euros los que se destinan a tratamientos rehabilitadores y a compensaciones de los días de incapacidad temporal que llevan asociados, por no mencionar las cuantiosas pérdidas económicas y de productividad que producen en las empresas afectadas.

La gestión adecuada de los recursos existentes, facilitando su alcance cuando sea necesario, y la persecución de las malas utilizaciones, ya sea por un sobreuso injustificado o por una imitación de síntomas patológicos o exageraciones de los existentes para acceder a ellos, requiere el desarrollo de nuevas herramientas de valoración objetiva que sirvan de apoyo a los profesionales y que faciliten su labor pericial y de diagnóstico.

Esta situación se agrava, cuando ni siquiera existe, como ha quedado patente en la revisión bibliográfica realizada, un **marco de referencia consensuado** que garantice la armonización de criterios y de procedimientos de valoración del daño corporal, de reincorporación laboral tras un periodo de IT o de asignación de las prestaciones por incapacidad.

2. Carencias de la medicina física y evaluadora en relación a la valoración de las capacidades humanas

El alcance de las actuaciones de los servicios de valoración y rehabilitación depende de las secuelas que presente el paciente. Entre las alteraciones físicas con mayor repercusión para la funcionalidad de las personas que las padecen destacan los problemas del aparato locomotor y en particular las lesiones musculoesqueléticas, las cuales presentan una prevalencia cada vez mayor en los países industrializados.

Los tratamientos rehabilitadores para recuperar las capacidades funcionales son variados. Cualquier intento de demostrar su efectividad pasa necesariamente por la definición y aplicación de una herramienta para la medición de resultados. Esta herramienta debe estar basada en evidencias; es decir, ser **objetiva**, y ha de ser capaz de distinguir cambios clínicamente significativos; esto es, ser suficientemente **sensible**. Además, debe ser válida en un número representativo de casos reales y por supuesto, debe ser sencilla de aplicar, manejar e interpretar. Una herramienta así sería de utilidad, no sólo para elegir el mejor tratamiento, sino también para elegir la medición del grado de discapacidad provocado por la lesión, lo que posibilitaría un seguimiento individualizado de la evolución del paciente, así como una cuantificación de las secuelas y déficits residuales.

No obstante, actualmente el modelo médico más extendido dentro de los procesos de valoración se centra en la caracterización etiológica del daño, es decir, en encontrar la causa física que produce la lesión. Este modelo, aunque necesario, no es suficiente, ya que adolece de información en relación a las repercusiones de la enfermedad sobre la función de cada sujeto particular. Resulta imprescindible por tanto, incorporar procedimientos de evaluación que contemplen todos los aspectos que rodean al individuo, sus experiencias pasadas y sus expectativas futuras.

En este sentido, han sido varios los intentos de los médicos rehabilitadores y valoradores por plantear métodos de evaluación para controlar la evolución de sus pacientes. Todas ellas han tenido el denominador común de las escalas de valoración. Las dimensiones analizadas en estas escalas son básicamente el dolor, la movilidad, deformidad, o una función en particular. Estas escalas son cuestionarios que los profesionales utilizan para preguntar al paciente cuál es su percepción en relación a su estado de salud o cómo realiza determinadas actividades de la vida diaria que pueden afectar a su calidad de vida. Estos procedimientos, aunque muy extendidos y en determinadas ocasiones útiles para determinar a nivel cualitativo estados generales de salud, presentan unas deficiencias importantes debido fundamentalmente a que están sujetos a la subjetividad del paciente y el evaluador. Además, muchas de ellas están desarrolladas en contextos muy específicos (poblaciones, países, etc.), con sesgos culturales muy importantes, que hacen que su extrapolación a otras comunidades sea difícil o imposible.

Ante esta situación cabe destacar que una de las premisas más importantes para el progreso científico de cualquier disciplina es que los instrumentos de registro sean objetivos, válidos y fiables. Desgraciadamente, aunque son muchas las escalas

existentes, la mayoría permanecen sin validar y sin demostrar su fiabilidad y sensibilidad a los cambios físicos y clínicos.

A este hecho se le añade que las escalas de valoración se fundamentan en cuestionarios estructurados por categorías discretas y poco sensibles, lo cual representa una pérdida de información que redundan en un empobrecimiento de los servicios asistenciales prestados a los pacientes. En este sentido, son muchos los profesionales que demandan procedimientos con capacidad de medir en una escala continua y lo suficientemente sensible para detectar pequeñas mejorías o empeoramientos del individuo valorado. Este hecho alcanza especial relevancia en el contexto de la determinación de un grado de discapacidad o incapacidad, donde los profesionales evaluadores deben precisar un porcentaje de pérdida funcional o el menoscabo residual consecuencia de una lesión corporal.

Esta situación, sin duda dificulta la capacidad de innovación y progreso de la rehabilitación y la valoración del daño corporal, disciplinas que, en comparación con otras áreas del conocimiento médico, han sufrido un nivel de desarrollo inferior en los últimos cincuenta años (Ortega, 2004).

3. Escasa penetración tecnológica en los procesos de valoración del daño corporal y rehabilitación

Tomando como punto de partida el análisis de la información expuesta en el apartado Antecedentes, dentro del contexto de la valoración del daño corporal y rehabilitación queda patente la carencia de métodos y procedimientos fiables y objetivos que garanticen la realización de **diagnósticos eficaces del menoscabo funcional** y el **control eficiente de la evolución de los pacientes** en tratamiento.

En un intento de mejorar y dotar de objetividad a estos procesos, cabe destacar que han sido muchos los intentos de la ingeniería de acercar los avances tecnológicos a la realidad de los profesionales de la valoración. Sin embargo, los resultados alcanzados hasta el momento no han sido satisfactorios, ya que de lo contrario se hubiera revertido la situación de falta de herramientas objetivas en esta especialidad y escasa penetración tecnológica en los procesos de rehabilitación y reincorporación de trabajadores lesionados. Este hecho, se debe fundamentalmente al intento de los tecnólogos de dar respuesta, mediante instrumentos muy sofisticados, a problemas muy generales de la valoración médica, es decir, que se ha perseguido la búsqueda del instrumento que pudiera ser aplicado a un gran número de cuadros o situaciones clínicas. Este planteamiento, sin duda loable, presenta un error de concepto que ha llevado al fracaso a la mayoría de los intentos realizados hasta la fecha. El desarrollo de soluciones muy robustas y dirigidas a multitud de frentes, presenta poca especialización y por otro lado, terminan complicando en demasía el funcionamiento y puesta a punto de los equipos, en ocasiones altamente inmersivos para el paciente, lo que redundan en una alta dependencia de personal técnico altamente especializado.

Así pues, desde un planteamiento puramente técnico la mejora tecnológica en este ámbito pasa por:

- El desarrollo de metodologías y herramientas que sean transparentes para el paciente y el terapeuta; fáciles de utilizar y sin desvirtuar el acto clínico.

- Han de ser eficientes; el tiempo dedicado a utilizarlas ha de verse compensado por la información que genera.
- Una vez demostrada su utilidad ha de poder ser implementada en rutinas clínicas y protocolos de actuación a gran escala.

Este desarrollo tecnológico debe venir acompañado por la definición de modelos de transferencia que garanticen la **sostenibilidad**, la **explotación** y la **eficiencia** de las soluciones propuestas, no sólo desde un punto de vista técnico o de evolución tecnológica, sino también desde el prisma de la formación, capacitación y el desarrollo de un núcleo de conocimiento que dé soporte a las necesidades de los especialistas valoradores.

4. Innovación en los procesos asistenciales y de rehabilitación de las lesiones musculoesqueléticas

A pesar de los importantes retos de innovación con los que debe enfrentarse la medicina física y evaluadora en relación a los trastornos musculo-esqueléticos, son muchas las evidencias que demuestran la escasa automatización de los procedimientos terapéuticos que llevan asociados. Este hecho dificulta notablemente su monitorización de forma objetiva y la recogida de indicadores del proceso evolutivo.

En este contexto, parece razonable poner en marcha nuevos procedimientos que, sin renunciar a la práctica clínica, fundamentada en el cuerpo actual de conocimientos existente, permitan llevar a cabo estudios descriptivos y observacionales que mejoren el conocimiento y la caracterización de los problemas médicos y de los perfiles evolutivos.

Para ello, es necesario disponer de metodologías bien definidas, prescripciones precisas y sobre todo, instrumentos que permitan recoger de manera objetiva el grado de efectividad de los tratamientos y el impacto sobre la función que se quiere rehabilitar.

Por todos estos motivos, y dada la alta incidencia de la lesiones del aparato locomotor, resulta imprescindible la aplicación de nuevas tecnologías como vía complementaria e innovadora en la mejora de los procesos de rehabilitación. Las ventajas de integrar estas nuevas herramientas objetivas de evaluación y control evolutivo en los procesos de rehabilitación permitirá:

- **Centrar la rehabilitación en el paciente:** el sujeto tratado se convierte en un elemento activo cuya evolución funcional se objetiva en todo momento y sirve de punto de partida en la definición de los servicios rehabilitadores que recibe.
- **Personalizar los tratamientos:** la información objetiva de las características dinámicas del paciente son las que adaptan los procedimientos de rehabilitación, en vez de basar dichas adaptaciones en estudios poblacionales.
- **Rehabilitación sostenible:** tal y como se ha comentado en párrafos anteriores, la innovación tecnológica representa una oportunidad para optimizar procesos y reducir costes, por lo que, sin incrementar el gasto sanitario, se debe aspirar a alcanzar a un mayor número de pacientes con una menor dedicación de personal.

- **Mejorar la eficacia:** el incremento de información objetiva sobre el estado funcional del paciente contribuirá a mejorar los procesos de diagnóstico y tratamiento más adecuados a sus características.

Este análisis de las necesidades detectadas invita a realizar una serie de consideraciones que ayuden a acotar los objetivos generales del presente trabajo de tesis.

En este sentido, de la información expuesta hasta el momento queda demostrado que la Valoración Funcional presenta una estrecha relación con la Medicina Física y Rehabilitación. No obstante, su aplicación práctica puede responder a distintas naturalezas y objetivos; por un lado, la valoración de la función puede enmarcarse en los procesos médicos asistenciales de diagnóstico y recuperación de las capacidades de un individuo lesionado y en el control de los efectos de los tratamientos y terapias prescritos. Este planteamiento resulta propio de la medicina clínica más tradicional. Por otro lado, y en contraposición, la Valoración Funcional también tiene un peso relevante en la peritación y cuantificación de secuelas ligadas a un determinado daño corporal. En este caso, el objetivo no es tanto la recuperación del paciente, sino la valoración objetiva de las consecuencias permanentes de la lesión sufrida.

A mitad de camino se encuentran disciplinas como la medicina del trabajo o laboral, donde la Valoración Funcional puede ser aplicada con ambos propósitos: la valoración de los tratamientos más adecuados para el trabajador lesionado, el control de la rehabilitación para optimizar su reinserción y vuelta al trabajo y por último, valorar las secuelas permanentes derivadas de un accidente laboral o enfermedad profesional.

Esta visión generalista y de gran proyección de aplicabilidad de la Valoración Funcional en los procesos de evaluación y tratamiento de sus pacientes, confiere a esta disciplina médica un carácter diferenciador en relación a las demás. Asimismo, los procesos de evaluación llevados a cabo por los médicos laborales no sólo centran su atención en las características biológicas del individuo valorado, sino que están obligados a incorporar las propiedades físicas de su entorno laboral, sus demandas y requerimientos, así como las capacidades necesarias para llevar a cabo las tareas que lo definen. Este hecho, exige la introducción en sus diagnósticos de información cercana a la ergonomía y a la biomecánica ocupacional y médica, lo que crea lazos de proximidad entre sus profesionales y los investigadores- tecnólogos del ámbito de la valoración biomecánica.

Por otro lado, la influencia de la práctica profesional de los médicos del trabajo sobre los recursos socioeconómicos del Estado es muy significativa, ya que del desempeño adecuado de sus funciones depende en gran medida la gestión de los fondos estatales de protección social.

Esta visión multifactorial de la medicina laboral, su estrecha relación con la biomecánica y la alta repercusión socioeconómica de los recursos que debe gestionar, son las razones que justifican que el presente trabajo de tesis se centre en la aplicación de la Valoración Funcional en este campo, dejando para futuros trabajos su incorporación al mundo de la medicina rehabilitadora del ámbito asistencial y hospitalario, la cual presenta una idiosincrasia particular que hace que los resultados que pudieran desprenderse de este trabajo no sean directamente extrapolables a sus necesidades.

1.2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

En este apartado se presentan los objetivos generales del presente proyecto de tesis, los cuales han sido planteados a partir del análisis de las necesidades detectadas y expuestas en el apartado anterior. Adicionalmente se plantean los objetivos parciales que contribuirán a la consecución del propósito general de la investigación. Finalmente se completará este apartado con el plan de trabajo diseñado.

1.2.1. OBJETIVOS

El principal propósito de este trabajo de tesis es la **definición, desarrollo y transferencia de soluciones tecnológicas intensivas en conocimiento, dirigidas a dotar de criterios, sistemática y objetividad a los procesos de valoración propios de la medicina laboral, al tratamiento y control de los procesos de rehabilitación asociados y a la gestión óptima de los recursos sociosanitarios ligados a la IT e IP.** Para ello, se pretende definir un plan trabajo que contemple, las estructuras organizativas y los medios técnicos y humanos necesarios para garantizar la **transferencia** de dichas soluciones al entorno real de trabajo de los profesionales de la medicina laboral, con independencia del modelo organizativo de las entidades a las que pertenecen, e integrándolas en sus procesos internos de funcionamiento.

Además, en el modelo de transferencia que se defina se contemplarán las actuaciones necesarias para garantizar la **sostenibilidad**, la **explotación** y la **eficiencia** de las soluciones propuestas, no sólo desde un punto de vista técnico o de evolución tecnológica, sino también desde el prisma de la formación, capacitación y el desarrollo de un núcleo de conocimiento que dé soporte a una intensificación profesional derivada de los resultados esperados.

El valor diferenciador e innovador del abordaje propuesto en relación a otras aproximaciones similares del ámbito de la investigación, reside en la definición de soluciones intensivas en conocimiento o **aplicaciones de valoración**. Las soluciones propuestas deben ser fruto de un modelo de consolidación del conocimiento científico y tecnológico, junto con la comprensión de las necesidades diarias de los profesionales de la valoración del daño corporal; es decir, deben ir más allá de lo que representa el desarrollo de un instrumento de medida, siendo capaces de agrupar por un lado, protocolos clínicos de evaluación, sintetizar la información relevante para la caracterización del paciente, así como los criterios en los que se sustentan los diagnósticos funcionales.

En la Figura 27 se muestra, a nivel conceptual, la información relevante que ha de ser integrada en las aplicaciones de valoración, tal y como se proyecta en este trabajo de tesis:

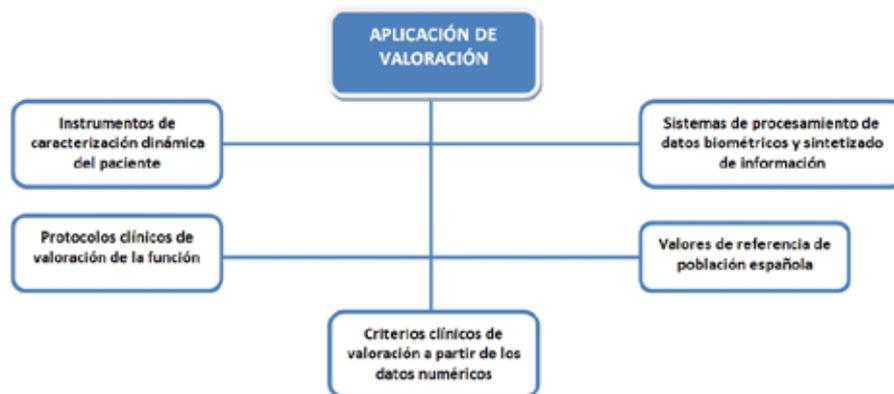


Figura 27. Definición conceptual de las aplicaciones de valoración intensivas en conocimiento

Para la consecución de este objetivo general resulta imprescindible completar una serie de objetivos parciales o hitos que se enuncian a continuación:

- Desarrollo del conocimiento científico base en el que se soporta el desarrollo de las aplicaciones propuestas.
- Puesta en marcha de una planta piloto experimental para la prestación singular de servicios donde verificar el valor de las soluciones planteadas.
- Definición de la configuración definitiva del conjunto de aplicaciones de valoración que constituyan un laboratorio transferible.
- Creación de un modelo de transferencia dirigido a las organizaciones clave de la medicina laboral: MATEPSS y Centros de Valoración.
- Puesta en marcha de un modelo de evolución y sostenibilidad del laboratorio desarrollado.
- Análisis de posibles modelos de implantación de las soluciones propuestas en un número representativo de agentes del sector.

1.2.2. PLAN DE TRABAJO

A continuación se presenta el plan de trabajo definido para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación. Para la resolución de dichos objetivos deberá darse respuesta a las siguientes hipótesis:

- La valoración funcional basada en análisis biomecánico de las funciones humanas se postula como un instrumento de gran utilidad para cubrir las necesidades actuales de los profesionales de la medicina del trabajo en relación a la valoración del daño corporal y la rehabilitación de trabajadores lesionados, proporcionando objetividad en la evaluación de las capacidades de un individuo, su control evolutivo y la asignación de recursos sanitarios.

- El desarrollo de aplicaciones de valoración, según el modelo propuesto, es viable, útil e incorporable en los procesos clínicos de gestión de la IT e IP de las MATEPSS.
- Las aplicaciones y el modelo de transferencia definido es sostenible en el marco de las MATEPSS y Centros de Valoración.
- La creación de bases de datos de referencia, que caractericen el comportamiento funcional de la población normal, patológica y simuladora, servirá para crear un consenso nacional en relación a la valoración objetiva de las capacidades humanas.
- El desarrollo de un modelo de transferencia tecnológica que potencie la creación de lazos de colaboración entre el IBV y los usuarios, garantizará la implantación y explotación de las soluciones que surjan como resultado del presente proyecto.

El plan de trabajo propuesto para validar o rechazar estas hipótesis se ha segmentado en diferentes fases con objetivos específicos.

1. Revisión Bibliográfica

Esta fase comprende la realización de la revisión bibliográfica inicial, consultas a expertos sobre métodos de valoración clínica y funcional y la asistencia a congresos especializados en medicina evaluadora, laboral y biomecánica médica.

La revisión bibliográfica se ha realizado a través de bases de datos especializadas como MEDLINE, además de recurrir a los amplios fondos documentales sobre biomecánica clínica presentes en el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), la Universitat Politècnica de Valencia (UPV) e Internet. La búsqueda por internet ha resultado de gran utilidad para conocer y completar los conocimientos sobre el estado actual del sector de la valoración del daño corporal y la rehabilitación.

El resultado de esta revisión y la posterior síntesis de información, se recoge en el apartado Antecedentes del presente proyecto.

2. Desarrollo del conocimiento científico base en el que se soporta el desarrollo de las aplicaciones propuestas

La generación de las bases científicas y técnicas de las soluciones propuestas, se plantean como el punto de partida del presente trabajo, constituyendo el pilar fundamental donde se sustentarán los modelos de transferencia, evolución y explotación posteriores. De su consecución depende la viabilidad del resto de objetivos e hipótesis planteadas.

El análisis biomecánico será la línea de conocimiento en la que se fundamentará la caracterización funcional. Por este motivo, resulta imprescindible demostrar que es posible caracterizar una función humana a través de un análisis biomecánico completo, centrandó el estudio en aquellas funciones que se encuentran más frecuentemente afectadas por las lesiones músculo-esqueléticas más prevalentes en medicina laboral y con un mayor nivel asociado de discapacidad.

Una vez elegidas las funciones básicas a analizar, se requiere definir los procedimientos de valoración, junto con la selección de los instrumentos de medida más adecuados. Según la información recogida en el apartado Antecedentes, los sistemas de medida más extendidos actualmente se centran en procedimientos de registros cinéticos y cinemáticos. Este hecho obliga a definir una serie de modelos biomecánicos y algoritmos de cálculo que permitan obtener y parametrizar las variables físicas más relevantes en los procesos de valoración.

Tras la puesta a punto de los instrumentos y los procedimientos de valoración, los esfuerzos han de centrarse en definir los criterios de valoración. Para ello, resulta imprescindible hacer hincapié en la necesidad de disponer de bases de datos de referencia que caractericen el comportamiento y la manera en que se desarrollan las funciones seleccionadas por una muestra control (sujetos sanos), una muestra de personas con limitación funcional y una muestra formada por personas simuladoras y exageradoras.

Durante el proceso de generación de conocimiento base se establecerán contactos con agentes clave del sector de la medicina del trabajo y representantes destacados de las direcciones sanitarias de las principales MATEPSS del país. Con ello, se pretende incorporar la visión de estos profesionales durante todas las fases del desarrollo de conocimiento y favorecer así su transferencia y aplicabilidad futura.

3. Puesta en marcha de una planta piloto experimental para la prestación singular de servicios donde verificar el valor de las soluciones propuestas

Una de los problemas más significativos que fueron señalados en el apartado Antecedentes en relación a la utilización de instrumentación tecnológica en este sector, resultó ser la falta de adaptación a las condiciones de contorno de la realidad laboral de los médicos valoradores.

Precisamente para evitar desarrollar soluciones poco adaptadas a las necesidades de los profesionales de la valoración se plantea esta fase, cuyo principal propósito es identificar los puntos clave en relación a:

- Tiempos de valoración requeridos.
- Limitaciones respecto a la instrumentación de los pacientes valorados.
- Nivel de procesamiento de información requerido.
- Información clave que resuma el diagnóstico de la valoración funcional.
- Integración de la información suministrada con el resto de procedimientos y procesos clínicos y de gestión previamente existentes.
- Identificación de la utilización realizada por los agentes clave del sector de los informes médicos de valoración.
- Otras condiciones de contorno (layout disponibles, costes medio de inversiones realizadas por los servicios y empresas de valoración y rehabilitación).

Por este motivo, siguiendo el modelo de promoción del conocimiento planteado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, se propone poner en marcha una planta piloto experimental donde testar y verificar el valor aportado por las aplicaciones definidas en el contexto real de las valoraciones de trabajadores lesionados y enmarcados dentro de

un proceso de IT o IP. Para ello, se creará un Servicio de Valoración del Daño Corporal en la sede del IBV con el propósito de aplicar las metodologías desarrolladas y conocer así, las condiciones de contorno y las restricciones que rodean los procesos de valoración médica de secuelas de las principales patologías del sistema musculoesquelético de origen laboral.

El análisis de la información recopilada en el desarrollo de este servicio, constituirá el punto de partida para sentar las especificaciones del desarrollo, mantenimiento y evolución de soluciones tecnológicas avanzadas que puedan ser transferidas a los profesionales del sector.

4. Difusión científico técnica de los resultados del proyecto entre los agentes clave del ámbito de la medicina laboral

Las soluciones propuestas en este proyecto de tesis, dirigidas al ámbito de la medicina laboral, requieren la realización de estudios de validación clínica que certifiquen su aplicabilidad y usabilidad en el contexto sanitario. Esta labor deberá estar respaldada y abalada por trabajos y publicaciones científicas independientes. Para ello, se prevé una fase de difusión científico técnica que garantice el impacto del conocimiento generado entre los agentes implicados.

Estas actividades tendrán el objetivo de poner en valor la actividad desplegada en este proyecto y se llevarán a cabo a través de la publicación de libros, artículos científicos y técnicos, participación en congresos, jornadas, simposios y otros eventos clave en el campo de la valoración funcional laboral.

5. Definición de un modelo de transferencia tecnológica para las entidades del sector de la medicina laboral. Definición del plan comercial.

De manera muy resumida, se puede afirmar que el objetivo último de cualquier investigación es la generación de conocimiento para la resolución de un problema, ya sea de naturaleza técnica o social, y garantizar que dicho conocimiento sea aprovechable por la sociedad.

Esta misma razón es la que motiva la definición de esta fase, cuyo objetivo es garantizar la transferencia de las soluciones propuestas en el marco de los agentes del sector de la valoración médica laboral. Para ello, se contempla la definición de los elementos que constituyen un laboratorio de valoración donde se aglutine todo el conocimiento adquirido en las fases anteriores, así como los procedimientos necesarios para su instalación y puesta en funcionamiento. Asimismo, se definirá la estrategia de marketing y el plan comercial dirigido a la implantación de las soluciones propuesta en el mercado de las MATEPSS y Centros de Valoración.

En paralelo, será imprescindible generar las estrategias y los instrumentos de comunicación con los usuarios del laboratorio para garantizar su correcta utilización, explotación y sostenibilidad de los mismos dentro de las organizaciones receptoras.

6. Análisis de los resultados de explotación alcanzados por la comunidad de usuarios

Uno de los objetivos más relevantes del presente trabajo es conocer la forma en que son explotadas las soluciones propuestas de valoración en un contexto real de utilización.

Para ello, se prevé analizar diferentes estudios y trabajos realizados por los médicos valoradores usuarios, en relación a varios ámbitos de aplicación directamente relacionados con la valoración y recuperación de capacidades.

En este caso, se plantean diversos análisis en relación a:

- Valoración de tratamientos rehabilitadores.
- Selección de tratamientos quirúrgicos.
- Validación de efectividad de fármacos.
- Procesos de gestión de la IT e IP.

2

MATERIAL Y MÉTODOS

En este capítulo se describe de manera pormenorizada la actividad acometida en cada una de las fases del plan de trabajo definido en el apartado anterior.

Tal y como ha sido comentado, la definición de las aplicaciones de valoración y su posterior implantación en entornos reales de utilización del ámbito de la medicina del trabajo requiere, en una primera etapa, desarrollar el conocimiento base de caracterización biomecánica de las lesiones musculoesqueléticas con mayor incidencia laboral para posteriormente, definir los procesos de transferencia de las soluciones propuestas, así como las estrategias para garantizar su implantación, desarrollo y sostenibilidad en este campo de la medicina.

Aunque el desarrollo se ha centrado mayoritariamente en el ámbito de las MATEPSS, los análisis planteados han permitido aterrizar las metodologías de valoración en ámbitos afines como los centros de valoración y los servicios hospitalarios, tanto de origen público como privado. La implantación y explotación en cada uno de estos ámbitos ha sido dispar y responde a las características particulares de cada uno de ellos.

2.1. DESARROLLO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO BASE EN EL QUE SE SOPORTAN LAS APLICACIONES PROPUESTAS

Con el objetivo de conseguir una correcta generación, desarrollo y evolución del conocimiento requerido, resulta imprescindible dotarse de los medios necesarios, técnicos y humanos, para adquirirlos. En este sentido las actividades desplegadas en este ámbito incluyeron la definición de líneas de investigación basadas en la caracterización de las funciones humanas y la aplicación de técnicas avanzadas de tratamiento de datos.

Para aumentar la eficacia y eficiencia de la actividad desarrollada, se identificaron diversos subproyectos de I+D los cuales fueron desarrollados en colaboración con agentes relevantes del ámbito asistencial de la valoración y medicina laboral.

El desarrollo de estos lazos de colaboración con agentes del sector fue posible a partir de una importante labor de relación institucional del IBV, lo que facilitó el desarrollo de iniciativas de interés común que tenían como eje central, la valoración del daño corporal a través de la caracterización biomecánica.

El conocimiento generado en estos subproyectos ha sido gestionado a través de Knext, un sistema informático de gestión del conocimiento, que facilita la organización y priorización de los elementos clave del desarrollo.

A continuación se describen las fases por las que ha ido transcurriendo el desarrollo científico y tecnológico dirigido a la definición de las aplicaciones de valoración.

2.1.1. PATOLOGÍAS MÁS COMUNES VS FUNCIONES DE LA VIDA DIARIA

Esta primera fase de investigación base se centró en la identificación y análisis de los gestos o funciones representativas para el estudio funcional de los segmentos corporales más comúnmente afectados por las patologías y síndromes de origen laboral.

En este sentido, conviene destacar que en el ámbito de la valoración médica se valoran múltiples déficit: motores, sensitivos, visuales cognitivos, de comunicación, emocionales, etc. No obstante, por encima de todos ellos destacan los déficits relacionados con el aparato locomotor debido fundamentalmente a cuatro razones:

- Su **altísima prevalencia** en el ámbito laboral en relación con otros trastornos corporales. Su origen se debe fundamentalmente, a accidentes traumáticos y los efectos degenerativos de vibraciones, movimientos repetitivos, fuerzas mantenidas y sostenidas y posturas forzadas, factores todos ellos, muy comunes en los entornos de trabajo.
- Su **objetividad**: su evidencia clínica reduce la incertidumbre de sus diagnósticos dentro de los procesos de valoración.
- Son valorados y **tratados en todas los Servicios Asistenciales de las MATEPSS**, independientemente de cual sea su tamaño o los objetivos que persiga.
- Constituyen la **base fundamental en la que se sustentan las demás funciones humanas**, ya sean psicológicas, sociales, las ligadas al desarrollo personal o profesional. Las personas con problemas de movilidad tendrán dificultades en mayor o menor medida, para acceder al conocimiento del lenguaje y por consiguiente a la socialización, etc. Así pues, se puede afirmar que aunque el resto de funciones humanas no puedan medirse de manera directa, sí que van a ser cuantificadas de manera cualitativa a partir de la valoración objetiva de las funciones relacionadas con los déficits motores y la movilidad. De forma más concreta, se puede afirmar por tanto, que todas las funciones de la vida diaria son construidas a partir de las funciones ligadas a la movilidad, las cuales posibilitan la vida en relación y dan la oportunidad al individuo de ponerse en contacto con otras personas, comunicarse y alcanzar así la madurez social.

Según la revisión bibliográfica realizada, son muchos los autores que identifican las actividades de la vida diaria fundamentales o básicas, las relacionadas con la **bipedestación**, la **deambulación**, la **sedestación** o las actividades de **manipulación** (Puga González *et al.*, 2004, Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física 2006).

Estas funciones se verán afectadas en mayor o menor medida según sea la naturaleza y gravedad de la patología existente y de las propias características del individuo que la padece.

Atendiendo a los trastornos del aparato locomotor con mayor incidencia y repercusión socioeconómica en el entorno laboral, responsables de más de la mitad de las peticiones de incapacidad en España (Arancón, 2002, Ministerio de Trabajo e Inmigración, 2008), resultan ser por este orden:

1. Lumbalgias
2. Cervicalgias
3. Omalgias
4. Trastornos musculoesqueléticos con afectación en la bipedestación
5. Trastornos musculoesqueléticos con afectación en la deambulación.

Todos estos trastornos ocasionan limitación o alteración de la movilidad, ya sea por causa orgánica o psíquica. Las quejas más frecuentes de las personas afectadas de estos síntomas son el no poder realizar actividades, tan frecuentes y comunes como el sentarse o levantarse de una silla, agacharse y coger un objeto del suelo, desplazarse, estar de pie, colocar un objeto por encima de la altura del hombro, subir-bajar escaleras o simplemente llevar a cabo tareas de higiene personal (Baydal *et al.*, 2010, Lugo *et al.*, 2008; Ortuño *et al.*, 2009; Pleguezuelos *et al.*, 2009; Van der Burg y Van Dieën, 2001).

Dicho esto, es importante destacar que el desarrollo de las metodologías de valoración exige la definición de un número adecuado de pruebas que sean lo suficientemente representativas para identificar las limitaciones funcionales ocasionadas por las tipologías lesionales identificadas. Además, los gestos deben poder protocolizarse de manera repetible y fiable, de modo que los resultados obtenidos no puedan verse influidos por el evaluador ni por la persona evaluada. Por tanto, resulta importantísimo que los movimientos seleccionados sean, por un lado, gestos funcionales significativos y habituales para la realización de actividades de la vida diaria (AVD) o del desarrollo de una demanda laboral y por otro, determinantes para la valoración de la estructura corporal analizada.

En particular, el alcance de la presente tesis se centra en la evaluación de las principales repercusiones funcionales de los cuatro grupos de trastornos del aparato locomotor mencionados anteriormente (lumbalgias, cervicalgias, omalgias y los trastornos musculoesqueléticos con afectación de la bipedestación y la deambulación), por su alta implicación en la mayoría de las tareas de origen laboral y doméstico.

2.1.1.1. FUNCIONES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS LUMBALGIAS

Las funciones principales de la región lumbar son la de garantizar gran parte de los movimientos del tronco, el mantenimiento de la postura corporal, la transmisión de las cargas del cuerpo desde el tórax hasta la pelvis y la protección de las inervaciones raquídeas (esta última función es común a toda la columna vertebral).

Los movimientos de las vértebras lumbares comprenden la flexión-extensión, un pequeño grado de rotación axial, la flexión-lateral, la separación, compresión y cierta traslación en la dirección anteroposterior y mediolateral (Figura 27). En condiciones normales, los movimientos son combinación de todos ellos (movimientos acoplados), siendo los más importantes el de **flexo-extensión** y el de **flexión lateral**.

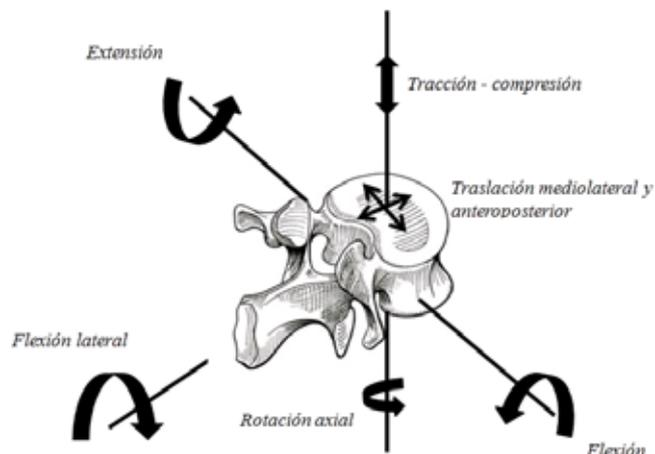


Figura 28. Movimientos de las vértebras lumbares

Las cargas y sollicitaciones a las que se ve sometida la columna lumbar dependerán del propio movimiento ejecutado así como de las características estructurales particulares de cada individuo.

Un ejemplo de ello se encuentra en un estudio presentado por Nachemson en 1976, donde se demostraba que la presión interdiscal aumenta un 45% durante la expectoración o que la presión media en L3 en bipedestación podía aumentar de 70Kg a 120 Kg y si se inclina el tronco 20° en flexión.

Nachemson afirmó que las mayores presiones interdiscales L3-L4 se producen en las actividades de sentarse y levantarse de una silla y la de recoger un objeto del suelo con flexión lumbar. Estas dos tareas, ya sea en el entorno domiciliario o laboral, provocan un aumento de los momentos de fuerza en las articulaciones del miembro inferior y en el raquis lumbar, con lo que pueden suponer un esfuerzo o sobrecarga significativos para la persona que lo realiza. Estas actividades representan sin duda, una de las funciones más características del raquis lumbar que requiere ciertas estrategias de coordinación con otros segmentos corporales como son los miembros inferiores, la musculatura abdominal y la cadera.

Del mismo modo, Nachemson en su estudio comparó la presión interdiscal en bipedestación y la registrada cuando se sostiene un peso; se alcanzaron valores significativamente superiores en esta segunda condición.

A partir de esta información y dada la sencillez de estas actividades junto con la gran información que proporcionan en relación al estado funcional de la columna lumbar, la selección de estos gestos constituye la opción óptima para valorar la funcionalidad de este segmento corporal.

2.1.1.2. FUNCIONES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CERVICALGIAS

El raquis cervical tiene como función básica el equilibrio vertical de la cabeza durante los movimientos del cuerpo. Debe garantizar los desplazamientos voluntarios de la cabeza y la orientación de la mirada. Todas las compensaciones de las posiciones de la cabeza y del raquis cervical, sean estáticas o dinámicas, se hacen de manera que se conserve la horizontalidad de la mirada.

Bajo esta premisa, la función del raquis cervical está optimizada para poder fijar la mirada, y por consiguiente la atención, en cualquier punto del campo de visión.

En el análisis biomecánico del raquis cervical se consideran dos partes claramente diferenciadas: la parte superior, constituida por el occipital, el atlas y el axis; y una parte inferior, formada por el resto de vértebras. La actuación combinada de estos dos segmentos son los que permiten a la cabeza la realización de movimientos en los tres ejes del espacio. La descomposición de estos movimientos se resume en movimientos de **flexo-extensión**, el realizado en el plano sagital, de lateralización o **flexión-lateral**, en el plano coronal, y de **rotación**, paralelo al plano transversal.

La columna cervical superior presenta tres grados de libertad y se encarga del sostenimiento y la movilidad de la cabeza, sobre todo el movimiento de rotación. Las dos primeras vértebras cervicales están especializadas en el mantenimiento del equilibrio de la cabeza y en la realización de la rotación (Figura 29).

La columna cervical inferior, es la responsable de la mayor amplitud de los movimientos de flexo-extensión y de lateralización.

Biomecánica del raquis cervical:

- 1. Raquis cervical superior: C1-C2
 - ▶ Tres grados de libertad
- 2. Raquis cervical inferior: C3-C7
 - ▶ Flexo-extensión
 - ▶ Inclinación-rotación



Figura 29. Biomecánica del Raquis Cervical

El centro de gravedad de la cabeza, cuando la mirada se dirige hacia el frente, se localiza en un punto posterior a la apófisis clinoides, 1 cm posterior (Borobia, 2008). Esto hace que la cabeza se encuentre en un equilibrio inestable, obligando a que los músculos de la nuca tengan que traccionarse para mantener la cabeza y evitar que caiga hacia delante.

Debido a esta situación de desequilibrio inestable, desde un punto de vista funcional, hay que destacar que el raquis cervical debe conservar su movilidad, ya que sólo puede mantener la posición fija durante cortos instantes de tiempo.

La evaluación de la inestabilidad cervical es compleja de valorar. En la mayoría de las ocasiones se recurre a la medición de los rangos articulares máximos en la dirección de los tres ejes del espacio anteriormente mencionados (flexo-extensión, lateralización y rotación). Esta información resulta de gran utilidad para los médicos evaluadores ya que permite conocer no sólo el menoscabo funcional existente en base a una magnitud física, sino que también posibilita el análisis de los rangos articulares en los que se manifiesta el dolor, pudiéndose relacionar con el punto donde se localiza la lesión anatómica. No obstante, esta información, desde un punto de vista funcional, resulta incompleta. Es imprescindible, definir una prueba suficientemente sencilla que permita evaluar al paciente cuando se produce una combinación de estos movimientos. Este planteamiento, pionero dentro de la medicina evaluadora, facilita el estudio de las distintas estrategias de compensación que el individuo aplica para poder ejecutar esa tarea en los rangos que su limitación funcional le permite.

En base a estos datos, los protocolos de medida más adecuados para la caracterización funcional de la columna cervical lo componen dos tipos de pruebas o gestos: el primero, se centra en conocer los límites máximos voluntarios del raquis cervical en cada una de las rotaciones del cuello (flexo-extensión, inclinación lateral y rotación). En la segunda, el objetivo es forzar al individuo a que fije la mirada en varios puntos del espacio, con el propósito de que combine estos tres movimientos fundamentales. A través del estudio de

estas funciones se obtiene información muy valiosa sobre el estado funcional del raquis cervical y sobre la coherencia de los movimientos ejecutados.

2.1.1.3. FUNCIONES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS OMALGIAS

El complejo articular del hombro participa en muchas de las AVD, como por ejemplo alcanzar objetos colocados a determinada altura, peinarse, limpiar cristales o preparar la comida.

Una de las características que diferencia al ser humano de otros mamíferos es la deambulación erguida para dejar las extremidades superiores libres, y así permitir la manipulación de objetos, o la deambulación armónica con balanceo de los brazos; el hombro participa en todas estas actividades colocando el brazo en disposición de realizar cada una de ellas. En este caso, la coordinación de las articulaciones que constituyen el hombro resulta fundamental para llevarlas a término.

El complejo articular del hombro está formado por cuatro articulaciones que unen entre sí los huesos de la cintura escapular: glenohumeral, esternocostoclavicular, acromioclavicular y escapulotorácica (Figura 30). La coordinación de estas articulaciones, que unen la extremidad superior al tronco, determina la gran amplitud de movimientos que permite, junto con el codo, llevar la mano a la posición requerida para las diversas actividades prensiles que una persona realiza durante las actividades de la vida cotidiana.



Figura 30. Superficies articulares del hombro

Los movimientos más amplios del complejo articular del hombro se realizan en la articulación glenohumeral, aunque el resto de las articulaciones aumentan la eficacia articular y su movilidad.

La articulación glenohumeral presenta tres grados de libertad de movimiento, que se realizan en los tres planos del espacio, según tres ejes que discurren por el centro de la cabeza humeral y que son perpendiculares al plano de movimiento. Estos movimientos son: **flexión-extensión, abducción-aducción, rotación interna y externa.**

La flexión permite la alimentación, durante la cual el rango de movilidad mínimo requerido es esta articulación es de 5 a 45° de flexión, de 5 a 35° de abducción y de 5 a 25° de rotación interna (Berryman *et al.*, 2009). Son necesarios 87° de flexión y 32° de abducción para beber de una taza, o 39° de flexión para comer con una cuchara o un tenedor.

La extensión permite el retroceso del brazo a la posición de reposo, además de arrastrar objetos, realizar la higiene personal o vestirse. Las limitaciones impuestas por un trastorno musculoesquelético en el hombro se pueden compensar en parte con las rotaciones y la basculación de la escápula.

Es importante destacar que la posición más funcional del hombro para realizar actividades por encima del hombro y la cabeza, muy comunes en entornos laborales, es la del plano de la escápula, cuyo rango se encuentra entre los 30° y los 45° de aducción horizontal (Michiels *et al.*, 1995). Por otro lado, también son frecuentes los trabajos que requieren manipulación de objetos de diversos pesos en un plano horizontal, ya sea sobre una mesa o sobre una cadena de montaje.

A partir de toda esta información, y a pesar de la gran diversidad de combinaciones de movimientos que es capaz de realizar el complejo articular del hombro, se puede afirmar que un método de valoración funcional consistente en el análisis del gesto de elevar un objeto en el plano de la escápula y el de desplazar un objeto (aproximación/separación) en el plano horizontal, constituye una aproximación válida desde el punto de vista clínico a la hora de evaluar su estado funcional.

2.1.1.4. FUNCIONES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELETICOS CON AFECTACIÓN DE LA BIPEDESTACIÓN

La bipedestación es una función propia del ser humano y de algunos animales, de mantenerse de pie sobre las extremidades inferiores de manera estable.

La bipedestación implica el control neuromotor de las estructuras corporales responsables del mantenimiento del equilibrio, lo cual se encuentra directamente relacionado con el control del centro de gravedad del cuerpo (c.d.g.), el cual se define como el lugar en que las masas de todos los segmentos corporales se distribuyen de manera homogénea.

Desde un punto de vista físico, el control postural es el proceso mediante el cual el ser humano controla el c.d.g. con respecto a su base de soporte, tanto en situaciones estáticas como dinámicas. En bipedestación, el c.d.g. se encuentra situado por delante de la 3ª vértebra lumbar (Kappanji, 1998). Esta característica conlleva a que la proyección vertical del c.d.g., llamada línea de gravedad (l.d.g.), se sitúe, con el sujeto erecto, dentro del polígono de sustentación que representan las huellas plantares y la zona que las separa (Base de Apoyo, B.D.A).

Desde un punto de vista funcional, resulta imprescindible destacar que la función de bipedestación se mantendrá siempre que el sujeto sea capaz de modificar voluntariamente la posición de su c.d.g. para garantizar que la l.d.g se encuentre dentro de un área de seguridad llamada límites de estabilidad (L.E.).

Por definición se cumple que la B.D.A incluye los L.E.

En la Figura 31 se esquematiza los conceptos anteriormente definidos.

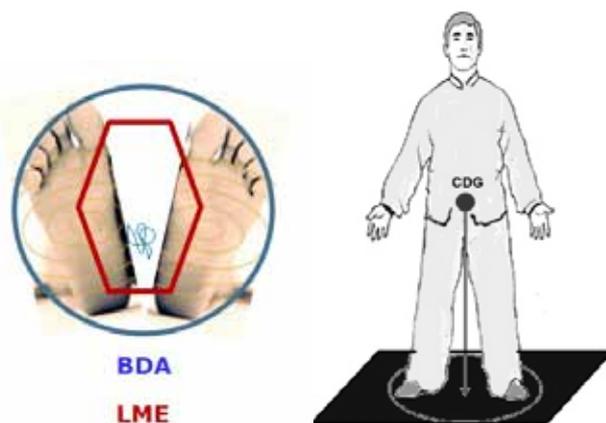


Figura 31. A la izquierda representación de la Base de Apoyo (BDA) y los Límites de Estabilidad (LME).
A la derecha Representación del Centro de Gravedad (c.d.g.) y la línea de Gravedad (l.d.g.)

