

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



***MODELOS DE PREDICCIÓN UTILIZANDO SPLINE PARA
LA SUAVIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE
TEMPERATURA DE MANOS POR MEDIO DE
TERMOGRAFÍA***

TESIS

**QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS
NECESARIOS PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTORA EN CIENCIAS
PRESENTA:**

Alejandra García Becerra

Ensenada Baja California, México, Noviembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



*MODELOS DE PREDICCIÓN UTILIZANDO SPLINE PARA
LA SUAVIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE
TEMPERATURA DE MANOS POR MEDIO DE
TERMOGRAFÍA*

TESIS

Que para obtener el grado de Doctora en Ciencias presenta:

ALEJANDRA GARCÍA BECERRA

Aprobada por:

Dr. Jesús Everardo Olguín Tiznado
Director de tesis

Dr. Jorge Luis García Alcaraz
Codirector de tesis

JUAN ANDRÉS LÓPEZ B.

Dr. Juan Andrés López Barreras
Miembro del comité

Dra. Blanca Rosa García Rivera
Miembro del comité

Dra. Claudia Camargo Wilson
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México, Noviembre 2019

RESUMEN

Resumen de la tesis de **Alejandra García Becerra**, presentada como requisito parcial para obtener el grado DOCTORA EN CIENCIAS en INGENIERÍA INDUSTRIAL, del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México a Noviembre de 2019.

MODELOS DE PREDICCIÓN UTILIZANDO SPLINE PARA LA SUAVIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA DE MANOS POR MEDIO DE TERMOGRAFÍA.

Resumen aprobado por:

Dr. Jesús Everardo Olguín Tiznado
Director de Tesis

La presente investigación evalúa el comportamiento de la temperatura en las diferentes regiones de las manos al realizar un trabajo repetitivo. Esta evaluación se realizó por medio de termografía infrarroja con el análisis de las imágenes. Con los datos obtenidos se generaron modelos de predicción por medio de la evaluación del comportamiento de la temperatura por medio de termografía infrarroja. La problemática principal surge de la necesidad de generar un método capaz de predecir la temperatura alcanzada de mano y muñeca cuando se realiza un movimiento repetitivo. La metodología de este estudio se llevó a cabo en diferentes fases, la primera fue generar la colaboración de personas que voluntariamente participarían en las pruebas emuladas, en general fue la parte más complicada, la segunda fase fue la preparación de un protocolo que cumpliera con los estándares establecidos para la obtención de imágenes termográficas en la piel, la tercera fase fue realizar las pruebas emuladas las cuales se llevaban aproximadamente 30 min. por cada

dos personas. La cuarta fase consistió en el análisis y delimitación de las regiones de la mano y la reproducción de la base de datos de las temperaturas, en la fase final se realizó el análisis estadístico y la obtención de los modelos Spline. Como resultado de esta investigación se obtuvieron 50 modelos predictores Spline de las diferentes regiones de las manos y de los patrones tomados en el área de las arterias carótidas, así como un análisis referente a las asimetrías de las manos.

Palabras clave: Desordenes de trauma acumulado, modelos predictivos de temperatura, termografía infrarroja

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por su eterno apoyo, por ser un ejemplo de ética y profesionalismo.

Agradezco Norma Nélica subdirectora del Instituto Tecnológico de Cd. Guzmán por contribuir con mi permiso laboral para lograr estudiar el doctorado, sin su colaboración esto no fuera posible.

Agradezco a mi doctor tutor por ser un apoyo y guía durante todo este proceso, así mismo a los Doctora Claudia C. Wilson, y al doctor Ricardo Vardasca con su contribución y aprendizaje a la tesis.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	11
1.1	La ergonomía y su relación con los DTA´s	12
1.2	Enfermedades laborales y Trastornos musculo esqueléticos.....	14
1.3	Estadísticas de enfermedades laborales en México	15
1.4	Evaluación de los Desórdenes musculo esqueléticos por medio de Termografía .	17
1.5	Flujo sanguíneo y temperatura de la piel	18
1.6	Planteamiento del problema.....	19
1.7	Definición del Problema	21
1.8	Preguntas de Investigación	21
1.9	Hipótesis	22
1.10	Objetivos	22
1.10.1	Objetivo General	22
1.10.2	Objetivos específicos.....	22
1.11	Justificación.....	22
1.12	Delimitaciones de la Investigación	26
1.13	Organización de la tesis	26
2	MARCO TEÓRICO	28
2.1	Fisiología de la mano.....	28
2.2	Esqueleto óseo de la mano.....	29
2.3	Articulaciones	31
2.4	Músculos y tendones.....	32
2.5	Ligamentos.....	35
2.6	Nervios.....	36

2.7	Nervio cubital	37
2.8	Nervio mediano.....	37
2.9	Venas y arterias.....	38
2.10	Piel.....	40
2.11	Fascias	41
2.12	Sistema de sensores.....	43
2.13	Microcirculación	45
2.14	Termorregulación.....	46
2.15	Desordenes musculo esqueléticos	49
2.16	Termografía.....	54
2.17	Termografía en la piel	59
2.18	Análisis del comportamiento de la piel y el flujo de la sangre después de un trabajo repetitivo con las manos	62
2.19	Spline cubico.....	63
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	66
3.1	Materiales.....	66
3.2	Fase 1: Caracterización de la muestra.....	67
3.3	Fase 2: Preparación del protocolo.....	69
3.4	Fase 3: Toma de las imágenes termográficas	69
3.5	Fase 4: Segmentación y obtención de temperatura de las diferentes regiones de la mano	71
3.6	Fase 5: Obtención de Spline y pruebas estadísticas.....	73
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES	74
4.1	Análisis de las pruebas de normalidad.....	74
4.2	Prueba no paramétrica simple.....	74
4.3	Prueba Q de Dixon.....	76

4.4	Análisis descriptivo.....	77
4.4.1	Caracterización de la muestra.....	77
4.5	Temperatura de las venas carótidas	78
4.6	Temperatura media de las regiones de los dedos para ambos géneros, parte dorsal de la mano.....	80
4.7	Temperatura media de las regiones de los dedos para ambos géneros, en la palma de la mano.....	81
4.8	Temperatura de la región de los dedos dorsal género femenino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.	81
4.9	Temperatura de la región de los dedos en la palma, género femenino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.	82
4.10	Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, género femenino a los 0,10, 15 y 20 minutos.	83
4.11	Temperatura de la región de los dedos dorsal género masculino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.	84
4.12	Temperatura de la región de los dedos en la palma, género masculino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.	85
4.13	Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, género masculino a los 0,10, 15 y 20 minutos.	85
4.14	Diferencias simétricas	86
4.15	Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 0 minutos.....	86
4.16	Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 10 minutos.....	88
4.17	Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 15 minutos.....	90
4.18	Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 20 minutos.....	92
4.19	Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 0 minutos.....	94
4.20	Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 10 minutos.....	96
4.21	Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 20 minutos.....	100

4.22	Comparación grafica de la parte dorsal de la mano con la palma.....	102
4.23	Modelos Spline IMC- temperatura.....	105
4.24	–Carótidas	106
4.24.1	Carótida izquierda	106
4.24.2	IMC- Carótida derecha	107
4.25	Modelos Spline para dedos	109
4.25.1	Spline para muñeca.....	179
5	Conclusiones y líneas de investigación futuras	195
6	Referencias	200
6.1	Referencias de los sitios Web	212

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 EMPRESAS, TRABAJADORES, RIESGOS DE TRABAJO E INDICADORES POR DELEGACIÓN, SEGÚN TIPO DE RIESGO, 2017 .	16
TABLA 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA, TERMOGRAFÍA INFRARROJO	67
TABLA 4.1 RESUMEN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS.	75
TABLA 4.2 PRUEBA Q DE DIXON	76
TABLA 4.3 VALORES ATÍPICOS	77
TABLA 4.4 DATOS DE LA MUESTRA.....	78
TABLA 4.5. MEDIAS DE LAS ARTERIAS CARÓTIDAS	79
TABLA 4.6 MEDIAS GENERALES PARTE DORSAL PARA AMBOS GÉNEROS MINUTO 0, 10, 15,20 .	80
TABLA 4.7 MEDIAS GENERALES PARTE DE LA PALMA PARA AMBOS GÉNEROS MINUTO 0, 10, 15,20	81
TABLA 4.8 TEMPERATURAS A LOS 0,10,15 Y 20 MINUTOS, GÉNERO FEMENINO PARTE DORSAL	82
TABLA 4.9 TEMPERATURAS A LOS 0,10,15 Y 20 MINUTOS, GÉNERO FEMENINO PARTE PALMAR	83
TABLA 4.10 TEMPERATURA DE LA REGIÓN DE LA MUÑECA Y DEL ANTEBRAZO, FEMENINO	84
TABLA 4.11 TEMPERATURAS A LOS 0,10,15 Y 20 MINUTOS, GÉNERO MASCULINO PARTE DORSAL.....	84
TABLA 4.12 TEMPERATURAS A LOS 0,10,15 Y 20 MINUTOS, GÉNERO MASCULINO PARTE PALMAR	85
TABLA 4.13 TEMPERATURA DE LA REGIÓN DE LA MUÑECA Y DEL ANTEBRAZO, MASCULINO.....	86
TABLA 4.14 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DORSAL DE LA MANO, A LOS 0 MINUTOS.....	87
TABLA 4.15 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DORSAL DE LA MANO, A LOS 10 MINUTOS.....	89
TABLA 4.16 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DORSAL DE LA MANO, A LOS 15 MINUTOS.....	91
TABLA 4.17 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DORSAL DE LA MANO, A LOS 20 MINUTOS.....	93
TABLA 4.18 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DE LA PALMA, A LOS 0 MINUTOS.	95
TABLA 4.19 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DE LA PALMA, A LOS 10 MINUTOS.	97
TABLA 4.20 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DE LA PALMA, A LOS 15 MINUTOS	99
TABLA 4.21 DIFERENCIAS SIMÉTRICAS DE LA PARTE DE LA PALMA, A LOS 20 MINUTOS.	101
TABLA 4.22 COEFICIENTES DEL MODELO CARÓTIDA IZQUIERDA.....	106
TABLA 4.23 COEFICIENTES DEL MODELO CARÓTIDA DERECHA	108
TABLA 4.24 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR 0 MINUTOS	110
TABLA 4.25 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR IZQUIERDO	112
TABLA 4.26 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR DERECHO, 10 MINUTOS	113
TABLA 4.27 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR IZQUIERDO 10 MINUTOS.....	115
TABLA 4.28 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR DERECHO, 15 MIN.	117
TABLA 4.29 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR IZQUIERDO. 15 MIN.	119
TABLA 4.30 DEDO PULGAR DERECHO A LOS 20 MINUTOS.....	121

TABLA 4.31 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO PULGAR IZQUIERDO, 20 MIN.	123
TABLA 4.32 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE DERECHO, 0 MIN.	125
TABLA 4.33 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 0 MIN.	127
TABLA 4.34 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE DERECHO A LOS 10 MINUTOS.	129
TABLA 4.35 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 10 MINUTOS.	130
TABLA 4.36 COEFICIENTES DEL MODELO, DEDO ÍNDICE DERECHO, 15 MIN.	132
TABLA 4.37 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 15 MINUTOS.	134
TABLA 4.38 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO DERECHO, 20 MINUTOS	136
TABLA 4.39 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ÍNDICE IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS	137
TABLA 4.40 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO DERECHO, 0 MINUTOS.	139
TABLA 4.41 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS,	141
TABLA 4.42 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO DERECHO A LOS 10 MINUTOS.	143
TABLA 4.43 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS.	144
TABLA 4.44 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO MEDIO DERECHO A LOS 15 MINUTOS	146
TABLA 4.45 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS.	148
TABLA 4.46 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO DERECHO A LOS 20 MINUTOS.	149
TABLA 4.47 COEFICIENTES DEL DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS.	151
TABLA 4.48 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR, 0 MINUTOS	153
TABLA 4.49 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS	154
TABLA 4.50 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR DERECHO, 10 MINUTOS	156
TABLA 4.51 COEFICIENTES DEL MODELO DEDO ANULAR IZQUIERDO, 10 MINUTOS.	158
TABLA 4.52 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR DERECHO A LOS 15 MINUTOS	159
TABLA 4.53 DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS.	161
TABLA 4.54 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR DERECHO A LOS 20 MINUTOS.	163
TABLA 4.55 COEFICIENTES DEL DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS.	164
TABLA 4.56 DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 0 MINUTOS	166
TABLA 4.57 COEFICIENTES DEL DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 0 MINUTOS	168
TABLA 4.58 COEFICIENTES DEDO MEÑIQUE DERECHO, 10 MINUTOS.	169
TABLA 4.59 COEFICIENTES DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 10 MIN.	171
TABLA 4.60 COEFICIENTES DEDO MEÑIQUE DERECHO 15 MINUTOS.	173
TABLA 4.61 COEFICIENTES DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 15 MINUTOS	175
TABLA 4.62 DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 20 MINUTOS.	176
TABLA 4.63 COEFICIENTES DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 20 MINUTOS	178
TABLA 4.64 COEFICIENTES MUÑECA DERECHA, 0 MINUTOS.	180
TABLA 4.65 COEFICIENTES MUÑECA IZQUIERDA A LOS 0 MINUTOS	181

TABLA 4.66 COEFICIENTES MUÑECA DERECHA A LOS 10 MINUTOS	183
TABLA 4.68 COEFICIENTES MUÑECA IZQUIERDA A LOS 15 MINUTOS	189
TABLA 4.69 COEFICIENTES MUÑECA DERECHA A LOS 20 MINUTOS	190
TABLA 4.70 COEFICIENTES DE LA MUÑECA IZQUIERDA A LOS 20 MINUTOS.....	192

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 HUESOS DE LA MANO. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB, [1].....	30
FIGURA 2.2 ÁNGULOS DE ROTACIÓN ALREDEDOR DE LA MUÑECA. A, EXTENSIÓN (O DORSIFLEXIÓN); B, FLEXIÓN (O FLEXIÓN VOLAR); C, RADIAL FLEXIÓN; D, FLEXIÓN CUBITAL [30].....	30
FIGURA 2.3 FALANGES Y ARTICULACIONES DEL DEDO. REFERENCIAS SITIOS WEB [2]	32
FIGURA 2.4 MÚSCULOS Y TENDONES DE LA MANO, REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [3]	33
FIGURA 2.5 DISEÑO DE ANTEBRAZO COMO RELACIONADO CON LA MOVILIDAD DE LAS MANOS U CUBITO, R RADIO, P PRONACIÓN, S SUPINACIÓN [30].	35
FIGURA 2.6 LIGAMENTOS DE LA MANO. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [5]	36
FIGURA 2.7 ZONA DE SENSIBILIDAD DE NERVIOS CUBITAL, MEDIANO Y RADIAL. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [6].....	37
FIGURA 2.8 NERVIOS CUBITAL DE LA MANO. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [7].....	38
FIGURA 2.9 ARTERIA CUBITAL Y RADIAL. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [8].....	40
FIGURA 2.10 ANATOMÍA DE LA PIEL. B:FOLÍCULO PILOSO.C:UNIDAD PILOSEBÁSEA(MICROFOTOGRAFÍAS)A:EPIDERMIS.B:DERMIS.PAPILAR C:DERMIS RETICULAR. 1: UNIDAD FOLÍCULO-SEBÁCEA.2:GLÁNDULAS SUDORÍFARAS ECRINA [37]	43
FIGURA 2.11 RECEPTORES SENSORIALES CUTÁNEO. CADA UNA DE ESTAS ESTRUCTURAS ESTÁ ASOCIADA CON UNA NEURONA (AFERENTE). LAS TERMINACIONES NERVIOSAS LIBRES SON RAMAS DENDRÍTICAS DESNUDAS QUE SIRVEN PARA DIVERSAS SENSACIONES CUTÁNEAS DE CALOR. ALGUNOS RECEPTORES CUTÁNEOS [37]	44
FIGURA 2.12 SISTEMA TERMORREGULADOR DEL CUERPO HUMANO.REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [9].....	48
FIGURA 2.13 DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA DE PLANCK. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [10]	56
FIGURA 2.14 LEY DEL DESPLAZAMIENTO DE WIEN. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [11].....	57
FIGURA 2.15 LA ECUACIÓN DE STEFAN-BOLTZMANN. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [12]	57
FIGURA 2.16 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. REFERENCIAS DE LOS SITIOS WEB [13].....	58
FIGURA 3.1 CÁMARA FLIR THERMACAM E25	66
FIGURA 3.2 MOVIMIENTO REPETITIVO.....	70
FIGURA 3.3 TOMA DE MANOS.....	71
FIGURA 3.4 IMÁGENES TERMOGRÁFICAS	72
FIGURA 3.5 ÁREAS DE INTERÉS CONTORNEADAS EN LAS MANOS.....	72

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 4.1 PORCENTAJE DE COMPORTAMIENTO ASIMÉTRICO DE LOS DEDOS.....	103
GRÁFICA 4.2 PORCENTAJE DE ASIMETRÍAS EN LA MUÑECA.....	104
GRÁFICA 4.3 PORCENTAJE DE ASIMETRÍAS EN EL ANTEBRAZO.....	104
GRÁFICA 4.4 MODELO SPLINE 1 CARÓTIDA IZQUIERDA.....	106
GRÁFICA 4.5 MODELO SPLINE 3 DEDO PULGAR DERECHO, A LOS 0 MINUTOS.....	110
GRÁFICA 4.6 MODELO SPLINE 3 DEDO PULGAR DERECHO, A LOS 0 MINUTOS.....	111
GRÁFICA 4.7 MODELO SPLINE 5 DEDO PULGAR DERECHO A LOS 10 MINUTOS.....	113
GRÁFICA 4.8 MODELO SPLINE 6 DEDO PULGAR IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS.....	115
GRÁFICA 4.9 MODELO SPLINE 7 DEDO PULGAR DERECHO A LOS 15 MINUTOS.....	117
GRÁFICA 4.10 MODELO SPLINE 8 DEDO PULGAR IZQUIERDO, 15 MINUTOS.....	119
GRÁFICA 4.11 MODELO SPLINE 9 DEDO PULGAR DERECHO, 20 MINUTOS.....	121
GRÁFICA 4.12 MODELO SPLINE 10 DEDO IZQUIERDO, 20 MINUTOS.....	123
GRÁFICA 4.13 MODELO SPLINE 11, DEDO ÍNDICE A LOS 0 MINUTOS.....	125
GRÁFICA 4.14 MODELO SPLINE 12, DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 0 MINUTOS.....	127
GRÁFICA 4.15 MODELO SPLINE 12, DEDO ÍNDICE DERECHO, 0 MINUTOS.....	128
GRÁFICA 4.16 MODELO SPLINE 14, DEDO IZQUIERDO, 10 MINUTOS.....	130
GRÁFICA 4.17 MODELO SPLINE 15, DEDO ÍNDICE DERECHO, 15 MINUTOS.....	132
GRÁFICA 4.18 MODELO SPLINE 16, DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 15 MINUTOS.....	134
GRÁFICA 4.19 MODELO SPLINE 17, DEDO ÍNDICE DERECHO, 20 MINUTOS.....	135
GRÁFICA 4.20 MODELO SPLINE 18, DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 20 MINUTOS.....	137
GRÁFICA 4.21 MODELO SPLINE 18, DEDO ÍNDICE IZQUIERDO, 20 MINUTOS.....	139
GRÁFICA 4.22 MODELO SPLINE 20, DEDO MEDIO IZQUIERDO, 0 MINUTOS.....	141
GRÁFICA 4.23 MODELO SPLINE 21 DEDO MEDIO DERECHO, 10 MINUTOS.....	142
GRÁFICA 4.24 MODELO SPLINE 22, DEDO MEDIO IZQUIERDO, 10 MINUTOS.....	144
GRÁFICA 4.25 MODELO SPLINE 23 DEDO MEDIO DERECHO A LOS 15 MINUTOS.....	146
GRÁFICA 4.26 MODELO SPLINE 24,,DEDO MEDIO IZQUIERDO, 15 MINUTOS.....	147
GRÁFICA 4.27 MODELO SPLINE 26, DEDO MEDIO IZQUIERDO, 20 MINUTOS.....	151
GRÁFICA 4.28 MODELO SPLINE 27, DEDO ANULAR, 0 MINUTOS.....	152
GRÁFICA 4.29 MODELO SPLINE 28, DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS.....	154
GRÁFICA 4.30 MODELO SPLINE 29, DEDO ANULAR DERECHO A LOS 10 MINUTOS.....	156
GRÁFICA 4.31 MODELO SPLINE 30, DEDO ANULAR IZQUIERDO, 10 MINUTOS.....	157
GRÁFICA 4.32 MODELO SPLINE 31, DEDO ANULAR DERECHO A LOS 15 MINUTOS.....	159
GRÁFICA 4.33 MODELO SPLINE 32, DEDO ANULAR IZQUIERDO 15 MINUTOS.....	161

GRÁFICA 4.34 MODELO SPLINE 33, DEDO ANULAR DERECHO, 20 MINUTOS.	162
GRÁFICA 4.35 MODELO SPLINE 34, DEDO ANULAR IZQUIERDO, 10 MINUTOS.	164
GRÁFICA 4.36 MODELO SPLINE 35, DEDO MEÑIQUE, 0 MINUTOS.	166
GRÁFICA 4.37 MODELO SPLINE 36, DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 0 MINUTOS.	167
GRÁFICA 4.38 MODELO SPLINE 37, DEDO MEÑIQUE A LOS 10.	169
GRÁFICA 4.39 MODELO SPLINE 38, DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 10 MINUTOS.	171
GRÁFICA 4.40 MODELO SPLINE 39, DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 15 MINUTOS.	173
GRÁFICA 4.41 MODELO SPLINE 40, DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO, 15 MINUTOS.	174
GRÁFICA 4.42 MODELO SPLINE 41, DEDO MEÑIQUE, 20 MINUTOS.	176
GRÁFICA 4.43 MODELO SPLINE 42, MEÑIQUE IZQUIERDO, 20 MINUTOS.	178
GRÁFICA 4.44 MODELO SPLINE 43, MUÑECA DERECHA, 0 MINUTOS.	179
GRÁFICA 4.45 MODELO SPLINE 44, MUÑECA IZQUIERDA 0 MINUTOS.	181
GRÁFICA 4.46 MODELO SPLINE 45, MUÑECA DERECHA 10 MINUTOS.	183
GRÁFICA 4.47 MODELO SPLINE 46, MUÑECA IZQUIERDA 10 MINUTOS.	185
GRÁFICA 4.48 MODELO SPLINE 47, MUÑECA DERECHA, 15 MINUTOS.	187
GRÁFICA 4.49 MODELO SPLINE 48, MUÑECA IZQUIERDA 15 MINUTOS.	188
GRÁFICA 4.50 MODELO SPLINE 49, MUÑECA DERECHA, 20 MINUTOS.	190
GRÁFICA 4.51 MODELO SPLINE 50, MUÑECA IZQUIERDA A LOS 20 MINUTOS.	192

1 INTRODUCCIÓN

La labor del ingeniero industrial es la optimización de los procesos y la mejora continua de estos. Y entre las labores y responsabilidades del ingeniero industrial esta salvaguardar el bienestar de los trabajadores. La disciplina que se encuentra directamente enlazada con este rubro es la ergonomía.

La adaptación mutua entre el hombre y el puesto de trabajo es estudiada por la Ergonomía, la cual adapta el trabajo al hombre [1]. En definición es la ciencia aplicada que se ocupa de las características de las personas que es necesario tener en cuenta al diseñar y organizar los objetos que ellas utilizan a fin de que estos puedan emplearse en forma sencilla, efectiva y segura [2]. Uno de los mayores retos de la ergonomía ha sido el estudio de la interacción del hombre frente a los requerimientos físicos (postura, fuerza, movimiento) [3]. Según la Asociación Internacional de Ergonomía la define como la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema. La profesión que aplica la teoría, principios, datos y métodos para diseñar un sistema a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema [4].

El principal objetivo de la ergonomía es el de salvaguardar el bienestar del trabajador, por medio del diseño y evaluación de métodos que miden riesgos dentro del área laboral, diseño de mobiliario el cual reduce la fatiga y herramientas que se adaptan al hombre. Una de las líneas de investigación de la ergonomía con un gran potencial a desarrollar e investigar es el análisis de riesgos y factores que intervienen en el desarrollo de los desórdenes del trauma

acumulado. Actualmente el nivel de riesgo se puede medir mediante métodos ergonómicos los cuales se enfocan a diferentes evaluaciones dependiendo el tipo de factor o área a analizar.

Aún con la tendencia de las fabricas manufactureras hacia a automatización, la mano de obra es imprescindible dentro de los procesos de manufactura, ya sea en líneas de producción de embalaje o dar algunos justes al producto final. Algunos de estos procesos de manufactura implican riesgos ergonómicos. Los principales factores de riesgo ergonómico asociados con los Desórdenes del Trauma Acumulados (DTA`S) se encuentran las posturas forzosas, los movimientos repetitivos y los esfuerzos [5], [6], [7].

1.1 La ergonomía y su relación con los DTA`S

Las actividades de trabajo altamente repetitivas, cargas sostenidas y la exposición a fuerzas vibratorias, tienen como consecuencia Trastornos del trauma acumulado, y se están propagando rápidamente a través de un mundo industrializado. El concepto "trabajo repetitivo" se refiere a realizar tareas de trabajo realizadas una y otra vez. Por necesidad, el trabajo repetitivo de la extremidad superior implica un componente motor, que puede definirse en términos de tiempo y fuerza. El trabajo repetitivo de la extremidad superior se considera uno de varios factores físicos de carga de trabajo, asociados con síntomas y lesiones del sistema musculo esquelético [8]. Las consecuencias de estos trastornos son económicas y sociales [9]. La ingeniería, junto con la ergonomía analizan todos los factores que intervienen para el desarrollo de DTA`s para determinar estrategias de mejora en el área del trabajo. Se ha sugerido que estos trastornos son desordenes que se asocian con trabajos altamente repetitivos y se deben, al menos en parte, a factores ergonómico. Se cree que son la principal causa de tiempo perdido en el trabajo y la discapacidad a largo plazo. Los pagos

por reclamaciones de compensación a los trabajadores por estos trastornos han aumentado rápidamente en los últimos 10 años en la mayoría de los países industrializados. Se cree que el aumento en la frecuencia de estos trastornos está asociado con la avance de la automatización y especialización en el trabajo [10].

La ergonomía tiene un enfoque sistemático e cual interactúa con diferentes factores y pueden afectar la seguridad operacional, entre ellos interactúan las enfermedades psicológicas o lesiones físicas, condiciones físicas, carga mental, condiciones de puesto del trabajo[4]. Son diversos los factores que se pueden relacionar con los DTA's , Feldman menciona que el movimiento repetitivo es un factor para desarrollar el Síndrome del túnel carpiano, y esta discapacidad tiene como consecuencia la disminución de la seguridad y productividad del trabajador [11].

Esta ciencia previene y salvaguarda la salud de los trabajadores evaluando y disminuyendo los riesgos de enfermedades laborales, en 1989 Markowitz, realizó un estudio en donde encontró que en el estado de New York, USA Los mejores datos disponibles indican que entre 5,000 y 7,000 muertes se producen cada año en Estado de Nueva York por enfermedades relacionadas con el trabajo [5].

El área laboral tiene una fuerte correlación con los problemas de salud de los trabajadores [12]. Los factores de riesgo son comúnmente referidos a las características ergonómicas físicas del lugar de trabajo y se correlacionan con los desórdenes musculo esqueléticos e incluyen Ritmo de trabajo rápido y movimiento repetitivo, esfuerzos forzados, posturas corporales no neutrales y vibración. Sin embargo, algunos todavía disputan la importancia de estos factores, especialmente en relación con las causas no ocupacionales [13].

El conocimiento de la medida en que están expuestos los trabajadores a factores que contribuyen al desarrollo de desórdenes del trauma acumulado en su lugar de trabajo es de vital importancia para epidemiólogos y ergonomistas. A si mismo se ha presentado un interés de la ergonomía por médicos de salud ocupacional empleadores, representantes de sindicatos y autoridades reguladoras en la medición de la exposición a factores de riesgo los cuales son base para desarrollar programas de prevención y reducción de riesgos. Se deben considerar los problemas, como el diseño de tareas, el trabajador, el equipo y la interfaz la variación individual (incluyendo motivación) necesidades formativas, organización del trabajo y requisitos legales [14].

1.2 Enfermedades laborales y Trastornos musculo esqueléticos.

La Organización Mundial de la Salud ha caracterizado las enfermedades "relacionadas con el trabajo" como multifactoriales para indicar que una serie de factores de riesgo (por ejemplo, físicos, laborales, psicosociales, individuales y socioculturales) contribuyen a causar estas enfermedades [OMS 1985]. Una razón importante de la controversia que rodea a los MSD relacionados con el trabajo es su naturaleza multifactorial. El desacuerdo se centra en la importancia relativa de factores múltiples e individuales en el desarrollo de la enfermedad. La misma controversia ha sido un problema con otras afecciones médicas, como ciertos cánceres y trastornos pulmonares, los cuales tienen múltiples factores causales [15]. Entre los empacadores de carne, la incidencia del síndrome del túnel carpiano se estima en un 15% y se cree que es causada por la extensión repetitiva de la muñeca, la flexión y el empuje necesarios para sujetar los cuchillos para cortar carne congelada. Lesiones como estos resultados a partir de pequeñas, pero adictivas imágenes de tejido sostenidas a través de la

realización de tareas repetitivas, y se conocen colectivamente como trastornos traumáticos acumulativos [16].

Los "trastornos musculo esqueléticos" incluyen una amplia gama de condiciones inflamatorias y degenerativas que afectan músculos, tendones, ligamentos, articulaciones, nervios periféricos, y el apoyo de los vasos sanguíneos. Estos incluyen síndromes clínicos como inflamaciones tendinosas y afines. condiciones (tenosinovitis, epicondilitis, bursitis), nervio trastornos de compresión (síndrome del túnel carpiano, ciática), y osteoartritis, así como algunos menos estandarizados, condiciones tales como mialgia, dolor lumbar y otros síndromes de dolor regional no atribuibles a los conocidos como patología. Las regiones del cuerpo más comúnmente involucradas son espalda baja, cuello, hombro, antebrazo y mano, aunque recientemente la extremidad inferior ha recibido más atención [13].

1.3 Estadísticas de enfermedades laborales en México

Cuando una persona labora 11 horas al día es dos veces más propensa a padecer depresión, y si lo hace durante 55 a la semana, su riesgo de sufrir un infarto es 33% mayor, datos preocupantes si se considera que México, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), es el país miembro en donde se trabaja más al año (dos mil 246 horas) y donde las personas se retiran a la edad más avanzada (73 años, en una nación cuyo promedio de vida es de 75), dijo Rodolfo Nava Hernández, académico de la Facultad de Medicina (FM) [17]. En el 2017 los casos por enfermedades laborales fueron de 14, 159, 7.6 por cada 10,000 trabajadores Ver tabla 1.1.

Tabla 1.1 Empresas, trabajadores, riesgos de trabajo e indicadores por delegación, según tipo de riesgo, 2017

	Número de Empresas ⁽¹⁾	Trabajadores bajo seguro de Riesgos de Trabajo ⁽²⁾	Riesgos de Trabajo					
			Riesgos de Trabajo		Enfermedades de Trabajo		Accidentes y Enfermedades de Trabajo	
			Casos	Por cada 100 Trabajadores	Casos	Por cada 10,000 Trabajadores	Casos	Por cada 100 Trabajadores
Total	928 946	18 740 283	562 849	3.0	14 159	7.6	424 425	2.3
Aguascalientes	14 483	272 952	8 861	3.2	159	5.8	6 865	2.5
Baja California	37 719	874 135	26 657	3.0	913	10.4	21 254	2.4
Baja California Sur	11 759	173 669	6 703	3.9	213	12.3	6 204	3.6
Campeche	6 047	117 977	2 241	1.9	79	6.7	1 819	1.5
Coahuila	32 341	768 474	21 863	2.8	2 926	38.1	17 450	2.3
Colima	9 556	140 329	5 882	4.2	73	5.2	5 050	3.6
Chiapas	13 889	219 920	3 566	1.6	31	1.4	2 978	1.4
Chihuahua	36 782	868 853	22 137	2.5	504	5.8	16 609	1.9
Durango	13 437	259 515	7 192	2.8	138	5.3	5 915	2.3
Guanajuato	46 060	955 309	27 677	2.9	485	5.1	19 299	2.0
Guerrero	13 118	175 708	4 602	2.6	147	8.4	3 770	2.1
Hidalgo	14 391	247 124	8 511	3.4	545	22.1	6 493	2.6
Jalisco	87 893	1 528 328	69 596	4.6	869	5.7	52 069	3.4
México Zona Oriente ⁽³⁾	41 729	1 458 842	55 710	3.8	520	3.6	36 866	2.5
México Zona Poniente ⁽³⁾	24 312	801 982	23 827	3.0	639	8.0	16 753	2.1
Michoacán	32 679	450 970	12 516	2.8	355	7.9	10 613	2.4
Morelos	11 633	232 372	6 406	2.8	150	6.5	5 028	2.2
Nayarit	11 517	144 615	6 617	4.6	239	16.5	5 916	4.1
Nuevo León	63 942	1 461 464	31 479	2.2	636	4.4	25 166	1.7
Oaxaca	12 936	186 306	5 527	3.0	47	2.5	4 777	2.6
Puebla	30 630	596 727	18 818	3.2	141	2.4	13 267	2.2

Querétaro	22 360	509 010	12 673	2.5	118	2.3	9 572	1.9
Quintana Roo	14 531	404 453	10 812	2.7	427	10.6	9 600	2.4
San Luis Potosí	21 467	408 287	14 754	3.6	464	11.4	9 740	2.4
Sinaloa	36 352	521 137	14 641	2.8	521	10.0	11 610	2.2
Sonora	35 489	587 633	19 506	3.3	679	11.6	15 527	2.6
Tabasco	10 588	199 661	4 402	2.2	114	5.7	3 353	1.7
Tamaulipas	32 189	690 141	16 388	2.4	269	3.9	12 095	1.8
Tlaxcala	4 701	125 479	2 375	1.9	104	8.3	1 890	1.5
Veracruz Norte	26 630	410 961	9 984	2.4	165	4.0	7 847	1.9
Veracruz Sur	15 906	291 943	7 294	2.5	259	8.9	5 999	2.1
Yucatán	18 219	309 097	8 816	2.9	315	10.2	7 060	2.3
Zacatecas	11 366	182 328	6 063	3.3	282	15.5	4 769	2.6
Ciudad de México Norte ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	47 138	859 505	22 032	2.6	196	2.3	15 300	1.8
Ciudad de México Sur ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	65 157	1 305 077	36 721	2.8	437	3.3	25 902	2.0

Fuente: INEGI

1.4 Evaluación de los Desórdenes musculo esqueléticos por medio de Termografía

El estudio de la temperatura tiene aplicaciones generalizadas en la ciencia y la industria. La imagen térmica ofrece la gran ventaja de la temperatura bidimensional en tiempo real medición. Con la tecnología moderna, una sola imagen puede contener varios miles de puntos de temperatura, grabados en una fracción de segundo.

El cuerpo humano es homeotérmico, es decir, se autogenera y regula los niveles esenciales de temperatura para la supervivencia. Como seres humanos aumentamos nuestra "comodidad" al agregar ropa para el aislamiento en invierno, o al disminuir los niveles de ropa en el verano. El núcleo del cuerpo es relativamente estable en temperatura, pero la cubierta del cuerpo (los tejidos superficiales, principalmente la piel) forma parte del proceso

regulador. La piel humana se comporta como un cuerpo casi negro con una emisividad de 0.96-0.98 [18]

La termografía es una herramienta fácil y no invasiva para registrar la temperatura de la superficie. En personas sanas, se observa simetría térmica. Las diferencias en la temperatura de la piel de más de $0,5^{\circ}\text{C}$ entre los lados del cuerpo o las extremidades sugieren una patología subyacente [19]. La termografía infrarroja sirve como herramienta de diagnóstico en la clínica para la temperatura media dorsal a personas con problemas de trastornos musculoesqueléticos de la extremidad superior [20]. Lo que concierne al diagnóstico de las enfermedades, el IRT en las manos parece ser una prueba de detección de varias condiciones, p. la evaluación termográfica del dedo más fresco es útil como complemento para el diagnóstico del Fenómeno de Raynaud (RP). Este método demostró ser una herramienta útil para discriminar entre pacientes con Fenómeno de Raynaud Primario (PRP), Sclerodermia Sistémica (SSc) y pacientes sanos [21].

1.5 Flujo sanguíneo y temperatura de la piel

El rango normal de la temperatura central (TC) es de 36.1 a 37.8°C y la piel es un órgano esencial para mantener en esta temperatura y preservar las funciones vitales del cuerpo [22]. La temperatura corporal es controlada por el hipotálamo, que equilibra la generación de calor con la pérdida de calor; está conectado a la glándula pituitaria en la base del cerebro cerca de la terminación del tronco encefálico. El hipotálamo actúa como un circuito de retroalimentación negativa, que forma parte del sistema nervioso autónomo. Las neuronas especializadas en el hipotálamo actúan como termorreceptores y controlan constantemente la temperatura de la sangre contra un punto de ajuste interno [23]. Entre las diferentes funciones de la piel es la detección de la sensación debido a las terminaciones nerviosas las cuales

reaccionan a la temperatura, tacto, presión, vibración, así mismo la regulación de la temperatura y el control de la evaporación [24].

La termorregulación es la capacidad de un cuerpo para mantener y regular su temperatura dentro de un Rango limitado de valores. En humanos, la temperatura central debe ser constante, alrededor de 37°C, para mantener la actividad normal de los órganos. La temperatura dentro del cuerpo puede ser regulada por medios autónomos y de comportamiento [25].

El flujo sanguíneo es como un sistema inteligente funcionando dentro de un cuerpo humano, ya que salvaguarda la buena operatividad del individuo suministrando a través de su torrente las demandas necesarias de sangre por cada órgano. Aun cuando se realice un ejercicio tan pesado, el flujo de sangre esta tan controlado que la presión arterial es suficiente para suministrar sangre al cerebro, corazón y otros órganos vitales. Como causa de estos sucesos, el centro regulatorio de temperatura en el hipotálamo puede afectar la vasodilatación en la piel si es necesario para mantener la temperatura del cuerpo, aunque esto signifique una reducción en el flujo de sangre hacia los músculos que están siendo ejercitados [26].

1.6 Planteamiento del problema

Una gran cantidad de personas empleándose de manera activa en la industria, es de suma importancia el prevenir el desarrollo de enfermedades laborales como los Desórdenes de Trauma Acumulado (DTA's). En México según el informe de la INEGI en el 2017 se registraron 18, 740, 283 trabajadores bajo seguro de riesgo de trabajo y 14,159 enfermedades de trabajo [27]. El capital humano (mano de obra o personas), es el principal recurso del cual miles y millones de empresas hacen uso para poder desarrollar sus actividades laborales y

producir un bien o servicio. Las personas significan la primera y más grande estructura de soporte de la productividad y la calidad, pero para ello, se debe prestar más atención a su salud, por lo que debe ser cuidada y atendida en tiempo y forma oportuna para evitar altas tasas de incapacidades y fatalidades que mermen el funcionamiento de las organizaciones y de la misma vida de las masas sociales.

Adicional al alto costo generado a las empresas y al bienestar de los trabajadores las normas laborales que rigen nuestro país garantizan a los trabajadores el derecho a desempeñar sus actividades en entornos que aseguren su vida y salud esto se establece en el Artículo 2 del Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo [28]. Por lo cual, se requiere una evaluación de la actividad del trabajador y del área de trabajo que incluya el diseño del área laboral, basados en principios ergonómicos que salvaguarden la salud del trabajador. El problema radica en la necesidad de las empresas requieren preservar la seguridad y salud en el trabajo con el objetivo de minimizar el riesgo de tener un DTA's y costos referentes a las indemnizaciones por enfermedades laborales.

Actualmente existen métodos de evaluación de riesgo ergonómico que proporcionan un valor subjetivo de un nivel de riesgo. Las variables en las cuales se enfocan para realizar sus análisis generalmente son a partir de posturas adoptadas, el número de ciclos, carga postural y repetitividad por el trabajador, velocidad de la tarea, algunos de ellos consideran variables que miden los factores psicosociales de forma cualitativa y establecen un valor de clasificación de riesgo en escalas que no son homogéneas, con respecto a la actividad laboral del trabajador. Generalmente para realizar la evaluación de un método depende de la confiabilidad, conocimiento de la tarea y la observación del evaluador lo que deja entredicho

la autenticidad de los resultados. El modelo Spline sería la primicia para desarrollar un método evaluador de riesgos basado en la temperatura de la piel.

1.7 Definición del Problema

No existe un método objetivo, económico y confiable, que cuente con la capacidad de predecir la temperatura máxima alcanzada en mano y muñeca después de un movimiento repetitivo. Por medio de la termografía que es una herramienta confiable se ayudaría al desarrollo de modelos Spline basados en la temperatura de las manos lo que conllevaría a predecir temperaturas y a prevenir el riesgo de un DTA'S. Estos modelos podrían ser aplicados como un método de diagnóstico en empresas manufactureras que cuentan con operaciones que implican movimientos altamente repetitivos.

1.8 Preguntas de Investigación

1. ¿La muestra es suficientemente representativa para generar los datos necesarios para obtener el modelo?
2. ¿La muestra debería cumplir con ciertas especificaciones para ser considerada?
3. ¿Cuál sería el tamaño ideal de la muestra?
4. ¿Se adaptará algún protocolo a las condiciones en donde se realizarán las pruebas?
5. ¿Simular un entorno real afectara los resultados?
6. ¿Qué otros factores pueden que no se consideran en un entorno laboral pueden afectar los resultados de la termografía?
7. ¿Cómo interpolar las variables considerada con los resultados de la termografía?
8. ¿Qué variables finalmente serian considerarán para el desarrollo de los modelos?
9. ¿La naturaleza de la obtención de datos nos permitirá obtener los modelos predictivos?

1.9 Hipótesis

H1- Después de 10 minutos de trabajo repetitivo las asimetrías entre las extremidades aumentan por más de 5°C.

H2- Los modelos de predicción permitirán obtener las temperaturas promedio de cada región de la mano mediante la evaluación de las imágenes de termografía infrarroja de las pruebas emuladas.

H3- Las características fisiológicas de los participantes influenciarán las temperaturas.

1.10 Objetivos

1.10.1 Objetivo General

Generar modelos predictivos Spline de temperatura para la mano, y analizar el comportamiento de las simetrías de la temperatura media después de realizar un movimiento repetitivo.

1.10.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la muestra de la cual se obtendrá la temperatura de movimientos repetitivos.
- Analizar los protocolos de termografía para preparar las pruebas emuladas.
- Preparar un entorno que cumpla con los protocolos de la termografía para realizar las pruebas.
- Analizar los resultados de la termografía y obtener los modelos Spline.

1.11 Justificación

El éxito de las empresas es su capital humano, las empresas más exitosas son aquellas que ofrecen calidad laboral. Crear un entorno que salvaguarda la salud física y mental es una

obligación que también se ve reflejado en resultados positivos de las industrias de generar por entornos de trabajo saludables.

Las tendencias respecto al trabajo de países desarrollados es atender la salud ocupacional mejorarla y mantener el compromiso con sus trabajadores.

La propuesta de un método ergonómico a partir del análisis de termografía sensorial para la detección de desórdenes de trauma acumulados (DTA'S) surge de la necesidad a la cual están obligadas las empresas a salvaguardar la salud ocupacional, ya que el bienestar y calidad ocupacional no solo radica en evitar accidentes de trabajo, si no es la prevención de los riesgos higiénicos, físicos y mentales.

