

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
1.1.	CUESTION A INVESTIGAR	3
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.	JUSTIFICACIÓN	9
3.	OBJETIVOS	11
4.	HIPÓTESIS	13
5.	ESTADO DEL ARTE	15
5.1.	APLICACIONES INFORMÁTICAS DE APOYO AL DISEÑO DE CALZADO	15
5.1.1.	PRODUCTOS CAD PARA DISEÑO DE CALZADO	16
5.1.2.	TECNOLOGÍAS CAE Y CAT	18
5.2.	CONFORT EN EL CALZADO	20
5.2.1.	DEFINICION DE CONFORT	20
5.2.2.	FACTORES RELEVANTES PARA EL CONFORT EN EL CALZADO	21
5.2.2.1.	Confort biomecánico	22
5.2.2.2.	Confort fisiológico	25
5.2.2.3.	Confort psicológico	25
5.3.	PROPIEDADES FUNCIONALES BIOMECÁNICAS Y FISIOLÓGICAS DEL CALZADO	26
5.3.1.	FLEXIBILIDAD	26
5.3.1.1.	Factores que influyen la flexibilidad	27
5.3.1.2.	Influencia del calzado en la flexibilidad	28
5.3.2.	ABSORCIÓN DE IMPACTOS	29
5.3.2.1.	Factores que influyen en la amortiguación de impactos	32
5.3.2.2.	Influencia del calzado en la amortiguación de impactos	33
5.3.3.	DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES PLANTARES	35
5.3.3.1.	Factores que influyen en la distribución de presiones	38
5.3.3.2.	Influencia del calzado en la distribución de presiones	39
5.3.4.	AJUSTE	41
5.3.4.1.	Factores que influyen en el ajuste	41
5.3.4.2.	Influencia del calzado en el ajuste	46
5.3.5.	CONFORT TÉRMICO	50
5.3.5.1.	Factores que influyen en el confort térmico	54
5.3.5.2.	Influencia del calzado en el confort térmico	55
5.3.6.	FRICCIÓN	58
5.3.6.1.	Factores que influyen en la fricción	59
5.3.6.2.	Influencia del calzado en la fricción	60
5.4.	CUANTIFICACIÓN DEL CONFORT Y DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	62
5.4.1.	EVALUACIÓN DEL CONFORT	63
5.4.2.	FLEXIBILIDAD	64
5.4.2.1.	Test con usuarios para la flexibilidad	64
5.4.2.2.	Test con maquinaria para la flexibilidad	64
5.4.3.	ABSORCIÓN DE IMPACTOS	67
5.4.3.1.	Test con usuarios para la absorción de impactos	67
5.4.3.2.	Test con máquinas para la absorción de impactos	67
5.4.4.	DISTIBUCIÓN DE PRESIONES	69
5.4.4.1.	Test con usuarios para la distribución de presiones	69
5.4.4.2.	Test con máquinas para la distribución de presiones	70
5.4.5.	AJUSTE	71
5.4.5.1.	Test con sujetos para el ajuste	72
5.4.5.2.	Test con máquinas para el ajuste	73
5.4.6.	CONFORT TÉRMICO	73
5.4.6.1.	Test con sujetos para el confort térmico	74
5.4.6.2.	Test con máquinas para el confort térmico	75
5.4.7.	FRICCIÓN	77
5.4.7.1.	Test con sujetos para la fricción	77
5.4.7.2.	Test con máquinas para la fricción	79
5.5.	MODELOS DE CONFORT A PARTIR DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	81
5.6.	CONCLUSIONES DEL ESTADO DEL ARTE	84
6.	METODOLOGÍA	87
6.1.	APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	87