En los estudios sobre la bipedestación, la variable más ampliamente analizada es la posición del centro de presiones (c.d.p.), el cual se define como el punto de aplicación de las fuerzas de reacción del suelo cuando se trata de mantener la posición erecta (Henricksson *et al.*, 1967, Hamid. *et al.*, 1991, Black. *et al.*, 2001). Este punto de naturaleza oscilante, siempre se localiza en el interior de los L.E y de la B.D.A. En caso contrario, se producirá desequilibrio y en consecuencia la pérdida de estabilidad.

Desde un punto de vista orgánico, el control postural es el resultado de la actuación de un complejo e intrincado conjunto de sistemas corporales que, a partir de la información del entorno, pone en marcha las respuestas sensoriales y motoras necesarias para garantizar la estabilidad. En particular, son tres los sistemas sensoriales involucrados en el mantenimiento del equilibrio.

- **Sistema vestibular:** forma parte del oído interno y desempeña la función de transmitir información al cerebro acerca de la posición espacial del cuerpo y de los movimientos a los que se encuentra sometido con el objetivo de conservar el control postural.
- **Sistema somatosensorial:** comprende un complejo organismo consistente en centro de recepción y procesado de información tales como el tacto, la propiocepción o el dolor. Precisamente, la propiocepción es el sentido que informa al organismo de la posición de las extremidades y de los músculos; es la capacidad de sentir la posición relativa de las partes corporales, permitiendo reacciones anatómicas dirigidas al control de la postura.
- **Sistema visual:** compuesto por los órganos oculares se responsabiliza del procesamiento de la información del entorno y de las implicaciones de ésta sobre el control postural.

Toda esta información es integrada y procesada por los centros de integración del cerebro, en el sistema nervioso central, el cual se responsabiliza de la generación de respuestas motoras y sensoriales para autoregular la estabilidad postural.

La disfunción en alguna de las estructuras implicadas en el mantenimiento del equilibrio, sea de la naturaleza que sea, no necesariamente lleva implícito un pérdida de la función de bipedestación, ya que por lo general, se establecen estrategias de acomodación o compensación por parte de los sistemas no afectados.

Dentro del campo de la valoración funcional, el estudio de los trastornos del equilibrio presenta una gran importancia ya que son numerosos los trastornos, síndromes o enfermedades que producen como resultado una disfunción en el control postural. El Gold estándar en los procedimientos de evaluación se basa en los estudios de Romberg (1853), en los que estudió la oscilación postural espontánea con los ojos abiertos frente a la oscilación que se produce con los ojos cerrados. A partir de sus estudios, han sido varias las adaptaciones de las pruebas o condiciones en las que se evalúa la función de bipedestación; todas ellas tienen en común que tratan de analizar de manera aislada la contribución de cada uno de los sistemas implicados en el mantenimiento del equilibrio: bipedestación con ojos abiertos, con ojos cerrados, sobre superficie estable o sobre una superficie inestable (Boniver, 1995).

2.1.1.5. FUNCIONES ANALIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS CON AFECTACIÓN DE LA DEAMBULACIÓN

La marcha se define como la función básica de locomoción del ser humano. Consiste en el desplazamiento hacia adelante del cuerpo, en posición erguida, mediante un proceso cíclico por el cual el peso es soportado por ambas piernas alternativamente (Sánchez La Cuesta, 1992). Mientras el cuerpo se desplaza sobre la pierna de soporte, la otra pierna se balancea hacia adelante como preparación para el siguiente apoyo. Uno de los pies se encuentra siempre sobre el suelo y, en el periodo de transferencia del peso del cuerpo de la pierna retrasada a la pierna adelantada, existe un breve intervalo de tiempo durante el cual ambos pies descansan sobre el suelo (Figura 32).

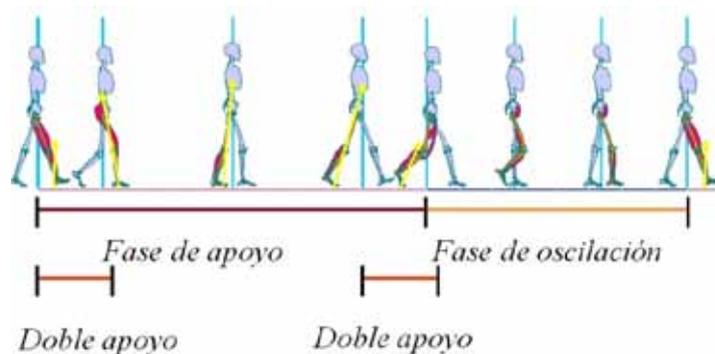


Figura 32. Ciclo de marcha

La posición erguida del ser humano es, intrínsecamente, inestable, al contrario de lo que ocurre con los mamíferos cuadrúpedos. Ello exige un mayor control neuronal y condiciona su desarrollo completo a un largo proceso de aprendizaje (Beck *et al.*, 1981).

Los trastornos musculoesqueléticos con afectaciones sobre la marcha pueden ser muy variados y de muy diversa índole. En contraposición a lo que sucedía en los casos anteriores de lumbalgias, cervicalgias u omalgias, donde la limitación funcional se asociaba, casi de manera biunívoca, con una determinada estructura corporal, las afectaciones de la marcha de índole biomecánica suelen venir asociadas a mecanismos patológicos de las grandes articulaciones del miembro inferior (tobillo, rodilla y cadera).

En la mayoría de las ocasiones los mecanismos patológicos de la marcha acaban provocando determinadas alteraciones que son objetivables mediante diferentes técnicas de registro. Estas alteraciones se pueden clasificar en: deformidades, debilidades musculares, dolor y control neurológico deficitario. La combinación de estos cuatro mecanismos patológicos en las articulaciones de tobillo, rodilla y cadera provocan alteraciones específicas de la marcha en las diferentes fases de la misma.

La marcha humana es un fenómeno complejo de valorar, ya que se requiere no sólo del conocimiento de los movimientos cíclicos que ejecuta el organismo, sino también de cuestiones tales como las fuerzas de reacción entre los pies y el suelo, las fuerzas y momentos articulares, los requerimientos energéticos, los mecanismos de optimización o de compensación adoptados, y la secuencia e intensidad de actuación de los diferentes músculos involucrados.

Desde un punto de vista funcional, el estudio de la deambulación humana conlleva de manera implícita, el análisis de una serie de factores externos que influirán de manera directa sobre la intensidad de las cargas a las que se ve afectado el organismo o las estrategias de acomodación adoptadas por el sujeto. Algunos de estos factores externos son la velocidad de marcha, la orografía y tipo del terreno, la presencia de obstáculos o el calzado.

Las condiciones más habituales en las que se produce la deambulación, ya sea en el ámbito doméstico o laboral, se producen sobre superficies llanas sobre terreno regular, rampas de ligera inclinación o el tránsito por peldaños, ya sea subiendo o bajando escaleras. Desde un punto de vista clínico, dada la sencillez de reproducir estas condiciones en laboratorio, junto con la gran información que proporcionan en relación al estado funcional de la marcha del paciente, la selección de cualquiera de estos gestos constituye la opción óptima para valorar esta AVD.

2.1.2. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE UNA PATOLOGÍA CON AFECTACIÓN DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO

La selección de las pruebas de caracterización debe realizarse a partir de diferentes gestos, movimientos o actividades sencillas de la vida diaria que ofrezcan información repetible y relevante sobre la funcionalidad del segmento corporal evaluado. En todo momento, la elección del gesto debe llevar implícito un nivel de exigencia física alto, pero también la posibilidad de evaluar tanto a personas con una limitación funcional leve o moderada, como aquellas otras que presenten una limitación más significativa. La

prueba debe poder ser desarrollada adecuadamente por ambos perfiles, siempre que no haya una contraindicación médica, para evitar la invalidez de la prueba ante determinados cuadros clínicos. Este requisito se convierte en fundamental a nivel práctico, ya que de no resolverse convenientemente podría comprometer enormemente la practicidad de las aplicaciones de valoración propuestas posteriormente.

Así por tanto, es necesario un compromiso entre exigencia y viabilidad práctica para garantizar su sensibilidad y fiabilidad en la mayoría de las situaciones.

La caracterización funcional de los gestos seleccionados debe realizarse a través de herramientas que permitan “medir” la dinámica del gesto, es decir, conocer cómo varía con el tiempo las variables biomecánicas que definen el comportamiento de los segmentos corporales evaluados.

En el contexto de la biomecánica médica y ocupacional, este proceso de caracterización se lleva a cabo a través de la definición de **modelos biomecánicos** de referencia, los cuales deben constituirse como representaciones teóricas del sistema de estudio que permite simular, reproducir y analizar el comportamiento real de manera aproximada.

Los modelos biomecánicos empleados sirven para analizar el movimiento de los diferentes segmentos o estructuras corporales estudiadas para, basándose en las características biomecánicas de los mismos, entender la implicación de cada uno de ellos en los movimientos estudiados. Los valores obtenidos reflejan la relación existente entre las medidas experimentales, pero no siempre se corresponden con las medidas clínicas o radiológicas que se pueden realizar. Con el uso de los modelos biomecánicos no se persigue el estudio de las características exactas del movimiento y desplazamiento de las regiones del cuerpo (p.e. el movimiento de las vértebras), sino obtener una aproximación lo suficientemente precisa de las características del movimiento.

La naturaleza de las variables físicas proporcionadas por los modelos biomecánicos dependerá de la tecnología utilizada en el registro de los movimientos. Como ya se comentó en el apartado Antecedentes, en la actualidad la mayoría de los análisis biomecánicos se desarrollan a través de técnicas de **fotogrametría** de análisis de movimientos y **plataformas dinamométricas** para el registro de fuerzas de reacción. Este trabajo no representa una excepción a este planteamiento y por tanto, las propiedades de las variables que caracterizan la función son cinemáticas y cinéticas. A través de las primeras se obtiene información relativa a los ángulos articulares, las distancias recorridas, los movimientos de los sólidos y la energía empleada al realizar el gesto. Las segundas por su parte, proporcionan la información relacionada con las causas que provocan los cambios del movimiento (fuerzas y variación de sus puntos de aplicación).

De esta forma, la caracterización biomecánica de los gestos y por consiguiente de las funciones, quedan resumidas a la cuantificación de estas magnitudes físicas, de sus derivadas o de combinaciones como son las duraciones de fases de movimiento, rangos de movimiento, asimetrías de fuerzas, momentos articulares, velocidades o aceleraciones.

Por otro lado, la caracterización funcional mediante análisis biomecánico requiere de la puesta a punto de la instrumentación empleada, de los modelos biomecánicos teóricos y el desarrollo de algoritmos de cálculo que permitan resumir, en un número finito de

variables, la dinámica del movimiento analizado. Para llevar a cabo esta tarea, se deben considerar no sólo cuestiones puramente técnicas, sino también las condiciones de contorno de utilización posterior enunciadas con anterioridad; el contexto de la valoración de las CC y CP gestionadas por las MATEPSS. Será por tanto necesario alcanzar un compromiso entre investigación y aplicación, entendiendo esto último como el desarrollo de metodologías capaces de ser utilizadas por personal no experto en biomecánica y asumibles en tiempo y forma dentro de este contexto.

La caracterización funcional de los trastornos del sistema musculoesquelético objeto del presente trabajo, parte de la información recopilada en la fase de Antecedentes y del asesoramiento de profesionales de la medicina del trabajo con experiencia previa en valoración clínica. Las fases requeridas para la puesta a punto de las metodologías de caracterización funcional son:

1. Selección de los medios técnicos adecuados.
2. Definición de los protocolos de valoración y de las variables físicas que mejor caractericen el movimiento
3. Determinación de los valores de referencia de la población laboral española y la construcción de las bases de datos.
4. Tratamiento de datos y definición de los índices de valoración.

En los apartados siguientes se detalla de manera pormenorizada el desarrollo de cada una de ellas en el contexto del presente trabajo de tesis.

2.1.3. SELECCIÓN DE LOS MEDIOS TÉCNICOS ADECUADOS

Desde el punto de vista técnico, esta tesis doctoral no habría podido realizarse sin contar con la experiencia y saber hacer de los investigadores del Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). De hecho, los desarrollos tecnológicos del IBV desplegados en la línea de caracterización funcional de las actividades humanas, han sido el pilar fundamental donde se sustenta el conocimiento que recopila esta investigación y los resultados que se pueden desprender de ella.

Los medios técnicos utilizados se basan en los resultados alcanzados en la década de los 80 por los tecnólogos del IBV, los cuales centraron sus primeros esfuerzos en el desarrollo tecnológico de los instrumentos necesarios para la realización de valoraciones biomecánicas completas que contemplaran análisis cinéticos y cinemáticos.

En este sentido, los desarrollos de las primeras plataformas de fuerzas (Dinascan/IBV) (Hoyos, 1984; Sánchez-Lacuesta *et al.*, 1992), o el primer sistema de videofotogrametría (Kinescan/IBV) supusieron un punto de partida en la caracterización de funciones propias de la biomecánica deportiva, ocupacional y médica.

Los resultados de esta etapa de creación y evolución tecnológica culminaron con la definición del primer laboratorio de biomecánica de España, el cual se constituyó con los medios técnicos que han servido de punto de partida para el desarrollo de la base de conocimiento recogido en este proyecto de tesis. Los medios técnicos de los que está dotado este laboratorio son:

- **Dos Plataformas dinamométricas Dinascan/IBV** dispuestas en paralelo sobre el suelo de dimensiones 600x370 mm de área activa, 100 mm de altura y un peso de 40 kg. La tecnología empleada se basa en el uso de transductores extensométricos, los cuales experimentan una variación de resistencia eléctrica proporcional a la deformación que sufren, con una elevada linealidad, lo que determina su adecuación para la medida de fuerzas, previa calibración.

Las plataformas están instrumentadas mediante cuatro captadores ortogonales, a cada uno de los cuales se han adherido ocho galgas extensométricas. Cuatro de éstas son sensibles a cargas verticales y las otras cuatro a esfuerzos en una dirección horizontal.

Tanto el diseño mecánico del transductor como la disposición de las galgas sobre él obedecen a estudios realizados mediante modelado por elementos finitos y anula, teóricamente, las interferencias cruzadas entre ambas direcciones de sensibilidad. La placa superior del instrumento ha sido también objeto de un diseño especial. Consiste en una plancha gruesa de aluminio macizo cuya cara inferior ha sido vaciada de material, conservando su rigidez estructural, por lo que se consigue aumentar su frecuencia natural de vibración.

El sistema incluye una unidad electrónica de alimentación, multiplexión y amplificación. La etapa de multiplexión permite seleccionar individualmente cada puente y la de amplificación eleva la señal original hasta un nivel suficiente para garantizar su inmunidad al ruido durante la transmisión al sistema de registro. Finalmente, se dispone de una tarjeta de adquisición de datos, instalada en un ordenador, cuya función consiste en digitalizar las señales analógicas procedentes de la plataforma, de forma que puedan ser leídas y almacenadas en la memoria o disco del ordenador para su posterior tratamiento

La puesta a punto del equipo pasa por un proceso de calibración previo que se efectúa en el Laboratorio de Calibración del IBV.

Para garantizar el funcionamiento correcto de las plataformas e impedir su deslizamiento o un apoyo no uniforme se construyó un foso especial para fijarlas rígidamente al suelo. Dicho foso consta de una base de hormigón sobre la cual descansa una gran plancha de acero rectificadas. La base no es otra cosa que una lechada de hormigón de 14 cm de espesor e independiente de la estructura del edificio, de manera que queda aislada de las vibraciones procedentes del mismo. En cuanto a la plancha de acero, su función principal es garantizar la máxima planitud del apoyo de las plataformas al tiempo que posibilita la adopción de numerosas configuraciones y el anclaje firme de los instrumentos a través de numerosos taladros roscados.

- **Sistema de fotocélulas:** consta de dos haces de luz infrarroja situados delante y detrás de las plataformas y separados entre sí una distancia de 3 metros. Cuando el sujeto de experimentación interrumpe el primer haz el instante en que esto se produce queda registrado en el ordenador, al tiempo que se produce el inicio de la adquisición de datos de forma automática. El instante de paso a través del segundo haz permite determinar la velocidad de marcha. La altura de los haces de infrarrojo es modificable a voluntad, estableciéndose a la altura del

cuello del sujeto. Con ello se reduce al mínimo el artefacto debido a las oscilaciones anteroposteriores del cuerpo que tienen lugar durante la marcha (Inman, 1981) y se evita la posibilidad de corte de la barrera fotoeléctrica durante el balanceo de brazos o piernas.

- **Sistema de fotogrametría Kinescan/IBV**; basado en tecnología vídeo digital, el equipo proporciona las posiciones 3D de los puntos en estudio, así como sus velocidades y aceleraciones lineales permitiendo realizar un análisis de movimientos tridimensional para el análisis cinemático de los movimientos humanos.

A partir de estos datos, se puede determinar el movimiento de los segmentos sólidos definidos por los puntos anteriores, siendo capaces de medir los 6 grados de libertad de los mismos.

Mediante el procesado de estas variables, se podrá calcular variables más complejas, así como parámetros de las mismas: rangos articulares, desplazamientos del centro de gravedad, distancias, variables cinéticas, energías, etc.

El sistema de análisis de movimientos 3D Kinescan/IBV está integrado por los siguientes componentes:

- 4 cámaras digitales b/n, con salida cameralink
- 4 ópticas varifocales con filtro de luz visible
- 4 focos de infrarrojos
- 2 tarjetas capturadoras de video cameralink con 2 entradas cada una
- Cableado de cámaras y focos: configuración estándar 6 cables de 10m y 2 repetidores cameralink
- PC para el procesado de las imágenes
- Juego de marcadores reflectantes

Las cámaras empleadas por el equipo son de b/n sensibles a la iluminación infrarroja, de salida digital a 50 fotogramas por segundo y están dotadas de un filtro de luz visible que le permite trabajar en condiciones de iluminación artificial con bajo contenido de radiación infrarroja

Las cámaras funcionan de forma sincronizada y permiten ser configuradas con velocidades de obturación hasta 1/10000 s.

Cada cámara incorpora, además, una óptica varifocal o zoom adaptada a las características del laboratorio, y un foco de luz infrarroja para generar el reflejo de los marcadores reflectantes.

A través de un PC de altas prestaciones se produce la captura y el procesado de las imágenes, el cual aloja las tarjetas de captura de video digital en formato CameraLink.

- **Instrumentación biomecánica de apoyo**: en este apartado se incluye el conjunto de pequeños instrumentos existentes en el laboratorio como

dinamómetros para la medición de la fuerza muscular, inclinómetros, electrogoniómetros, báscula o tallímetro. Todo este aparataje se encuentra en una zona de exploración donde se realizan las evaluaciones previas de los sujetos para su caracterización antropométrica, anamnesis clínica, obtención de diagnóstico o la identificación de cualquier incidencia que pudiera ser relevante durante el proceso de valoración.

Finalmente cabe destacar que todo este instrumental está cuidadosamente embebido en el entorno, minimizando la existencia de cables o aparataje voluminoso sobre el sujeto evaluado. Con esto se persigue acotar la influencia que pueda tener sobre la persona valorada el llamado efecto laboratorio.

2.1.4. DEFINICIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE VALORACIÓN

Al igual que se comentó en el apartado anterior, el desarrollo de los protocolos de valoración que se exponen a continuación son consecuencia de numerosos trabajos de investigación realizados por los investigadores y tecnólogos del IBV, los cuales, una vez superada la etapa previa de desarrollo tecnológico, procedieron a la puesta en marcha de diferentes líneas de investigación para dotar de contenido y criterios de utilización a las técnicas de registro desarrolladas.

El presente trabajo de tesis pretende recopilar los métodos de caracterización funcional de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral de mayor impacto socioeconómico en España (lumbalgias, cervicalgias, omalgias y aquellos que afectan directamente sobre las funciones de bipedestación y marcha). De esta manera, en este apartado se expone de manera pormenorizada los procedimientos de valoración y caracterización funcional desarrollados y que son el resultado de esta línea de investigación iniciada por el IBV en el año 1980.

2.1.4.1. PROTOCOLOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE LAS LUMBALGIAS

Para realizar el análisis biomecánico de raquis lumbar se eligieron dos actividades sencillas y cotidianas como sentarse y levantarse de una silla, y agacharse, coger y desplazar un peso. Como ya se comentó, estas dos tareas, en determinadas condiciones, provocan un aumento de los momentos de fuerza en las articulaciones de los miembros inferiores y en el raquis lumbar, por lo que su estudio ofrece una valiosa información sobre el estado funcional de la persona con respecto a su patología.

Ø EQUIPAMIENTO

Para la caracterización de los movimientos seleccionados se seleccionaron dos plataformas dinamométricas (Dinascan/IBV) y el equipo de videofotogrametría (Kinescan/IBV).

- Las plataformas dinamométricas permiten registrar las fuerzas de reacción ejercidas por el individuo sobre el suelo durante la realización de los dos movimientos seleccionados.
- El sistema de fotogrametría, a partir de la filmación del movimiento con tres cámaras, permite realizar un exhaustivo análisis cinemático a través del

desplazamiento en el espacio durante el desarrollo del movimiento de los distintos segmentos corporales según el modelo biomecánico definido.

Los accesorios necesarios para el protocolo definido son los siguientes:

- Silla sin respaldo y regulable en altura.
- Tres cajas de 0Kg, 5Kg y 10Kg de peso (un peso mayor de 15 Kg está considerado de riesgo según el REAL DECRETO 487/1997 por el que se regula la evaluación y prevención de riesgos laborales asociados a la manipulación manual de cargas).
- Mesa regulable en altura.
- Marcadores reflectantes para el funcionamiento del sistema de captura de movimientos.

Las características y distribución de los distintos accesorios y posicionamiento del sujeto puede consultarse en el anexo I.

Ø MODELO BIOMECÁNICO DEL RAQUIS LUMBAR

La instrumentación del paciente se lleva a cabo mediante marcadores reflectantes en las posiciones definidas en el modelo biomecánico definido para la valoración de la lumbalgia. El modelo seleccionado está constituido por doce marcadores reales y dos virtuales, correspondiéndose estos dos últimos a localizaciones determinadas geométricamente a partir de los marcadores reales. La ubicación de los marcadores obedece a dos criterios:

- Por una parte, que fueran puntos anatómicos de fácil localización, por su accesibilidad e identificación, para la persona responsable de la instrumentación del sujeto. Con ello se pretende asegurar la repetibilidad de las medidas inter e intraobservadores y, por lo tanto, una fiable comparación de resultados.
- Por otro lado, la localización anatómica de estos puntos y el análisis de su desplazamiento en el espacio, debe ofrecer una información significativa con respecto a las características del movimiento analizado.

Para la selección definitiva del modelo se consideró el raquis tanto en el plano anteroposterior como lateral, con la intención de detectar la información más relevante que era imprescindible proporcionar. En base a esto, los movimientos más importantes en el plano frontal son la rotación torácica y pélvica. Este es el motivo por el cual, se justifica que el modelo propuesto está pensado para determinar la componente de rotación que puede haber a dos niveles, uno a nivel torácico, mediante los marcadores situados en C7 (como límite superior) y otro a nivel lumbar mediante los marcadores de las crestas ilíacas.

Por su parte, en el plano sagital, la información más relevante pasa por la determinación del rango lumbar, la inclinación pélvica y la inclinación de tronco. El primero, se estima con el ángulo formado entre los segmentos T12-L3 y L5-Sacro, la inclinación pélvica es la aproximación definida por el ángulo entre el marcador de L5 y Sacro con la

horizontal. Finalmente la inclinación de tronco se calcula mediante el ángulo formado entre los segmentos C7-Sacro y la horizontal.

La inclusión en el modelo biomecánico del miembro inferior se justifica, como se comentó en apartados anteriores, debido a su contribución en la movilidad de raquis y por tanto a la estrategia de compensación y acomodación seguida por el sujeto evaluado. El modelo propuesto pretende servir para estimar los momentos de reacción que actúan en las articulaciones de cadera y de rodilla durante la ejecución de los gestos propuestos. El modelo, tal y como aparece en la figura anterior, fue definido a través de tres segmentos en pié, pierna y muslos. Se asumió que estos segmentos, considerados sólidos rígidos para simplificar el análisis, únicamente realizan movimiento en el plano sagital.

Así pues, el modelo propuesto consigue una representación del raquis completo, además define los segmentos de muslo y pierna que permiten calcular la flexión en cadera y rodilla (Figura 33).

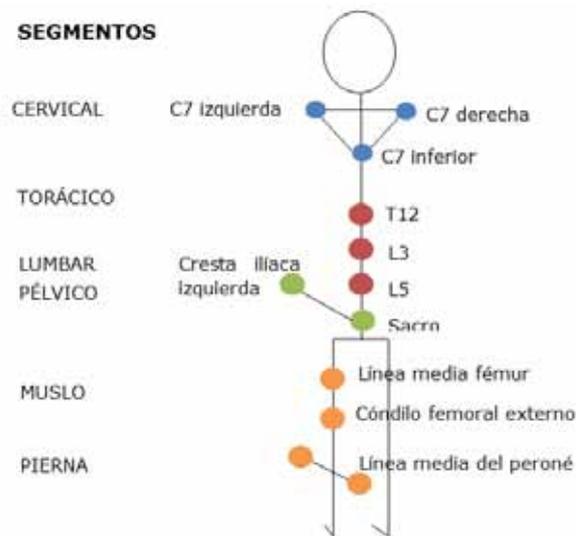


Figura 33. Modelo biomecánico de raquis lumbar

Ø PRUEBAS FUNCIONALES

La instrumentación del sujeto, la colocación de los marcadores y el procedimiento de localización de los puntos anatómicos puede consultarse en el Anexo I.

Prueba de Silla

Tras finalizar el procedimiento de instrumentación se sitúa al paciente en la posición de medida ya especificada en cada prueba. Se le explica al paciente con todo detalle el tipo de movimiento que debe realizar. En la prueba de silla debe practicar el gesto para familiarizarse con la prueba y evitar el miedo a sentarse sin mirar donde está la silla. La explicación de la orden estandarizada de movimiento será la siguiente: *“Usted debe sentarse sin mirar atrás y con los brazos cruzados en el pecho. Cuando le demos una nueva orden, se levantará de la silla, sin ayuda de los brazos, quedándose de nuevo de pie y quieto. Una vez iniciadas las medidas no deberá mover los pies de donde los tenga situados en la plataforma. Este movimiento lo realizará de la forma y a la velocidad que considere normal y más confortable en estos momentos para usted”*. Una vez practicado el gesto por parte del paciente, las órdenes del evaluador deben limitarse a las palabras *“siéntese”*, *“levántese”* pronunciadas de forma enérgica. El evaluador debe dejar transcurrir un mínimo de un segundo desde que el paciente alcanza la posición de sentado hasta que le da la orden de levantamiento. En casos donde se observe que una mala comprensión o ejecución del gesto pudiera afectar a la valoración es aconsejable utilizar el espejo de referencia para determinar la posición de partida al levantarse del taburete (Figura 34).



Figura 34. Gesto de sentarse y levantarse de una silla

Prueba de Peso

La posición de partida será con el paciente situado de pie y con los brazos cruzados en el pecho. La orden estandarizada que debe recibir será: *“Usted debe permanecer de pie, mirando al frente y con los brazos cruzados. Tras la orden de inicio, se flexionará, cogerá la caja situada delante de usted y la levantará manteniéndola a la altura del abdomen. Luego girará a la derecha y la depositará sobre la mesa volviendo a continuación a la posición de partida. Cuando se lo volvamos a indicar realizará el mismo gesto para las siguientes cajas que ya le habremos colocado enfrente de usted. Una vez iniciadas las medidas, no deberá mover los pies de donde los haya situado en las plataformas. Este movimiento lo realizará a la velocidad y de la forma que usted, en este momento, considere normal y confortable”*. Una vez entendido



Figura 35. Gesto de levantamiento de peso

el gesto por parte del paciente, se le permitirá que sitúe las manos sobre los agarres de la primera caja para familiarizarse con el movimiento a realizar. Se le puede permitir que pruebe con la primera caja. Cuando se realice la prueba las órdenes del evaluador deben limitarse a las palabras “coja la caja y llévela a su cintura”, “*manténgase quieto en esa posición*”, “deje la caja encima de la mesa”, “*cruce los brazos y manténgase con la vista al frente*” pronunciadas de forma firme. El evaluador debe dejar transcurrir un mínimo de dos segundos desde que el paciente lleva la caja a su cintura, asegurándose que está lo más próxima a la misma, hasta que le da la siguiente orden y otros tantos desde que se sitúa con los brazos cruzados y la vista al frente hasta que se le da la orden de levantamiento de la siguiente caja.

La secuencia completa de las cajas a levantar será siempre la siguiente: 5 kg, 0 kg y 10 kg. No debe informarse al paciente del orden en que realizará los levantamientos, ni siquiera de que el peso de las cajas a levantar es variable (Figura 35).

2.1.4.2. PROTOCOLOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE LAS CERVICALGIAS

Para realizar la caracterización funcional del raquis cervical se seleccionaron dos pruebas:

- Prueba de Límites, que analiza los límites máximos de movilidad en cada uno de los ejes de movimiento, flexión-extensión, flexión lateral y rotación de la columna cervical.
- Prueba funcional, que analiza el movimiento combinado que se produce al forzar al paciente a mirar hacia puntos estratégicamente situados en el espacio. Estas dos pruebas ofrecen una valiosa información sobre el estado funcional de la persona con respecto a su patología.

Ø EQUIPAMIENTO

Para la medición de los movimientos descritos se utiliza el sistema de fotogrametría 3D Kinescan/IBV que, a partir de la filmación del movimiento con cuatro cámaras, permite realizar un exhaustivo análisis cinemático a través del desplazamiento en el espacio, durante el desarrollo del movimiento, de la cabeza del paciente evaluado.

Los accesorios necesarios para el desarrollo de las pruebas son:

- Silla de fijación (Figura 36), especialmente diseñada para precisar la posición del sujeto y limitar la movilidad de su tronco mediante correas fijadas a un respaldo regulable en altura. La silla asegura que el paciente a valorar pueda realizar los movimientos de la columna cervical con independencia del tronco.



Figura 36. Silla de fijación del paciente

- Espejo de referencia (Figura 37), para asegurar que el movimiento que se solicita al paciente se inicie siempre desde la misma posición, se emplea un espejo de referencia que se sitúa a una distancia mínima de 1m del sujeto. Las dimensiones del espejo son de 3×8 cm, siendo totalmente regulable en altura. Para tal efecto, el espejo dispone de un inclinómetro de burbuja que asegura la verticalidad del mismo.
- Casco de marcadores (Figura 37), integra un conjunto de cuatro marcadores reflectantes y dos superficies para acoplar los marcadores necesarios para la calibración. El casco se utiliza con el fin de registrar el movimiento de la cabeza mediante el sistema de fotogrametría. El casco está especialmente diseñado para que se pueda regular con facilidad y conseguir así una buena adaptación a personas con características antropométricas diferentes.



Figura 37. Espejo de referencia y casco de marcadores para la prueba de valoración funcional cervical

- Dos marcadores con imanes para colocarlos a la altura del conducto auditivo externo. Estos dos marcadores sólo se utilizarán para la prueba de calibración.
- Carpeta, poseedora de superficie rotulable con dibujos de figuras geométricas y rotulador para la Prueba Funcional.

Ø MODELO BIOMECÁNICO DEL RAQUIS CERVICAL

La instrumentación del paciente con marcadores reflectantes supone la construcción física del modelo que fue definido para la valoración de raquis cervical. El modelo consigue reproducir la cinemática tridimensional del movimiento de la columna cervical

LA VALORACIÓN FUNCIONAL. APLICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA DISCAPACIDAD Y EL DAÑO CORPORAL.

MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE LABORATORIOS DE VALORACIÓN DE LA DISCAPACIDAD Y DEL DAÑO CORPORAL

a partir del estudio de los marcadores de la cabeza (R1, R2, R3 y R4). Los marcadores del segmento cervical (OD, OI y C7) se utilizarán únicamente en la calibración y se emplearán para calcular la posición del sujeto en el espacio y los ejes anatómicos naturales del movimiento (Figura 38).

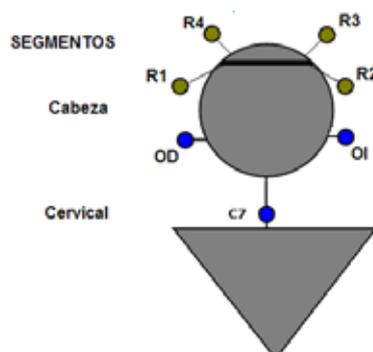


Figura 38. Modelo biomecánico del raquis cervical

La selección de este modelo biomecánico responde a la necesidad de registrar el movimiento cefálico (marcadores R1, R2, R3 y R4) en las tres dimensiones del espacio con respecto a los movimientos del tronco (definidos por OD, OI y C7).

Al igual que sucedía en el protocolo de valoración de las lumbalgias, el desarrollo del modelo responde al compromiso de disponer de un modelo que combine la sencillez de la instrumentación, referenciado a puntos anatómicos fáciles de localizar, con la obtención de información relevante y representativa del movimiento del raquis cervical con un nivel de precisión óptimo.

Este mismo modelo, con ligeras variaciones, ha sido utilizado en numerosos estudios dirigidos a estudiar el comportamiento biomecánico del raquis cervical de sujetos afectados de latigazo cervical (Antonaci *et al.*, 2002, Bulghenori *et al.*, 1998).

Para la instrumentación del sujeto se utilizarán dos configuraciones de marcadores:

Configuración completa: esta configuración se utilizará para la calibración y se emplearán los marcadores de los segmentos de cabeza y cervical, es decir 3 marcadores y el casco con 4 marcadores.

Configuración de la cabeza: esta configuración se utilizará para el resto de pruebas que componen la valoración. En esta segunda configuración se utilizarán únicamente los marcadores del segmento de la cabeza, es decir los marcadores que van integrados en el casco.

Ø PRUEBAS FUNCIONALES

Prueba de Calibración

Una vez instrumentado el paciente, según procedimiento descrito en el Anexo I, se situará al paciente en la posición de medida ya especificada, sentado con los hombros fijados y la mirada reflejada en el espejo de referencia. Se le pedirá que se mantenga en esa posición lo más quieto posible.

Prueba de Límites

Para realizar esta prueba se retirarán del casco los marcadores propios de la prueba de Calibración (marcadores acoplables) y el marcador reflectante cervical.

La prueba de Límites se compone de seis medidas:

- 2 repeticiones de **flexo-extensión**
- 2 repeticiones de **flexión lateral**
- 2 repeticiones de **rotación**

Cada medida consistirá en realizar dichos gestos de forma continuada durante un periodo de 30 segundos de duración (Figura 39).

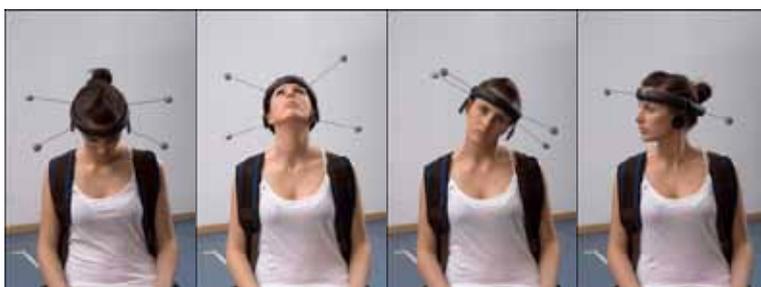


Figura 39. Representación de la prueba de límites

La posición de partida será la misma que la de la prueba de calibración.

Antes de empezar cada medida, el paciente deberá reproducir el gesto que se le haya pedido con una doble finalidad: asegurarse de que ha comprendido la orden y verificar que la ejecuta correctamente; y comprobar sus límites de movilidad.

En el caso de que existan dos valoradores durante el transcurso de la valoración es aconsejable que uno de ellos se sitúe en el manejo del ordenador y el otro frente al paciente para controlar la ejecución y el esfuerzo realizado durante las diferentes pruebas.

Se le pedirá que realice la máxima amplitud de movimiento y que realice los movimientos de forma continua, sin interrupciones a mitad del gesto. En el caso que el paciente realice el gesto demasiado lento se le anima a que lo ejecute de una forma más ligera, tal y como realiza los gestos de la vida diaria. Las instrucciones para el paciente previas a la realización del gesto de flexo-extensión son: “*Mueva la cabeza adelante y atrás (en la prueba de flexo-extensión) todo lo que pueda y a una velocidad ligera. No debe pararse hasta que le indique. No se detenga a mitad del movimiento*”. Una vez entendido y practicado, ya estará en disposición de empezar.

La orden de inicio antes de cada medida deberá ser corta y enérgica (p.ej. “¡ya!”) y se deberá realizar después de un intervalo de 2 segundos desde que el evaluador acciona la grabación del movimiento.

Esta secuencia se debe repetir para el resto de movimientos, es decir flexión lateral y rotación.

Prueba de símbolos

La instrumentación del paciente será la misma que en el caso anterior.

El paciente tendrá la carpeta situada sobre sus muslos, lo más próxima a su abdomen, y el rotulador en la mano (en ningún caso podrá levantar la carpeta de esta posición durante la prueba). Para realizar esta prueba, es necesario la instalación en el laboratorio de tres lámparas conectadas al sistema de fotogrametría, que se encenderán y apagarán automáticamente según la secuencia establecida para la grabación de las tres pruebas. El encendido de cada lámpara hará visible una figura determinada. En cada una de las lámparas podrán aparecer las figuras: X, O, Δ.

Los gestos de la Prueba Funcional son tres:

1. Dirigir la mirada a la lámpara situada arriba a la izquierda y apuntar.
2. Dirigir la mirada a la lámpara situada arriba y central y apuntar.
3. Dirigir la mirada a la lámpara situada arriba y a la derecha y apuntar.

El protocolo a seguir para cada uno de los gestos será el siguiente: el sujeto partirá de la posición neutra (ojos mirando el espejo de calibración), dirigirá la mirada a la lámpara que corresponda para visualizar la figura geométrica, dirigirá la vista a la carpeta, marcará la figura observada y volverá a la posición de partida mirando el espejo de calibración.

Con el fin de que el paciente no permanezca más tiempo del necesario escribiendo en la pizarra y para asegurar la consecución de un mayor rango de flexo/extensión cervical, se le indicará que marque en la parte inferior de la carpeta con un punto la figura geométrica que aparecerá en la pantalla de la lámpara (no debe dibujarla). Se explicará al paciente el protocolo descrito y se le pedirá que pruebe a realizar el gesto antes de empezar la valoración para asegurar que lo ha comprendido correctamente. El paciente debe intentar realizar la prueba de forma constante y continua, evitando pararse o realizar movimientos bruscos.

La orden de inicio antes de cada medida deberá ser corta y enérgica (p.ej. “*mire arriba a la izquierda*”) y se deberá realizar después de un intervalo de 2 segundos desde que el evaluador acciona la grabación del movimiento.

2.1.4.3. PROTOCOLOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE LAS OMALGIAS

Para realizar el análisis se han elegido dos actividades sencillas como elevar el brazo en el plano de la escápula sujetando un mazo con dos pesos distintos y desplazar dichos mazos sobre una mesa en un gesto compuesto que incluye movimientos de aducción–abducción, flexión–extensión y rotación interna–externa.

Ø EQUIPAMIENTO

Para la medición de los movimientos seleccionados se emplea el sistema de fotogrametría 3D (Kinescan/IBV). El objetivo del procedimiento es, a partir de la filmación del movimiento con tres cámaras, realizar un exhaustivo análisis cinemático a través del desplazamiento en el espacio durante el desarrollo del movimiento de los distintos segmentos corporales.

Los accesorios necesarios para la realización de las pruebas son los siguientes:

- Silla de fijación con tres cinchas, dos ubicadas en la parte postero-superior del respaldo de la silla (para el cinchado de los hombros) y otra situada en las barras metálicas laterales del respaldo para el cinchado del tronco (Figura 41).
- Mesa regulable en altura y con tablero abatible (Figura 41).
- Dos mazas, una de 250gr y otra de 1Kg de peso (Figura 40).
- Cuatro marcadores reflectantes (Figura 40).



Figura 40. A la izquierda detalle de las mazas, a la derecha marcadores reflectantes empleados en la prueba.



Figura 41. Detalle de las cinchas de sujeción y de la mesa regulable

- Inclinómetro, con soporte de fijación (Figura 42).
- Estructura de marcadores del brazo, que consta de dos accesorios, la parte semicilíndrica de fijación del brazo en extensión y la estructura propiamente dicha con tres marcadores fijos (Figura 42).

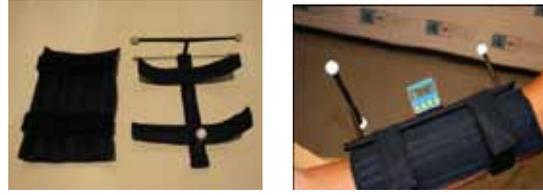


Figura 42. Detalle de la estructura del brazo e inclinómetro

La ubicación de la silla será la misma, tanto en la prueba de “Levantar” como en la de Mover. La colocación exacta vendrá determinada para garantizar la correcta visualización de los marcadores a lo largo de toda la prueba de valoración.

Ø MODELO BIOMECÁNICO DEL HOMBRO

El modelo biomecánico que se utiliza en la valoración funcional del hombro está basado en las recomendaciones de la Sociedad Internacional de Biomecánica (Wu et al., 2005). Estas recomendaciones se fundamentan en las tres rotaciones sucesivas del segmento distal respecto al proximal (Ángulos de Euler).

El modelo biomecánico que se sigue define dos sistemas locales, el de referencia ubicado en el tronco (lado contralateral al hombro a valorar) y el del brazo, que se corresponde con el segmento móvil del modelo.

Cada uno de los sistemas locales se instrumenta con los marcadores descritos anteriormente y queda definido como se observa en la Figura 43.

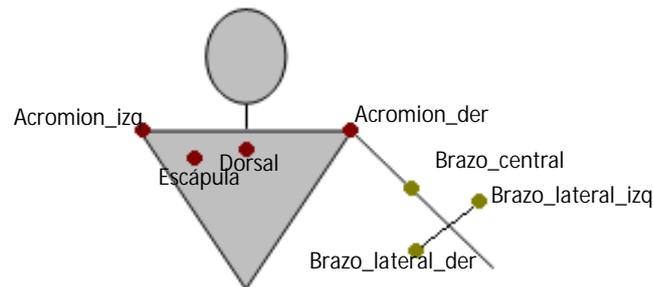


Figura 43. Modelo biomecánico del hombro

El modelo propuesto es el resultado de aunar las necesidades de precisión y rigor en el cálculo de los movimientos del complejo articular del hombro y la sencillez y rapidez de instrumentación que faciliten su futura aplicabilidad en el ámbito clínico.

Ø PRUEBAS FUNCIONALES

La instrumentación del sujeto, la colocación de los marcadores y el procedimiento de localización de los puntos anatómicos puede consultarse en el Anexo I.

Prueba de Levantar

En primer lugar se sitúa la mesa enfrente del paciente. Debe coincidir aproximadamente la línea media del paciente con la línea central de la mesa.

Se le indica al paciente que coja la maza y la sitúe en la posición de referencia. Esta posición de partida debe ser tal que el ángulo formado por la línea de unión de los hombros y la línea del brazo sea lo más próximo a $37,5^\circ$ para garantizar que el gesto se ejecute en el plano de la escápula.

Para facilitar la fijación de la posición de partida se ha diseñado el soporte para la prueba de “Levantar” de manera que los bordes forman un ángulo de $37,5^\circ$ con la línea longitudinal de la mesa. De este modo, una vez fijadas las sujeciones y la instrumentación del brazo y tronco, se indica al sujeto que coja la maza y sitúe el brazo extendido sobre el soporte de inicio de la prueba.

En la Figura 44 se muestra el detalle de la posición de partida de la prueba de “Levantar”.



Figura 44. Posición de partida de la prueba de Levantar

Atención especial merece el empuñamiento de la maza y colocación sobre el soporte. Se debe asegurar una pronosupinación neutra. La línea del radio del antebrazo debe estar alineada con el carril del soporte. La columna del pulgar en línea con el radio condicionando una pronosupinación neutra de antebrazo y posteriormente ajustar la mano a la cabeza de la maza lo máximo posible.