Las consecuencias de la no prevención tienen consecuencias en el trabajador, en la empresa y por ende en la sociedad. El desarrollo de un método ergonómico que genere resultados objetivos tendrá impacto tecnológico, social y económico. El impacto tecnológico es generado por el desarrollo de un modelo predictivo basado en las temperaturas de las extremidades superiores cuando realizan un MAR.

El impacto social, es enfocado a salvaguardar la salud del personal desarrollado una herramienta que permita analizar los riesgos de generar DTA's, basado en el comportamiento de la temperatura al MAR analizado mediante termografía sensorial e infrarroja. Los trabajadores y la empresa son los principales beneficiados, sin embargo, la sociedad va implícita, ya que implica prevenir enfermedades.

El impacto económico, principalmente una pérdida monetaria de las empresas por incapacidades o por accidentes, ya que la no prevención tiene consecuencias directas en el

trabajador y en los costos de la empresa. Al prevenir los riesgos de generar DTA's se pueden llegar a reducir las cuotas ante el Instituto Mexicano del Seguro Social por parte de la empresa, es decir, todas aquellas relacionadas con lesiones por realizar operaciones repetitivas.

La calidad laboral de la empresa va implícita dentro de la ergonomía ya que podría beneficiarse, incluso aumentar la productividad del empleado protegiendo su salud ocupacional. Cabe recalcar que actualmente los riesgos ergonómicos se miden a través de métodos ergonómicos existentes los cuales se consideran subjetivos, es decir, lo dejan al criterio del evaluador, y, además, algunos de éstos se realizan la medición de algunas extremidades inferiores (muñeca) como el método PLIBEL y REBA entre los más utilizados.

Todo lo anterior podría ser irrelevante si los resultados de las empresas manufactureras son favorables y redituables económicamente, sin embargo, la nueva práctica laboral ya legislada va encaminada a proteger al trabajador, esto se establece en el reglamento establecido en la constitución de los Estados Unidos Mexicanos.

El Nuevo marco legal el reglamento Federal de Seguridad y Salud el cual entrara en vigor el próximo año 2016 y obliga a las empresas a generar un trabajo libre que sea responsable con la salud ocupacional de su capital humano. En el 2014 por disposición del presidente de la republica Enrique Peña Nieto y establecido en Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo. En donde se refiere a la salud y seguridad del trabajador en:

Artículo 2. Artículo que se relaciona con este proyecto el reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo que deberán observarse en los Centros de Trabajo, a efecto de contar con las condiciones que permitan

prevenir Riesgos y, de esta manera, garantizar a los trabajadores el derecho a desempeñar sus actividades en entornos que aseguren su vida y salud, con base en lo que señala la Ley Federal del Trabajo. Otros artículos que justifican el estudio es el artículo 3, en su fracción XVI en donde se menciona, Factores de Riesgo Ergonómico: Aquéllos que pueden conllevar sobre esfuerzo físico, movimientos repetitivos o posturas forzadas en el trabajo desarrollado, con la consecuente fatiga, errores, Accidentes y Enfermedades de Trabajo, derivado del diseño de las instalaciones, maquinaria, equipo, herramientas o puesto de trabajo. Así mismo en el Artículo 7 en su fracción XI menciona que los patrones deben informar a los trabajadores respecto de los Riesgos relacionados con la actividad que desarrollen. Por último, el Artículo 10 La Secretaría expedirá Normas con fundamento en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su reglamento, la Ley y el presente Reglamento, con el propósito de establecer disposiciones en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo que eviten: I. Riesgos que pongan en peligro la vida, integridad física o salud de los trabajadores, y

Igualmente, la Secretaría podrá llevar a cabo estudios e investigaciones en aquellas empresas con altas tasas de Accidentes y Enfermedades de Trabajo, a efecto de identificar y evaluar sus posibles causas, al igual que definir las medidas preventivas que corresponda aplicar.

Al generar modelos que predigan los riesgos de un DTA´s representa generar las condiciones adecuadas que permiten prevenir riesgos, lo cual es una herramienta de evaluación de riesgos.

Artículo 42 I Contar con un análisis de los Factores de Riesgo Ergonómico de los puestos de trabajo expuestos a los mismos.

El resultado de este estudio es una primicia para el desarrollo de un nuevo método ergonómico que coadyuvara a que las empresas analicen sus estaciones y método de trabajo

y emprendan acciones para disminuir el riesgo y así cumplan con la normatividad marcada en el (RFSST) Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo y la utilidad es detectar los riesgos de generar un desorden del trauma acumulado en algunas de las labores que generen movimientos repetitivos o representen un riesgo. Se espera obtener un método objetivo que proporcione a las empresas los riesgos que genera la labor y que contribuya a la mejora del trabajo.

1.12 Delimitaciones de la Investigación

El tiempo y el número de muestra es una delimitante importante para esta investigación ya que la prueba para la termografía infrarroja se limitó a dos grupos de estudiantes de la universidad, un factor importante es la disponibilidad de los alumnos de realizar las pruebas y el tiempo que se contaba para generar las imágenes termografías. Para el análisis de termografía sensorial se limitó a las pruebas realizadas anteriormente por la Doctora Claudia Camargo en su tesis “Modelos de predicción de temperaturas Máximas en el área de la muñeca a Través de termografía sensorial”.

1.13 Organización de la tesis

El primer capítulo contiene los antecedentes de la investigación, los problemas, objetivo general y específicos, preguntas de investigación y la introducción a la investigación.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico respaldando las teorías y fundamentos teóricos en los cuales se respaldó esta investigación.

El capítulo 3, muestra la metodología la cual presenta cada una de las fases que se llevaron a cabo en esta investigación.

El capítulo 4, se presentan los resultados y discusiones de lo que se obtuvo de la investigación, las pruebas estadísticas, descriptiva y los modelos obtenidos.

En el capítulo 5, se presenta las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Fisiología de la mano

Una de las ventajas del hombre con las demás especies es el desarrollo de habilidades, existe una relación muy estrecha con la integridad de la macro estructura y la microestructura de la mano combinada con un abundante tejido cerebral. Se ha otorgado una gran variedad de adaptaciones funcionales debido a la disposición anatómica de la mano. La mano debe adaptarse a las diferentes formas según sus necesidades lo cual le permite al ser humano interactuar con su medio externo; posiciones como la concavidad palmar que permite tomar y soltar objetos, movimientos de oposición que proporcionan la pinza y facilitan la manipulación de instrumentos de precisión, y actividades de destreza manual final [29].

Uno de los órganos sensoriales del hombre es la mano. La experiencia sensorial se agrupa en cuatro categorías generales. La primera consiste en la estimulación de "sensaciones de la superficie" generada al tocar objetos tangibles. La segunda se denomina estimulación de "relleno de espacio" generada al pasar la mano a través de la sustancia líquida. objetos en forma de fieltro a través de un material pesado. Finalmente, hay "sensaciones de la superficie penetrable" experimentadas, por ejemplo, por un médico cuando palpa alguna parte del cuerpo para ubicar, a través de la capa externa de la carne, alguna condición anormal más profunda El movimiento es indispensable en la experiencia sensorial, y la experimentación demuestra que incluso las sensaciones táctiles "imaginarias" están ubicadas en las puntas de los dedos [30].

2.2 Esqueleto óseo de la mano

El sistema óseo de la mano está compuesto por 27 huesos en total dividido en falanges, metacarpo palma, y los huesos del carpo o muñeca ver figura 2.1. Los huesos que forman la mano se agrupan naturalmente en el carpo, el cual se conforma de ocho huesos que forman la muñeca, la raíz de la mano y los dígitos, y cada uno compuesto por segmentos de metacarpiano y falange. Los huesos del carpo están dispuestos en dos filas, las de la fila más proximal que se articulan con el radio y el cúbito. Entre estos huesos se encuentra la articulación intercarpiana. La conformación ósea y las uniones de los ligamentos permiten la participación en los movimientos principales de la muñeca, pero impiden las traducciones de las vueltas laterales y dorsales, ver fig. 2.2. El diseño anatómico es prácticamente el mismo entre cada uno de los dígitos, con excepciones en el pulgar. Los metacarpianos II a V se articulan tan estrechamente con los huesos del carpo adyacentes de la fila distal que, aunque son capaces de cierta flexión y extensión, la independencia de movimiento es limitada. Los ejes metacarpianos están arqueados para formar la palma, y los extremos distales son casi hemisféricos para recibir la curvatura cóncava de los extremos proximales de las primeras falanges. La articulación metacarpofalángica muestra un patrón visto también en las articulaciones interfalángicas. El centro virtual de rotación se encuentra aproximadamente en el centro de curvatura del extremo distal del miembro proximal. Los aspectos laterales de las superficies articulares están estrechados y estrechamente unidos con ligamentos, de modo que la rotación lateral es pequeña en las articulaciones metacarpofalángicas y carece por completo de las articulaciones falangeales. Por lo tanto, estas últimas son típicas articulaciones de bisagra. El pulgar difiere de los otros dígitos primero en que falta la segunda falange y, segundo, en que hay mayor movilidad en la articulación carpometacarpiana [31].

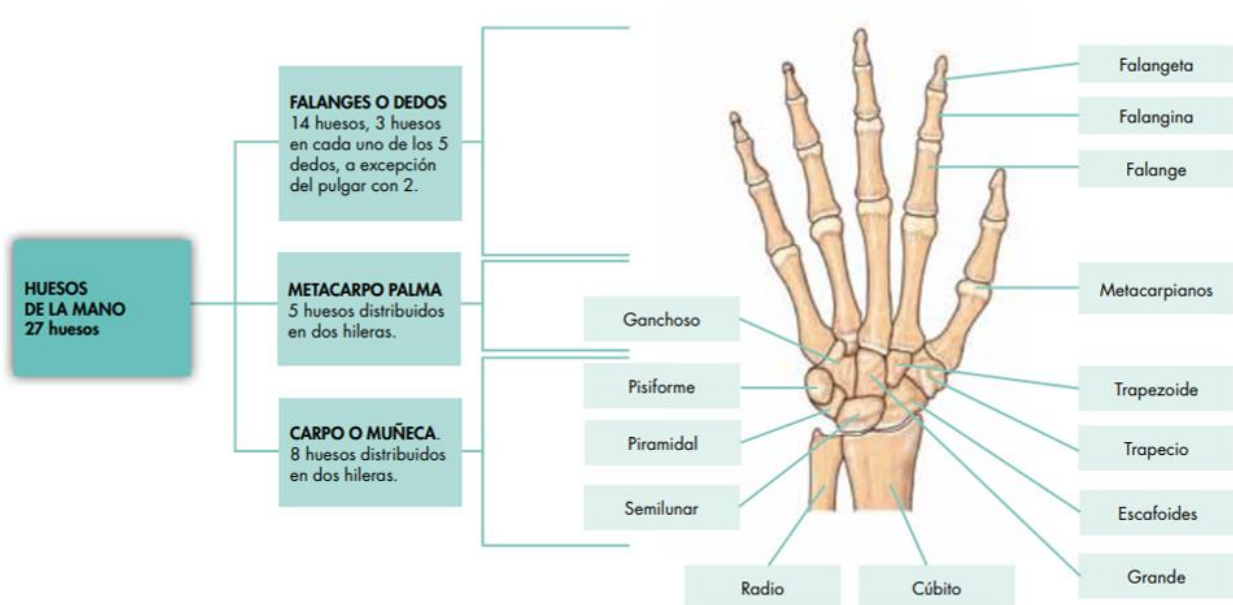


Figura 2.1 Huesos de la mano. Referencias de los sitios Web, [1]

<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180747.pdf>

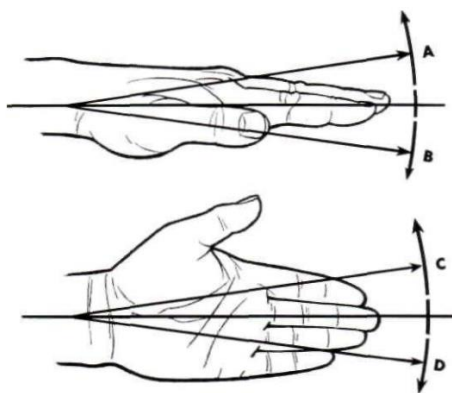


Figura 2.2 Ángulos de rotación alrededor de la muñeca. A, extensión (o dorsiflexión); B, flexión (o flexión volar); C, radial flexión; D, flexión cubital [30].

2.3 Articulaciones

Las interconexiones que se encuentran en la mano son una red compleja y delicada. Las articulaciones forman una parte importante las operaciones de las manos ya que depende de esta para realizarse. Hay tres tipos de articulaciones presentes en la mano, las intrafalángicas que interconectan las falanges, las metacarpofalángicas que combinan metacarpianos con falanges y carpometacarpianas que unen los huesos del carpo con los metacarpianos como se muestra en la fig. 2.3. Las más flexibles son las carpometacarpianas, y son responsables del movimiento de flexión / extensión y también de los movimientos de desviación radial y cubital. Las articulaciones metacarpofalángicas, con excepción del pulgar, tienen un movimiento independiente muy limitado [32].

Respecto a los dedos se presentan principalmente tres articulaciones, metacarpofalángica (MCP): que une la falange metacarpiana y la proximal de un dedo o pulgar; articulación interfalángica proximal (PIP): localizada entre las falanges media y proximal del dedo; articulación interfalángica distal (DIP): ubicada entre las falanges media y distal del dedo. La figura 3.3 muestra un esquema del dedo índice y sus falanges y articulaciones [33].

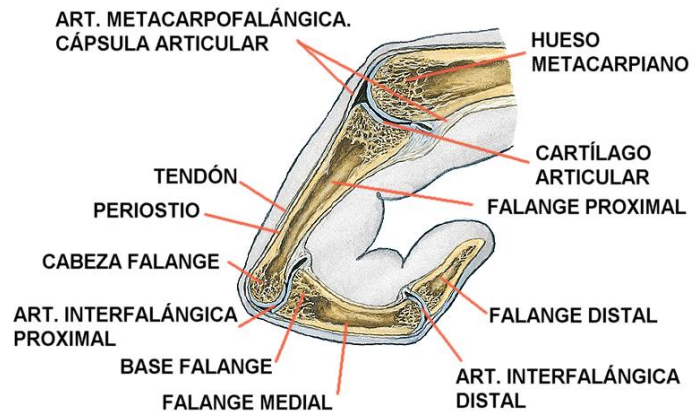


Figura 2.3 Falanges y articulaciones del dedo. Referencias sitios Web [2]

<https://www.partesdel.com/dedo.html>

2.4 Músculos y tendones

En lo que respecta a esta investigación solo nos enfocaremos a los músculos de la mano y dedos explicando a continuación cada uno de ellos. En los dedos hay tres grupos básicos de músculos. Los flexores extrínsecos originados en la parte anterior del antebrazo; el flexor profundo y superficial perteneciente a este grupo. Los extensores extrínsecos originados en la parte posterior del antebrazo, el musculo extensor digitorum pertenece a este grupo. Finalmente, los músculos intrínsecos cuyo origen va del distal a la articulación de la muñeca. Cada grupo juega un papel importante en el movimiento y la estabilidad de los dedos. La figura 2.4, muestra los tendones y músculos que forman la mano [33].

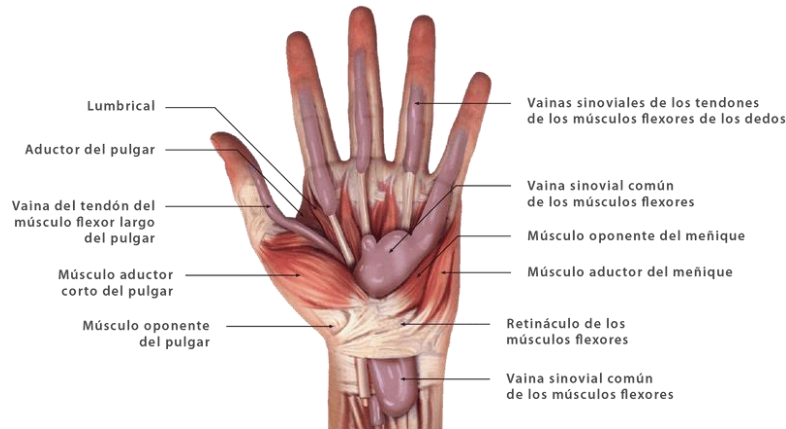


Figura 2.4 Músculos y tendones de la mano, Referencias de los sitios Web [3]

<https://blogs.ugto.mx/enfermeriaenlinea/unidad-didactica-10-el-sistema-muscular>

Con un sistema de poleas los tendones flexores extrínsecos de los dedos trifalángicos y del pulgar presentan unas vainas fibrosas. La vaina sinovial, mesotendones y vínculas facilitan el deslizamiento de los tendones y su vascularización. Dependiendo de las zonas anatómicas los mecanismos de deslizamiento de los tendones varían. En las zonas con recorrido rectilíneo los tendones se encuentran rodeados y fijados por un tejido especializado laxo y elástico denominado paratenon, como ocurre en las caras anteriores y posteriores del antebrazo y la muñeca. Cuando un tendón sigue un recorrido curvo o gira sobre una prominencia osteoligamentosa se encuentra rodeado por una delgada membrana sinovial, con sus capas visceral y parietal presentando el llamado mesotenon, cuya función es fijarlo y servirle de portavasos para su irrigación [34].

En el antebrazo se encuentran la mayoría de los músculos de la mano y muñeca y, cuando se estrechan con los tendones, atraviesan la muñeca para alcanzar las inserciones en los componentes óseos o ligamentos de la mano.

Los flexores surgen del epicóndilo medial del húmero, o de aspectos adyacentes y voladores del radio y el cúbito, y luego descienden hacia el interior del antebrazo. Los extensores de la muñeca y los dígitos se originan en el epicóndilo lateral y en partes del cúbito, pasan por la parte dorsal del antebrazo y, por lo tanto, ayudan a la pronación. El pulgar comparte el esquema flexor-extensor general, pero sus extensores y abductores se originan en las partes media y distal del radio y el cúbito. Los tendones de la muñeca y la mano pasan a través de los sistemas de guía ósea y ligamentaria, como se muestra esquemáticamente en la Figura 6. Los tendones flexores pasan a través de un "túnel" delimitado dorsalmente por los huesos del carpo, lateralmente por el multangular mayor y la proyección del hamate, y volar por el duro ligamento del carpo transversal. De manera similar, el ligamento dorsal del carpo guía los tendones extensores, y un sistema de vainas sirve como guía para los tendones flexores y extensores a través de las regiones metacarpiana y falange ver figura 2.5. Los músculos intrínsecos de la mano, es decir, aquellos con origen e inserción confinados a la muñeca y la mano, son, con la excepción de los abductores del pulgar y el meñique, especializados para la aducción de los dedos y para patrones de oposición tales como hacer un puño, un agarre esférico, etc. [31].

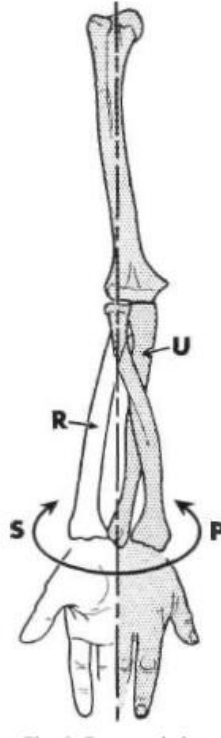


Figura 2.5 Diseño de antebrazo como relacionado con la movilidad de las manos U cubito, R radio, P pronación, S supinación [30].

2.5 Ligamentos

Los ligamentos actúan en la mano como bandas elásticas y son de materiales fibrosos. Son un medio de unión de los huesos para formar articulaciones. Los tres ligamentos más importantes (fig.4) de la mano son: los ligamentos colaterales (que se encuentran a cada lado de cada articulación del dedo, que previene la flexión lateral anormal), las placas voladores (para conectar la falange proximal y media en el lado palmar) de la articulación, e impida que la articulación proximal se flexione en exceso y el ligamento carpiano transversal (ubicado alrededor de la muñeca y encierra el túnel carpiano que contiene todos los huesos, músculos, tendones, nervios, venas y arterias del carpo) [32].

La función de los ligamentos es cubrir varias estructuras nerviosas que contribuyen a síndromes de atrapamiento de nervios. Sin embargo, para desordenes musculo esqueléticos

en la mano es posible que los ligamentos se lesionen, esto normalmente ocurre solo en trabajos extenuantes en ocupaciones que involucran trabajos mecánicos pesados ver figura 2.6. Las lesiones del ligamento tardan en curarse y pueden durar entre seis meses y un año hasta su recuperación total. Esto es causado por el suministro mínimo de sangre a los ligamentos [32].

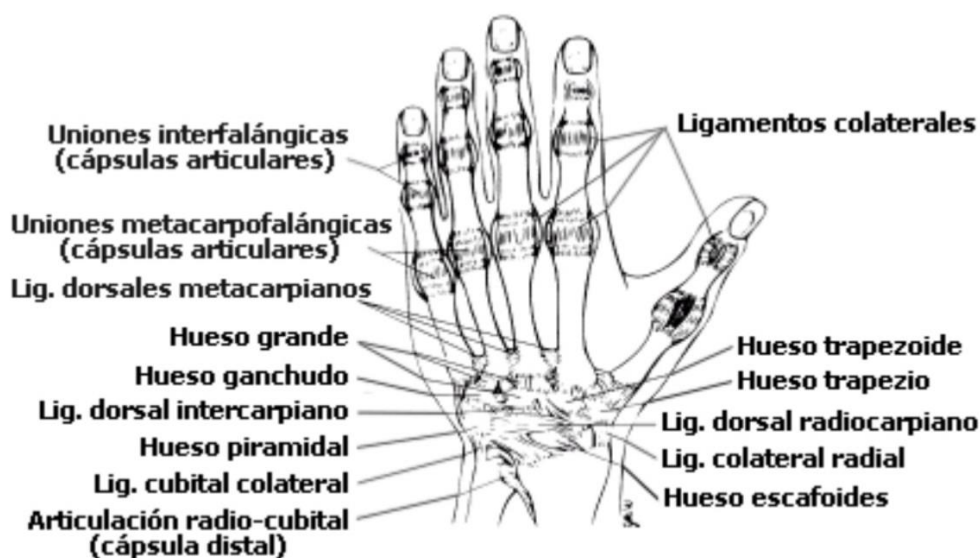


Figura 2.6 Ligamentos de la mano. Referencias de los sitios web [5]

<https://www.slideshare.net/Pradigun/anatomia-de-la-manohuesosligamentosarticulaciones-y-musculos>

2.6 Nervios

La anatomía de la mano está compuesta por los nervios cubital, mediano y radial ver figura 2.7. Todos ellos son responsables de la inervación sensitiva y cutánea propioceptica. “El nervio cubital inerva todos los músculos intrínsecos de la mano excepto los músculos de la eminencia tenar y los dos lumbricales laterales, que son inervados por el nervio mediano. El nervio radial sólo inerva la piel de la zona dorso lateral de la mano” [35].

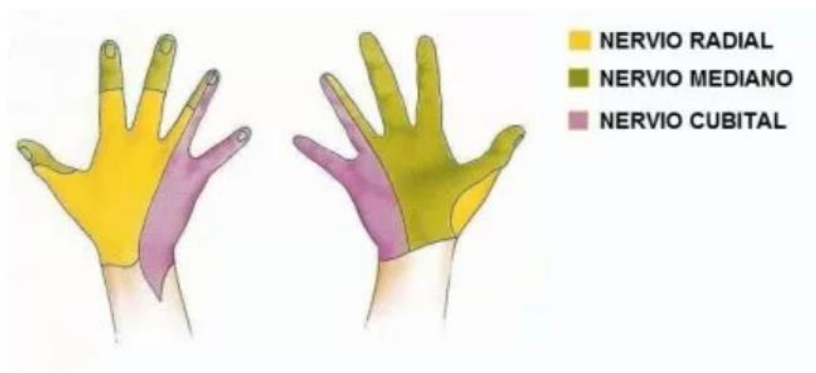


Figura 2.7 Zona de sensibilidad de nervios cubital, mediano y radial. Referencias de los sitios Web [6]

<https://www.fisioterapia-online.com/videos/aprende-una-auto-movilizacion-del-nervio-mediano-para-mejorar-el-sd-del-tunel-carpiano>

2.7 Nervio cubital

El nervio cubital entra en la mano lateral al hueso pisiforme y dorso medial a la arteria cubital. Inmediatamente distal al pisiforme se divide en un ramo profundo, principalmente motor, y en un ramo superficial, sobre todo sensitivo [35].

El ramo profundo del nervio cubital acompaña a la rama profunda de la arteria cubital. Perfora e inerva los músculos de la eminencia hipotenar para alcanzar el plano profundo de la palma. Gira en sentido lateral cruzando la palma, profundo a los flexores largos de los dedos, e inerva los músculos interóseos, el aductor del pulgar y los dos lumbricales mediales. Además, el ramo profundo del nervio cubital da pequeños ramos articulares para la articulación de la muñeca [35].

2.8 Nervio mediano

El principal nervio sensitivo de la mano es el nervio mediano, porque inerva la piel de los dedos pulgar, índice y medio, así como la zona lateral del anular. El sistema nervioso,

mediante el tacto, recibe la información sobre el entorno desde esta zona, en especial de la piel del pulgar y del índice ver figura 3.8. Además la información sensitiva de los tres dedos laterales y de la mitad del índice permite situar los dedos con la cantidad adecuada de la fuerza durante el “agarre de precisión” [35].

Así mismo el nervio mediano también inerva los músculos de la eminencia tenar, que son responsables de la oposición del pulgar a los otros dedos. Este nervio se introduce en la mano pasando por el túnel del carpo y se divide en un ramo recurrente y en los ramos digitales palmares.

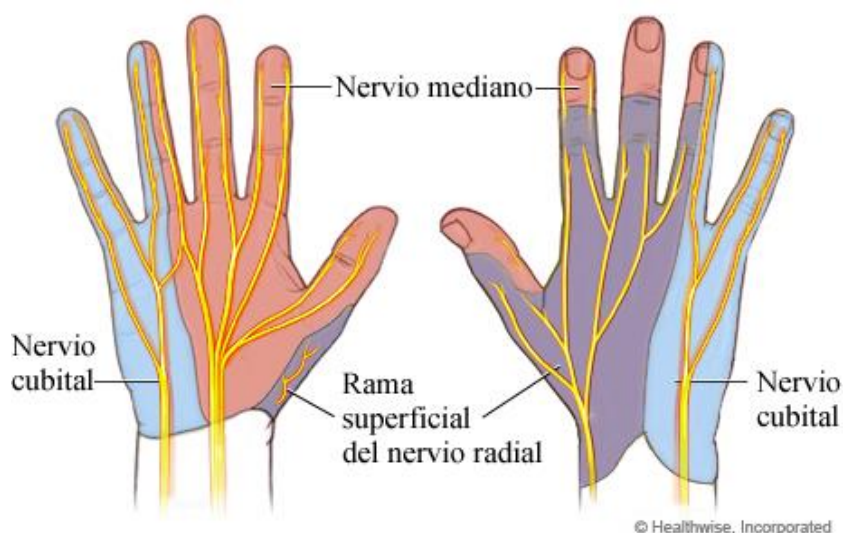


Figura 2.8 Nervio cubital de la mano. Referencias de los sitios web [7]

https://healthy.kaiserpermanente.org/static/health-encyclopedia/es-us/kb/zm63/09/zm6309.shtml?stop_mobi=yes

2.9 Venas y arterias

La irrigación sanguínea de la mano depende de las arterias radial y cubital, las cuales forman en la palma dos arcos vasculares interconectados (superficial y profundo). Los vasos para los dedos, los músculos y las articulaciones se originan en dos arcos y en arterias originarias:

- La arteria radial colabora principalmente en la irrigación del pulgar y de la zona lateral del dedo índice
- El resto de los dedos y la zona medial del índice están irrigados principalmente por la arteria cubital

Por la zona media de la muñeca entran la arteria cubital y el nervio cubital entran en la mano. El vaso se sitúa entre el músculo palmar corto y el reténaculo flexor, y es lateral al nervio cubital y al hueso pisiforme. En la zona distal, la arteria cubital es medial al gancho del ganchoso y después gira en sentido lateral cruzando la palma donde forma el arco palmar superficial, que se sitúa superficial a los tendones flexores largos de los dedos y justo por debajo de la aponeurosis palmar. En la zona lateral de la palma, el arco se comunica con la rama palmar de la arteria radial [35].

Una de las ramas de la arteria cubital en la mano es la rama palmar profunda, que surge de la zona media de la arteria cubital, justo distal al pisiforme, y perfora el origen de los músculos de la eminencia hipotenar. Se curva medialmente alrededor del gancho del ganchoso para alcanzar el plano profundo de la palma, y se anastomosa con el arco palmar profundo, procedente de la arteria radial [35].

Arteria radial traza una curva dorsal alrededor del escafoides y del trapecio en el suelo de la tabaquera anatómica, ingresa en la mano entre las cabezas del 1er. Músculo interóseo dorsal. Después se gira y viaja entre las cabezas del músculo aproximadamente del pulgar ver figura 2.9 [36].

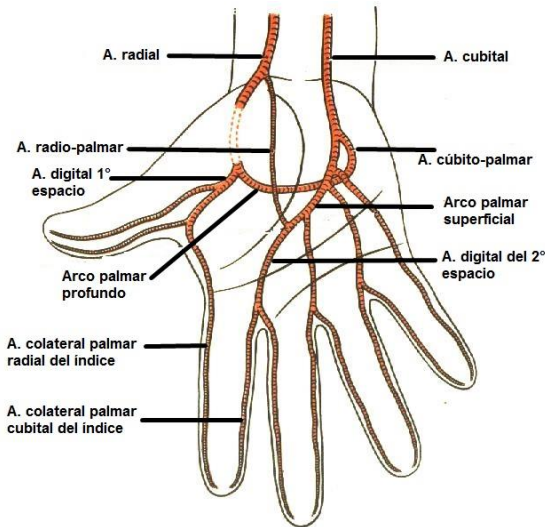


Figura 2.9 Arteria cubital y radial. Referencias de los sitios web [8]

<https://plasticayreconstructiva.files.wordpress.com/2013/03/fig-19-arcos-arteriales.jpg>

2.10 Piel

Formada por la epidermis y la dermis se considera que la piel es el órgano más extenso del cuerpo, recubre y reproduce todas sus eminencias y depresiones [37]. La primera capa celular externa del epitelio escamoso estratificado, que es a vascular y varía en grosor. La dermis es un lecho denso de tejido conjuntivo vascular y funciona como una capa mecánica permeable y como órgano termorregulador [35].

El sentido del tacto depende de la piel. Entre las funciones de la piel destaca la inmunológica y la función de barrera, que impide la entrada de sustancias u organismos del exterior y la pérdida desde el interior: Así mismo una función muy importante de la piel es ser filtro de la radiación ultravioleta, función reparadora de heridas, úlceras y daño celular, funciones vasculares nutritivas y reguladoras de temperatura, y la de extracción de residuos orgánicos, aparte de las funciones sensitivas o de comunicación. Su espesor varía dependiendo la zona, es más fina en párpados, pene, cara flexora de las articulaciones, y en el fondo de los grandes

pliegues cutáneos, y más gruesa en la cara extensora de las articulaciones, regiones plantares y palmares expuestas a un mayor roce [35].

2.11 Fascias

La función de las fascias es separar, dar soporte e interconectar órganos y estructuras, están formadas por tejido conjuntivo con cantidades variables de grasa, hacer posibles movimientos de una estructura en relación con otra y permitir el tránsito de vasos y nervios de un área a otra. Estas Fascias se dividen en dos categorías generales superficiales y profundas. Las superficiales o subcutáneas se sitúan justo debajo de la dermis de la piel, a la que están fijadas. Formadas por tejido conjuntivo laxo que suele contener grandes cantidades de grasa. Su espesor (tejido subcutáneo) varía de manera considerable tanto de una a otra área del cuerpo como entre los distintos individuos. Permiten el movimiento de la piel sobre las áreas más profundas del cuerpo, actúan como medio de conducción de los vasos y nervios que parten de la piel o llegan a ella y sirven como reserva de energía [35].

A diferencia de las fascias superficiales las fascias profundas suelen constar de tejido conjuntivo denso y organizado. La capa externa de una fascia profunda se inserta en la superficie profunda de una fascia superficial y forma un recubrimiento fibroso sobre la mayor parte de las regiones más profundas del cuerpo. Las extensiones hacia el interior de esta capa de esta fascia forman tabiques intermusculares que compartimentalizan los distintos grupos de músculos con otras funciones e inervaciones similares. Otras extensiones rodean músculos aislados y grupos de vasos y nervios, formando una fascia profunda [35].

La piel está compuesta por tres capas: a) Epidermis, b) Dermis que en conjunto con la primera conforman el cutis con un grosor de alrededor de 14 mm, c) Hipodermis o tejido graso

subcutáneo. a. Epidermis: Es la parte más externa y está constituida por un epitelio escamoso que tiene un grosor de 0,05 a 1,5 mm y que es variable de acuerdo a la edad. Está formada por 4 capas y en ella podemos encontrar varios tipos celulares: queratinocitos, melanocitos, células de Langerhans, células de Merkel, células indeterminadas y células de Torkel. b. Dermis: Formada por una red de colágeno y fibras elásticas. Contiene también redes vasculares dispuestas paralelamente a la superficie cutánea y conectada entre sí por los vasos verticales. Su grosor oscila entre 0.5 y 3 mm [37].

La fabricación de los elementos fibrosos de la dermis (generalmente Colageno) son provocados por el fibroblasto y es la célula más abundante. Esta es una proteína que además del fibroblasto puede ser producida por otras células como el miofibroblasto, osteoclasto, etc. El colágeno no es homogéneo en todo el organismo, existen 13 tipos de acuerdo a su morfología, composición de aminoácidos y propiedades físicas. Las fibras elásticas son esenciales para las propiedades retráctiles de la piel y solo representan un 2-4% de los constituyentes de la dermis c. Hipodermis: Es la capa más profunda de la piel. Está compuesta por una red de células de colágeno y grasa, que ayuda a conservar el calor corporal y protege el cuerpo contra lesiones dado que amortigua los impactos. Las estructuras anexas de la piel incluyen pelos, uñas, glándulas sebáceas, glándulas sudoríparas ecrinas y glándulas sudoríparas apocrinas. Unidad folículo-sebáceo: Son prolongaciones córneas de origen epidérmico que existen en todo el cuerpo excepto en las regiones palmar, plantar, dorso, extremos distales de manos y pies, además de algunas áreas genitales y labios. Ellos constan de folículo propiamente dicho, con vainas de pelo; glándulas sebáceas, músculo erector del folículo y en algunas regiones, de glándulas sudoríparas apocrinas [37]. (Figura 2.10)

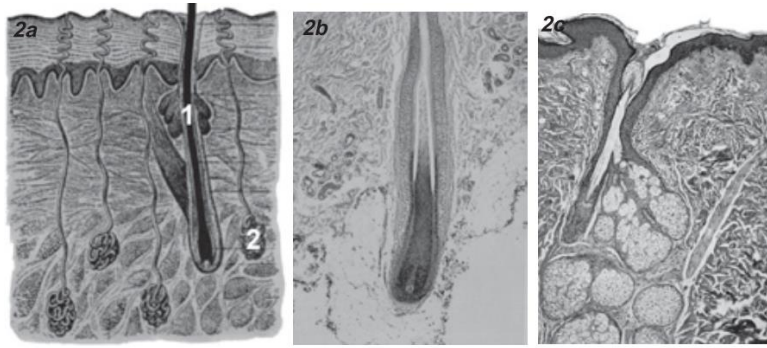


Figura 2.10 Anatomía de la piel. b:Folículo piloso.c:Unidad pilosebácea(microfotografías)A:Epidermis.B:Dermis.papilar C:Dermis reticular. 1: Unidad folículo-sebácea.2:Glándulas sudoríparas ecrina [37]

2.12 Sistema de sensores

Las terminaciones nerviosas dendríticas de diferentes neuronas sensoriales son encargadas de mediar las sensaciones cutáneas como el tacto, presión, calor, frío y dolor. Los receptores para calor, frío y dolor simplemente son las terminaciones desnudas de neuronas sensoriales. Las sensaciones de tacto están mediadas por terminaciones dendríticas desnudas que rodean los folículos pilosos y por terminaciones dendríticas expandidas, llamadas terminaciones de Ruffini y discos de Merkel. Los discos de Merkel son sensibles a la profundidad de la indentación de la piel, y tienen la resolución espacial más alta de los receptores cutáneos; proporcionan información respecto a la textura de un objeto [38].

Las neuronas nociceptoras son las encargadas de percibir la sensación de calor tolerante y la de calor dolorosa, como temperaturas de 43°C o más altas. Las temperaturas calientes producen sensaciones de dolor por medio de la acción de una proteína de membrana particular en dendritas sensoriales. Esta proteína, llamada receptor de capsaicina, sirve como canal de iones y como receptor para capsaicina —la molécula en pimientos rojos picantes, chile, que causa sensaciones de calor y dolor—. En respuesta a una temperatura nocivamente alta o a la capsaicina en pimientos rojos picantes, estos canales de iones se abren, lo cual

permite que el Ca^{2+} y el Na^{+} se difundan hacia la neurona, lo que produce despolarización y da por resultado potenciales de acción que se transmiten y se perciben como calor y dolor. Aunque el receptor de capsaicina para el dolor es activado por calor intenso, otros nociceptores pueden activarse por estímulos mecánicos que causan daño celular. Las neuronas nociceptoras mismas a continuación liberan péptidos que contribuyen a esta “sopa inflamatoria” de sustancias químicas ver figura 2.11 [38].

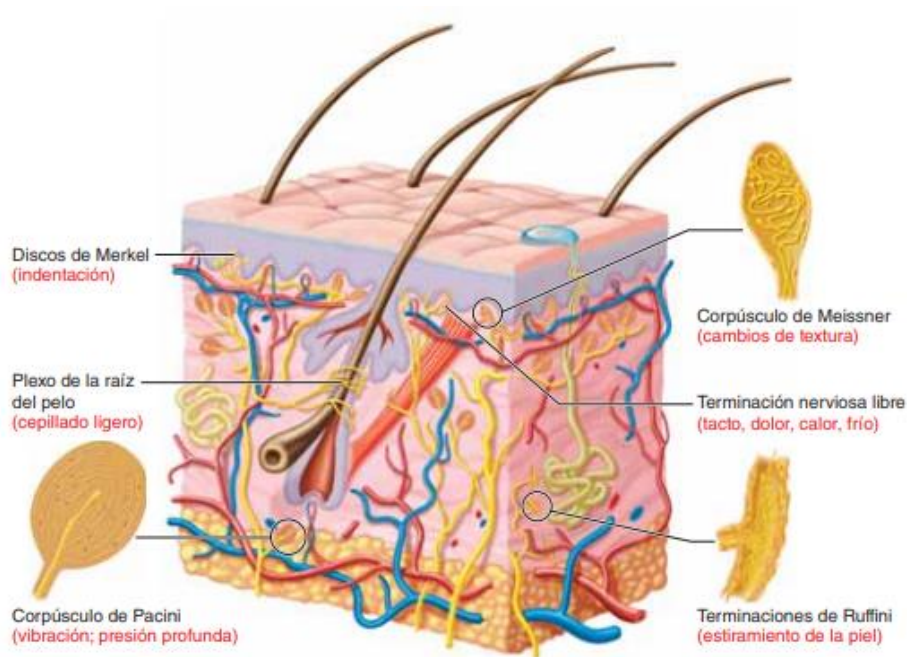


Figura 2.11 Receptores sensoriales cutáneo. Cada una de estas estructuras está asociada con una neurona (aferente). Las terminaciones nerviosas libres son ramas dendríticas desnudas que sirven para diversas sensaciones cutáneas de calor. Algunos receptores cutáneos [37]

“El sistema sensorial de la mano tiene un papel relevante en la termorregulación de la mano. Este sistema es importante para la activación o supresión de una respuesta del sistema nervioso autónomo. El período de aclimatación es un ejemplo de cómo la habituación a

temperatura ambiente constante y la evitación de contacto con otros materiales son significativos” [32].

La estimulación de los receptores sensoriales conduce finalmente a impresiones sensoriales de carácter subjetivo. Una sensación se constituye de la suma de diversas impresiones sensoriales. Cuando se procede de la activación de un solo tipo de receptor sensorial se habla de sensaciones primarias. Las sensaciones provocadas por la excitación de varios tipos de receptores sensoriales se denominan mixtas. Así, las sensaciones de rugosidad de una superficie o de peso de un objeto se construyen con la adición de diversas impresiones sensoriales, generadas en poblaciones separadas de receptores sensoriales. Por otro lado, una sensación se acompaña de una interpretación, tras su contraste con experiencias previas, dando lugar a lo que se denomina una percepción [39].

2.13 Microcirculación

La microcirculación se asegura de un adecuado suministro de oxígeno basado en las demandas metabólicas celulares a todo el organismo. Esta función es poseedora de características reológicas y resistivas que, aunque forman parte de su actuar normal, también la hacen más proclive al daño por hipoxia. Éstas permiten un flujo heterogéneo dependiendo del lecho vascular de que se trate y las necesidades metabólicas del mismo; estas características crean un gradiente radial y longitudinal de oxígeno para lograr una saturación de hemoglobina y presión arterial de oxígeno (PAO₂) menor que la de la circulación arterial, así como un menor hematócrito por el efecto de Fahraeus-Lindqvist, que induce a la migración axial de eritrocitos cercanos al centro de los vasos[40].

También la microcirculación es el nombre que se le da a los vasos sanguíneos más pequeños (<100µm de diámetro en la vasculatura. Los componentes del sistema de termorregulación son arteriolas (lado arterial), capilares y vénulas (lado venoso). Arterioles son vasos sanguíneos de pequeño diámetro con paredes musculares delgadas. Estos elementos son el sitio principal de la resistencia vascular, obtienen inervación del sistema nervioso autónomo y también regulan su diámetro de acuerdo con una respuesta a varias hormonas circulantes. En un sistema vascular sano, estos elementos se relajan. El aumento de la resistencia periférica total Las arteriolas pueden llevar a la hipertensión. Las arteriolas proporcionan sangre a los capilares, que son los vasos sanguíneos más pequeños del cuerpo (5-10 µm de diámetro). Conectan las arteriolas y las vénulas y proporcionan el intercambio de agua, oxígeno, dióxido de carbono, calor, sustancias químicas y muchos otros nutrientes entre la sangre y las células vecinas que constituyen [32], para esta investigación esto es importante ya que está vinculada con la temperatura periférica.

La interacción de múltiples sistemas en los que se incluyen diferentes tipos de células, mediadores inflamatorios y el sistema hemostático y que conforman un grupo proinflamatorio y protrombótico donde la actuación del endotelio y la microcirculación son los mediadores de esta actividad e interacción y que, en condiciones normales, pueden llevar a la observancia de efectos benéficos para el organismo, pero cuando esta respuesta se encuentra alterada y no controlada, lo pueden llevar al colapso si no se logra revertir esta actividad [40].

2.14 Termorregulación

La termorregulación se encarga del control térmico, y se encuentra en grupos neuronales del núcleo preóptico del hipotálamo anterior, que reciben información de los receptores térmicos

cutáneos, de los situados en grandes vasos, vísceras abdominales y médula espinal, y de la sangre que perfunde el hipotálamo. Cuando aumenta la temperatura central, el centro termorregulador activa fibras eferentes del sistema nervioso autonómico que aumentan la pérdida de calor al producir vasodilatación cutánea (convección) y aumento de la sudoración (evaporación). Por el contrario, el hipotálamo reacciona ante los descensos de temperatura disminuyendo la pérdida de calor mediante vasoconstricción cutánea y disminución de la producción de sudor; además, puede incrementar la producción de calor intensificando la actividad muscular (aumento del tono y/o escalofríos). El hipotálamo envía otras señales a la corteza cerebral, que ponen en marcha respuestas conductuales complejas [41].