6.2.	FASES DEL TRABAJO	89
7.	MATERIAL Y MÉTODOS	99
7.1.	FACTORES DE LA INTERACCIÓN USUARIO-CALZADO Y TEST DE LABORATORIO PARA LA EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FUNCIONALES (FASE 1)	99
7.2.	DESARROLLO DE UN MODELO DEL LA PERCEPCIÓN DEL CONFORT A PARTIR DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA INTERACCIÓN USUARIO-CALZADO (FASE 2)	100
7.2.1.	Proceso de obtención de los modelos de predicción	100
7.3.	DEFINICIÓN DE LA MUESTRA DE SUJETOS	102
7.3.1.	DEFINICIÓN DE LA MUESTRA DE CALZADO	102
7.3.2.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA OBTENCIÓN DE MODELOS DE PREDICCIÓN	103
7.3.3.	METODOLOGÍAS DE EXPERIMENTACIÓN	103
7.3.4.	VALORACIÓN SUBJETIVA DEL CONFORT Y LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL CALZADO	104
7.3.5.	VALORACIONES OBJETIVAS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL CALZADO	104
7.3.6.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE CONFORT	108
7.4.	DESARROLLO DE LOS MODELOS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES RELEVANTES PARA EL CONFORT (FASE 3)	108
7.4.1.	ABSORCIÓN DE IMPACTOS Y DISTRIBUCIÓN DE PRESIONES	109
7.4.1.1.	Modelización de los materiales de los componentes del calzado	109
7.4.1.2.	Modelización de la geometría de los componentes del calzado	112
7.4.1.3.	Modelización del comportamiento conjunto de los componentes	115
7.4.1.4.	Modelización de la interacción usuario-calzado	115
7.4.1.8.	Implementación de los algoritmos	122
7.4.1.9.	Validación de los modelos	125
7.4.2.	MODELO DEL AJUSTE	126
7.4.2.1.	Definición del alcance del modelo de ajuste	126
7.4.2.2.	Definición de las medidas geométricas del pie y la horma	127
7.4.2.3.	Análisis de los aspectos relevantes en el ajuste	128
7.4.2.4.	Obtención de las secciones del pie y horma	128
7.4.2.5.	Información antropométrica de los pies de la población	134
7.4.2.6.	Modelización de la interacción usuario-calzado	134
7.4.2.7.	Implementación de los algoritmos	135
7.5.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA (FASE 4)	137
7.5.1.	GENERACIÓN DE LAS BASES DE DATOS	139
7.5.2.	IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS	140
7.5.2.1.	Módulos de caracterización del calzado	140
7.5.2.2.	Módulos de predicción de las propiedades funcionales	140
7.5.2.3.	Módulos de predicción del confort percibido	141
7.5.3.	INTERFAZ DE USUARIO	141
8.	RESULTADOS	143
8.1.	LA PERCEPCIÓN DE CONFORT DEL USUARIO Y SU RELACIÓN CON LA PERCEPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA INTERACCIÓN USUARIO-CALZADO	143
8.1.1.	MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE CONFORT DEL USUARIO A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL CALZADO	143
8.1.2.	RELACIÓN ENTRE LA PERCEPCIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES RELEVANTES PARA EL CONFORT Y LA MEDIDA OBJETIVA CON MAQUINARIA ESPECIALIZADA	145
8.1.3.	MODELOS DE PREDICCIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE CONFORT DEL USUARIO A PARTIR DE LA MEDIDA OBJETIVA DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL CALZADO CON MAQUINARIA ESPECIALIZADA	149
8.2.	VALIDACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS DE LOS TEST DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES RELEVANTES PARA EL CONFORT	153
8.2.1.	VALIDACIÓN DEL MÓDULO DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA	153
8.2.2.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE PREDICCIÓN	158
8.3.	APLICACIÓN INFORMÁTICA	162
9.	DISCUSIÓN	167
9.1.	APORTACIÓN GLOBAL	167
9.1.1.	ENFOQUE HOLÍSTICO	167
9.1.2.	ENFOQUE CAE-CAT	168
9.2.	APORTACIÓN METODOLÓGICA	168
9.2.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN CALZADO-USUARIO Y SU RELACIÓN CON EL CONFORT PERCIBIDO	169
9.2.2.	MODELOS DE LOS TEST DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES	169
9.2.3.	APLICACIÓN INFORMÁTICA	170
9.2.3.1.	Lenguajes y formatos de archivos	170
9.2.3.2.	Interfaz de usuario y usabilidad	171
9.3.	TAMAÑO DE LAS MUESTRAS: ANÁLISIS POST-HOC DE LA POTENCIA DE TEST	171

9.4.	FACTORES Y CONDICIONES DE CONTORNO RELACIONADOS CON LA PERCEPCIÓN DEL CONFORT	174
9.5.	PROPIEDADES FUNCIONALES RELEVANTES PARA EL CONFORT Y TEST DE MEDIDA OBJETIVA	175
9.6.	DESARROLLO DEL MODELO DE PERCEPCIÓN DEL CONFORT	175
9.6.1.	RELACIÓN ENTRE LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y DEL CONFORT	176
9.6.2.	RELACIÓN ENTRE LA PERCEPCIÓN Y LA MEDIDA OBJETIVA DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES RELEVANTES PARA EL CONFORT	182
9.6.2.1.	Relación entre la medida subjetiva y objetiva del ajuste	182
9.6.2.2.	Relación entre la medida subjetiva y objetiva de la distribución de presiones	183
9.6.2.3.	Relación entre la medida subjetiva y objetiva de la Amortiguación de impactos	184
9.6.3.	RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS OBJETIVOS RELEVANTES PARA EL CONFORT Y LA PERCEPCIÓN DEL CONFORT GLOBAL	185
9.7.	DESARROLLO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS DE PROPIEDADES FUNCIONALES A IMPLEMENTAR EN LA APLICACIÓN INFORMÁTICA CAT	187
9.7.1.	TEST VIRTUALES DE ABSORCIÓN DE IMPACTOS, DISTRIBUCIÓN DE ALTAS Y BAJAS PRESIONES	188
9.7.1.1.	Módulo de caracterización mecánica	188
9.7.1.2.	Módulo de predicción	192
9.7.2.	TEST VIRTUAL DE AJUSTE	195
9.7.2.1.	Módulo de medición del ajuste	195
9.7.2.2.	Módulo de predicción del ajuste	196
9.8.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN INFORMÁTICA	197
10.	CONCLUSIONES	199
11.	TRABAJOS FUTUROS	203
12.	REFERENCIAS	207