Para regular la altura de la mesa, se sitúa el inclinómetro en la zona central del accesorio semicilíndrico de fijación del brazo. Se sitúa de forma vertical en el plano del movimiento de elevación. Se regula la altura de la mesa hasta observar en la pantalla digital del inclinómetro el valor 45.00 (Figura 45). De esta forma se consigue la correcta colocación en 45° de flexión en el plano de elevación.



Figura 45. Regulación de la altura de la mesa

Prueba de Mover

Se mantiene la posición de la prueba anterior del paciente con respecto a la línea media de la mesa.

Se sitúa el miembro superior a evaluar en paralelo a las líneas que determinan el ángulo de partida en el plano horizontal de 45° , que indicará la posición de partida según el protocolo. A continuación se le pide al paciente que coja la maza.

La parte distal de la maza debe descansar sobre la mesa. El paciente asirá el mango de la maza con la palma de la mano hacia arriba, llevando el brazo en supinación (asegurándose que la posición relatada se produce a expensas de la rotación externa de hombro, y no de la supinación del antebrazo). Es importante verificar que se mantiene el ángulo de 45° de abducción en el plano horizontal una vez adoptada esta posición.

En la Figura 45 se muestra el detalle de la posición de partida de la prueba de “Mover”.



Figura 46. Posición de partida de la prueba de Mover

Para regular la altura de la mesa se coloca de nuevo el inclinómetro en la zona central del accesorio del brazo. Se ajusta la altura de la mesa hasta que observemos el valor 35.00 en la pantalla digital del inclinómetro. Cuando aparezca se habrá alcanzado los 55° necesarios de flexión en dicho plano para cumplimentar el protocolo y proceder a la medida.

2.1.4.4. PROTOCOLOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE LOS TRASTORNOS DE LA BIPEDESTACIÓN

Como ya se comentó en apartados anteriores, el mantenimiento de la postura durante la bipedestación ya sea estática o dinámica (deambulación), representa la habilidad de mantener el centro de gravedad dentro de la base de soporte a pesar de influencias

desestabilizantes como la gravedad u otras perturbaciones. Esto se consigue mediante continuos ajustes del centro de gravedad, con diferentes estrategias de movimiento, que varían dependiendo de la intensidad del estímulo desestabilizador y de los propios límites de estabilidad del individuo.

Los procedimientos establecidos para la valoración del equilibrio postural se centran en la caracterización de los diferentes sistemas que entran en juego en el mantenimiento del equilibrio. Para ello, resulta imprescindible definir protocolos de valoración que tengan en cuenta la organización sensorial del sujeto, sus límites de estabilidad y la capacidad de desplazamiento de su peso a lo largo de su base de sustentación.

Ø EQUIPAMIENTO

Para el análisis funcional del equilibrio se emplea el sistema de plataformas dinamométricas (Dinascan/IBV), con el propósito de caracterizar los movimientos del centro de gravedad del individuo cuando se somete a las pruebas definidas.

Los accesorios necesarios para la realización de las pruebas son los siguientes:

- Monitor de paciente para la realización de las pruebas que requieren proporcionar feedback al paciente sobre los movimientos de su centro de gravedad.
- Barrera doble de fotocélulas para el registro de la velocidad de marcha.
- Tallímetro, colchoneta de espuma y juego de arneses.

Ø MODELO BIOMECÁNICO

Para el análisis funcional de la bipedestación no se requiere la utilización del sistema de análisis de movimientos, motivo por el que no se desarrolló ningún modelo biomecánico de marcadores.

Ø PRUEBAS FUNCIONALES

Prueba de organización sensorial

La organización sensorial se evalúa alterando selectivamente las aferencias somatosensoriales y visuales, y posteriormente evaluando la capacidad del paciente para mantener postura y el equilibrio.

Para el estudio de la organización sensorial, se valora el equilibrio del paciente midiendo su oscilación postural en 4 condiciones diferentes en las que se realiza una distorsión selectiva de la información sensorial (test de Romberg):

1. Ojos abiertos y plataforma de soporte fija.
2. Ojos cerrados y plataforma de soporte fija.
3. Ojos abiertos y plataforma de soporte alterada mediante la utilización de una gomaespuma sobre la plataforma.
4. Ojos cerrados y plataforma de soporte alterada con la gomaespuma.

La duración de todos estos tests está prefijada en 30 segundos y deben ser realizados con el sujeto descalzo.

Adicionalmente a estas pruebas se realiza una prueba de valoración de la marcha. Su justificación se debe a los resultados alcanzados en un trabajo realizado por el IBV donde se estudió 365 pacientes (Cortés *et. al.*, 2008) y se demostró la gran correlación existente entre los resultados de la valoración de esta función y la capacidad del mantenimiento del equilibrio. Además, esta prueba permite estudiar las estrategias de acomodación para el mantenimiento del equilibrio en condiciones dinámicas.

A continuación se describe de manera detallada los protocolos específicos de cada una de estas pruebas.

1. **Romberg con ojos abiertos (ROA).** El paciente se sitúa sobre la plataforma con los pies descalzos, haciendo coincidir éstos con unas huellas marcadas en el suelo (talones juntos si anatómicamente es posible y 2º meta alineado con la dirección marcada), y con los brazos relajados a lo largo del cuerpo. Las instrucciones para el paciente son: *“Mire al frente en un punto fijo y no hable. Manténgase lo más quieto posible. Concéntrese en la respiración.”*
2. **Romberg con ojos cerrados (ROC).** Con el sujeto en la misma posición que en la prueba anterior pero con los ojos cerrados (perturbación visual). En este caso, la instrucción al sujeto es: *“Mire el punto fijo y cuando quiera cierre los ojos”*.
3. **Romberg sobre colchón de gomaespuma y ojos abiertos (RGA).** Para esta prueba se coloca encima de la plataforma un cojín de gomaespuma de 9 cm y se sigue el mismo procedimiento descrito en ROA.
4. **Romberg sobre colchón de gomaespuma y ojos cerrados (RGC).** Mismo procedimiento descrito en RGA pero con los ojos cerrados. En este caso se consigue una perturbación visual y propioceptiva.
5. **Prueba de Marcha Humana.** Se realiza con el sujeto descalzo. Los detalles del protocolo de valoración se describen en el apartado 2.1.4.5.

Prueba de control y habilidad

En este apartado del protocolo de valoración se incluye la determinación de los límites de estabilidad (LE) y las pruebas que evalúan la capacidad de control rítmico y direccional del paciente evaluado. Para la realización de las pruebas de control rítmico es necesario haber determinado previamente los límites de estabilidad, ya que estas pruebas se adaptan a los resultados de los LE.

1. Test de límites de estabilidad

Mediante esta prueba se determinan los límites de estabilidad (LE) del paciente en estudio en 8 direcciones de forma independiente (direcciones anterior, anterior-izquierda, anterior-derecha, derecha, izquierda, posterior, posterior-izquierda, posterior-derecha).

Para su determinación se le debe pedir al paciente que dirija el peso de su cuerpo hacia cada una de las direcciones que conforman su base de sustentación, intentando alcanzar

y permanecer el máximo tiempo posible en su punto más extremo sin perder la estabilidad.

2. Test de control rítmico y direccional

El objetivo de estas pruebas es obtener una valoración de la capacidad del paciente en estudio de seguir con la proyección de su centro de presiones (cdp) a una diana que se va desplazando en dirección medio-lateral y en dirección antero-posterior a diferentes velocidades y que se le muestra en una pantalla. Se proporciona un desplazamiento independiente en cada una de las direcciones (ML y AP).

Para la realización de estas pruebas es necesario haber determinado previamente los límites de estabilidad del paciente en estudio, ya que este dato fija el máximo de la amplitud de movimiento de las dianas ML y AP a las distancias máximas alcanzadas en cada una de las direcciones.

2.1.4.5. PROTOCOLOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL DE LOS TRASTORNOS DE LA MARCHA

La función de marcha es sin duda la actividad básica de locomoción del ser humano. Su valoración implica el análisis de la secuencia de acontecimientos que tiene lugar entre dos repeticiones consecutivas de los sucesos de la marcha. Su evaluación es sin duda compleja y exige un conocimiento tanto de los movimientos asociados como de las fuerzas de reacción entre los pies y el suelo.

El procedimiento definido y que es descrito en este apartado, se basa únicamente en el análisis cinético y no contempla su integración con el estudio cinemático del gesto. Este hecho se justifica por dos motivos; primeramente, el análisis de las fuerzas de reacción proporciona información objetiva de gran valor para conocer la estrategias de acomodación o de compensación ante una limitación funcional de la marcha, argumento que se sostiene por la gran cantidad de estudios que así lo corroboran (Cortés *et al.*, 2001; Gómez Ferrer, 2005; Lafuente *et al.*, 2002); y por otro lado, el objetivo de definir un procedimiento lo suficientemente sencillo que favorezca su aplicabilidad en el ámbito clínico, sin necesidad de instrumentar al paciente.

Ø EQUIPAMIENTO

Igual que sucedía en el análisis funcional de la bipedestación y el equilibrio, el análisis de marcha contempla la utilización de plataformas dinamométricas (Dinascan/IBV)

Los accesorios necesarios para la realización de las pruebas son los siguientes:

- Barrera doble de fotocélulas para el registro de la velocidad de marcha.
- Tallímetro.

Ø MODELO BIOMECÁNICO

Para el análisis funcional de la marcha no se requiere la utilización del sistema de análisis de movimientos, motivo por el que no se desarrolló ningún modelo biomecánico de marcadores.

Ø PRUEBAS FUNCIONALES

El protocolo de medida realizado consiste en solicitar al paciente que camine a una velocidad cómoda para él dentro del pasillo de marcha, de dimensiones aproximadas 3,5 x 1,5 m, el cual está compuesto por dos plataformas dinamométricas y dos fotocélulas que registran la velocidad de marcha del paciente.

El sujeto puede realizar la prueba tanto descalzo como calzado. En caso que se debiera realizar las pruebas en las dos condiciones, debe comenzarse con la condición de calzado y a continuación repetir el registro descalzo, de lo contrario se altera el patrón de marcha habitual del sujeto (Clarke *et al.*, 1983)

Uno de los principales inconvenientes, desde el punto de vista práctico, de las plataformas dinamométricas es el llamado efecto "Targeting". Este consiste en que al estar reducido el elemento sensor a una superficie muy pequeña, el sujeto evaluado tiende a modificar su patrón de marcha, ya sea la velocidad o la longitud de zancada, para asegurar que el pie incide sobre la plataforma. Este hecho invalida el registro y obliga a la repetición de la prueba.

Para solucionar este problema, el protocolo de medida contempla un pequeño tiempo de "aprendizaje" en el que el sujeto evaluado, siguiendo las indicaciones del evaluador, deambula repetidamente por el pasillo de marcha acomodando los inicios y finales del gesto para garantizar un correcto impacto sobre la plataforma y por tanto un adecuado registro. En este caso, el papel del evaluador es crítico, ya que de sus indicaciones dependerá la correcta adquisición de datos.

Este proceso de aprendizaje también sirve para que el sujeto alcance una velocidad de marcha confortable para la realización del gesto. La importancia de registrar la velocidad de marcha y que sea la de referencia del sujeto, reside en que el patrón de marcha se ve claramente influenciado por este parámetro (Sánchez, 1996).

2.1.5. DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA DE LA POBLACIÓN LABORAL ESPAÑOLA. CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES DE DATOS DE REFERENCIA

Uno de los objetivos fundamentales del presente trabajo de tesis es la definición de valores de referencia que armonicen y uniformicen los criterios de valoración del daño corporal actualmente existentes.

Para cumplir con este propósito, los protocolos definidos en el apartado anterior necesitan disponer de bases de datos de referencia que caractericen el comportamiento funcional de las actividades humanas estudiadas. La obtención de estos valores de referencia, facilitan la interpretación de los resultados aportados por las pruebas, además de proporcionar al especialista una respuesta rápida y precisa que le asista en la interpretación de los resultados y fundamente sus decisiones.

Acorde con los objetivos planteados en esta tesis, las bases de datos recogidas requieren identificar el comportamiento biomecánico de la población **normal, patológica y simuladora**.

En este apartado se realiza una descripción general de los aspectos metodológicos llevados a cabo para la creación de las bases de datos de referencia, ya que de ellas va a depender el resultado de la valoración biomecánica de los sujetos evaluados.

En este contexto, los aspectos más relevantes de la metodología seguida son:

- Identificación del protocolo de evaluación biomecánica de cada una de las pruebas definidas en el apartado anterior.
- Selección de los sujetos integrantes de las muestras de estudio.

El proceso de definición de las bases de datos comienza con la exploración clínica de los sujetos voluntarios, recopilando una serie de datos imprescindibles para la posterior segmentación y el establecimiento de criterios de comparación. Esta información, recopilada en un formulario de registro, hace referencia al género, edad, altura, peso, historia clínica previa y otras dimensiones antropométricas relacionadas con los segmentos corporales objeto de estudio. Esta exploración clínica se completa con la recogida de información relevante sobre los rangos articulares del paciente y la presencia o no de deformidades.

Adicionalmente, todos los sujetos son evaluados a través de escalas funcionales validadas desde el punto de vista clínico, con el objetivo de ayudar a cuantificar de forma aproximada el grado de limitación funcional. En todos los casos, se utiliza la escala EVA (escala visual analógica), la cual permite conocer la percepción subjetiva del sujeto evaluado en relación a la limitación producida por el dolor en el segmento corporal evaluado. De manera más específica se han empleado las escalas para la valoración de las funciones propuestas.

- Valoración de las lumbalgias: Test de Oswestry.
- Valoración de las cervicalgias: Test NPQ.
- Valoración de las Omalgias: Test de Constant y Dash

- Valoración de la marcha Test de Tinetti de Marcha.
- Valoración de la bipedestación: Test de Tinetti de Equilibrio.

Todas estas escalas clínicas están validadas y especialmente diseñadas para dar un diagnóstico global sobre el estado funcional del individuo en relación a la actividad estudiada. Aunque la información que proporcionan es limitada debido a la subjetividad intrínseca que poseen y su escasa sensibilidad, se considera importante dentro del proceso clínico de diagnóstico y filiación de los sujetos integrantes de las bases de datos, constituyendo un primer filtro para ayudar a descartar casos anómalos.

Una vez recogidos todos los datos personales y la información clínica y antropométrica, se procede a informar a los sujetos voluntarios sobre las características de la prueba y sus riesgos. Para ello, se elaboró un procedimiento de **consentimiento informado** que todos los sujetos debían firmar como paso previo a la realización de las pruebas.

El último paso antes de la realización de la valoración consiste en el adiestramiento del sujeto sobre cómo debe ser realizada cada una de las pruebas. Para ello, se establecieron unas órdenes estándares, sencillas y claras tal y como quedó expuesto en el apartado anterior.

Todos los gestos analizados fueron registrados por medio de los medios técnicos disponibles en el laboratorio. Se obtuvieron un total de 6 repeticiones válidas de cada uno de los gestos estudiados.

2.1.5.1. SELECCIÓN DE LOS SUJETOS INTEGRANTES DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Anteriormente ha quedado patente la necesidad de caracterizar desde un punto de vista funcional el comportamiento de la población normal, patológica y simuladora de cada una de las funciones estudiadas, en el rango de edad de la población activa. Para ello, se cuenta con la colaboración de numerosos centros hospitalarios y mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social, que desinteresadamente colaboran remitiendo sujetos voluntarios para ser valorados en el laboratorio de valoración biomecánica del IBV.

Para la realización de las bases de datos se definieron unos criterios de inclusión que caracterizaran la homogeneidad y el control de las muestras de estudio. El proceso de selección de sujetos de estudio se realizó de un modo aleatorio y siguiendo los criterios que a continuación se detallan:

- Rango de edad comprendido entre los 18 y los 79 años.
- Rasgos antropométricos habituales en la población española, es decir, se descarta la presencia de personas muy obesas, muy altas o muy bajas. En concreto, se descartan personas con estatura y peso que excedan los límites de tres veces la desviación típica.
- Personas conscientes, colaboradoras y con capacidad cognitiva como para entender órdenes verbales complejas.
- Pacientes correctamente diagnosticados y filiados por un equipo médico independiente, afectados de las principales patologías musculoesqueléticas objeto de estudio del presente proyecto de tesis.

Para garantizar los criterios básicos de selección, un equipo médico especialistas en rehabilitación y medicina física, realiza una exploración física previa con el objetivo de confirmar el cumplimiento de los criterios de inclusión definidos.

2.1.6. MODELOS DE TRATAMIENTO DE DATOS APLICADOS A LA SELECCIÓN DE VARIABLES

En los apartados anteriores se han descrito los protocolos de valoración desarrollados para la caracterización de las funciones de la vida diaria que mejor definen el menoscabo funcional de los trastornos musculoesqueléticos más relevantes.

Estos protocolos de valoración, haciendo uso de diversas técnicas instrumentales, proporcionan numerosos datos cuantitativos y fiables sobre el comportamiento biomecánico de los sujetos evaluados. No obstante, uno de los desafíos planteados en este trabajo de tesis es garantizar que la información objetiva proporcionada por los datos numéricos de las variables registradas, sean de utilidad para personal no experto en procesamiento de señales biométricas o en tratamiento numérico.

Así por tanto, el reto de innovación en esta materia reside en el diseño y validación de Sistemas de Ayuda a la Decisión (SAD), aplicados al ámbito de la valoración medicina laboral que sintetizen y resuman toda la información de los análisis biomecánicos y los hagan comprensibles y aplicables por personal clínico no especialista en biomecánica.

Desde un punto de vista estadístico, las dimensiones que se analizan en el entorno de la valoración del daño corporal se encuentran fundamentadas en el diagnóstico del problema objeto de estudio. Dicho diagnóstico puede adoptar dos modalidades básicas:

- La **clasificación**, es decir, la asignación categórica de un fenómeno determinado a un grupo en función de un criterio de similitud. Se trata de estimar probabilidades de pertenencia a una clase determinada.
- La **valoración**, es decir, el grado de disfunción que existe en el fenómeno estudiado. Así, el sujeto sin patología tiene una valoración del 100% y su valor desciende en función del grado de discapacidad existente.

Así pues, el **diagnóstico funcional**, debe contemplar las dos dimensiones del problema; información que, en este caso, se obtendrá del procesado de datos registrados durante el estudio biomecánico.

En este sentido la dificultad de emitir un diagnóstico funcional a partir de los valores discretos recogidos durante la experimentación, reside en la existencia, en mayor o menor medida, de solapamientos en los valores que en la práctica, pertenecen a clases o categorías diferentes. Esta superposición tiene su origen en varios motivos; entre ellos destacan los propios factores intrínsecos del fenómeno analizado, los errores de medición o la insuficiente significación de los parámetros seleccionados para proporcionar el diagnóstico.

Por tanto, el objetivo de los métodos de tratamiento de variables que sirvan de referencia para la elaboración de un diagnóstico funcional deben, por un lado, reducir el error de clasificación tomando parámetros con potencial discriminante adecuado que

expliquen lo mejor posible la variabilidad observada de las muestras y por otro, minimizar los errores causados por el propio proceso de medida.

La valoración resultante del análisis ha de venir definida necesariamente por un modelo que represente de forma adecuada la realidad de la actividad objeto de estudio. Dicho modelo, será desarrollado a partir de la experiencia acumulada en la fase de experimentación, identificando las características de las poblaciones analizadas. Por tanto, si los modelos desarrollados no son lo suficientemente precisos, los análisis posteriores basados en ellos no serán adecuados.

Problemas de clasificación y valoración similares a este son ampliamente recurrentes en el mundo de la ingeniería y la investigación. La característica común a todos ellos es que se han abordado desde un planteamiento plenamente estadístico ya que, de manera explícita, representa un importante problema matemático. No obstante, es necesario recordar que el principal objetivo de esta investigación es conseguir la utilización de las metodologías desarrolladas (procedimientos y resultados) por personal clínico en un contexto real. Este hecho, hace necesario que no se pueda dejar únicamente en manos de la estadística la selección de las variables más discriminantes o que mejor clasifican las poblaciones. Sin duda, hay que contemplar la dimensión clínica del problema y así, las variables deben poseer en sí mismas, un **significado médico** que guarden relación con el cuadro clínico referido por el paciente. De lo contrario, se puede caer en el error de seleccionar variables biomecánicas difícilmente interpretables por el profesional sanitario o que costosamente puedan concordar con aquello que el médico observa durante la evaluación del paciente. Por tanto, será imprescindible alcanzar un consenso entre aquellos aspectos puramente estadísticos y los relacionados con la dimensión clínica del problema analizado.

Cronológicamente, la selección de las variables de estudio en cada uno de los métodos de valoración definidos, ha contado con una etapa previa de discusión y debate entre equipos multidisciplinares formados por perfiles mixtos de las ramas sanitarias y técnicas. De esta manera, se garantiza en todo momento, que la parametrización de las señales cinéticas y cinemáticas registradas en el laboratorio, presenten tanto un significado clínico como el potencial estadístico suficiente para discriminar entre las clases estudiadas. Por lo general, estas variables se corresponden con mínimos, máximos, pendientes, intervalos, instantes de tiempo, integrales o cualquier otra característica de interés de las señales registradas.

Desde un punto de vista de matemático, el problema de selección de variables se formula a partir del vector de respuestas medidas del sujeto tras su muestreo $x(k)$. A partir de él, se genera un nuevo patrón de características del sujeto x' . Estos patrones, son normalizados para poder realizar comparaciones intra e intersujetos, generalmente por el peso, la altura u otras dimensiones antropométricas del individuo evaluado. También se realizan transformaciones matemáticas del vector de parámetros de cara a facilitar la posterior interpretación de datos.

Finalizada la etapa de definición y parametrización de las variables que a priori, mejor explican el comportamiento funcional del sujeto evaluado, llega el momento de “resumir” la información y sintetizarla en un formato comprensible y aplicable en un entorno clínico. Para ello, han sido varias las estrategias seguidas y las técnicas utilizadas para resolver el problema. Conviene destacar que no en todos los

procedimientos definidos se aplican las mismas técnicas, ya que por la propia naturaleza del problema estudiado y las características de las variables analizadas, no existen fórmulas universales que puedan ser aplicadas en todas las condiciones. Así pues, se requiere un análisis pormenorizado en cada situación que optimice tanto las restricciones clínicas como técnicas. La solución por tanto, dependerá del problema, de la precisión necesaria, de las muestras disponibles y del coste tolerado para mejorar las ecuaciones de clasificación.

2.1.6.1. MODELOS ESTADÍSTICOS. CONSIDERACIONES PREVIAS

La introducción de los modelos matemáticos de análisis estadístico en las decisiones que se realizan en el entorno clínico ha sido motivada fundamentalmente, por la necesidad de disponer de herramientas de análisis de datos y de creación de patrones de normalidad y de patología que categoricen los fenómenos estudiados. De esta manera se persigue asistir objetivamente a las decisiones clínicas disminuyendo el error en éstas y facilitar además la detección de patologías simuladas o exageradas.

Inicialmente se utilizaron herramientas estadísticas paramétricas aplicadas al establecimiento de patrones y al diagnóstico: análisis de la varianza y análisis discriminante. Su principal limitación en este campo reside en los requisitos previos que deben satisfacer los datos registrados (distribución normal, igualdad de varianzas), hechos que no siempre se pueden garantizar.

Como alternativa se utilizaron los métodos no paramétricos, también llamados métodos robustos, por su gran sensibilidad a los datos anómalos (outliers). En los estudios realizados con los sujetos valorados resulta habitual enfrentarse a una gran variabilidad estadística inter-sujetos (también intra-sujeto, si bien en menor medida). Esta gran variabilidad provoca la aparición de datos extremos que influyen en las estimaciones estadísticas.

La principal consecuencia de la existencia de datos anómalos, entendidos estos como datos alejados del grupo principal de observación, es la decisión de su rechazo o eliminación de la muestra, como paso previo a la realización de inferencias. La eliminación de los outliers puede resultar una opción, sin embargo no siempre los datos anómalos son datos erróneos, sino que en ocasiones, resultan ser la indicación de algo inesperado que puede resultar de interés su estudio.

Así pues, las razones que impulsaron durante la presente tesis al empleo de métodos robustos o no paramétricos fueron:

- La necesidad de no asumir una forma de distribución poblacional concreta. Dicha función se extrae de la propia muestra.
- El requerimiento de evitar que los datos anómalos no perturben el tratamiento de datos afectando sobre las poblaciones de variables estudiadas.
- Evitar el rechazo de datos extremos. Estas técnicas de estimación de muestras tiene la ventaja de poder determinar los parámetros estadísticos de localización (habitualmente la media) y de escala (generalmente la desviación típica) insensibles a la presencia de datos anómalos.

Los estimadores robustos utilizados fueron la media alfa-Winsorizada (media que sustituye un porcentaje alfa de datos extremos), el estimador de Huber (estimador robusto de la media poblacional) y la varianza alfa-Winsorizada muestral (varianza de la media alfa-Winsorizada muestral).

A partir de estos estimadores estadísticos y mediante la utilización de técnicas de análisis de la varianza robusta y de análisis factorial de componentes, fue posible realizar el tratamiento de los datos experimentales y determinar cuáles eran los parámetros más significativos y que mejor caracterizaban el diagnóstico funcional de un paciente. Estos parámetros significativos fueron validados por un equipo clínico experto con el propósito de asegurar su correlación con las evidencias clínicas que explicasen el cuadro del paciente.

Con estos parámetros significativos y con la construcción de intervalos robustos de confianza, se puede calcular de modo fiable los patrones de normalidad, patología y simulación de cada variable estudiada y categorizar el estado funcional de los pacientes evaluados en función de su edad, sexo, peso, estatura o cualquier otra dimensión antropométrica significativa.

2.1.6.2. CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA

Para categorizar a los sujetos de un modo matemático y fiable en grupos de normalidad, patología o simulación, se usaron técnicas de clasificación. Estas técnicas tienen el objetivo de dividir un conjunto de datos en varios grupos, de forma que la similitud entre los elementos dentro de un grupo es mayor que con los de los otros grupos.

En particular, la técnica de clasificación que mejores resultados ha proporcionado en la mayoría de los procedimientos de valoración funcional ha sido la regresión logística. Este modelo clasificador de grupos describe la relación entre las variables independientes (X) y la dependiente (Y) mediante una función matemática.

La variable dependiente (Y) se corresponde con la respuesta, resultado o criterio del estudio, y las variables independientes (X) son variables predictoras.

En la regresión logística se utiliza la variable respuesta Y de tipo dicotómico o binario, es decir, una variable que puede tomar únicamente dos valores: Patológico (Y=1) y no patológico (Y=0), considerando estos últimos como sanos.

Es necesario observar que predecir la normalidad de un individuo valorado equivale a utilizar el modelo estadístico para clasificar a los sujetos en dos grupos, sanos cuando la variable dependiente Y toma el valor 0 y no sanos o patológicos, si la variable dependiente Y toma el valor 1, a partir de los valores de las variables independiente predictoras que han resultado más significativas en los análisis previos (X_k). Del mismo modo, predecir el grado de colaboración del sujeto (simulador o no) supone utilizar un modelo estadístico análogo para clasificar a los sujetos entre colaboradores, cuando la variable dependiente Y toma el valor 1, y no colaboradores o simuladores, si toma el valor 0.

La relación matemática en este tipo de modelo que relaciona la variable respuesta Y con las regresoras X_1, \dots, X_k (variables independientes o covariables) es:

$$\text{Log} \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$$

Las variables X_j pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo. El valor p representa la probabilidad de que Y tome el valor de 1 (patológico o no colaborador) y $1-p$ la probabilidad de que tome el valor 0 (normal o colaborador).

La finalidad del modelo de regresión logística utilizado en este tipo de análisis es estimar los coeficientes β_j de la ecuación y contrastar qué covariables o variables independientes, de entre las k , son más significativas a la hora de explicar la variable dicotómica. Con la determinación de los coeficientes se determina el modelo a emplear.

Considerado así el modelo, se puede afirmar que bajo estas condiciones el modelo estadístico de regresión logística se comporta como una prueba diagnóstica, y como tal, la clasificación producirá falsos positivos y falsos negativos, por lo que resulta imprescindible aplicar el estudio de sensibilidad y especificidad a las pruebas de valoración para evaluar la validez del modelo.

2.1.6.3. ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD, ESPECIFICIDAD

Para conseguir que los procedimientos de valoración propuestos sean considerados objetivos y útiles para su uso en el ámbito médico es necesario demostrar su **validez clínica y fiabilidad** (Badía, 1999).

El concepto de fiabilidad se refiere al error de medida que puede ir asociado a un sistema de medida por el cambio de observador o de observación.

La validez clínica por su parte, se refiere al grado de precisión con el cual una prueba predice una afección clínica, para ello se suele comparar los resultados obtenidos en el test con un "gold standard", cuya validez ya ha sido demostrada.

El criterio de validez clínica también considera si una prueba mide lo que se supone debe medir, para ello en su estudio se suele añadir el cálculo de la sensibilidad y especificidad de la prueba (De la Cámara, 2004).

Se entiende por **sensibilidad** el porcentaje de verdades positivas o la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en una prueba diagnóstica un resultado positivo. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad de la prueba para detectar la enfermedad.

La **especificidad** en epidemiología, es la probabilidad de definir de forma correcta a un individuo sano, es decir, la probabilidad de que un sujeto verdaderamente sano obtenga un resultado negativo en una prueba complementaria. Otra forma de definir la especificidad es la capacidad para detectar a los individuos sanos.

Los conceptos de sensibilidad y especificidad permiten, por lo tanto, valorar la validez de una prueba diagnóstica. Tanto la sensibilidad como la especificidad proporcionan información acerca de la probabilidad de obtener un resultado concreto (positivo o negativo) en función de la verdadera condición del enfermo con respecto a la enfermedad. Sin embargo, cuando a un paciente se le realiza alguna prueba, el médico

carece de información a priori acerca de su verdadero diagnóstico, y más bien la pregunta se plantea en sentido contrario: ante un resultado positivo (negativo) en la prueba, ¿cuál es la probabilidad de que el paciente esté realmente enfermo (sano)? Así pues, faltaría explicar los conceptos de los valores predictivos para completar esta información.

Se entiende por **valor predictivo positivo** a la probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado positivo en el test. El valor predictivo positivo puede estimarse, por tanto, a partir de la proporción de individuos con un resultado positivo en la prueba que finalmente resultaron estar enfermos.

El **valor predictivo negativo** es la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano. Se estima dividiendo el número de verdaderos negativos entre el total de pacientes con un resultado negativo en la prueba.

La Tabla 8, denominada “cuatro x cuatro de clasificación epidemiológica” muestra los porcentajes de clasificación de cada uno de los grupos que intenta pronosticar el sistema de medida.

Grupo de estudio	Grupo de pertenencia pronosticado		Nº Total Individuos
	Grupo de Control	Grupo de Patología	
Grupo de Control	N1	P2	T1
Grupo de Patología	N2	P1	T2

Tabla 8. Cuadro cuatro x cuatro de clasificación epidemiológica

La casilla N1 muestra el número de individuos del grupo de control clasificados como negativos.

La casilla N2 muestra el número de individuos pertenecientes al grupo de patología que son clasificados como sanos (negativos), es decir es el número de falsos negativos.

La casilla P2 muestra el porcentaje de individuos pertenecientes al grupo de Control que son clasificados como pertenecientes al grupo de patología, es decir es la casilla que indica el porcentaje de falsos positivos.

La casilla P1 muestra el porcentaje de verdaderos positivos, es decir el porcentaje de individuos patológicos que son clasificados como tales (positivos) por el sistema de medida. Esta casilla indica la sensibilidad de la prueba.

A partir de una tabla de cuatro por cuatro, la especificidad se calcularía como:

$$\text{Especificidad} = \frac{N1}{N1 + P2} = \frac{N1}{T1}$$

La sensibilidad se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{P1}{N2 + P1} = \frac{P1}{T2}$$

El valor predictivo positivo se puede obtener a partir de:

$$\text{Valor Predictivo Positivo} = \frac{P1}{P1 + P2}$$

El valor predictivo negativo se calcularía con la siguiente expresión:

$$\text{Valor Predictivo Negativo} = \frac{N1}{N1 + N2}$$

En el diagnóstico de la simulación el estudio de la sensibilidad y especificidad sería equivalente, con la salvedad que las poblaciones enfrentadas son la de patología y la de simulación o exageración.

La validación de los métodos clasificadores definidos ha sido realizada siguiendo el mismo procedimiento en todos los casos; las metodologías son puestas a prueba con una muestra de sujetos control, otra de sujetos con patología, correctamente diagnosticados y filiados, y otra de sujetos a los que se les solicita que simulen la sintomatología. Este último grupo se compone de voluntarios de dos naturalezas: personas que padeciendo una limitación funcional se les solicita que magnifiquen sus síntomas y personas que restablecidas de una lesión anterior, se les pide que realicen las pruebas como cuando presentaban dichos síntomas. Mediante comparación, se calcula el número de aciertos de los modelos desarrollados y la correlación existente con procedimientos clínicos ya validados de clasificación (Sánchez-Zuriaga *et al.*, 2011).

2.1.6.4. DEFINICIÓN DEL ÍNDICE DE VALORACIÓN FUNCIONAL

Como fue comentado en párrafos anteriores, el problema del diagnóstico funcional, además de la clasificación, requiere la determinación del grado de disfunción de un individuo al realizar la actividad estudiada.

Para ello, resulta imprescindible realizar una comparación entre los patrones característicos del sujeto y los valores patrón o de referencia. Dichos parámetros, propios de cada procedimiento de valoración e identificados como los más significativos a la hora de clasificar entre poblaciones, son normalizados mediante un porcentaje, es decir, la comparación no se realiza en base a su valor absoluto sino a un valor proporcional a su cercanía a la normalidad.

Este porcentaje se calcula a partir de la distribución poblacional de cada parámetro para el grupo de normalidad y de patología. Al partir de parámetros estadísticamente significativos, será escasa o nula la superposición de ambas poblaciones.

El valor de 100% de normalidad de una variable determinada vendrá definido por aquel valor que recoja el 100% de los valores de la distribución poblacional del grupo control o a partir de aquel que represente la intersección de las curvas de población normal y patológica. La degradación de este porcentaje se realiza linealmente a medida que el valor de la variable estudiada se acerca al grupo de patología.

En la Figura 47 se esquematiza de manera intuitiva la estrategia seguida para la valoración de cada variable de interés.

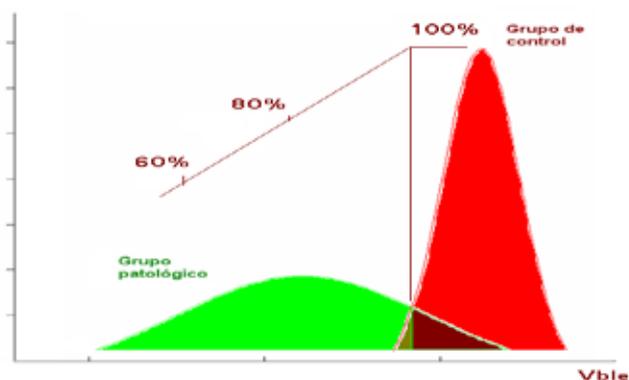


Figura 47. Valoración de variables

Repetido el proceso para las n variables seleccionadas como las más apropiadas para clasificar entre sanos y patológicos, se realiza un promediado de sus respectivas valoraciones con el objetivo de obtener un **porcentaje de normalidad global del individuo** en relación con la función estudiada.

En algunos procedimientos de valoración, este promediado se encuentra ponderado en función del grado de significación estadística de cada variable y/o por el peso específico proporcionado por el equipo clínico experto. Esta última estrategia es utilizada para mejorar la correlación entre la clínica del paciente (lo que el médico evaluador observa) y los resultados de la valoración biomecánica.

En definitiva la ecuación que define el grado de normalidad global viene representada por:

$$\text{índice}_{normalidad} = \frac{\sum_{i=1}^n c_n \cdot \dot{x}_n}{n}$$

Siendo:

\dot{x}_n El porcentaje de normalidad para la variable x

c_n El coeficiente de ponderación para cada índice de normalidad de la variable x

n El número de variables estadísticamente significativas que mejor explican el comportamiento funcional entre las poblaciones sana y patológica.

La cuantificación del grado de colaboración se realiza siguiendo el mismo procedimiento, con la salvedad que en esta ocasión, las poblaciones enfrentadas son la de patología y la de simulación o exageración.

En la Figura 48, y a modo de resumen, se esquematiza la idea general del proceso seguido para la obtención de los índices de normalidad y colaboración.

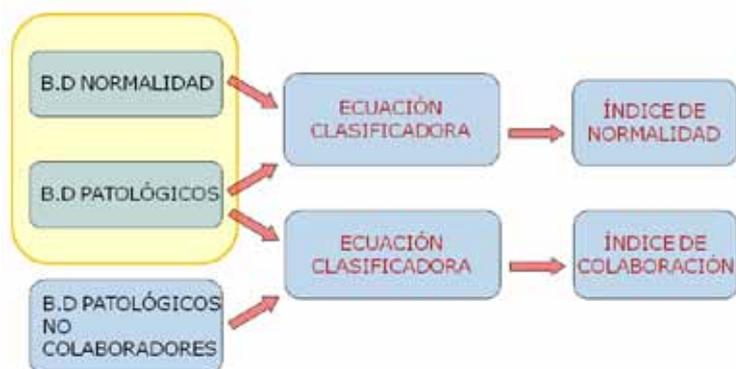


Figura 48. Esquema del proceso de obtención de los índices de la valoración

Se puede destacar que los métodos de tratamiento numérico planteados en este proyecto de tesis, centrados en la resolución de los problemas de clasificación estadística y de emisión de un índice de valoración, permitieron demostrar la posibilidad de emitir, a partir de los parámetros registrados en las evaluaciones biomecánicas, un diagnóstico de la función válido y robusto que resumiera la capacidad funcional global de un individuo, utilizando para ello un mínimo de instrumentación (sistema de fotogrametría y plataformas dinamométricas).

2.2. MODELO DE TRANSFERENCIA DE LAS APLICACIONES DE VALORACIÓN FUNCIONAL

Una vez concluida la fase de definición de las metodologías de caracterización funcional, se plantearon las actividades relacionadas con el estudio de su aplicabilidad e implantación en el contexto de la medicina laboral. En este apartado se analiza exhaustivamente los procesos y métodos que se han seguido para transformar los conocimientos generados en la etapa anterior, en soluciones tangibles para el profesional sanitario involucrado en los procesos de valoración.

Para ello, resulta imprescindible definir de manera pormenorizada, la forma en la que deben presentarse las metodologías desarrolladas, así como los elementos, componentes y recursos técnicos, materiales y humanos involucrados en la organización y explotación de las mismas. De igual modo, se requerirá realizar un análisis detallado de las condiciones de contorno de los ámbitos a los que se dirigen, definiendo los mejores modelos estructurales de implantación, capacitación y mantenimiento de las soluciones propuestas.

Desde un punto de vista práctico, la forma seleccionada para llevar a cabo este análisis recorre, cronológicamente, las siguientes etapas:

1. Creación de una planta piloto de valoración del daño corporal.
2. Inicio de la actividad de prestación singular de servicios por medio de expertos valoradores.
3. Definición del concepto aplicación. Modelo de desarrollo, evolución y mantenimiento.
4. Proceso de implantación entre los agentes clave del sector: las MATEPSS.
5. Puesta en marcha de los espacios de comunicación y relación con la comunidad de usuarios.
6. Análisis de los modelos de implantación y explotación de resultados alcanzados por la comunidad de usuarios.

2.2.1. CREACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO DE VALORACIÓN DEL DAÑO CORPORAL. MEDIOS TÉCNICOS Y HUMANOS REQUERIDOS

En esta etapa del proyecto de tesis se persiguió dar una orientación más aplicada a los desarrollos metodológicos planteados en el capítulo anterior. Para ello, se decidió crear una planta piloto donde “consolidar” el conocimiento desarrollado dentro de un contexto clínico de utilización.

El primer paso para llevarlo a cabo, fue la creación de un laboratorio de valoración biomecánica, independientemente del utilizado durante la fase de investigación básica. En esta ocasión, la instrumentación y la infraestructura necesaria para realizar las valoraciones funcionales debían contemplar la realidad clínica y las condiciones necesarias para llevar a cabo la prestación singular de servicios de valoración de trabajadores lesionados en situación de IT. Para ello, se estableció un marco de colaboración con las principales mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades

profesionales de la Seguridad Social con sede en la Comunidad Valenciana, a fin de garantizar un flujo constante de pacientes derivados para su valoración.

Este nuevo laboratorio fue constituido por un conjunto de herramientas software e instrumentales específicamente adaptadas para asistir a los especialistas en el proceso de evaluación de la capacidad funcional de un individuo y que siguieran los procedimientos de valoración descritos hasta el momento.

El proceso de creación de la planta piloto se dividió en dos subfases:

- Acondicionamiento técnico de la sede de valoración.
- Definición de los medios humanos requeridos para la prestación de servicios.

2.2.1.1. REQUERIMIENTOS DE LA SALA DE VALORACIÓN

Las metodologías definidas en el capítulo anterior requieren de un dimensionado adecuado para poder llevar a cabo las pruebas de valoración de las lumbalgias, cervicalgias, omalgias, bipedestación y marcha. De todas ellas, la prueba de marcha es la que mayores restricciones de espacio requiere, ya que para realizar un análisis de marcha adecuado se requiere al menos la posibilidad de ejecutar dos pasos completos en régimen estacionario (Breniere, 1986).

Este hecho, obligó a definir una zona del pasillo de marcha de dimensiones mínimas de 6'00 m de longitud por 4'30 m de anchura. Esta zona debe ser diáfana, sin pilares ni obstáculos. Por otro lado, a esta superficie hay que añadir el espacio necesario para los puestos de trabajo del operador, así como para el mobiliario necesario para el almacenamiento de los accesorios y el material fungible de valoración.

Finalmente, es imprescindible habilitar una zona de vestuario para que los pacientes valorados puedan vestirse con la ropa requerida para la valoración.

Para la ubicación del equipo de fotogrametría se siguen criterios de mínima ocultación de marcadores, es decir, en todo momento la distribución de las cámaras debe permitir la realización de todas las pruebas maximizando la eficacia de los algoritmos de medición para la caracterización funcional de los gestos seleccionados. En base a este hecho, la altura mínima de la sala se estima en 2'60 m.

El sistema de análisis de movimientos requiere que la sala pueda oscurecerse completamente. Por este motivo deben instalarse sistemas de cortinas y persianas, completamente opacos, en los ventanales para evitar la entrada de luz del exterior que pudiera dificultar el correcto funcionamiento del equipo.

Por estos motivos, la iluminación de la sala debe poder controlarse independientemente del resto de la planta donde está ubicada la sala de valoración. En este sentido hay que tener en cuenta que, mientras se utiliza el sistema de análisis de movimiento con las cámaras, el resto de valoraciones no pueden llevarse a cabo.

En la concepción de la unidad piloto de valoración se debe prestar especial atención en evitar la presencia de elementos brillantes (herrajes de puertas, ventanas brillantes, pavimentos brillantes, cuadros con marcos con brillo, mecanismos eléctricos con cromados, mobiliario con elementos niquelados o cromados) que supongan un problema

durante la filmación del movimiento. Esta misma razón, es la que determina a utilizar pinturas y recubrimientos mates en el acabado de las paredes y techos.

La zona de control del operador debe contar con iluminación suficiente, incluso cuando se apagara la luz general de la sala, para lo cual se prevé un punto de luminoso con intensidad regulable.

La canalización de superficie para las señales de video, debe permitir el paso holgado de al menos 5 cables coaxiales RG59. Esta canalización va desde las proximidades de las cámaras hasta las proximidades del puesto.

Para la alimentación del puesto de control, se prevé una doble base de enchufe schuko con toma de tierra.

La instalación de plataformas de fuerzas se recomienda bajo suelo técnico para garantizar la integración de la instrumentación en el entorno de trabajo y evitar la presencia de escalones o rampas. Para ello se puede utilizar tarima o suelo técnico de 100 mm de altura el cual disponga interiormente de las canalizaciones necesarias para los cables que unen las plataformas con el PC, así como de las canalizaciones y los registros necesarios para la conexión de fotocélulas.

La tarima debe presentar una resistencia suficiente para soportar las fuerzas que los pacientes ejercen al caminar sobre la misma, sin que se generen vibraciones ni se aprecien deformaciones que pudieran resultar molestas para el paciente o alterar el resultado del ensayo o los patrones del individuo que realiza el gesto. La fijación de la plataforma al suelo se lleva a cabo a través de tornillos.