La temperatura corporal es controlada por el hipotálamo, que equilibra la generación de calor con la pérdida de calor; está conectado a la glándula pituitaria en la base del cerebro cerca de la terminación del tronco encefálico. El hipotálamo controla la temperatura corporal la cual equilibra la generación de calor al perder calor, y está conectado a la glándula pituitaria

El hipotálamo actúa como un circuito de retroalimentación negativa, que forma parte del sistema nervioso autónomo ver figura 2.12. Las neuronas especializadas en el hipotálamo actúan como termo receptores y controlan constantemente la temperatura de la sangre contra un punto de ajuste interno. Este ajuste de temperatura puede cambiar de persona a persona y de vez en cuando; aumenta en presencia de fiebre, por ejemplo. La temperatura corporal varía entre los valores típicos de 35.5 ° C en la mañana a 37.7 ° C en la noche. El calor es generado por el metabolismo [23].

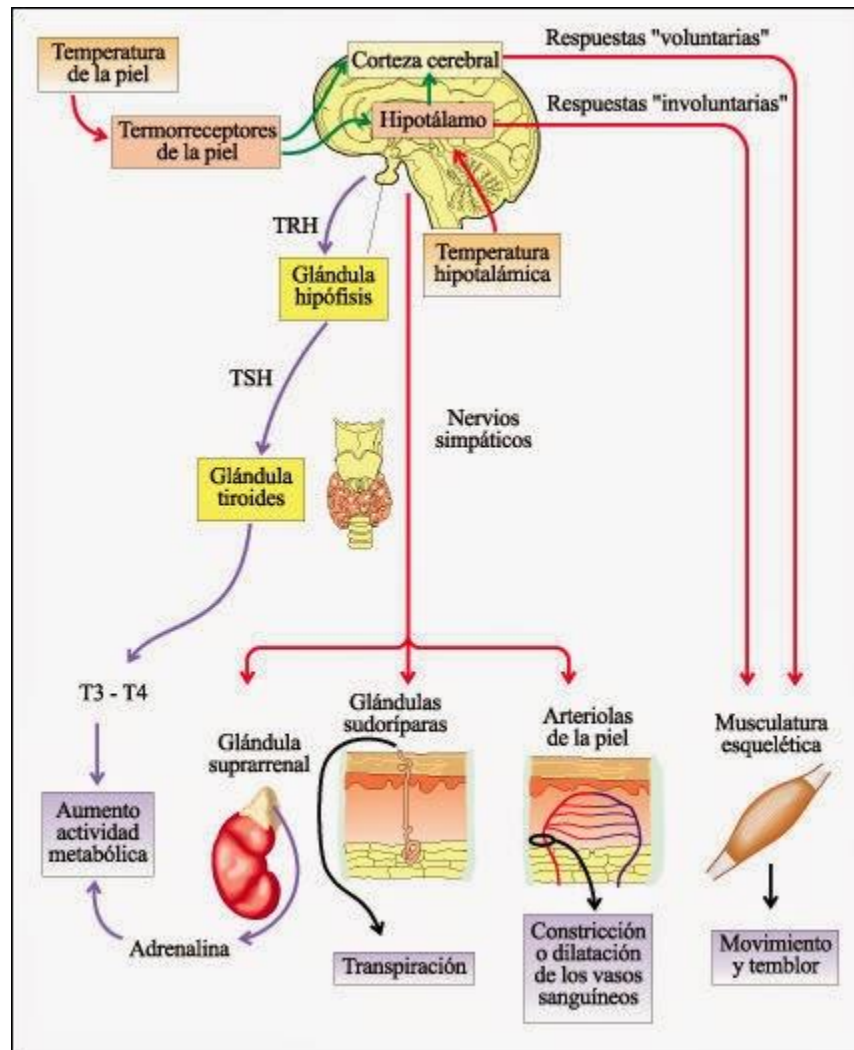


Figura 2.12 Sistema termorregulador del cuerpo humano.Referencias de los sitios Web [9].

<http://colegioimaginario.blogspot.com/2014/05/la-termorregulacion.html>

En esta investigación enfocada a las extremidades superiores enfocaremos la termorregulación en las manos. Dado que la piel es un órgano predominante en la mano, y debido a que (en comparación con el tejido muscular) solo se requiere una pequeña cantidad de sangre para satisfacer los requerimientos de oxígeno de los tejidos de la mano, la circulación juega un papel mayoritario en la termorregulación. El flujo sanguíneo cutáneo elevado en la mano debido a la vasodilatación provoca un aumento de la temperatura de la piel. Esto altera el gradiente de temperatura entre el cuerpo y su entorno y produce una

pérdida de calor acelerada de la piel. En un ambiente cálido, la cantidad de enfriamiento de la sangre a medida que pasa a través de la mano es mínima, el aumento del flujo sanguíneo se produce sin mucha pérdida de calor. La pérdida de calor por evaporación en las manos, sin embargo, puede ser considerable. Debido a la gran cantidad de glándulas sudoríparas que se encuentran en la piel palmar de las manos y los pies, grandes cantidades de calor se pierden al sudar, y como resultado, las extremidades pueden tener una temperatura superficial más baja que otras regiones del cuerpo. En consecuencia, hay mayores fluctuaciones en las respuestas térmicas a las alteraciones en la temperatura ambiental, especialmente en las yemas de los dedos. Por lo tanto, la microcirculación de la mano juega un papel importante en la termorregulación a través de una rica inervación simpática de los pequeños vasos que facilitan la disipación o conservación del calor. La regulación de la temperatura en las manos se realiza principalmente mediante vasoconstricción y vasodilatación de los vasos sanguíneos cutáneos [32].

2.15 Desordenes musculo esqueléticos

Se consideran desordenes musculo esqueléticos (DME) incluyen una amplia gama de afecciones inflamatorias y degenerativas que afectan los músculos, tendones, ligamentos, articulaciones, nervios periféricos y vasos sanguíneos de soporte. Las regiones del cuerpo más comúnmente involucradas son la espalda baja, el cuello, el hombro, el antebrazo y la mano. Los DME son causados por trabajos fatigantes que implican posturas prolongadas, mantenidas y forzadas, con pocas posibilidades de cambio, por fuera de los ángulos confortables o en desequilibrio, con bases de sustentación inestables o vibratorias, por levantamiento y manipulación de cargas y movimientos repetidos [13].

Comúnmente se distinguen entre lesiones de un solo evento, llamadas agudas o traumáticas, y aquellas que se sostienen a través de acciones a menudo repetidas cuyos efectos acumulativos finalmente resultan en una lesión. La distinción no es del todo clara: ¿son tres movimientos por semana, por día, por hora o por minuto que pueda resultar en una herida? ¿Cuántos micros traumas repetitivos tienen que ocurrir para causar lesiones? Las lesiones acumuladas ocurren a menudo en tejidos blandos conectivos, particularmente a los tendones y sus vainas. Pueden irritar o dañar los nervios e impedir el flujo sanguíneo a través de arterias y venas. Son frecuentes en el área de la mano de la muñeca y en el hombro y cuello. Las cargas repetitivas pueden incluso dañar el hueso, como las vértebras de la columna espinal. Las lesiones debidas a esfuerzos repetitivos [42].

Muchos autores deciden nombrar a estos problemas patológicos según sus causas para este estudio los nombraremos desordenes del trauma acumulado, sin importar la nomenclatura que se le asigna a cada uno de estos desordenes, lo que queda claro es que afectan diferentes estructuras como tendones, músculos, articulaciones, nervios y el sistema vascular. Dependiendo de la estructura que está afectada es el tipo de afección que se presenta, entre las más comunes están: tendinitis, tenosinovitis, bursitis y el síndrome del túnel carpiano , epicondilitis [43].

La “tendinitis” (también llamada tendinitis) es una inflamación del tendón asociada con un tendón que se tensa, mueve, dobla, en contacto con una superficie dura, vibra o con fibras desgastadas o rotas. El tendón se vuelve más grueso, irregular e irregular. En los tendones sin envolturas, como dentro del hombro, el área lesionada puede calcificarse [42].

Se considera a la tenosinovitis dentro de las lesiones musculoesqueléticas relacionadas al trabajo, las cuales se definen como alteraciones multifactoriales de la unidad músculo-tendón (incluyendo nervios periféricos y sistema vascular), que pueden ser exacerbadas o agravadas por movimientos repetitivos y fuerzas físicas en la extremidad superior. Existen múltiples teorías respecto a la patogénesis de la tenosinovitis. El atrapamiento puede estar asociado a fuerzas repetidas, prolongadas y desacostumbradas del tendón flexor, las cuales causan compresión de la polea por el tendón relacionada al grado de flexión de la articulación metacarpo falángica, y secundariamente a la magnitud de la tensión del tendón flexor [44].

Bursitis olecraneana: es la acumulación de líquido en la bursa en el aspecto posterior del codo. Se manifiesta como una bursa distendida llena de líquido y puede contener múltiples nódulos que representan procesos de proliferación sinovial (pannus). Es un proceso inespecífico, reconociéndose en pacientes con artritis inflamatoria, amiloidosis, artropatías inducidas por cristales (gota, depósitos de pirofosfato cálcico), causas traumáticas (microtrauma repetido o trauma agudo), infecciosas e iatrogénicas. La artritis reumatoidea es la cuarta causa de bursitis olecraneana [45].

El túnel carpiano es un canal osseofibroso y está ocupado por nueve tendones flexores (flexor profundo y superficial del dedo en cada dedo y flexor largo del pulgar) y el nervio mediano. Sus límites son el carpo posterior y el retináculo flexor anterior. Es un compartimiento cerrado fisiológicamente y la elevación de la presión intra-compartimental puede llevar a un ambiente inhóspito para el nervio mediano a través de la perfusión reducida y la cicatrización posterior. Los pacientes presentan característicamente empeoramiento de la parestesia y / o dolor con o sin déficit sensorial y motor. [46].

La epicondilitis lateral o codo de tenista es un proceso degenerativo que se genera en el epicóndilo lateral del radio, debido a un uso excesivo de la musculatura epicondílea. Este trastorno se origina por micro traumatismos en la inserción proximal de los extensores de la muñeca, que provocan un fenómeno vascular de reparación anómala. A menudo existe un historial de actividades repetitivas para el paciente, las cuales con frecuencia son de origen ocupacional. El dolor suele estar localizado en el epicóndilo, pero en los casos intensos puede irradiarse ampliamente. Es típico el dolor a la presión en el epicóndilo, la extensión resistida de muñeca y el estiramiento de los músculos epicondíleos [47].

Según Kumar [48] el mecanismo de aparición de las lesiones músculo esqueléticas es de naturaleza biomecánica; cuatro teorías explican el mecanismo de aparición y pueden interrelacionarse o presentarse aisladas en la evolución de un trastorno osteomuscular, dichas teorías son:

- La teoría de interacción multivariante en la cual el trastorno mecánico de un sistema biológico depende de componentes individuales y sus propiedades mecánicas, los cuales son causalmente afectados por dotaciones genéticas, características morfológicas, composición psicosocial y riesgos laborales biomecánicos.
- La teoría diferencial que se explica por desequilibrio y asimetría en actividades laborales creando fatigas diferenciales, y de ese modo desequilibrio cinético y cinemático en diferentes articulaciones precipitando la aparición de lesiones.
- La teoría de la carga acumulativa sugiere que un rango de carga y un producto de repetición más alto que no permite la recuperación de los tejidos, deja una carga residual que precipita

las lesiones. • La teoría de sobre-esfuerzo que indica que el exceso de esfuerzo precipita al límite de tolerancia en las lesiones laborales locomotoras.

Los desórdenes músculo-esqueléticos (DME) son causados por trabajos fatigantes que implican posturas prolongadas, mantenidas y forzadas, con pocas posibilidades de cambio, por fuera de los ángulos confortables o en desequilibrio, con bases de sustentación inestables o vibratorias, por levantamiento y manipulación de cargas y movimientos repetidos. Los factores organizacionales del trabajo como las jornadas, el tiempo de descanso y su distribución, el ritmo, los tipos de control, la variedad del trabajo y la remuneración, al igual que condiciones individuales como la edad y el género, pueden considerarse moduladores que potencializan o minimizan el riesgo de aparición de DME.

Las intervenciones en prevención de los DME a nivel de los sistemas de salud no son muy efectivas, por cuanto en salud laboral, los resultados de estudios epidemiológicos, las bases de datos y los programas de vigilancia no son comparables unos a otros, dadas las características particulares de las poblaciones, las industrias y los lugares de trabajo. Estas condiciones además de su bajo registro en los sistemas de salud, dificultan calcular la magnitud y naturaleza de los DME relacionados con el trabajo[49].

En los últimos años, ha habido un interés creciente en disminuir los factores de riesgo que causan trauma acumulativo trastornos (CTD). En el año 2000, el gobierno de los EE. UU. ha proyectado que el 50% de los trabajadores estadounidenses tendrán lesiones laborales anualmente [50], en el año 2007, el 29% de los aproximadamente 1.2 millones de enfermedades totales en el lugar de trabajo y lesiones que resultan en días de trabajo perdidos [51]. En Reino Unido la incidencia media anual del síndrome del túnel carpiano (STC) se

encontró que eran 329 casos por 100,000 personas-año, y en incidencia estandarizada fue de 276 [52]. Según Muggleton aumento en los casos de discapacidad y reducción de la productividad en el lugar de trabajo son las principales razones de un creciente deseo de reducir la incidencia de trastornos.

2.16 Termografía

En la actualidad la ciencia del calor denominada termología, es una técnica que se aplica a muchos procesos diversos de nuestra vida moderna. Durante muchos años, el único contacto que se tenía para determinar la temperatura humana fue la termometría de contacto. En 1592 desde el termoscopio temprano de Galileo la termometría se desarrolló lentamente hasta las escalas calibradas más utilizables ideadas por Fahrenheit (1720) y la escala métrica atribuida a Celsius en 1742. Fue en 1750 que el científico danés Linnaeus, propuso que se invirtiera la escala de Celsius para que la baja temperatura a cero y el agua hirviendo sea de 100 grados. El gran pionero de la termometría clínica fue Carl Reinhold August Wunderlich, quien nació en Alemania en 1815. Estudió en la Universidad de Tubinga y escribió su tesis de doctorado en 1838. Para 1850 se había convertido en profesor y director médico del Hospital Universitario de Leipzig. Dr. Carl Wunderlich 1850 pionero en termometría médica. Era un profesor dotado, fuerte en fisiología y metodología de diagnóstico. Entre sus varias publicaciones significativas estaba su tratado sobre "La temperatura en las enfermedades, un manual de termometría médica" en 1868. Presentó numerosas declaraciones de importancia clínica, especialmente relacionadas con la fiebre, el curso de la temperatura relacionado con el aumento y la disminución de la fiebre, y la importancia de la medición regular y constante para proporcionar evidencia objetiva. del estado del paciente. Su máximo termómetro clínico,

y los registros diarios de gráficos de temperatura aún se encuentran en evidencia a pesar de los muchos cambios en la tecnología y los registros computarizados [53].

La historia de la radiación infrarroja comenzó en 1800, cuando Sir William Herschel, el astrónomo, detectó rayos de calentamiento más allá del rojo visible del espectro. Después de su muerte en 1840, su hijo John Herschel hizo la primera imagen térmica de la luz solar utilizando la técnica de evaporografía [54].

Los orígenes de la tecnología moderna de detectores de termografía infrarroja se desarrollaron durante la Segunda Guerra Mundial. “La tecnología IR de fotones combinada con la ciencia de los materiales semiconductores, la tecnología de fotolitografía desarrollada para circuitos integrados y el ímpetu de la preparación militar de la Guerra Fría han impulsado avances extraordinarios en las capacidades de infrarrojos en un corto período de tiempo durante el último siglo” [55].

Se formó la Asociación Termográfica europea en 1972 con la primera conferencia importante en Amsterdam en 1974. Esto llevó a la formación de grupos de estudio para formular pautas para la buena práctica. El informe incluía los requisitos para la preparación del paciente, las condiciones para la imagen térmica y los criterios para el uso de la imagen térmica en medicina y farmacología [56].

El cuerpo negro se toma como un estándar de comparación para las fuentes de radiación. La emisión de un cuerpo negro se puede describir mediante tres expresiones: la ley de radiación de Plank, la ley de desplazamiento de Wien y la ecuación de Stefan-Boltzmann. La distribución de temperatura de Planck, se describe en esta fórmula y demuestra que las longitudes de onda cortas resultan de las altas temperaturas y las longitudes de onda largas

de las bajas (fig. 2.13). La ley de desplazamiento de Wien ilustra matemáticamente que el color puede variar de rojo a naranja o amarillo a medida que aumenta la temperatura de la radiación (fig. 2.14). La ecuación de Stefan-Boltzmann establece que la energía total irradiada de un cuerpo negro, por unidad de área, por unidad de tiempo, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta (fig. 2.15). La mayoría de los termómetros de radiación total se basan en esta ecuación[32].

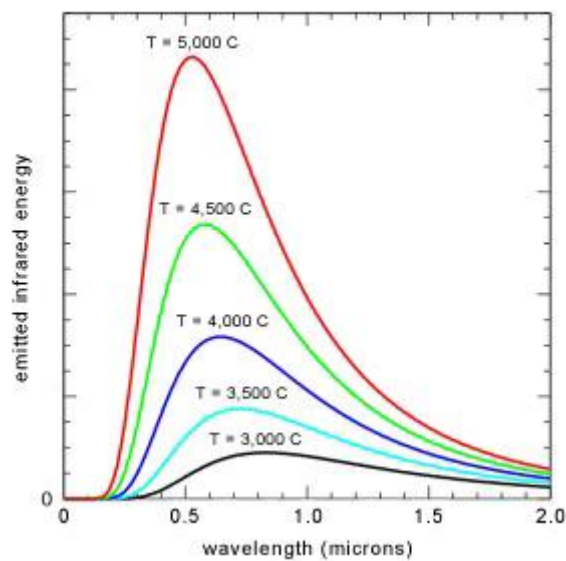


Figura 2.13 Distribución de temperatura de Planck. Referencias de los sitios Web [10]

<https://www.optotherm.com/infrared-planck.htm>

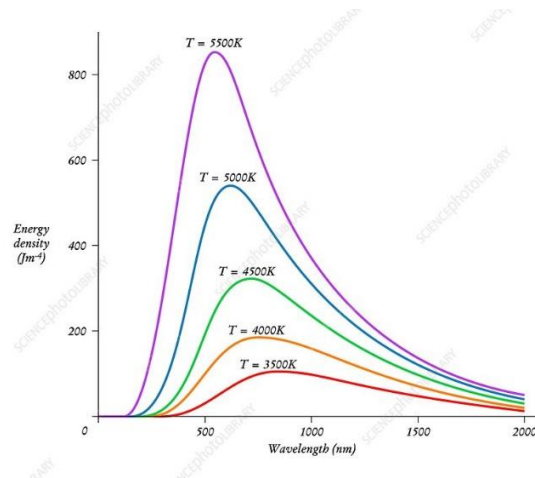


Figura 2.14 Ley del desplazamiento de Wien. Referencias de los sitios Web [11]

<https://www.sciencephoto.com/media/146802/view>

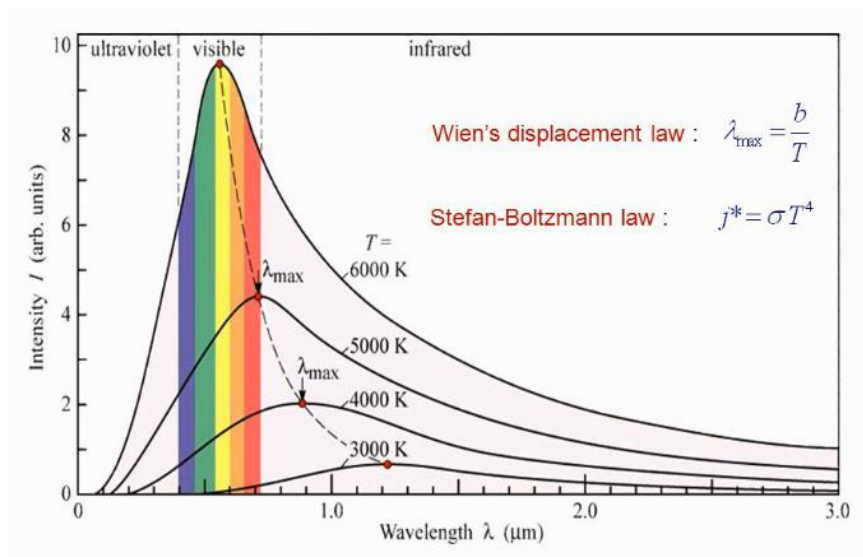


Figura 2.15 La ecuación de Stefan-Boltzmann. Referencias de los sitios Web [12]

En virtud de su energía térmica, cualquier objeto con una temperatura superior a la absoluta el cero irradiará energía electromagnética. Para el cuerpo humano, a una temperatura de 310 grados Kelvin, la radiación es máxima en el rango de longitud de onda de varios micrones. La intensidad aquí es de intensidad suficiente para que la tecnología de infrarrojos (IR) estándar pueda utilizarse para la detección. El registro de la distribución de la temperatura de

la piel humana, una técnica conocida como termografía, es una modalidad de imagen bien desarrollada en la práctica médica. Sin embargo, la distribución de la temperatura de la piel determinada por técnicas estándar proporciona solo información limitada, por lo que la radiografía clásica ha sido útil en el diagnóstico de muy pocas enfermedades [57].

La cantidad de energía electromagnética irradiada desde un objeto está relacionada con su temperatura. Un objeto se puede caracterizar por emitir o absorber radiación electromagnética, tal distribución de radiación forma el espectro electromagnético, que se caracteriza por la frecuencia y la longitud de onda e influye en las respuestas fisiológicas como la visión. La luz visible es una pequeña porción de esa distribución de radiación, pero la única que el ojo humano puede discriminar. En el lado de mayor frecuencia del espectro electromagnético, como se puede observar en la fig. 14, son los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos Gamma, en la dirección opuesta con longitudes de onda y frecuencias más largas, como se indica en la fig. 2.16, son las ondas infrarrojas, microondas y radio.

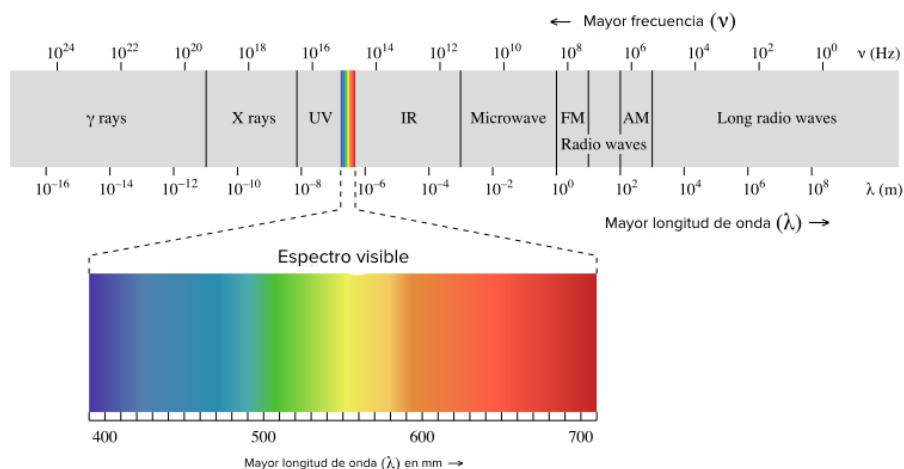


Figura 2.16 El espectro electromagnético. Referencias de los sitios Web [13]

2.17 Termografía en la piel

Algunos de los estudios actuales de problemas musculoesqueléticos se analizan utilizando termografía, que es compartida por muchas investigaciones exitosas hechas en la zona. Ahora unos días termografía infrarroja se usa comúnmente para estudios de investigación médica [58]. Investigaciones han demostrado que los estudios realizados mediante el uso de RT son efectivos y aceptables de lado activista de la salud. Corrección, fácil de usar y resolución hacen RT la más significativa en investigaciones de salud [59], [20],[32].

El cuerpo humano es homeotérmico, es decir, se autogenera y regula los niveles esenciales de temperatura para sobrevivir. Como seres humanos aumentamos nuestra "comodidad" al agregar ropa para el aislamiento en invierno, o al disminuir los niveles de ropa en el verano. El núcleo del cuerpo es relativamente estable en temperatura, pero la cubierta del cuerpo (los tejidos superficiales, principalmente la piel) forma parte del proceso regulador. La piel humana se comporta como un cuerpo casi negro con una emisividad de 0.96-0.98. Un fisiólogo estadounidense J D Hardy demostró en 1934 que la emisión de picos en la piel humana es de 9 a 12 μm . Sin embargo, los detectores que funcionan a 2–5 μm y los sistemas de bolómetro que operan hasta 15 μm han demostrado ser igualmente exitosos en aplicaciones médicas [59].

Las imágenes térmicas infrarrojas modernas están actualmente más desarrolladas que en cualquier otro momento en su notable historia. En la industria, la astronomía y muchos aspectos de la ciencia moderna, las imágenes infrarrojas han ampliado y superado las expectativas. En medicina, las aplicaciones deben desarrollarse con cautela y críticamente con una comprensión clara de la fisiología térmica subyacente. La interpretación cuidadosa

de los resultados es esencial. La medicina ha adoptado muchas otras tecnologías de imagen de alto rendimiento, como la radiografía de ultrasonido, la resonancia magnética, etc. [60].

Ahora tenemos lentes de transmisión infrarroja que han hecho una enorme diferencia en las imágenes térmicas de los sujetos humanos y biológicos. De gran importancia para la medicina no es solo la expresión bidimensional de la temperatura en una imagen térmica, sino la capacidad de registrar un gran número de mediciones de temperatura adyacentes de la distribución de temperatura de la piel. Durante algún tiempo, este proceso no fue sencillo, y persistieron las incertidumbres sobre los datos obtenidos de un termograma [60].

Las cámaras termográficas detectan la distribución de sobre la superficie de la piel. Los vasos sanguíneos son profundos en los tejidos del cuerpo, a menudo por debajo de la capa de tejido graso, y están protegidos por la superficie de la piel, que participa activamente en la regulación de la temperatura corporal (como resultado de la apertura de los poros del sudor). Por lo tanto, el "retrato" térmico detecta realmente el patrón integral de distribución de temperatura. Hay excepciones a esta regla en casos patológicos, donde los sitios y las causas del calentamiento se pueden determinar con una precisión suficientemente alta. Tales casos incluyen varios focos superficiales y superficiales de inflamación, quemaduras, neoplasmas, flebitis o procesos de alta intensidad profundamente localizados asociados con la producción de calor (por ejemplo, inflamaciones). Para fines de diagnóstico médico, se debe acumular y procesar información termográficas. Las personas con diferentes genotipos, pacientes con diversas patologías y sujetos con diferentes características morfológicas [61].

Las imágenes térmicas no son invasivas tienen la capacidad de proporcionar información sobre los procesos fisiológicos mediante el examen de las distribuciones de la temperatura

de la piel, que pueden estar relacionadas con la perfusión sanguínea. Es complementario a las investigaciones anatómicas y con frecuencia revela problemas cuando la anatomía es normal. Es necesario tener cuidado al interpretar los termogramas, ya que no son específicos y pueden revelar traumas pasados, así como problemas actuales. Las técnicas computarizadas de procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones son herramientas importantes en el arsenal del médico clínico para registrar puntos fríos y calientes y revelar distribuciones asimétricas o de temperatura características. Los índices cuantitativos como el índice de vasoespasticidad son importantes en el seguimiento del progreso de la enfermedad. Los protocolos estándar son necesarios para producir termogramas significativos y repetibles.

Las tecnologías modernas de las cámaras infrarrojas lograron nuevas aplicaciones en humanos más allá de un simple diagnóstico. Las imágenes térmicas son generadas por ondas electromagnéticas y considerando las leyes de la óptica son aplicables para la creación de imágenes. Así mismo, como la fuente de radiación infrarroja es la energía térmica, la temperatura y el intercambio de calor, las leyes de la termodinámica deben mencionarse y delineararse [62].

Los equipos generalmente utilizados para análisis de temperatura corporal son las FLIR Flores Olivares[63] utilizaron una FLIR 40 para el análisis de la temperatura corporal para bateristas después de su jornada, en otro estudio Yokiny [64] realizó una análisis de la temperatura corporal después del ejercicio utilizando un FLIR, en diversos estudios relacionados con la temperatura de la piel se hizo uso de esta marca de cámaras para la evaluación y análisis de la piel considerándolas como confiables, [65],[66],[67],[68],[20] para este estudio se utilizó una FLIR E25.

2.18 Análisis del comportamiento de la piel y el flujo de la sangre después de un trabajo repetitivo con las manos

Actualmente algunos estudios se enfocan en estudiar el comportamiento de la piel y el flujo sanguíneo mediante la termografía infrarroja, con estos estudios se ha validado que es una herramienta valiosa para el análisis de diferentes patologías que se reflejan mediante la irrigación sanguínea y temperatura de la piel [61], [63], [65], [69], [70].

Las variaciones en el flujo sanguíneo de la piel y la temperatura de la sangre son más influyentes en la piel de la mano, posterior a un análisis de sensibilidad [71] las condiciones fisiológicas y patológicas pueden reflejarse bajo diferentes efectos térmicos de la piel humana.

Las condiciones fisiológicas y patológicas pueden reflejarse bajo diferentes efectos térmicos de la piel humana, los músculos de un trabajador presentaron una mayor temperatura durante una actividad [69], [72]. Es un hecho comprobado que cuando un trabajador está expuesto a largas horas de trabajo repetitivo, habrá consecuencias en la salud, un trabajo repetitivo se determina por su número de ciclos y la duración de estos, por ejemplo si el ciclo dura aproximadamente 30 segundos o si el trabajo cuenta con más del 50% del tiempo dedicado a un ciclo fundamental [11].

Algunas de las investigaciones que han evaluado el trabajo repetitivo con las manos se enfocan a teclear durante un periodo en una computadora, [73],[74]. J Gold [75] realizó un experimento de mecanografía que duró 9 minutos, como resultado obtuvo tres patrones distintos de temperatura en la región metacarpiana, el estudio incluyó personas con trastornos musculoesqueléticos de las extremidades superiores resulto con un aumento de temperatura

después del periodo de prueba de la actividad. En otra prueba de tipificación de la temperatura de las personas con algo de CTD se reducen antes de su actividad que predice un sistema nervioso simpático disfuncional [20]. En 2010 se demostró que había una correlación moderada entre el volumen de flujo sanguíneo y la temperatura media de la piel durante una tarea de mecanografía donde la velocidad de la actividad afectó ambos factores [73]. En un matadero de aves de corral analizamos el trabajo repetitivo en un ambiente frío, la mano dominante registró las temperaturas más altas. Como resultado de este experimento se comprobó que trabajar repetitivamente con altas temperaturas conduce a una disminución en el cuerpo temperatura que conduce a un DTA's [6].

2.19 Spline cubico

Los Splines se presentan como una técnica de estimación de función no paramétrica. Los Splines se tratan en el ajuste de regresión no paramétrica. Se discute el método de validación cruzada para elegir el parámetro de suavizado y se aborda el problema general de regresión multivariada / estimación de superficie. Una discusión extensa de Splines como estimadores de densidad no paramétrica es seguida por una discusión de su rol en el análisis de series de tiempo. Una comparación de las metodologías de regresión isotónica y Spline conduce a la formulación de un estimador híbrido. La sección de cierre proporciona un breve resumen general y formula una serie de problemas abiertos / no resueltos relacionados con Splines en las estadísticas [76].

Matemáticamente, es posible construir una función cubica $S_k(x)$ en cada intervalo $[x_k, x_{k+1}]$ de manera que la curva definida a trozos $y=S(x)$ que resulta de dos veces derivable y la segunda derivada es continua en el intervalo completo $[x_0, x_n]$. La continuidad de

$S'(x)$ significa que la curva de la ecuación $y=S(x)$ no tiene esquinas: la continuidad de $S''(x)$ significa que el radio de la curvatura está definido en cada punto [77].

Supongamos que tenemos $N+1$ puntos $\{(x_k, y_k)\}_{k=0}^N$ cuyas abscisas están ordenadas de manera creciente $a=x_0 < x_1 < \dots < x_N = b$. Se dice que una función $S(x)$ es un spline cúbico interpolador para dichos datos si existen N polinomios cúbicos $S_k(x)$, que podemos escribir en términos de unos coeficientes $s_{k,0}, s_{k,1}, s_{k,2}$ y $s_{k,3}$ como:

(1)

- I. $S(x_k) = S_k(x) = s_{k,0} + s_{k,1}(x-x_k) + s_{k,2}(x-x_k)^2 + s_{k,3}(x-x_k)^3$ para $x \in [x_k, x_{k+1}]$ y $k=0, 1, \dots, N-1$, que verifican las siguientes propiedades
- II. $S(x_k) = y_k$ para $k=0, 1, \dots, N$,
- III. $S(x_{k+1}) = S_{k+1}(x_{k+1})$... para $k=0, 1, \dots, N-2$,
- IV. $S'_k(x_{k+1}) = S'_{k+1}(x_{k+1})$ para $k=0, 1, \dots, N-2$,
- V. $S''_k(x_{k+1}) = S''_{k+1}(x_{k+1})$ para $k=0, 1, \dots, N-2$,

Las relaciones I significan que $S(x)$ es un polinomio cúbico a trozos. Las relaciones II significan que $S(x)$ interpola datos. Las relaciones III y IV significan que $S(x)$ es una función derivable y con derivada continua. Finalmente, la relaciones V significan que la derivada segunda de $S(x)$ también existe y es continua [77].

Como alternativa, el Modelo de Regresión no Paramétrico Spline (MRNPS) permite la generación de modelos sin la rigidez de la regresión paramétrica que requiere del supuesto de normalidad, es decir una vez ordenados en algún sentido el conjunto de datos pertenecientes a la variable en estudio se tiene la libertad de adaptar el modelo a los comportamientos algunas veces sinuosos correspondientes a la data que provienen de hechos

reales. Se denomina no paramétrico porque no tiene un parámetro o parámetros que especifiquen un modelo de probabilidad [78].

El MRNPS, es una función polinómica mayormente de tercer grado, que permite suavizar los datos correspondientes a la variable en estudio. Los polinomios desde hace siglos tienen un papel importante en la teoría de la aproximación y el análisis numérico[78].

El MRNPS tiene la particularidad de permitir unir polinomios por secciones mediante puntos llamados nodos, de tal forma que la unión de las pequeñas secciones no presentarán cambios bruscos en la curva del modelo; sino más bien se obtendrá una continuidad suave, esta es una característica resaltante [78].

de los polinomios Spline. Las continuidades en los nodos son iguales en sus primera y segunda derivadas. Es decir, no se comporta como un polinomio en general, que si puede presentar cambios bruscos en la unión de polinomios por secciones [78].

Los espacios de polinomios Spline tienen entre otras las siguientes características importantes: son lineales finito dimensionales; son funciones de suavizamiento; las derivadas y anti derivadas de los polinomios Spline también son polinomios Spline; cada función continua en el intervalo $[a, b]$ puede ser arbitraria por el polinomio Spline de orden m fijado, generando tantos nodos como sea permitido; los valores de convergencia pueden ser dados por aproximación de funciones de suavizamiento por el MRNPS, así sean de orden alto sus derivadas continuarán siendo buenas; Los polinomios Spline de bajo orden son muy flexibles y no presentan las oscilaciones bruscas que generan los polinomios en general [78].

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Se generaron pruebas emuladas por medio de termografía infrarroja con las temperaturas obtenidas de dedos y muñecas se realizaron los modelos Spline. Con los obtenidos de las pruebas emuladas con termografía infrarroja.

3.1 Materiales

Los materiales y el equipo con el que se desarrolló fueron una computadora personal con Intel Core I3 4gb Ddr4 procesador i3-6006, 4 GB de memoria RAM.

Las imágenes infrarrojas fueron con tomadas con una cámara de termografía infrarroja Marca FLIR® (Wilsonville, OR, EE. UU.) E25 (cámara IR de onda larga a un rango espectral de 7.5 a 13 μm , sensor de matriz de plano focal de 160x120, diferencia de temperatura equivalente a ruido de <100mK a 30°C e incertidumbre de medición de \pm Se utilizó el 2% de la lectura total) esta camara pertenece a la Universidad Autónoma de Baja California unidad Mexicali y fue prestada por dos meses y medio a la UABC Ensenada ver figura 3.1.



Figura 3.1 Cámara FLIR ThermoCaM E25

Para obtener las imágenes se utilizó una ThermaCAM Reseacher Pro 2.10, y las imágenes obtenidas se analizaron con el software FLIR® (Wilsonville, OR, EE. UU.), con este software se contornearon las áreas de interés para obtener las temperaturas promedio.

3.2 Fase 1: Caracterización de la muestra

Fase uno: La fase uno fue conseguir personas que quisieran participar en las pruebas emuladas, una característica importante a considerar es que serían participantes en edad productiva. Para cada participante se consideraría un periodo de 1 hora aproximadamente para tomar las imágenes termográficas.

Por la adecuación del lugar y el tiempo que implicaban las pruebas se consideró que los participantes fueran los estudiantes y personal docente de la universidad autónoma de Baja California.

A todos los participantes se les explico el objetivo del estudio y los requisitos que se tenían que considerar para la obtención de imágenes termográficas. Primeramente, se recolectaron datos de la muestra: edad, peso, altura, mano dominante, y si sufrieron alguna fractura en el pasado.

Los requisitos para iniciar las pruebas de termografía eran no realizar ejercicio 20 minutos antes de las pruebas, abstenerse de beber alcohol, café, té o fumar antes de la prueba [75],[20],[79] ver tabla 3.1.

Tabla 3.1Caracterización de la muestra, Termografía Infrarrojo

	Sexo	Edad	Altura	Fracturas	Actividad física	Peso	BMI	Fracturas
1	F	20	1.6	0	0	53	20.70	no
2	F	20	1.64	0	0	65	24.17	no
3	F	20	1.68	0	1	66	23.38	no

4	F	20	1.6	0	0	63	24.61	no
5	F	20	1.57	0	0	54	21.91	no
6	F	20	1.74	0	1	75	24.77	no
7	F	32	1.66	0	0	90	32.66	no
8	F	34	1.63	0	0	64	24.09	si
9	F	22	1.67	0	1	65	23.31	no
10	F	21	1.63	0	0	50	18.82	no
11	F	20	1.65	0	0	56	20.57	no
12	F	23	1.5	0	0	45	20.00	no
13	F	21	1.64	0	0	62	23.05	no
14	F	22	1.79	0	1	76	23.72	no
15	F	23	1.55	0	0	53	22.06	no
16	F	19	1.61	0	0	55	21.22	no
17	F	38	1.63	0	0	93	35.00	no
18	F	21	1.67	0	0	72	25.82	no
19	M	20	1.73	0	1	70	23.39	no
20	M	20	1.75	0	1	70	22.86	no
21	M	21	1.74	0	1	63	20.81	no
22	M	20	1.68	0	1	63.5	22.50	no
23	M	20	1.66	0	1	69	25.04	no
24	M	22	1.63	0	1	43	16.18	no
25	M	21	1.79	0	0	66	20.60	no
26	M	22	1.84	0	1	115	33.97	no
27	M	25	1.75	0	1	83	27.10	no
28	M	20	1.8	1	1	100	30.86	si
29	M	20	1.74	0	0	75	24.77	no
30	M	21	1.71	0	1	77	26.33	no
31	M	20	1.83	0	1	80	23.89	no
32	M	21	1.62	0	1	61	23.24	no
33	M	21	1.66	0	0	66	23.95	no
34	M	23	1.83	0	0	70	20.90	no
35	M	20	1.75	0	1	68	22.20	no
36	M	21	1.77	0	1	81	25.85	no
37	M	38	1.75	0	1	83.9	27.40	no
38	M	23	1.75	0	0	63	20.57	no
39	M	21	1.84	0	0	76	22.45	no

Todas las pruebas se realizaron con el consentimiento de las personas involucradas se siguió los principios éticos de la Declaración de Helsinki para la Investigación Médica con Sujetos Humanos, adoptada por la 18ª Asamblea General de la Asociación Médica Mundial en 2001.

3.3 Fase 2: Preparación del protocolo

La fase 2 fue la preparación del protocolo. Las pruebas con termografía infrarroja se realizaron dentro de las instalaciones de la UABC, en un cuarto con poca luz y cerrado, procurando que conservara las características necesarias para cumplir con el protocolo para obtener imágenes termografías [80].

El cubil en donde se realizaron las pruebas se mantuvo controlado, manteniendo un rango de 20-23°C y se realizaron los días en que la humedad no excedía el 50% [81],[82],[83],[84],[85] . Para las pruebas con IRT la emisividad de la cámara se mantuvo en 98% el cual es el valor para la piel humana [86].

3.4 Fase 3: Toma de las imágenes termográficas

Se realizó con alumnos de la UABC el experimento duró más de 2 meses aproximadamente. El procedimiento para tomar las imágenes termografías consistía: Se tomaba una primera foto de manos, palmas y rostro. Los participantes colocaban sus manos sobre una superficie marcada para las manos ver figura 19.

En total fueron 39 personas, por participación voluntaria. El protocolo a seguir era el siguiente:

1. Acomodar la cámara en el tripie y encenderla 15 minutos antes de utilizarla, acomodar la emisividad se encontrará en 98%.
2. Se pasaban en pares a los participantes al cubil en donde se realizaban las pruebas.
3. Se les exponía como se realizaba el movimiento repetitivo y se les proporcionaba el material con el cual realizarían este movimiento. Se les explico que las pruebas

emuladas simulaban movimientos que realizan los operadores en una empresa manufacturera y se dedican a realizar tareas altamente repetitivas, enrollado cables.

4. Se registraba el participante, se le tomaba foto de la cara, después se le pedía que pasara a una base para colocar sus manos y palmas antes de iniciar las pruebas.
5. Comenzaba a enrollar los cables de manera repetitiva, sin parar, se tomaba el tiempo para que fueran 10 minutos exactamente ver figura 3.2.



Figura 3.2 Movimiento repetitivo

Pasados los 10 minutos, se les pedía dejar de realizar actividad, se dejaba el material y se pedía que reposaran las manos.

6. Se les tomaba de nuevo una foto de manos como en la figura 3.3 y palmas y regresaban a tomar asiento.



Figura 3.3 Toma de manos

7. Pasados 5 minutos se les volvía a tomar una foto de las manos y después las palmas.
8. De nuevo pasando 10 minutos se volvía a tomar foto de manos y después de las palmas.

La prueba en general consistía en imitar una actividad repetitiva enrollando cables muy delgados, esto lo realizaron durante 10 minutos seguidos sin parar ver figura 17. Terminando esta actividad los participantes reposaban las manos, se tomaban de nuevo las imágenes a los 15 minutos y 20 minutos.

3.5 Fase 4: Segmentación y obtención de temperatura de las diferentes regiones de la mano

Para la segmentación y análisis de las fotos se utilizó el software ThermaCam Pro 2.10 (Wilsonville, OR, EE. UU.). Se delimitaban la zona de las carótidas para conocer la temperatura promedio de los participantes y cada una de la región de los dedos tanto en la parte dorsal como en la palma, muñeca y antebrazos. Las imágenes termografías obtenidas

de los participantes se pueden ver algunos ejemplos en la figura 3.4. Después se contorneaban las áreas como en la figura 3.5.

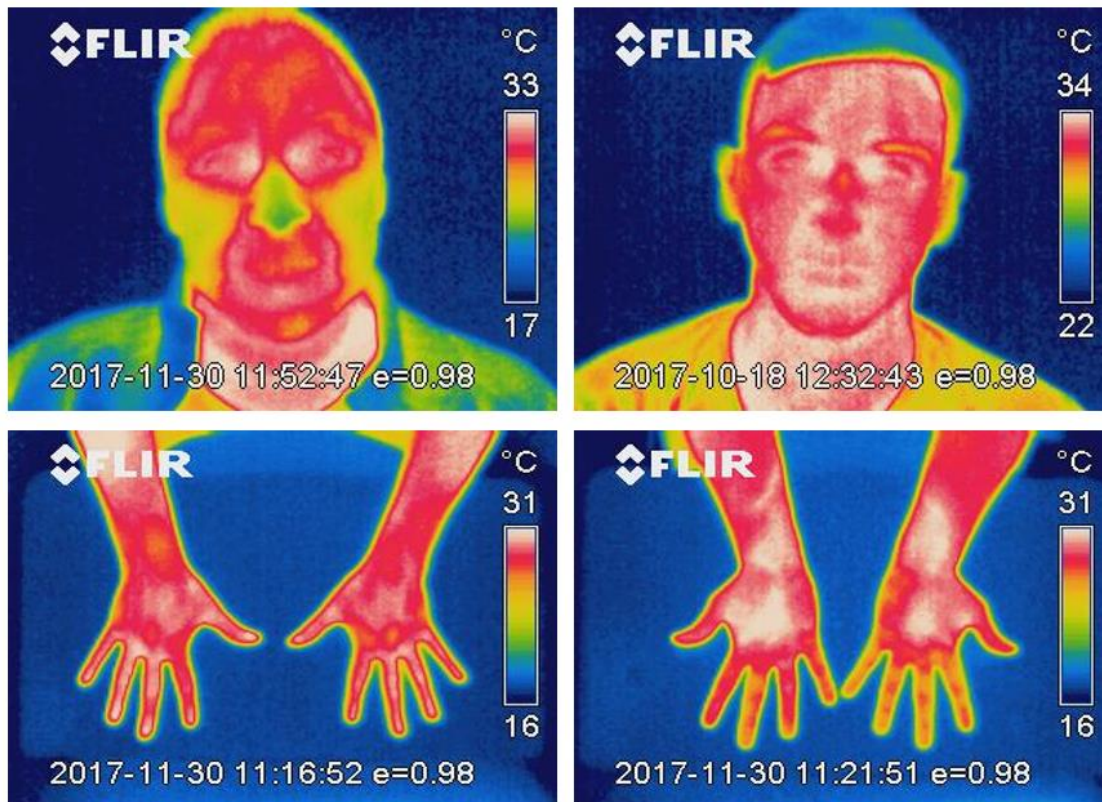


Figura 3.4 Imágenes termográficas

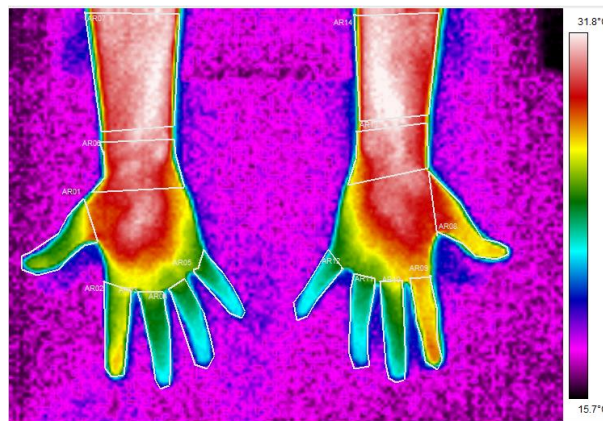


Figura 3.5 Áreas de interés contorneadas en las manos

3.6 Fase 5: Obtención de Spline y pruebas estadísticas

Una vez que se obtuvieron los promedios de las áreas de interés, se acomodaron los datos en el software Excel 10 Microsoft® (Redmond, WA, EE. UU). Colocando las variables, es decir todas las temperaturas por columna y a los participantes por fila. Una vez que se acomodaron se sometieron a un análisis estadístico en IBM SPSS® (Armonk, NY, EE. UU.) se realizaron las pruebas de normalidad, se realizaron las pruebas no paramétricas. Una vez que se realizaron las pruebas correspondientes estadísticas se consideraron 3 softwares para la obtención de los Spline Matlab, StataSE 12, y JMP en este último finalmente se obtuvieron los modelos Spline en el software JMP Statistical Discovery™ (Cary, Carolina del Norte, USA).

Para el análisis de los datos de temperatura, el primer paso fue analizar si los datos cumplían con las pruebas de normalidad. Las pruebas de realizaron por medio de la prueba de normalidad Shapiro Wilk, con la finalidad de conocer si se utilizarían estadísticos no paramétricos. En la segunda etapa se realizaron los análisis de las áreas de temperaturas de cada región de los dedos y su asimetría, tanto en la parte dorsal de la mano como en la palma, así mismo se analizaron las temperaturas de las muñecas. En la tercera etapa se realizaron Spline cúbico para las regiones del área de los dedos. Así mismos se realizó una prueba Q de Dixon a los datos para analizar datos atípicos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Análisis de las pruebas de normalidad

El nivel de significancia utilizado fue de ($p < 0.05$), y se contrastaron cada una de las variables descriptivas de la muestra, edad, sexo, índice de masa corporal, fracturas, con las temperaturas de ojos, las regiones de cada uno de los dedos, y muñecas. Con esta prueba se acepta o rechaza la hipótesis nula de normalidad, Si $p < 0.05$, se rechazará la hipótesis con un nivel de significación del 5%.

4.2 Prueba no paramétrica simple

Con la finalidad de contrastar hipótesis diferentes muestras están equidistribuidas y que por lo tanto pertenecen a una misma distribución (población). Y conocer si existe una influencia de las variables sexo, edad, fracturas y deportes en las temperaturas de las regiones de las manos, así como en las asimetrías entre ellas. De los resultados obtenidos se corroboró que el sexo tiene influencia en las temperaturas de las manos, y en las diferencias asimétricas para esto se utilizó el test Mann Whitney. La única variable que tuvo gran influencia en las temperaturas fue el género de los participantes en la tabla 4.1, se puede distinguir los rectángulos naranjas en donde indica que se acepta la hipótesis alternativa, rechazando H_0 , Para las temperaturas de las regiones de la mano, pero no para las asimetrías. Es decir, si existe una influencia del género para la temperatura de la región de la mano, tanto para la parte dorsal, y la parte de la palma. Respecto a las asimetrías de estas regiones no existe una evidencia estadística de que el género de los participantes tenga influencia en eso.

Tabla 4.1 Resumen de prueba de hipótesis.

	HIPÓTESIS NULA	PRUEBA	SIG.	DECISIÓN
1	La distribución de EL es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.002 1	Rechazar la hipótesis nula
2	La distribución de ER es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.030 1	Rechazar la hipótesis nula
3	La distribución de ES es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.006 1	Rechazar la hipótesis nula
4	La distribución de EYE es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.009 1	Rechazar la hipótesis nula
5	La distribución de DF1R_0 es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.001 1	Rechazar la hipótesis nula
6	La distribución de DF2R_0 es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.001 1	Rechazar la hipótesis nula
7	La distribución de DF3R_0 es la misma entre las categorías de Sex.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.003 1	Rechazar la hipótesis nula

La variable fracturas la cual se refiere a si los participantes sufrieron alguna fractura en las extremidades superiores en el pasado, no tiene ninguna influencia con la temperatura de la región de la mano ni con la simetría entre regiones de la mano.

La variable deportes demostró que tiene influencia en diferencias asimétricas en el dedo anular a los 10 y 20 minutos, así mismo mostro influencia en las diferencias asimétricas en la parte de la palma en el dedo pulgar, anular, meñique y la muñeca a los 15 minutos, y en el dedo anular a los 20 minutos.

La ultima variable evaluada fue el IMC, en donde la primera variable que tienen influencia en la temperatura es la diferencia asimétrica de la parte ocular. Para esta prueba se utilizó la prueba Kruskal Wallis.

4.3 Prueba Q de Dixon

Por la naturaleza de los datos, se realizó una prueba Q de Dixon para determinar si existen valores extremos en un conjunto de datos, esta prueba se realizó para la temperatura de todas las variables desde la temperatura de la región carótida de los ojos, ojo izquierdo y ojo derecho, y así mismo para las diferencias simétricas en las regiones de las dos manos en la tabla 934 nos muestran los valores de esta prueba el valor mínimo, máximo, r10 representa el estadístico y se denomina Q de Dixon En la tabla DF1R-DF5R se representa la temperatura de la región de cada dedo desde el pulgar al índice de la mano derecha, DWR_0 representa la temperatura media de la muñeca al minuto 0, DFR_0, Representa la temperatura del antebrazo. Esta tabla es un ejemplo de cómo se muestrearon los resultados en el software ver tabla 4.2.

Tabla 4.2 Prueba Q de Dixon

Variable	Mín.	x[2]	x[N-1]	Máx.	r10	P
OJO IZQUIERDO	30.600	31.300	33.700	33.700	0.23	0.125
OJO DERECHO	29.900	31.200	33.500	33.600	0.35	0.008
DIFERENCIA ASIMETRICA	-0.7000	-0.5000	0.4000	0.5000	0.17	0.316
PROMEDIO EN TEMPERATURA DE LOS OJOS	30.250	31.350	33.450	33.500	0.34	0.012
DF1R_0	20.100	20.500	30.700	30.800	0.04	1.000
DF2R_0	18.400	18.500	29.900	30.000	0.01	1.000
DF3R_0	18.500	18.800	29.900	30.200	0.03	1.000
DF4R_0	18.400	18.400	29.900	30.200	0.03	1.000
DF5R_0	17.800	17.900	29.900	30.100	0.02	1.000
DWR_0	22.200	23.100	30.500	30.800	0.10	0.704
DFR_0	25.900	26.000	30.700	31.900	0.20	0.191

Las variables que mostraron valores atípicos fueron: temperatura de la carótida derecho, el promedio de la temperatura de ambas carótidas, las asimetrías entre el dedo índice, medio y anular a los 10 minutos, a los 15 minutos existen valores atípicos entre el pulgar, el índice y el meñique, a los 20 minutos se presentan valores atípicos en las asimetrías del dedo medio y anular, todos de la mano derecha. Estos valores atípicos son por la diferencia de temperatura de la mano dominante con la no dominante ver tabla 4.3.

Tabla 4.3 Valores atípicos

Variable	Fila	Valor atípico
ER	27	29.90
Eye	27	30.25
DF2S_10	1	2.80
DF3S_10	20	-2.90
DF4S_10	20	-3.50
DF1S_15	30	-4.00
DF2S_15	30	-2.80
DF5S_15	30	4.30
DF3S_20	1	2.40
DF4S_20	1	3.20
PWS_10	36	-3.00
PWS_15	36	-2.20
PWS_20	36	-2.20

4.4 Análisis descriptivo

4.4.1 Caracterización de la muestra

Los datos descriptivos de la muestra se muestran en la tabla 3 las pruebas se realizaron a 18 mujeres y 21 hombres, 39 en total con una edad promedio de 23.2 ± 5.5 años para el género femenino y 21.9 ± 4 años para el género masculino, en promedio para ambos géneros es de 22.46 ± 4.7 años. La altura promedio para el género femenino es de 1.6 ± 0.06 mts. y para el género masculino es de 1.7 ± 0.06 mts. en promedio de ambos géneros es de 1.69 ± 0.08 mts. de la muestra total solo una mujer y un hombre presentaron fracturas en las extremidades superiores, 4 mujeres

realizaban deporte y 13 hombres también lo practicaban continuamente, el peso promedio para las mujeres es de 63.8 ± 13 kg. y para los hombres 73.4 ± 15 kg. En promedio para ambos es de 69.24 ± 14.57 de masa corporal (IMC) el promedio para las mujeres es de 23.7 y para los hombres 24.04 para ambos 23.96 ± 3.89 ver tabla 4.

Tabla 4.4 Datos de la muestra

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
EDAD	19	38	22.46	4.7
ALTURA	1.50	1.84	1.69	0.08
PESO	43	115	69.24	14.5
IMC	16.18	35	23.96	3.8

4.5 Temperatura de las venas carótidas

La temperatura tiene un efecto significativo en el comportamiento de las arterias. Muchas de las cirugías cardiacas se están efectuando diferentes a las fisiológicas que normalmente oscila entre los (37°C) [87]. Algunos estudios demuestran que la temperatura corporal no es una función lineal de diferentes variables como la edad, estado de salud, género, temperatura ambiental, tiempo de ciclo diurno entre otros [88]. Geneva en una revisión sistemática del promedio de la temperatura media humana encontró los siguientes valores $36.32\text{-}37.76$ (rectal), $35.76\text{-}37.52$ (timpánico), $35.61\text{-}37.61$ (orina), $35.73\text{-}37.41$ (oral), y $35.01\text{-}36.93$ (axilar) [88]. Para esta investigación se consideró considerar la temperatura medida de las venas carótidas para determinar una aproximación a la temperatura media promedio de cada sujeto de la muestra en las extremidades superiores, generando los siguientes resultados para la arteria carótida ubicada cerca del ojo izquierdo la media fue de 32.45 ± 0.7 °C, para la

carótida ubicada cerca del ojo derecho la media de la temperatura fue $32.47^{\circ}\text{C}\pm 0.73^{\circ}\text{C}$, la media de la diferencia simétrica es de 0.2°C ver tabla 4, para el género femenino del lado derecho la media de temperatura es de $32.2\pm 0.49^{\circ}\text{C}$ y del lado izquierdo es de $32.1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, para el género masculino el lado derecho es de 32.6 ± 0.8 y para el lado izquierdo $32.7\pm 0.7^{\circ}\text{C}$. Estos valores están alejados 4°C de los valores promedios revisados por Geneva [88]. El ritmo circadiano de la temperatura corporal central se modula por la producción de calor y la pérdida a través de la temperatura distal de la piel. Por lo tanto, el ritmo circadiano de la temperatura de la piel distal en pies y manos muestra un patrón inverso al de la piel esta pérdida de calor se mide indirectamente al evaluar el gradiente de temperatura desde la piel proximal (es decir, infraclavicular, muslo y estómago) a la piel distal (es decir, pie y mano), que se conoce como la piel distal-proximal gradiente de temperatura [89]. Con esto se entiende las diferencias de la temperaturas en las diferentes partes del cuerpo, ver tabla 4.5.

Tabla 4.5. Medias de las arterias carótidas

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
OJO OZQUIERDO	39	30.60	33.70	32.4513	0.71077
OJO DERECHO	39	29.90	33.60	32.4949	0.73016
DIFERENCIA SIMETRICA	39	-0.70	0.50	0.0436	0.26832
MEDIA DE MEDIAS DE TEMPERATURA DE AMBOS OJOS	39	30.25	33.50	32.4769	0.70709

4.6 Temperatura media de las regiones de los dedos para ambos géneros, parte dorsal de la mano.

Las temperaturas más altas se encuentran en la mano derecha, la cual fue dominante para la muestra considerada, en la primera columna de agrega un D al final del nombramiento de cada nombre para referirse a la mano derecha y una I para referirse a la mano izquierda, ver tabla 4.6.

Tabla 4.6 Medias generales parte dorsal para ambos géneros minuto 0, 10, 15,20 .

DEDOS	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
	0			10			15			20		
Pulgar D	20.1	30.8	26.2±3.16	19.9	31.8	27±3.4	21.30	32.20	27.1±3.2	21.20	31.40	27.1±3
Índice D	18.4	30	25.03±3.4	18.1	31.3	25.8±3.7	19.30	31.50	26±3.4	19.70	31.10	25.9±3.2
Medio D	18.5	30.2	24.9±3.4	18.4	31	25.5±3.	19.10	31.50	25.5±3.5	19.40	31.00	25.4±3.3
Anular D	18.4	30.2	24.6±3.3	18.2	30.7	25.1±3.6	18.60	30.20	25.2±3.5	19.20	30.60	25.1±3.3
Meñique D	17.8	30.1	24.1±3.3	18.3	30.9	24.4±3.5	18.30	30.00	24.6±3.3	19.10	29.40	24.5±3
Pulgar I	19.4	30.4	25.8±3.2	19.4	31.9	26.8±3.4	19.90	31.10	26.9±3.1	21.10	30.70	26.81±2.9
Índice I	17.8	30.2	25.0±3.5	18.3	30.9	26.1±3.6	18.90	30.70	26.0±3.4	20.00	30.50	26.02±3.2
Medio I	17.6	30.4	25±3.5	18.3	31.7	25.8±3.7	18.90	30.70	25.6±3.6	19.50	30.70	25.6±3.3
Anular I	18.4	30.5	24.8±3.4	18.3	31.3	25.4±3.8	18.80	30.70	25.3±3.7	19.40	30.40	25.3±3.5
Meñique I	17.7	30.4	24.4±3.4	18.2	31.4	24.9±3.8	18.50	30.20	24.81±33.5	18.90	30.20	24.9±3.3

4.7 Temperatura media de las regiones de los dedos para ambos géneros, en la palma de la mano.

Tabla 4.7 Medias generales parte de la palma para ambos géneros minuto 0, 10, 15,20

	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo	Media
	0			10			15			20		
Pulgar D	19.30	29.70	24.98±2.9	18.60	30.50	25.6±3.3	20.10	30.50	25.8±3.1	20.00	29.20	25.6±2.8
Índice D	18.60	29.60	24.8±3.2	18.00	30.40	25.6±3.5	19.40	30.40	25.7±3.3	19.80	30.10	25.6±3.1
Medio D	18.90	29.90	25.169±3.3	18.50	30.00	25.6±3.6	18.90	30.60	25.6±3.5	19.40	30.20	25.6±3.3
Anular D	18.60	30.00	24.9±3.3	18.50	30.20	25.4±3.7	18.70	30.50	25.36±3.6	19.20	30.30	25.4±3.3
Meñique D	18.10	29.90	24.5±3.3	18.50	30.50	24.9±3.7	18.70	29.90	25±3.5	19.60	30.10	25±3.2
Pulgar I	19.60	30.30	25.67±2.9	19.10	31.80	26.74±3.2	20.60	30.90	26.8±2.9	20.90	30.00	26.75±2.6
Índice I	18.00	29.80	25 ±3.3	18.00	30.90	26.1±3.5	19.10	30.20	26.05±3.4	19.90	30.10	25.9±3.2
Medio I	18.00	29.60	25.1±3.2	18.10	30.90	25.6±3.5	19.10	30.20	25.6±3.4	19.60	29.70	25.5±3.2
Anular I	18.60	29.50	24.86±3.2	17.90	30.70	25.1±3.6	18.90	30.10	25.1±3.5	19.50	29.50	25.19±3.3
Meñique I	17.70	29.90	24.45±3.2	17.80	30.10	24.7±3.5	18.50	30.60	24.68±3.5	19.00	29.90	24.7±3.2

4.8 Temperatura de la región de los dedos dorsal género femenino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.

Cada una de las regiones de los dedos se contornearon y las máximas temperaturas registradas fueron para el dedo pulgar y así mismo la temperatura más alta en mano dominante la derecha (en todos los casos de los participantes). Del minuto 0 antes del movimiento repetitivo, a los 20 minutos que la mano ya se encuentra en reposo la temperatura aumenta gradualmente hasta lograr una diferencia de 1.4°C para en el dedo pulgar, para el dedo índice 1.3°C, para el medio 0.79°C, 0.83°C para el anular, y para el meñique 0.9°C esto para la mano derecha. Para la mano izquierda las diferencias del tiempo 0 a los 20 minutos son: para el dedo pulgar 1.6°C, para el dedo índice 1.6°C, para el dedo medio 1.1°C, para el dedo anular 1.53°C y para el meñique 0.9°C. Las temperaturas más altas son de los dedos

pulgar, índice, y medio, lo que indica que son los dedos con mayor movilidad en el trabajo repetitivo que se realizó ver tabla 4.8.

Tabla 4.8 Temperaturas a los 0,10,15 Y 20 minutos, género femenino parte dorsal

DEDO	0		10		15		20	
	D	I	D	I	D	I	D	I
PULGAR	24.3±2.8	23.7±2.7	25.1±3.38	24.8±3.3	25.4±3.02	25±2.9	25.7±3.1	25.3±2.8
INDICE	23±3.1	22.8±3.0	23.8±3.7	24.2±3.3	24.27±3.4	24.2±3.3	24.3±3.09	24.4±2.9
MEDIO	23.01±3.01	22.8±3.09	23.6±3.5	23.8±3.4	23.4±3.2	23.5±3.1	23.8±3.09	23.9±2.9
ANULAR	22.77±3	22.07±2.8	23.2±3.5	23.1±3.2	23.2±3.3	23.2±3.1	23.6±3.11	23.6±3.04
MEÑIQUE	22.3±2.8	22.5±2.8	22.7±3.2	22.8±3.2	22.8±2.9	23±2.9	23.2±2.8	23.4±2.9

4.9 Temperatura de la región de los dedos en la palma, género femenino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.

Para las regiones de los dedos en las palmas la temperatura es más baja que región de la parte dorsal de mano excepto la región de los dedos anular y meñique, en este caso contrario a la parte dorsal de la mano las temperaturas de los primeros tres dedos no se comportan más elevadas. Respecto a la temperatura inicial de los 0 minutos a los 20 las diferencias se muestran para el dedo pulgar 1.3°C, para el índice 1.4°C, para el medio 0.73°C, anular 0.76°C y meñique 1.1°C para la mano derecha. Para la mano izquierda para el dedo pulgar la diferencia es de 1.7°, para el índice 1.5°C, para el dedo medio 0.73°C. para el dedo anular 1°C y para el meñique es de 0.8°C ver tabla 4.9.

Tabla 4.9 Temperaturas a los 0,10,15 Y 20 minutos, género femenino parte palmar

DEDO	0		10		15		20	
	D	I	D	I	D	I	D	I
PULGAR	23.2±2.5	23.7±2.5	23.7±3.2	24.8±3.3	24.2±3.1	25.1±2.8	24.5±2.9	25.4±2.8
INDICE	22.87±2.9	22.9±3.0	23.7±3.5	24.3±3.5	24.12±3.4	24.1±3.3	24.2±3.1	24.4±3.1
MEDIO	23.27±3	23.07±2.9	23.7±3.5	23.6±3.3	23.6±3.3	23.6±3.2	24.01±3.1	23.8±3.05
ANULAR	23.14±3.1	22.5±2.8	23.5±3.6	23.03±3.1	23.4±3.3	23.1±3.1	23.9±3.3	23.5±3.1
MEÑIQUE	22.75±2.9	22.4±2.6	23.1±3.3	22.8±3.2	23.2±3.2	22.8±2.9	23.8±3.13	23.2±2.8

4.10 Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, género femenino a los 0,10, 15 y 20 minutos.

En el área de las muñecas las medias de la temperatura no se observa una diferencia significativa del minuto 0 al 20, el aumento de la temperatura fue de 0.3°C para el lado derecho y 0.4°C para el lado izquierdo, en la parte dorsal. En la parte palmar de la mano, la diferencia de temperaturas fue mayor del minuto 0 al 20 fue de 0.6 °C el lado derecho y el lado izquierdo 0.74°C. En la parte dorsal del antebrazo las diferencias del minuto 0 al 20 es de 0.01°C en el lado derecho, para el lado izquierdo 0.2 °C, las diferencias en el antebrazo no representan una diferencia muy pequeña. Para la parte palmar la diferencia fue de 0.6°C en el lado derecho y 0.26°C para el lado izquierdo. Un estudio realizado por C. Camargo evaluó la temperatura de la muñeca en trabajos altamente repetitivos en dos individuos diestros y sanos, las temperatura máxima alcanzada por la muñeca derecha fue de 35.078°C y en la izquierda 34.663°C, esto se realizó por un lapso de 2 horas con 42 minutos, lo que nos indica que las temperaturas pueden seguir elevándose con los movimientos repetitivos [90] ver tabla 4.10.

Tabla 4.10 Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, femenino

	Minutos	DERECHO		IZQUIERDO	
		Muñeca	Antebrazo	Muñeca	Antebrazo
DORSAL	0	27.4±1.6	28.23±1.1	27.2±1.7	27.8±1.3
	10	27.8±1.6	28.44±1.1	27.8±1.8	28.3±1.5
	15	28.04±1.2	28.5±0.9	27.9±1.3	28.3±1.2
	20	27.7±1.05	28.24±0.8	27.6±1.2	28±1.1
PALMAR	0	27.9±1.5	28.9±1.1	27.76±1.7	28.75±1.3
	10	28.6±1.8	29.08±1.3	28.8±2.1	29.1±1.6
	15	28.9±1.3	29.2±1.06	28.8±1.4	29.2±1.01
	20	28.5±1.3	28.9±1.95	28.5±1.4	29.01±0.96

4.11 Temperatura de la región de los dedos dorsal género masculino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.

Para el género masculino, los primeros dedos, pulgar índice y medio muestran las mayores temperaturas. La diferencia de la temperatura inicial a los 20 minutos de la mano dominante (derecha para todos los casos) es: para el dedo pulgar 0.7°C, para el dedo índice 0.7°C para el dedo índice es de 0.4°C, anular es de 0.24°C y para el meñique. Las diferencias para la mano izquierda son: 0.6°C en el dedo pulgar, índice 0.6°C, medio 0.44°C, para el dedo anular es de 0.4°C y para el meñique 0.18°C. De igual forma las áreas estudiadas son mayor en el género masculino, ver tabla 4.11.

Tabla 4.11 Temperaturas a los 0,10,15 Y 20 minutos, género masculino parte dorsal

DEDO	0		10		15		20	
	D	I	D	I	D	I	D	I
PULGAR	27.7±2.6	27.6±2.6	28.7±2.57	28.6±2.3	28.6±2.6	28.6±2.24	28.4±2.3	28.20±2.19
INDICE	26.6±2.9	26.8±2.9	27.9±3.08	27.8±3.05	27.5±2.8	27.7±3.7	27.3±2.7	27.40±2.8
MEDIO	26.5±3.1	26.8±2.9	27.7±3.1	27.6±3.2	27.2±3	27.4±3.1	26.9±2.9	27.24±3.01
ANULAR	26.16±2.9	26.5±3	27.4±3.1	27.37±3.4	26.9±3	27.14±3.3	26.4±3.04	26.9±3.2
MEÑIQUE	25.5±3.1	26.1±3	26.7±3.2	26.7±3.6	26.2±3	26.3±3.4	25.7±2.8	26.28±3.22

4.12 Temperatura de la región de los dedos en la palma, género masculino, a los 0,10, 15 y 20 minutos.

A diferencia de la parte dorsal de la mano, la parte izquierda mantiene las temperaturas más altas, tampoco existe mucha diferencia entre las diferentes temperaturas de los dedos. La diferencia entre la temperatura inicial y final de la mano derecha son: para el dedo pulgar 0.35°C, para el dedo índice 0.4°C, para el dedo medio 0.43°C, para el anular 0.4°C y para el meñique 0.22°C. Para el lado izquierdo las diferencias desde el minuto 0 al 20 son 0.6°C para el dedo pulgar, para el índice 0.6°C, para el dedo medio 0.36°C, dedo anular 0.2°C y para el meñique 0.1°C, manteniéndose más alta la última temperatura, sin embargo, estas diferencias son menores que de la parte dorsal ver tabla 4.12.

Tabla 4.12 Temperaturas a los 0,10,15 Y 20 minutos, género masculino parte palmar

DEDO	0		10		15		20	
	D	I	D	I	D	I	D	I
PULGAR	26.35±2.5	27.3±2.3	27.2±2.5	28.4±2.14	27.2±2.5	28.4±1.8	26.7±2.3	27.9±1.8
INDICE	26.4±2.7	26.7±2.7	27.3±2.7	27.7±2.7	27.2±2.5	27.7±2.6	26.8±2.6	27.3±2.7
MEDIO	26.6±2.8	26.7±2.6	27.3±2.9	27.3±2.8	27.2±2.9	27.3±2.7	27.03±2.7	27.06±2.7
ANULAR	26.4±2.7	26.4±2.6	27.1±3	27.02±3.0	27±3.07	26.9±2.9	26.8±2.9	26.6±2.8
MEÑIQUE	26.02±2.9	26.1±2.7	26.5±3.3	26.31±3	26.48±3.1	26.2±3.2	26.24±3.05	26±3.1

4.13 Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, género masculino a los 0,10, 15 y 20 minutos.

La diferencia de las temperaturas media de la muñeca dorsal derecho, de 0 a los 20 minutos es de 0.1°C, para el lado izquierdo es de 0.2°C. La diferencia de medias de la muñeca del lado palmar derecho es de 0.3°C y para el lado izquierdo es de 0.4°C. Las diferencias en los

antebrazos no son significativas en el lado derecho dorsal, la temperatura es la misma, del lado palmar la diferencia es 0.4°C. Del lado izquierdo dorsal la diferencia es de 0.1°C y palmar es de 0.1 °C ver en la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Temperatura de la región de la muñeca y del antebrazo, masculino

	Minutos	DERECHO		IZQUIERDO	
		Muñeca	Antebrazo	Muñeca	Antebrazo
DORSAL	0	28.6±2.2	28.9±1.4	28.86±2.2	29±1.3
	10	29.3±1.7	29.5±1.37	29.6±1.6	29.65±1.2
	15	29.16±1.6	29.3±1.32	29.51±1.5	29.48±1.2
	20	28.71±1.5	28.9±1.2	29.01±1.4	29±1.19
PALMAR	0	29.2±2.1	29.8±1.5	29.3±1.9	29.9±1.3
	10	30.1±1.8	30.5±1.3	30.3±1.6	30.6±1.3
	15	29.9±1.7	30.5±1.3	30.2±1.4	30.5±1.2
	20	29.5±1.5	30±1.3	29.76±1.3	30.08±1.1

4.14 Diferencias simétricas

Para obtener las diferencias simétricas entre regiones de la mano se obtuvo la diferencia de la mano derecha(dominante) menos la mano izquierda. Para esta investigación se consideró la asimetría como un factor importante en el comportamiento de cambios de temperatura de la piel. Según varios investigadores entre ellos Vardasca [91], asegura que la asimetría térmica es un indicador de un problema [21], [91],[92],[93]. Al existir una diferencia que supera los 0.5°C entre ambos lados del cuerpo es un indicativo de una patología subyacente [19]. En este estudio se analizará si las asimetrías tienen un aumento en la mano dominante después del trabajo repetitivo.

4.15 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 0 minutos.

Se consideraron asimetrías que fueran superiores a los 0.5°C según Kuwahara [19], estas son un signo de una patología. En el género femenino se observó que un 61% de las participantes

mostraban asimetrías térmicas en el dedo pulgar, un 44% mostraron asimetrías relevantes en el dedo índice, del dedo medio 38%, anular 33%, 44% meñique, de la muñeca 33% y 33% del antebrazo. Se puede observar que las personas que presentan asimetrías la presentan en la mayoría de la región de la mano. Para el género masculino 47.6% de los participantes presentan diferencias asimétricas mayores a 0.5°C en el dedo pulgar, 23.8% de asimetrías en el dedo índice, 33.3% de los participantes presentan asimetrías en el dedo medio, 47.6% del dedo anular, 66.6% en el dedo meñique, en la muñeca 42.8% y un 23.8% en el antebrazo ver tabla 4.14.

Tabla 4.14 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 0 minutos.

GÉNERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	0.5	-0.1	0.4	-0.4	0	0.8	0.5
	0.2	-0.6	-0.8	-1.1	-0.8	0.5	1.1
	1.1	-0.2	0	0	0.3	1.8	1.7
	0	0.3	0.2	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3
	0.3	0.3	-0.2	0	-0.3	0.2	0
	0.4	0	0.2	0.3	-0.4	0.2	0.3
	1.5	0.6	1.8	-0.3	0.1	0.2	0.1
	1.2	0.3	-0.5	0.1	-1.1	0	0.4
	0.8	0.6	0.3	0.4	-0.3	0.1	-0.2
	0	0.2	0.2	0.3	0	0.8	1.1
	1.1	1.3	0.9	0.9	1.1	-0.2	0.3
	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0	0.3
	0.9	1	0.7	1.3	0.6	0.4	-0.3
	0.3	-0.4	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7
	1.2	0.2	0.1	-0.2	0	-0.2	-0.2
HOMBRES	0.5	0.5	-0.5	-0.2	-0.8	-0.2	-0.2
	1.2	-1.1	-0.5	-0.7	-1.5	-0.3	0.5
	1.5	0.9	0.1	1.9	0.7	1	0.4
	0.7	-0.2	-0.3	-0.9	-0.5	-0.6	-0.1
	-0.9	-0.6	-2	-1.6	-2.1	-0.1	-0.2
	0.5	-0.3	-0.2	-0.6	-0.3	-0.4	-0.2
	0.4	-0.2	-0.2	0.2	-0.5	-0.3	0.6
	-0.1	-0.3	-0.1	-0.7	-0.8	0.1	0.1
	-0.5	0.1	-0.7	-1.2	-0.9	-0.4	0.4
	0.6	-0.1	0.3	-0.1	0.6	0.3	0.6
0.6	0.9	-1.1	-1.2	-1.1	0.6	0	

-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.5	-0.9
-0.1	-0.4	-0.6	-0.5	-1.7	-0.2	0.3
-0.3	-0.4	0.1	-1	-0.9	0.5	0.1
0.2	-0.8	-1.3	0.5	-0.9	-1.2	0
-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.2	0
0.4	-0.8	-1.5	-1.8	-1.3	-0.2	0
1.3	0.1	-0.1	0.3	-0.2	-0.1	-0.1
-0.1	-0.6	-0.3	-1	-0.8	-0.6	-0.6
-0.3	-0.1	1	0.7	0.6	-0.9	-1
0	-0.2	0.1	-0.8	-0.8	-0.7	-1
0.8	0.1	0.8	0.4	0.1	-0.8	0.1
0.1	0.1	-0.1	0.1	0.6	-0.7	-0.5
1	0.3	-0.1	1.4	0.8	0.6	-0.1

4.16 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 10 minutos.

Para el género femenino el 77% presenta diferencias asimétricas significativas en el dedo pulgar, el 72% en el dedo índice, el 38% en el dedo medio, el 44% en el dedo anular, el 44% en el dedo meñique, en la muñeca un 50% y en el antebrazo un 55%, las asimetrías aumentaron después de iniciada la actividad repetitiva en el género femenino. Para el género masculino un 42.8% de los participantes presentaron diferencias asimétricas significativas en el dedo pulgar, el 57.1% de los participantes presentaron diferencias significativas en el dedo índice, el 66.6% en el dedo medio, el 66.6% en el dedo anular, el 80.9% en el dedo meñique, el 52.3% en la muñeca y el 33.3% en el antebrazo ver tabla 4.15.

Tabla 4.15 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 10 minutos.

GÉNERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	0.5	2.8	1.6	2.6	1.4	0	-0.4
	-1	-1.2	-0.8	-0.2	-0.3	0.4	1.1
	1.2	-0.6	-0.3	0.1	0.2	1.5	1.5
	-0.1	-0.9	-1.1	-1	-0.7	-0.6	0
	-1.4	-2.1	-1	-0.9	-1.2	0.3	1.2
	0.5	-0.2	0.1	-0.1	0.1	0	0.7
	1	0.5	-0.4	0.9	0.8	-0.7	0.3
	0	-0.8	-0.2	-0.7	-1.8	0.1	-0.2
	0.8	0.8	0.4	0.2	0	0.1	-0.5
	0.3	0	-0.3	-0.3	-0.4	0.9	0.5
	1.2	-0.2	1.1	1.7	2.1	-0.5	-0.4
	0.5	-0.3	-0.3	-0.1	-0.4	-0.6	-0.7
	-0.3	-0.8	-0.8	0.7	-1.1	-0.2	-0.8
	-0.6	-1	-0.3	-0.1	-0.4	0.8	0.5
	1	-0.1	0.3	0.3	0.1	-1	-1.6
	0.7	-0.9	-0.3	0	-1	-0.4	-0.3
	0.5	-1.3	-0.7	-1.4	0.1	-0.2	0.4
	1.3	0.8	-0.2	-0.2	0.2	-0.8	-0.4
	-0.5	0.5	-0.7	0.2	-0.2	0	-0.1
	-2.2	-3.1	-2.9	-3.5	-3.2	-0.3	0
0.3	-0.5	-0.9	-0.3	-1.8	-0.3	0	
0.4	0.4	-0.5	-1.4	-1.5	0.1	0.3	
-0.2	0.5	-0.4	-1.7	-1.1	0.1	0.1	
0.8	0.4	-1	-0.8	-0.6	-1.3	0	
1.9	1.1	1	0.4	-0.6	1.8	1.7	
0.4	0.1	0	0	-0.5	0.6	0.3	
0.7	0	-0.6	-0.7	-0.2	-0.3	0.4	
0.2	-0.4	0	-1.5	-2.5	-0.7	-0.4	
-0.5	-0.6	-0.8	-1.3	-0.7	0	0.3	
0	-1.2	-0.5	-0.7	-0.7	-1.5	-0.6	
0.2	-0.7	-0.6	-1.4	-1.7	-0.7	-0.2	
0.3	-0.6	-0.9	-1.5	-2.8	-0.1	0.7	
0.2	0.6	-0.1	-0.1	0	-0.6	-0.6	
0.3	-0.4	-0.7	-0.6	-0.9	-0.7	0	
-0.2	-0.3	0.5	0.9	0.5	-0.6	-1.2	
-1.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	
-0.2	-0.8	-0.7	-1.2	-0.7	-0.8	-1.2	
0.8	-0.3	0.2	0.1	0.5	-1.3	-0.8	
0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	-0.1	

4.17 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 15 minutos.

Para el género femenino las diferencias asimétricas significativas fueron las siguientes: 61% de la muestra presento asimetrías en el dedo pulgar, el 33% en el dedo índice, el 38% en el dedo medio, el dedo anular el 22%, el dedo meñique 55%, 33% en la muñeca y 50% en el antebrazo. Para el género masculino un 47.6% presentaron asimetrías relevantes en el dedo pulgar, un 52.3% en el dedo índice, un 47.6% en el dedo medio, un 66.6% en el dedo anular, un 57.1% en el dedo meñique. Para la muñeca 33.3% y un 38% para el antebrazo ver tabla 4.16.

Tabla 4.16 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 15 minutos.

GENERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	1.6	1.4	1.5	2	0.9	0.2	-0.9
	0	0.5	0.2	1.2	0.6	0	0.3
	0.2	-0.6	-0.8	-0.4	-0.6	0.8	0.7
	0	-0.4	-0.5	-0.9	-0.9	-0.2	0.3
	0.9	0.6	0	-0.3	-0.2	0.5	0.8
	1.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6
	0.7	0.3	0.8	0.3	0.3	0	0.5
	0.8	-0.3	-0.1	0	1	0.5	0.4
	0.9	0.4	0.1	-0.1	0.4	-0.3	-0.2
	-0.5	0.2	0	0	0.2	0.4	0.8
	0.6	-0.3	0	0.2	0.7	-0.1	0
	0.1	-0.8	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.2
	0.1	-0.2	-1.2	0.2	-2.3	-0.2	-0.3
	0	-0.4	-0.5	-1.4	-0.5	0.9	0.6
	0.5	0.1	-0.1	-0.1	0	-1	-0.5
	0.6	-0.3	-0.5	0.4	-0.9	0.1	-0.1
	0.2	-0.5	-0.4	-0.3	-1.5	-0.4	0.5
	1.2	0.3	-0.2	-0.3	0.1	0	-0.2
	0.1	0.5	0.4	0.5	-0.2	0	-0.1
	HOMBRES	0.3	0.6	-0.2	-0.2	-1.4	0
-0.2		-0.7	-1	-0.6	-0.7	-0.3	-0.4
0.2		-0.2	-0.6	-1	-0.2	-0.2	0.4
0.8		1.4	1	0.3	-0.1	0	-0.1
-0.6		-0.3	-0.4	-0.6	-0.4	-1.2	-0.3
1.5		0.8	1.4	-0.5	-0.8	1.1	1.3
0.9		-0.1	-0.4	-0.3	0.1	0	0.1
-0.7		-0.3	-0.1	-0.5	-0.2	-0.4	0.2
-0.6		-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.2	-0.7
0.4		-0.5	-0.6	-1.1	-1	-0.2	0.5
-4		-2.8	-0.4	2.9	4.3	-0.9	-0.9
-0.2		-1.1	-1	-1.5	-1.1	-0.1	0.2
0.4		-0.6	-1	-1.5	-2.8	0	-0.1
1		0.3	0.2	-0.3	0	-0.3	-0.2
0.7		-0.7	-0.9	-1.3	-1.2	-0.4	0.4
-0.1		0.3	1	0.8	0.7	-1	-1.2
-0.3		0	-0.2	0	-0.1	-1.3	-1.1
0.9		0.4	-0.2	-0.2	0.2	-1	-0.5
-0.3		0.1	0.3	0.3	0.5	-1.2	-1
0.8		-0.2	0.1	0.9	1.3	0.2	0.4

4.18 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 20 minutos.

A los 20 minutos el porcentaje de participantes del género femenino disminuyó respecto a sus asimetrías relevantes, un 44.4% presentó asimetrías en el dedo pulgar, para el dedo índice un 38.8%, para el dedo medio un 27.7%, para el anular 44.4%, 66.6% para el dedo meñique, se encontraron asimetrías relevantes en un 44.4% en la muñeca y un 50% en el antebrazo. Para el género masculino los porcentajes de personas que presentaron asimetrías relevantes son: 52.3% en el dedo pulgar, 57.1% para el dedo índice, 21.4% para el dedo medio, 76.1% para el dedo anular, 76.1% para el dedo meñique y 38% para la muñeca y 28.5% para el antebrazo. Los porcentajes de asimetría disminuyeron después de 10 minutos de reposo, ver tabla 4.17.

Tabla 4.17 Diferencias simétricas de la parte dorsal de la mano, a los 20 minutos

GENERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	1.7	1.8	2.4	3.2	0.8	0.1	-0.8
	0.6	0.2	0.2	0.6	0.1	0.5	0.5
	0.3	-0.3	-0.1	-0.4	-0.2	1.2	0.9
	-0.2	-0.4	-0.4	-0.8	-0.5	-0.5	-0.1
	-0.2	-0.8	-0.5	1	1.8	0.4	0
	1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.8
	0.4	0.4	0	0	-0.5	0.4	0.7
	1.4	-0.2	-0.3	-1.1	0.6	0.4	0.4
	0.2	-0.7	0	-0.4	-1.1	0	0.1
	-0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.4
	0.8	-0.5	-0.9	-1	-1.2	-0.1	0
	-0.4	-0.5	-0.3	0	-0.3	-0.8	-0.5
	-0.2	-0.6	-0.6	0.1	-1.6	-0.1	-0.5
	-0.8	-0.8	-0.9	-1.5	-0.8	1.1	0.6
	-0.2	0.3	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9	-0.4
	0.9	-0.1	-0.1	0.3	-0.1	-0.3	-0.3
	1.7	0	0.4	0	-1	-0.5	-0.2
	0.4	0.4	-0.3	0.1	0.1	0	-0.5
	1.3	0.4	-0.2	-0.6	-0.3	-0.4	-0.3
	HOMBRES	-0.8	-0.6	-1.2	-0.9	-2.1	0.7
-0.2		-0.7	-1	-0.6	-0.7	-0.3	-0.4
0.5		0.5	0	-0.8	-1.1	-0.1	0.3
0.4		0.9	0.3	-0.4	0.5	0.3	-0.2
-0.6		0.2	-1.1	-0.9	-0.2	-1.3	0
1		1.1	0.7	0.4	-0.4	0.7	0.8
0.4		0.5	0.5	-0.9	-0.7	-0.3	-0.1
0		-0.4	-0.5	-0.5	-0.2	-0.9	0.3
-0.8		-0.3	-1.2	-1.1	-2.2	-0.5	0.2
0		-1.6	-1.2	-0.8	-0.9	-0.1	0.4
0.4		-0.7	-0.5	0.2	0.7	-0.2	-0.3
0.6		-1.2	-1.3	-2	-1.8	-0.2	-0.2
0.3		-0.8	-1	-0.9	-1.4	-0.4	0.2
0.8		0.8	-0.2	0.2	-0.5	-0.5	-0.5
-0.4		-0.3	0.7	-0.7	-0.8	0.2	0.2
0.6		-0.2	-1.4	-1.6	-1.7	-0.3	-0.2
-1.1		0.3	-0.3	-0.4	-0.2	-1.4	-1.6
0.1		-0.5	0.7	0.7	0.9	-0.3	-0.5
0.4		0.3	1.1	1	0.8	-1.2	-1
1.1		0.1	0	1	1	0.1	-0.2

4.19 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 0 minutos.