Sobre la vertical de las plataformas se instala un punto de anclaje al techo mediante un arnés para garantizar la seguridad del sujeto en las pruebas de valoración del equilibrio. Este sistema de fijación debe ser capaz de soportar el peso de una persona más las fuerzas de inercia provocadas por una eventual caída.

A ese anclaje se sujeta un cable o cincha terminado en una anilla. Tanto el cable como la anilla son capaces de soportar las mismas cargas que el punto de anclaje.

En la Figura 49 se muestra la layout de la planta piloto del laboratorio de valoración funcional.

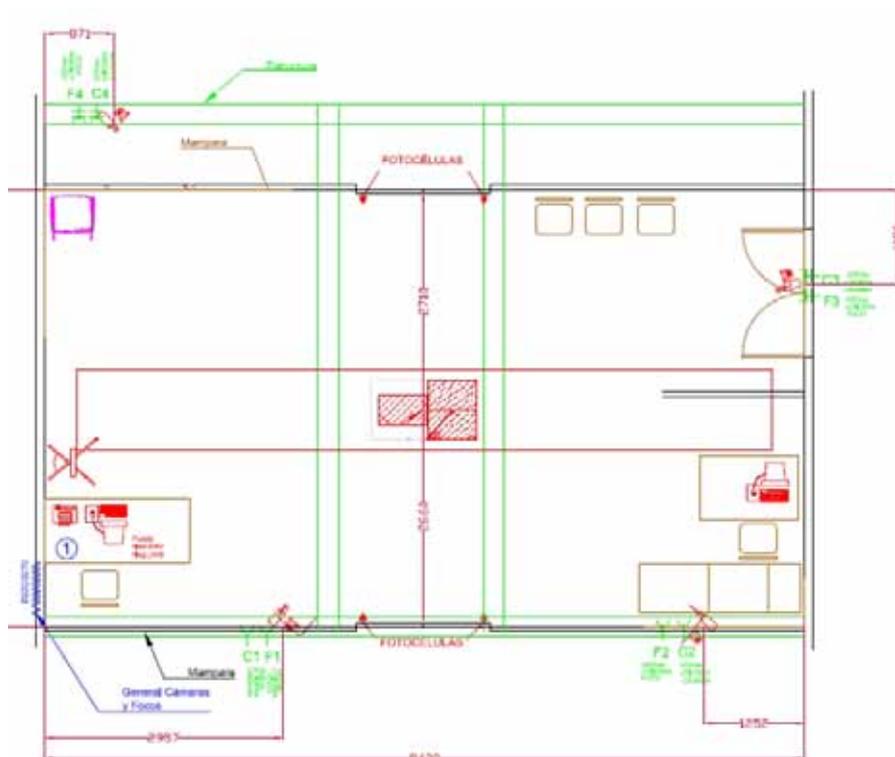


Figura 49. Distribución en planta de la sala de valoración

2.2.1.2. MEDIOS HUMANOS REQUERIDOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS VALORACIÓN

Para la selección de los perfiles de los recursos humanos responsables del correcto funcionamiento de la unidad piloto de valoración, el primer requisito fue definir el alcance de su actividad y los resultados que de ella se esperaban. En este sentido, el objetivo primordial de la unidad es la emisión de informes médicos de valoración dirigidos al ámbito de la medicina laboral y la valoración del daño corporal, basados en el análisis de las funciones definidas en el capítulo anterior y de esta manera, comprobar su utilidad y valor respecto a los procedimientos convencionales.

Las valoraciones propuestas están encaminadas a:

- Ayudar al clínico a conocer la limitación funcional que las enfermedades del sistema músculo-esquelético provocan.
- Valorar funcionalmente el daño corporal.
- Realizar peritajes médico-legales.
- Planificar tratamientos.

- Controlar la evolución o el progreso del paciente.
- Valorar las posibilidades de rehabilitación de un trabajador lesionado.
- Ayudar en la toma de decisiones sobre la continuación, modificación o finalización de un tratamiento.
- Determinar y medir una capacidad residual tras el proceso de IT y establecer propuesta de incapacidad.
- Aportar documentación objetiva sobre la lesión.

Bajo este planteamiento, se determinó que la unidad debía incluir, al menos, dos profesionales de perfil sanitario; un médico especialista en medicina física y rehabilitación a tiempo completo, junto con un técnico especialista en fisioterapia. La elección de estos perfiles respondió a la formación generalista de estos profesionales en relación a la medicina física y la valoración del daño corporal.

La misión principal del médico rehabilitador sería la de responsabilizarse de la evaluación clínica del paciente y la emisión de los informes médicos a partir del procesamiento de las pruebas biomecánicas. El técnico en fisioterapia sería el responsable de la realización material de las pruebas de valoración y del tratamiento de la información del análisis biomecánico.

Adicionalmente a estos dos perfiles, se recomienda dotar a la unidad de un especialista en instrumentación biomecánica y tratamiento de datos para garantizar el correcto mantenimiento y funcionamiento de los dispositivos electrónicos de registro del laboratorio.

2.2.2. EL VALORADOR EXPERTO. LA PRESTACIÓN SINGULAR DE SERVICIOS

El propósito general de la prestación de los servicios de valoración en la planta piloto perseguía la consolidación de los conocimientos generados en la fase de investigación previa en un contexto real de utilización. De esta forma, se pretendía propiciar el máximo aprovechamiento de estos conocimientos a través del desarrollo de procesos ágiles, eficientes y cercanos al mundo de la peritación médica de las contingencias laborales.

Por este motivo, fue imprescindible diseñar una oferta de servicios de Valoración del Daño Corporal que fue materializada a través de un catálogo de pruebas que contemplaba tanto su descripción técnica como la indicación clínica de cada una. El contenido de dicho catálogo puede ser consultado en el apartado Anexos.

A continuación se definió un plan de comunicación y difusión, científica y técnica, con el objetivo de dar a conocer entre los agentes del sector de las MATEPSS y los Centros de Valoración el contenido de dichos servicios.

En paralelo, se llevaron a cabo las diligencias y trámites administrativos pertinentes para la obtención de la acreditación de Centro Asistencial que otorga la Consejería de Sanidad de la Comunidad Valenciana, y que proporciona el derecho de inicio de la actividad de prestación de servicios. Esta acreditación, obtenida tras un periodo de auditoría e inspección por parte de funcionarios públicos especialistas, contempló diferentes aspectos relacionados con los servicios sanitarios a prestar, condiciones de seguridad, tanto para los profesionales responsables de prestar el servicio como para los futuros pacientes usuarios, así como el cumplimiento de la legislación aplicable con especial hincapié en las restricciones impuestas por la actual Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD 15/1999 de 13 de diciembre). Este hecho, obligó a definir procedimientos internos de seguridad de acceso a datos, así como protocolos específicos de intercambio de información clínica entre los peticionarios y los médicos responsables de la ejecución del servicio.

2.2.3. CONCEPTO DE APLICACIÓN TECNOLÓGICA. MODELO DE DESARROLLO, EVOLUCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS APLICACIONES

El principal objetivo de este proyecto reside en la definición de soluciones tecnológicas intensivas en conocimiento, capaces de ser transferidas a los profesionales de la valoración médica del ámbito laboral. Este propósito exige el desarrollo de aplicaciones tecnológicas que recojan los protocolos y metodologías de trabajo empleadas en la planta piloto de valoración, junto con los algoritmos de cálculo responsables de la obtención de las variables más representativas para la valoración de cada actividad, así como los índices de normalidad y colaboración obtenidos en la prueba. Adicionalmente, deben incorporar modelos de informe, a partir de los realizados en la unidad de valoración, que sinteticen la información relevante de cada una de las pruebas funcionales.

Este es precisamente el concepto de Aplicación Tecnológica del IBV, que podríamos resumir como el “empaquetado” de conocimiento que hace posible que terceras entidades puedan prestar servicios que fueron concebidos en el IBV y , además, lo hacen siguiendo exactamente los protocolos con los que fueron desarrollados.

En la Figura 50 se presenta el modelo de promoción del conocimiento del IBV y se puede observar cómo los servicios tecnológicos son los precursores necesarios de las aplicaciones. Además, este proceso debe considerarse continuo, cualquier evolución de una aplicación tecnológica provendrá de esa planta piloto que constituye la prestación de servicios, entendiéndose a los propios usuarios de las aplicaciones como extensiones de la planta piloto



Figura 50. Modelo de promoción del conocimiento del Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)

Pero las aplicaciones tecnológicas necesitan ser producidas en sus componentes hardware, software y accesorios. Para ello, el IBV dispone de una red de proveedores de diferentes campos tecnológicos, reservándose las etapas de calibración y ajuste final.

En el caso de las aplicaciones dirigidas al mundo sanitario, el IBV dispone de licencia de fabricante de producto sanitario y sistemas de calidad para asegurar la trazabilidad de componentes y la precisión y fiabilidad de las medidas. Estos sistemas de calidad exigen que cualquier modificación o mejora de una aplicación pase todos los filtros que permiten asegurar su funcionamiento y perfecto registro, pero que condicionan notablemente el modelo de evolución y mantenimiento.

2.2.4. PROCESO DE IMPLANTACIÓN ENTRE LOS AGENTES CLAVE DEL SECTOR: LAS MATEPSS

El proceso de implantación se inicia con la definición estratégica de la acción comercial, la cual tiene como objetivo fundamental el desarrollo de las acciones de marketing encaminadas a la transmisión, entre los agentes clave del sector, de los resultados y valor diferencial de las soluciones tecnológicas desarrolladas.

La actividad desplegada en esta línea debe permitir la captación continuada de necesidades y consolidación de soluciones en las aplicaciones de valoración en el contexto de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social y los Gabinetes de Valoración, planteando **estrategias de fidelización** encaminadas a favorecer las relaciones estables y a crear una masa crítica de usuarios comprometidos y activos.

Asimismo, para garantizar el éxito del impacto del conocimiento generado a nivel socioeconómico, resulta imprescindible desplegar estrategias de posicionamiento en nuevos agentes de mercado en los que explotar las potencialidades de las soluciones propuestas.

Esta labor, de marcado acento comercial, requiere ser complementada con una importante actividad de **información, comunicación y difusión científico-técnica** entre diversos agentes sanitarios. Esta labor presenta una especial importancia por el contexto al que se dirige, en el cual, la validez y fiabilidad de las soluciones propuestas debe estar respaldada por publicaciones y artículos científicos.

Tras esta fase de difusión y marketing, debe comenzar una segunda familia de procesos responsables de materializar el proyecto de transferencia. El primer paso en esta familia de procesos lo constituye el diseño del **proyecto de instalación**. En él se deben considerar las necesidades del cliente junto con las condiciones de contorno que condicionan la implantación física de las aplicaciones. Para ello, se ha de definir un proceso de llave en mano donde se trasladen los requerimientos necesarios de puesta en marcha, obra civil, materiales, componentes e instrumentación.

En paralelo a esta actividad, la fabricación y ensamblado de los instrumentos que componen las aplicaciones a transferir debe llevarse a cabo por una unidad específica, responsable, a través de un técnico garante, de certificar el funcionamiento y calidad de las mismas y el cumplimiento de las acreditaciones necesarias para su comercialización dentro del ámbito sanitario.

El proyecto técnico de instalación debe ser sucedido por el de ejecución. Para ello, resulta imprescindible crear la infraestructura necesaria para disponer de un servicio de **asistencia técnica (SAT)** formado por especialistas en la instalación y verificación de los instrumentos de medición en los que se sustenta las soluciones propuestas.

Al margen de las labores de instalación propiamente dichas, el SAT debe responsabilizarse de realizar la verificación in situ de la instalación y de certificar el funcionamiento de las aplicaciones. Estos procesos se enmarcan dentro de un sistema de calidad interna en el que se garantizan el seguimiento de los procesos estándar donde se genera y etiqueta la documentación pertinente que acredita las actividades desplegadas.

Por otro lado, el SAT debe encargarse de mantener y asegurar el correcto funcionamiento del laboratorio durante los plazos pactados con el usuario. Para ello, debe llevar a cabo tanto de los correspondientes mantenimientos preventivos como correctivos que se estimen oportunos.

Finalizado el proceso de puesta en marcha, ha de comenzar uno de los procesos más importantes para garantizar la adecuada transferencia de las aplicaciones de valoración biomecánica al contexto real de la medicina del trabajo y la valoración del daño corporal. Este proceso es el de **capacitación y formación** de los profesionales sanitarios responsables del futuro laboratorio.

Los médicos valoradores, expertos en peritación clínica, adolecen por lo general, de una formación adecuada en biomecánica. Así por tanto, el éxito de la transferencia de las aplicaciones pasa necesariamente por conseguir transmitir los conceptos fundamentales que rodean las valoraciones biomecánicas según los procedimientos definidos, así como las herramientas para relacionar sus resultados con las variables, datos e informaciones con los que habitualmente trabajan estos profesionales durante los procesos de evaluación. Resulta por tanto imprescindible definir un programa formativo que garantice por un lado, cubrir los objetivos pedagógicos básicos para el correcto manejo, interpretación y obtención de resultados de las pruebas biomecánicas y por otro, definirlo en un marco factible en tiempo y forma, de manera que sea abordable por personal en activo y sin un alto grado de especialización en investigación biomecánica.

En base a estas premisas, se establece un programa formativo segmentado en varias etapas que a continuación se exponen:

1. **Formación técnica in situ en el manejo de equipos.** Este adiestramiento está pensado para tener lugar en la propia instalación de la entidad receptora. El contenido se circunscribe a aspectos puramente técnicos relacionados con el funcionamiento básico de las aplicaciones: encendido, apagado, procedimiento de registro y obtención de resultados.
2. **Fase de pruebas preliminares.** Una vez alcanzados los conocimientos elementales del manejo de los equipos de valoración, se establece un tiempo mínimo de dos semanas en los que los profesionales clínicos deben realizar al menos un simulacro completo de valoración de cada una de las aplicaciones que constituyen el laboratorio de valoración funcional. El propósito de esta fase es favorecer la familiarización de los profesionales con los instrumentos e identificar aquellos aspectos con los que de manera más habitual aparecen las mayores dificultades.
3. **Formación clínico-técnica en las instalaciones del IBV.** Tras este periodo de pruebas iniciales ha de tener lugar el grueso de la formación. Para ello, se requiere la definición de un programa formativo específico, de varios días de duración, constituido de varios cursos monográficos sobre los fundamentos técnicos, clínicos y prácticas de manejo de cada una de las aplicaciones de valoración funcional. El contenido del programa de formación ha de recoger las siguientes temáticas:

- Fundamentos Técnicos de la Valoración Funcional de cada una de las aplicaciones.
 - Fundamentos Clínicos de la Valoración Funcional de cada una de las aplicaciones.
 - Prácticas en laboratorio.
 - Sesiones de discusión de casos clínicos y definición de informes médicos.
 - Aplicación de las técnicas de valoración funcional en la rehabilitación de trastornos musculoesqueléticos.
 - Utilidad de las pruebas biomecánicas en el diagnóstico de la simulación.
4. **Asesoramiento técnico y clínico continuado.** Una vez finalizada la fase de formación anterior, resulta imprescindible crear un equipo mixto de técnicos y clínicos para asesorar de manera permanente a los usuarios de las aplicaciones durante los primeros compases de uso. Para ello, se establece la infraestructura necesaria para crear un centro de atención al cliente de manera que se estructure y organice las solicitudes de asesoramiento. La naturaleza de las consultas recogidas comprenderán cuestiones puramente técnicas y otras más relacionadas con la interpretación clínica de los resultados obtenidos en las valoraciones.
5. **Auditoría metodológica de uso.** Tras la etapa formativa y después de un periodo de uso de las aplicaciones de entre 10 y 12 meses, un clínico especialista en el manejo y uso de las aplicaciones biomecánicas debe desplazarse al laboratorio del cliente para realizar una revisión in situ de los procedimientos de trabajo seguidos. El objetivo de esta fase es identificar posibles errores de procedimiento, interpretación o uso posterior de la información proporcionada por las aplicaciones. Como resultado de esta auditoría metodológica ha de proponerse un plan de acción en el que se contemplen las acciones correctoras, en caso de ser necesarias, las cuales se circunscribirán a la preparación de cursos de reciclaje, la creación de grupos de trabajo o la realización de seminarios de mejora continua.

Todas estas actividades deban ser mantenidas en el tiempo mediante la creación de los llamados **servicios de soporte**, los cuales tendrán por objeto la consolidación de las relaciones entre los usuarios y el IBV. Estos servicios deben ser definidos con un marcado carácter práctico en relación a la búsqueda de la máxima explotación, clínica y económica, de las aplicaciones por parte de las entidades usuarias.

En la Figura 51 se representa el proceso de implantación definido.

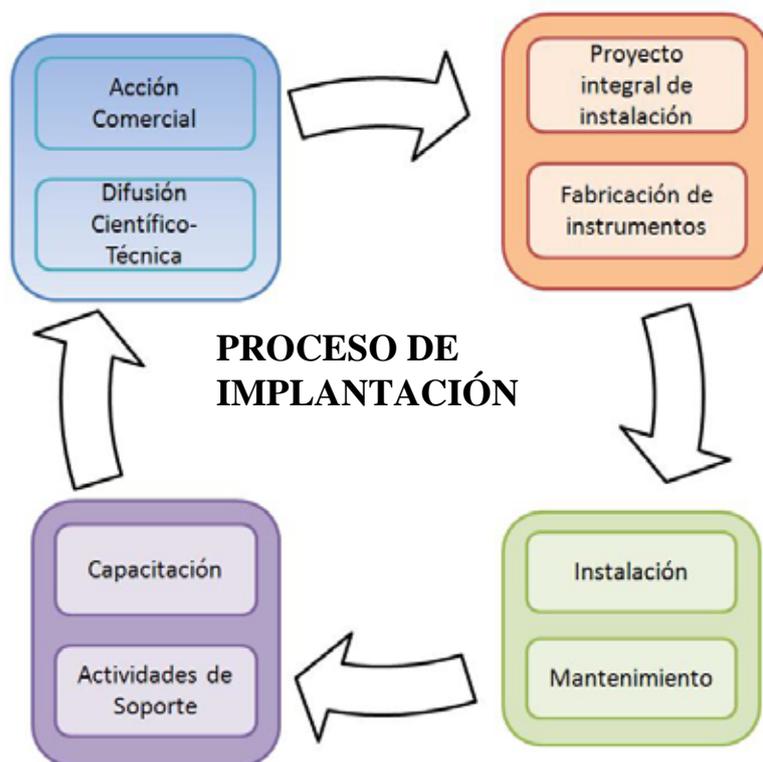


Figura 51. Representación del modelo de transferencia

2.2.5. PUESTA EN MARCHA DE LOS ESPACIOS DE COMUNICACIÓN Y RELACIÓN CON LA COMUNIDAD DE USUARIOS

El modelo de transferencia tecnológica planteado basa toda su estructura en el usuario final. La sostenibilidad y aplicabilidad de las soluciones científico-técnicas propuestas se supedita a que los profesionales de la valoración corporal obtengan de ellas el rédito clínico que les demandan. Por tanto, la relación entre los desarrolladores de las aplicaciones y los usuarios ha de guiar todo el proceso de transferencia e implantación práctica de los resultados propuestos.

Desde un punto de vista práctico, los modelos de comunicación planteados deben garantizar:

1. Favorecer el desarrollo y la difusión de conocimientos mediante la creación de los foros y sistemas para el intercambio de información y documentación.
2. El desarrollo por parte de los usuarios de los criterios de aplicación de las pruebas. Este punto es especialmente relevante para el ámbito clínico y las técnicas de valoración funcional, ya que requiere el intercambio continuo de resultados alcanzados en las valoraciones clínicas entre profesionales.
3. La difusión masiva de los resultados entre los profesionales del sector, favoreciendo el acceso a la formación, información y documentación existentes.
4. Priorizar el uso de un espacio de colaboración e intercambio de información con otros profesionales en el que plantear dudas, intercambiar impresiones y experiencias, e incluso plantear proyectos de investigación conjuntos sin que implique presencia física de los mismos.

Estas razones son las precursoras de la creación de las herramientas e infraestructuras necesarias para garantizar la comunicación entre el IBV y los usuarios potenciales de las aplicaciones de valoración biomecánica, así como entre los propios usuarios.

El modelo básico de comunicación propuesto se resume en la Figura 52:

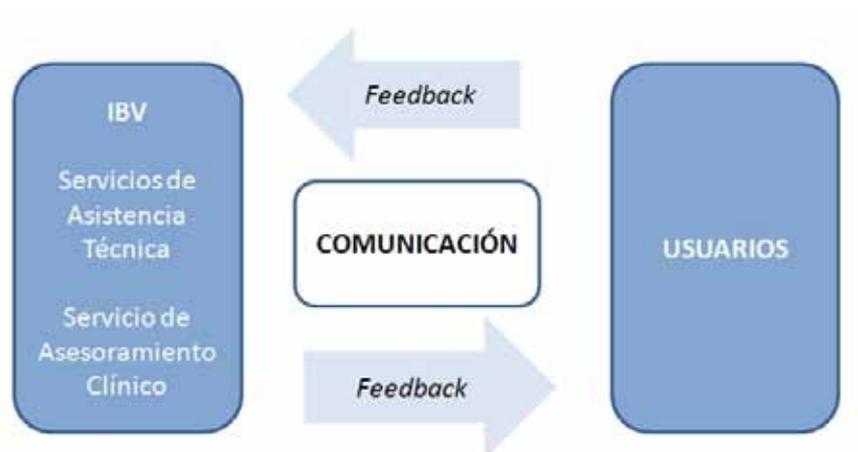


Figura 52. Modelo de comunicación con usuarios

Para garantizar el éxito del modelo, se deben establecer los procesos que faciliten a todos los integrantes de la comunidad de usuarios las mismas oportunidades de comunicación y acceso a la información relevante.

La definición del modelo de comunicación se fundamenta en la creación de tres infraestructuras estrechamente relacionadas:

- Centro de Atención al Usuario.
- Espacio Virtual de Colaboración (EVC).
- Jornadas de Usuarios de Técnicas de Valoración Biomecánica.

2.2.5.1. CENTRO DE ATENCIÓN AL USUARIO

La puesta en marcha de un Centro de Atención al Usuario ha de vertebrarse en dos estrategias claramente diferenciadas: crecimiento rentable y fidelización.

En este sentido, el Centro de Atención al Usuario se concibe de forma que se fomente el conocimiento del usuario a cerca de las potencialidades de las aplicaciones propuestas mediante rápida respuesta a sus necesidades, optimizando los servicios de transferencia de manera personalizada. Para ello, se requiere:

- Conocer las características y especificidades del cliente.
- Anticipar y adaptar los servicios a las necesidades de los clientes.
- Optimizar el proceso de comunicación y marketing.

Para optimizar estos procesos ha de desarrollarse un *contact center* como canal de comunicación integral y modelo de relación global. Este elemento persigue dinamizar la relación con los clientes y favorecer un aprendizaje continuo de la estructura

organizativa definida de las necesidades de los usuarios. Además, debe permitir la orientación más efectiva de las líneas de I+D para satisfacer adecuadamente el desarrollo y evolución tecnológica de las aplicaciones biomecánicas.

Así por tanto, se puede afirmar que la función esencial de este canal de comunicación es la retroalimentación en dos vertientes:

- Feedback del usuario: desde ellos debe dirigirse las actividades de I+D y de desarrollo de las aplicaciones.
- Feedback al usuario: desde los desarrolladores debe dirigirse la forma de uso de las soluciones tecnológicas.

2.2.5.2. ESPACIOS VIRTUALES DE COLABORACIÓN (EVC)

Los EVC no son más que redes privadas con información tematizada y particularizada para el perfil de profesionales a los que se dirigen las aplicaciones biomecánicas descritas. Los objetivos perseguidos con esta herramienta son por un lado, la creación de puentes de intercambio de información entre los usuarios y el IBV y, por otro, facilitar el intercambio de experiencias entre los integrantes de la comunidad de clientes (Vivas, 2006).

El diseño estructural, muy cercano al diseño convencional de páginas web, presenta ciertas peculiaridades que cabe reseñar. En primer lugar, el formato seleccionado se basa en una miniweb que sirve para el acceso y el intercambio de información. Para el acceso al EVC se prevé la utilización de dos perfiles:

- Usuario, correspondiente al perfil de acceso que utilizarán los profesionales valoradores usuarios de las aplicaciones.
- Administrador, correspondiente al tipo de acceso de las personas encargadas de la gestión del EVC.

En los contenidos estructurales definidos se identifica:

- Un foro de debate, el cual se corresponde con un espacio dedicado al intercambio de impresiones y opiniones entre los usuarios del EVC.
- Un directorio de documentos para la gestión e intercambio de información relevante para los usuarios del EVC.
- Consultas y faqs, espacio concebido para albergar preguntas y cuestiones, de naturaleza público-privada, que los usuarios de las aplicaciones planteen a los expertos desarrolladores.

En la Figura 53 se muestra la estructura básica del EVC definido:

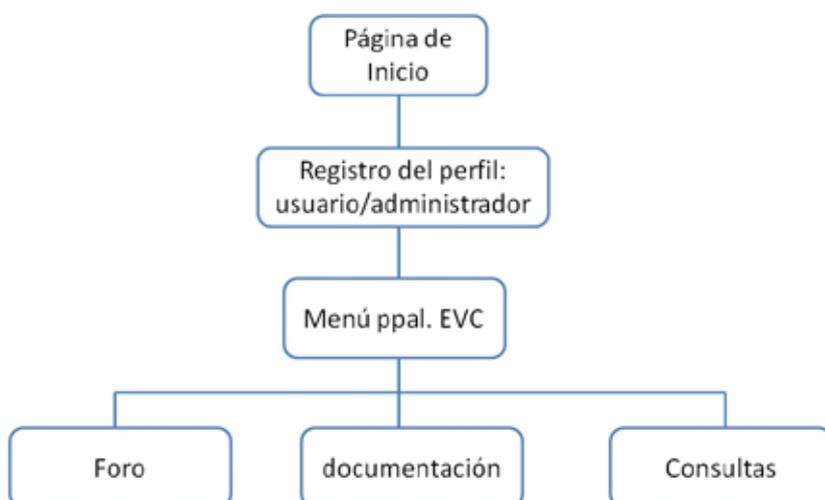


Figura 53. Estructura básica del Espacio Virtual de Colaboración

Para el diseño y puesta en marcha del EVC se debe contar con un equipo multidisciplinar formado por creativos, informáticos, ingenieros y economistas expertos en tecnologías de la información y comunicación.

Para la validación del uso del espacio de colaboración se realizó un estudio piloto de puesta en marcha con 53 centros usuarios, formado en su mayoría por médicos y fisioterapeutas de diversas mutuas de accidentes de trabajo. Los principales resultados de dicho estudio demostraron la utilidad de la extranet como vía de comunicación virtual, fomentando la colaboración y el intercambio de información y documentación entre los usuarios y el IBV.

2.2.5.3. JORNADAS DE USUARIOS DE TÉCNICAS DE VALORACIÓN BIOMECÁNICA

Con la motivación de fomentar y mantener una comunicación más cercana con la comunidad de usuarios en las técnicas de valoración, se plantea la posibilidad de crear un foro de encuentro físico donde debatir, desde un punto de vista práctico, acerca de la aplicabilidad clínica de las soluciones propuestas, intercambiando experiencias no sólo entre los usuarios y los desarrolladores, sino también entre la propia comunidad de usuarios.

Este formato de reunión, debe permitir a los expertos del IBV conocer de primera mano, las necesidades de evolución de las aplicaciones que los profesionales demanden, permitiendo redirigir los proyectos de I+D propia y de desarrollo.

Para garantizar el éxito de estas jornadas, se plantea la constitución de un **premio a los mejores trabajos de investigación** realizados con las técnicas de valoración. Este

LA VALORACIÓN FUNCIONAL. APLICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA DISCAPACIDAD Y EL DAÑO CORPORAL.

MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE LABORATORIOS DE VALORACIÓN DE LA DISCAPACIDAD Y

DEL DAÑO CORPORAL

premio, dotado económicamente, debe ir dirigido a los integrantes de la comunidad de usuarios, teniendo un papel relevante en relación a la producción científica y aplicada de las herramientas de valoración, favoreciendo su implantación y utilidad en las distintas entidades del sector.

2.2.6. MODELOS DE EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS POR PARTE DE LOS USUARIOS

La incipiente definición de las unidades de valoración basadas en las soluciones tecnológicas planteadas en este trabajo, representa una incógnita organizativa para las potenciales entidades destinatarias.

La falta de experiencias similares en la creación de unidades de este tipo supone un importante reto, desde el punto de vista organizacional y operativo, que requiere un análisis profundo en relación a las alternativas de implantación, funcionamiento y desarrollo dentro las estructuras existentes hasta el momento.

A este respecto, cabe destacar que la instauración inicial de las metodologías descritas en esta tesis presenta un sesgo muy marcado hacia las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social. La actividad desarrollada por estas entidades las hace especialmente sensibles a la explotación de la información que puede derivarse de las aplicaciones, sobre todo, en lo referente a la gestión de la IT y la propuesta de incapacidades. Esto obligó a focalizar los esfuerzos en relación a la instauración de las unidades de valoración en el seno de este tipo de entidades.

Desde un punto de vista práctico, la idiosincrasia organizativa de cada mutua obliga a definir modelos de instauración muy diversos, situación agravada aún más, cuando la aparición de nuevos reglamentos de organización mutual, las obliga a su reagrupación mediante fusiones o la formación de corporaciones.

Por este motivo, ha sido necesario desarrollar un análisis exhaustivo de los principales modelos de implantación, haciendo un estudio pormenorizado de los resultados alcanzados por cada uno de ellos. El objetivo de este análisis ha sido la identificación del modelo óptimo de funcionamiento y explotación del laboratorio de valoración funcional.

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados de la investigación. En primer lugar se detallarán de manera pormenorizada, las bases científicas en las que se sustentan las metodologías de valoración definidas. A continuación se especificarán los resultados alcanzados por la planta piloto de valoración durante la prestación singular de servicios, analizando las condiciones de contorno y consideraciones que más tarde dieron lugar a las soluciones tecnológicas que componen el laboratorio. Adicionalmente se expondrán los elementos que constituyen dicho laboratorio, así como la layout estándar y configuración óptima de funcionamiento.

Por último, se expondrán el número y características de los laboratorios puestos en marcha como consecuencia de los resultados de la investigación, así como las particularidades de las entidades usuarias y la explotación práctica, clínica y económica, realizada hasta el momento.

3.1 BASES CIENTÍFICAS DE LAS METODOLOGÍAS DE VALORACIÓN DESARROLLADAS

Los diagnósticos funcionales objetivos se fundamentan en los procedimientos descritos en el capítulo anterior y en la comparación estadística de los resultados con las bases de datos de normalidad, patología y simulación de población española.

En este sentido, conviene destacar que los criterios de valoración se han uniformizado en las distintas aplicaciones fijando los valores de referencia en los siguientes umbrales (Tabla 9 y Tabla 10):

Índice de Normalidad (IN)	DIAGNÓSTICO FUNCIONAL
$IN \geq 90\%$	NORMAL
$IN < 90\%$	ALTERADO

Tabla 9. Criterios de valoración para el índice de normalidad

Índice de Colaboración (IC)	DIAGNÓSTICO FUNCIONAL
$IC \geq 50\%$	COLABORADOR
$IC < 50\%$	NO COLABORADOR

Tabla 10. Criterios de valoración para el índice de colaboración

En relación al índice de normalidad (IN), las razones que han motivado la umbralización en el 90% se encuentran relacionadas con la variabilidad estadística de las poblaciones caracterizadas en las base de datos. En términos generales se puede afirmar que en todos los casos analizados, la población normal presenta unos patrones funcionales con una variabilidad muy inferior a las poblaciones patológicas y exageradoras. Este hecho se pudo corroborar con los resultados alcanzados en la prestación singular de servicios de valoración médica. Las causas que explican esta diferencia de comportamiento son:

- Las repercusiones funcionales de las distintas afecciones del aparato locomotor son muy variadas y de intensidad variable.
- Las estrategias de acomodación y compensación funcional son singulares de cada persona, lo que repercute en la ampliación del rango de dispersión de las variables biomecánicas que caracterizan la función.
- La propia existencia de un trastorno musculoesquelético y como consecuencia de él, la presencia de dolor, produce una influencia negativa sobre la capacidad de control del individuo al ejecutar un determinado gesto. Esta disminución de

la capacidad de ejecutar el gesto de manera uniforme repercute directamente sobre la dispersión de las variables analizadas.

Estas razones obligaron al equipo clínico a definir un valor de referencia que tuviera en consideración estas discrepancias y que garantizara una correcta clasificación poblacional, además de normalizar los criterios de interpretación del IN en base a la experiencia acumulada en la prestación singular de servicios de valoración. En este sentido, se pudo corroborar que fijando el límite de normalidad en el 90%, se alcanzaban los mejores resultados de sensibilidades y especificidades de las aplicaciones.

En la Figura 54 se puede apreciar el funcionamiento del IN.

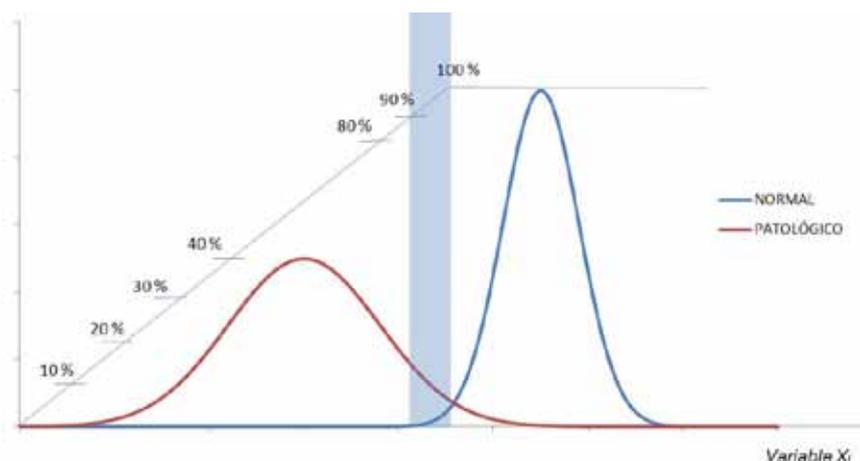


Figura 54. Funcionamiento del IN. La zona sombreada en azul corresponde a valores de la variable X_i de personas sanas o personas, que aun padeciendo alguna patología, no manifiestan una alteración funcional objetivable

Del mismo modo, la interpretación del índice de colaboración (IC) está sujeta al valor de referencia definido (50%); la justificación de este valor reside en:

- El IC se obtiene a partir de la comparación estadística entre las poblaciones patológica y simuladora. Estas dos distribuciones presentan variabilidades grandes y muy similares, si bien es cierto, que los valores de las variables que definen el comportamiento funcional son significativamente distintas. Esto se debe a que la población exageradora o magnificadora, tiende a aumentar desproporcionadamente el nivel de limitación funcional, muy por encima del comportamiento fisiológico propio de la presencia de patología.

En la Figura 55 se explica gráficamente la razón de la umbralización en el 50% en el IC.

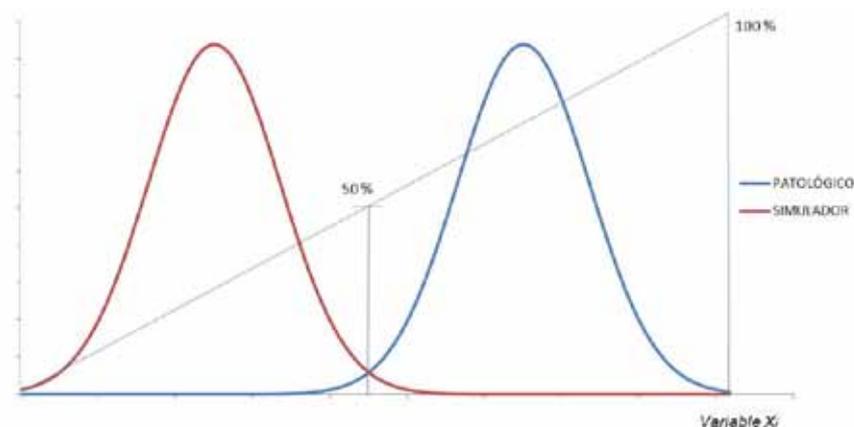


Figura 55. Funcionamiento del IC responsable de clasificar entre población patológica y simuladora

En cuanto al diagnóstico de la simulación, conviene destacar que no todas las aplicaciones abordadas en este trabajo han seguido la misma evolución de desarrollo, tomando formulaciones distintas con respecto a la propuesta de resultados.

Existen varias alternativas a la hora de emitir un diagnóstico sobre el grado de colaboración de un paciente al realizar una prueba médica. En el nivel más alto, y por tanto de mayor utilidad en el diagnóstico de la simulación, se encuentran aquellas pruebas dotadas de un IC basado en comparación con BD de simulación. Esta formulación se ha seguido en las aplicaciones de valoración de las lumbalgias, cervicalgias y omalgias. Por otro lado, en el segundo nivel, formado por pruebas basadas en el estudio de la repetibilidad, comparación con bases de datos de normalidad y estudio de la coherencia entre pruebas sorpresa, se encuentran las aplicaciones de marcha y equilibrio.

La razón de esta diferenciación en las formulaciones seguidas se debe a la naturaleza del gesto, es decir, las actividades analizadas en las pruebas de lumbalgias, cervicalgias y hombro son gestos sencillos, muy controlados en los que la variabilidad intrínseca de las pruebas es pequeña. Sin embargo, las estrategias de marcha y bipedestación son muchas, registrándose una variabilidad muy grande por factores exógenos a la prueba (velocidad de marcha, cadencia, longitud de zancada, coordinación, etc.) que impide la caracterización de patrones estándar de simulación o exageración. Además, a este hecho se le añade el relativo a la instrumentación seleccionada en las aplicaciones de marcha y equilibrio. En este caso, las plataformas dinamométricas son instrumentos de gran utilidad y ampliamente utilizadas en esta materia, no obstante sus posibilidades a la hora de analizar las repercusiones funcionales sobre articulaciones concretas del miembro inferior son limitadas, sobre todo en las articulaciones proximales de los miembros inferiores. Ante este hecho, conviene destacar que se descartó la incorporación de nueva instrumentación, basada en análisis por fotogrametría, por minimizar la relación coste

temporal de la prueba/ganancia de información, además de porque los resultados alcanzados en la prestación singular de servicios demostró que el estudio de la marcha y el equilibrio a través de plataformas dinamométricas constituía un método útil, objetivo, versátil y rápido, no sólo para la emisión de diagnósticos funcionales, sino también para la determinación de conductas exageradoras o magnificadoras a través del estudio de los parámetros de repetibilidad entre registros (Barona *et al.*, 2007, Bausà *et al.*, 2007, Colomer *et al.*, 2007, Cámara *et al.*, 2009).

Finalmente, uno de los resultados más importantes desde el punto de vista clínico de las metodologías desarrolladas reside en los valores de **sensibilidad** y **especificidad** de cada una de ellas. En la Tabla 11 se muestran dichos valores, junto con el **valor predictivo positivo** y **negativo**.

	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Valor predictivo positivo (%)	Valor predictivo negativo (%)
NedLumbar/IBV	89	100	86	100
NedCervical/IBV	82	92	91	84
NedHombro/IBV	94	99	97	98
NedAMH/IBV	81	93	90	86
NedSVE/IBV	81	93	93	81

Tabla 11. Clasificación epidemiológica del grado de normalidad

3.2 DESARROLLO DEL MODELO DE TRANSFERENCIA

3.2.1. RESULTADOS DE LA PRESTACIÓN SINGULAR DE SERVICIOS DE VALORACIÓN

El esfuerzo de difusión de los conocimientos generados y de la potencialidad clínica de los servicios propuestos fue fruto de numerosas comunicaciones y ponencias en los principales congresos del sector. Entre ellos, destacan comunicaciones en:

- Congreso de la Sociedad Española de Traumatología Laboral (SETRA).
- Congreso de la Sociedad Española de Valoración del Daño Corporal (SEVDC).
- Congreso de la Sociedad Española de Medicina Física y Rehabilitación (SERMEF).
- Congreso de la Sociedad Valenciana de Medicina Física y Rehabilitación (SVRMEF).

Como consecuencia de esta labor de comunicación, se establecieron acuerdos de colaboración con las principales mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social, la Agencia Valenciana de Salud y con empresas privadas del ámbito del peritaje médico con sede en la Comunidad Valenciana.

Una vez resueltos y concedidos los permisos de inicio de actividad asistencial por parte de la Consellería de Sanitat, se comenzó la actividad de valoración. La puesta en marcha de la prestación de servicios singulares permitió acumular una gran experiencia en el conocimiento, de las condiciones de contorno, las necesidades y las restricciones que rodean los procesos de valoración médica, evaluación del daño corporal y rehabilitación de las principales patologías del sistema musculoesquelético de origen laboral.

Esta labor facilitó el redireccionamiento de las posteriores actividades de desarrollo e investigación hacia la resolución de problemas muy concretos y ligados al procesamiento de la información, la sintetización de la misma y la emisión de juicios objetivos, validados y contrastados, donde se resumiera toda la información dinámica del paciente al realizar una determinada prueba biomecánica.

Durante el periodo de funcionamiento de la unidad se valoraron un total de 374 pacientes de los cuales, el 71.5% fueron provenientes de mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social (M.A.T.E.P.S.S.) involucrados en procesos de IT. El 17% se correspondía con peticiones privadas que requerían de un informe médico independiente para aportar un peritaje en el marco de un contencioso abierto (gestión de IT o accidente de tráfico mayoritariamente). Un 5% procedían de centros de valoración, empresas privadas que prestan regularmente servicios de peritajes médicos. Los pacientes procedentes de clínicas de rehabilitación y hospitales supusieron un 3.5% de todos los atendidos en la unidad. Finalmente, varias compañías aseguradoras de accidentes de tráfico y servicios de prevención de grandes empresas remitieron varios casos a la unidad de valoración; el número de pacientes en estos casos supusieron el 2% y el 1% respectivamente.

Por tipos de prueba, la valoración de marcha fue la más comúnmente solicitada (41%), seguida por la valoración del raquis lumbar (20.5%), valoración de hombro (11.5%) y

equilibrio (9%). El conjunto de pruebas de valoración del raquis cervical supuso algo menos del 4%. El resto de pruebas, casi un 14%, aglutinaban valoraciones no procedimentadas que respondían a soluciones a medida o a desarrollos específicos en el marco de proyectos de investigación del IBV.

En paralelo al desarrollo de los servicios de valoración, se produjo una consolidación de los criterios clínicos que rodeaban las pruebas biomecánicas y su relación con la anamnesis y el cuadro clínico de los pacientes evaluados. Este hecho, supuso un avance significativo en el sentido práctico de las pruebas definidas ya que las convertía en instrumentos útiles, desde el punto de vista médico, en los procesos de evaluación de una secuela o el seguimiento de un determinado tratamiento rehabilitador.

Fruto de la creciente demanda de estos servicios entre los profesionales del sector, se puso de manifiesto la limitación que representaba la prestación singular de servicios en un área geográfica determinada como era la Comunidad Valenciana. El impacto de las valoraciones se circunscribía a una región, que salvo en contadas ocasiones, no representaba una zona de interés máximo para las entidades solicitantes. La razón de este hecho se encuentra en que las principales mutuas del país y empresas del sector tienen una implantación desigual en todo el territorio nacional, concentrándose el mayor número de ellas en la Comunidad de Madrid, Cataluña y Andalucía. Esta circunstancia responde a la coyuntura expuesta por el Ministerio de Trabajo e Inmigración en su informe “La Incapacidad Temporal para el Trabajo: Análisis Económico de su Incidencia y su Duración”, en el que refleja que en 2008 las Comunidades de Cataluña, Madrid y Andalucía lideraron el número medio de procesos de IT tramitados tanto por contingencia común como por contingencia profesional.

Ante esta coyuntura, quedaba demostrada que la hipótesis inicial de alcanzar soluciones transferibles a las entidades clave del sector, pasaba necesariamente por el desarrollo de las aplicaciones biomecánicas de valoración. De esta manera, serían los propios profesionales los que llevaran a cabo las valoraciones en el marco de los procesos sanitarios en los que se encontraban implicados fuera cual fuese su localización.

En este sentido, la consolidación del conocimiento científico y tecnológico que supuso la prestación singular de servicios de valoración en la planta piloto, junto con la comprensión de las necesidades diarias de los profesionales de la valoración del daño corporal, supuso un hito en el presente trabajo; el desarrollo de las aplicaciones de valoración.