En la parte de la palma para el género femenino las diferencias asimétricas significativas fueron las siguientes: 61% de la muestra presento asimetrías en el dedo pulgar, el 44.4% en el dedo índice, el 33.3% en el dedo medio, el dedo anular el 27.7%, el dedo meñique 22.2%, 16.6% en la muñeca y 27.7% en el antebrazo. Para el género masculino un 80.9% presentaron asimetrías relevantes en el dedo pulgar, un 47.6% en el dedo índice, un 61.9% en el dedo medio, un 57.1% en el dedo anular, un 47.6% en el dedo meñique. Para la muñeca 23.8% y un 14.28 % para el antebrazo ver tabla 4.18.

Tabla 4.18 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 0 minutos.

	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	-1.2	-0.6	-0.1	0.7	2.1	0.3	0.2
	-1.7	-0.8	-0.3	0.1	0.2	0.5	0.1
	-0.7	-0.4	0	0.5	0.3	1.4	1.3
	-0.8	-0.2	-0.2	-0.6	-0.1	0	-0.3
	-0.3	-0.1	0	0.1	0	0.4	-0.1
	-0.4	-0.1	0.3	0	0.2	0.1	0
	1.1	0.8	1.6	-0.2	0.4	0.5	0.3
	-1	-0.5	0.8	0.2	0	-0.1	0.1
	-0.6	-0.2	0.4	0.5	0.2	-0.3	-0.3
	-0.2	-0.8	-0.5	0	0.1	0.7	0.8
	0.4	0.8	0.7	1	1.4	0.2	-0.3
	-1	0	-0.2	-0.3	-0.2	-0.3	0.5
	-0.2	0.3	0.4	1.2	0.4	0.3	-0.2
	-0.4	0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.6
	-0.8	0.6	0.5	0.3	0.5	-0.2	0.1
	-0.6	-0.3	-0.3	-0.1	0.1	0	-0.5
	1.3	-0.5	-0.1	-0.2	0.1	-0.2	0.3
	0.3	0.3	0.6	0.1	0.7	0.3	0.1
	-1.3	-0.8	0	0.1	0.2	0	0.1
	-1.8	-1.4	-1.8	-1.1	-1.4	-1.1	0.3
-0.6	-0.4	0	-0.1	-0.6	0	0.1	
-0.2	0.7	1	0.5	0.6	0.2	-0.3	
-1.2	-0.5	-0.4	0	0.8	0.1	0.4	
-1.4	-0.3	-0.8	-1	0.2	-0.7	0	
-0.9	0.1	0.8	1	0.8	1	0.4	
-1.6	-0.6	-0.7	-0.5	-0.9	0.2	-0.1	
-1.6	-0.5	-0.5	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	
-0.8	-0.4	-0.1	-0.8	0.2	-0.1	-0.3	
-1.2	-0.3	-0.6	-0.6	0	0.3	-0.1	
-0.1	-0.5	-1.1	0.4	-1.1	-1.5	-0.8	
-1.1	-0.6	-0.3	-0.3	-0.4	0.3	-0.3	
-1.2	-0.7	-0.5	-0.2	-1.1	-0.5	0	
-0.6	0.4	0.2	0	0.3	0.2	0	
-1	-0.3	0.2	0.5	0	-0.3	-0.3	
-0.8	-0.3	0.6	0.6	0.3	-0.2	-0.3	
-2.9	-0.3	0	-0.5	0	-1.5	-0.8	
-0.4	-0.9	1.8	0.7	0.5	0.2	-0.3	
0	-0.4	-0.5	0.2	-0.4	0.3	-0.3	
0.7	0.4	1	1.3	0.6	0	0.2	

4.20 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 10 minutos.

Para el género femenino se observó que un 77.7% de las participantes mostraban asimetrías térmicas en el dedo pulgar, un 55% mostraron asimetrías relevantes en el dedo índice, del dedo medio 50%, anular 61%, 38.8% meñique, de la muñeca 44.4% y 33.3% del antebrazo. Se puede observar que las personas que presentan asimetrías la presentan en la mayoría de la región de la mano. Para el género masculino el 100% de los participantes presentaron diferencias asimétricas mayores a 0.5°C en el dedo pulgar, 52.3% de asimetrías en el dedo índice, 42.8% de los participantes presentan asimetrías en el dedo medio, 38% del dedo anular, 42.8% en el dedo meñique, en la muñeca 38% y un 33.3% en el antebrazo ver tabla 4.19.

Tabla 4.19 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 10 minutos.

GENERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	0.4	1.6	1	1.5	1.5	0.3	0
	-3.6	-2.1	-0.3	-0.2	0.4	-0.5	-0.6
	-1.3	-0.7	-0.1	0.5	0.6	0.7	1
	-2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.2	-0.2	-0.3
	-1.4	-2.1	-1	-0.9	-1.2	0.3	1.2
	-0.5	0	0.4	0.6	0.7	0.9	0.1
	-0.1	0.2	0.7	1.8	-0.2	-0.2	0.1
	-2.1	-0.9	0.1	0.7	-0.3	0.1	0.4
	0	0.6	0.5	0	-0.1	0.1	-0.4
	-0.5	-0.1	0	-0.1	-0.1	0.4	0.1
	-0.4	-0.2	0.9	2.4	2	-0.3	-0.5
	-0.6	-0.4	-0.5	-0.3	0	-1.2	-0.3
	-1.6	-1.2	-0.8	0.5	-0.3	-0.4	-0.5
	-1.5	-0.8	0.9	0.9	1.2	-1.1	0.1
	-1.4	-0.3	0.2	0.4	0	-0.5	-0.9
	-2.3	-1.2	0.2	0.9	0.7	-0.2	0.1
	-0.7	-2	-1.3	-0.1	0.2	-0.9	0.1
	-0.5	0.5	-0.4	0.3	0.3	-0.6	-0.4
	-1.3	0.2	-1	-0.6	1.3	-0.1	0.3
	-0.8	-0.3	0.3	0.3	0.8	-0.3	0
-2	-1.8	-0.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	
-0.7	-0.1	0.2	0.2	0.9	0.2	-0.2	
-0.5	0.5	0.4	0.5	0.2	-0.2	-0.1	
-1.2	-0.5	-0.3	0.1	0	-1.1	-0.9	
1.1	1.2	1	1.7	2	1.5	1.2	
-1.4	0	-1	0.8	0	-0.2	0.3	
-2.7	-0.3	0	-0.2	-0.3	-0.5	0.2	
-1.7	-0.1	0.4	0.2	0.3	-0.6	-0.2	
-1.5	-0.8	-0.5	0.8	0.2	0.1	0	
-1.6	-1.7	-0.6	-0.3	0	0.5	0.7	
-1.5	-0.5	-0.6	-1.4	-1	0	-0.4	
-1.1	-0.4	-0.7	-1.2	-0.5	-0.1	0.9	
-0.7	0	0.4	0.1	-0.1	-0.5	-0.1	
-1	-0.2	0.4	0.3	0.7	-0.5	-0.3	
-0.5	-0.8	0.3	0	0.2	0.4	0	
-3.2	-0.6	-0.3	0.1	-0.1	-3	-1.5	
-1.6	-1.3	0	-0.2	0.5	-0.5	-0.5	
-1.2	-0.6	0	0.4	0.4	0.3	-0.5	
0.5	-0.1	1.3	0.8	0.6	0.1	0.2	

5.18 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 15 minutos.

Para el género femenino las diferencias asimétricas significativas fueron las siguientes: 83.3% de la muestra presento asimetrías en el dedo pulgar, el 44.4% en el dedo índice, el 33.3% en el dedo medio, el dedo anular el 50%, el dedo meñique 66.6%, 27.7% en la muñeca y 22.2% en el antebrazo. Para el género masculino un 58.7% presentaron asimetrías relevantes en el dedo pulgar, un 52.3% en el dedo índice, dedo medio, anular y meñique. Para la muñeca 47.6% y un 14.28% para el antebrazo ver tabla 4.20.

Tabla 4.20 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 15 minutos

GENERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZ O
MUJERES	-0.7	1	0.9	1.1	1.3	-0.1	0
	-0.9	-0.5	0.3	1.2	1.7	0.5	0.1
	-2.6	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	0.1	0.1
	-1	-0.4	-0.7	-0.7	-0.8	-0.1	-0.5
	-1.1	0.1	0.3	0	0.2	0.6	0.3
	-0.3	0.5	0.2	0.3	0.6	0.8	-0.3
	-0.3	0.8	0.6	1.6	1.1	0.4	0.3
	-0.7	-0.3	0.2	1.1	1.4	0	0.4
	-0.7	0.4	0.3	-0.1	0	-0.4	0.2
	-0.9	-0.1	0.2	0.3	0.5	0.3	0.1
	-1	-0.6	0	0.3	0.6	-0.2	-0.1
	-1.5	-0.5	-0.2	-0.2	0.1	-0.7	-0.7
	-0.6	0.3	-0.9	0.4	-1.2	-0.2	-0.2
	-1.4	-0.4	0	-0.5	0	-0.2	0.3
	-0.8	0.1	0.4	0.4	0.4	-0.6	-0.7
	-1.2	-0.1	-0.2	-1	1	0.3	0.3
	0.5	-0.4	0.4	0.8	0.4	-0.2	-0.1
	0	0.6	1	1.2	1.5	-0.1	-0.9
	-0.6	0	0	-0.2	0.6	-0.2	0
	-1.9	-0.8	-0.2	-1	-1.4	-0.6	0.5
-0.9	-0.8	-0.6	-0.5	-0.1	-0.3	-0.3	
-0.9	0	0.5	1.4	0.8	0.3	-0.4	
-0.8	0.2	1	0.9	0.7	0	-0.3	
-1.6	-0.9	-0.8	-0.6	-0.2	-1.1	0	
0.5	0.5	0.1	0.5	1.1	1.4	0.8	
-1.2	-0.1	-0.7	0	0.4	-0.6	-0.4	
-3.2	-0.4	-0.8	-0.4	-0.1	-0.6	-0.1	
-0.9	-0.8	0.1	-0.3	-0.7	-0.4	0.2	
-0.8	-1.6	-0.4	-0.1	0.8	0.3	0.2	
-1.4	-0.3	-0.1	0.7	1.8	0.3	0.3	
-2.2	-1.6	-1.6	-1.1	-0.8	-0.6	-0.2	
-1.8	-1.5	-0.9	-0.1	-0.8	-0.6	0.1	
-1.3	0	0.1	-0.3	0.1	-0.7	-0.2	
-1.3	-0.6	-0.4	1.1	0	-0.1	0	
-0.1	-0.2	0	0.6	0.4	0.1	-0.3	
-3.2	0	-0.5	-0.2	0	-2.2	-1.3	
0.1	-0.5	0.8	0.4	0.2	-0.1	0	
-0.6	-0.3	0.4	0.1	0.2	0.6	0.1	
0.2	-0.6	0.9	1.1	1.1	0.3	0	

4.21 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 20 minutos

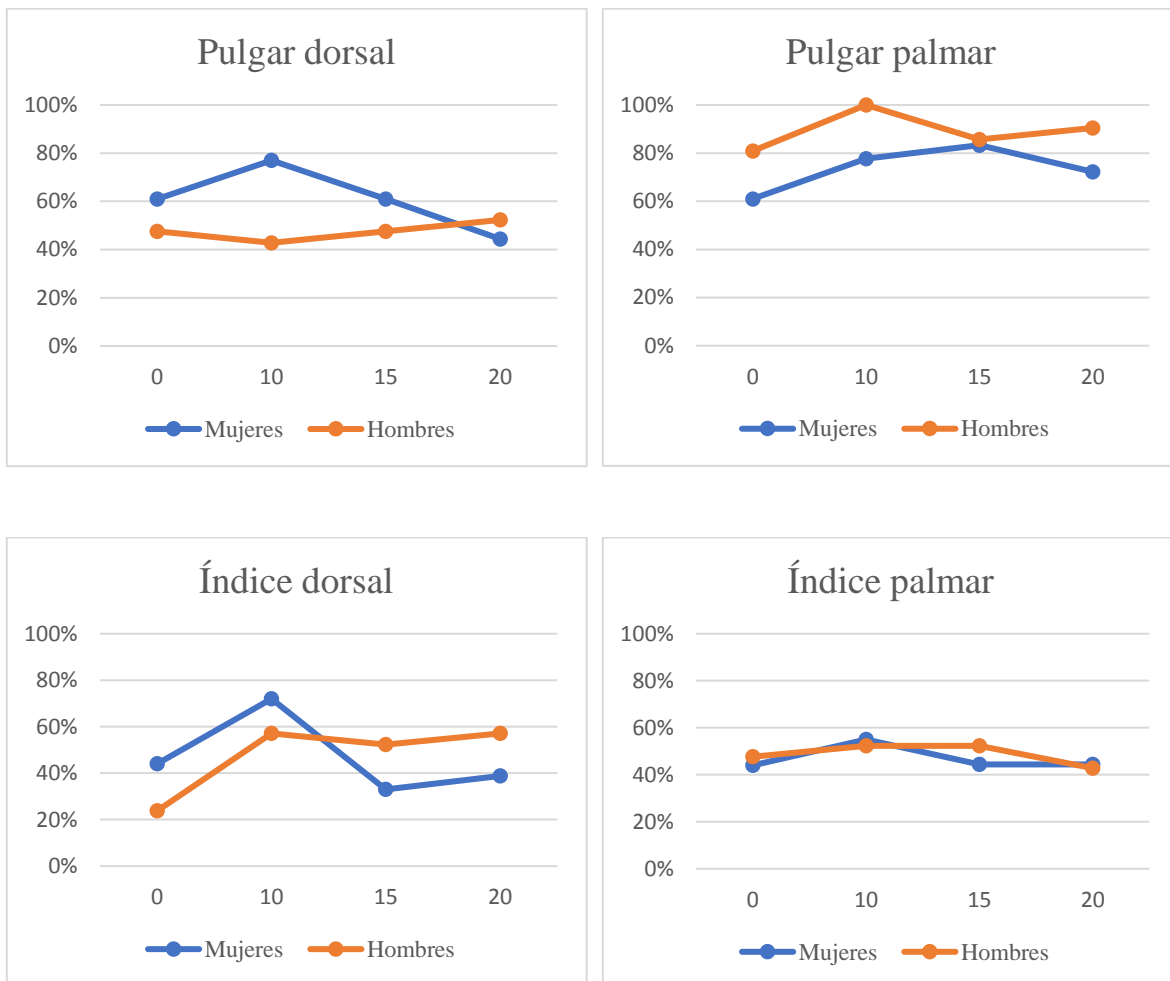
El porcentaje de participantes del género femenino disminuyó respecto a sus asimetrías relevantes de los 5 minutos anteriores, un 72.2% presentó asimetrías en el dedo pulgar, para el dedo índice un 44.4%, para el dedo medio un 38.8%, para el anular 44.4%, para el dedo meñique 55%, se encontraron asimetrías relevantes en un 16.6% en la muñeca y un 22.2% en el antebrazo. Para el género masculino algunos de los porcentajes aumentaron las asimetrías relevantes son: 90.4% en el dedo pulgar, 42.8% para el dedo índice, 57.1% para el dedo medio, 52.3% para el dedo anular, 42.8% para el dedo meñique y 52.3% para la muñeca y 28.5% para el antebrazo ver tabla 4.21.

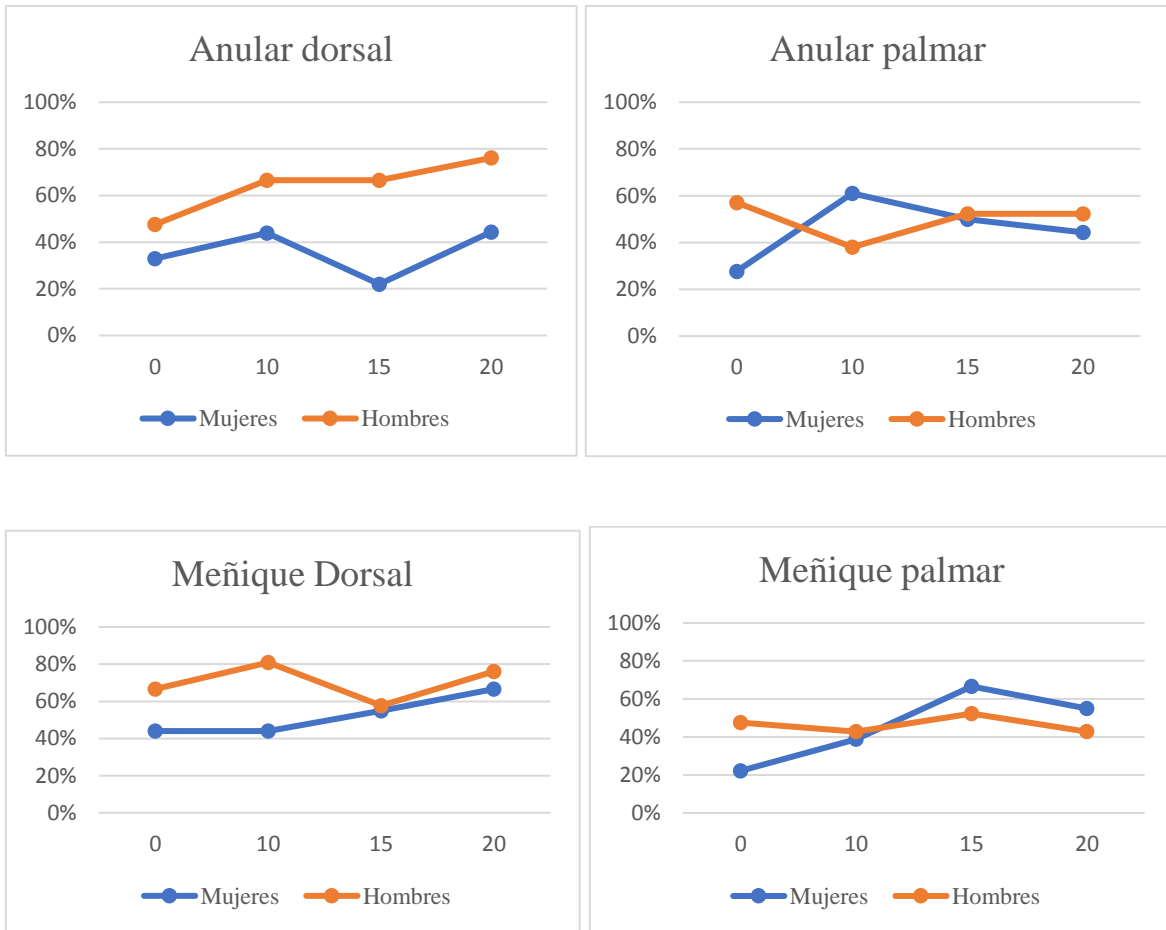
Tabla 4.21 Diferencias simétricas de la parte de la palma, a los 20 minutos.

GENERO	PULGAR	ÍNDICE	MEDIO	ANULAR	MEÑIQUE	MUÑECA	ANTEBRAZO
MUJERES	0.3	1.7	1.9	1.8	2.1	0.3	0
	-0.3	0	1	1.8	1.7	0.4	0
	-1.7	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	0.4	0.7
	-1.1	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1
	-1.3	0	0.5	1.2	1.4	0.5	-0.5
	0.1	0.2	0.3	0.3	1	0.6	0
	0.9	0.3	0.9	0.9	1.4	0.1	0
	-1.9	-0.2	0.1	0.2	1.1	-0.1	-0.2
	-1.7	-0.6	-0.3	-0.1	-0.4	-0.4	-0.1
	-0.2	0	0.5	0.8	0.8	0.3	0
	-1.1	-1.1	-1.1	0.3	0.9	0.3	-0.1
	-1.2	-0.3	-0.4	-0.2	0.2	-1.3	-0.8
	-1.9	-0.5	-0.3	0	-1	-0.3	0.1
	-2.2	-0.8	0.3	-0.4	0.2	0	0.4
	-1.7	-0.4	-0.7	-0.6	-0.1	0.1	-0.7
	-1.3	-0.9	0.4	0.5	1.3	-0.1	0.3
	0.2	-0.6	-0.2	0.9	-0.1	-0.3	0
	-1.3	-0.2	0	0.1	0.4	-0.1	-0.1
	-0.5	0.5	0.5	0.3	0.6	-0.4	-0.1
	-1.5	-1.7	-1.8	-1.1	-1.7	-0.9	0.5
-1	-0.5	-0.4	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	
-1.1	-0.1	0.6	0.8	0.4	0	-0.7	
-0.8	-0.1	0.6	0.6	1.1	0.1	-0.1	
-1.1	-0.3	-0.8	-0.6	0.4	-0.5	-0.2	
-0.3	1.1	1.5	1	1.5	0.9	1	
-1.3	-0.6	-0.3	-0.2	0.7	-0.2	-0.3	
-3	-0.2	0	0.1	0.3	-1	-0.4	
-1	-1.8	-0.1	-0.3	-0.1	-0.5	-0.2	
-1.3	-1.2	-0.6	-0.2	-0.3	0.2	0.2	
-0.7	-0.7	0	1.2	1.6	0.8	0.5	
-1.6	-1.8	-0.9	-0.6	-0.3	-0.4	0	
-2	-0.2	-0.5	-0.3	0	-0.6	-0.1	
-0.6	0.3	0.1	0	0	-0.6	0.1	
-1.1	-0.9	0.5	0.8	0	-0.2	-0.1	
-1.2	0.1	0.1	0.4	-1.1	0.5	0.1	
-3.3	0.2	-0.3	-0.2	0.3	-2.2	-1	
-0.5	-0.5	0.6	0.9	0.2	-0.6	0	
-0.9	-0.2	0.2	0.6	0.5	0.1	0.2	
-0.1	-0.2	0.5	1	0.7	0.3	0.6	
HOMBRES							

4.22 Comparación grafica de la parte dorsal de la mano con la palma.

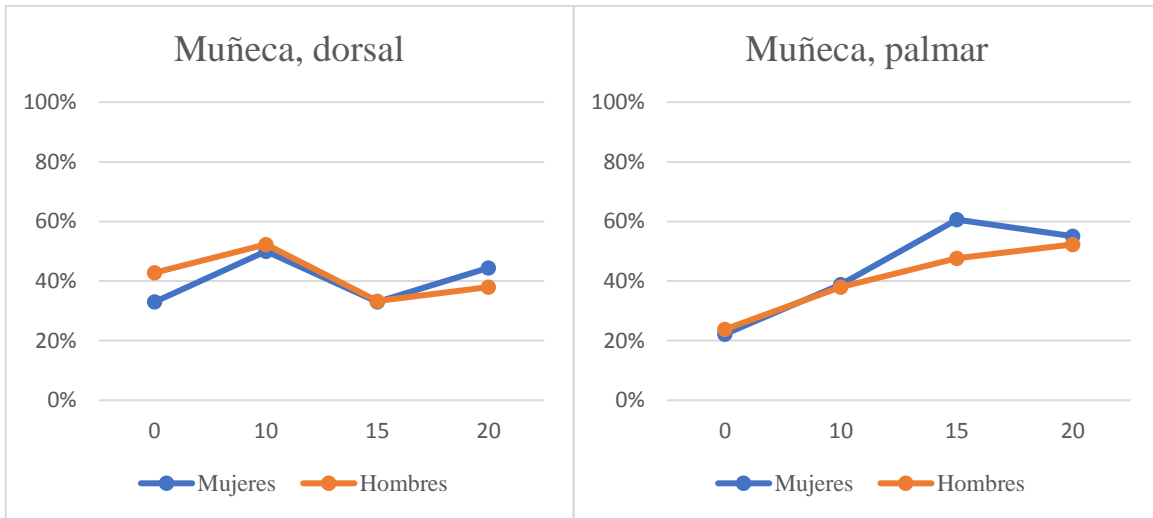
En los gráficos se puede observar comparación entre los porcentajes de asimetría presentados en cada región de la mano. Entre la parte dorsal y palmar de la mano, así mismo las diferencias entre hombre y mujer. En el pulgar una mayor parte de las mujeres presentan asimetrías a los 10 minutos se presenta el punto más alto, para el género masculino en dedo anular a los 20 minutos y el meñique presentan los puntos de asimetría más altos a los 10 minutos. El comportamiento de la parte dorsal a palmar no existe una diferencia significativa entre ambos lados Ver gráfica 4.1.



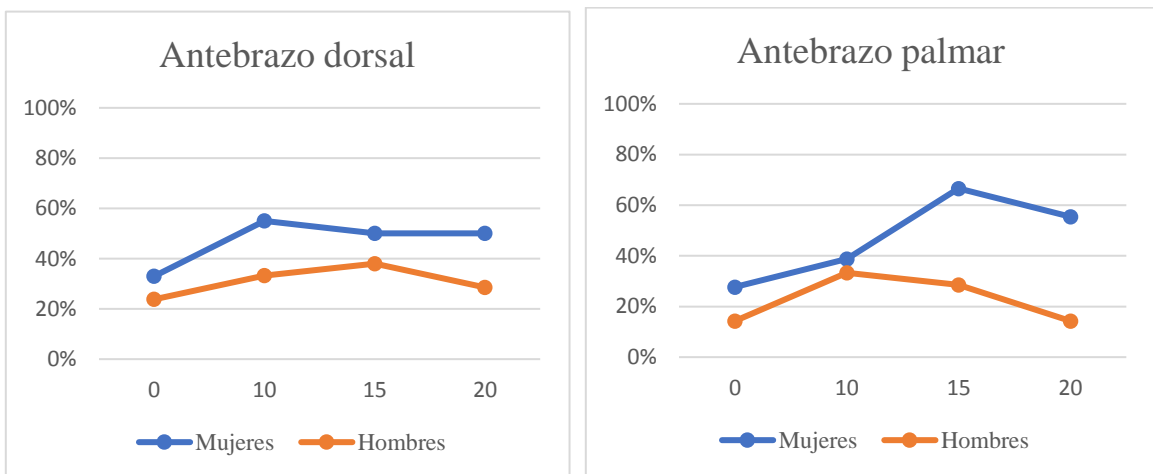


Gráfica 4.1 Porcentaje de comportamiento asimétrico de los dedos

En la muñeca a los 10 minutos ambos géneros mostraron mayores índices de asimetría de la parte dorsal y en la palma el comportamiento de ambos géneros presenta un comportamiento muy similar a los 15 minutos presenta el mayor índice ver gráfica 4.2.



Gráfica 4.2 Porcentaje de asimetrías en la muñeca



Gráfica 4.3 Porcentaje de asimetrías en el antebrazo

La asimetría térmica en la piel, según diferentes autores representa un indicador de que existe un problema, [21], [91], [92], [93]. La diferencia simétrica por más de 0.5°C entre dos lados del cuerpo indica un patología [93], [94].

4.23 Modelos Spline IMC- temperatura

Los modelos Spline, son modelos no paramétricos de regresión, fueron los adecuados para esta investigación por las características que tienen son utilizados para predecir y para suavizar curvas correspondientes a un conjunto de pares de datos, son utilizados en la demografía para hacer aproximaciones de la tendencia de los componentes demográficos tales como la fecundidad, mortalidad para esta investigación se utilizó para el suavizamiento de datos., ya que los polinomios pasan por una serie de puntos, generando modelos que nos servirán como predictores... Son lineales finito dimensionales; son funciones de suavizamiento; cada función continua en el intervalo $[a, b]$ puede ser arbitraria por el polinomio Spline de orden m fijado, generando tantos nodos como sea permitido, por la naturaleza de los datos, y el objetivo de la investigación resultó una buena opción generar modelos predictivos Spline. Sin embargo, un exceso de suavización o nodos quitan la potencia a la predicción.

Todos los modelos Spline se obtuvieron comparando las variables IMC ya que esta variable incluye la altura y el peso de las personas, siendo la más completa para obtener los modelos, que solo el peso o altura por separado, en total se obtuvieron 50 modelos Spline todos con $R^2 > a$ un 50%.

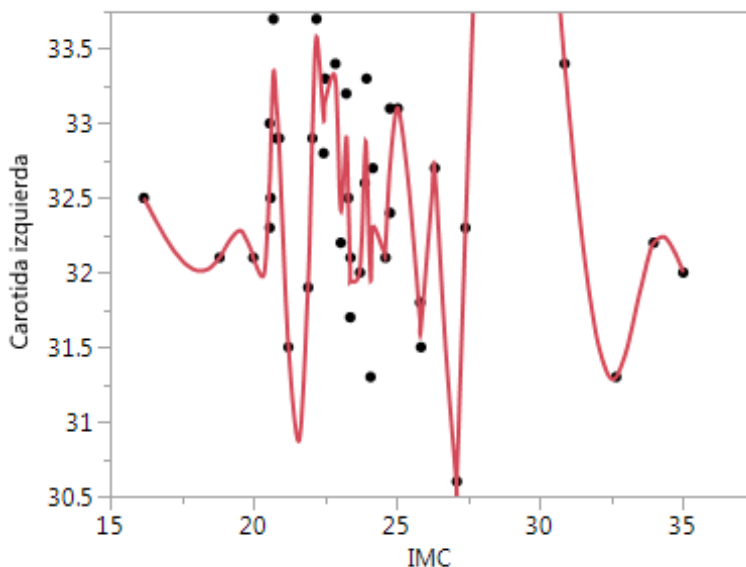
El primer modelo Spline elaborado fue para el lado ocular izquierdo con el IMC, para la suavización de la línea a los puntos se utilizó un λ , y su ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 1000$, con un $R^2 = 89.51$ y $e = 2.01$. La tabla de datos que contiene una columna X que proporciona los valores que se toman como nudos donde se conectan las funciones polinómicas cúbicas individuales. Las columnas restantes en la tabla de datos son los

coeficientes para cada Spline cúbico: "A" es el término de intercepción, "B" es el coeficiente para el término lineal, "C" es el coeficiente para el término cuadrático y "D" es el término para el término cúbico para la variable (XO) donde O es el valor del nudo al comienzo del intervalo:

$$(2) \quad A + B * (X-O) + C * (X-O)^2 + D * (X-O)^3$$

4.24 –Carótidas

4.24.1 Carótida izquierda



Gráfica 4.4 Modelo Spline 1 Carótida Izquierda

Los modelos Spline se muestran a continuación en la tabla 4.22

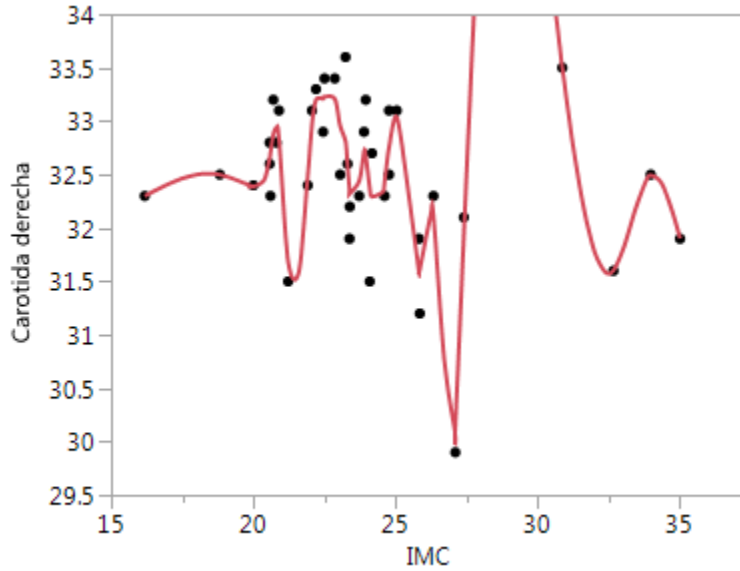
Tabla 4.22 Coeficientes del modelo carótida izquierda

CARÓTIDA IZQUIERDA				
X	A	B	C	D
16.18	32.4999789	-0.37160166	0	0.03159575
18.82	32.1003042	0.28902759	0.25023835	-0.42313715

20	32.0945608	-0.8879384	-1.24766715	7.70724704
20.57	32.610397	5.20197474	11.9317253	126.101779
20.6	32.7805996	6.25835306	23.2808854	-293.329569
20.7	33.3459142	2.11464306	-64.7179854	235.94672
20.81	33.1094824	-3.55844778	13.1444323	-77.1808731
20.9	32.8394271	-3.06794519	-7.69440343	13.3615717
21.22	31.5076097	-3.88768855	5.13270542	1.98681044
21.91	31.9214708	6.03320628	9.24540303	-30.1070268
22.06	32.9328621	6.77460288	-4.30275905	-79.2282104
22.2	33.5795702	0.91121157	-37.5786074	100.786456
22.45	33.0334985	1.01936842	38.0112348	-248.239699
22.5	33.148465	2.95869416	0.77527989	-21.730049
22.86	33.3002341	-4.93174736	-22.693173	127.396932
23.05	32.4177941	0.24193462	49.9230782	-198.154729
23.24	32.9068415	-2.24745284	-63.0251174	240.049346
23.31	32.5230336	-7.54224388	-12.6147547	205.619413
23.38	32.0037917	-6.28570417	30.565322	-248.478815
23.39	31.9437427	-5.74894137	23.1109576	-14.9103945
23.72	32.0275405	4.63306473	8.349667	-56.0770686
23.89	32.7809602	2.61006967	-20.249638	-326.570713
23.95	32.7941265	-3.34685059	-79.0323662	429.593029
24.09	31.9553363	-0.21584304	101.396706	-549.982857
24.17	32.3054165	5.44795904	-30.5991799	39.8280254
24.61	32.1712278	1.65279792	21.9738137	-66.6410222
24.77	32.7252435	3.5663878	-10.013877	7.36954839
25.04	33.1032114	-0.22938553	-4.04454278	2.56930983
25.82	31.6828619	-1.84936796	1.96764223	177.663575
25.85	31.6339487	-1.25161778	17.957364	-22.5586857
26.33	32.6757386	0.39488808	-14.5271434	13.7064142
27.1	30.6240895	2.40268611	17.1346734	-22.3018324
27.4	32.2848665	6.66199536	-2.93697585	0.31927853
30.86	33.4001414	-2.19505291	0.37713531	0.10792401
32.66	31.3003774	0.21165555	0.95992495	-0.45614648
33.97	32.1995145	0.37828001	-0.8327307	0.26949214
35	32.0001803	0	0	0

4.24.2 IMC- Carótida derecha

Para la suavización de la curva que une las variables IMC con la carótida derecha es ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 1000$ con $R^2 = 82.7$ con un $SSQ = 3.48$



Modelo Spline 1 Carótida derecha

Los coeficientes del modelo se muestran en la tabla 4.23

Tabla 4.23 Coeficientes del modelo carótida derecha

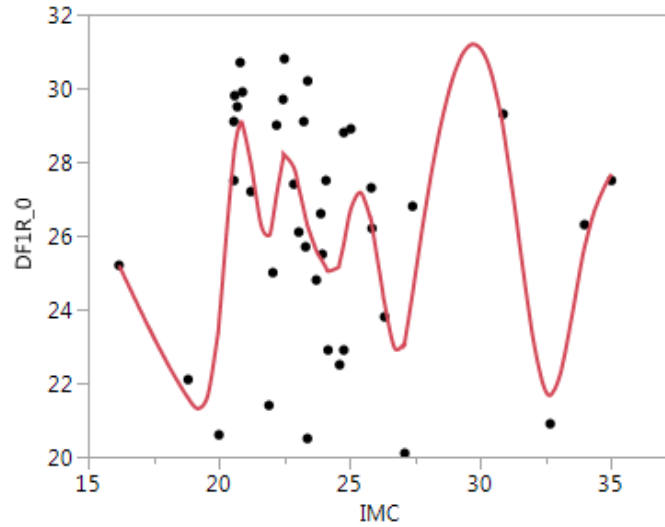
IMC-CAROTIDA DERECHA				
X	A	B	C	D
16.18	32.3000688	0.14056914	0	-0.00932018
18.82	32.4996823	-0.0543047	-0.07381585	0.03372453
20	32.3882321	-0.08763599	0.045569	1.62829372
20.57	32.6546335	1.55141055	2.82995125	13.9227298
20.6	32.7040987	1.758799	4.08299693	-40.833194
20.7	32.8799754	1.35040256	-8.16696126	2.53057401
20.81	32.9330676	-0.35446908	-7.33187183	-15.5002712
20.9	32.8304776	-2.05086259	-11.516945	21.0203845
21.22	31.6836623	-2.96424529	8.66262411	-3.8661086
21.91	32.4925569	3.46821307	0.6597793	-16.4076991
22.06	32.9722579	2.55862717	-6.7236853	0.90152201
22.2	33.2011553	0.72900478	-6.34504606	14.2951133
22.45	33.2102023	0.2368155	4.37628895	-27.7377129
22.5	33.2295165	0.46641155	0.21563201	-4.63697326
22.86	33.209028	-1.18118861	-4.79229911	21.2399939
23.05	32.9572853	-0.70197093	7.3144974	-40.7227795
23.24	32.8086466	-2.33273894	-15.8974869	66.5066783

23.31	32.590269	-3.58073893	-1.93108446	67.8252445
23.38	32.353419	-2.85405966	12.3122169	6.38635551
23.39	32.326116	-2.60589942	12.5038076	-10.702535
23.72	32.4432168	2.15009537	1.90829787	-30.1086116
23.89	32.7159593	0.18850002	-13.447094	-5.17084161
23.95	32.6777428	-1.48099635	-14.3778455	65.5957142
24.09	32.3685922	-1.64976511	13.1723544	-52.0997054
24.17	32.294239	-0.54250275	0.66842512	2.88145908
24.61	32.4303991	1.71926279	4.47195111	-14.7877972
24.77	32.7593923	2.01458433	-2.62619153	-3.78299758
25.04	33.03742	-0.23090067	-5.69041957	4.69668347
25.82	31.6240867	-0.53556853	5.29981975	42.0833098
25.85	31.6139257	-0.10395441	9.08731762	-14.0041874
26.33	32.1089945	-1.05982381	-11.0787122	11.8773165
27.1	30.1467486	3.00514221	16.3578888	-21.5574572
27.4	31.9384499	6.99936208	-3.04382262	0.33279422
30.86	33.5017304	-2.11165247	0.41058142	0.09832938
32.66	31.6044966	0.3222022	0.94156006	-0.51097177
33.97	32.4936817	0.15845361	-1.06655898	0.34516472
35	31.9025473	0	0	0

4.25 Modelos Spline para dedos

Este Spline es para el dedo pulgar derecho de a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.090573 (1000) con $R^2 = 55$ con un SSQ=163.67.



Gráfica 4.5 Modelo Spline 3 Dedo pulgar derecho, a los 0 minutos.

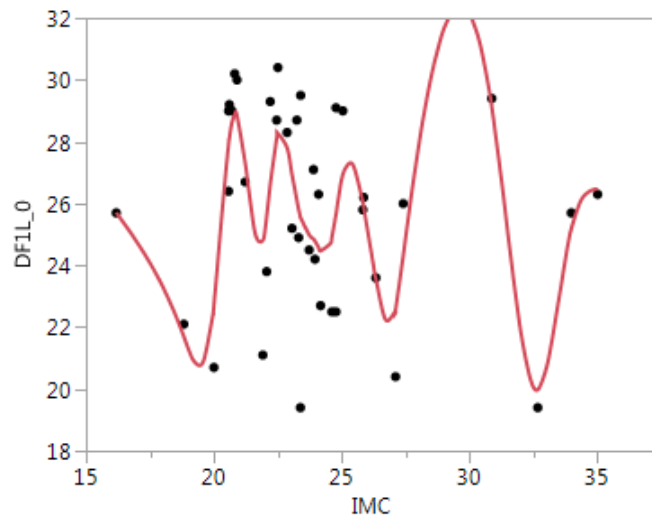
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.24:

Tabla 4.24 Coeficientes del modelo dedo pulgar 0 minutos

DEDO PULGAR-IMC				
X	A	B	C	D
16.18	25.1944333	-1.50624956	0	0.02048711
18.82	21.5948921	-1.07788858	0.16225795	1.87942197
20	23.636862	7.15576164	6.81541174	-9.29705799
20.57	28.2082233	5.8634886	-9.08255743	-8.6215315
20.6	28.3757209	5.29525702	-9.85849526	-3.37979604
20.7	28.8032818	3.22216408	-10.8724341	-0.81568325
20.81	29.0250778	0.80061929	-11.1416095	5.34848724
20.9	29.0107855	-1.07490219	-9.69751799	8.62103902
21.22	27.9562852	-4.63293052	-1.42132053	5.83770341
21.91	26.0006105	1.74363892	10.6627255	-11.0937976
22.06	26.4646261	4.19362524	5.67051661	-16.484021
22.2	27.1176436	4.81210946	-1.25277219	-9.55643626
22.45	28.0930534	2.39389157	-8.42009938	-3.64243467
22.5	28.1912424	1.52456337	-8.96646458	5.95850444
22.86	27.8560314	-2.61462461	-2.53127979	4.28018451
23.05	27.2972313	-3.11296695	-0.09157462	-0.12595317
23.24	26.7015978	-3.16140603	-0.16336793	8.70082065
23.31	26.4824833	-3.05637548	1.66380441	5.82106876

23.38	26.2786863	-2.73787315	2.88622885	-15.4460723
23.39	26.2515807	-2.68478239	2.42284668	-0.91481287
23.72	25.5965749	-1.38457295	1.51718194	-3.84642573
23.89	25.3861466	-1.2022162	-0.44449519	0.62088578
23.95	25.3125475	-1.24885006	-0.33273575	1.31076194
24.09	25.1347836	-1.26494326	0.21778427	10.015403
24.17	25.0401099	-1.03780204	2.62148098	2.13921513
24.61	25.2732226	2.51155737	5.44524495	-8.06700014
24.77	25.7814276	3.63449014	1.57308489	-7.56227006
25.04	26.7285697	2.83008752	-4.55235387	0.42918549
25.82	26.3700567	-3.48823516	-3.54805982	3.85163039
25.85	26.2623204	-3.69071935	-3.20141309	3.6222744
26.33	24.1537641	-4.26035984	2.01466205	2.32032611
27.1	23.1270856	2.96938378	7.37461538	-8.82017412
27.4	24.4434714	5.01270599	-0.56354133	-0.14750639
30.86	28.9309722	-4.18466233	-2.09465761	1.2106165
32.66	21.6722048	0.04176261	4.44267146	-1.63130754
33.97	25.6836545	3.28310124	-1.96836716	0.63701203
35	27.6730883	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar izquierdo de a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.049659$ (1000) con $R^2 = 60$ con un $SSQ = 158.05$.



Gráfica 4.6 Modelo Spline 3 Dedo pulgar derecho, a los 0 minutos

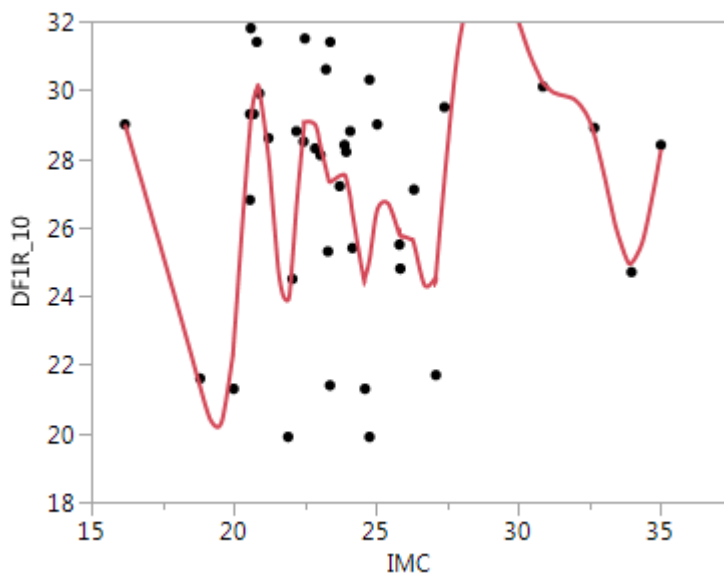
Los coeficientes para el modelo se encuentran en la tabla 4.25:

Tabla 4.25 Coeficientes del modelo dedo pulgar izquierdo

COEFICIENTES PARA DEDO PULGAR IZQUIERDO

X	A	B	C	D
16.18	25.7079846	-1.14360383	0	-0.05359605
18.82	21.702717	-2.26423282	-0.42448068	2.61314476
20	22.7333558	7.64962106	8.82605176	-11.0356453
20.57	27.9174998	6.95487662	-10.0449017	-13.9555558
20.6	28.1167288	6.31450252	-11.3009017	-6.68415721
20.7	28.6284859	3.85379747	-13.3061488	-4.19038921
20.81	28.8858218	0.7743336	-14.6889773	4.63096015
20.9	28.8399071	-1.75714998	-13.438618	12.4180205
21.22	27.3084183	-6.54304964	-1.51731838	8.33404557
21.91	24.8091278	3.26656829	15.734156	-16.5632726
22.06	25.5972305	6.86879417	8.28068326	-28.6270844
22.2	26.6426103	7.50411292	-3.74269218	-10.789501
22.45	28.1161344	3.6097354	-11.8348179	-6.87033462
22.5	28.2661753	2.3747261	-12.8653681	7.45284756
22.86	27.801445	-3.9906718	-4.81629273	10.7993706
23.05	26.9434221	-4.6512912	1.33934853	-0.90325533
23.24	26.1018318	-4.24016131	0.82449299	16.536807
23.31	25.8147327	-3.88164123	4.29722246	10.3967137
23.38	25.5676403	-3.12719839	6.48053234	-31.0032357
23.39	25.5369853	-3.00688872	5.55043527	-4.40171546
23.72	24.99097	-0.78164188	1.19273697	-7.69732485
23.89	24.854744	-1.04346937	-2.73289871	7.37383364
23.95	24.7838902	-1.29177982	-1.40560865	3.45450265
24.09	24.5849702	-1.48222548	0.04528247	14.9665466
24.17	24.4743449	-1.18762259	3.63725366	3.05635335
24.61	24.9163156	3.78829065	7.67164008	-13.1630338
24.77	25.6649203	5.23229448	1.35338386	-11.3496041
25.04	26.9529073	3.48096335	-7.83979544	2.39139436
25.82	26.0331681	-4.38434455	-2.24393265	0.82626603
25.85	25.8996406	-4.51674959	-2.16956871	2.84241244
26.33	23.5460802	-4.63486007	1.92350521	3.20434617
27.1	22.580574	4.02690849	9.32554487	-11.4326377
27.4	24.3192643	6.53542322	-0.96382909	-0.15079099
30.86	29.1472278	-5.54990231	-2.52903956	1.54592888
32.66	19.9791726	0.37198397	5.81897638	-2.34173596
33.97	25.1879815	3.56174285	-3.38404594	1.0951605
35	26.4631537	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar derecho de a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.027227$ (1000) con $R^2 = 55$ con un $SSQ = 202.22$



Gráfica 4.7 Modelo Spline 5 Dedo pulgar derecho a los 10 minutos

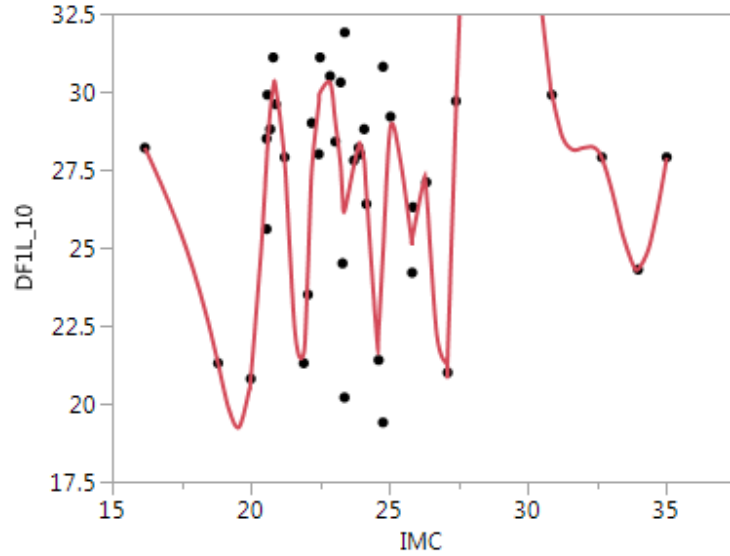
. Las constantes del modelo se encuentran en la tabla 4.26:

Tabla 4.26 coeficientes del modelo dedo pulgar derecho, 10 minutos
DEDO PULGAR DERECHO-IMC

X	A	B	C	D
16.18	29.0006506	-2.84037036	0	-0.00796492
18.82	21.3555203	-3.00690736	-0.0630822	2.98513911
20	22.624213	9.31374173	10.5043102	-13.2268687
20.57	28.8963727	8.39642653	-12.1136352	-33.9507262
20.6	29.1364466	7.57794146	-15.1692005	-1.34150932
20.7	29.7412072	4.50385607	-15.5716533	-6.74309829
20.81	30.0392393	0.83331788	-17.7968758	9.91635386
20.9	29.9773122	-2.12915236	-15.1194602	8.96983967
21.22	28.0416745	-9.05007214	-6.50841412	15.8052793
21.91	23.8906452	4.54299686	26.2085141	-33.0511894
22.06	25.0502386	10.1745958	11.3354789	-39.7876221
22.2	26.5876801	11.0090177	-5.37532238	-12.7027445
22.45	28.8054965	5.93959193	-14.9023808	-16.4428618
22.5	29.0631648	4.32603238	-17.3688101	13.3907005
22.86	28.9942952	-2.97320651	-2.90685354	4.89061845

23.05	28.3579933	-3.54815687	-0.11920102	1.73207114
23.24	27.6914206	-3.40586996	0.86807953	37.3410792
23.31	27.4700713	-2.73542496	8.70970615	10.7734404
23.38	27.3249644	-1.35769652	10.9721286	-61.764413
23.39	27.3124229	-1.15678328	9.11919625	-11.7212314
23.72	27.502539	1.03255996	-2.48482282	-15.4251403
23.89	27.5304791	-1.14963946	-10.3516444	-4.77981376
23.95	27.4232024	-2.44345878	-11.2120108	4.73032501
24.09	26.8743427	-5.3046787	-9.22527434	28.3056641
24.17	26.4054192	-6.23725385	-2.43191496	15.9965693
24.61	24.5528605	0.91346844	18.6835565	-23.8273862
24.77	25.0797175	5.06226327	7.24641116	-23.3307597
25.04	26.5155726	3.87288814	-11.6515042	7.08546145
25.82	25.8100701	-1.37107417	4.92847559	3.28935051
25.85	25.7734624	-1.06648439	5.22451714	-8.62850497
26.33	25.511035	-2.01497057	-7.20053001	10.8247954
27.1	24.6321897	6.15027677	17.8047473	-25.0732679
27.4	27.4027218	10.0633429	-4.76119373	0.60318369
30.86	30.2076968	-1.22089613	1.49985298	-0.7153213
32.66	28.6978536	-2.77434841	-2.36288203	1.75950605
33.97	24.9640451	0.09336567	4.55197674	-1.47313163
35	28.2796731	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar izquierdo de a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.001349$ (1000) con $R^2 = 64$ con un $SSQ = 167.35$



Gráfica 4.8 Modelo Spline 6 Dedo pulgar izquierdo a los 10 minutos

Los coeficientes para el modelo se encuentran en la tabla 4.27:

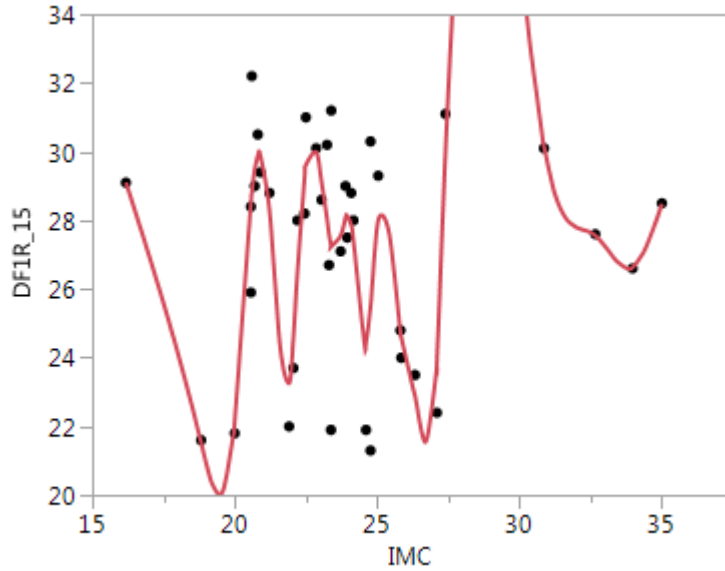
Tabla 4.27 Coeficientes del modelo dedo pulgar izquierdo 10 minutos

DEDO PULGAR IZQUIERDO-10-IMC				
X	A	B	C	D
16.18	28.200389	-1.94890783	0	-0.09612409
18.82	21.2866138	-3.95874713	-0.76130277	3.21156861
20	20.8319642	7.65994275	10.6076501	-4.68667301
20.57	27.776618	15.1845637	2.59343927	-363.776389
20.6	28.2246671	14.3579738	-30.1464357	50.1927033
20.7	29.4091928	9.83446776	-15.0886248	-100.336778
20.81	30.1748637	2.87274527	-48.1997615	128.261281
20.9	30.1364951	-2.68646266	-13.5692155	-4.3048501
21.22	27.7462781	-12.6932105	-17.7018716	33.679314
21.91	21.6240595	10.9823709	52.0143085	-46.3946982
22.06	24.285155	23.4550213	31.1366943	-240.40384
22.2	27.5194691	18.0375499	-69.8329187	125.430345
22.45	29.6241482	6.63928021	24.2398399	-275.89119
22.5	29.9822255	6.99408027	-17.1438386	0.3071151
22.86	30.2925816	-5.23007715	-16.8121543	51.5594892
23.05	29.0455948	-6.0348031	12.5767546	-107.964788
23.24	27.6124725	-12.9482229	-48.9631748	556.114154
23.31	26.6569245	-11.6281893	67.8207977	23.1454089

23.38	26.183212	-1.79304015	72.6813335	-1455.28603
23.39	26.1710945	-0.77599929	29.0227526	-39.6928743
23.72	27.6491497	5.41135537	-10.273193	-2.41826466
23.89	28.2603039	1.70880621	-11.506508	-17.3191435
23.95	28.3176679	0.14097851	-14.6239538	-95.8137978
24.09	27.7878623	-9.58757987	-54.8657489	154.282001
24.17	26.7487075	-15.4038853	-17.8380686	68.1175575
24.61	22.3200739	8.4612918	72.0771073	-159.229596
24.77	24.8668501	19.2971332	-4.35309884	-44.0085142
25.04	28.8935156	7.32179772	-39.9999954	31.7227431
25.82	25.3226118	2.82215558	34.2312234	-245.670833
25.85	25.4314515	4.21271773	12.1208484	-31.0554286
26.33	26.8117175	-5.61678003	-32.5989688	40.1782045
27.1	21.5015445	15.6457803	60.2126835	-83.7517426
27.4	29.3531231	29.16042	-15.1638848	1.9603737
30.86	29.9142948	-5.36723344	5.18479423	-1.57181328
32.66	27.8851928	-1.9799993	-3.30299748	2.08698953
33.97	24.3148621	0.11059548	4.89887136	-1.58539526
35	27.8935839	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar derecho de a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.008185 (1000) con $R^2 = 66.2$ con un SSQ=133.44



Gráfica 4.9 Modelo Spline 7 Dedo pulgar derecho a los 15 minutos

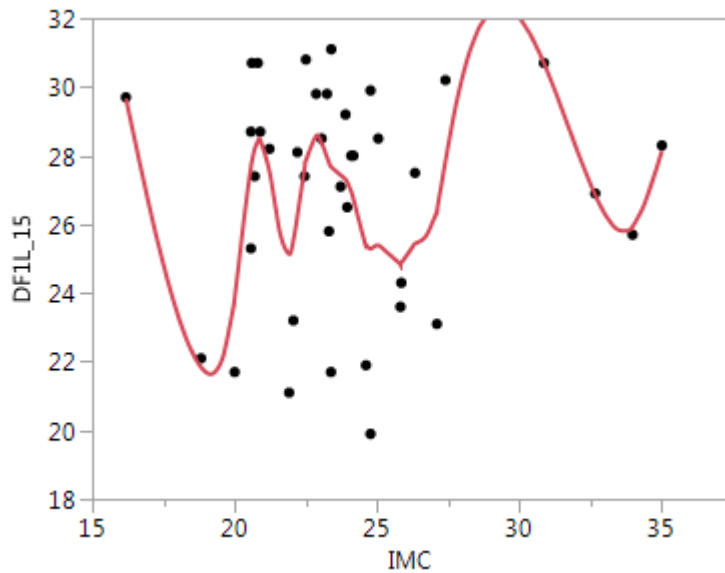
Los coeficientes para el modelo se encuentran en la tabla 4.28:

Tabla 4.28 Coeficientes del modelo dedo pulgar derecho, 15 min.

DEDO PULGAR DERECHO A LOS 15 MINUTOS.				
X	A	B	C	D
16.18	29.1009689	-2.59554912	0	-0.03946021
18.82	21.5226616	-3.4206147	-0.31252484	3.11014036
20	22.1612368	8.83350499	10.697372	-11.6011917
20.57	28.5234513	9.72082757	-9.14066576	-123.468533
20.6	28.8035159	8.83902259	-20.2528338	14.8529547
20.7	29.4997427	5.23404448	-15.7969473	-5.49902002
20.81	29.8770254	1.55910164	-17.6116239	19.8715614
20.9	29.8891767	-1.12811173	-12.2463024	-0.05011387
21.22	28.2725175	-8.98114023	-12.2944117	21.4315604
21.91	23.2626218	4.66326937	32.0689184	-29.9885904
22.06	24.5824514	12.259715	18.5740527	-65.9263375
22.2	26.481961	13.5839811	-9.11500909	-4.10434794
22.45	29.2441378	8.25691135	-12.19327	-46.6267598
22.5	29.6206719	6.68788365	-19.187284	9.5462448
22.86	29.9870276	-3.41538087	-8.87733963	14.1470359
23.05	29.1146678	-5.25664593	-0.81352914	-6.81275913
23.24	28.0398079	-6.30360882	-4.69680184	81.1608542
23.31	27.6033792	-5.76809652	12.3469775	44.3708257

23.38	27.2753318	-3.38726853	21.6648509	-174.539041
23.39	27.243451	-3.00633322	16.4286797	-13.4089673
23.72	27.5585662	3.45588577	3.15380208	-32.084033
23.89	28.0795828	1.74649282	-13.2090547	5.39986665
23.95	28.1379862	0.21972481	-12.2370787	-20.5820591
24.09	27.8724237	-4.41688232	-20.8815436	17.193394
24.17	27.3942343	-7.42781612	-16.755129	41.8631436
24.61	24.4482723	2.14178413	38.5042205	-61.9149974
24.77	25.5230619	9.70806289	8.78502173	-39.3584451
25.04	28.0099747	5.84428269	-23.0953188	13.1777097
25.82	24.7708318	-6.13245882	7.74052197	14.3655828
25.85	24.5942124	-5.62924043	9.03342442	-9.83365769
26.33	22.8859541	-3.75417718	-5.12704265	15.1733038
27.1	23.8825279	15.3389326	29.9232891	-45.2025035
27.4	29.9568362	21.0882301	-10.758964	1.35273349
30.86	30.1526682	-4.7806481	3.28240964	-0.79217491
32.66	27.5625448	-0.66391357	-0.9953349	0.73318542
33.97	26.6329913	0.50296749	1.8860838	-0.61038311
35	28.485012	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar izquierdo de a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.090573$ (1000) con $R^2 = 42.82$ con un $SSQ = 218.35$



Gráfica 4.10 Modelo Spline 8 Dedo pulgar izquierdo, 15 minutos

Los coeficientes para el modelo se encuentran en la tabla 4.29:

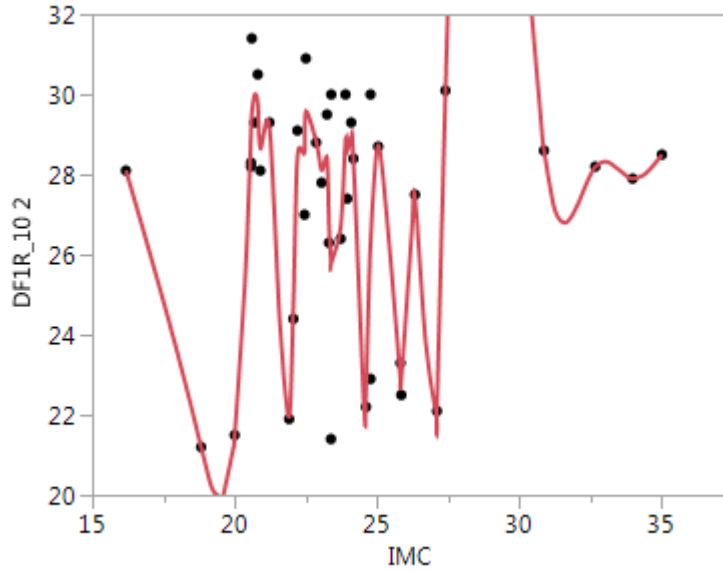
Tabla 4.29 Coeficientes del modelo dedo pulgar izquierdo. 15 min.

DEDO PULGAR IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	29.6632391	-3.9077228	0	0.13529005
18.82	21.8361531	-1.0789703	1.07149716	1.10631849
20	23.8726375	6.07107659	4.98786461	-6.88957981
20.57	27.6778064	5.0419688	-6.79331686	-11.8786045
20.6	27.8226308	4.60229756	-7.86239127	-1.28910123
20.7	28.2029475	2.99114627	-8.24912164	-4.24416694
20.81	28.4265102	1.02227625	-9.64969673	4.12289524
20.9	28.4433581	-0.61448281	-8.53651502	5.06740725
21.22	27.5386333	-4.52114492	-3.67180406	7.501417
21.91	25.1351804	1.12603939	11.8561291	-7.349147
22.06	25.5460458	4.1868107	8.54901298	-15.9832353
22.2	26.255902	5.6407201	1.83605416	-9.19645188
22.45	27.6371408	4.83441245	-5.06128476	-10.0691949
22.5	27.8649496	4.25276502	-6.57166398	0.73259079
22.86	28.5784371	-0.19400175	-5.78046593	5.22827524

23.05	28.3687627	-1.8243566	-2.80034904	5.71126427
23.24	27.9602159	-2.26995931	0.45507159	12.4821713
23.31	27.80783	-2.02276137	3.07632756	5.09280951
23.38	27.6830575	-1.51721121	4.14581756	-16.9264734
23.39	27.6682831	-1.4393728	3.63802336	-4.29681956
23.72	27.435056	-0.44204834	-0.61582801	-5.52991698
23.89	27.3149419	-1.13087367	-3.43608567	1.40761089
23.95	27.2350236	-1.52800175	-3.18271571	-1.29747629
24.09	26.9551618	-2.49545375	-3.72765575	2.54781302
24.17	26.732973	-3.04296066	-3.11618063	7.21081775
24.61	25.4050241	-1.59715667	6.4020988	-5.68862637
24.77	25.2900721	0.01462844	3.67155814	-8.55976976
25.04	25.3931964	0.12524819	-3.26185536	2.87411443
25.82	24.870294	0.28258747	3.46357239	-1.80091367
25.85	24.8818402	0.48553935	3.30149016	-3.94224413
26.33	25.4395817	0.93009076	-2.37534138	3.64065684
27.1	26.4094917	3.74770136	6.03457592	-8.53917491
27.4	27.8463562	5.06286969	-1.6506815	0.12287589
30.86	30.6923192	-1.94678341	-0.3752298	0.15114318
32.66	26.8538315	-1.82849902	0.44094335	0.32105567
33.97	25.9369631	0.97966347	1.70269214	-0.55103306
35	28.1502738	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar derecho a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.000223$ (1000) con $R^2 = 78.19$ con un $SSQ = 78.05$



Gráfica 4.11 Modelo Spline 9 Dedo pulgar derecho, 20 minutos

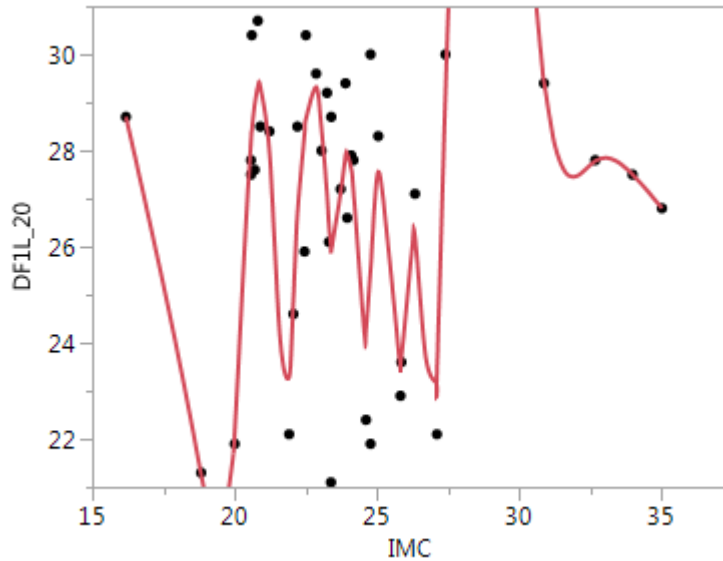
Los coeficientes para el modelo se encuentran en la tabla 4.30:

Tabla 4.30 Dedo pulgar derecho a los 20 minutos

DEDO PULGAR DERECHO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	28.1000171	-2.43610334	0	-0.02556481
18.82	21.1983183	-2.97063281	-0.20247328	2.48811567
20	21.4991015	6.94488702	8.60545618	3.83116059
20.57	28.9631039	20.4893393	15.1567408	-2128.01919
20.6	29.5339687	15.6530919	-176.364986	661.265313
20.7	29.9968933	0.21805411	22.0146079	-380.42873
20.81	29.7809054	-8.74829505	-103.526873	694.451116
20.9	28.661246	-10.5079701	83.9749283	-144.48165
21.22	29.1633535	-1.14877891	-54.7274559	59.7731467
21.91	21.950971	8.7013174	69.0029578	-16.4166796
22.06	24.7533289	28.2940789	61.615452	-544.561464
22.2	28.4278861	13.5261913	-167.100363	460.09309
22.45	28.5546158	16.2434643	177.969455	-1863.69732
22.5	29.5787505	20.0626799	-101.585143	111.264618
22.86	28.8270428	-9.81893938	18.5806447	70.8419703
23.05	28.1181106	4.91389097	58.9605677	-404.659697
23.24	28.4046655	-16.5057385	-171.69546	1232.61156

23.31	26.8307418	-22.423713	87.1529671	439.275464
23.38	25.838803	-3.76494829	179.400815	-6195.70654
23.39	25.8128979	-2.03564396	-6.47038159	63.0410695
23.72	26.7020177	14.2894216	55.9402772	-388.405426
23.89	28.8396575	-0.36563456	-142.14649	1346.03772
23.95	28.5967362	-2.88600595	100.1403	-442.805691
24.09	28.9403865	-0.88369651	-85.8380899	94.733203
24.17	28.3688304	-12.7989134	-63.1021212	141.324557
24.61	22.5593289	13.7525226	123.446294	-395.788871
24.77	26.2988064	22.8587514	-66.532364	56.2099104
25.04	28.7268396	-0.77561779	-21.0023366	16.0909141
25.82	22.9800116	-4.17012651	16.6504024	494.399438
25.85	22.8832419	-1.83622389	61.1463518	-78.4584836
26.33	27.4130933	2.63376996	-51.8338646	51.4468765
27.1	22.1959948	14.3181778	67.0084202	-92.0430465
27.4	30.0370437	29.6716074	-15.8303217	2.06210021
30.86	28.6022971	-5.81430172	5.57427856	-1.37150574
32.66	28.1985951	0.92206533	-1.83185243	0.72855236
33.97	27.9007107	-0.12658191	1.03135835	-0.33377293
35	28.4997767	0	0	0

Este Spline es para el dedo pulgar izquierdo a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.004487$ (1000) con $R^2 = 67.26$ con un $SSQ = 104.76$.



Gráfica 4.12 Modelo Spline 10 Dedo izquierdo, 20 minutos

Las constantes se encuentran en la tabla 4.31:

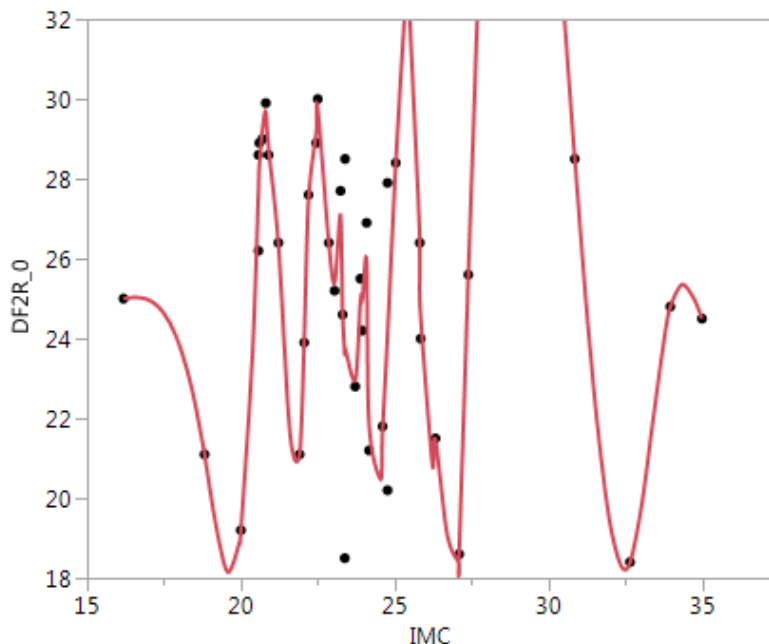
Tabla 4.31 Coeficientes del modelo dedo pulgar izquierdo, 20 min.

DEDO PULGAR IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	28.7004117	-2.60580289	0	-0.03058255
18.82	21.258381	-3.24524729	-0.24221379	3.06124058
20	22.1214469	8.97054234	10.5945779	-13.389761
20.57	28.1971444	7.99736107	-12.3019134	-94.683039
20.6	28.4234371	7.00360206	-20.8233869	52.1532232
20.7	28.9677166	4.40352137	-5.17741999	-49.4526483
20.81	29.3236357	1.46935784	-21.4967939	52.7956447
20.9	29.3202419	-1.1171309	-7.24196984	-8.13905017
21.22	27.9544819	-8.25230781	-15.055458	24.9579016
21.91	23.2913813	6.61853107	36.6073984	-63.5482495
22.06	24.8933521	13.3112438	8.01068615	-85.3409901
22.2	26.67976	10.5361857	-27.8325297	49.8822489
22.45	28.3536834	5.97284248	9.579157	-132.398668
22.5	28.6597236	5.93776817	-10.2806432	-3.11582224
22.86	29.319577	-2.67572665	-13.6457313	17.7164352
23.05	28.440095	-5.94241461	-3.54736322	-14.9776477
23.24	27.0802448	-8.91249187	-12.0846224	142.496182

23.31	26.4460319	-8.50964513	17.8395759	116.789928
23.38	25.9778296	-4.29529257	42.3654608	-245.577622
23.39	25.9388676	-3.52165664	34.9981321	-40.4567275
23.72	27.1341241	6.35989766	-5.05402815	-35.5628945
23.89	27.8945248	1.55822514	-23.1911044	76.2768795
23.95	27.9210061	-0.40091709	-9.46126603	-21.8589306
24.09	27.619456	-4.33537669	-18.6420169	-1.01768759
24.17	27.1527959	-7.337639	-18.8862619	47.0622523
24.61	24.2768054	3.37620669	43.2359112	-92.3631522
24.77	25.5455183	10.1182082	-1.09840188	-32.2663238
25.04	27.562263	2.46842615	-27.2341242	22.5391916
25.82	23.6144127	1.12172497	25.5075842	-30.5335867
25.85	23.6701968	2.56973933	22.7595614	-35.7484174
26.33	26.1939857	-0.29038787	-28.7181597	31.5581959
27.1	23.350748	11.6162092	44.1812728	-61.358228
27.4	29.1552532	21.5582514	-11.0411324	1.39690534
30.86	29.4290267	-4.67680878	3.45874505	-0.75945307
32.66	27.7879746	0.39278952	-0.64230154	0.13390101
33.97	27.5012968	-0.60067797	-0.11607058	0.0375633
35	26.8005056	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice derecho a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = .004487 (1000) con $R^2 = 73.18$ con un SSQ=125.177



Gráfica 4.13 Modelo Spline 11, dedo índice a los 0 minutos

Los coeficientes se encuentran en la tabla 4.32:

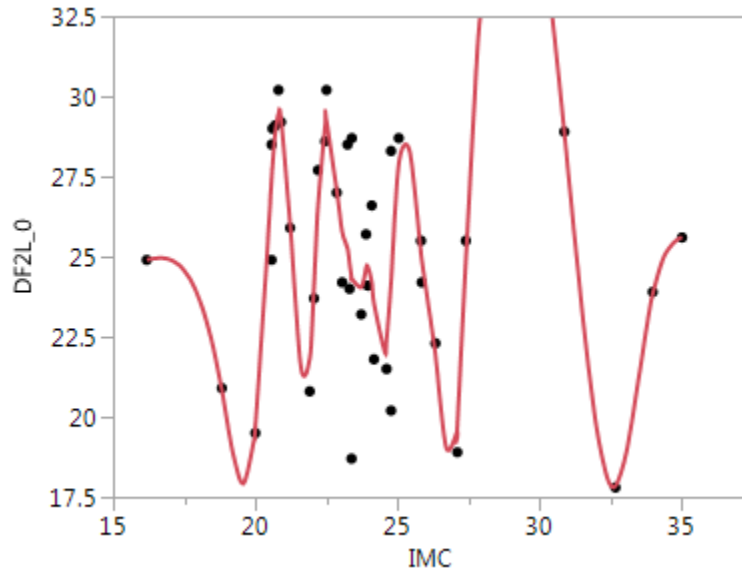
Tabla 4.32 Coeficientes del modelo dedo índice derecho, 0 min.

DEDO ÍNDICE DERECHO A LOS 0 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.000046	0.11633633	0	-0.22869718	
18.82	21.0992044	-4.66544718	-1.81128163	3.72955975	
20	19.1997342	6.63904515	11.3913599	5.05201946	
20.57	27.6206414	24.5493988	20.0303132	-2190.38466	
20.6	28.3160102	19.837179	-177.104306	715.037005	
20.7	29.2437221	5.86742792	37.4067954	-497.510699	
20.81	29.6795746	-3.96271545	-126.771735	599.13286	
20.9	28.7328471	-12.2226993	34.9941371	-61.7977619	
21.22	26.3799939	-8.81072395	-24.3317143	37.7352226	
21.91	21.1126254	11.5087288	53.7801966	-25.0778659	
22.06	23.9643514	25.9500319	42.4951569	-345.233994	
22.2	27.4829388	17.548917	-102.50312	237.15984	
22.45	29.1693456	10.7648268	75.3667596	-1102.86781	
22.5	29.7581453	10.0299941	-90.063412	100.38931	
22.86	26.3804887	-15.7842987	18.3570431	197.46058	

23.05	25.3985433	12.5763585	130.909574	-790.317031
23.24	27.0931025	-23.269338	-319.571134	2229.07349
23.31	24.6629225	-35.2419164	148.534299	1916.02624
23.38	23.5810034	13.7184711	550.899809	-23362.5977
23.39	23.7499155	17.727688	-149.978122	269.663459
23.72	22.9583308	6.84117957	116.988703	-518.051887
23.89	24.9571159	1.70223989	-147.21776	2182.86404
23.95	25.000765	7.61104038	245.697768	-1801.04138
24.09	25.9399293	-29.494818	-510.739613	2975.42958
24.17	21.8350303	-54.0849082	203.363486	-183.925234
24.61	21.7413544	18.051183	-39.4178238	107.844062
24.77	24.0621766	13.7199034	12.3473259	-13.31661
25.04	28.4045598	17.4751168	1.5608718	-36.0021082
25.82	25.8999128	-45.8009712	-82.6840614	2451.99388
25.85	24.5176719	-44.1416314	137.995388	-123.487969
26.33	21.4670447	2.97905678	-39.8272875	40.4688498
27.1	18.6226851	13.6269772	53.6557555	-72.3921456
27.4	25.5852083	26.2745512	-11.4971756	1.19851303
30.86	28.500059	-10.2415477	0.94338975	0.90515732
32.66	18.4007333	1.95278447	5.83123925	-2.74310246
33.97	24.7991267	3.10831695	-4.94915339	1.60166776
35	24.5003219	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice izquierdo a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.004487 (1000) con $R^2=73.18$ con un SSQ=125.177



Gráfica 4.14 Modelo Spline 12, dedo índice izquierdo, 0 minutos.

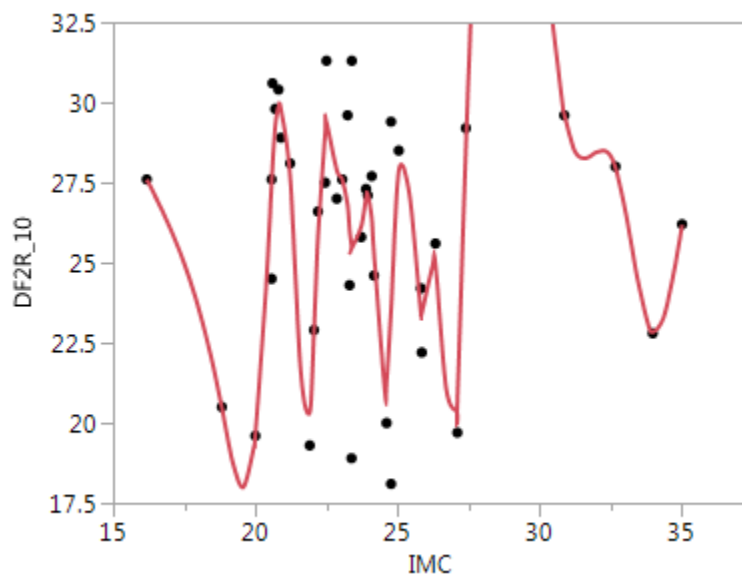
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.33:

Tabla 4.33 Coeficientes del modelo dedo índice izquierdo, 0 min.

DEDO ÍNDICE IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.9033172	0.17665628	0	-0.24643213
18.82	20.8354017	-4.97594379	-1.95174245	4.55248712
20	19.7260639	9.43459324	14.164062	-12.2415037
20.57	27.438645	13.6498302	-6.76890933	-121.987436
20.6	27.8387542	12.9143296	-17.7477786	-35.7200131
20.7	28.9169894	8.2931735	-28.4637825	-22.1243951
20.81	29.4553791	1.22802581	-35.7648329	33.1925107
20.9	29.3004036	-4.4030661	-26.802855	25.7336556
21.22	25.9900506	-13.6515143	-2.09854562	19.0439168
21.91	21.8274862	10.6529191	37.3223622	-57.2866833
22.06	24.0718347	17.9827766	11.5433547	-84.9097921
22.2	26.5826807	16.2222202	-24.118758	-1.90560819
22.45	29.1010382	3.80553964	-25.5479642	-39.1270792
22.5	29.2225544	0.95729013	-31.417026	33.4860692
22.86	27.0578583	-8.6435849	4.74792871	29.1878501
23.05	25.7871769	-3.67832783	21.3850033	-88.721435
23.24	25.2517529	-5.160558	-29.1862147	152.586574

23.31	24.7998386	-7.00360542	2.8569658	93.167617
23.38	24.3555418	-5.23406624	22.4221654	-326.975153
23.39	24.3051164	-4.88371548	12.6129108	-0.48502572
23.72	24.0496059	3.28234775	12.1327353	-63.6011323
23.89	24.6457687	1.89325959	-20.3038421	14.7163244
23.95	24.6894492	-0.38426516	-17.6549037	-29.073081
24.09	24.2098394	-7.03713537	-29.8655978	148.488808
24.17	23.531755	-8.9646459	5.77171611	19.8390023
24.61	22.3946807	7.63695683	31.9591992	-46.6256474
24.77	24.2437706	14.2830509	9.57888845	-45.7000981
25.04	27.8989803	9.46103917	-27.438191	13.8066057
25.82	25.1371478	-8.142722	4.86926644	40.7624211
25.85	24.898349	-7.74050747	8.53788434	-11.117011
26.33	21.9205815	-7.22821654	-7.47061156	17.0694897
27.1	19.7183145	11.628543	31.9599096	-43.7220202
27.4	24.9027747	18.9995433	-7.38990859	0.64506084
30.86	28.8917045	-8.97139319	-0.69417709	1.26132207
32.66	17.8500933	0.78961976	6.11696206	-2.46004172
33.97	23.8514161	4.15102759	-3.55100188	1.14919155
35	25.6154693	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice derecho a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.00246$ (1000) con $R^2 = 66.001$ con un $SSQ = 186.333$



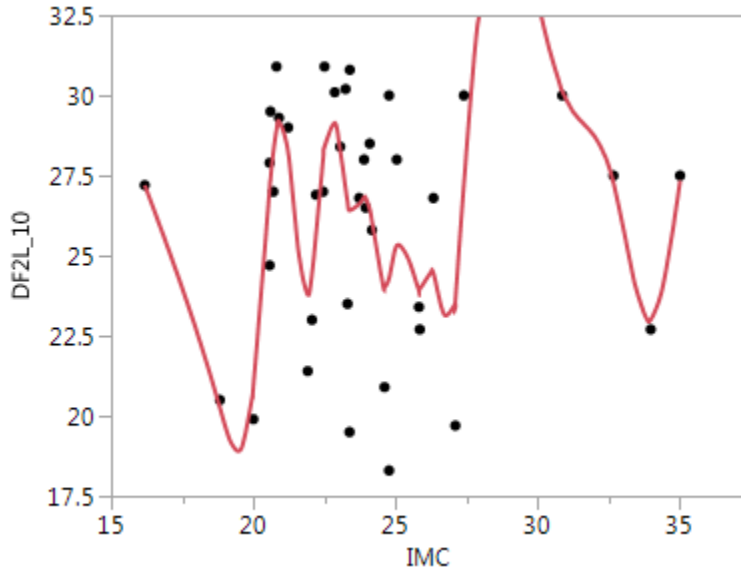
Gráfica 4.15 Modelo Spline 12, dedo índice derecho, 0 minutos.

Los coeficientes del modelo se muestran en la tabla 4.34:

Tabla 4.34 Coeficientes del modelo dedo índice derecho a los 10 minutos.

DEDO ÍNDICE DERECHO A LOS 10 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	27.6009951	-1.76070089	0	-0.13484189
18.82	20.4716885	-4.58008301	-1.06794777	3.70140307
20	19.6617038	8.36106115	12.0350191	-4.65954136
20.57	27.4747719	17.5393279	4.06720336	-390.776583
20.6	27.9940612	16.7282634	-31.1026891	-37.6683489
20.7	29.3181923	9.37767509	-42.4031937	27.6172428
20.81	29.8734165	1.05147838	-33.2895036	98.9700208
20.9	29.7705537	-2.53566077	-6.56759801	-18.9911878
21.22	27.664317	-12.5730164	-24.7991383	40.0444494
21.91	20.337028	10.39966	58.0928721	-100.474252
22.06	22.864966	21.0455095	12.8794585	-95.7271021
22.2	25.8010996	19.0230043	-27.3259243	12.5249864
22.45	29.0446833	7.70847712	-17.9321846	-196.781696
22.5	29.360679	4.43939595	-47.4494389	65.9989281
22.86	27.8886602	-4.06381683	23.8294034	-54.4157389
23.05	27.603539	-0.90186805	-7.18756774	-54.8952721
23.24	26.7961862	-9.57830177	-38.4778729	325.025303
23.31	26.0486471	-10.187332	29.7774407	88.0812461
23.38	25.5116552	-4.72369601	48.2745023	-807.806995
23.39	25.4684379	-4.00054806	24.0402925	-17.6224298
23.72	26.1329476	6.10879717	6.59408701	-62.737286
23.89	27.053784	2.91146407	-25.4019288	-29.3746826
23.95	27.13068	-0.45401397	-30.6893717	-33.5318582
24.09	26.3735949	-11.0187113	-44.7727521	146.197831
24.17	25.2804057	-15.3753533	-9.68527279	54.0019407
24.61	21.2402827	7.46593381	61.597289	-114.058049
24.77	23.544541	18.4174081	6.84942561	-58.3780925
25.04	27.8675083	9.34880915	-40.4368293	27.3253908
25.82	23.5251313	-3.85834127	23.5045852	118.771008
25.85	23.433742	-2.12738444	34.1939759	-48.4027108
26.33	24.937937	-2.75712128	-35.5059277	41.3077265
27.1	20.6218294	16.0378032	59.9149205	-83.6014022
27.4	28.5682753	29.4143769	-15.3263415	1.99814751
30.86	29.6279285	-4.88083787	5.41442969	-1.78620755
32.66	27.9680101	-2.75082838	-4.23109109	2.54846141
33.97	22.8326227	-0.71604313	5.78436227	-1.8719619

Este Spline es para el dedo índice izquierdo a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.00246$ (1000) con $R^2 = 66.001$ con un $SSQ = 186.333$



Gráfica 4.16 Modelo Spline 14, dedo izquierdo, 10 minutos

Los coeficientes de este modelo se muestran en la tabla 4.35:

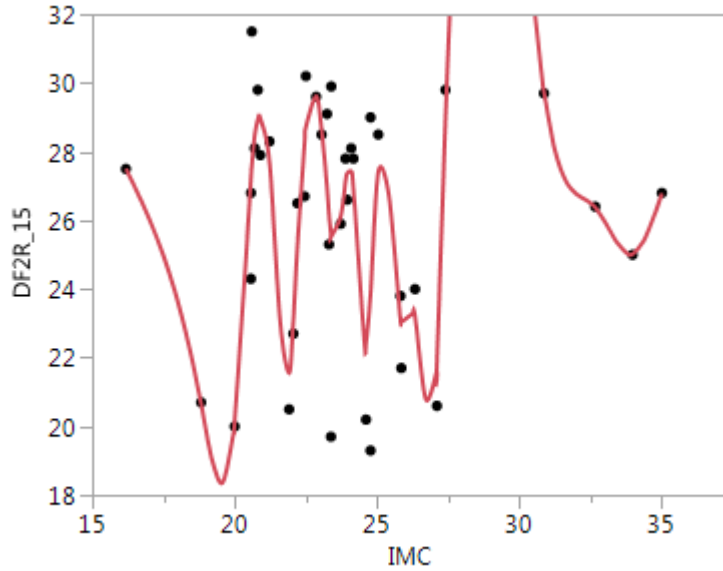
Tabla 4.35 Coeficientes del modelo dedo índice izquierdo, 10 minutos.