3.2.2. APLICACIONES QUE COMPONEN EL LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL

El conjunto de aplicaciones software e instrumentales que “empaquetan” los procedimientos de valoración descritos en el capítulo anterior configuran lo que define el Laboratorio de Valoración Funcional.

Estas aplicaciones han sido desarrolladas por un equipo multidisciplinar formado por médicos, ingenieros e informáticos. Su finalidad es asistir objetivamente al especialista en el proceso de evaluación de la restricción o ausencia de capacidad para realizar actividades de la vida diaria en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano. Las aplicaciones, basadas en fotogrametría tridimensional y plataformas dinamométricas, entre otros instrumentos, permiten la valoración del daño corporal de forma objetiva, fiable y sin posibilidad de manipulación de las medidas.

A continuación se describe cada una de las aplicaciones que integran el laboratorio de valoración, así como sus principales características.

3.2.2.1. APLICACIÓN PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE LUMBALGIAS NEDLUMBAR/IBV

La aplicación se fundamenta en la utilización de un sistema de dos plataformas dinamométricas Dinascan/IBV P600, un sistema de análisis de movimientos Kinescan/IBV con 4 cámaras y 4 focos de infrarrojos, diversos accesorios para la realización de las pruebas: mesa, silla de altura regulable, caja de pesas, juegos de marcadores, y una licencia de software NedLumbar/IBV.

La aplicación (Figura 56) analiza cinética y cinemáticamente el movimiento de la columna lumbar en actividades sencillas para detectar movimientos anómalos o no funcionales, secundarios a un cuadro doloroso lumbar. Para llevar a cabo la valoración compara los parámetros obtenidos con los de un grupo de sujetos de las características del paciente (bases de datos integradas por sanos, patológicos y simuladores).

El sistema proporciona una serie de parámetros cinéticos y cinemáticos como resultados de la valoración, expresados en valor absoluto y en porcentaje de normalidad, además de variables relacionadas con la repetibilidad y regularidad de los registros.

A continuación se muestran los parámetros más representativos de la función lumbar para cada uno de los gestos analizados (Tabla 12).

En el apartado Anexos se puede consultar la totalidad de parámetros calculados por la aplicación, así como su definición formal.

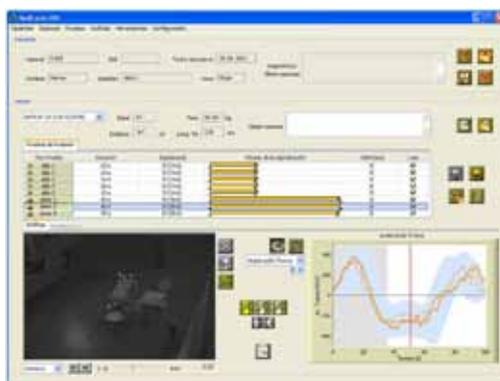


Figura 56. Pantalla de resultados NedLumbar/IBV

TIPOLOGÍA	PARÁMETROS
Parámetros temporales y cinéticos	<ul style="list-style-type: none"> · Tiempo total de realización del gesto · Duración de la fase de inclinación · Duración de la fase de descarga · Duración de la fase de levantamiento · Fuerza vertical máxima realizada por los miembros inferiores · Fuerza vertical mínima realizada por los miembros inferiores · Asimetría de fuerzas
Parámetros de amplitud de movimientos	<ul style="list-style-type: none"> · Rango del miembro inferior · Rango del tronco · Movilidad lumbar · Rotación torácica · Inclinación pélvica
Parámetros cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> · Velocidad máxima de tronco · Velocidad media de tronco · Aceleración máxima de tronco
Parámetros de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> · Variabilidad flexión de tronco · Variabilidad flexión de miembro inferior · Repetibilidad flexión de tronco · Repetibilidad flexión de miembro inferior

Tabla 12. Parámetros representativos de la función lumbar para los gestos analizados

La valoración final de la prueba se resume en dos índices:

- **Índice de Normalidad (IN):** corresponde al promedio ponderado de la valoración en porcentaje de normalidad de todos los parámetros analizados en esta prueba. Valores inferiores al 90% se consideran no normales o alterados funcionalmente.
- **Índice de colaboración (IC):** resultado del algoritmo de clasificación entre la base de datos de sanos, patológicos y simuladores. Valores inferiores al 50% implican NO colaboración en el esfuerzo máximo del paciente para la realización de los gestos solicitados.

3.2.2.2. APLICACIÓN PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE CERVICALGIAS NEDCERVICAL/IBV

Esta aplicación comparte el mismo sistema de análisis de movimientos que la aplicación NedLumbar/IBV, junto con un conjunto de accesorios necesarios para la realización de las pruebas: silla de paciente con fijación de hombros y tronco, juego de marcadores

utilizado para el estudio de cervicalgias, pizarra y licencia del software NedCervical/IBV

Esta aplicación realiza un análisis cinemático del movimiento de la columna cervical en actividades sencillas para detectar movimientos anómalos o no funcionales, secundarios a un cuadro doloroso cervical. Para llevar a cabo la valoración se comparan los parámetros obtenidos en ambas extremidades con los de un grupo de sujetos de características similares al paciente (bases de datos integradas por sanos, patológicos y simuladores).

El sistema proporciona una serie de parámetros cinemáticos como resultado de la valoración, expresados en valor absoluto y en porcentaje de normalidad, además de variables relacionadas con la repetibilidad de los registros y la coherencia entre diferentes tests.

A continuación se muestran los parámetros más representativos de la función cervical para cada uno de los gestos analizados (Tabla 13). En el apartado Anexos se puede consultar la totalidad de parámetros calculados por la aplicación, así como su definición formal.

TIPOLOGÍA	PARÁMETROS	
Parámetros de amplitud de movimientos	<ul style="list-style-type: none"> · Rango del movimiento de flexo-extensión · Rango del movimiento de flexión lateral 	<ul style="list-style-type: none"> · Rango del movimiento de rotación
Parámetros cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> · Velocidad máxima del movimiento de flexo-extensión · Velocidad máxima del movimiento de flexión lateral · Velocidad máxima del movimiento de rotación 	<ul style="list-style-type: none"> · Aceleración máxima del movimiento de flexo-extensión · Aceleración máxima del movimiento de flexión lateral · Aceleración máxima del movimiento de rotación
Parámetros de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> · Armonía · Repetibilidad intraprueba 	

Tabla 13. Parámetros representativos de la función cervical para los gestos analizados

La valoración final de la prueba se resume en dos índices:

- **Índice de Normalidad (IN):** corresponde al promedio ponderado de la valoración en porcentaje de normalidad de todos los parámetros analizados en esta prueba. Se calcula de forma global para las dos pruebas realizadas. Valores inferiores al 90% se consideran no normales o alterados funcionalmente.

- **Índice de colaboración (IC):** resultado del algoritmo de clasificación entre la base de datos de sanos, patológicos y simuladores. Valores inferiores al 50% implican NO colaboración en el esfuerzo máximo del paciente para la realización de los gestos solicitados.

En la Figura 57 se muestra la información gráfica proporcionada por la aplicación NedCervical/IBV.

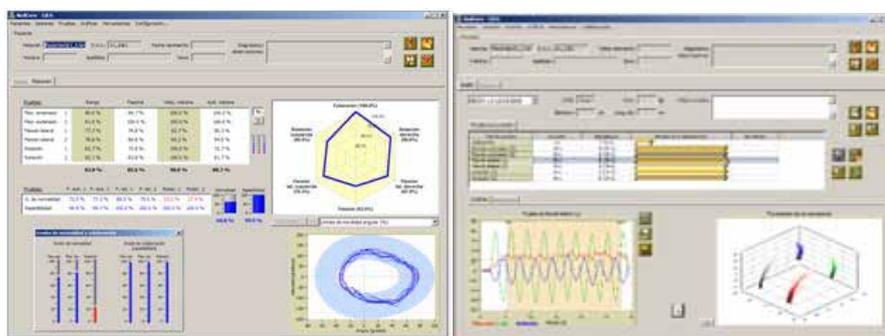


Figura 57. Información gráfica del NedCervical/IBV

3.2.2.3. APLICACIÓN PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE OMALGIAS NEDHOMBRO/IBV

Esta aplicación comparte el mismo sistema de análisis de movimientos que la aplicación NedLumbar/IBV y NedCervical/IBV, junto con diversos accesorios para la realización de la prueba: mesa plegable regulable en altura con accionamiento eléctrico, silla de paciente con fijación de hombros y tronco, mazas de 250g y 1Kg, juego de marcadores utilizado para el estudio de omalgias, inclinómetro electrónico digital para la determinación de la posición inicial, y licencia del software NedHombro/IBV.

Esta aplicación realiza un análisis cinemático del movimiento del hombro con objeto de detectar movimientos anómalos o no funcionales secundarios a un cuadro doloroso de hombro. Para llevar a cabo la valoración compara los parámetros obtenidos en ambas extremidades con los de un grupo de sujetos de características similares al paciente (bases de datos integradas por sanos, patológicos y simuladores).

El sistema proporciona una serie de parámetros cinemáticos como resultado de la valoración, expresados en valor absoluto y en porcentaje de normalidad, además de variables relacionadas con la repetibilidad de los registros, simetría entre miembros y simetría entre diferentes pesos.

A continuación se muestran los parámetros más representativos de la función del hombro para cada uno de los gestos analizados (Tabla 14). En el apartado Anexos se puede consultar la totalidad de parámetros calculados por la aplicación, así como su definición formal.

TIPOLOGÍA	PARÁMETROS
Parámetros de amplitud de movimientos	<ul style="list-style-type: none"> · Elevación máxima · Rango de elevación · Máximo y rango de aducción · Máximo y rango de rotación
Parámetros cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> · Velocidad máxima de elevación · Velocidad máxima de elevación · Aceleración máxima de elevación · Aceleración máxima de elevación
Parámetros de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> · Semejanza elevación y descenso · Repetibilidad intraprueba

Tabla 14. Parámetros representativos de la función del hombro para los gestos analizados

La valoración final de la prueba se resume en dos índices:

- **Índice de Normalidad (IN):** corresponde al promedio ponderado de la valoración en porcentaje de normalidad de todos los parámetros analizados en esta prueba. Se calcula de forma global, obteniendo un IN resultado del análisis de los dos gestos. El sistema calcula un IN individual para cada miembro, derecho e izquierdo. Valores inferiores al 90% se consideran no normales o alterados funcionalmente.
- **Índice de colaboración (IC):** resultado del algoritmo de clasificación entre la base de datos de sanos, patológicos y simuladores. Valores inferiores al 50% implican NO colaboración en el esfuerzo máximo del paciente para la realización de los gestos solicitados.

En la Figura 58 se muestra la información gráfica suministrada por la aplicación NedHombro/IBV.

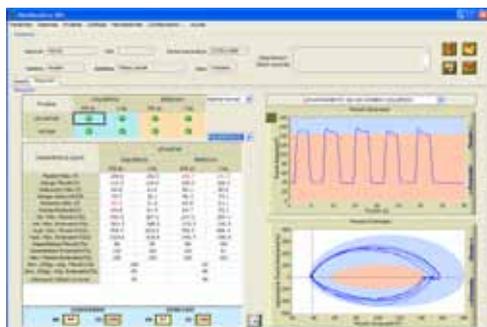


Figura 58. Información gráfica de la aplicación NedHombro/IBV

3.2.2.4. APLICACIÓN PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DE LA MARCHA NEDAMH/IBV

La aplicación utiliza un sistema de plataformas dinamométricas específicamente diseñado para el estudio de la marcha y el equilibrio humano (Figura 59). Los elementos que componen la aplicación conjunta de marcha y equilibrio son los siguientes:

- Una plataforma dinamométrica Dinascan/IBV P600.
- Barrera doble de fotocélulas para el registro de la velocidad de marcha.
- Monitor de Paciente.
- Mesa de evaluación, PC, monitor e impresora color.
- Accesorios para la realización de las pruebas de equilibrio (colchoneta de espuma y arnés).
- Tallímetro.
- Licencia de software NedAMH/IBV.



Figura 59. Simulación de un estudio de valoración funcional de marcha mediante la aplicación NedAMH/IBV

Por medio de esta aplicación se valora el patrón cinético (fuerzas de reacción que ejerce el miembro inferior) durante la fase de apoyo de la marcha humana. Para llevar a cabo la valoración compara los parámetros obtenidos en ambas extremidades con los de un grupo de sujetos de características similares al paciente (base de datos de normalidad).

El sistema registra los parámetros cinéticos y la velocidad de marcha cuando el paciente pisa sobre la plataforma dinamométrica y corta las barreras de fotocélulas. La prueba puede realizarse calzado o descalzo.

La aplicación (Figura 60) proporciona

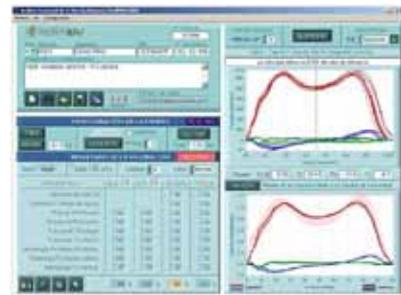


Figura 60. Pantalla de resultados de la aplicación NedAMH/IBV

una serie de parámetros cinéticos como resultados de la valoración, expresados en valor absoluto y en porcentaje de normalidad.

A continuación se muestran los parámetros más representativos de la función de la marcha (Tabla 15). En el apartado Anexos se puede consultar la totalidad de parámetros calculados por la aplicación, así como su definición formal.

TIPOLOGÍA	PARÁMETROS
Parámetros temporales y cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> · Diferencia tiempo de apoyo entre pierna izquierda y derecha · Velocidad de marcha
Parámetros cinéticos	<ul style="list-style-type: none"> · Fuerza de frenado · Fuerza de despegue · Fuerza de propulsión · Fuerza de oscilación
Parámetros de forma	<ul style="list-style-type: none"> · Morfología antero-posterior · Morfología medio-lateral · Morfología vertical
Parámetros de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> · Repetibilidad intraprueba

Tabla 15. Parámetros representativos de la función de la marcha

La valoración final de la prueba se resume en dos índices:

- **Capacidad funcional global:** Corresponde al promedio ponderado de la valoración en porcentaje de normalidad de todos los parámetros analizados en esta prueba. Se calcula de forma global para los dos miembros inferiores y para el derecho e izquierdo individualmente. Valores inferiores al 90% se consideran no normales o alterados funcionalmente.
- **Regularidad:** se corresponde con el cálculo promediado de la regularidad de los parámetros analizados y estima la consistencia de las distintas repeticiones.

3.2.2.5. APLICACIÓN PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL EQUILIBRIO POSTURAL NEDSVE/IBV

A nivel instrumental esta aplicación comparte los mismos elementos que la aplicación NedAMH/IBV (Figura 61).



Figura 61. Simulación de una valoración del equilibrio postural con la aplicación NedsVE/IBV

Esta aplicación ha sido especialmente diseñada para detectar comportamientos anómalos en el mantenimiento de una postura determinada, analizando la respuesta del paciente evaluado ante alteraciones de la información visual y propioceptiva que le ayudan a mantener el equilibrio.

Para llevar a cabo la valoración se comparan los parámetros obtenidos con los de un grupo de sujetos de características similares al paciente evaluado.

La aplicación proporciona una serie de parámetros cinéticos como resultados de la valoración, expresados en valor absoluto y en porcentaje de normalidad.

A continuación se muestran los parámetros más representativos de la función del equilibrio (Tabla 16). En el apartado Anexos se puede consultar la totalidad de parámetros calculados por la aplicación, así como su definición formal.

TIPOLOGÍA	PARÁMETROS
Parámetros de desplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> · Desplazamiento total · Ángulo desplazamiento · Desplazamiento medio-lateral · Dispersión de las coordenadas X,Y del cdp · Área barrida por el cdp · Desplazamiento antero-posterior
Parámetros cinemáticos	<ul style="list-style-type: none"> · Velocidad media de desplazamiento del cdp
Parámetros cinéticos	<ul style="list-style-type: none"> · Fuerza máxima medio-lateral · Fuerza máxima antero-posterior
Parámetros de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> · Repetibilidad intraprueba

Tabla 16. Parámetros representativos de la función de la equilibrio

La valoración final de la prueba se resume en los siguientes índices:

- El valor en porcentaje de normalidad de cada uno de los tests realizados.
- Los índices sensoriales que cuantifican la habilidad del paciente para utilizar las diferentes aferencias sensoriales expresados en porcentaje de normalidad.
- La repetibilidad de las medidas, la coherencia entre las distintas pruebas realizadas.
- La valoración global, la cual muestra el promedio de todas las valoraciones obtenidas durante la prueba.

En la Figura 62 se muestra la información gráfica proporcionada por la aplicación NedSVE/IBV.



Figura 62. Pantallas de la aplicación NedSVE/IBV

3.2.3. LAYAOUT ESTÁNDAR DEL LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL

El Laboratorio de Valoración Funcional definido para su transferencia entre los agentes del ámbito de la valoración médica laboral está compuesto por las aplicaciones software e instrumentales descritas en el punto anterior, así como un conjunto de elementos y espacios necesarios para su correcta utilización.

En este apartado se definen los aspectos relativos a la preparación de la instalación donde se ubicará el laboratorio desde el punto de vista de la obra civil requerida, así como la distribución en planta de los elementos que constituyen el laboratorio.

Las especificaciones que a continuación se detallan hacen referencia a la configuración óptima del laboratorio, no obstante, las condiciones diferentes a las aquí propuestas requieren del pertinente estudio técnico y arquitectónico, para garantizar el correcto funcionamiento del laboratorio.

Las dimensiones de la sala donde se ubique el laboratorio deben ser como mínimo:

- Longitud mínima: 6 m.
- Anchura mínima: 5 m.
- Altura mínima: 2'85 m.

En la Figura 63 y Figura 64 se muestra la distribución en planta típica del laboratorio de valoración funcional, así como los acabados del mismo.

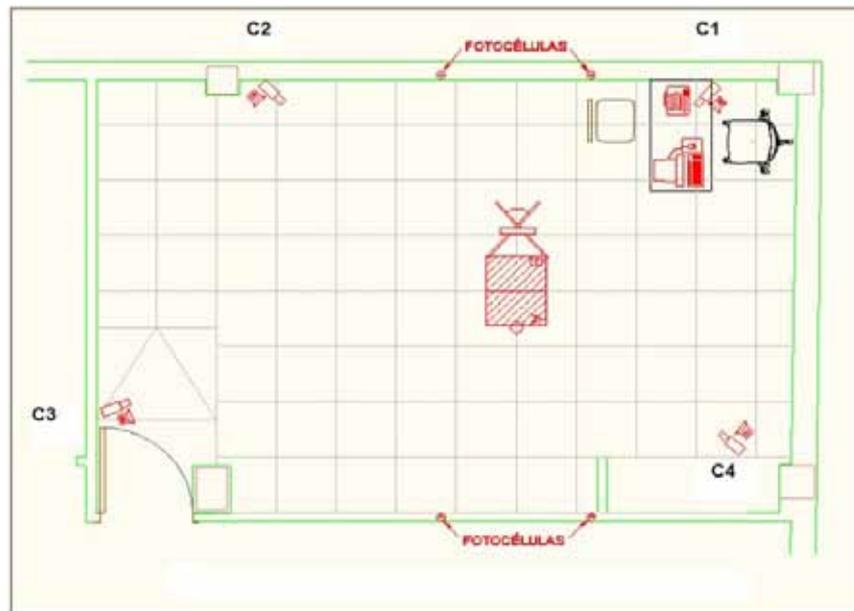


Figura 63. Layout característica del laboratorio de valoración funcional



Figura 64. Acabados del laboratorio de valoración funcional

En el apartado Anexos puede consultarse la relación de especificaciones técnicas y estructurales que debe cumplir la instalación del laboratorio de valoración funcional definido.

3.2.4. APLICACIONES Y LABORATORIOS TRANSFERIDOS

En el presente apartado se analiza de forma detallada el grado de implantación de las herramientas del laboratorio de valoración funcional, las características de las entidades usuarias, su distribución geográfica, las estructuras organizativas adoptadas, el uso y utilidad de las aplicaciones biomecánicas disponibles, así como las claves institucionales que han originado su instauración.

Con este objetivo se presenta la información en este apartado dividida en cuatro puntos:

- Consideraciones institucionales de la implantación de las aplicaciones de valoración.
- Análisis de las entidades usuarias en función de su actividad.
- Distribución geográfica de las entidades usuarias.
- Número de aplicaciones transferidas

3.2.4.1. CONSIDERACIONES INSTITUCIONALES DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE VALORACIÓN FUNCIONAL

El acontecimiento que sin duda marcó el resultado de la actividad descrita en este proyecto de tesis se sitúa en momento en el que ASEPEYO M.A.T.E.P.S.S nº 151 decidió instalar en su hospital de San Cugat (Barcelona) la primera unidad de valoración funcional.

Los resultados alcanzados por esta unidad, junto con la labor de difusión científico-técnica y comercial desarrollada, hizo que en poco tiempo otros profesionales del sector se interesaran por las aplicaciones de valoración. Este hecho permitió dar comienzo a una etapa en la que las principales mutuas del país y empresas privadas del ámbito de la valoración del daño corporal apostaran decididamente por la implantación de las herramientas de valoración biomecánica desarrolladas.

Las actividades desplegadas en el marco del modelo de transferencia descrito en el capítulo anterior, permitieron alcanzar un grado de madurez de las aplicaciones tal, que no se requería de sofisticados programas de capacitación del personal médico responsable, lo que facilitaba su integración dentro de los procesos sanitarios de las mutuas y demás entidades de valoración, además de conseguir que se postulasen como herramientas complementarias de gran valor en los procesos de valoración médica.

En el plano institucional resulta imprescindible destacar el papel jugado por AMAT (Asociación de Mutua de Accidentes de Trabajo), que mostró gran implicación en la defensa ante el INSS (Instituto Nacional de la Seguridad Social) sobre la idoneidad de contemplar estas pruebas dentro de los análisis médicos complementarios en los procesos de valoración de incapacidades. Este trabajo tuvo su culminación el 14 de diciembre de 2007 con la firma de un acuerdo entre la Dirección de Ordenación de la Seguridad Social y AMAT, en el cual se incluían las pruebas de valoración biomecánica dentro del catálogo de pruebas médicas y exploraciones complementarias para la valoración, revisión y calificación de las incapacidades laborales.

Más adelante serían otras instituciones las que se adherirían a este convenio; tal fue el caso del Instituto Social de la Marina, el cual tiene transferida la competencia de gestionar las prestaciones del Régimen Especial de la Seguridad Social de los trabajadores del mar.

3.2.4.2. ANÁLISIS DE LAS ENTIDADES USUARIAS EN FUNCIÓN DE SU ACTIVIDAD

Aunque el desarrollo de este proyecto ha tenido un marcado sesgo en el desarrollo y transferencia de las soluciones tecnológicas propuestas hacia la valoración médica del ámbito laboral, han sido diversas las entidades que finalmente han incorporado la aplicaciones en sus procesos productivos internos.

El total de entidades que han incorporado alguna de las herramientas descritas en este proyecto de tesis asciende a 65, de las cuales el 58% corresponde a entidades cuya actividad principal se corresponde con la emisión de informes médicos relacionados con la valoración del daño corporal. Por otro lado, un 26% se caracterizan por ser entidades cuya principal actividad es la asistencia sanitaria.

Según la tipología de las entidades, el mayor número de aplicaciones, casi un 30%, han sido transferidas a centros privados de valoración no hospitalarios. En este grupo se

encuentran, en la mayoría de los casos, las empresas dedicadas a la peritación médica y a la emisión de diagnósticos objetivos relacionados con la valoración del daño corporal asociada a un accidente laboral o de tráfico.

Las mismas cifras son aplicables para las M.A.T.E.P.S.S., las cuales han supuesto prácticamente el 30% del total de aplicaciones transferidas. Es importante destacar que del número total de mutuas que existen en España, el 35% se han convertido en usuarias de las herramientas descritas en este proyecto (Tabla 17).

- ASEPEYO MATEPSS nº 151
- IBERMUTUAMUR MATEPSS nº 274
- UNION DE MUTUAS MATEPSS nº 267
- UMIVALE MATEPSS nº 15
- CESMA MATEPSS nº 115
- EGARSAT MATEPSS nº 276
- MUTUALIA MATEPSS nº 20
- MAZ MATEPSS nº 11

Tabla 17. Relación de MATEPSS usuarias

Esta tasa de penetración, adquiere mayor relevancia si tenemos en cuenta el peso de estas entidades en el marco del mutualismo y en el total de la población trabajadora protegida. En la Figura 65 se muestran las cifras de cada una de estas entidades en relación a total de empresas afiliadas a mutuas y a trabajadores protegidos por contingencia profesional.

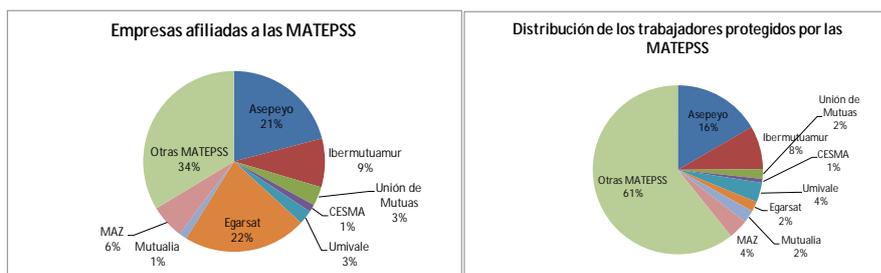


Figura 65. Datos obtenidos a partir de la memoria anual 2010 de AMAT. Los valores de referencia para el cálculo porcentual son: 1.484.556 empresas afiliadas a Mutuas y 13.280.506 trabajadores protegidos. Datos actualizados por AMAT a fecha de marzo de 2011

Tras los centros privados de valoración no hospitalarios y las MATEPSS, destacan los servicios hospitalarios de centros públicos y privados, los cuales representan algo más del 20% de las aplicaciones transferidas.

Por otra parte, los departamentos universitarios públicos y privados, mayoritariamente los relacionados con titulaciones como la medicina, fisioterapia y actividad física, suponen un 12% del total de usuarios de las aplicaciones.

El 4% restante se reparte de manera homogénea entre otras entidades entre las que destacan Balnearios y servicios de prevención de grandes empresas dedicados a la vigilancia de la salud de trabajadores en activo.

A modo de resumen, la Figura 66 muestra el porcentaje de aplicaciones transferidas en función de la actividad de las entidades usuarias.

Transferencia de las aplicaciones en función de la actividad de las entidades usuarias

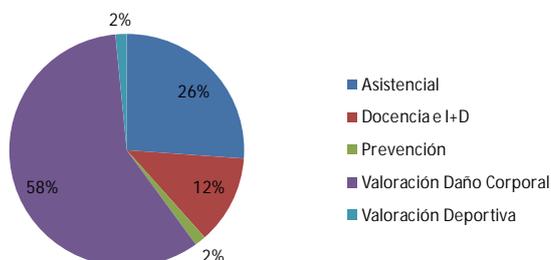


Figura 66. Transferencia de las aplicaciones en función de la actividad de las entidades usuarias

3.2.4.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ENTIDADES USUARIAS

La actividad de transferencia se ha realizado en clave nacional, ya que la problemática de la valoración médica en el ámbito laboral que ha sido analizada en el proyecto está sujeta a la idiosincrasia y legislación española. Este hecho, sin duda restringe o limita la capacidad de internacionalización del tipo de soluciones tecnológicas desarrolladas en este proyecto de tesis.

De los 65 centros usuarios en la actualidad, 62 se localizan en el territorio nacional, mientras que 3 lo hacen en Latinoamérica, más concretamente en México y Colombia con 2 y 1 respectivamente.

Por CC.AA. destacan por encima de todas la Comunidad Valenciana y Cataluña, seguidas por Andalucía y Madrid. En la Tabla 18 se muestra la distribución geográfica de las entidades usuarias.

CC.AA	Número de Entidades Usuarias	CC.AA	Número de Entidades Usuarias
ANDALUCÍA	8	CATALUÑA	11
ARAGÓN	1	COMUNITAT VALENCIANA	18
ASTURIAS	1	EXTREMADURA	1
CANARIAS	3	GALICIA	2
CANTABRIA	1	MADRID	7
CASTILLA LA MANCHA	2	MURCIA	2
CASTILLA Y LEÓN	3	PAÍS VASCO	2

Tabla 18. Distribución de usuarios por CC.AA

3.2.5. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LAS UNIDADES DE VALORACIÓN FUNCIONAL EN EL SENO DE LAS ENTIDADES USUARIAS

Los resultados de explotación alcanzados por las primeras unidades puestas en marcha, demostraron en poco tiempo que era posible identificar modelos de implantación que daban mejores resultados y que poco a poco fueron extendiéndose y adaptándose por la inmensa mayoría de las unidades de valoración biomecánica. En particular, destacaron el modelo de **unidad centralizada** y el de **unidad integrada en los servicios de rehabilitación** de la mutua.

El primero de ellos, se caracterizó porque su funcionamiento se basaba en la creación de servicios independientes que se responsabilizan de dar cobertura a todos los demás servicios sanitarios de la mutua (Figura 67). Los pacientes derivados a la unidad no dependen del médico responsable de la valoración, sino que son derivados por otros especialistas sanitarios, no formados en biomecánica, pero que solicitan, a modo de cliente interno, un informe médico en relación al estado funcional del paciente. La motivación de la derivación del paciente a la unidad de valoración es variopinta; seguimiento de la contingencia sufrida por el trabajador, planificación preoperatoria, valoración de secuelas tras intervención quirúrgica, seguimiento de tratamiento o propuesta de incapacidad.



Figura 67. Modelo de unidad centralizada

Este modelo exige que las estructuras organizativas de la mutua favorezcan el conocimiento de las potencialidades de las unidades de valoración por parte de los profesionales sanitarios no especialistas. Este hecho, puso de manifiesto la necesidad de desarrollar una intensa actividad de difusión interna por parte de los médicos responsables de las unidades de valoración; actividad que en muchas ocasiones tuvo que ser apoyada por el equipo de clínicos y técnicos desarrolladores de las aplicaciones.

El modelo de Unidad Centralizada presenta el inconveniente de precisar la modificación de los procesos internos de derivación de pacientes, junto con la definición de protocolos estrictos con criterios muy definidos para su correcta derivación. De no ser así, las formas, medios y momentos de las valoraciones pueden no ser los adecuados para obtener el máximo rendimiento de las mismas (p.e. remitir pacientes en fases agudas de evolución sin posibilidad de realizar físicamente las pruebas).

Por su parte, las unidades de valoración ligadas a los servicios de rehabilitación de la mutua responden a modelos centrados en la optimización y mejora de los procesos terapéuticos de los trabajadores lesionados (Figura 68).

En este caso, las unidades de valoración biomecánica, aún disponiendo de entidad propia como servicio independiente y dotado de personal propio dedicado en exclusividad, es un eslabón más de la cadena de procedimientos y técnicas puesta a disposición de la rehabilitación de los trabajadores lesionados, y con una función relevante en la optimización de los procesos de reincorporación al trabajo. Será por tanto, un médico rehabilitador el que, en la mayoría de las ocasiones, determine el momento de derivar al paciente a la unidad de valoración para la revisión de su estado funcional mediante pruebas objetivas, y así, poder pautar nuevos tratamientos, continuar los existentes o finalizarlos, bien porque se han recuperado las capacidades perdidas por la lesión, o bien porque la situación se ha estabilizado y no se consigue una mayor recuperación objetivable. En este último caso, las unidades de valoración serán, las que propongan, a petición del médico de control del paciente, las valoraciones objetivas en las que se sostenga la propuesta de alta o incapacidad que proceda en cada caso.



Figura 68. Modelo de unidad ligada a los servicios de rehabilitación

Como rasgo diferenciador de este modelo, destaca la precocidad con la que los pacientes son atendidos y valorados en la unidad, ya que el hecho de que éstas estén integradas en los procesos de rehabilitación, les confiere un papel relevante en los diagnósticos y los controles evolutivos de los trabajadores lesionados.

La implantación inicial de las unidades de valoración en el ámbito de las mutuas de accidentes, despertó el interés de empresas privadas de valoración. En este caso, al tratarse en la mayoría de los casos de entidades dirigidas en exclusividad a la emisión de informes de evaluación clínica, la implantación de las soluciones propuestas no supuso un importante reto a nivel organizativo. Su constitución fue progresiva y respondía mayoritariamente a intereses puramente de negocio (marketing y maximización de capacidad productiva).

Fuera del ámbito de las MATEPSS y de los centros de valoración, los modelos de implantación y explotación analizados fueron muy variados, ya que, en la mayoría de los casos, las aplicaciones biomecánicas se desplegaron de forma más discreta y de una manera desigual. La concepción de unidades de valoración completas no se llegó a materializar, salvo en contadas excepciones, haciendo uso de determinadas pruebas en detrimento de otras.

Por lo general, en el ámbito hospitalario se implantaron determinadas soluciones dirigidas a la valoración y control de los procesos de rehabilitación, pero siempre desde una óptica más asistencial y con el objetivo de obtener más información para la personalización de diagnósticos y tratamientos. En este sentido, las aplicaciones, generalmente la valoración de marcha y del equilibrio, se implantaron de forma muy residual en servicios de otorrinolaringología y rehabilitación, no llegando a convertirse en pruebas de relevancia por varios motivos. Entre ellos destacan los siguientes:

- La adquisición de inversiones se encuentra más restringida en este tipo de entidades.
- Los indicadores sanitarios de calidad de servicio están más relacionados con el número de visitas realizadas, por tanto, cualquier prueba adicional que consume tiempo debe quedar muy justificado su uso.
- En el ámbito de la clínica privada, las pruebas biomecánicas no son reconocidas por la mayoría de las compañías aseguradoras, lo que les resta potencial desde un punto de vista de su rentabilidad, por no estar cubierto su uso.
- El gran potencial de las aplicaciones biomecánicas en el ámbito de las MATEPSS dirigió sobremanera el desarrollo y evolución de las aplicaciones, derivando a un segundo plano la determinación de soluciones personalizadas en el ámbito asistencial.

No obstante, sí cabe reseñar la actividad desplegada por este tipo de entidades en relación a la implantación y uso de las aplicaciones de valoración funcional. A continuación se detallan los cuatro grandes ámbitos de aplicación clínica de las aplicaciones de valoración.

- **Diagnóstico:** las aplicaciones de valoración funcional se incluyeron dentro del grupo de exploraciones complementarias utilizadas por algunos servicios de rehabilitación y neurorehabilitación hospitalaria para conocer el estado funcional de sus pacientes. Los resultados obtenidos ofrecían información sobre la repercusión de determinadas alteraciones orgánicas sobre las actividades de la vida diaria del sujeto.

- **Tratamiento:** de forma similar a las aplicaciones en la fase del diagnóstico médico, las pruebas de valoración ofrecieron al personal sanitario información objetiva de múltiples parámetros que permiten establecer la capacidad del sujeto para realizar actividades. Esta información presentó un gran potencial en la toma de decisiones relacionadas con la selección de los tratamientos más adecuados para el paciente, ya sean de naturaleza física o farmacológica.
- **Rehabilitación:** la información obtenida mediante las técnicas de valoración abrió la puerta a la prescripción de tratamientos rehabilitadores más eficaces mediante la monitorización de su evolución. Las técnicas desplegadas sirvieron para analizar las funciones alteradas, mostrando el alejamiento de los parámetros frente a la normalidad. De este modo los tratamientos rehabilitadores pudieron orientarse hacia el refuerzo de las capacidades disminuidas o alteradas.
- **Caracterización de patologías:** la caracterización patológica se estudió desde muchos puntos de vista. La valoración funcional mediante técnicas objetivas permitió analizarlas desde la perspectiva de la función; es decir, evaluar en qué grado las alteraciones biológicas, orgánicas, conductuales o de cualquier otra índole, afectan a la capacidad de una persona para realizar distintas actividades.

A la vista de la información expuesta en este apartado, y a pesar de la implantación desigual de las aplicaciones biomecánicas en las diferentes entidades identificadas, se puede afirmar que las metodologías desarrolladas presentan una utilidad clínica en el marco de la valoración funcional, aportando valor, rigor y objetividad en los procesos de evaluación clínica del daño corporal.

3.2.6. RESULTADOS ALCANZADOS POR LOS USUARIOS

A la vista de la información mostrada hasta el momento, con 65 entidades usuarias y más de 250 profesionales sanitarios cuya actividad profesional gira en torno a las aplicaciones de valoración, resulta imprescindible realizar un análisis de la explotación práctica de las soluciones propuestas.

Este análisis se ha realizado partiendo de la información presentada en las distintas ediciones de las Jornadas de Usuarios, donde los profesionales clínicos implicados en los procesos de valoración han venido exponiendo sus experiencias, así como los resultados más representativos de los trabajos realizados en esta materia. No en vano, estas jornadas se han consolidado como el foro de referencia de esta especialidad médica, tal y como se desprende de la creciente evolución de participantes y con sus más de 140 ponencias desde su primera edición (Figura 69).

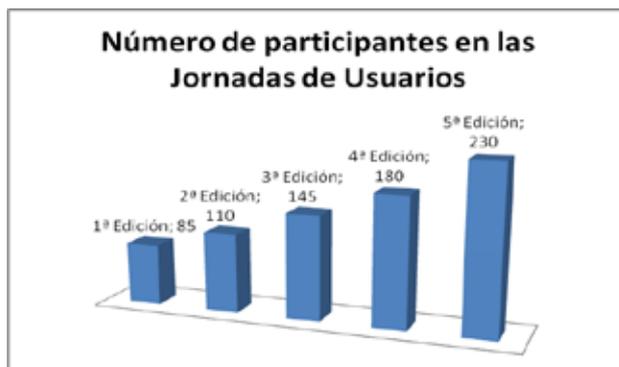


Figura 69. Evolución del número de participantes en las Jornadas de Usuarios

Adicionalmente, en este apartado también se han analizado los principales trabajos de investigación aplicada realizados por los usuarios, y que fueron presentados al Premio IBV en Técnicas de Valoración Funcional. Hasta la fecha se cuenta con más de 30 trabajos de investigación de estas características.

3.2.6.1. RESULTADOS ALCANZADOS POR LOS AGENTES DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS PERTENECIENTES AL ÁMBITO DE LA MEDICINA LABORAL

Las aplicaciones prácticas de las soluciones tecnológicas descritas en este proyecto de tesis presentan una naturaleza muy diversa. En términos generales, se puede afirmar que los resultados de las valoraciones han contribuido a avanzar en el nivel de conocimiento existente en relación a la caracterización biomecánica de determinados trastornos musculoesqueléticos, su diagnóstico, el seguimiento y control de los tratamientos, así como la cuantificación de su efectividad.

En este sentido, la aplicación y explotación de los laboratorios en el ámbito de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social ha sido muy significativa. La mayor parte de su aprovechamiento se ha centrado en los procesos que rodean a la gestión de incapacidades y al control de la rehabilitación de trabajadores lesionados.

La experiencia acumulada en los últimos años por las MATEPESS, en relación a la explotación de los laboratorios, ha dado como resultado multitud de datos que ilustran el nivel de implantación de las soluciones propuestas. En este sentido, conviene destacar la labor práctica desplegada por dos de las principales mutuas usuarias de este tipo de tecnologías: Ibermutuamur y Asepeyo. Según los datos recogidos en la memoria de actividades 2010 de Ibermutuamur, el total de pruebas de valoración biomecánica realizadas por sus 5 unidades instaladas hasta ese momento, alcanzó las 2.477. Asepeyo por su parte, en esa misma anualidad, realizó en sus 5 laboratorios un total de 4.411 valoraciones funcionales, correspondientes a un total de 1.915 trabajadores en situación de IT. Éste último dato supuso un incremento del 15% en el número de pruebas en relación a las realizadas por sus unidades durante el año 2009.

La ejemplificación de la utilidad de las unidades de valoración ha sido recogida por todas y cada una de las mutuas usuarias. En particular, los resultados alcanzados por el laboratorio de Ibermutuamur Madrid son sin duda, muy representativos de la explotación de las unidades que se ha realizado en este ámbito. En este caso, la experiencia alcanzada por este servicio en relación al estudio de la influencia de la valoración funcional de la patología lumbar en la evolución de IT es una de las más significativas. Según los datos manejados en el servicio, un total de 367 pacientes en situación de IT por dolor lumbar fueron atendidos en la unidad en el periodo comprendido entre septiembre de 2005 y junio de 2010. Las razones de la solicitud de la prueba biomecánica en estos casos se debe fundamentalmente a tres motivos: valorar la situación clínica del paciente con el objetivo de que su médico de control defina el protocolo de actuación sobre el trabajador, valorar un alta laboral una vez los procesos de rehabilitación se consideran agotados (bien por curación o por propuesta de secuelas) y finalmente, por control evolutivo del proceso de rehabilitación.

En términos generales, aproximadamente el 60% de los casos valorados en esta unidad se corresponde con trabajadores que se reincorporan a su puesto de trabajo sin ningún tipo de secuela. Por su parte el otro 40% presenta algún grado de incapacidad que requiere una propuesta de valoración.

En relación a la influencia de las pruebas de valoración en los días de IT posteriores a la realización de las mismas, se cuantifica de media, para el caso de las lumbalgias en Ibermutuamur Madrid, en unos 65 días. En estos casos existe una correlación positiva entre el resultado de la prueba y la situación laboral final del 70%, cuando el diagnóstico de la prueba resulta ser no patológico y la resolución es alta sin secuelas. Por el contrario, cuando el diagnóstico es patológico y la situación final pasa a ser alta con secuelas, la correlación asciende al 60%.

Esta correlación significativa también se recoge en un estudio publicado por Asepeyo en 2009 (López *et al.*, 2009). En este estudio se realizó un análisis del uso de las herramientas de valoración funcional desarrolladas en dolencias lumbares de origen laboral. Su propósito era analizar el funcionamiento de la Unidad de Valoración Funcional que la mutua tiene en San Cugat en relación a la gestión de IT por dolor lumbar.

Para llevarlo a cabo se realizó un estudio retrospectivo en el que se recopilaron los datos de 135 bajas laborales por lumbalgia común en Asepeyo, a nivel de la comunidad autónoma de Cataluña, entre los años 2004 y 2005. Se compararon los periodos promedios de IT entre los pacientes a quienes se realizó la valoración funcional con las técnicas descritas en este proyecto, y quienes siguieron un proceso estándar. Se estudió la correlación entre el resultado de la prueba funcional y el periodo de baja posterior a la realización de la prueba, permitiendo estimar el ahorro económico entre 250.000 y 350.000 €, en función del instante en el que se realice la prueba, y una reducción media de los días de baja de larga duración de 69 en CP y 117 en CC.

Este ahorro económico residió en la reducción de la compensación económica por IT, en la disminución del gasto directo en pruebas complementarias, tratamientos, desplazamientos del paciente y los gastos farmacéuticos asociados.

Otro resultado derivado de la utilización de las unidades de valoración funcional en el ámbito de las MATEPSS reside en la determinación objetiva de secuelas. Su utilización

ha permitido a los peritos realizar diagnósticos más precisos, descartando conductas magnificadoras o exageradoras, y realizar propuestas de incapacidad que posteriormente fueran ratificadas por el INSS. En este sentido, debido a su frecuencia y su importancia económica, la mayor dificultad para las MATEPSS reside en la discriminación entre las incapacidades permanentes totales (IPT), las parciales (IPP) y las lesiones permanentes no invalidantes (LPNI). La determinación de una IPT supone de media un coste entre 150.000 - 200.000 € mayor que un LPNI o una IPP.

En este dato se sustenta la conclusión del estudio desarrollado por Asepeyo (López *et al.*, 2009), en el cual se concluía que la incorporación de las unidades de valoración funcional en los procesos internos de las MATEPSS suponía una inversión con un periodo de amortización menor de un año.

Esta afirmación quedó corroborada por los principales agentes del sector de la valoración médica laboral en la cuarta edición de las Jornadas de Valoración Funcional IBV (2009). En ellas, tuvo lugar un encuentro técnico en el que participaron directores médicos provinciales y jefes de servicio de las principales mutuas del país, junto con una representación significativa de la dirección del Instituto Nacional de la Seguridad Social. Entre las conclusiones alcanzadas se destacó que las pruebas de valoración biomecánica desarrolladas presentan una gran utilidad clínica en la emisión de juicios objetivos y en la aportación de argumentos no manipulables en los que apoyar la emisión de dictámenes más ajustados a una realidad constatada instrumentalmente, con la consiguiente optimización de los procesos implicados y el consecuente ahorro de costes. Esta conclusión fue alcanzada por la experiencia práctica presentada por todos ellos, y por la aparición paulatina y constante de sentencias judiciales argumentadas a partir de los resultados de las aplicaciones.

En relación a este último aspecto, la jurisprudencia española en esta materia establece que para valorar el grado de incapacidad de un trabajador lesionado, más que atender a las lesiones concretas que presenta, hay que atender a las limitaciones que las mismas representan para el desarrollo de su actividad laboral (STS 29/9/87), debiéndose realizar la valoración de las capacidades residuales atendiendo a las limitaciones funcionales derivadas de los procedimientos sufridos (STS 6/11/87), ya que son éstas y no las lesiones las que van a impedir a una persona el desarrollo de una profesión determinada.

Esta exigencia legal llevó a que los resultados de los laboratorios de valoración funcional pronto se extendieran en los supuestos de peritación médica y en las vistas judiciales como instrumentos para acreditar limitaciones en la función.

En la colección de casos tramitados por los servicios jurídicos de Ibermutuamur destaca la utilización favorable para la mutua de los resultados del laboratorio, no sólo porque han sido tenidos en cuenta por los Juzgadores de Instancia correspondiente, sino también porque se han reconocido como hechos probados para la fundamentación del fallo de la sentencia o en los fundamentos de Derecho de la misma.

Algunos datos en los que se apoya esta afirmación se encuentran recogidos en las sentencias de los casos presentados por Ibermutuamur a lo largo del año 2007. Durante este periodo los servicios jurídicos de la mutua presentaron a juicio un total de 11 casos en los que se había practicado alguna de las pruebas de valoración desarrolladas en este

proyecto de tesis. De entre todos ellos, en 7 se alcanzaron resultados positivos para la Mutua, en calidad tanto de demandante como de demandado.

En los 7 casos positivos, 4 fueron como consecuencia de valoraciones funcionales referidas a los miembros superiores y 3 a miembros inferiores. En todos estos casos, cabe destacar que el Juzgador de Instancia dio importancia y credibilidad al resultado de tales pruebas, en tanto que fueron recogidos o bien en la relación de hechos probados, o fueron valorados como determinantes del fallo en la fundamentación jurídica de la sentencia.

Una experiencia similar se ha dado en la mutua Asepeyo, la cual también presenta una dilatada experiencia en relación a la utilización de las pruebas de valoración funcional dentro del ámbito judicial. En este caso, el aprovechamiento de las aplicaciones tecnológicas se ha centrado en la aportación de datos objetivos en los que sustentar las sentencias judiciales donde se dirimen las indemnizaciones compensatorias por accidente laboral.

En el periodo comprendido entre el año 2010 y 2011, Asepeyo ha recogido un total de 6 sentencias favorables (5 relacionadas con lesiones en el miembro inferior y 1 del raquis lumbar). En todos los casos, la información proporcionada por las aplicaciones fue incorporada en la relación de hechos probados o tenida en cuenta por el Juzgador de Instancia para argumentar el fallo, ratificando de esta forma las propuestas de LPNI realizadas por la mutua en lugar de otras indemnizaciones solicitadas por los demandantes (IPP, IPT o IPA).

En los anexos se pueden consultar los textos completos de las sentencias referidas.

Desde una perspectiva asistencial, la incorporación de las unidades de valoración funcional dentro de las MATEPSS y empresas de valoración, ha permitido mejorar los procesos de diagnóstico del estado real del paciente a nivel físico, resultando de gran valor para llegar a determinar el origen de la dolencia y diseñar el tratamiento más adecuado para el trabajador lesionado. En relación a este tema son numerosas las referencias de aplicación que ilustran este resultado. Un ejemplo de ello, lo encontramos en el trabajo publicado por los responsables de la unidad de biomecánica de Ibermutuamur en Madrid (Lorenzo *et al.*, 2008) en relación al análisis evolutivo del patrón funcional de marcha en pacientes con fractura de calcáneo por accidente laboral. En este trabajo se realizó el seguimiento de 58 pacientes afectados, analizando su patrón de marcha mediante la aplicación NedAMH/IBV a lo largo de todo su proceso de rehabilitación. Los resultados alcanzados concluyeron que el empleo de técnicas biomecánicas de valoración funcional resultaba de gran utilidad en el seguimiento evolutivo de la lesión, permitiendo analizar de manera objetiva los avances alcanzados en la capacidad de deambulación, y ayudar al especialista en la toma de decisiones médicas respecto a la actitud a seguir desde el punto de vista de su reinserción laboral.

Estos mismos resultados fueron alcanzados por la unidad de valoración del Hospital Asepeyo San Cugat cuando valoraron con la aplicación NedAMH/IBV a una muestra de 10 pacientes afectados de lesiones a nivel de retropié (Bausà *et al.*, 2007). Los resultados alcanzados demostraban la idoneidad del uso del análisis de la marcha mediante plataformas dinamométricas para diferenciar objetivamente entre la población afectada y sana. De esta manera, se postulaba la valoración biomecánica de la marcha

como prueba clínica complementaria para la obtención de diagnósticos funcionales más eficaces en traumatismos del pie de origen laboral.

Otros ejemplos similares se encuentran en los trabajos realizados por la empresa Invalcor en relación al control postural de pacientes afectados de latigazo cervical (Pleguezuelos, 2009). De la aplicación práctica del sistema NedSVE/IBV, a una muestra de 54 pacientes afectados de latigazo cervical, se concluyó que resulta necesario instaurar un plan terapéutico específico en las primeras fases de la lesión siempre que existan vértigos. De lo contrario se objetiva un aumento significativo en el tiempo de incapacidad temporal derivada por la lesión.

Otros centros de valoración como Baasys Biomecánica Aplicada, han tenido un papel relevante en el uso de las soluciones tecnológicas propuestas. Esta empresa con delegaciones en Cataluña, Comunidad Valenciana, Madrid y Galicia, se ha convertido en una de las entidades donde las pruebas desarrolladas en este proyecto han tenido una mayor relevancia, no en vano, esta empresa ha desplegado un total de 17.000 pruebas biomecánicas desde su fundación en 1993, siendo unas 2.000 aproximadamente de miembro inferior en las que la aplicación NedAMH/IBV ha tenido un papel fundamental. Entre otras aplicaciones, destaca la labor de su equipo médico en los hallazgos alcanzados en relación a la aplicación del sistema NedAMH/IBV en la valoración de pacientes con patología de rodilla de origen laboral, el cual ha sido incorporado por sus profesionales en los procedimientos de evaluación de este tipo de dolencias por constituir una prueba fiable y sensible a la hora de realizar diagnósticos clínicos más precisos. Estas conclusiones fueron expuestas por la Dra. Catalina Piqueras, responsable médico del laboratorio que la empresa tiene ubicado en Barcelona, durante la celebración de las IV Jornadas de Usuarios (Valencia, 2009).

Finalmente, en relación con la aplicación de las técnicas de valoración en el contexto de la cirugía, y más concretamente de la realizada en el marco de la actividad de la MATEPSS, se encuentran algunos ejemplos significativos como los desarrollados por el laboratorio de Unión de Mutuas Villareal. Esta mutua se ha caracterizado por ligar la actividad de la unidad de valoración con sus servicios de traumatología y cirugía ortopédica. En este sentido, destaca el protocolo interno de valoración de trabajadores aquejados de hernias discales y que son tratados quirúrgicamente. Este protocolo clínico contempla la realización de pruebas de valoración funcional lumbar mediante el sistema NedLumbar/IBV, con la finalidad de proporcionar al equipo de cirujanos información objetiva de la movilidad de la estructura articular intervenida.

Aplicaciones similares han sido desplegadas por Unión de Mutuas en relación al estudio de la eficacia terapéutica de determinados tratamientos quirúrgicos en base a la recuperación funcional proporcionada. Es el caso del estudio presentado por Baydal *et al.* en 2007 en el 4th International Biomechanics Conference, el cual ponía de manifiesto que, desde un punto de vista funcional, no se justificaba la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla mediante la técnica de doble fascículo, más costosa y con mayores tiempos medios de convalecencia del paciente, en comparación con las técnicas convencionales de fascículo único.

Este tipo de estudios pusieron de manifiesto la utilidad de las pruebas biomecánicas para la práctica profesional de los médicos de control de las MATEPSS, ya que a partir de

ellos, obtienen información relevante sobre qué casos son candidatos de ser intervenidos quirúrgicamente y cuales por el contrario, deben ser tratados por medios conservadores, optimizando los recursos de los que dispone la entidad, y así ajustar las duraciones medias de los procesos de reincorporación laboral.

3.2.6.2. RESULTADOS ALCANZADOS POR LOS AGENTES DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS PERTENECIENTES AL ÁMBITO HOSPITALARIO

Aunque el objetivo principal de este proyecto de tesis se centra en la transferencia de las aplicaciones biomecánicas para su utilización en el ámbito de la medicina laboral, cabe destacar resumidamente la actividad realizada en otros ámbitos como la medicina asistencial, la formación o la investigación en ciencias de la salud.

En términos generales, han sido muchos los ámbitos clínicos donde las pruebas de valoración han tenido una presencia significativa. Destaca por encima de todas las aplicaciones en Medicina Física y Rehabilitación, fundamentalmente en la evaluación de la efectividad de determinados tratamientos y caracterización biomecánica de patologías, la Cirugía Ortopédica y Traumatología, en lo referente a la validación de determinadas intervenciones quirúrgicas, la Otorrinolaringología, en el estudio del vértigo de origen vestibular, y en menor medida, la Reumatología y Neurología, principalmente en la evaluación de la efectividad de tratamientos propios de estas especialidades.

Fuera de los ámbitos asistenciales, la caracterización biomecánica de patologías también ha tenido su utilidad y relevancia; principalmente en los departamentos universitarios. En este sentido, los resultados proporcionados por las aplicaciones han contribuido a la caracterización funcional de determinadas patologías, facilitando la definición de programas terapéuticos específicos (Cabeza *et al.*, 2010).

Dentro del ámbito de la universidad también se han realizado diversas aplicaciones de los resultados de este proyecto de tesis en relación a la valoración y seguimiento de deportistas de élite (Alakhdar, 2008).

4

CONCLUSIONES

En lo que sigue se presentan de forma ordenada las conclusiones que se extraen de esta tesis. Así mismo se incluye un apartado final en el que se plantean futuras líneas de investigación derivadas de los resultados alcanzados.

4.1. CONCLUSIONES

Una vez expuestos en el capítulo anterior los resultados obtenidos en este proyecto de tesis en relación a las metodologías de valoración funcional desarrolladas, el modelo de transferencia definido y la explotación de las soluciones propuestas por parte de las entidades usuarios, se presentan a continuación las principales conclusiones:

1. Se han desarrollado y validado clínicamente una serie de procedimientos de valoración funcional, basados en análisis biomecánico, capaz de caracterizar objetivamente el nivel de afectación de los principales trastornos musculoesqueléticos que afectan a la población laboral española.
2. Se ha demostrado la utilidad práctica de los procedimientos de valoración definidos en los procesos involucrados en la gestión de la IT, la prestación de incapacidades y el control y seguimiento de los tratamientos rehabilitadores de trabajadores lesionados.
3. Las pruebas de valoración funcional biomecánica desarrolladas han propuesto un nuevo marco de referencia en relación al diagnóstico y gestión de la simulación. El número de sentencias judiciales que recogen los resultados de las pruebas biomecánicas como parte de los hechos en relación a este asunto, o los estudios realizados por las propias MATEPSS corroboran la utilidad de las mismas en la mejora de la asignación equitativa y justa de los servicios sociales españoles.

4. Estas metodologías, tras una etapa de consolidación del conocimiento en el que se sustentan, han podido ser encapsuladas en lo que se ha definido como aplicación biomecánica, la cual trasciende de lo que es un instrumento de medida, integrando todos los componentes necesarios para poder ser utilizado por profesionales no expertos en análisis biomecánicos.
5. Se ha definido un modelo de transferencia basado en la evolución continua de las aplicaciones, adaptándolas a la realidad de los profesionales de la valoración médica laboral y de las entidades en las que desempeñan su actividad, así como en la creación de instrumentos de colaboración continua entre el equipo desarrollador de las soluciones propuestas y los potenciales usuarios.
6. El modelo de transferencia desarrollado ha demostrado su sostenibilidad temporal, consiguiendo una masa crítica de usuarios relevantes entre las principales MATEPSS del país y empresas del sector de la valoración médica.
7. Las unidades de valoración funcional definidas a partir de las aplicaciones que constituyen en laboratorio de valoración funcional se han convertido en instrumentos rentables por sí mismas para las entidades usuarias, tal y como se desprende del número de laboratorios instalados, su progresión en el tiempo y el número de valoraciones y pacientes analizados por cada una de ellas.
8. El significativo incremento en la creación de unidades y laboratorios de valoración funcional basados en los desarrollos de este trabajo de tesis, ha permitido la creación de una nueva intensificación médica donde muchos profesionales de la rehabilitación y la medicina laboral desarrollan su actividad profesional. Este dato se desprende del alto porcentaje de profesionales que se dan cabida en las Jornadas de Valoración Funcional organizadas anualmente por el IBV (más de 250 profesionales en 2011).
9. Los resultados de la transferencia tecnológica realizada avalan la creación de un marco nacional de referencia en torno a la valoración laboral médica, siendo reconocida así por parte del Instituto Nacional de la Seguridad Social.
10. El crecimiento del número de entidades usuarias y la implicación social y judicial de los resultados de las aplicaciones propuestas, ha permitido consolidar una línea de investigación básica dentro del IBV relacionada con la valoración de las funciones humanas.
11. Del mismo modo que las MATEPSS, iniciativas privadas han apostado por la potencialidad de los resultados de este proyecto de tesis, creándose empresas prestadoras de servicios de valoración biomecánica con un marcado acento innovador y tecnológico.

4.2. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Como ha sido comentado en apartados anteriores, en este proyecto de tesis se han desarrollado procedimientos de valoración, materializados en las aplicaciones biomecánicas, para objetivar el estado funcional de los pacientes afectados de los trastornos musculoesqueléticos más prevalentes en el ámbito laboral español. En este sentido, se ha trabajado en la caracterización funcional de los trastornos del raquis lumbar y cervical, hombro y los trastornos de la bipedestación y marcha. No obstante, son todavía muchos los trastornos que requieren ser evaluados y con un lugar relevante dentro de la medicina laboral; algunos de ellos son los propios de la articulación de la mano-muñeca, rodilla o codo.

Por otro lado, las metodologías desarrolladas se centran en actividades sencillas de la vida diaria con independencia de cuál sea el puesto de trabajo al que un paciente, después de un periodo de IT, deba reincorporarse. Esto abre la puerta a la caracterización funcional personalizada, es decir, intentar desarrollar los protocolos y metodologías necesarias para valorar funcional y biomecánicamente los requerimientos de cualquier puesto de trabajo que realmente se encuentran comprometidos por la lesión del paciente.

Del mismo modo, los trastornos analizados en este proyecto se han centrado exclusivamente en el aparato locomotor y más concretamente en el sistema musculoesquelético; la aplicación de la misma metodología de trabajo en los trastornos mentales, cognitivos o sensoriales, igual de importantes para el desarrollo de cualquier actividad laboral, abre un sinfín de posibilidades en futuras líneas de investigación como por ejemplo, la determinación del momento más adecuado para la jubilación.

Finalmente, los resultados de este trabajo han tenido un marcado sesgo hacia el ámbito de la medicina laboral, tal y como se recoge en los objetivos y plan de trabajo, no obstante, las incipientes aplicaciones de los resultados de esta tesis en el ámbito hospitalario y asistencial abren la posibilidad de aplicar este tipo de desarrollos en estos campos. Sin embargo, este paso pasa necesariamente por una etapa de reinención tecnológica, a fin de adaptarse a la realidad asistencial de los profesionales sanitarios de las entidades público-privadas, así como a los niveles de afectación funcional más agudos propios de sus pacientes.

5

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA EUROPEA DE SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO (2008) Workrelated musculoskeletal disorders: Prevention report.
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION (1995). Guías para la evaluación de las deficiencias permanentes. 4ª ed. Madrid: IMSERSO.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION DIAGNOSTIC AND STATISTICAL MANUAL OF MENTAL DISORDERS (1994). 4 ed. Washington DC: American Psychiatric Press; 1994. (Traducción española: DSMIV. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. Barcelona: Masson).
- ANDERSON, G.B.J.; ANDRIACCHI, T.P.; GALANTE, J.O. (1981) Correlations between changes in gait and in clinical status after knee arthorplasty. Acta Orthop.Scand. 52: 569-573.
- ANTONACI, F.; BULGHERONI, M.; GHIRMAI, S.; LANFRANCHI, S. (2002). 3D kinematics analysis and clinical evaluation of neck movements in patients with whiplash injury. Cephalalgia, 22: 533–542.
- ARANCÓN VIGUERA, A. (2002). Estudio Epidemiológico sobre la Incapacidad Permanente para el Trabajo. Revista de Medicina General, 45: 462-470.
- ARYA, A.P.; LEES, A.; NIRULA, H.C.; KLENERMAN, L.A. (1995) Biomechanical comparison of the SACH, Seattle and Jaipur feb using ground reaction forces. Prosthetics and Orthotics Internacional, 19:37-45.
- ASHER, R. (1951) Munchausen´s syndrome. Lancet 1: 339-341. BADÍA, X. (2002) La medida de la salud. Guía de escalas de medición en español. Barcelona: Edimac.

- BADIA, X.; Salamero, M.; Alonso, J. (1999) La medida de la salud. Guía de escalas de medición en español; 2ª edición, Barcelona: Edimac.
- BAJD, T.; KRALJ, A.; TURK, R. (1982) Standing up of a healthy subject and a paraplegic patient. *J Biomech.* 15(1), 1-10.
- BALTES, M.M. (1996) The many faces of dependency in old age. Cambridge, Cambridge University Press.
- BARER, D. ; NOURI, F. (1989) Measurement of activities of daily living. *Clin. Rehabil.* 3:179-187.
- BARER, D., NOURI, F. (1989) Measurement of activities of daily living. *Clinica Rehabilitation.* 3: 179-87.
- BARONA DE GUZMÁN, R.; MARTÍN SANZ, E.; PLATERO ZAMARREÑO, A. (2007) Exploración de la función vestibular. Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. *Otología (2ª Ed.)* Capítulo 87, Tomo II. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
- BAUSÁ, R.; DALMAU, A.; BARRACHINA, J.; PEYDRO, F. (2007) Kinetic gait análisis in sequels of hindfoot injuries. Preliminary results. *Foot Ankle Surg.* 13(2) 63-66.
- BAYDAL, J.M.; ALEPUZ, E.; ANTOLÍ, M. (2007) New methodology for the evaluation of the anterior cruciate ligament reconstruction. Salford's 4th International Biomechanics Conference. College of Health & Social Care, University of Salford, Salford, Manchester.
- BAYDAL, J.M.; BARBERÀ, R.; SOLER, C.; PEYDRO, M.F.; PRAT, J.; BARONA, R. (2004) Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta de Otorrinolaringología Esp.* 55: 260-269.
- BAYDAL, J.M.; PAGE, A.; BELDA, J.M.; GARRIDO J.D.; PRAT, J. (2010) Neck motion patterns ins whiplash-associated disorders. Quantifying variability and spontaneity of movement. *Clin. Biomech.* (Pendiente de publicación).
- BAYDAL, J.M.; SERRA, P., GARRIDO, J.D.; LÓPEZ, J.; MATEY, F.; SOLER, C.; GIMENO, C.; DEJOZ, R. (2007). Desarrollo de una nueva metodología para la valoración de la movilidad cervical basada en técnicas de fotogrametría. *Rehabilitación;* 41(2):53-60
- BESELER, M.R. (1997) Estudio de los parámetros cinéticos de la marcha del paciente hemipléjico mediante plataformas dinamométricas. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Departamento de Medicina. Ed. Universitat de València. Servei de Publicacions.
- BEVAN, S.; PASSMORE, F.; MAHDON, M. (2007) Fit for Work. Musculoskeletal Disorders and Labour Market Participation. Landec Ltd. Lancaster University Printing.
- BLACK, F.O. (2001) Clinical status of computerized dynamic posturography in neurotology. *Curr Op Otolaryngol Head Neck Surg,* 9: 314-318.

- BLOOM HOOVER, J.A. (1996) Diversional occupational therapy in World War I: a need for purpose in occupations. *AJOT*; 50(10): 881-5.
- BONIVER, R. (1994) Posture et posturographie. *Rev Med Liege*. 49(5): 285-90
- BOROBIA, C. (2006). Valoración del Daño Corporal. Miembro Superior. Barcelona. Elsevier Masson
- BOROBIA, C. (2008). Valoración del Daño Corporal. Columna, pelvis y parrilla costal. Barcelona. Elsevier Masson.
- BOTTINO, A.; LAURENTINI, A. (2001) A silhouette based technique for the reconstruction of human movement. *Computer Vision and Image Understanding* 83:79-95.
- BRENIERE, Y.; DO, M.C. (1986) When and how does steady state gait movement induced from upright posture begin? *Journal of Biomechanics*. 19(12): 1035-1040.
- BRENNAN, A.M.; GOUVIER, D. (2006) Are We Honestly Studying Malingerers? A Profile and Comparison of Simulated and Suspected Malingerers. *Applied Neuropsychology*; 13(1):1-11.
- BROX, J.L. (2003) Regional musculoskeletal conditions: shoulder pain, *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 17: 33-56.
- BULGHERONI, M.V.; ANTONACI, F.; GHIRMAI, S.; SANDRINI, G.; NAPPI, G.; PEDOTTI, A. (1998) A 3D kinematic method for evaluating voluntary movements of the cervical spine in humans. *Funct. Neurol*. 13(3): 239-245.
- CÁMARA TOBALINA, J.; TEJADA, P.; ANZA, M.S.; MIRANDA, M. (2009) Estudio clínico y cinético del tratamiento intraarticular de la gonartrosis con ácido hialurónico. *Rehabilitación*; 43(4):160-166.
- CAROD-ARTAL, F.J.; EGIDO-NAVARRO, J.A.; GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ, J.L.; VARELA DE SEIJAS, E. (1999) Coste Directo de la Enfermedad Cerebrovascular en el Primer Año de Seguimiento. *Rev. Neurol*; 28: 1123-30.
- CASADO MORALES, M.I.; MOIX QUERALTÓ, J.; VIDAL FERNÁNDEZ, J. (2008) Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar. *Clínica y Salud* 19(3): 379-392.
- CASTILLO, J.; CHAMORRO, A.; DÁVALOS, A.; DÍES TEJEDOR, E.; GALBÁN, C.; MATÍAS-GUIU, J. (2000) Atención Multidisciplinaria del Ictus Cerebral Agudo. *Med. Clin.*; 114:101-116.
- CAVANAGH, P.R.; ULBRECHT, J.S. (1991) Plantar pressure in the diabetic foot. En: Editor Sammarco GJ. *The foot in Diabetes*, Philadelphia: Lea & Febiger; 54-71.
- CHARNIAK, E.; MCDERMOTT, D. (1985) *Introduction to artificial intelligence* Addison Wesley, Reading, Mass., USA.

- CHEUNG, G.; BAKER, S.; KANADE, T. (2003) Shape-from-silhouette of articulated objects and its use for human body kinematics estimation and motion capture. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition: Madison, WI: IEEE:77-84.
- CLANCEY, W.J.; SHORTLIFFE, E.H. (1984) Readings in medical artificial intelligence: The first decade. Addison-Wesley, readings, Mass., USA.
- CLARKE, T.E.; FREDERICK, E.C.; COOPER, L.B. (1983) Biomechanical measurement of running shoe cushioning properties. En Biomechanical aspects of sport shoes and playing surfaces, Calgary University Printing, 25-33.
- CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE DEFICIENCIAS, DISCAPACIDADES Y MINUSVALÍAS. (1997) Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Madrid, IMSERSO, 3ª Edición.
- CLIMENT, J.M.(2001) Historia de la Rehabilitación Médica. De la Física terapéutica a la Reducción de Inválidos. Barcelona: Edikamed
- CLIMENT, J.M.; BADÍA, X. (1998) La medición del estado de salud en rehabilitación ¿Capacidad funcional o calidad de vida? Rehabilitación. 32: 291-294.
- COGHLIN, S.S.; MCFAYDEN, B.J. (1994) Transfer strategies used to rise from a chair in normal and low back pain subjects. Clin Biomech. 9(2), 85-92. COHEN, M.; MARINO, R.J. (2000) The tolos of disability outcomes research functional status measures. Arch. Phys. Med. Rehabil. 81, Suppl 2,: S21-S29.
- COLOMER FONT, C.; REVERT SANZ, M.; BERMEJO CUTANDA, C.; NAVALÓN SÁNCHEZ, N.; CHIRIVELLA GARRIDO, J.; NOÉ SEBASTIÁN, E.; FERRI
- CAMPOS, J. (2006) La plataforma NedAMH/BV como indicador de cambios tras sesiones de rehabilitación con el robot Lokomat. Revista de Biomecánica, 46: 5-8
- COMISIÓN EUROPEA (2007) Libro Verde. El Espacio Europeo de Investigación: Nuevas Perspectivas.
- COMMISSARIS, D.A.; TOUSSAINT, H.M. (1997) Load knowledge affects low-back loading and control of balance in lifting tasks. Ergonomics. 40(5), 559-575.
- CORTÉS FABREGAT, A.; HERNÁNDEZ ROYO, A.; ALMAJANO MARTÍNEZ S.; IZQUIERDO PUCHOL A.; ORTOLÁ PASTOR, MD. (2001) Eficacia del tratamiento de la gonartrosis con Ácido Hialurónico intraarticular. Valoración funcional basada en parámetros cinéticos. Rehabilitación (Madr); 35(4):195-201
- CORTÉS, A.; IZQUIERDO, A.; ORTOLÁ, MD.; ALMAJANO, S.; HERNÁNDEZ, A.; VICENT, A. (2004) Tratamiento de la gonartrosis con ácido hialurónico intrarticular. Valoración funcional de la marcha a los seis meses de tratamiento. Rehabilitación; 38(3):122-8.
- CORTÉS, A.; PEYDRO, M.F.; GARRIDO, J. D.; VIVAS M.J. (2001) Evaluación Biomecánica de las lumbalgias. Evaluación y Tratamiento de las Secuelas Postraumáticas I: Miembro Superior y Raquis. XXXII Simposium Internacional de Traumatología y Ortopedia Fremap. Madrid.

- CORTÉS-FABREGAT, A.; BAYDAL-BERTOMEU, J.M.; VIVAS-BROSETA, M.J.; GARRIDO-JAÉN, D.; PEYDRO, M.F.; ALCÁNTARA-ALCOVER, E.; ALEMANY-MUT, S.; ATIENZA-VICENTE, C. (2008) Contribución del análisis cinético de la marcha a la valoración de los trastornos del equilibrio de origen otorrinolaringológico. *Rehabilitación*. Madrid. 42 (4):187-94.
- CROWE, A.; SCHIERECK, P.; DE BOER, R.; KEESEN, W. (1993) Characterization of gait of young adult females by means of body centre of mass oscillations derived from ground reaction forces. *Gait & Posture*, 1: 61-68.
- DE LA CAMARA, A.G. (2004) Characterization of diagnostic tests. *Neurologia* 19 (1): 31-38
- DEUTSCHER, J.; BLAKE, A., REID, I. (2000) Articulated body motion capture by annealed particle filtering. *Computer Vision and Pattern Recognition: Hilton Head Island, SC, USA*. IEEE.
- DIAZ-ALCRUDO, R. (1950) *Enfermedad Simulada: Clínica y Peritación*. Madrid: Raigal.
- ELLIOT, B.; MARSH, T.; BLANKSBY, B. (1986) A three-dimensional cinematographic analysis of the tennis serve. *Int. J. Sport Biomech.* 2, 260-271
- FERNANDEZ FERNANDEZ, G. (1985) Aplicaciones médicas de los sistemas expertos. *Novática* 11(62): 33-40. FISHER, L.D.; VAN BELLE, G. (1993) *Biostatistics*. Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- FLÓREZ GARCÍA, M.T.; GARCÍA PÉREZ, F. (2006) *Dolor Lumbar. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física*. Madrid. Panamericana.
- FLÓREZ, M.T.; GARCÍA, F.; VALVERDE, M.D.; CONEJERO, J.A. (1992) Correlaciones clínicoradiológicas en el dolor vertebral. *Rehabilitación*. 26(4), 258-268.
- FRATTALI, CM. (1993) Perspectives on functional assessment: its use for policy making. *Disab. and Rehab.* 15:1-9.
- FREY, W.D. (1984) Functional assessment in the '80s, a conceptual enigma, a technical challenge. *Functional assessment in Rehabilitation*. Ed. Halpern, AS y Fuhrer, MJ. Paul H. Brookes Publishing Co. Baltimore, 11-43.
- GALLI, M.; CRIVELLINI, M.; SANTAMBROGIO, G.C.; FAZZI, E.; MOTTA, E. (2001) Short-term effects of "botulinum toxin a" as treatment for children with cerebral palsy: kinematic and kinetic aspects at the ankle joint. *Funct. Neurol.* 16(4): 317-23
- GANGOITI, L. (2004) Unidades Específicas Asistenciales. *Daño Cerebral. Rehabilitación*; 38 (6): 313-7
- GARAMENDI, P.M.; LANDA, M.I. (2003) Epidemiología y problemática médico forense del síndrome del latigazo cervical en España. *Cuadernos de Medicina Forense*; 32. 9.

- GARCÍA, R.; CERVERA, J.; MARTÍNEZ, I.; PINA, A. (2010) Nitroglicerina transdérmica en el tratamiento de la tendinopatía aquilea. Mejoría clínica y funcional constatada con test de marcha. A propósito de un caso. *Rev. Rehab.* 44(3):267-270.
- GARRIDO, J.D. (2005) Determinación de los requerimientos que debe cumplir el calzado para pie diabético. *Revista Española de Podología* cuarta época; Volumen XVII, número mayo-junio.
- GARRIDO, J.D. (2007): *Biomechanical Analysis as a Model for Functional Assessment*. 9th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe. Amsterdam. IOS Press.
- GISBERT, J.A. (1991) Simulación y disimulación. In: Gisbert J.A., editor. *Medicina Legal y Toxicología*. 4ª ed. Barcelona: Salvat Editores; 817-833.
- GOLDSTEIN, T.S. (1995a) Disability models: Defining terminology. *Functional rehabilitation in Orthopaedics*. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland; 9-17.
- GOLDSTEIN, T.S. (1995b) *Functional rehabilitation in Orthopaedics*. An Aspen Publication, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland.
- GOLDSTEIN, T.S. (1995c) Measuring function. *Functional rehabilitation in Orthopaedics*, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland; 183-215.
- GOLDSTEIN, T.S. (1995d) Preface. *Functional rehabilitation in Orthopaedics*. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland; 11-12.
- GÓMEZ-FERRER SAPIÑA, R. (2005) Estudio Biomecánico de la Marcha en Pacientes con Artrosis de Cadera. Universitat de València. Servei de Publicacions. Tesis Doctoral.
- GOMOLL, A.H.; KATZ, J.N.; WARMER, J.J.; MILLETT, P.J. (2004) Rotator cuff disorders: recognitions and management among patients with shoulder pain. *Arthritis Rheum.*; 50: 3751-61.
- GONZÁLEZ, M.A.; CONDÓN, M.J. (2000) Incapacidad por dolor lumbar en España *Med Clín.* 114(13), 491-492.
- GRANGER, C.V. (1993) Atención de la salud. Evaluación funcional del paciente crónico. Krusen: *Medicina física y rehabilitación* (4ª Ed.). Ed. Kottke, F.J. y Lehmann, J.F.. Editorial médica Panamericana, Madrid; 281-294.
- GRANGER, C.V. (1998) The emerging science of functional assessment: our tool for outcomes analysis. *Arch Phys Med Rehabil.*; 79: 235-40.
- GREENOUGH, C.G.; FRASE, R.D. (1989) The effect of compensation on recovery from low-back injury. *Spine*; 14 (9): 947-955.
- GREGOR, R.J.; KIRKENDALL, D. (1978). Performance efficiency of world class female marathon runners. In *Biomechanics VI - B*, edited by Asmussen, E. and Jorgensen, K. Baltimore: University Park Press, 40 - 45.

- GUCCIONE, A.A.; CULLEN, K.E.; O'SULLIVAN, S.B. (1988) Functional assessment Physical Rehabilitation. Assessment and Treatment. Editado por O'Sullivan, S.B. y Schmitz, T.J., Davis Company, Philadelphia; 219-235.
- GUTTMAN, S.A. (1997) Occupational Therapy's Link to Vocational Reeducation. AJOT.; 51(10): 907-15.
- HALPERN, A.S.; FUHRER, M.J. (1984) Introduction. Functional assessment in Rehabilitation. Editado por Halpern, AS y Fuhrer, MJ. Paul H. Brookes Publishing Co., Baltimore; 1-9.
- HAMID, M.A.; HUGUES, G.B.; KINNEY, S.E. (1991) Specificity and Sensitivity of Dynamic Posturography. Acta Otolaryngol. (Stockh), Suppl. 481: 596-600.
- HATZE, H. (1981). The use of optimally regularized Fourier series for estimating higherorderderivatives of noisy biomechanical data. J. Biomech. 14: 13 -18.
- HAYES-ROTH, F. (1984) Knowledge-based expert system. Computer, 17(10), 263-273.
- HENRICKSSON, N.G.; JOHANSSON, G.; OLSSON, L.; LOSLUND, H. (1967) Electric analysis of the Romberg test. Acta Otolaryngol (Stockh) 224: 272- 279.
- HERZOG, W.; NIGG, B.; READ, L. (1989) Asymmetry in ground reaction force patterns in normal human gait. Med. Sci. Sports Exerc. 21: 110-114.
- HOFFMAN, R.M.; KENT, D.L.; DEYO, R.A. (1991) Diagnostic accuracy and clinical utility of thermography for lumbar radiculopathy. A meta-analysis. Spine. 16(6): 623-628.
- IKEDA, E.R.; SCHENKMAN, M.L.; RILEY, P.O.; HODGE, W.A. (1991) Influence of age on dynamics of rising from a chair. Phys Ther. 71(6), 473-481.
- INFORME COTEC. (2006) Transferencia a las Empresas de la Investigación Universitaria. Descripción de Modelos Europeos. Madrid. Ed. Fundación COTEC.
- INMAN, V.T.; RALSTON, H.J.; TODD, F. (1981) Human Walking, Williams and Wilkins, Baltimore. Eur. J. Neurol. 12(1): 10-11.
- INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA (2003): Libro Blanco. I+D+I al servicio de las personas con discapacidad y las personas mayores. Valencia. I.B.V.
- JEFFERSON, R.J.; WHITTLE, M.W. (1990) Performance of three walking orthoses for the paralysed: a case study using gait analysis. Prosthet. Orthot. Int. 14; 103-110
- JETTE, A.M.; BADLEY, E. (2002): The dynamics of disaqbility. Conceptual issues in the measurement of work disability. Boston. Hardback.
- JIMENEZ MUTO, M.; PEDRO-CUESTA, J.; ALMAZÁN, J.; HOLMQVIST, W. (2000) Stroke Recovery in South Madrid. Function and Motor Recovery, Resource Utilization, and Family Support. Stroke; 31: 1352-9.

- JONES, F.P.; HANSON, J.A.; MILLAR, J.F.; BOSSOM, J. (1963) Quantitative analysis of abnormal movement: the sit to stand pattern. *Am. J. Phys. Med.* 42: 208-18.
- KHODADADEH, S.; EISENSTEIN, S. (1993) Gait análisis of patients with low back pain before and after surgery. *Spine* 18 (11); 1451-1455.
- KULIKOWSKI, C.A. (1980) Artificial intelligence methods and systems for medical consultation. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2: 464-476.
- LAFUENTE, R.; BELDA, JM.; SÁNCHEZ-LACUESTA, J.; SOLER, C.; POVEDA, R.; PRAT, J. (2000) Quantitative assessment of gait deviation: contribution to the objective measurement of disability. *Gait Posture* 11; 191-198.
- LAFUENTE, R.; DOÑATE, J.J.; POVEDA, R.; GARCÍA, A.; SOLER, C.; BELDA, J. (1999) Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha: puesta a punto de métodos y resultados preliminares. *MAPFRE Medicina*; 10(4): 237-252.
- LAFUENTE, R.; DOÑATE, J.J.; POVEDA, R.; GARCÍA, A.; SOLER, C.; BELDA, J.; SÁNCHEZ-LACUESTA, J.; PRAT, J. (2002) Valoración evolutiva de fracturas de calcáneo mediante el análisis biomecánico de la marcha: análisis de resultados. *MAPFRE Medicina*; 13(4): 275-283.
- LARIVIÈRE, C.; GAGNON, D.; LOISEL, P. (2000) The effect of load on the coordination of the trunk for subjects with and without chronic low back pain during flexion-extension and lateral bending tasks. *Clin. Biomech.* 15(6), 407-416.
- LARS MÜNDERMANN, S. CORAZZA, T.; ANDRIACCHI, P. (2006) The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. *J. NeuroEng. Rehab.* 3:6
- LEGRAND, L.; MARZANI, F.; DUSSERRE, L. (1998) A marker-free system for the analysis of movement disabilities. *Medinfo.* 9(2):1066-1070.
- LLORENS, L. (1991) Performance task and roles throughout the life span. Christiansen C, Baum C, editors. *Occupational therapy. Overcoming human performance deficits.* Thorofare: SLACK Incorporated; 45-66.
- LOHMANN SIEGEL, K.; STANHOPE, S.J.; CALDWELL, G.E. (1993) Kinematic and kinetic adaptations in the lower limb during stance in gait of unilateral femoral neuropathy patients. *Clin. Biomech.* 8:147-155.
- LORENZO AGUDO, M.A.; DÍAZ LIFANTE, F.; COLLADO CAÑAS, A.; SANTOS GARCÍA, P.; SÁNCHEZ BELIZÓN, D.; LLEDÓ RICO, M.; GUERRAS PÉREZ I. (2008) Análisis evolutivo del patrón funcional de marcha en pacientes con fractura de calcáneo. *Trauma. Fundación Mapfre.* 19 (4).
- MADRAS, D.E.; CORNWALL, M.W.; COAST, J.R. (1998) Energy cost, perceived exertion and postural adjustments when treadmill walking with two types of backpack. *J. Human Mov. Stud.* 35:233-249.

- MARTÍN SANZ, E.; BARONA DE GUZMÁN, R. (2007) Vértigo paroxístico benigno infantil: categorización y comparación con el vértigo posicional paroxístico benigno del adulto. *Acta Otorrinolaringol. Esp.*; 58(7):296-301.
- MARTÍN SANZ, E.; BARONA DE GUZMÁN, R.; COMECHE CERVERÓN, C.; BAYDAL, J.M. (2004) Análisis de la interacción visuo-vestibular y la influencia en el control postural. *Acta Otorrinolaringol Esp.*; 55:9-16
- MARTÍNEZ AZUCENA, A.; SÁNCHEZ RUIZ, M.D.; BARRÉS CARSI, M.; PÉREZ LAHUERTA, C.; GUERRERO ALONSO, A.; SOLER GRACIA, C. (2003) Un nuevo método de evaluación diagnóstica y terapéutica de las patologías del pie basado en las plantillas instrumentadas Biofoot/IBV. *Rehabilitación* 37(5):240-251.
- MARTÍNEZ GARRIDO, I.; CERVERA DEVAL, J.; NAVARRO BOSCH, M.; HERRERO MEDIAVILLA, D.; PELLICER GARCÍA, D.; SÁNCHEZ GONZALEZ, M. (2010). Treatment of acute Achilles tendon ruptures with Achillon device: Clinical outcomes and kinetic gait analysis. *Foot and Ankle Surg.* 16: 189–194.
- MARTÍNEZ, A.; CUEVAS, J.C.; SÁNCHEZ, R.; PASCUAL, J.; SÁNCHEZ, E. (2007) Estudio del patrón de presiones plantares en pies con hallux valgus mediante sistema de plantillas instrumentadas. *Rev. Ortopedia y Traumatología.* 52(2): 94-8.
- MARTÍNEZ, A.; PRADAS, J.; SÁNCHEZ, M.D.; PEYDRO, M.F. (2005) Plantillas instrumentadas. Utilidad clínica. *Rehabilitación* 39(6), 324-30
- MARTÍNEZ-NOVA, A.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, R.; CUEVAS-GARCÍA, J.C. (2006) Patrón de presiones plantares en el pie normal: Análisis mediante sistema Biofoot de plantillas instrumentadas. *El Peu* 26(4), 190-4.
- MCCLURE, P.W.; ESOLA, M.; SCHREIER, R.; SIEGLER, S. (1997) Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward, flexed position in patients with and without a history of low back pain. *Spine.* 22(5), 552-558.
- MÉLENNEC, L. (1996) Valoración de las discapacidades y del daño corporal. *Baremo Internacional de Invalideces.* Barcelona. Elsevier Masson
- MICHAVIDA F. (2006) El crecimiento económico y la innovación universitaria. *Universidad y Economía en Europa.* Castellón Ed. Tecnos y Universitat Jaume I, 71-134.
- MICKELBOROUGH, J. ; VAN DER LINDEN, M.L.; RICHARDS, J. ; ENNOS A. R. (2000) Validity and reliability of a kinematic protocol for determining foot contact events. *Gait Posture* 11 32-37
- MINAIRE, P. ; CHERPIN, J.; FLORES, J.L.; WEBER, D. (1991) La classification des handicaps. Editions Techniques. *Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle.*
- MIRALLES MARRERO R. C. (2001) Valoración del daño corporal en el aparato locomotor. Barcelona. MASSON, S.A.

- MITTLMEIER, T.; WEILER, A.; SÖHN, T.; KLEINHANS, L.; MOLLBACH, S.; DUDA, G.; SÜDKAMP, N.P. (1999) Functional monitoring during rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomech.* 14: 576-584.
- MOESLUND, G.; GRANUM, E. (2001) A survey of computer vision-based human motion capture. *Comput. Vision Image Underst.* 81(3):231-268.
- MOIX, M. (1991) *Introducción al trabajo social.* Madrid: Trivium.
- MORURO, P. (2002) *Razonamiento clínico en terapia ocupacional: un análisis del procedimiento diagnóstico.* Tesis Doctoral: Departamento de Psicología y de Salud, Universidad Autónoma de Madrid.
- MOYA, F. (1995) *Ecografía, termografía. Procedimientos diagnósticos en reumatología* Barcelona, Mosby-Doyma, 71-75.
- MUÑOZ-CÉSPEDES, J.M.; PAÚL-LAPEDRIZA, N. (2001) La detección de los posibles casos de simulación después de un traumatismo craneoencefálico. Congreso Virtual de Neuropsicología. Simposio: Neuropsicología Forense (Parte I). *Revista de Neurología;* 32 (8): 773-778.
- NACHEMSON, A. (1976) The lumbar spine: an orthopaedic challenge. *Spine.* 1(1), 59-71.
- NAGI, S.Z. (1991): *Disability Concepts Revisited: implication for prevention.* Washington. National Academy Press.
- NAVARRO COLLADO, M.J. (2001) *Resultados funcionales, calidad de vida y satisfacción, en la rehabilitación tras artroplastia de rodilla.* Tesis Doctoral, Universitat de València.
- NEWMAN, N., GRACOVETSKY, S., ITOI, M., ZUCHERMAN, J., RICHARDS, M., DURAND, P., XELLER, C. Y CARR, D. (1996) Can the computerized physical examination differentiate normal subjects from abnormal subjects with benign mechanical low back pain?. *Clin Biomech.* 11(8), 466-473.
- NORDIN, M.; GREENIDGE, N.; TAUBER, C.; NGAI, J. (1986) Spinal configuration during lifting. *Bull. Hosp. Joint Dis. Orthop. Inst.* 46(1), 31-36.
- NUZIK, S.; LAMB, R.; VANSANT, A.; HIRT, S. (1986) Sit-to-stand movement pattern. A kinematic study. *Phys Ther.* 66(11), 1708-1713
- ORTEGA, E. (2004) *Técnicas diagnósticas y evaluación en rehabilitación.* Madrid. Miranda, J.L.19-27.
- ORTUÑO CORTÉS, M.A.; (2008) Martín Sanz, E., Barona de Guzmán, R. Posturografía estática frente a pruebas clínicas en ancianos con vestibulopatía. *Acta Otorrinolaringol. Esp.;* 59(7): 334-340.
- ORTUÑO, M.A. (2007) *Análisis Clínico y Posturográfico en ancianos con patología vestibular y su relación con las caídas.* Tesis Doctoral. Fac. Medicina y Odontología, Univ. Valencia.

- PELOQUIN, S. (1991) Occupational therapy service: individual and collective understanding of the founders, Part 1. *AJOT*. 45(4): 352-60.
- PLEGUEZUELOS COBO, E.; GARCÍA-ALSINA, J.; GARCÍA ALMAZÁN, C.; ORTIZ FANDIÑO, J.; PÉREZ MESQUIDA, M.E.; GUIRAO CANO, L.; SAMITIER PASTOR, B.; PERUCHO PONT, C.; COLL SERRA, E.; MATARRUBIAS E.; REVERON G. (2009) Alteraciones del control postural en fases iniciales del latigazo cervical. *Med. Clín*. 132(16): 616-620.
- POPE, A.; TARLOV, A.R. (1991): Disability in America: Toward a national agenda form prevention. Washington, National Academy Press, 362 p.
- PUGA GONZÁLEZ, M^a. D.; ABELLÁN GARCÍA, A. (2004): El proceso de discapacidad. Un análisis de la encuesta sobre discapacidades, deficiencias y estado de salud. Alcobendas (Madrid), Fundación Pfizer, 210 p.
- RAMIRO, J. (1998) Guía de recomendaciones para el diseño, selección y uso de calzado para personas mayores. (IBV). Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril. Guía Técnica para la evaluación y prevención de reisos laborales asociados a la manipulación manual de cargas. B.O.E. nº 97, de 23 de abril.
- REAL DECRETO 1971/1999, de 23 de diciembre. Procedimiento para el reconocimiento, declaración y calificación del grado de minusvalía. B.O.E. nº22 de 26 de enero.
- REED, K.L.; SANDERSON, S. (1999) Concepts occupational therapy. 4th ed Baltimore: Lippicott-Williams and Wilkins.
- RELLÁN RAMOS, E.; CARO PUÉRTOLAS, B.; VELA BRAZA, M. (1998) Evaluación de la marcha en el paciente hemipléjico. *Fisioterapia*; 20(1):31-36.
- REMIZOV, L. (1984) Biomechanics of optimal flight in ski-jumping. *J. Biomech*. 17(3), 167-171
- RILEY, P.O.; SCHENKMAN, M.; MANN, R.W.; HODGE, W.A. (1991) Mechanics of a constrained chair-rise. *J Biomech*. 24(1), 77-85.
- RODOSKY, M.W.; ANDRIACCHI, T.P.; ANDERSSON, G.B.J. (1989). The influence of chair height on lower limb mechanics durin rising. *J Orthop Res*. 7(2), 266-271.
- RODRÍGUEZ TORRES, R. (1993) Análisis de la marcha infantil. Tesis Doctoral Departamento de Ciencias Morfológicas y Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.
- RUBIRALTA, M. (2007) La Transferencia de la I+D en España, principal reto para la Innovación. *Rev. Econ. Indust*. 366/27-39.
- SALEH, M.; MURDOCH, G. (1985) In defence of gait analysis. Observation and measurement in gait assessment *J. Bone Joint. Surg*. 67B(2), 237-241.

- SAN GIL SORBET, M.A. (1991) Análisis dinámico de la marcha. Estudio de los centros de presión sobre la huella plantar. Influencia de los distintos calzados. Tesis Doctoral. Facultad de medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.
- SÁNCHEZ LACUESTA, J.; PRAT, J.; HOYOS J.V.; VIOSCA E.; SOLER C.; COMÍN M.; LAFUENTE R.; CORTÉS, A.; VERA, P. (1996) Biomecánica de la Marcha Humana Normal y Patológica. Valencia. IBV.
- SÁNCHEZ-LACUESTA, J.; PRAT, J.; SOLER, C.; HOYOS, J.V.; VERA, P. (1992) Técnicas instrumentales para la valoración biomecánica de los movimientos humanos. En Ponencias del "IV Congreso Nacional y I Internacional de técnicas ortoprotésicas (ORTO 92)", Valencia, España, 34-42.
- SÁNCHEZ-ZURIAGA, D.; LÓPEZ-PASCUAL, J.; GARRIDO-JAÉN, D.; DE MOYA, M.F.; PRAT-PASTOR, J. (2011) Reliability and Validity of A New Objective Tool for Low Back Pain Functional Assessment. *Spine*: En prensa, 13 January 2011.
- SANCHIS-ALFONSO, V.; TORGA-SPAK, R.; CORTÉS, A. (2007) Gait pattern normalization after lateral retinaculum reconstruction for iatrogenic medial patellar instability. *Knee*; 14: 484-488.
- SCHENKMAN, M.; BERGER, R.A.; RILEY, P.O.; MANN R.W.; HODGE, W.A. (1990) Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther.* 70(10), 638-651.
- SCHIPPLEIN, O.D.; REINSEL, T.E.; ANDERSSON, G.B.M.; LAVENDER, S.A. (1995) The influence of initial horizontal weight placement on the loads at the lumbar spine while lifting. *Spine.* 20(17), 1895-1898.
- SCHMIDT R.; BRETELER MMB.; INZITARI D.; FRATIGLIONI L.; HOFMAN A.; LAUNER L.J. (2005) Prognosis with Stroke in Europe: A Colaborarive Study of Population-Based Cohorts. *Neurology* 2000; 5 (5): 34S-37.
- SFORZA, CH.; GRASSI, G.P.; FRAGNITO, N.; TURCI, M.; FERRARIO, V. (2002) Three-dimensional análisis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clin. Biomech.* 17, 611-614.
- SHAW, JE.; VAN SCHIE, CH.; CARRINGTON, A.L.; ABBOT, C.A.; BOULTON, A.I. (1998) An analysis of dynamic forces transmitted through the foot in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*; 21(11): 1955-1959.
- SIMONIN C. (1966) *Medicina Legal Judicial*. 2ª ed. Barcelona: Jims. SLICK, D.J.; SHERMAN, E.; IVERSON, G. (1999) Diagnostic criteria for malingered neurocognitive dysfunction: Proposed standards for clinical practice and research. *Clin. Neuropsychol.*; 13:545-561.
- SORIA VALLE, L.; SARMIENTO GONZÁLEZ NIETO, V.; RAMOS DOMÍNGUEZ, V.; TOLEDO GONZÁLEZ, M. (1991) Deambulaci3n en el mielomeningocele. Estado de las caderas y otros factores pron3sticos asociados. Revisi3n cl3nica y bibliogr3fica. *Rehabilitaci3n*, 25 (4): 217-221

- TEACH, R.L.; SHORTLIFFE, E.H. (1981) An analysis of physician attitudes regarding computer-based clinical consultations systems. *Computers Biomed. Research* 14: 542-548.
- TUCKER CAROLE, A.; RAMÍREZ, J.; KREBS, D.E.; RILEY, P.O. (1998) Center of gravity dynamic stability in normal and vestibulopathic gait. *Gait Posture*; 8:117-123.
- VAN DER BURG, J.C.E.; VAN DIEËN, J.H.; TOUSSAINT, H.M. (2000) Lifting an unexpectedly heavy object: the effects on low-back loading and balance loss. *Clin. Biomech.* 15, 469-477.
- VAN DER BURG, J.C.E.; VAN DIEËN, J.H. (2001) Underestimation of object mass in lifting does not increase the load on the low back. *J Biomech.* 34, 1447-1453.
- VAN DIEËN, J.H.; HOOZEMANS, M.J.M.; TOUSSAINT, H.M. (1999) Stoop or squat: a review of biomechanical studies on lifting technique. *Clin. Biomech.* 14: 685-696.
- VÁZQUEZ-ARCE, M.I.; NÚÑEZ-CORNEJO PIQUER, C.; JULIÁ-MOYÁC, E.; NÚÑEZ-CORNEJO PALOMARES C. (2009) Valoración clínica e instrumental en la artrosis de rodilla. *Rehabilitación*; 43(5):223-31
- VIOSCA HERRERO, E. (2006) La medida de la función. Cap. 3.3. Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física. Ed. Panamericana. Madrid.
- VIVAS BROSETA, M.J. (2006) Desarrollo y puesta en funcionamiento de un espacio virtual de colaboración. Caso práctico para usuarios en técnicas de valoración funcional del Instituto de Biomecánica de Valencia. Proyecto Final de Carrera: Facultad de Informática, Universitat Politècnica de València.
- W.H.O. (1969) Expert committee on Medical Rehabilitation. Second Report. World Health Organisation Technical Report Series, Geneva; 419.
- WADDELL, G.; SOMERVILLE, D.; HENDERSON, I.; NEWTON, M. (1992) Objective clinical evaluation of physical impairment in chronic low back pain. *Spine.* 17(6), 617-628.
- WALKER, B.F. (2000) The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998. *J. Spinal Disord.* 13:205-17.
- WANG, C.L.; CHENG, C.K.; TSUANG, Y.H.; HANG Y.S.; LIU T.K. (1994) Cushioning effect of heel cups. *Clin. Biomech.* 9(5), 297-302.
- WANG, L.; HU, W.; TAN, T. (2003) Recent Developments in Human Motion Analysis. *Pattern Recognition*; 36(3):585-601.
- WHEELER, J.; WOODWARD, C.; UCOVICH, R.L.; PERRY, J.; WALKER, J. (1985) Rising from a chair. Influence of age and chair design. *Phys Ther.* 65(1), 22-26.
- WHITENECK, G G. (1994) Measuring what matters: key rehabilitation outcomes. *Archives of Physical. Medecine and. Rehabilitation*; 75: 1073-1076.

- WINTER, D.A. (1990). The biomechanics and motor control of human movement. John Wiley and Sons, New York.
- WITT, I.; VESTERGAARD, A.; ROSENKLINT, A. (1984) A comparative analysis of X-ray findings of the lumbar spine in patients with and without lumbar pain. *Spine*. 9(3), 298-300.
- WOLTRING, H.J.; OSTERBAUER, P.J.; FUHR, A.W.; LONG, K. (1994). Instantaneous helical axis estimation from 3-D video data in neck kinematics for whiplash diagnostics. *J. Biomech.* 27(12): 1415–1432.
- WOOD. G.A.; JENNINGS, L.S. (1979). On the use of spline functions for data smoothing. *J. Biomech.* 12, 477 - 479.
- WREN, C.R.; AZARBAYEJANI, A.; DARREL, T.; PENTLAND, A.P. (1997) Pfnder: Realtime tracking of the human body. *Trans. Pattern Anal. and Machine Intelligence* 1997, 19(7):780-785.
- WU, G.E.; VAN DER HELM, F.C.T.; VEEGER, H.E.J.; MAKHSOUS, M.; VAN ROY, P.; ANGLIN, C. (2005) ISB recommendation on definition of joint coordinate systems of various joints for reporting of human joint motion-Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. *J. Biomech.* 38:981-992.
- YU, B.; HOLLY-CRICHLOW, N.; BRICHTA, P.; REEVES, G.; ZABLOTNY, C.; NAWOCZENSKI, D. (2000) The effects of the lower extremity joint motions on the total body motion in sit to stand movement. *Clin. Biomech.* 15(6), 449-455.

Internet

- (SERMEF) Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física <<http://www.sermef.es>> [Consultada enero de 2011].
- (SETRADE) Sociedad Española de Traumatología del Deporte <<http://www.setrade.org>> [Consultada enero de 2011].
- (SETLA) Sociedad Española de Traumatología Laboral <http://www.setrade.org> [Consultada febrero de 2011].
- (SVRMEF) Sociedad Valenciana de Rehabilitación y Medicina Física <<http://www.svmefr.com>> [Consultada febrero de 2011].
- (SEVDC) Sociedad Española de Valoración del Daño Corporal. <<http://www.portalciencia.net/vdc/enla.htm>> [Consultada enero de 2011].
- (FEMEDE) Federación Española de Medicina Deportiva <http://www.femede.es> [Consultada enero de 2011].
- (MITIN) Ministerio de Trabajo e Inmigración <<http://www.mtin.es>> [Consultada enero de 2011].
- (MSPS) Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad <http://www.msps.org> [Consultada enero de 2011].
- (FEDACE) Federación Española de Daño Cerebral <http://www.febrero.org> [Consultada enero de 2011].
- EUROSTAT Statistical Office of the European Community <http://ec.europa.eu> [Consultada enero de 2011].

ANEXOS

1. INSTRUMENTACIÓN DE PACIENTES EN LAS PRUEBAS DE VALORACIÓN DE LAS LUMBALGIAS, CERVICALGIAS Y OMALGIAS

Protocolo de valoración funcional de las lumbalgias

Para la instrumentación del sujeto se utilizarán tres tipos de marcadores: bolas reflectantes de dos tamaños diferentes, una estructura con tres bolas y una cincha de sujeción y una estructura con dos bolas y cincha (Figura 70). Cada uno de los marcadores corresponde a un punto anatómico determinado, tal como se muestra en la Tabla 19:

1. Apófisis espinosa de C7	Marcador de tres bolas y cinchas auxiliares
2. Apófisis espinosa de T12	Marcador pequeño (5 mm)
3. Apófisis espinosa de L3	Marcador pequeño (5 mm)
4. Apófisis espinosa de L5	Marcador pequeño (5 mm)
5. Sacro	Marcador pequeño (5 mm)
6. Cresta ilíaca izquierda	Marcador pequeño (5 mm)
7. Cóndilo femoral externo (pierna izquierda)	Marcador grande (20 mm)
8. Línea media del fémur (pierna izquierda)	Marcador grande (20 mm)
9. Línea media del peroné (pierna izquierda)	Marcador de dos bolas y cincha para pierna

Tabla 19. Localización de los marcadores para la construcción del modelo biomecánico de lumbalgias



Figura 70. Marcadores reflectantes utilizados en el modelo biomecánico de las lumbalgias

A) Prueba de Silla

Se ubica la silla centrada detrás de las plataformas, con el borde pegado a ellas pero sin llegar a estar encima.

La altura de la silla debe ser regulada de forma que, en posición de sentado y con los pies pisando las plataformas, el ángulo de flexión de rodilla sea de 90°. Es aconsejable utilizar un goniómetro para validar el ángulo de rodilla.

El paciente deberá encontrarse en pantalón corto y con zapato cómodo plano. Se situará en la posición de medida, de pie, de espaldas a las cámaras 2 y 3 y con un pie situado en cada una de las plataformas. Los talones se encontrarán aproximadamente a unos 10 cm del borde posterior de las plataformas, aunque para ajustar esta distancia será necesario que el paciente se siente y comprobar los 90° de flexión de rodilla (dependiendo de la altura del paciente esta distancia puede variar).

Los pies deben estar situados aproximadamente a la anchura de las caderas.

B) Prueba de Peso

Se coloca la mesa a la derecha del paciente, pegada al borde lateral de la plataforma pero sin llegar a estar sobre ella, y 22 cm por delante del borde anterior. La mesa estará a una altura de 65 cm

La caja con el peso debe estar centrada y justo delante del borde anterior de las plataformas.

El paciente, siguiendo en las mismas condiciones que en la prueba anterior (pantalón corto y zapato plano), se situará de pie, con un pie en cada una de las plataformas y dejando una distancia aproximada de 13 cm desde el borde anterior de las plataformas a la punta del pie. Los brazos los dejará cruzados sobre el pecho.

Los pies deben estar situados aproximadamente a la anchura de las caderas (Figura 71).

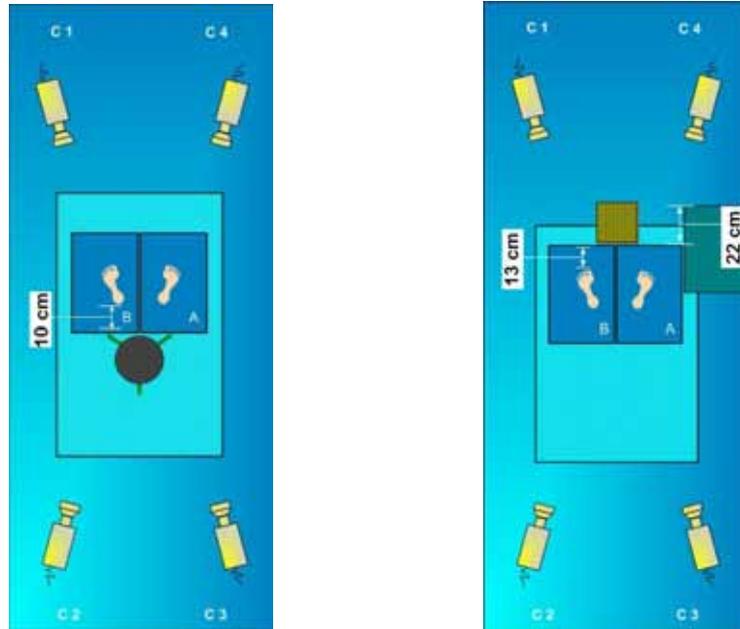


Figura 71. Ubicación de los accesorios en las pruebas de levantarse de una silla y levantamiento de pesos

Con el sujeto sentado en la silla.

- Rodillas en ángulo recto.
- Espalda en posición erguida.

Para ello se pedirá al paciente que apoye las palmas de las manos en sus rodillas, que mantenga los hombros hacia detrás, los codos extendidos y que fije la mirada en un punto manteniendo la cabeza erguida. A través de un espejo de referencia se asegura una posición erguida del sujeto durante todo el período de instrumentación. El paciente deberá intentar mantener la columna lo más recta posible y a la vez observar su mirada reflejada en el espejo de referencia.

Con el paciente sentado en la posición descrita se procederá a localizar y marcar los 9 puntos anatómicos sobre los que se situarán los marcadores, como a continuación se indica:

Raquis

1. Apófisis espinosa de C7

Para localizar C7 se llevará el cuello del paciente en flexión. Por palpación se detectará su espinosa y se seguirá con el dedo mientras el cuello se extiende lentamente hasta alcanzar la posición inicial. La identificación de C7 coincidirá con el centro de la placa sobre la que se sujetan los marcadores. Esta maniobra se realizará con mucho cuidado para evitar errores en la localización de la marca debidos al desplazamiento de la piel.

Una vez marcado C7 en el caso de que sea difícil localizar las apófisis espinosas lumbares mediante palpación se procederá como sigue:

- a. Palpar **ambas crestas ilíacas** y marcar sobre la columna la línea que las une. Este será llamado **punto P** (este punto correspondería aproximadamente a L4).
- b. Medir la **distancia en mm de C7 al punto P**. Esta es la distancia D.

2. Apófisis espinosa de T12

T12 = D/1.43 mm; es decir, la decimosegunda vértebra dorsal se encuentra a esa distancia de C7.

3. Apófisis espinosa de L5

L5 = D/0.914 mm; es decir, la quinta vértebra lumbar se encuentra a esa distancia de C7.

4. Apófisis espinosa de L3

Medir la distancia entre L5 y P (L4, intersección entre crestas ilíacas). Trasladar esa misma distancia para hallar L3 en la parte superior de L4.

5. Sacro

Marcar 6 cm por debajo de la marca de L5.

6. Marcar 8 cm a la izquierda de P (L4).

Una vez marcados todos los puntos se colocan los marcadores de la espalda.

Pierna izquierda

Se localiza y marca la cabeza del peroné como punto de referencia para los siguientes puntos:

1. Cóndilo femoral externo (pierna izquierda)

5 cm por encima de la cabeza del peroné.

2. Línea media del fémur (pierna izquierda)

20 cm por encima del punto anterior longitudinalmente con el eje del fémur.

3. Línea media del peroné (pierna izquierda)

5 cm por debajo de la cabeza del peroné. Este punto coincidirá con el límite superior de la placa sobre la que se sujetan los marcadores.

Una vez identificados todos los puntos se colocan los marcadores de la pierna izquierda.

Es recomendable rasurar la piel del paciente con una cuchilla desechable, limpiar la superficie con alcohol y/o utilizar un espray fijador con el fin de mejorar la fijación de los marcadores durante la ejecución de la prueba.

Protocolo de valoración funcional de las cervalgias

A) Protocolo de instrumentación



Figura 72. Configuración de la silla

La silla de fijación debe situarse en el punto medio del laboratorio, en una posición equidistante de las cuatro cámaras del sistema de fotogrametría. A continuación se sitúa al sujeto sentado en la silla con la espalda en posición erguida. Para ello se le pide que apoye las palmas de las manos sobre sus rodillas, mantenga la espalda erguida con los codos extendidos y fije la mirada en un punto manteniendo la cabeza erguida (Figura 72).

Debe intentar mantener la columna lo más recta posible. Es recomendable ajustar la altura del respaldo con la finalidad de que el paciente quede mejor fijado.

Con el paciente sentado en la posición descrita se fija la altura del respaldo (de forma que no interfiera en el movimiento de los marcadores del casco en posición de sentado) y se ajustan las cinchas para fijar la posición de los hombros. A continuación se ajusta la altura del espejo de referencia con la manivela giratoria hasta que el paciente vea sus ojos reflejados en él, manteniendo su cabeza en posición neutra.

Una vez el paciente tiene la posición fijada a la silla, se procederá a colocar el marcador reflectante cervical (necesario para la prueba de calibración) sobre la apófisis espinosa de C7 (Figura 73).



Figura 73. Localización del marcador de C7

A continuación se coloca el casco de marcadores ajustando el regulador para acoplar perfectamente el casco al tamaño de la cabeza del paciente (Figura 74). Es aconsejable utilizar un gorro desechable para mejorar la higiene de los accesorios. Debe asegurarse de colocar en el caso los marcadores necesarios para la prueba de calibración (marcadores acoplables mediante imanes) los cuales deberán estar alineados con los conductos auditivos externos del paciente.



Figura 74. Ajuste del casco y colocación de los marcadores de calibración

Protocolo de valoración funcional de las omalgias

A) Protocolo de instrumentación

Con el sujeto sentado en la silla con la espalda en posición erguida, se ajusta el respaldo para que la barra superior de la silla quede sobre D4-D5 aproximadamente.

A continuación se describe la posición de cada uno de los marcadores de cada segmento:

TRONCO

Marcadores de acromion: Para localizar la posición de este marcador se busca el borde posterior del acromion y el borde externo de la clavícula. Entre ellos se traza una línea imaginaria y se coloca el marcador en el punto medio de dicha línea. Se instrumenta de forma bilateral.

Dorsal: Este marcador se coloca en la línea de las espinosas, aproximadamente sobre D2.

Escápula: La ubicación del marcador se realiza en el punto media de la espina de la escápula.

BRAZO

Estructura de marcadores del brazo: En primer lugar se coloca el accesorio semicilíndrico de forma que el brazo del paciente quede bloqueado en extensión. Una vez ajustado se coloca sobre el accesorio la estructura de marcadores de forma que la barra metálica con dos marcadores quede abajo y el marcador individual quede arriba (Figura 75).



Figura 75. Colocación de la estructura de marcadores del brazo

Una vez colocados todos los marcadores en la posición correcta se procede a cinchar el paciente para aislar el movimiento del tronco.

Se cincha el hombro contralateral al que se va a valorar. Para ello se utiliza la correa situada en la zona postero-superior del respaldo de la silla y se pasa por el espacio libre entre el marcador dorsal y el marcador de la escápula, prestando especial atención para no tapar ningún marcador. A continuación se utiliza la cincha horizontal para la fijación

LA VALORACIÓN FUNCIONAL. APLICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA DISCAPACIDAD Y EL DAÑO CORPORAL.

MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DE LABORATORIOS DE VALORACIÓN DE LA DISCAPACIDAD Y DEL DAÑO CORPORAL

de tronco, ajustando muy bien con la finalidad de que el paciente mueva el tronco lo menos posible (Figura 76).



Figura 76. Ajuste de las cinchas de la silla de fijación

2. CATÁLOGO DE SERVICIOS DE VALORACIÓN DEL DAÑO CORPORAL

El servicio de **Valoración Biomecánica del Daño Corporal del Instituto de Biomecánica de Valencia** hace uso de un conjunto de pruebas biomecánicas específicamente orientadas a la valoración funcional del sistema músculo esquelético. Estas pruebas, basadas en el uso de fotogrametría tridimensional, plantillas instrumentadas, plataformas dinamométricas, entre otras técnicas instrumentales, permiten la valoración del daño corporal de forma objetiva y fiable.

Aunque la valoración clínica es fundamental en la evaluación de deficiencias para la toma de decisiones con respecto a tratamientos o compensaciones al paciente, en muchas ocasiones, este examen clínico es insuficiente. Dificultades como la subjetividad de la evaluación, la dificultad en la valoración de algunos de los elementos constitutivos del daño como es el dolor o la evaluación de simuladores o exageradores, condicionan la cuantificación final y son de difícil control.



En este sentido, la valoración funcional, basada en el empleo de pruebas biomecánicas, es hoy día una fuente muy válida de información para el clínico que necesita valorar a los pacientes con un daño o deficiencia, en relación con la población normal, de forma cuantitativa y objetiva.

Las pruebas del Servicio de Valoración del Daño Corporal tienen su utilidad como:

- Ayuda a conocer la capacidad funcional del paciente con enfermedades del sistema músculo esquelético.
- Valoración funcional del daño corporal.
- Peritajes médico-legales.
- Planificación de tratamientos.
- Control de la evolución o progreso del paciente.
- Valoración de las posibilidades de rehabilitación.
- Ayuda en la toma de decisión de continuar, modificar o finalizar un tratamiento.
- Determina y mide una discapacidad residual tras el proceso de la rehabilitación.
- Aporta documentación objetiva sobre la lesión.

A continuación, se ofrece la relación de las pruebas que son realizadas en el servicio de Valoración Biomecánica del Daño Corporal, junto con sus indicaciones clínicas.

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL RAQUIS LUMBAR

Indicada en aquellas patologías en las que interesa valorar de forma objetiva la pérdida de funcionalidad del paciente con trastornos o **dolor en el raquis lumbar** o una simulación o exageración de esta sintomatología

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL RAQUIS CERVICAL

Indicada en aquellas patologías en las que interesa valorar de forma objetiva la pérdida de funcionalidad del paciente con trastornos o **dolor en el raquis cervical** o una simulación o exageración de esta sintomatología

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL HOMBRO

Indicada en aquellas patologías en las que interesa valorar de forma objetiva la pérdida de funcionalidad del paciente con trastornos o **dolor del hombro** o una simulación o exageración de esta sintomatología

VALORACIÓN FUNCIONAL DE LA MARCHA

Indicada en aquellas patologías en las que interesa cuantificar una **disminución de la capacidad funcional para la marcha**.

VALORACIÓN FUNCIONAL DEL EQUILIBRIO POSTURAL

Indicada en aquellas patologías en las que interesa realizar una valoración funcional de los **trastornos del equilibrio**.

INFORME DE VALORACIÓN

El informe de la valoración hace referencia a:

Los resultados obtenidos en las variables biomecánicas estudiadas durante la prueba.

- El índice de **normalidad** que indica la capacidad funcional del paciente respecto a su problema a evaluar en cada uno de los test y de forma global, discriminando entre normal y patológico.
- La **colaboración** del paciente en la prueba tras el análisis de los resultados obtenidos y de la coherencia entre test y el resto de informaciones clínicas.

3. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS APLICACIONES DE VALORACIÓN

NEDLUMBAR/IBV

En este apartado se procede a describir brevemente cada una de las variables que aparecen en las tablas de parámetros de las dos pruebas.

Prueba de Silla

Tiempo y Fuerza

- Tiempo total: Es el tiempo en segundos que tarda desde que comienza a levantarse hasta que está completamente erguido.
- Fase de Inclinación: Es el porcentaje de tiempo total que el paciente necesita para conseguir el momento de fuerza suficiente para levantarse de la silla.
- Fase de Descarga: Porcentaje de tiempo que el paciente utiliza para desplazar la carga del peso corporal de la silla, en la que está sentado, a los pies, como nueva base de sustentación.
- Fase de Levantamiento: Porcentaje del tiempo total dedicado a la extensión completa del cuerpo para el levantamiento.
- Fuerza vertical mínima: Mínima fuerza vertical normalizada durante el gesto.
- Fuerza vertical máxima: Máxima fuerza vertical normalizada durante el gesto.
- Asimetría de fuerzas: Diferencia entre las fuerza verticales normalizadas máximas de las dos plataformas.

Amplitud de Movimiento

- Rango de Miembro Inferior: Flexión máxima de miembro inferior en grados durante el movimiento.
- Rango de Tronco: Flexión máxima de tronco en grados durante el movimiento.
- Movilidad lumbar: Indica el grado de movilidad lumbar en grados durante el movimiento.
- Inclinación Torácica: Inclinación torácica máxima en grados durante el movimiento.
- Inclinación Pélvica: Inclinación pélvica máxima en grados durante el movimiento.
- Rotación Torácica: Rotación torácica máxima en grados durante el movimiento.

Velocidad y Aceleración Fase de Inclinación

- Velocidad Máxima de Tronco: Velocidad angular máxima en grados por segundo en el tronco en la fase de inclinación.
- Velocidad Media de Tronco: Velocidad angular media en grados por segundo en el tronco en la fase de inclinación.

- Aceleración Máxima de Tronco: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el tronco en la fase de inclinación.

Velocidad y Aceleración Fase de Levantamiento

- Velocidad Máxima de Tronco: Velocidad angular máxima en grados por segundo en el tronco en la fase de levantamiento.
- Velocidad Media de Tronco: Velocidad media en grados por segundo en el tronco en la fase de levantamiento.
- Velocidad Máxima de Miembro Inferior: Velocidad angular máxima en grados por segundo en el miembro inferior en la fase de levantamiento.
- Velocidad Media de Miembro Inferior: Velocidad angular media en grados por segundo en el miembro inferior en la fase de levantamiento.
- Aceleración Máxima de Tronco: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el tronco en la fase de levantamiento.
- Aceleración Máxima de Miembro Inferior: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el miembro inferior en la fase de levantamiento.
- Aceleración Mínima de Miembro Inferior: Aceleración angular mínima en grados por segundo al cuadrado en el miembro inferior en la fase de levantamiento.

Repetibilidad

- Variabilidad Flexión de Tronco: Variable calculada a partir de las curvas de aceleración angular de tronco y que da una medida de la suavidad del movimiento.
- Variabilidad Flexión de Miembro Inferior: Variable calculada a partir de las curvas de aceleración miembro inferior y que da una medida de la suavidad del movimiento.
- Repetibilidad Flexión de Tronco: Variable calculada a partir de las curvas de velocidad angular de tronco y que da una medida de la similitud entre las diferentes repeticiones realizadas del gesto.
- Repetibilidad Flexión de Miembro Inferior: Variable calculada a partir de las curvas de velocidad angular de miembro inferior y que da una medida de la similitud entre las diferentes repeticiones realizadas del gesto.

Prueba de Peso

Tiempo y Fuerza

- Tiempo total: Es el tiempo en segundos desde que empieza a levantar la caja hasta que completa el levantamiento y la mantiene en pie, a la altura del abdomen.
- Flexión de Tronco: Flexión máxima de tronco en grados durante el levantamiento del peso.

- Flexión de Miembro Inferior: Flexión máxima de miembro inferior en grados durante el levantamiento.
- Fuerza vertical máxima: Máxima fuerza vertical normalizada durante el levantamiento del peso.
- Inclinación Torácica: Inclinación torácica máxima en grados durante el levantamiento del peso.
- Inclinación Pélvica: Inclinación pélvica máxima en grados durante el levantamiento del peso.
- Movilidad lumbar: Indica el grado de movilidad lumbar en grados durante el levantamiento del peso.
- Rotación Torácica: Rotación torácica máxima en grados durante el levantamiento del peso.
- Asimetría de fuerzas: Diferencia entre las fuerza verticales normalizadas máximas de las dos plataformas en el levantamiento del peso.

Fase de Flexión

- Velocidad Máxima de Tronco: Velocidad angular máxima en grados por segundo en el tronco en la fase de flexión para coger el peso.
- Velocidad Media de Tronco: Velocidad angular media en grados por segundo en el tronco en la fase de flexión para coger el peso.
- Aceleración Máxima de Tronco: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el tronco en la fase de flexión para coger el peso.
- Aceleración Máxima de Miembro Inferior: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el miembro inferior en la fase de flexión para coger el peso.

Fase de Levantamiento

- Velocidad Máxima de Tronco: Velocidad angular máxima en grados por segundo en el tronco en la fase de levantamiento del peso.
- Velocidad Media de Tronco: Velocidad angular media en grados por segundo en el tronco en la fase de levantamiento del peso.
- Aceleración Máxima de Tronco: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el tronco en la fase de levantamiento del peso.
- Aceleración Máxima de Miembro Inferior: Aceleración angular máxima en grados por segundo al cuadrado en el miembro inferior en la fase de levantamiento del peso.

Repetibilidad

- Repetibilidad: Variable calculada a partir de las curvas de velocidad angular de miembro inferior y que da una medida de la similitud entre las diferentes repeticiones realizadas del gesto para cada uno de los levantamientos de 0, 5 y 10Kg.

NEDCERVICAL/IBV

En este apartado se procede a describir brevemente cada una de las variables que aparecen en las tablas de parámetros de las dos pruebas.

Prueba de límites

- **Rango:** El rango es una variable que determina la amplitud de movimiento de cada una de las pruebas, se calcula a partir de la diferencia entre los percentiles 5 y 95 de la variable que representa el ángulo de movimiento. Hay que diferenciar entre el Rango y los Límites de Movimiento. Así por ejemplo, si un paciente posee un límite de flexión de 30° y de extensión de 50°, su rango de flexo-extensión sería de 80°, la suma de los dos.
- **Vel. Máxima:** Variable que evalúa la velocidad angular máxima alcanzada por el paciente durante la realización de la prueba. La velocidad angular representa la velocidad a la que el paciente realiza el movimiento, se mide en grados/seg.
- **Acel. Máxima:** Variable que evalúa la aceleración angular máxima alcanzada por el paciente durante la realización de la prueba. La aceleración angular representa la fuerza por unidad de masa, con la que el paciente realiza el movimiento de la prueba. Se mide en grados/seg².
- **Armonía:** Un movimiento cíclico, como el realizado en esta prueba en cualquiera de los movimientos, se define armónico cuando la velocidad del movimiento es cero en los extremos y máxima en el punto medio del movimiento. La armonía representa lo parecido que es el movimiento realizado por el paciente a un movimiento armónico puro. La armonía también representa el control que se realiza sobre el movimiento. Teóricamente movimientos sobre los que no efectúe control obtienen valores altos de armonía.
- **Repetibilidad intraprueba:** Esta variable nos indica lo que se parece una repetición a otra dentro de la misma prueba, en el ejemplo de la flexo-extensión 1, lo que se parece una flexo-extensión a otra dentro de la flexo-extensión 1.

Prueba funcional

- **Rango:** Mide el desplazamiento máximo producido en cada uno de los ejes del movimiento. El Rango varía entre unas pruebas y otras, ya que el tipo de movimiento cambia entre las lámparas. Para cada prueba la variable Rango se calcula a partir de la diferencia entre los percentiles 5 y 95, tal y como se muestra en la siguiente figura.
- **Velocidad Máxima:** Representa la rapidez con la que se realizan los movimientos en el desplazamiento producido en cada uno de los ejes del espacio. Normalmente el patrón patológico de movimiento se corresponde con velocidades máximas menores que en el patrón sano de movimiento. La velocidad máxima se mide en grados por segundo (grados/segundo).
- **Aceleración Máxima:** Representa la rapidez con la que cambia la velocidad durante la realización de los movimientos. Normalmente el patrón patológico

de movimiento se corresponde con aceleraciones máximas menores que en el patrón sano de movimiento.

- Coherencia entre pruebas: expresa en forma de porcentaje de normalidad la relación entre los resultados obtenidos sobre la variable Rango en la Prueba de Límites y la Prueba Funcional.

NEDHOMBRO/IBV

En este apartado se procede a describir brevemente cada una de las variables que aparecen en las tablas de parámetros de las dos pruebas.

Prueba de Levantar*Amplitud del Movimiento*

- Elevación Máxima: Elevación humeral máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Elevación: Rango de elevación humeral, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aducción Máxima: Aducción máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Aducción: Rango de aducción humeral, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rotación Máxima: Rotación interna máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Rotación: Rango de rotación, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.

Velocidad y Aceleración

- Velocidad Máxima en Elevación: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de elevación del peso durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Velocidad Máxima en Elevación: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de descenso del peso durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Elevación: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de elevación del peso durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Elevación: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de descenso del peso durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.

Repetibilidad

- Repetibilidad en Elevación: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de elevar el peso, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.

- Repetibilidad en Elevación: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de descenso el peso, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Semejanza Elevación- Elevación: Variable que compara la ejecución del ciclo de Flexión y el de Extensión, en base a la correlación de las curvas resultantes del movimiento. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Semejanza 250gr-1Kg en Elevación: Variable que compara la ejecución del ciclo de Flexión con la maza de 250gr y 1Kg, en base a la correlación de las curvas resultantes del movimiento. A mayor valor, menor influencia del peso en el gesto. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Semejanza 250gr-1Kg en Descenso: Variable que compara la ejecución del ciclo de Extensión con la maza de 250gr y 1Kg, en base a la correlación de las curvas resultantes del movimiento. A mayor valor, menor influencia del peso en el gesto. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.

Prueba de Mover

Amplitud de Movimiento

- Elevación Máxima: Elevación humeral máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Elevación: Rango de elevación humeral, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aducción Máxima: Aducción máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Aducción: Rango de aducción, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rotación Máxima: Rotación externa máxima, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Rango de Rotación: Rango de rotación, en grados, durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.

Velocidad y Aceleración

- Velocidad Máxima de Aducción: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de aducción durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Velocidad Máxima de Abducción: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de abducción durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.

- Velocidad Máxima de Rotación Interna: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de rotación interna durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Velocidad Máxima de Rotación Externa: Velocidad angular máxima, en grados por segundo, en el movimiento de rotación externa durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Aducción: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de aducción durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Abducción: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de abducción durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Rotación Interna: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de rotación interna durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.
- Aceleración Máxima en Rotación Externa: Aceleración angular máxima, en grados por segundo al cuadrado, en el movimiento de rotación externa durante la ejecución del gesto. El valor mostrado es un promedio de los cinco ciclos realizados.

Repetibilidad

- Repetibilidad en Aducción: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de aducción en el gesto de Mover, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Repetibilidad en Abducción: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de abducción en el gesto de Mover, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Repetibilidad en Rotación Interna: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de rotación interna en el gesto de Mover, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.
- Repetibilidad en Rotación Externa: Variable que compara la ejecución de los cinco ciclos del movimiento de rotación externa en el gesto de Mover, calculando un valor de reproducibilidad. Este parámetro solo se presenta en porcentaje de normalidad, por ser una variable adimensional.

NEDAMH/IBV

Los parámetros analizados más representativos de la funcionalidad de la marcha son:

- Velocidad de Marcha. Velocidad de paso en los registros realizados.
- Diferencia Tiempo de Apoyo. Diferencia de los tiempos de apoyo entre los registros de pierna izquierda y derecha.
- Fuerza de Frenado. Mínimo del registro de fuerzas antero-posteriores que se produce durante el contacto del talón, fuerza de frenado. En el ejemplo de la figura el promedio de las fuerzas de frenado para las 8 repeticiones de pierna izquierda resulta de 0,12 (eso no lo vemos en esta tabla, son los valores normalizados por el peso) y la valoración asociada a este promedio es de 100 % de normalidad, es decir queda dentro de los límites de normalidad.
- Fuerza de Propulsión. Máximo del registro de fuerzas antero-posteriores que se produce durante el despegue de los dedos del pie.
- Fuerza de Despegue. Máximo del registro de fuerzas verticales que se produce durante el despegue de los dedos del pie.
- Fuerza de Oscilación. Mínimo del registro de fuerzas verticales que se produce durante la fase de oscilación.
- Morfología Fx Antero-Posterior. Parámetro combinado que evalúa la forma de las fuerzas antero-posteriores respecto a las bandas de normalidad utilizadas.
- Morfología Fy Medio-Lateral. Parámetro combinado que evalúa la forma de las fuerzas medio-laterales respecto a las bandas de normalidad utilizadas.
- Morfología Fz Vertical. Parámetro combinado que evalúa la forma de las fuerzas verticales respecto a las bandas de normalidad utilizadas.

4. PROCEDIMIENTO DE PUESTA EN MARCHA DE UN LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL

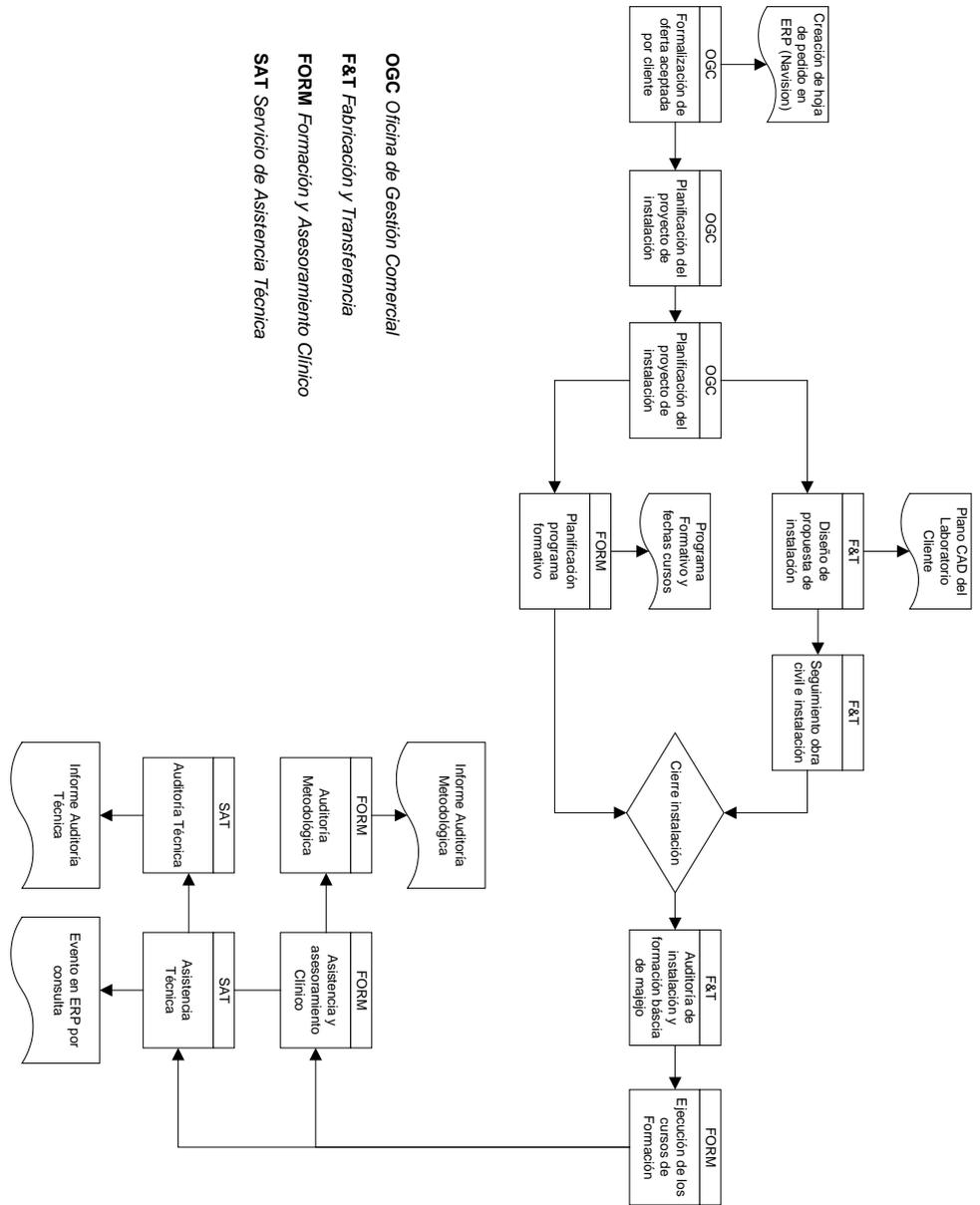


Figura 77. Diagrama de proceso de puesta en marcha de un laboratorio de valoración funcional

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CONSTRUCTIVAS DEL LABORATORIO DE VALORACIÓN FUNCIONAL

TABIQUERÍA

En algunas de las paredes de la sala se ha de sujetar cámaras de vídeo. La sujeción de estas ha de ser firme para evitar errores en las valoraciones. Por ello, se recomienda la ejecución de tabiques en ladrillo, evitando la utilización de sistemas de paneles tipo “Pladur” o similares. Para evitar vibraciones por el cierre de puertas, es necesario instalar amortiguadores hidráulicos en las puertas de la sala de valoración.

ILUMINACIÓN

El sistema de cámaras utilizado trabaja con luz infrarroja, por lo que es posible realizar valoraciones con luz ambiente visible.

No obstante, hemos de tener en cuenta:

- Entrada de luz exterior:
 - En las ventanas se ha de disponer algún sistema (cortinas, persianas) completamente opaco, que no deje resquicios por los que pueda pasar la luz exterior. Recomendamos un sistema de cortina enrollable con guías laterales.
- Iluminación artificial:
 - Hay que instalar focos de luz que tengan bajo contenido de radiación infrarroja (p.e. tubos fluorescentes)
 - La iluminación artificial de la sala ha de controlarse independientemente del resto de la planta.
 - Las luminarias instaladas en el techo deberán dejar el espacio libre necesario para la instalación de los focos de cervicalgias, las cámaras, los focos, y el anclaje para el arnés. La ubicación de estos equipos vendrá indicada en los planos.

PINTURA

El color elegido para la pintura no es relevante, siempre que sea en acabado mate y liso sin texturas.

PAVIMENTO

Para el pavimento, recomendamos un pavimento sintético resistente a tránsito medio, con un acabado mate. Se debe evitar reflejos de infrarrojos en el suelo.

Se recomienda la instalación de suelo técnico debido a que este tipo de pavimento facilita el cableado de las instalaciones técnicas, sin necesidad de foso, zanjas ni canalizaciones, y favorece las futuras modificaciones por evolución o ampliación de las técnicas de valoración.

ACCESIBILIDAD

En el caso de instalarse suelo técnico o tarima, si el pavimento de la sala queda sobreelevado respecto al exterior, se dispondrá de una rampa en al menos una de las entradas (Figura 78), con anchura suficiente para el acceso de una silla de ruedas y el espacio necesario para maniobrar. Si hay una dependencia vestuario, también ha de ser accesible. (La pendiente máxima permitida es del 12%).

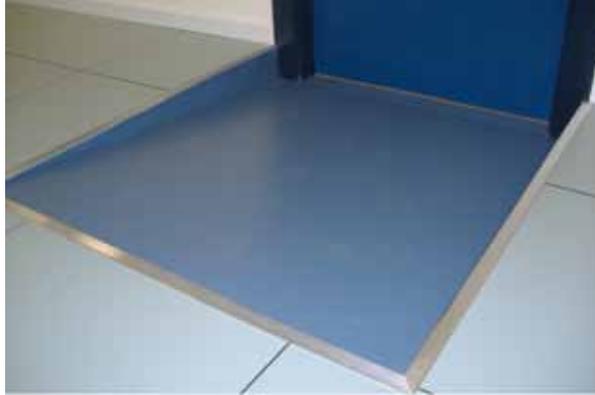


Figura 78. Rampa de acceso

DECORACIÓN Y ACABADOS

En la sala de análisis de movimiento no habrá elementos brillantes (herrajes de puertas o ventanas con acabado brillo, pavimentos brillantes, cuadros con marcos brillantes o cristales reflectantes, mecanismos eléctricos con cromados, mobiliario con elementos niquelados o cromados brillantes, etc.). Estos elementos pueden interferir en las medidas y las valoraciones que se van a realizar.

MOBILIARIO

Son aplicables al mobiliario todas las especificaciones de acabados vistas en el párrafo anterior, así como las condiciones de brillos, texturas, etc de pinturas.

El mobiliario mínimo consistirá en:

- Puesto de trabajo (mesa y silla) para NedCervical/NedLumbar

La ubicación del mobiliario tiene las siguientes restricciones:

- La ubicación del puesto de NedCervical/NedLumbar será la indicada en el plano por el IBV, ya que es importante su posición relativa al resto de equipamiento (cámaras, focos y plataforma)
- El mobiliario no deberá interferir en la ubicación de los equipos IBV indicados en el plano.

TECHO

Se deberá tener en cuenta en la colocación de las luminarias y la instalación de ventilación y aire acondicionado no interferir en la posición del equipamiento del laboratorio, cuya posición se facilitará en el plano (focos de NedCervical, anclaje para la sujeción del arnés de AMH-SVE, cámaras y focos de NedLumbar/NedCervical).

PUESTO DE TRABAJO NEDCERVICAL/NEDLUMBAR

El puesto de trabajo necesario para las valoraciones de cervicalgias y lumbalgias es el mismo y se denomina puesto NedCervical/NedLumbar/NedHombro (Figura 79).

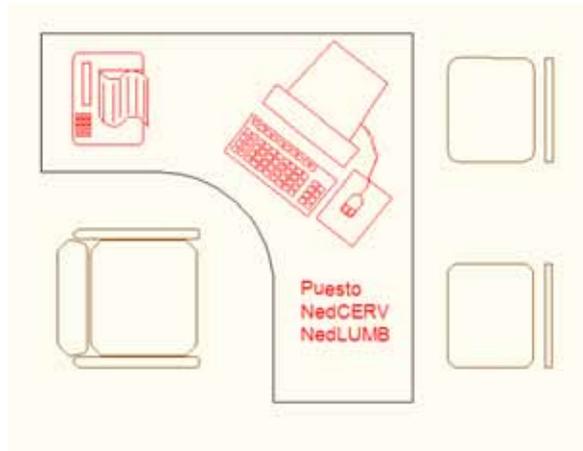


Figura 79. Puesto de trabajo de las aplicaciones de valoración

El puesto de debe disponer, al menos, de las siguientes tomas:

- PC
- Monitor
- Impresora
- Plataformas
- Reserva
- Emisor Cervicalgias

PLATAFORMA DE FUERZAS

El sistema para la valoración de la marcha y el equilibrio precisa de la instalación de una plataforma dinamométrica. En el caso del sistema de valoración de lumbalgias, se precisa de la instalación de dos plataformas. Dichas plataformas tienen unas dimensiones de 600x370 mm de área activa y 100mm de altura, cuya superficie ha de quedar enrasada con el suelo. Las plataformas han de asentarse sobre una superficie perfectamente plana y nivelada.

Dependiendo del tipo de suelo que se instale en la sala la colocación de las plataformas tendrá diferentes especificaciones. La configuración más adecuada es la correspondiente a la instalación de suelo técnico.

Las plataformas de fuerzas deben ir conectadas a la módulo de conexiones de plataforma y esta a su vez al puesto NedCervical/NedLumbar/NedHombro. Este módulo de conexiones debe situarse a una distancia menor que 1.8 m del puesto de trabajo, por lo que se colocará bajo el suelo técnico (en caso de existir), o se habilitará un registro en la pared contigua al puesto para su instalación. En el lugar donde se coloque la módulo de conexiones, se deberá instalar una toma para la alimentación de la misma. La ubicación de la toma se indicará en el plano.

En las instalaciones nuevas se recomienda la instalación de suelo técnico de altura 115mm, lo que facilita el cableado de las instalaciones técnicas, sin necesidad de zanjales ni canalizaciones, y favorece las futuras modificaciones por evolución o ampliación de las técnicas de valoración (Figura 80).



Figura 80. Instalación de plataformas dinamométricas en suelo técnico

Para la zona central del laboratorio, donde se colocará la plataforma AMH-SVE, es necesario cortar 4 baldosas que forman el marco de la plataforma 1x1m, para lo cual se facilitará el plano de corte (Figura 81).

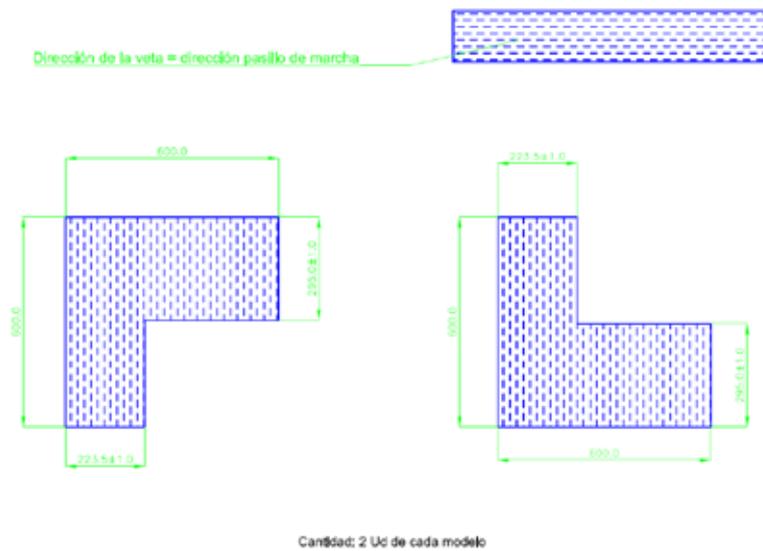


Figura 81. Plano de corte para la instalación de las plataformas dinamométricas

No se debe aplicar ningún acabado superficial que aporte brillo adicional al pavimento (ceras o barnices).

En el caso de colocación de tarima (Figura 82), en el centro de la sala habrá que realizar el corte de un marco de 1x1 m donde irán empotradas las plataformas AMH/SVE. La altura de la tarima deberá ser de 11 cm para que queden niveladas tarima y plataforma.

En este caso habrá que tener en cuenta la posibilidad de colocación de registros, de manera que se facilite la instalación del cableado. La colocación de estos registros se indicará en el plano.



Figura 82. Detalle de colocación de la plataforma dinamométrica en tarima

En el caso de suelos tipo azulejo, parquet u otros que no estén en altura, habrá que practicar un foso de 1x1m de área y una profundidad de 11cm. El fondo debe ser perfectamente liso y estar nivelado. En este foso se instalarán las plataformas de fuerza.

Para la salida de los cables de datos de las plataformas se practicará una zanja en la que se instalará una canalización de 10 cm de ancho y 5 cm de alto como mínimo, que finalizará en la pared contigua donde enlazará con una canaleta. Es conveniente dejar dentro de la canalización dos hilos de guía.

BARRERAS DE FOTOCÉLULAS

Para la utilización del sistema de valoración de la marcha es necesaria la instalación de dos barreras de fotocélulas (Figura 83). La barrera 1 estará compuesta por las fotocélulas 1 y 2, y la barrera 2 por las fotocélulas 3 y 4.

Cada barrera puede constar de un emisor y un receptor, o bien de un emisor y un catadióptrico que permita la reflexión, dependiendo de las dimensiones de la sala.



Figura 83. Detalle fotocélula (izquierda) y catadióptrico (derecha)

Las dos barreras de fotocélulas deben situarse centradas una a cada lado de la plataforma y entre ellas debe haber una distancia de 1,5 m (Figura 84).

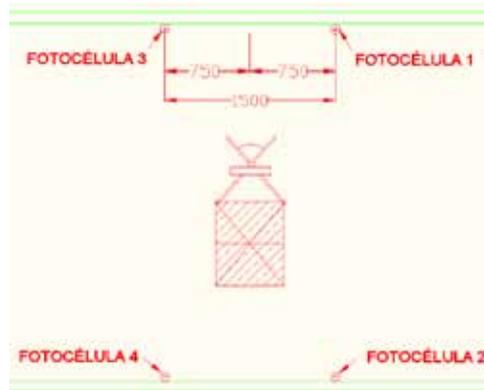


Figura 84. Plano de ubicación de las barreras de fotocélulas

Los requerimientos de las barreras de fotocélulas varían dependiendo de la anchura de la sala.

- Anchura de la sala < 4m

En caso de que la anchura de la sala sea inferior a 4m se instalarán dos barreras compuestas por un emisor y un catadióptrico, ambos anclados a las paredes y enfrentados entre ellos.

- $4\text{m} < \text{Anchura de la sala} < 7\text{m}$

En este caso no es posible la utilización de catadióptricos por lo que se utilizarán barreras formadas por un emisor y un receptor (ambos necesitarán canalización para el cableado)

- Anchura de la sala > 7m

En caso de que la anchura de la sala sea mayor a 7m, para ambas barreras se utilizarán un emisor anclado a la pared y un catadióptrico montado sobre trípode que podrá ser montado o retirado dependiendo de las pruebas a realizar (Figura 85).

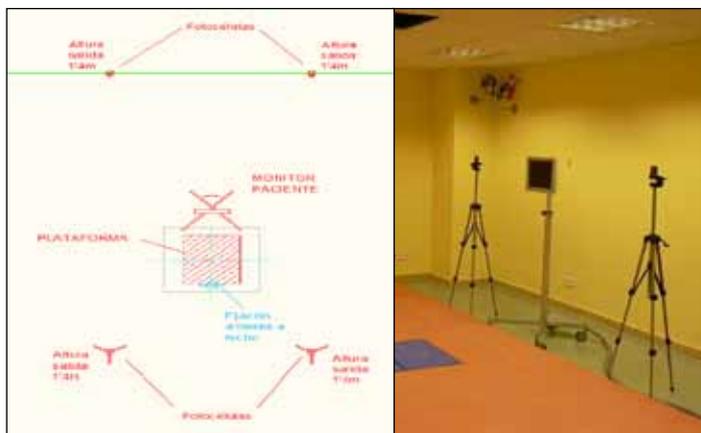


Figura 85. Detalle de instalación de fotocélulas

Por cada fotocélula (ya sea emisor o receptor) anclada a pared, se instalará una canalización (empotrada si es posible) que vaya desde el suelo hasta una altura de 1,40m (la fotocélula se instalará a 1,50m).

Se instalará un mecanismo de salida de cable para facilitar la conexión de la fotocélula.

La canalización deberá ser de un diámetro equivalente de 3 cm.

FOCOS DE CERVICALGIAS

En las posiciones indicadas en el plano se instalarán tres focos de cervicalgias (Figura 86). Para ello es necesario disponer de una toma de corriente junto al foco central.

En caso de que el techo no sea registrable, se necesitará una caja de registro empotrada a techo con unas dimensiones mínimas de 30x15cm con una profundidad de 10cm.

Asimismo será necesario poder enviar los cables de alimentación del foco central a los laterales a través de una canalización de 5cm de diámetro.

Si el techo es registrable la caja de registro y las canalizaciones no serán necesarias.



Figura 86. Detalle de instalación de las lámparas de la aplicación NedCervical/IBV

CÁMARAS Y FOCOS

Para realizar las valoraciones de lumbalgias (NedLUMBAR), cervicalgias (NedCERVICAL) y omalgias (NEDHOMBRO), se precisa de un sistema de análisis de movimientos compuesto por un mínimo de 4 cámaras y 4 focos de Infrarrojos sujetas a la pared o al techo (Figura 87).



Figura 87. Detalle de la instalación de las cámaras del sistema de análisis de movimientos

Los requerimientos dimensionales que se han de cumplir a la hora de colocar las cámaras son los siguientes (Tabla 20):

Requerimientos dimensionales	Valor
Altura mínima de las cámaras	2.5 m
Distancia horizontal entre cada cámara y el centro de la plataforma	3 m
Ángulo entre las direcciones de las cámaras 1 y 2	90°
Ángulo entre las direcciones de las cámaras 2 y 3	60°
Ángulo entre las direcciones de las cámaras 3 y 4	120°
Ángulo entre las direcciones de las cámaras 1 y 4	90°

Tabla 20. Requerimientos dimensionales para la instalación de las cámaras del sistema de análisis de movimientos

Cada cámara y cada foco debe disponer de una toma para la alimentación eléctrica, que podrá colocarse en la pared junto a la posición del conjunto cámara/foco o directamente a techo. Para la instalación eléctrica de las cámaras y antorchas consultar apartado 5.

Las cámaras poseen, además, un cable de datos (Camera Link) que ha de ir de la cámara al puesto de trabajo NedCervical/NedLumbar/NedHombro. Habrá que estudiar, dependiendo del acondicionamiento de la sala, si el cable se pasa por techo, pared o suelo, y que tipo de canalización se utiliza.

En caso de que el techo sea registrable, los camera link irán sobre el falso techo desde cada cámara hasta la pared contigua al puesto de trabajo NedCervical/NedLumbar/NedHombro, sin necesidad de colocar ningún tipo de canalización en el techo. En la pared contigua al puesto de trabajo habrá que colocar una canalización bajante dimensionada para contener los 4 camera link (4 x 6cm)

En caso de que se disponga de falso techo, pero este no sea registrable, existen dos opciones posibles. La primera es instalar una canalización sobre el falso techo para cada camera link, hasta la pared contigua al puesto de trabajo y una canalización bajante desde la pared hasta el suelo. La segunda posibilidad es instalar canalizaciones en la pared (preferiblemente empotradas) hasta el suelo y pasar los cables bajo el suelo técnico hasta el puesto de trabajo sin necesidad de canalización.

En caso de que se disponga de falso techo, pero este no sea registrable, existen dos opciones posibles. La primera es instalar una canalización sobre el falso techo para cada camera link, hasta la pared contigua al puesto de trabajo y una canalización bajante desde la pared hasta el suelo. La segunda posibilidad es instalar canalizaciones en las paredes (preferiblemente empotradas) desde cada cámara hasta el puesto de trabajo.

En caso de que no se disponga de falso techo las opciones se reducen a instalar canalizaciones por las paredes (preferiblemente empotradas) desde cada cámara hasta el suelo y pasar los cables bajo el suelo técnico hasta el puesto de trabajo sin necesidad de canalización.

En este caso las opciones se reducen a instalar canalizaciones en las paredes (preferiblemente empotradas) desde cada cámara hasta el puesto de trabajo.

En el caso de que la longitud de las canalizaciones existente entre la cámara y el puesto de trabajo sea superior a 10 m, será necesario instalar un repetidor que deberá ser alimentado.

En el plano de la instalación se indicarán las especificaciones de instalación, eléctrica y dimensional, de las cámaras y los focos.

MONITOR DE PACIENTE

El monitor de paciente es un elemento móvil que debe ir conectado tanto a la red eléctrica (cable de alimentación) como al puesto NedCervical/NedLumbar (Cable VGA), por tanto se debe prever de qué manera se va a conectar.

Los cables salen del monitor por un tubo corrugado que debe ser fijado al suelo o a la pared (Figura 88).



Figura 88. Detalle de instalación del monitor de paciente

En caso de no disponer de suelo técnico, el cableado deberá ir por la pared mediante canalización.

PASILLO DE MARCHA

Para la realización de las pruebas de análisis de la marcha humana es necesario disponer de un espacio libre que constituye el pasillo de marcha situado en la dirección longitudinal de las plataformas (Figura 89).



Figura 89. Pasillo de marcha

SUJECIÓN DEL ARNÉS

Debe sobresalir bajo el techo y sobre la plataforma una anilla para anclar el arnés de seguridad para la aplicación NedSVE.

Para la sujeción del arnés se instalará un carril de seguridad, que deberá ir anclado en dos puntos, a una altura mínima de 2.85 m. Para facilitar el anclaje del sistema de seguridad será necesario que se instale, a la altura que determinen las especificaciones técnicas.

El carril tiene una longitud de 1.5 m y la estructura de sujeción deberá ser capaz de soportar un máximo de 500 kg. Las sujeciones se fijarán a 10 cm de cada extremo (Figura 90).

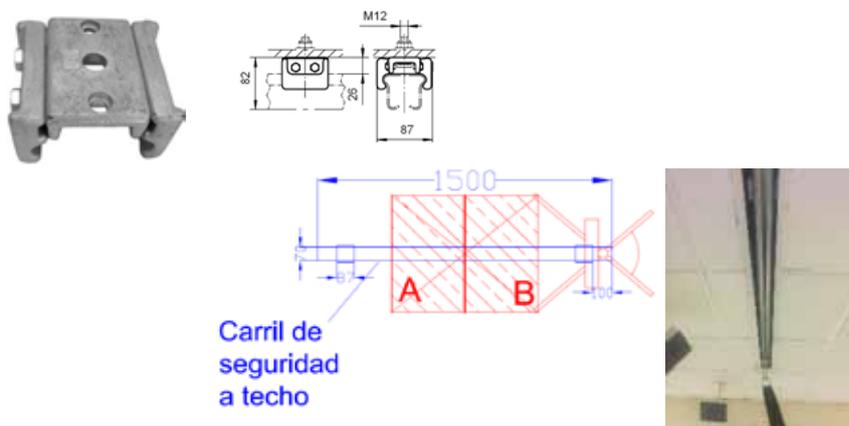


Figura 90. Detalles técnicos y constructivos del arnés y carril de seguridad

Dependiendo del acondicionamiento de la sala y del equipamiento que se vaya a instalar se pueden presentar diferentes configuraciones.

En caso de no existir falso techo, se anclará el carril al forjado sin necesidad de ninguna estructura especial.

En caso de que se disponga de falso techo, habrá que diseñar una estructura que, anclada al forjado, permita atornillar el carril de manera que la anilla para la sujeción del arnés sobresalga por debajo del falso techo y que esté dimensionada para soportar la carga (hasta 500 kg).

TALLÍMETRO

Para la medición de la altura de los pacientes el IBV instala un tallímetro en el laboratorio de valoración funcional (Figura 91). Por tanto es necesario dejar libre de obstáculos alguna pared o pilar en la sala, para la colocación del instrumento.



Figura 91. Instalación del tallímetro

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En las proximidades del puesto de trabajo se deberán instalar un conjunto de tomas de corriente.

Un mínimo de 6 bases schuko con toma de tierra para conectar:

- PC
- Monitor
- Impresora
- Emisor NedCervical

- Iluminación
- Reserva

El laboratorio dispondrá de una línea de potencia independiente protegida por un diferencial y un térmico (Figura 92).

De esta línea general saldrán las siguientes líneas (se especifica para cada línea el número mínimo de tomas): cámaras y focos NedLumbar/NedCervical/NedHombro: Las bases de enchufe de las cámaras y de los focos (4 pares), se situarán a una altura de 3m respecto al suelo técnico y en las proximidades de las ubicaciones de las cámaras (se indicarán en el plano). Serán bases dobles de tipo Schuko con toma de tierra. Cada una de estas bases dispondrá de un interruptor independiente, existiendo además uno general para las 4 cámaras y uno general para los 4 focos (ver esquemas eléctricos).

Se recomienda que todos estos interruptores se encuentren situados cerca del Puesto NedLumbar/IBV (Ver planos). Los interruptores de cámaras y focos han de estar identificados como:

- “CÁMARA 1” ”FOCO 1”
- “CAMARA 2” “FOCO 2”
- “CAMARA 3” “FOCO 3”
- “CAMARA 4” “FOCO 4”
- “GENERAL CAMARAS”
- “GENERAL FOCOS”

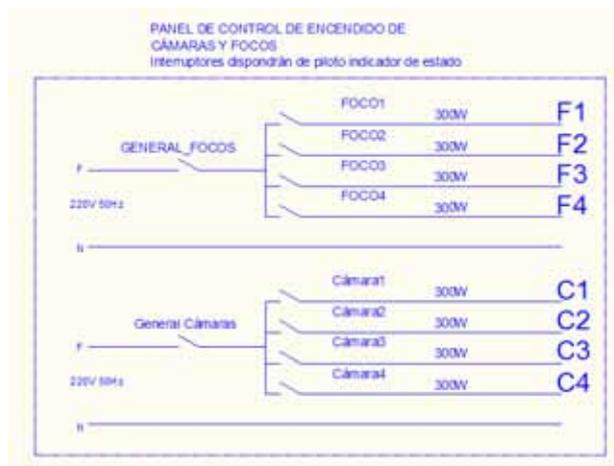


Figura 92. Plano del panel de control de encendido de cámaras y focos del sistema de análisis de movimientos

CANALIZACIONES

Dependiendo del acondicionamiento de la sala (tipo de suelo o techo a colocar, accesibilidad, etc.) existen diferentes tipos de canalizaciones que se pueden utilizar.

Sin canalización

En el caso de disponer de suelo técnico, no se precisa de la utilización de canaletas debido a la facilidad de colocación y mantenimiento que este suelo permite (Figura 93).

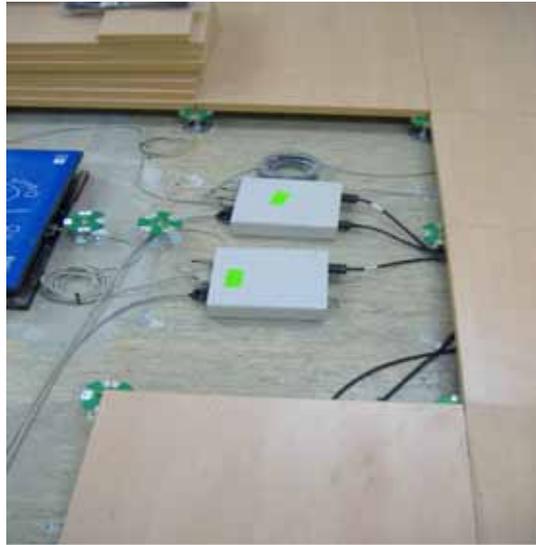


Figura 93. Ejemplo de canalización por suelo técnico

Si se dispone de falso techo, los cables de video (camera link) pueden disponerse también sin canalización en el techo (Figura 94). En este caso habrá que ubicar una canalización bajante en la pared cercana al puesto de trabajo NedCervical/NedLumbar/NedHombro para pasar los cuatro camera link. Esta canalización debe ir desde el techo hasta el suelo, con un registro que permita la salida de los cables.



Figura 94. Detalle del conducto utilizado para las canalizaciones del cableado

En la mayoría de los casos en que se dispone de falso techo, el cableado se

puede canalizar utilizando conductos tipo tubo como los que se muestran a continuación. También se utilizan los conductos cuando existe espacio en el interior de las paredes.

El uso de canaletas permite pasar los cables tanto por el interior de los falsos techos como por la parte exterior de las paredes, facilitando así la instalación y el mantenimiento de los equipos. En caso de la necesidad de colocación de canaletas se indicarán en la tabla posterior y en los planos las dimensiones y posición de las mismas.

6. PROGRAMA FORMATIVO INICIAL PARA LOS PROFESIONALES RESPONSABLES DE LAS UNIDADES DE VALORACIÓN FUNCIONAL

Sala reuniones 2 grande		Laboratorio de movimientos humanos, sitano		Sala de demos, segundo piso		
Hora	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6
9:30	Bienvenida, estructura del curso e introducción a la valoración biomecánica	Fundamentos clínicos de la aplicación MedLUMBAR/IBV	Fundamentos de la aplicación MedIBV	Fundamentos técnicos de las aplicaciones MedSVE/IBV y MedARM/IBV	Fundamentos clínicos de la aplicación MedSVE/IBV y valoración y R+B	Revisión de casos aportados por los alumnos
10:15	Fundamentos clínicos de la aplicación MedCERVICAL/IBV	Práctica de evaluación con el sistema MedLUMBAR/IBV	Fundamentos y práctica de evaluación con los instrumentos MedSVE/IBV, MedARM/IBV, MedSVE/IBV, MedARM/IBV, MedIBV/IBV	Fundamentos clínicos de la aplicación MedARM/IBV y Biofoot	Práctica de evaluación con el sistema MedSVE	
11:15 11:30	Café	Café	Café	Café	Café	Café
12:45	Práctica de evaluación con el sistema MedCERVICAL/IBV	Continuación de la sesión anterior y digitalización, delegación y obtención de resultados con MedLUMBAR y MedCERVICAL	Continuación de la sesión anterior y aplicación MedIBV y MedSVE/IBV	Práctica de evaluación con el sistema MedARM/IBV	Continuación de la sesión anterior	Continuación de la sesión anterior
13:45	Descanso comida	Descanso comida		Descanso comida	Práctica de rehabilitación del equilibrio con el sistema MedSVE/IBV	Otras cuestiones de interés: EVC, Jornadas de usuarios, Formación continua, Asesoramiento clínico y biomecánica y Auditorías
15:30 16:00	Casos clínicos de valoración funcional de cervicales	Casos clínicos de valoración funcional de lumbares		Casos clínicos de valoración funcional de la marcha	Descanso comida	EVALUACIÓN
17:00	Fundamentos técnicos de las aplicaciones MedCERVICAL y MedLUMBAR			Fundamentos y práctica con el sistema BioFoot/IBV	Casos clínicos de valoración funcional del equilibrio	
18:00				(hasta 19:30h)		

Figura 95. Calendario formativo para los profesionales usuarios del laboratorio de valoración funcional

7. PROGRAMA CIENTÍFICO DE LAS VI JORNADAS DE USUARIOS EN TÉCNICAS DE VALORACIÓN FUNCIONAL

O

VI Jornadas de VALORACIÓN FUNCIONAL	
<p>El Instituto de Biomecánica de Valencia organiza anualmente las Jornadas de Valoración Funcional con el objetivo de difundir la cultura de la innovación en el ámbito de la valoración funcional.</p> <p>Año tras año, la asistencia de profesionales de las especialidades relacionadas con el estudio, la prevención y el tratamiento de lesiones del sistema musculoesquelético ha convertido estas jornadas en un punto de encuentro, colaboración e intercambio indispensable.</p> <p>En esta VI edición volvemos a contar con la experiencia de destacados profesionales que, sin duda, nos ayudarán a avanzar en el conocimiento y proyección de esta interesante disciplina.</p> <p>Las sesiones de las jornadas tendrán lugar en el Centro de Eventos de Feria Valencia los días 19 y 20 de octubre.</p> <p>Coincidiendo con las jornadas, celebraremos una cena de gala que tendrá lugar el 19 de octubre y en la que se reconocerá y premiará los trabajos presentados a la 5ª edición del Premio IBV de Valoración Funcional.</p> <p>Confiamos en su asistencia y participación.</p> <p>MIÉRCOLES 19 DE OCTUBRE DE 2011</p> <p>15:15-16:00 Entrega de documentación y acreditaciones</p> <p>16:00-16:15 Bienvenida y presentación de las Jornadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dra. Inmaculada García Montes, Presidenta de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF) • Dr. Eugenio Laborada Calvo, Presidente de la Sociedad Española de Valoración del Daño Corporal <p>16:15-17:15 Taller demostrativo de valoración biomecánica:</p> <p>Taller 1: Análisis cinemático de la marcha</p> <p>Taller 2: Valoración biomecánica de la fuerza y fatiga de la mano con el sistema NedMANO/IBV</p> <p>Taller 3: Método para la reincorporación del trabajador: NedLABOR/IBV</p> <p>17:15-19:00 Sesión de casos clínicos</p> <p>Durante esta sesión se expondrán experiencias y casos clínicos relacionados con las aplicaciones de biomecánica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valoración funcional del Hombro. Dra. M^a Luisa Antolí Beltrán, Unión de Mutuas • Valoración cinemática de la marcha. Dra. Carolina Colomer Font, Servicio de Daño Cerebral, Hospital Valencia al Mar • Valoración biomecánica de la marcha en pacientes con Hallux Valgus severo intervenidos mediante cirugía percutánea. Dra. Raquel Sanchis Amat, Hospital General Universitario de Valencia • Valoración funcional de la mano. Dra. M^a Francisca Peydro de Moya, IBV • Valoración funcional de la rodilla. Dra. M^a José Villadeamigo Panchón, Asepeyo Sevilla • Valoración funcional Lumbar. Dra. Morelva Piñeiro Temprano, Ibermutuamur A Coruña 	<p>21:30-00:00 CENA y acto de entrega de la 5ª edición del Premio IBV de Valoración Funcional</p> <p>JUEVES 20 DE OCTUBRE DE 2011</p> <p>9:00-10:30h Sesiones paralelas: Trabajos de investigación en valoración biomecánica</p> <p>Durante estas sesiones se presentarán algunos de los trabajos de investigación más relevantes del último año en relación con la aplicación de la valoración biomecánica. A continuación, se establecerá un coloquio entre los autores y los asistentes en relación a los resultados y posibles aplicaciones.</p> <p>Sala A: Trabajos de investigación en valoración biomecánica en el ámbito hospitalario</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio del patrón de alteración del equilibrio en los pacientes con ictus agudo. Dr. Modesto Alcañiz Alberol, Hospital Universitario y Politécnico La Fe • Valoración del equilibrio en pacientes con esclerosis múltiple. Dra. Mercedes Molleda Marzo, Hospital Germans Trias i Pujol • Utilidad de las plantillas conformadas. Dra. Isabel Vázquez Arce y Dr. Cristóbal Núñez-Cornejo Piquer, Hospital Universitario y Politécnico La Fe • Síndrome de Down y equilibrio postural. Dra. Ruth Cabezas Aznar, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte, Universidad de Valencia <p>Sala B: Trabajos de investigación en valoración biomecánica en el ámbito de la medicina laboral</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la utilidad clínica del índice de colaboración de la aplicación NedLumbar/IBV en una MATEPSS. Dr. José María Sanz-Pastor Mingot, Asepeyo Coslada • Estudio de fiabilidad de la aplicación NedAMH/IBV. Dr. Daniel Sánchez Zuriaga, Facultad de Medicina, Universidad de Valencia • Valoración Biomecánica de la marcha en pacientes con patología de rodilla. Dra. Catalina Piqueras Sánchez, BAASYS • Valoración funcional de accidentados de tráfico. D. José David Garrido Jaén, IBV <p>10:30-11:00 Pausa Café</p> <p>11:00-11:30 Novedades del Club de Usuarios</p> <p>11:30-12:10 Modelo de implantación de las unidades de valoración biomecánica en la Mutua Ibermutuamur. Dr. Miguel Ángel Lorenzo Agudo, Ibermutuamur</p> <p>12:10-13:45 Conferencia de Clausura: "Protocolo de reincorporación de trabajadores. Tres perspectivas: I.N.S.S., M.A.T.E.P.S.S e IBV"</p> <p>13:45-14:00 Clausura oficial</p> <p>14:00 Vino de honor</p>

Figura 96. Programa científico de las VI Jornadas de usuarios en técnicas de valoración funcional

8. SENTENCIAS JUDICIALES ASOCIADAS A LOS RESULTADOS DE LAS VALORACIONES FUNCIONALES

Sentencia del Juzgado de lo Social nº 8 de Madrid.

Diagnostico: epitrocleitosis codo izquierdo. Profesión limpiadora. LPNI, solicita IPT/IPP
“Fundamento de derecho: Conforme se desprende de los diferentes informes médicos que constan, estudios neurofisiológicos y del Informe del Dr. Lorenzo Agudo de Valoración funcional, donde se desprende “ que la actora no ha tenido pérdida de fuerza en codo izq., se justifica que no es tributaria de Invalidez Permanente”

Sent. Juzgado de lo Social nº 6 de Madrid.

Estima la demanda de la Mutua que solicita la IPP, frente a Resolución del INSS que declaró al trabajador afecto de IPT.

Diagnostico: Fractura intrarticular conminuta de la extremidad distal de radio derecho con afectación de la articulación cubital distal. Tratada Q. (diestro).

1º valoración funcional después de la I.Q: niveles extremadamente bajos de fuerza en los diferentes gestos analizados.

2º Valoración.- Aumento de niveles de fuerza. (Hecho probado segundo).

Sentencia Juzgado Social nº 35.

Diagnostico Fractura conminuta intraarticular extremo distal del radio izquierdo (diestro). Reducción y síntesis placa volar y tornillo. También fractura no desplazada de la cabeza radial del codo izq. (tratamiento ortopédico).

Ultima Valoración funcional: “Disminución de fuerza respecto del lado contrario variable entre el 20% al 40%. Balance activo articular de la muñeca. Rango de movilidad funcional.

Fundamento de derecho segundo. “No se discuten las secuelas objetiva. El problema surge de cara a las limitaciones funcionales que el producen para su profesión. . . . y del examen de las actuaciones de la Mutua. . . y de los Inf. Periciales ratificados en la vista oral (el de la Mutua y actora). . . queda constatado que dichas limitaciones afectan en pocos grados a la movilidad de la muñeca izq. Manteniendo la funcionalidad de la mano, aunque ésta menos que en la derecha. Y no tiene secuelas en la flexión del codo (hecho probado sexto).

Sentencia Juzgado Social nº 32 Madrid.

Electricista alta tensión. Diagnostico: fractura bilateral de la extremidad distal del antebrazo con afectación intraarticular asociado. Tto. I.Q, reducción y osteosíntesis con placa volar y tornillo en la del lado derecho. Reducción quirúrgica con colocación de fijador externo en la izq.

Valoración funcional de fuerza muscular y movilidad articular en el Dpto. de biomecánica.

Resultados: fuerza muscular funcional de ambos lados. Rango de movilidad también funcional.

Fundamento de derecho segundo. “En el I.M. aportado por la Mutua, reconocido y ratificado en presencia judicial consta que se llevo a cabo una Valoración funcional de la fuerza muscular y movilidad de articulaciones (recoge el resultado arrojado), y dado que lo determinante para la declaración de una IP no son las funciones que se relacionan en el certificado de empresa, sino de las tareas propias de la profesión habitual de oficial 1º electricista, no se justifica la IPP solicitada.”

Sentencia Juzgado Social nº 15 de Madrid.

Diagnostico: Fractura articular del calcáneo derecho y fractura interarticular extremidad distal radio derecho, tratada esta i.q. y la de calcáneo de forma ortopédica.

Se le practicaron 3 Valoraciones Funcionales de su capacidad de deambulacion y de fuerza muscular y movilidad de muñeca. (12/05, 10/06, 12/06,

Respecto de la valoración de la marcha, se obtiene una valoración final del 97%. Que se traduce en un patrón de marcha normal.

Fuerza empuñadura en torno a 21 Kg. Lo que supone un déficit respecto de la contralateral del un 50% aproximadamente. Movilidad activa de muñeca. Rango de movilidad funcional. (FD, 60º; palmar 58/60º Desv. Rad.15º y cubital 35º. Pronosupinación normal.

Hecho probado quinto.

Sentencia Juzgado de lo Social nº 4 de Gijón.

Es interesante esta sentencia en tanto que siendo la Valoración funcional de la marcha realizada negativa ésta es imputable a la falta de colaboración de la paciente.

Hecho probado cuarto. Limitación de movilidad del tobillo izq.

“en estudio de biomecánica 4/06, capacidad global de deambulacion del 54% que equivaldría a patrón patológico de la marcha. Sin embargo, “la falta de colaboración de la paciente con conducta voluntariamente exagerada en la ejecución de la prueba, no permite confirmar ni dar validez a los hallazgos alcanzados.” NO IPP, pues aun admitiendo una limitación en la movilidad del tobillo, su profesión de administrativa no le exige posturas mantenidas en bipedestación, al ser un trabajo eminentemente sedentario.

Sentencia Juzgado de lo Social nº 5 de Sevilla.

Demanda la Mutua solicitando LPNI frente a Resolución del INSS que declara al trabajador afecto de IPP.

Diagnostico fractura cuneometatarsiana de 2º y 3º radio pie derecho. Secuelas según INSS “artrosis cuneometatarsiana 2- 3 radio. Metatarsalgia residual”.

Hecho probado undécimo. “Según la Valoración funcional realizada en el laboratorio de biomecánica, correspondiente al análisis de la marcha del actor, presenta una capacidad global de marcha del 99%.”

Fundamento de derecho tercero.

“La actividad probatoria desarrollada en el acto del juicio, acreditada con la prueba diagnóstica consistente en la prueba de biomecánica que la marcha del actor es prácticamente normal. . . . esta prueba es una prueba objetiva como expuso el Dr. . . . y, por tanto la marcha que presenta es prácticamente normal.”

Sentencia Juzgado de lo Social nº 1 de Sevilla.

Demanda presentada por el recurrente contra el Instituto Nacional de la Seguridad Social, Tesorería General de la Seguridad Social, Acerinox S.A. y Mutua Aspeyo.

El actor fue declarado afecto de LPNI/AT para su profesión habitual de carretillero metalúrgico por Tendinitis del abductor del muslo derecho.

En los Fundamentos del Derecho el actor, al que se le reconocieron en vía administrativa Lesiones Permanentes No Invalidantes como consecuencia del accidente sufrido... presentó demanda en la que reclamaba que se le declarara afecto de Incapacidad Permanente Total para su profesión...La valoración global de marcha es del 91%, correspondiente a un patrón dentro de la normalidad, y tras sobrecarga, se mantienen una valoración global del 90%, también por tanto, dentro de la normalidad.

El fallo concluye con la desestimación del recurso de suplicación Interpuesto por... contra la sentencia dictada.

Sentencia Juzgado de lo Social nº 1 de Cuenca.

Demanda presentada por el recurrente contra el INSS, la Tesorería General de la Seguridad Social, Mutua Aspeyo y SOGEI S. A.

En fecha de... mientras el actor presentaba servicios para la empresa demandada, realizando labores de almacenamiento, sufrió un accidente sufriendo una fractura-luxación de tobillo izquierdo y fractura de metatarsianos por la que fue declarado afecto de LPNI/AT para su profesión habitual.

No conforme con dicha resolución la parte actora interpuso Reclamación Previa, al considerar que las dolencias que padecía le incapacitaban totalmente para el desarrollo de su profesión habitual.

En los fundamentos del derecho se contemplan las limitaciones orgánicas y funcionales... marcha basal de 96% y marcha postesfuerzo de 93%.

El fallo concluye con la desestimación de la demanda formulada por la parte actora...

Sentencia Juzgado de lo Social nº 15 de Madrid.

Demanda presentada por el recurrente contra el INSS, la Tesorería General de la Seguridad Social y la Mutua Aspeyo.

La parte actora prestaba sus servicios como capataz para la empresa... sufre accidente al bajar de un andamio, con torsión en rodilla derecha con diagnóstico de condropatía femoral. Tras el tratamiento médico se agotan las posibilidades terapéuticas y rehabilitadoras, estableciéndose movilidad completa sin aparente laxitud y sin referir dolor a la palpación. La valoración funcional proporciona una valoración de la marcha de 91%.

Ante esta información la Mutua cursa alta médica, bajo la cual la parte actora recurrió para la determinación de una incapacidad permanente.

Al analizar las pruebas clínicas realizadas el fallo desestima la demanda formulada.

Sentencia Juzgado de lo Social nº 24 de Madrid

Demanda presentada por el recurrente contra el INSS, la Tesorería General de la Seguridad Social, Mutua Aspeyo y TDN S. A.

El actor tiene como profesión habitual de mozo de almacén, habiendo sufrido un accidente de trabajo in itinere, causando baja.

Por resolución de la Dirección Provincial del INSS de Madrid se denegó al actor la incapacidad permanente, habiéndose objetivado por el EVI el siguiente cuadro clínico residual: "cervicalgia y lumbalgia post-traumática, pequeña hernia discal L4-L5 izquierda leve". El EVI objetiva una valoración funcional del raquis lumbar del 92% y un 95% en la prueba de marcha, tras la que se propone la reincorporación laboral.

La parte actora recurrió para la determinación de una incapacidad permanente.

El fallo concluye con la desestimación de la demanda formulada por la parte actora...

Sentencia Juzgado de lo Social nº 29 de Orense

Demanda presentada por el recurrente contra el INSS, la Tesorería General de la Seguridad Social, Mutua Aspeyo y ELECNOR S. A.

En fecha de... el actor sufrió un accidente de trabajo in itinere siendo diagnosticado de politraumatismo y fractura abierta de un tercio distal de tibia-peroné, siendo dado de alta por curación con secuelas.

El actor pretende que se declare la situación de Incapacidad Permanente Parcial para su profesión habitual, que es la de oficial de primera encargado de obras.

En los fundamentos del derecho se contemplan las limitaciones orgánicas y funcionales... se conserva una capacidad de marcha normal a tenor de los estudios de valoración funcional realizados por la Mutua.

El fallo concluye con la desestimación de la demanda formulada por la parte actora...

Sentencia Juzgado de lo Social nº 35 de Madrid

Demanda presentada por el recurrente contra el INSS, la Tesorería General de la Seguridad Social, Mutua Aspeyo y CASAS DE MADERA MÓVILES S. L.

En fecha de... el actor sufrió un accidente de trabajo in itinere con diagnóstico de fractura luxación del art. de lisfranc de pie derecho. Osteosíntesis teosíntesis (AG. Kirschner). EMO y Tratamiento de la pseudoartrosis con placa atornillada e injerto y rehabilitación.

Tras el periodo de tratamiento se valoraron las secuelas... conservando una función de marcha normal según pruebas biomecánicas realizadas por la Mutua. Se declara afecto de LPNI/AT para su profesión habitual.

La actora interpuso Reclamación previa contra la resolución del INSS, solicitando el reconocimiento de sus lesiones como invalidantes en un grado total para su profesión habitual o subsidiariamente en grado permanente total.

En los fundamentos del derecho se contemplan las limitaciones orgánicas y funcionales... se conserva una capacidad de marcha normal a tenor de los estudios de valoración funcional realizados por la Mutua.

El fallo concluye con la desestimación de la demanda formulada por la parte actora...