DEDO ÍNDICE IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	27.2029104	-2.38155042	0	-0.03563129	
18.82	20.2600107	-3.12655792	-0.28219981	2.90249758	
20	20.9466337	8.33176343	9.99264163	-9.91117681	
20.57	27.1068676	10.0629509	-6.95547072	-29.667732	
20.6	27.4016952	9.56551973	-9.6255666	-3.97871208	
20.7	28.2580128	7.52104505	-10.8191802	-19.3802468	
20.81	28.9286205	4.43732244	-17.2146617	4.75485771	
20.9	29.1920071	1.45422638	-15.9308501	6.07698798	
21.22	28.2251712	-6.87466696	-10.0969416	15.5630225	

21.91	23.7870901	1.42021863	22.118515	-13.6615225
22.06	24.4516818	7.13362035	15.9708298	-31.4340988
22.2	25.6771617	9.7571277	2.76850836	-16.4631967
22.45	28.032238	8.0545325	-9.57888916	-29.1006276
22.5	28.4073798	6.87838887	-13.9439833	1.41589616
22.86	29.1425196	-2.61077867	-12.4148154	13.1380882
23.05	28.288411	-5.90555359	-4.92610516	14.5042445
23.24	27.088008	-6.20666387	3.34131419	52.6035818
23.31	26.687957	-4.96560723	14.3880664	13.5742234
23.38	26.415522	-2.75173686	17.2386533	-71.0907783
23.39	26.3896574	-2.42829103	15.1059299	-17.0960599
23.72	26.618976	1.95633996	-1.81916936	-14.8798289
23.89	26.8258752	0.04774121	-9.40788208	-0.50531378
23.95	26.7947622	-1.08666202	-9.49883857	-4.11401327
24.09	26.4451634	-3.9882408	-11.2267241	21.0428358
24.17	26.065027	-5.38049422	-6.17644355	17.7981762
24.61	24.01797	-0.47858383	17.317149	-20.3743481
24.77	24.3012622	3.49815391	7.53746188	-24.0780792
25.04	25.3213159	2.30250741	-11.9657823	8.71637828
25.82	23.9736645	-0.45497926	8.43054293	1.69314733
25.85	23.9676484	0.05542482	8.58292619	-13.8263536
26.33	24.4426744	-1.26174162	-11.3270229	15.033793
27.1	23.618764	8.03525068	23.4010389	-32.9426524
27.4	27.2459811	13.1813579	-6.24734827	0.77410999
30.86	30.1277045	-2.24828667	1.78791343	-0.78934414
32.66	27.270173	-3.48422341	-2.47454495	2.02437077
33.97	23.0102434	0.45453687	5.48123219	-1.77386155
35	27.3551092	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice derecho a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.004487$ (1000) con $R^2 = 66.75$ con un $SSQ = 153.93$



Gráfica 4.17 Modelo Spline 15, dedo índice derecho, 15 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.36:

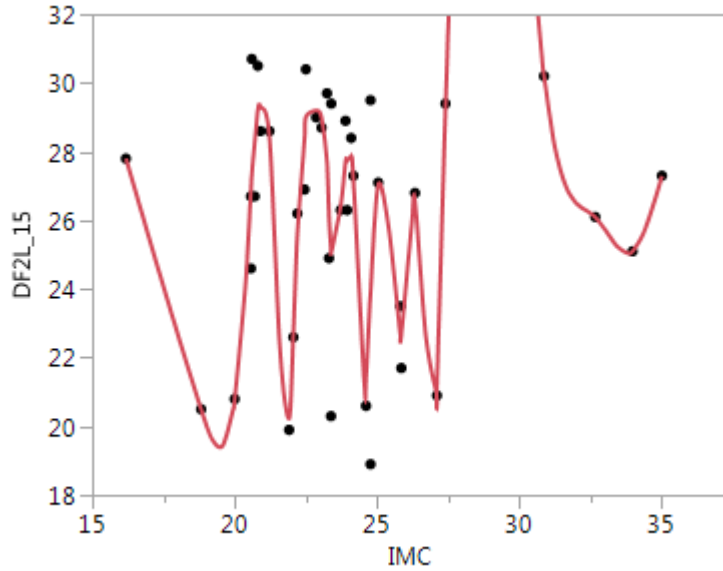
Tabla 4.36 Coeficientes del modelo, dedo índice derecho, 15 min.

DEDO ÍNDICE DERECHO A LOS 15 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	27.501731	-1.69987645	0	-0.12859378
18.82	20.6479645	-4.38861814	-1.01846276	3.73705639
20	20.1913908	8.81824172	12.2107169	-10.4811129
20.57	27.2440217	12.5225182	-5.71198616	-262.174409
20.6	27.6074778	11.4719282	-29.307683	26.9959513
20.7	28.4885897	6.4202701	-21.2088976	-1.87186801
20.81	28.9357003	1.68636382	-21.826614	62.3358201
20.9	28.9561203	-0.72766627	-4.99594258	-16.1219686
21.22	27.6833979	-8.87773827	-20.4730324	29.684591
21.91	21.5622031	5.26797833	40.974071	-49.2250788
22.06	23.1081818	14.2375068	18.8227855	-79.5483661
22.2	25.2520786	14.8304428	-14.5875282	13.1580746
22.45	28.2535637	10.0038177	-4.71897226	-102.254132
22.5	28.7291754	8.76501449	-20.057092	7.01149492
22.86	29.6123098	-2.95002254	-12.4846775	6.09701633
23.05	28.6429281	-7.03389313	-9.00937821	-4.52092363
23.24	26.9502408	-10.9470729	-11.5863047	155.18186

23.31	26.1804002	-10.2879822	21.001886	89.7780856
23.38	25.5939446	-6.02798029	39.8552839	-348.075312
23.39	25.5373022	-5.33529721	29.4130246	-23.9762279
23.72	26.1180988	6.24426537	5.67655897	-40.1785033
23.89	27.1462795	4.69081918	-14.8144777	8.38553279
23.95	27.3762078	3.0036456	-13.3050818	-49.2779258
24.09	27.40072	-3.61931934	-34.0018107	2.67066888
24.17	26.8949302	-9.00833221	-33.3608501	69.9071138
24.61	22.427571	2.2361714	58.9165401	-95.5762117
24.77	23.9021417	13.7492112	13.0399585	-58.7500821
25.04	27.4086639	7.94214583	-34.547608	22.3238453
25.82	23.1785984	-5.20664019	17.69019	68.4869569
25.85	23.0401695	-3.96031401	23.8540161	-31.0724716
26.33	23.1988173	-2.53775092	-20.890343	28.4463403
27.1	21.8455578	15.8886264	44.8207032	-64.0845106
27.4	28.9157272	25.4782304	-12.8553564	1.60695347
30.86	29.7340225	-5.7674232	3.82482065	-0.9205321
32.66	26.3765364	-0.94564083	-1.14605267	0.82254498
33.97	25.0201619	0.2864095	2.0865491	-0.67525861
35	26.7909103	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice izquierdo a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.000741$ (1000) con $R^2 = 70.05$ con un $SSQ = 136.36$



Gráfica 4.18 Modelo Spline 16, dedo índice izquierdo, 15 minutos

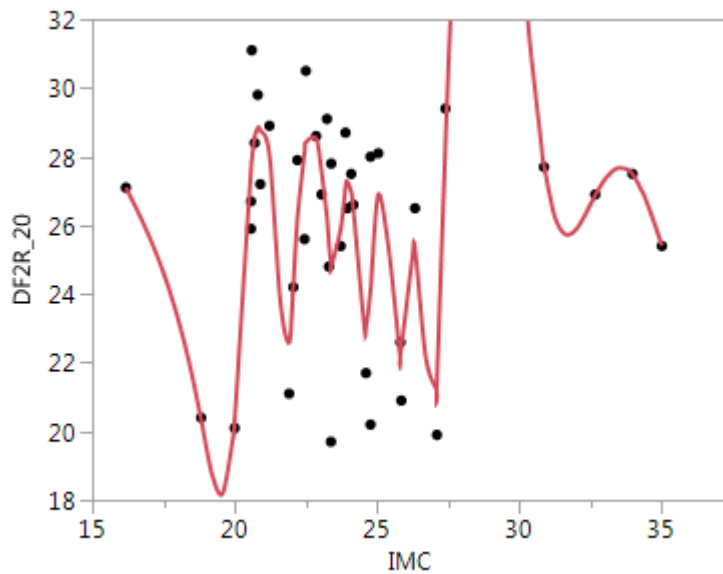
Y los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.37:

Tabla 4.37 Coeficientes del modelo dedo índice izquierdo, 15 minutos.

DEDO ÍNDICE IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	27.7999721	-2.85414509	0	0.01253481	
18.82	20.4956665	-2.59205715	0.09927573	1.96193493	
20	20.7987924	5.83762816	7.04452538	2.50514547	
20.57	26.8789422	16.3101524	11.3283241	-1103.15585	
20.6	27.348657	14.011331	-87.9557021	404.420829	
20.7	28.274654	8.5528155	33.3705467	-303.925532	
20.81	29.2147224	4.86183897	-66.9248788	274.247029	
20.9	29.3101225	-0.52043641	7.12181895	-45.1962784	
21.22	28.3918654	-9.84676899	-36.2666083	48.431508	
21.91	20.2412489	9.28003441	63.9866132	-105.076759	
22.06	22.7183188	21.3833371	16.7020717	-158.301579	
22.2	25.604967	16.7517844	-49.7845915	109.369565	
22.45	28.3902756	12.366282	32.242582	-561.01983	
22.5	29.0190687	11.3828915	-51.9103924	60.1818343	
22.86	29.1971664	-2.59389385	13.0859887	-28.5120234	
23.05	28.9811668	-0.7090703	-3.16586469	-154.992831	
23.24	27.6690599	-18.6978225	-91.5117786	758.610437	

23.31	26.172008	-20.3578981	67.7964132	186.407099
23.38	25.1430952	-8.1262159	106.941904	-1992.22323
23.39	25.070535	-6.58504479	47.1752071	-44.6456395
23.72	26.43042	9.96486149	2.97602403	-103.314084
23.89	27.7028714	2.01937862	-49.7141585	435.205302
23.95	27.7390675	0.75389686	28.6227958	-212.148498
24.09	27.8234844	-3.70605203	-60.4795735	47.192763
24.17	27.1640936	-12.4766827	-49.1533104	108.329228
24.61	21.3861893	7.18601981	93.8412708	-245.332179
24.77	23.9334084	18.3737151	-23.9181751	-5.48369037
25.04	27.042741	4.25861748	-28.3599643	20.2738241
25.82	22.7312442	-2.9791431	19.0807841	366.09291
25.85	22.6689271	-0.8458452	52.0291459	-69.7717299
26.33	26.5342415	0.87591518	-48.4421452	49.777767
27.1	21.2125416	14.8147258	66.5444966	-90.8167408
27.4	29.193912	30.2209038	-15.1905701	1.89039944
30.86	30.2064365	-7.00452362	4.43177605	-1.00501554
32.66	26.0959977	-0.81888095	-0.99530789	0.79537931
33.97	25.1033009	0.66826366	2.13053278	-0.68949281
35	27.2984673	0	0	0

Este Spline es para el dedo índice derecho a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.004487$ (1000) con $R^2 = 69.30$ con un $SSQ = 122.94$



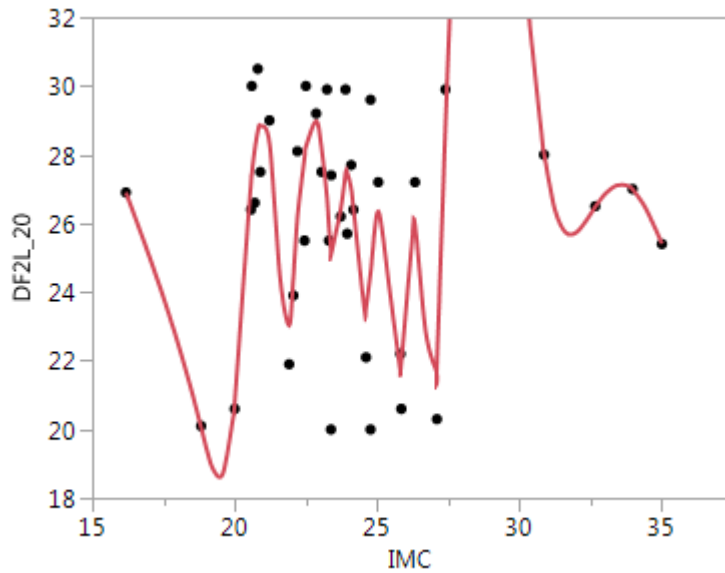
Gráfica 4.19 Modelo Spline 17, dedo índice derecho, 20 minutos.

Los coeficientes del modelo se muestran en la tabla 4.38:

Tabla 4.38 Coeficientes del modelo dedo derecho, 20 minutos

DEDO ÍNDICE DERECHO A LOS 20 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	27.1017371	-1.66016229	0	-0.12904904	
18.82	20.3444394	-4.35842281	-1.02206838	3.99847255	
20	20.3479909	9.93191535	13.1325245	-14.4244423	
20.57	27.6046341	10.8434893	-11.5332719	-208.263542	
20.6	27.9139357	9.58918145	-30.2769907	28.4249893	
20.7	28.5985089	4.386533	-21.7494939	13.6780234	
20.81	28.8360641	0.0981566	-17.2357461	85.2875539	
20.9	28.7674633	-0.93179015	5.79189343	-31.1572338	
21.22	28.0414201	-6.79648058	-24.119051	32.6255393	
21.91	22.5865516	6.5182868	43.4158154	-77.8084248	
22.06	24.278547	14.2909627	8.40202418	-83.64358	
22.2	26.2144435	11.725287	-26.7282794	41.5741976	
22.45	28.1248446	6.15630935	4.45236877	-145.993191	
22.5	28.4255419	5.50659729	-17.4466099	8.11557751	
22.86	28.5254766	-3.89962533	-8.68178623	13.6518212	
23.05	27.5647732	-5.72021185	-0.90024812	-35.7333039	
23.24	26.2003392	-9.93222295	-21.2682313	179.678684	
23.31	25.4624991	-10.2684987	16.4642923	130.462498	
23.38	24.8691278	-6.04569903	43.861417	-253.545216	
23.39	24.8128034	-5.24453426	36.2550605	-31.6303094	
23.72	25.8935848	8.35018358	4.94105416	-68.2980754	
23.89	27.120364	4.10869885	-29.8909643	49.0510051	
23.95	27.2698735	1.05153399	-21.0617834	-8.14188575	
24.09	26.981936	-5.32450825	-24.4813754	30.34441	
24.17	26.4148308	-8.65891564	-17.198717	44.100383	
24.61	23.0318834	1.81971583	41.0137885	-54.8434827	
24.77	24.148352	10.7321487	14.6889168	-62.0274943	
25.04	26.895967	5.09875075	-35.5533536	27.418535	
25.82	22.2538529	-0.3201708	28.6060183	53.1333501	
25.85	22.2714278	1.53965034	33.3880198	-48.7482164	
26.33	25.3118969	-0.10261788	-36.8094119	39.514399	
27.1	21.448208	13.4951493	54.4688497	-75.4999361	
27.4	28.3604509	25.7914763	-13.4810928	1.72679737	
30.86	27.7356536	-5.48010347	4.44306393	-0.9218622	
32.66	26.8906941	1.55442604	-0.53499197	-0.23053928	
33.97	27.4906192	-1.03413829	-1.44101134	0.46634671	

Este Spline es para el dedo índice izquierdo a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.004487$ (1000) con $R^2 = 69.59$ con un $SSQ = 138.69$



Gráfica 4.20 Modelo Spline 18, dedo índice izquierdo, 20 minutos.

Y los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.39:

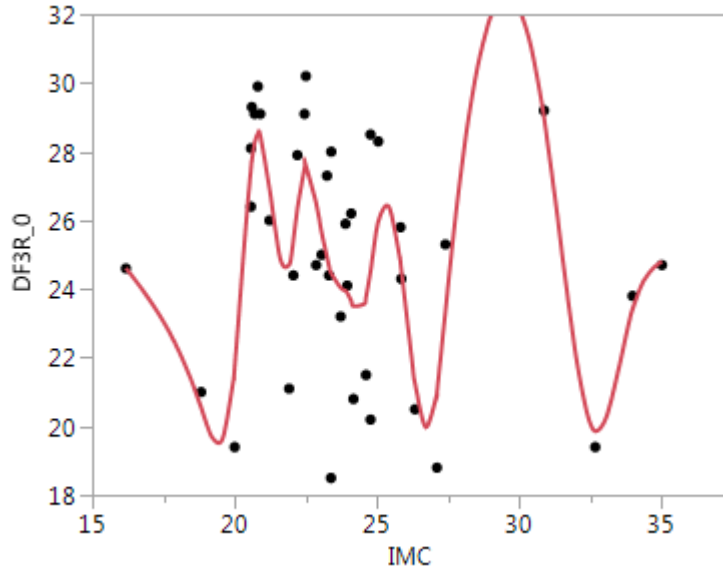
Tabla 4.39 Coeficientes del modelo dedo índice izquierdo a los 20 minutos

DEDO ÍNDICE IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	26.9006847	-2.2379106	0	-0.05086703
18.82	20.0566604	-3.30147912	-0.40286687	3.16877207
20	20.8063572	8.98434975	10.8145863	-12.1612299
20.57	27.1889209	9.45942731	-9.98111685	-129.37703
20.6	27.4602276	8.51124232	-21.6250495	59.2993256
20.7	28.1544006	5.96521218	-3.83525186	-56.1750551
20.81	28.6893984	3.08230227	-22.3730201	78.3321558
20.9	28.8426883	0.95863005	-1.22333798	-21.4143948
21.22	28.3224732	-6.40280832	-21.7811569	28.9181781
21.91	23.0344084	4.84302886	38.0794717	-55.3555343
22.06	24.430826	12.5303718	13.1694813	-94.7898971

22.2	26.1830964	10.6441806	-26.6422755	47.6143548
22.45	27.9229736	6.25073439	9.0684906	-132.385169
22.5	28.2416334	6.16469468	-10.7892848	-1.75842489
22.86	28.9805911	-2.28726596	-12.6883837	14.5411741
23.05	28.1876978	-5.5340426	-4.39991444	-36.5469938
23.24	26.726717	-11.1640495	-25.2317009	199.192031
23.31	25.8899211	-11.7683648	16.5986255	170.225308
23.38	25.2058561	-6.94224519	52.3459402	-216.510898
23.39	25.1414517	-5.96027966	45.8506132	-48.7263129
23.72	26.4166137	8.38223866	-2.38843652	-64.818259
23.89	27.4541163	1.95042719	-35.4457486	116.883224
23.95	27.4687841	-1.04072382	-14.4067683	-14.5174186
24.09	27.0008743	-5.92824315	-20.5040841	37.4197139
24.17	26.4145476	-8.4904381	-11.5233527	36.3389946
24.61	23.5433346	2.47469954	36.4441201	-70.8844379
24.77	24.5819134	8.69289314	2.41958992	-38.4816992
25.04	26.3479473	1.58352409	-28.7505864	24.8161735
25.82	21.8678041	2.0270891	29.3192595	49.4945703
25.85	21.9563405	3.91988001	33.7737708	-51.2661801
26.33	25.9497303	0.90751631	-40.0495286	41.6147145
27.1	21.9016428	13.251335	56.080462	-77.3692255
27.4	28.8353158	26.0099213	-13.551841	1.72476355
30.86	28.0351244	-5.82428042	4.35120465	-0.88457967
32.66	26.4904541	1.24194197	-0.42552555	-0.17542534
33.97	26.9927815	-0.77607723	-1.11494713	0.36082431
35	25.4048571	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio derecho a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.04965$ (1000) con $R^2 = 62.29$ con un $SSQ = 171.10$



Gráfica 4.21 Modelo Spline 18, dedo índice izquierdo, 20 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.40:

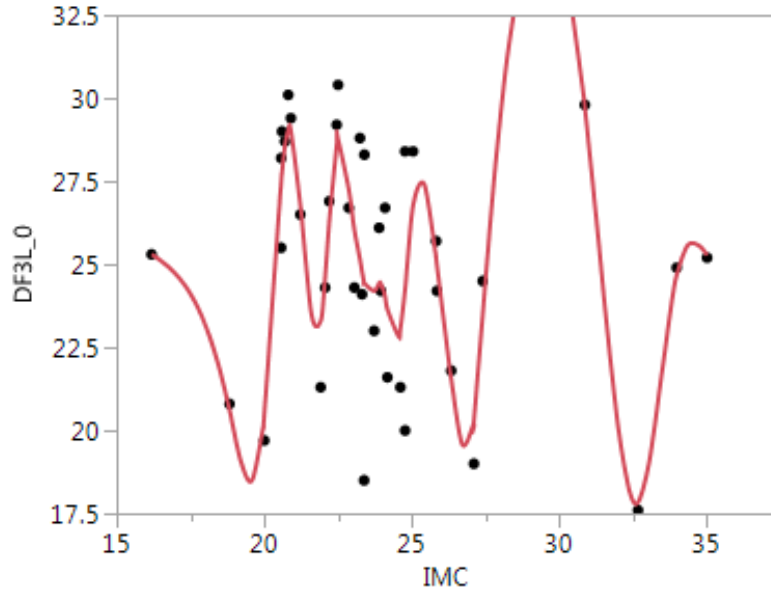
Tabla 4.40 Coeficientes del dedo medio derecho, 0 minutos.

DEDO MEDIO A LOS MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.6100555	-1.06787599	0	-0.06749707
18.82	20.5489341	-2.47915874	-0.5345768	2.96025832
20	21.7429812	8.62483105	9.94473764	-12.7668753
20.57	27.5258442	7.51795865	-11.8866191	-16.4700537
20.6	27.7402403	6.76029236	-13.3689239	-6.00025183
20.7	28.2765801	3.90650003	-15.1689994	-0.47309036
20.81	28.5221205	0.55214698	-15.3251193	8.77585079
20.9	28.4540779	-1.99312132	-12.9556395	13.111568
21.22	26.9192614	-6.25685692	-0.36853422	6.94107593
21.91	24.7067769	3.14850461	13.999493	-17.2692176
22.06	25.4357576	6.1826803	6.22834504	-24.2216839
22.2	26.3569441	6.5023819	-3.94476219	-13.864005
22.45	27.5193668	1.93049986	-14.342766	-3.25409098
22.5	27.5796282	0.47181759	-14.8308796	14.3350123
22.86	26.4962148	-4.63296293	0.65093373	2.27801817
23.05	25.6550755	-4.13889875	1.94940408	-2.11914045
23.24	24.924523	-3.62762811	0.74149402	13.8261193

23.31	24.6789648	-3.32057499	3.64497907	11.9535836
23.38	24.468485	-2.63456025	6.15523163	-28.1095468
23.39	24.4427268	-2.51988848	5.31194522	-4.2315441
23.72	24.0375654	-0.39645009	1.12271657	-9.85365642
23.89	23.9542044	-0.86903846	-3.90264821	3.20739054
23.95	23.8887054	-1.30271643	-3.32531791	4.62569429
24.09	23.6538417	-1.96181462	-1.3825263	21.716643
24.17	23.4991673	-1.76605928	3.82946801	3.59862934
24.61	23.7700319	3.69395649	8.57965875	-11.6388361
24.77	24.5330315	5.54558468	2.99301744	-14.0960142
25.04	25.9710785	4.07901579	-8.42475407	1.53674453
25.82	24.7563556	-6.25873444	-4.82877187	8.5421505
25.85	24.5644783	-6.52539695	-4.05997833	6.76685401
26.33	21.2452287	-5.74572664	5.68429146	1.76454678
27.1	20.9968095	6.14668156	9.76039453	-12.981417
27.4	23.3687512	8.49793568	-1.9228808	-0.0180144
30.86	29.0054614	-5.45538284	-2.10987022	1.28781566
32.66	19.8603336	-0.53334746	4.84433432	-1.8021488
33.97	23.4236161	2.88080581	-2.23811046	0.72430759
35	24.8079052	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio izquierdo a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.0149 (1000) con $R^2 = 69.94$ con un SSQ=143.46



Gráfica 4.22 Modelo Spline 20, dedo medio izquierdo, 0 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.41:

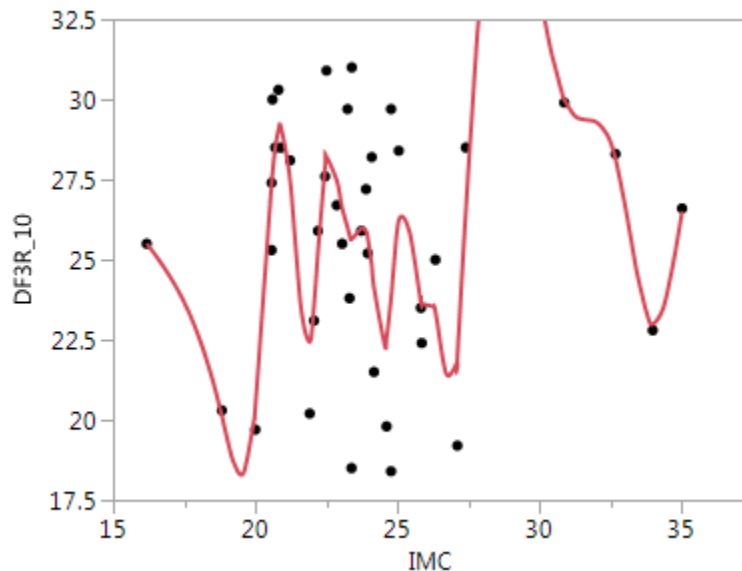
Tabla 4.41 Coeficientes del modelo dedo medio izquierdo a los 0 minutos,

DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	25.3074522	-0.61813209	0	-0.16640244
18.82	20.6138211	-4.09740745	-1.31790733	3.99086044
20	20.5009376	9.46295348	12.8097386	-13.8935981
20.57	27.483708	10.5239654	-10.9483142	-42.1942428
20.6	27.7884343	9.7531421	-14.745796	-15.1407029
20.7	28.6011498	6.3497618	-19.2880069	-12.9334372
20.81	29.0490243	1.63691651	-23.5560412	10.5342225
20.9	29.0132223	-2.3471893	-20.7118011	19.1707372
21.22	26.76942	-9.71349154	-2.30789339	13.1547486
21.91	23.2897761	5.89054306	24.9224363	-31.2757655
22.06	24.6285567	11.2561598	10.8483418	-38.6122408
22.2	26.3110946	12.0232957	-5.36879932	-25.4623344
22.45	28.5835196	4.56470836	-24.4655502	-11.6966947
22.5	28.749129	2.03042814	-26.2200544	25.1662687
22.86	27.2561216	-7.06336574	0.95951581	12.748406
23.05	26.0361619	-5.31809736	8.22610724	-26.0190535
23.24	25.1442212	-5.01004011	-6.60475328	55.6123061

23.31	24.7802301	-5.11720467	5.073831	40.4231735
23.38	24.4607527	-3.81264768	13.5626974	-92.6768781
23.39	24.4238898	-3.5691968	10.7823911	-6.12565047
23.72	24.2001198	1.54593131	4.71799712	-32.9236089
23.89	24.4375245	0.29557344	-12.0730434	4.19847677
23.95	24.4127028	-1.10784822	-11.3173176	-0.55105071
24.09	24.0342726	-4.30909892	-11.5487589	58.9730521
24.17	23.6458268	-5.02461774	2.60477362	13.29096
24.61	23.0714563	4.98697261	20.1488408	-26.2646026
24.77	24.2776024	9.41748019	7.54183157	-29.7302352
25.04	26.7849414	6.98806679	-16.539659	6.33305971
25.82	25.1782711	-7.25470062	-1.72029924	17.9829541
25.85	24.9595674	-7.3093646	-0.10183337	1.02226763
26.33	21.5406646	-6.70053325	1.37023201	6.81307263
27.1	20.304057	7.52803633	17.1084298	-22.3057428
27.4	23.4999716	11.7705437	-2.96673874	0.02429567
30.86	29.715812	-7.8867142	-2.71454966	1.90416275
32.66	17.8296627	0.84936893	7.56792918	-3.22406873
33.97	24.6816594	4.07887037	-5.10266091	1.65134657
35	25.2739539	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio derecho los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.0149 (1000) con $R^2=55.69$ con un $SSQ=236.87$



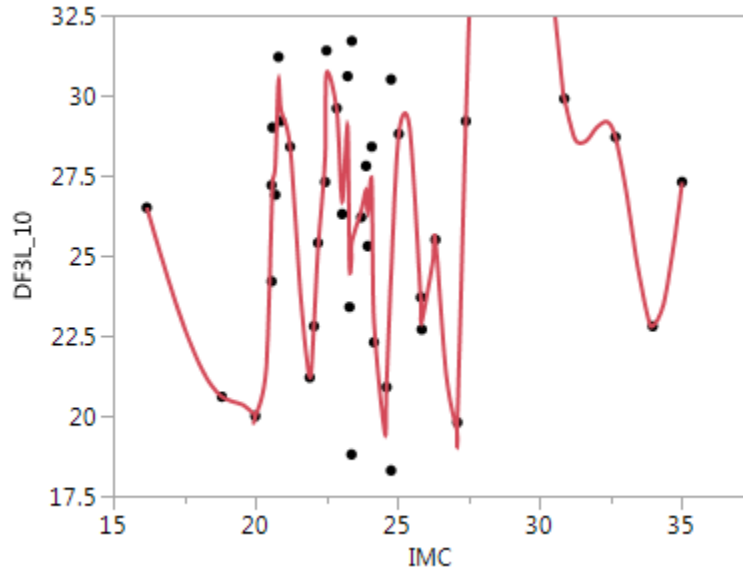
Gráfica 4.23 Modelo Spline 21 Dedo medio derecho, 10 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.42:

Tabla 4.42 Coeficientes del dedo medio derecho a los 10 minutos.

DEDO MEDIO DERECHO A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.5055017	-1.18056423	0	-0.12285048	
18.82	20.1283947	-3.74922042	-0.97297583	3.70899291	
20	20.4435371	9.44776183	12.1568591	-12.8937478	
20.57	27.3906931	10.7390452	-9.8914496	-59.3698585	
20.6	27.7023591	9.98525965	-15.2347369	-8.06490889	
20.7	28.5404728	6.69636501	-17.6542095	-8.96864292	
20.81	29.0515198	2.48687718	-20.6138617	18.9091756	
20.9	29.1221512	-0.76412496	-15.5083843	5.01690973	
21.22	27.4539668	-9.14829624	-10.692151	19.4424458	
21.91	22.4381278	3.8661808	29.5537119	-30.5336116	
22.06	23.5799625	10.6712756	15.8135867	-41.2508867	
22.2	25.2706949	12.6735277	-1.51178577	-27.1988793	
22.45	27.9196077	6.81784496	-21.9109452	-34.335529	
22.5	28.2014307	4.36923397	-27.0612746	25.9219141	
22.86	27.4766265	-5.03644352	0.93439263	8.58030683	
23.05	26.6122862	-3.75212709	5.82516752	-16.2563797	
23.24	25.9981681	-3.29912935	-3.44096889	66.4033189	
23.31	25.7731446	-2.80473621	10.5037281	22.3441773	
23.38	25.6359454	-1.00575487	15.1960053	-136.997225	
23.39	25.6272704	-0.74293393	11.0860886	-17.0273799	
23.72	25.9774643	1.01103951	-5.77101752	-18.7571122	
23.89	25.8904049	-2.57734808	-15.3371447	10.4853639	
23.95	25.6828152	-4.30456351	-13.4497792	-0.29561102	
24.09	24.8157495	-8.08788362	-13.5739359	75.2726843	
24.17	24.1203852	-8.81447782	4.49150839	16.7610463	
24.61	22.539344	4.87286527	26.6160895	-44.4068697	
24.77	23.8184837	9.97956633	5.3007921	-34.0676301	
25.04	26.2288412	5.39140336	-22.2939883	14.4130497	
25.82	23.710215	-3.08052003	11.432548	9.7190751	
25.85	23.6283511	-2.36832564	12.3072648	-17.7092713	
26.33	23.3686448	-2.79399978	-13.1940859	18.7179163	
27.1	21.939838	10.1806657	30.0443008	-42.4610306	
27.4	26.5515769	16.7427679	-8.17062673	1.04609477	
30.86	29.9971402	-2.22768462	2.68783699	-1.12298858	
32.66	28.1466304	-3.46692042	-3.37630132	2.30166358	
33.97	22.9852431	-0.46317528	5.66923655	-1.83470438	

Este Spline es para el dedo medio izquierdo a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.000067$ (1000) con $R^2 = 69.06$ con un $SSQ = 169.66$



Gráfica 4.24 Modelo Spline 22, dedo medio izquierdo, 10 minutos.

Los coeficientes del modelo están en la tabla 4.43:

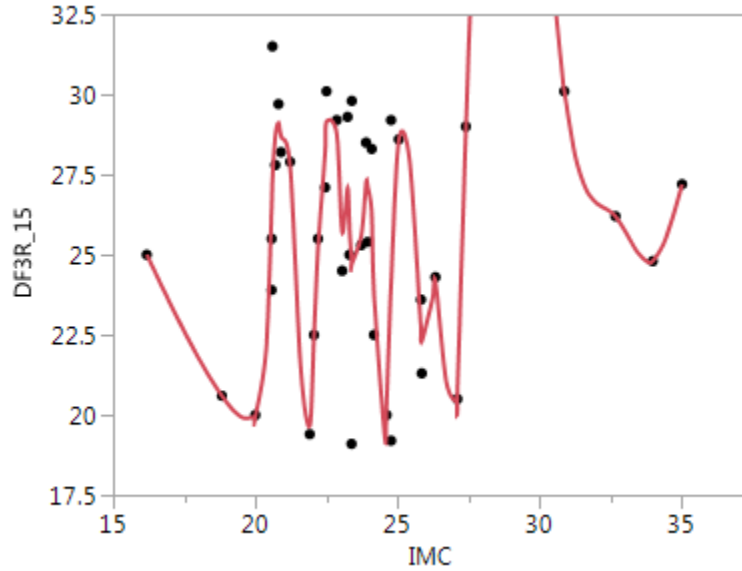
Tabla 4.43 Coeficientes del dedo medio izquierdo a los 10 minutos

DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	26.499977	-3.03248666	0	0.11445525
18.82	20.6001596	-0.63936468	0.9064856	-0.67937203
20	19.9916698	-1.33793153	-1.4984914	40.7644706
20.57	26.2914836	36.6869177	68.2087533	-5844.64406
20.6	27.2956736	24.998904	-457.809212	2634.59187
20.7	27.8520637	12.4748177	332.56835	-2102.04358
20.81	30.4505507	9.33567272	-361.106032	1626.55988
20.9	29.5515645	-16.1380081	78.0651343	-122.51744
21.22	28.3666202	-3.81367977	-39.5516084	43.5510697
21.91	21.2115788	3.80909349	50.5991059	-14.0548295
22.06	22.8739876	18.0401243	44.2744326	-382.152548

22.2	25.2187573	7.96639556	-116.229638	519.552304
22.45	28.0640086	47.2676338	273.434591	-3281.48562
22.5	30.7007911	49.9999508	-218.788252	197.165684
22.86	29.5447781	-30.8695723	-5.8493127	471.901283
23.05	26.7051701	18.0145978	263.134418	-1543.87045
23.24	29.0376888	-49.1954931	-616.871739	6228.82218
23.31	24.7078188	-43.9938504	691.18092	-277.738791
23.38	24.9197713	48.6887181	632.855773	-30724.3623
23.39	25.4392197	52.1285249	-288.875096	423.798247
23.72	26.4131726	-0.07415116	130.685169	-636.761881
23.89	27.0489571	-10.8484489	-194.06339	3099.76974
23.95	26.3689723	-0.65854256	363.895162	-2218.50027
24.09	27.3215567	-29.2157131	-567.874952	3146.88905
24.17	22.9611072	-59.6554356	187.378421	-142.201496
24.61	20.8758856	22.6469458	-0.32755411	-22.2291819
24.77	24.3999608	20.8349273	-10.9975614	-21.8388715
25.04	28.7938144	10.1200829	-28.6870473	8.93522033
25.82	23.4745062	-18.3231467	-7.77863173	1130.79497
25.85	22.9483425	-15.7367182	93.9929158	-104.739773
26.33	25.4673045	2.10034971	-56.8323576	57.9241819
27.1	19.8329695	17.6082613	76.9725026	-106.103306
27.4	29.1781839	35.1438702	-18.520473	2.4345831
30.86	29.9009384	-5.58023797	6.75049956	-2.23409059
32.66	28.6989123	-2.99380007	-5.31358962	3.17723888
33.97	22.8011052	-0.55802595	7.17295917	-2.32134601
35	27.2995334	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio derecho a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.000406 (1000) con $R^2=68.26$ con un SSQ=155.96



Gráfica 4.25 Modelo Spline 23 Dedo medio derecho a los 15 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.44

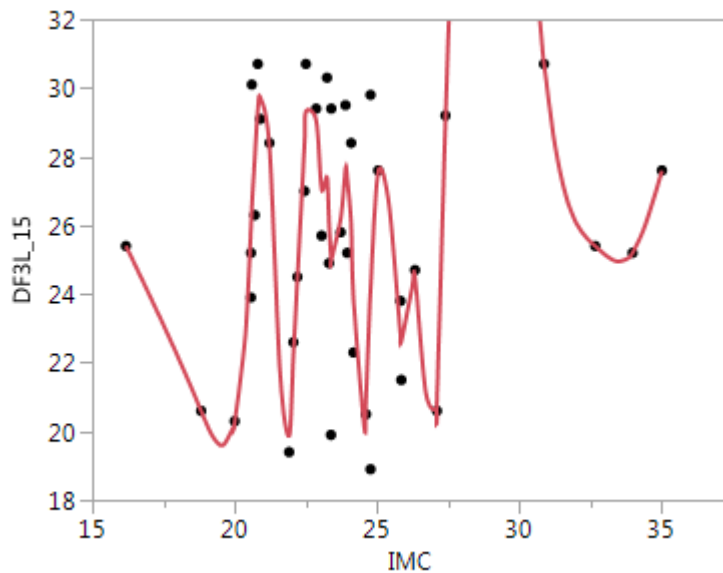
Tabla 4.44 Coeficientes del modelo dedo medio derecho a los 15 minutos

DEDO MEDIO DERECHO A LOS 15 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	24.9999654	-1.86484794	0	0.02841671	
18.82	20.599627	-1.27068865	0.22506034	0.33465378	
20	19.9634353	0.65836951	1.40973471	30.3549518	
20.57	26.4182533	31.8524386	53.3167023	-2791.07904	
20.6	27.3464524	27.5155274	-197.880411	619.058602	
20.7	28.7382596	6.51120322	-12.1628305	-151.269465	
20.81	29.105982	-1.65570108	-62.081754	336.430016	
20.9	28.6993642	-4.6551674	28.7543504	-73.5570192	
21.22	27.7438397	-8.84909946	-41.860388	54.6533963	
21.91	19.6623629	11.445011	71.2721424	-160.7513	
22.06	22.4402021	21.975941	-1.06594272	-111.656179	
22.2	25.1895568	15.1120937	-47.9615378	143.223256	
22.45	28.2078475	17.9856853	59.4559039	-766.339583	
22.5	29.1599791	18.1837288	-55.4950336	5.43454445	
22.86	28.7675192	-19.6597445	-49.6257256	360.509069	
23.05	25.7134108	0.52561198	155.864444	-635.723104	
23.24	27.0795587	-9.09471145	-206.497725	1187.29929	

23.31	25.8383337	-20.5510934	42.8351266	499.012165
23.38	24.7808105	-7.21869679	147.627681	-4165.03585
23.39	24.7192212	-5.51565392	22.6766058	6.37527866
23.72	25.5976462	11.5337095	28.9881317	-237.997641
23.89	27.2268514	0.75527876	-92.3906653	807.280339
23.95	27.1139343	-1.61297342	52.9197957	-599.890683
24.09	26.279246	-22.0690028	-199.034291	1059.18486
24.17	23.782209	-33.57814	55.1700754	6.46815027
24.61	20.2397369	18.7282281	63.7080338	-190.360146
24.77	24.0874639	24.4951397	-27.6648362	-5.57173902
25.04	28.5747165	8.33758877	-32.1779448	15.1864978
25.82	22.707757	-14.1416094	3.35845998	747.734145
25.85	22.3067201	-11.9212196	70.6545331	-78.8012558
26.33	24.1485506	1.43970408	-42.8192753	45.5414141
27.1	20.6607328	16.5025334	62.3813913	-86.4231509
27.4	28.892393	30.5971174	-15.3994445	1.92414063
30.86	30.1036743	-6.86191286	4.5731352	-1.09254459
32.66	26.1974691	-1.01815959	-1.3266056	0.98532994
33.97	24.8022036	0.57890789	2.54574108	-0.82386443
35	27.1989965	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio izquierdo a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

lambda = 0.00074 (1000) con $R^2 = 67.29$ con un SSQ=163.26



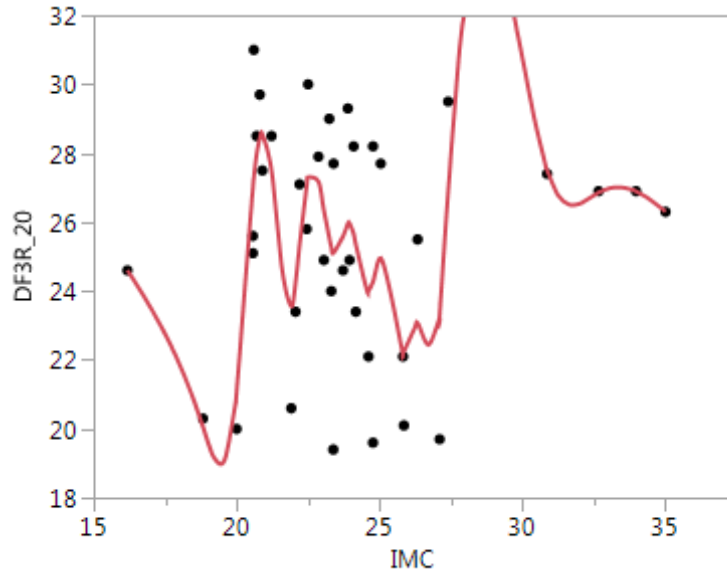
Gráfica 4.26 Modelo Spline 24,,dedo medio izquierdo, 15 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.45:

Tabla 4.45 Coeficientes del dedo medio izquierdo a los 15 minutos

DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	25.4000304	-1.72415185	0	-0.0136566
18.82	20.5969915	-2.00969504	-0.1081603	1.33971187
20	20.2761384	3.33129109	4.63441973	12.0736781
20.57	25.916658	20.3827436	25.2804093	-1217.48814
20.6	26.5180205	18.6123502	-84.2935229	393.838695
20.7	27.9301589	13.5688065	33.8580858	-339.476169
20.81	29.3805677	8.69460044	-78.1690502	254.060619
20.9	29.7151226	0.79784446	-9.57268294	-22.6477222
21.22	28.2480696	-12.2860529	-31.3144963	45.6970478
21.91	19.8737529	9.76903568	63.2783927	-167.417169
22.06	22.1978391	17.4518946	-12.0593332	13.4918971
22.2	24.4417632	14.8686049	-6.39273643	39.6892759
22.45	28.3795134	19.1139759	23.3742205	-580.874535
22.5	29.3210384	17.0948389	-63.7569597	39.4410841
22.86	29.0524416	-13.4754786	-21.1605889	195.787628
23.05	27.0711108	-0.31270222	90.4383591	-420.996352
23.24	27.3889082	-11.5400306	-149.529561	888.536643
23.31	26.1531792	-19.4126805	37.0631338	324.803296
23.38	25.0873085	-9.44923336	105.271826	-2008.6688
23.39	25.0013347	-7.94639748	45.0117619	-29.961947
23.72	26.2040619	11.9727973	15.3494343	-211.72617
23.89	27.6428254	-1.16505404	-92.6309126	623.710006
23.95	27.3741722	-5.54469549	19.6368884	-354.325178
24.09	26.0105296	-20.8806872	-129.179686	720.560306
24.17	23.8822515	-27.7146791	43.754787	8.79625792
24.61	20.9080199	15.8984	55.3658475	-174.748437
24.77	24.15336	20.1947913	-28.5134022	2.16567947
25.04	27.5699537	5.27118818	-26.7592018	15.6818058
25.82	22.8430143	-7.85073474	9.93622374	446.174682
25.85	22.6284816	-6.04988968	50.0919451	-61.4643694
26.33	24.4682512	-0.4457945	-38.4167468	42.7861117
27.1	20.8809722	16.4960723	60.4191712	-83.6071192
27.4	29.010127	30.1736528	-14.8272361	1.80582609
30.86	30.7056783	-7.57493772	3.91723879	-0.74850755
32.66	25.397348	-0.74837145	-0.12470198	0.44445467
33.97	25.2021549	1.21309534	1.62200487	-0.52492067

Este Spline es para el dedo medio derecho a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.027227$ (1000) con $R^2 = 52.23$ con un $SSQ = 203.67$



Modelo Spline 2 Dedo medio derecho a los 20 minutos,

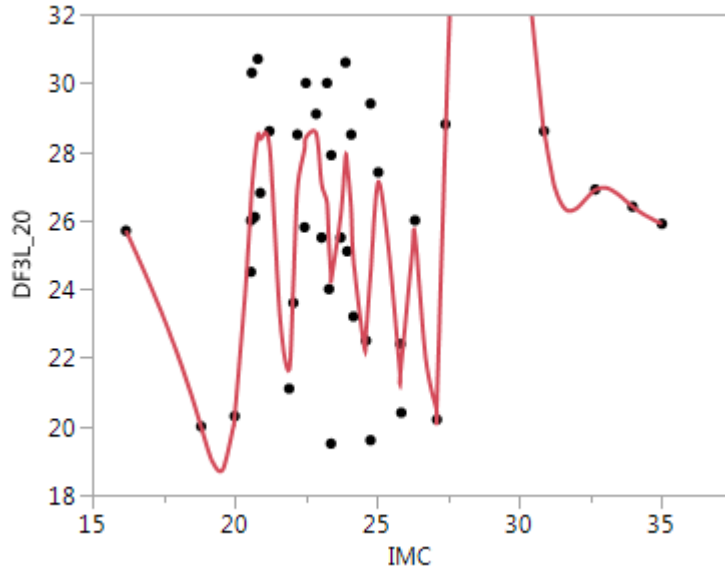
Los coeficientes del modelo se encuentran en la siguiente tabla 4.46:

Tabla 4.46 Coeficientes del dedo medio derecho a los 20 minutos.
DEDO MEDIO DERECHO A LOS 20 MINUTOS

X	A	B	C	D
16.18	24.604917	-1.30186627	0	-0.0601978
18.82	20.060366	-2.56052997	-0.47676655	2.8735812
20	21.0964767	8.31782433	9.69571088	-10.5503086
20.57	27.0339298	9.08754899	-8.34531675	-51.7821686
20.6	27.2976473	8.44701813	-13.0057119	-6.4551935
20.7	28.0058368	5.65221994	-14.94227	-0.40527793
20.81	28.4462401	2.35020896	-15.0760117	14.9441895
20.9	28.5465376	-0.00032934	-11.0410805	2.13169246
21.22	27.4856768	-6.41176495	-8.99465575	14.5497966
21.91	23.5589425	1.95708457	21.1234232	-21.675795
22.06	24.2546264	6.83099536	11.3693154	-32.1387723
22.2	25.3456156	8.12464386	-2.12896897	-10.6602839

22.45	27.0771491	5.06135614	-10.1241819	-26.2960995
22.5	27.3016194	3.8517172	-14.0685968	6.73949757
22.86	27.1793854	-3.65735585	-6.78993944	15.5618009
23.05	26.3461094	-4.5521898	2.08028709	-2.14255387
23.24	25.5415959	-3.99371929	0.85903139	40.1978199
23.31	25.2800327	-3.28254694	9.30057356	24.5267007
23.38	25.1042399	-1.61992414	14.4511807	-45.3088776
23.39	25.0894404	-1.34449319	13.0919144	-13.3484515
23.72	25.5917639	2.9352312	-0.1230526	-25.4903677
23.89	25.9619628	0.68337843	-13.1231401	15.3763851
23.95	25.9590435	-0.72533342	-10.3553908	2.41078147
24.09	25.6611463	-3.4830889	-9.34286261	33.4933305
24.17	25.3398535	-4.33487498	-1.30446328	9.74419102
24.61	24.0100136	0.17662348	11.5578689	-13.6396259
24.77	24.2782868	2.82761824	5.01084842	-22.9021678
25.04	24.9562512	0.52477229	-13.5399075	10.6888601
25.82	22.2003138	-1.08817601	11.4720251	9.46074303
25.85	22.1782488	-0.3743105	12.323492	-15.982736
26.33	23.0703496	0.40897465	-10.6916479	13.7628649
27.1	23.329384	8.42384461	21.1005699	-30.6707734
27.4	26.9274778	12.8030778	-6.50312613	0.82397081
30.86	27.5036034	-2.60580825	2.04969086	-0.44441957
32.66	26.862292	0.45332069	-0.35017479	0.01722952
33.97	26.8939407	-0.37543454	-0.28246279	0.09141191
35	26.3074666	0	0	0

Este Spline es para el dedo medio izquierdo a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.001349$ (1000) con $R^2 = 62.78$ con un $SSQ = 163.4317$



Gráfica 4.27 Modelo Spline 26, dedo medio izquierdo, 20 minutos

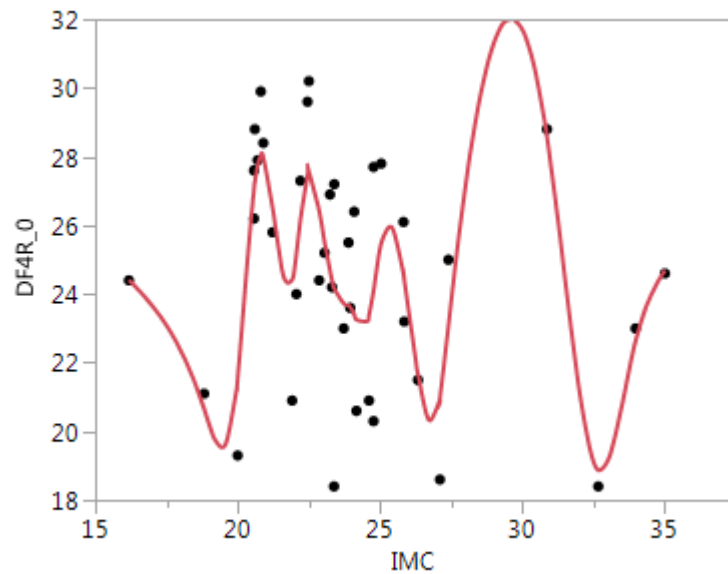
Los coeficientes del modelo se encuentran en la siguiente tabla 4.47:

Tabla 4.47 Coeficientes del dedo medio izquierdo a los 20 minutos.

DEDO MEDIO IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	25.7001917	-1.83299159	0	-0.0473702
18.82	19.9894945	-2.82344552	-0.37517194	2.54851496
20	20.322731	6.93680539	8.64657101	-3.06822888
20.57	26.5177664	13.8032937	3.39989962	-629.589823
20.6	26.9179262	12.3073951	-53.2631844	206.109155
20.7	27.8221431	7.83803287	8.56956202	-219.426566
20.81	28.4959616	1.75815218	-63.8412046	325.183858
20.9	28.3741406	-1.83129691	23.9584369	-63.7809532
21.22	28.1514952	-6.09140611	-37.2712782	47.0430537
21.91	21.657636	9.66582371	60.1078431	-90.7469255
22.06	24.1536652	21.5727592	19.2717266	-227.555722
22.2	26.9271644	13.5885662	-76.3016766	161.086625
22.45	28.0724297	5.64147009	44.5132922	-400.423061
22.5	28.4157336	7.08962635	-15.5501669	-8.95618375
22.86	28.5348377	-7.58865804	-25.2228453	130.693507
23.05	27.0788747	-3.01923243	49.2724538	-259.441092
23.24	26.5044497	-12.3931702	-98.6089686	604.297555

23.31	25.3610179	-17.3152518	28.293518	267.994641
23.38	24.3795107	-9.41463802	84.5723926	-937.715928
23.39	24.2928838	-8.00450495	56.4409147	-46.4097296
23.72	26.1299863	14.0844401	10.4952824	-202.077222
23.89	27.8348494	0.13274097	-92.5641007	481.182124
23.95	27.6135185	-5.77818417	-5.95131836	-139.899779
24.09	26.3040418	-15.6706603	-64.7092254	402.714048
24.17	24.8424396	-18.2920267	31.942146	-3.1272103
24.61	22.711559	8.00077809	27.8142284	-55.40273
24.77	24.4767982	12.6464015	1.220918	-43.9365514
25.04	27.1155284	3.69677344	-34.3676887	26.3554236
25.82	21.5967288	-1.8129018	27.3040025	224.841009
25.85	21.5729861	0.43240907	47.5396933	-64.9998834
26.33	25.5452207	1.14259517	-46.0601389	47.3745514
27.1	20.7440087	14.4750959	63.3750748	-87.0481496
27.4	28.4399941	28.9971404	-14.9682598	1.90808389
30.86	28.6122281	-6.054766	4.83765102	-1.11344643
32.66	26.8940191	0.53807837	-1.17495971	0.36442402
33.97	26.4018117	-0.6641519	0.25722668	-0.08324488
35	25.8996631	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular derecho a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.049659$ (1000) con $R^2 = 62.55$ con un $SSQ = 163.69$



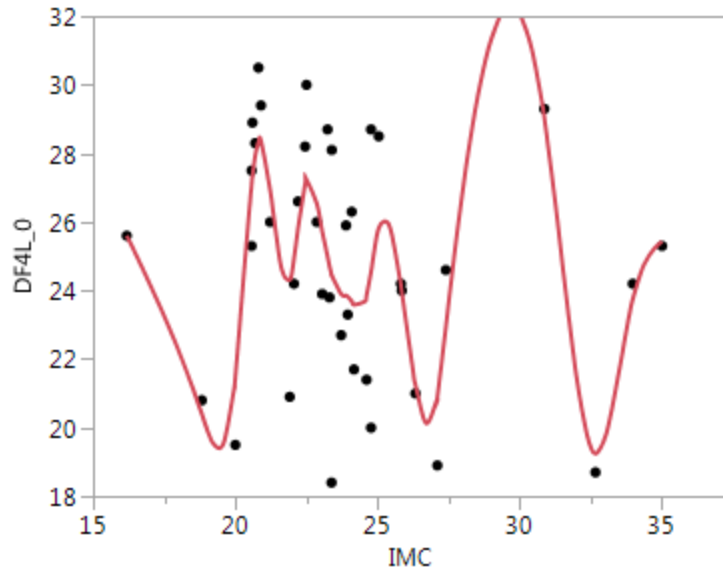
Gráfica 4.28 Modelo Spline 27, dedo anular, 0 minutos

Los coeficientes del modelo se muestran en la tabla 4.48:

Tabla 4.48 Coeficientes del dedo anular, 0 minutos

DEDO MEDIO A LOS MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.411895	-0.86666649	0	-0.07984487
18.82	20.6547704	-2.53612686	-0.63237135	2.90873471
20	21.560771	8.12184338	9.66454952	-12.2665677
20.57	27.0585514	7.18320634	-11.3112812	-14.3951032
20.6	27.2634788	6.46566269	-12.6068405	-4.08128823
20.7	27.7798954	3.82185595	-13.8312269	-3.27509241
20.81	28.0285825	0.66010018	-14.9120074	9.28669547
20.9	27.9739743	-1.79839446	-12.4045996	12.1463699
21.22	26.5262693	-6.0059734	-0.74408454	7.27132675
21.91	24.4165853	3.35282593	14.3075618	-16.3335605
22.06	25.1863036	6.54257914	6.95745961	-24.2965585
22.2	26.1719611	7.0620302	-3.24709495	-16.7246587
22.45	27.4732024	2.30260922	-15.7905889	-2.44864562
22.5	27.5485503	0.70518549	-16.1578858	15.349066
22.86	26.4244811	-4.96077541	0.41910551	1.75984678
23.05	25.5091343	-4.61092391	1.42221817	-0.31520027
23.24	24.6822389	-4.1046172	1.24255402	14.5714006
23.31	24.4060022	-3.71646005	4.30254815	13.1886224
23.38	24.1714561	-2.92023056	7.07215884	-25.5519627
23.39	24.1429355	-2.78645297	6.30559996	-5.0315837
23.72	23.7292658	-0.26857539	1.3243321	-9.92674088
23.89	23.6731111	-0.67895091	-3.73830575	2.33615115
23.95	23.6194208	-1.10231717	-3.31779854	2.20579017
24.09	23.4061202	-1.9016003	-2.39136667	22.3020452
24.17	23.2501061	-1.8560197	2.96112417	4.51335228
24.61	23.3911965	3.37112458	8.91874918	-12.2086684
24.77	24.1088897	5.28749858	3.05858836	-13.6705004
25.04	25.4904089	3.94939785	-8.01451699	1.83250389
25.82	24.5645255	-5.20856254	-3.72645788	12.1392928
25.85	24.4052426	-5.39937393	-2.63392153	4.04916766
26.33	21.6544931	-5.12915391	3.1968799	3.01214099
27.1	20.9756165	5.15173631	10.1549256	-12.9340552
27.4	23.0858612	7.75249676	-1.4857241	-0.08550257
30.86	28.5813403	-5.59952186	-2.37324082	1.38223885
32.66	18.8741177	-0.70782718	5.09084897	-1.80025015
33.97	22.6361438	3.36196931	-1.9841341	0.64211459

Este Spline es para el dedo anular izquierdo los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.049659$ (1000) con $R^2 = 60.11$ con un $SSQ = 181.71$



Gráfica 4.29 Modelo Spline 28, dedo anular izquierdo a los 0 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.49:

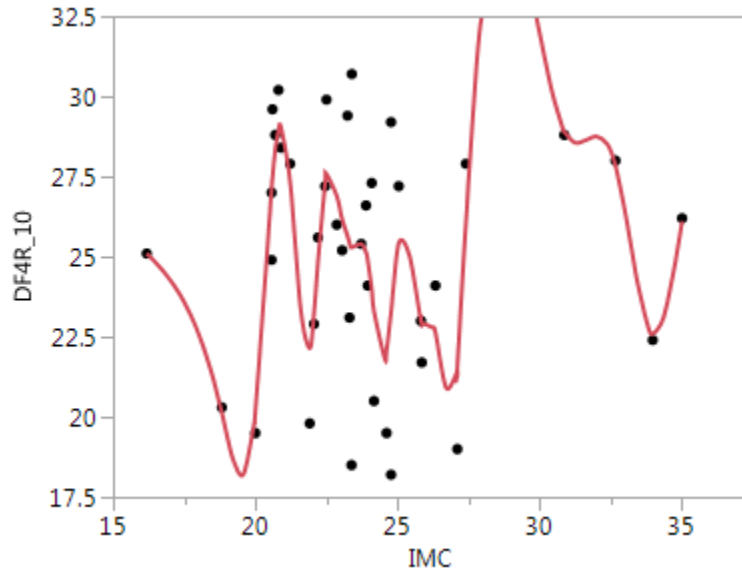
Tabla 4.49 Coeficientes del dedo anular izquierdo a los 0 minutos
DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS

X	A	B	C	D
16.18	25.6052602	-1.7274844	0	-0.03530887
18.82	20.3950272	-2.46575055	-0.27964627	2.68304911
20	21.5043976	8.08191698	9.21834757	-10.7713607
20.57	27.1113508	8.09198797	-9.20067916	-20.3211679
20.6	27.3452812	7.48508007	-11.0295843	-9.88520236
20.7	27.9736081	4.98260714	-13.995145	-7.69431471
20.81	28.3421125	1.62437163	-16.5342688	6.79038742
20.9	28.3593286	-1.18679035	-14.7008642	13.7758376
21.22	26.9255938	-6.36340615	-1.47606015	7.56283941
21.91	24.3165522	2.40163439	14.1790174	-15.3705809
22.06	24.9439495	5.61782541	7.26225602	-20.3643015
22.2	25.8169056	6.45383617	-1.2907506	-15.1078232
22.45	27.113633	2.97574402	-12.621618	-7.81564404

22.5	27.2298892	1.65496489	-13.7939646	10.7785737
22.86	26.5408639	-4.08598017	-2.15310503	7.14805412
23.05	25.7358291	-4.13002582	1.92128582	-5.17484868
23.24	24.9849883	-3.96037332	-1.02837792	19.7619649
23.31	24.7095015	-3.81384534	3.12163472	13.6569858
23.38	24.4625127	-3.17605879	5.98960172	-27.0373004
23.39	24.431324	-3.06437795	5.17848271	-2.41151255
23.72	23.8973535	-0.43442051	2.79108528	-10.4486829
23.89	23.85283	-0.39135232	-2.53774298	3.29283414
23.95	23.8209243	-0.66031887	-1.94503283	-0.20384159
24.09	23.6897976	-1.21691394	-2.0306463	17.3169997
24.17	23.5883147	-1.20933096	2.12543362	4.64179016
24.61	23.8630993	3.35700235	8.25259663	-11.8916295
24.77	24.562778	5.08455612	2.54461445	-14.748151
25.04	25.8308227	3.2332273	-9.40138788	3.16855631
25.82	24.1365803	-5.64968881	-1.98696611	3.59425737
25.85	23.9653984	-5.75920228	-1.66348294	3.82651842
26.33	21.2408972	-4.71125638	3.84670358	2.20950905
27.1	20.9026541	5.14272088	8.95066949	-11.2331978
27.4	22.9477343	7.48015916	-1.15920856	-0.14245442
30.86	29.0507943	-5.6577862	-2.63788548	1.53032511
32.66	19.2448863	-0.27941385	5.62587012	-2.12719429
33.97	23.7512835	3.50893151	-2.73400343	0.88479075
35	25.4318135	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular derecho los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.014928$ (1000) con $R^2 = 56.15$ con un $SSQ = 227.0043$



Gráfica 4.30 Modelo Spline 29, dedo anular derecho a los 10 minutos

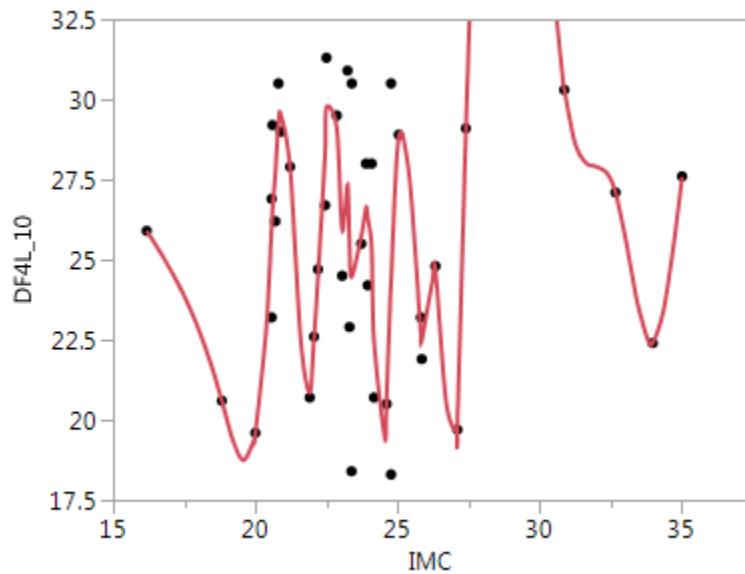
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.50:

Tabla 4.50 Coeficientes del dedo anular derecho, 10 minutos

DEDO ANULAR DERECHO A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.1062399	-0.91507848	0	-0.13933261	
18.82	20.1267483	-3.82835618	-1.10351428	3.72927402	
20	20.2000713	9.14527354	12.0981157	-11.9029003	
20.57	27.1392212	11.3353686	-8.25584377	-65.0121	
20.6	27.4700967	10.6644853	-14.1069328	-17.4526294	
20.7	28.3780232	7.31951982	-19.3427216	-8.03014013	
20.81	28.9384354	2.77262698	-21.9926678	20.1398453	
20.9	29.0245131	-0.69665499	-16.5549096	6.19483955	
21.22	27.3093533	-9.38874243	-10.6078637	19.3836279	
21.91	22.1484134	3.65804153	29.5162462	-33.0550416	
22.06	23.2496744	10.2817001	14.6414775	-40.8630618	
22.2	24.8639571	11.9785657	-2.52100845	-24.4276631	
22.45	27.3193533	6.1378747	-20.8417557	-27.0927506	
22.5	27.570756	3.85050349	-24.9056683	24.9178776	
22.86	26.8917312	-4.3935069	2.00563946	5.00605263	
23.05	26.163705	-3.0892084	4.85908946	-16.5129041	
23.24	25.6389065	-3.03110192	-4.55326587	67.4700702	

23.31	25.4275606	-2.67674911	9.61544887	15.4970312
23.38	25.2926193	-1.10277991	12.8698254	-136.178106
23.39	25.2827423	-0.88623684	8.78448225	-15.2139738
23.72	25.4001697	-0.0588838	-6.27735184	-15.2177634
23.89	25.1339791	-3.51256351	-14.0384112	17.5176081
23.95	24.8764708	-5.00798268	-10.8852417	0.17947758
24.09	23.962495	-8.04529708	-10.8098611	74.7039727
24.17	23.2879366	-8.34055858	7.11909233	12.4510125
24.61	22.0569741	5.15579076	23.5544289	-44.644694
24.77	23.3020294	9.2644955	2.12497577	-26.8717999
25.04	25.4294362	4.53511977	-19.6411822	12.6638325
25.82	23.0267814	-2.99109741	9.99218581	12.0658188
25.85	22.9463673	-2.35898855	11.0781095	-15.7648187
26.33	22.6229864	-2.62064609	-11.6232294	17.2160145
27.1	21.5733549	10.1017057	28.1457641	-40.2454657
27.4	26.0503578	16.1228884	-8.07515497	1.05594054
30.86	28.9019169	-1.83329056	2.88550787	-1.21980283
32.66	27.8371493	-3.30194575	-3.70142742	2.41655687
33.97	22.5922205	-0.55852586	5.79564107	-1.875612
35	26.1160026	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular izquierdo a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.000406(1000)$ con $R^2 = 63.22$ con un $SSQ = 211.23$



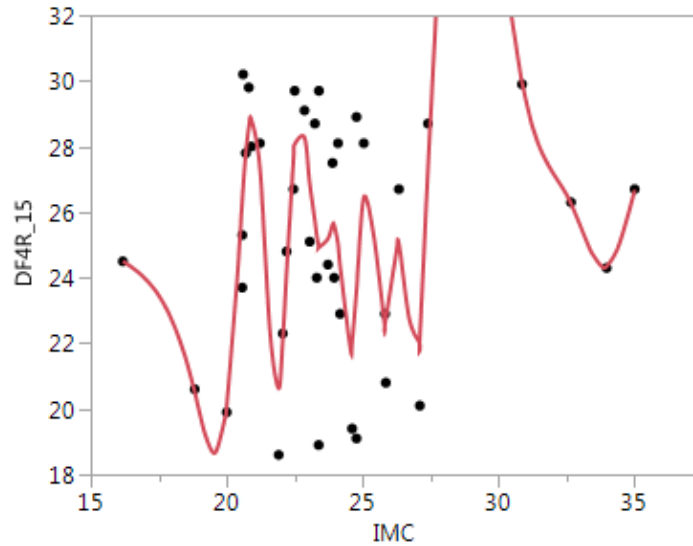
Gráfica 4.31 Modelo Spline 30, dedo anular izquierdo, 10 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.51:

Tabla 4.51 Coeficientes del modelo dedo anular izquierdo, 10 minutos

DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.9001081	-1.39044853		0	-0.08871063
18.82	20.597071	-3.24528143	-0.70258822		2.31607009
20	19.5947323	4.77129836	7.49629991		6.64092087
20.57	25.9797723	19.7899858	18.8522746		-1520.07878
20.6	26.5493968	16.8169096	-117.954816		656.11433
20.7	27.7076539	12.9093764	78.8794836		-581.696776
20.81	29.3078887	9.14726983	-113.080453		397.048154
20.9	29.5046394	-1.55894148	-5.87745102		-17.2699085
21.22	27.8380268	-10.625826	-22.4565631		33.6112237
21.91	20.8562266	6.3910277	47.11867		-94.6536535
22.06	22.5555948	14.1375071	4.5245259		-58.1961571
22.2	24.4638362	11.9824403	-19.9178601		135.698577
22.45	28.3348703	27.4669935	81.8560728		-1206.55947
22.5	29.7620402	26.6034047	-99.1278477		56.1332857
22.86	29.1112515	-22.9440241	-38.5038991		375.302867
23.05	25.9360985	3.06979471	175.418735		-803.759922
23.24	27.3389865	-17.3182856	-282.724421		2119.89649
23.31	25.4684813	-25.7372262	162.453841		11.126915
23.38	24.4667159	-2.83012275	164.790493		-4969.75639
23.39	24.4499239	-1.02523979	15.6978018		-2.53464788
23.72	25.7299978	8.50723993	13.1885004		-191.36697
23.89	26.6171903	-3.60018621	-84.4086542		943.944774
23.95	26.3012	-3.53462115	85.5014052		-781.178411
24.09	25.3386271	-25.5275183	-242.593528		1403.85684
24.17	22.4626017	-37.3884313	94.3321149		-43.271011
24.61	20.5883916	20.4920266	37.2143804		-115.842119
24.77	24.3453147	23.5039536	-18.3898368		-26.0468651
25.04	28.8380826	7.87699238	-39.4877975		24.7884199
25.82	22.7211549	-8.48014771	18.5171051		417.928877
25.85	22.4947	-6.24071344	56.130704		-70.3305377
26.33	24.6536769	-0.96770527	-45.1452703		49.8033818
27.1	19.8788004	18.0938537	69.9005416		-96.9949643
27.4	28.9791412	33.8455383	-17.3949262		2.23228945
30.86	30.3049089	-6.35512224	5.77623822		-1.79803899
32.66	27.0945374	-3.03760359	-3.9331723		2.68686846
33.97	22.4058845	0.49028986	6.62622074		-2.14440801

Este Spline es para el dedo anular derecho a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.008185(1000)$ con $R^2 = 60.55$ con un $SSQ = 193.32$



Gráfica 4.32 Modelo Spline 31, dedo anular derecho a los 15 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.52:

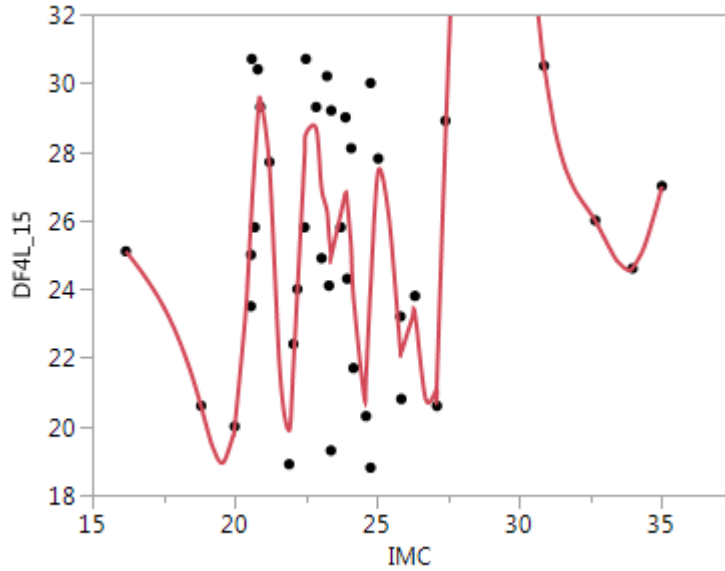
Tabla 4.52 Coeficientes del dedo anular derecho a los 15 minutos

DEDO ANULAR DERECHO A LOS 15 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	24.5033703	-0.55235471		0	-0.13725683
18.82	20.5196634	-3.42223029	-1.08707409		3.13444354
20	20.1177807	7.10547244	10.0088561		-5.73465616
20.57	26.3577592	12.925999	0.20259404		-157.048783
20.6	26.7414812	12.5141229	-13.9317964		-16.2009387
20.7	27.8373746	9.24173548	-18.792078		-17.7230145
20.81	28.602992	4.46413289	-24.6406728		31.0250207
20.9	28.8277917	0.78271978	-16.2639172		-2.68671812
21.22	27.3247986	-10.4515471	-18.8431666		28.883285
21.91	20.6304185	4.79887894	40.9452333		-53.8053138
22.06	22.0899252	13.4505902	16.732842		-45.2500379

22.2	24.1768054	15.4750838	-2.27217387	-19.8704993
22.45	27.593089	10.6132782	-17.1750484	-56.2414607
22.5	28.0737851	8.47396242	-25.6112675	9.98598535
22.86	28.2710974	-6.08359905	-14.8264033	43.7429634
23.05	26.8800134	-6.98026936	10.1070858	-28.7479107
23.24	25.7214461	-6.25297547	-6.27922327	92.5534082
23.31	25.2847155	-5.77153163	13.1569925	40.2334955
23.38	24.9589776	-3.3381203	21.6060265	-206.517781
23.39	24.9275505	-2.9679551	15.4104931	-12.1602358
23.72	25.1893256	3.2302213	3.37185967	-44.3054443
23.89	25.6182373	0.53537157	-19.2239169	32.3291591
23.95	25.5881366	-1.42234354	-13.4046683	-32.3475505
24.09	25.0375153	-7.07768662	-26.9906395	92.3718414
24.17	24.3458547	-9.62264958	-4.82139755	33.4895488
24.61	22.03124	5.58525052	39.3848069	-73.6674472
24.77	23.6313893	12.5307288	4.02443223	-43.644178
25.04	26.4490188	5.15894044	-31.327352	23.5918702
25.82	22.6090006	-0.65184722	23.8776242	35.4427923
25.85	22.611892	0.87650577	27.0674755	-38.3463344
26.33	25.0281633	0.35629593	-28.151246	29.7390527
27.1	22.1884964	9.90023004	40.5459656	-55.3147594
27.4	27.3142038	19.2928244	-9.23731784	1.12165802
30.86	29.9429243	-4.34529158	2.40549242	-0.62642916
32.66	26.26186	-1.7744103	-0.97722505	0.92681765
33.97	24.343937	0.43679537	2.6651683	-0.86251401
35	26.678821	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular izquierdo a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.00246(1000)$ con $R^2 = 61.24$ con un $SSQ = 204.68$



Gráfica 4.33 Modelo Spline 32, dedo anular izquierdo 15 minutos

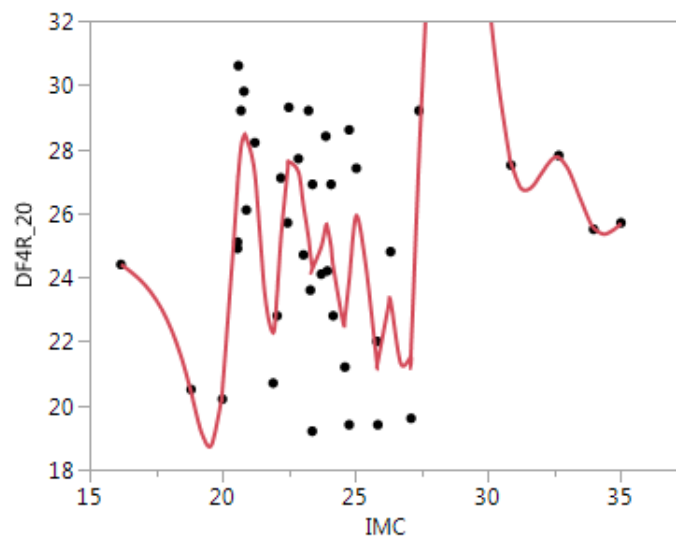
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.53:

Tabla 4.53 Dedo anular izquierdo a los 15 minutos.

DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.1006895	-1.06069343	0	-0.09343474	
18.82	20.5812837	-3.01430161	-0.7400031	2.44264992	
20	20.0073795	5.44272832	7.90697761	1.44272292	
20.57	25.9458938	15.8629048	10.3740338	-458.149096	
20.6	26.4187476	15.2483443	-30.8593849	121.96641	
20.7	27.7569546	12.7354596	5.73053814	-143.203584	
20.81	29.0365907	8.79788793	-41.5266445	41.5402302	
20.9	29.5223176	2.33251952	-30.3107823	11.4158977	
21.22	27.5389758	-13.5594174	-19.3515205	33.2348885	
21.91	19.8876789	7.20487555	49.4446987	-100.596944	
22.06	21.7414013	15.2479915	4.17607409	-11.3559259	
22.2	23.9268105	15.7495638	-0.5934148	-1.43864772	
22.45	27.8046341	15.1831099	-1.6724006	-273.069289	
22.5	28.525475	12.9678502	-42.632794	21.5817994	
22.86	28.6756114	-9.33675785	-19.3244506	106.187305	
23.05	26.9323534	-5.17996399	41.202313	-169.19934	
23.24	26.2750255	-7.84737356	-55.2413107	362.640023	

23.31	25.5794125	-10.2503487	20.913094	162.17763
23.38	25.0199891	-4.93850442	54.9703962	-612.888649
23.39	24.9754882	-4.02296309	36.5837368	-40.4615818
23.72	26.1778115	6.90350441	-3.47322919	-91.655551
23.89	26.8007272	-2.22392979	-50.2175602	206.348894
23.95	26.5310796	-6.02146896	-13.0747593	-95.9654086
24.09	25.1684795	-15.3251676	-53.3802309	301.259586
24.17	23.7550776	-18.0818205	18.9220698	22.7937924
24.61	21.4040557	11.8082356	49.0098759	-126.80725
24.77	24.0286237	17.7525991	-11.857604	-26.1632717
25.04	27.4424345	5.62758547	-33.0498541	22.2873406
25.82	22.300922	-5.25133282	19.1025229	144.113629
25.85	22.1644653	-3.71607465	32.0727495	-40.7732739
26.33	23.2611131	-1.10872204	-26.6407649	32.2466321
27.1	21.3337393	15.2215845	47.8489552	-67.1760354
27.4	28.3928676	25.793428	-12.6094767	1.54108805
30.86	30.5170592	-6.11628186	3.38701725	-0.7704531
32.66	25.9884052	-1.41182389	-0.77342949	0.80065404
33.97	24.6115767	0.68379802	2.37314087	-0.76800675
35	26.9943321	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular derecho a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.0008185(1000)$ con $R^2 = 60.13$ con un $SSQ = 169.55$



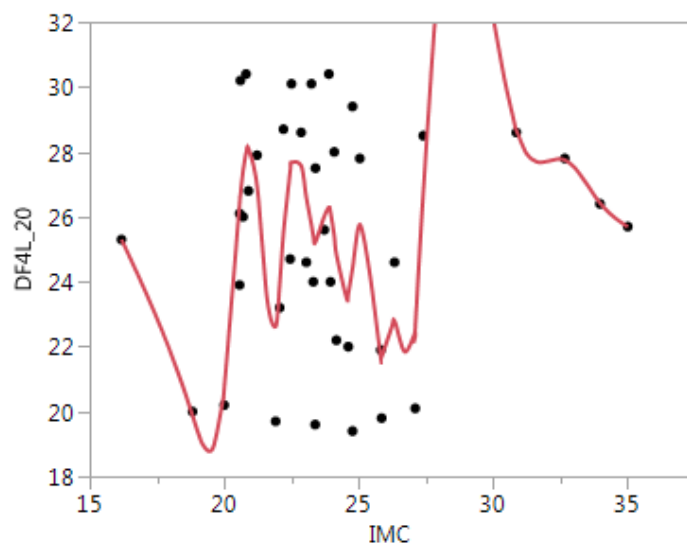
Gráfica 4.34 Modelo Spline 33, dedo anular derecho, 20 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.54:

Tabla 4.54 Coeficientes del dedo anular derecho a los 20 minutos.

DEDO ANULAR DERECHO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.4031906	-0.60487808	0	-0.12993877
18.82	20.4154725	-3.32174173	-1.02911502	3.31243548
20	20.505315	8.08625231	10.6969066	-9.12148802
20.57	26.900668	11.3900114	-4.90083793	-163.930531
20.6	27.2335315	10.6533487	-19.6545857	-26.8314262
20.7	28.0754891	5.9174888	-27.7040136	18.9641724
20.81	28.4164356	0.51100527	-21.4458367	75.309699
20.9	28.3436156	-1.51921965	-1.11221796	-16.0613277
21.22	27.2172766	-7.16507901	-16.5310925	23.9599891
21.91	22.2739909	4.24406567	33.0660848	-40.1406397
22.06	23.519113	11.4543979	15.002797	-69.4264487
22.2	25.2262774	11.5729059	-14.1563115	6.88072315
22.45	27.3422457	5.78488574	-8.99576914	-59.9995742
22.5	27.6015006	4.43531202	-17.9957053	9.17164884
22.86	27.293882	-4.9556587	-8.09032452	25.7107654
23.05	26.2365963	-5.24550612	6.56481178	-36.8669688
23.24	25.2240693	-6.74357037	-14.4493605	125.052426
23.31	24.7241105	-6.92821017	11.8116489	79.273136
23.38	24.3242035	-4.10926422	28.4590075	-129.409556
23.39	24.2858274	-3.57890694	24.5767208	-22.9476284
23.72	24.956524	5.14473861	1.8585687	-57.8294874
23.89	25.600726	0.76283541	-27.6344698	56.1706766
23.95	25.5591449	-1.94665766	-17.5237481	0.81963313
24.09	24.9453964	-6.80511269	-17.1795021	80.4206752
24.17	24.332214	-8.00975607	2.12145991	18.0214095
24.61	22.7537717	4.3239633	25.9097205	-45.2557922
24.77	23.9235269	9.13942901	4.18694023	-39.0270757
25.04	25.9282308	2.86515528	-27.4249911	20.9105835
25.82	21.4008466	-1.75183374	21.5057744	45.3110494
25.85	21.3688701	-0.33914744	25.5837688	-34.8709967
26.33	23.2441264	0.1184377	-24.6304665	28.4918035
27.1	21.7393684	12.8658903	41.1855997	-58.6337696
27.4	27.7227277	21.7461323	-11.5847929	1.52800041
30.86	27.5682681	-3.5428057	4.2758513	-1.25221005
32.66	27.742087	-0.32122266	-2.48608295	1.10628983
33.97	25.5419586	-1.13924803	1.8616361	-0.60247123
35	25.6852063	0	0	0

Este Spline es para el dedo anular izquierdo a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.014928$ (1000) con $R^2 = 50.59$ con un $SSQ = 233.0361$



Gráfica 4.35 Modelo Spline 34, dedo anular izquierdo, 10 minutos.

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.55:

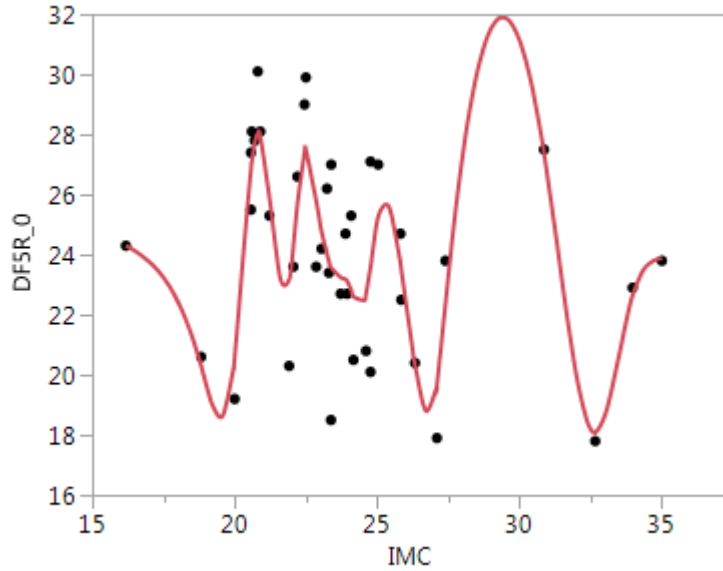
Tabla 4.55 Coeficientes del dedo anular izquierdo a los 20 minutos.

DEDO ANULAR IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	25.3017863	-1.77597676	0	-0.0398871	
18.82	19.8792952	-2.60996817	-0.31590584	2.65537855	
20	20.7225374	7.73654134	9.08413423	-9.01257049	
20.57	26.4147362	9.3079019	-6.32736131	-72.1930026	
20.6	26.6863295	8.73333912	-12.8247315	6.26516418	
20.7	27.4376812	6.35634773	-10.9451823	-25.8373996	
20.81	27.9700532	3.01051002	-19.4715242	28.421863	
20.9	28.1039993	0.19628694	-11.7976212	-0.69566291	
21.22	26.9359392	-7.56789825	-12.4654576	20.8312393	
21.91	22.6225347	4.98302945	30.6552079	-44.4272162	
22.06	23.9097894	11.1807547	10.6629606	-60.2763903	
22.2	25.5186907	10.6221319	-14.6531234	10.7603486	
22.45	27.4265339	5.31313561	-6.58286191	-50.1215267	

22.5	27.6694683	4.27893797	-14.1010909	4.15079519
22.86	27.5760441	-4.26001832	-9.61823211	27.015119
23.05	26.6047192	-4.98920914	5.78038571	-17.7490639
23.24	25.7437005	-4.71488619	-4.3365807	79.5245043
23.31	25.4196862	-4.15299727	12.3635652	47.8237596
23.38	25.2059614	-1.71908887	22.4065547	-77.3540128
23.39	25.1909338	-1.29416398	20.0859343	-25.7939416
23.72	26.024261	3.53567195	-5.45006787	-35.2674373
23.89	26.2945494	-1.37503793	-23.4364609	56.4048256
23.95	26.1398593	-3.57824112	-13.2835923	8.62304451
24.09	25.4022088	-6.79061194	-9.66191356	66.6301731
24.17	24.8312382	-7.05721878	6.32932798	7.87619392
24.61	23.6223455	3.08708327	16.725904	-28.349814
24.77	24.4283412	6.26210682	3.11799324	-29.6154965
25.04	25.7634899	1.46891408	-20.8705589	15.8585591
25.82	21.7373057	-2.14411583	16.2384693	19.4914247
25.85	21.6881232	-1.11718082	17.9926976	-22.6692389
26.33	22.7903574	0.48683087	-14.6510065	17.7390004
27.1	22.5770745	9.47664078	26.3260843	-37.5725946
27.4	26.7749542	15.1276908	-7.4892508	0.94664809
30.86	28.6702569	-2.69924784	2.33695639	-0.62214727
32.66	27.7549866	-0.33347631	-1.02263887	0.38297439
33.97	26.4241434	-1.04112309	0.48245049	-0.15613285
35	25.6930077	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique derecho a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.027227(1000)$ con $R^2 = 70.01993$ con un $SSQ = 127.1519$



Gráfica 4.36 Modelo Spline 35,dedo meñique, 0 minutos

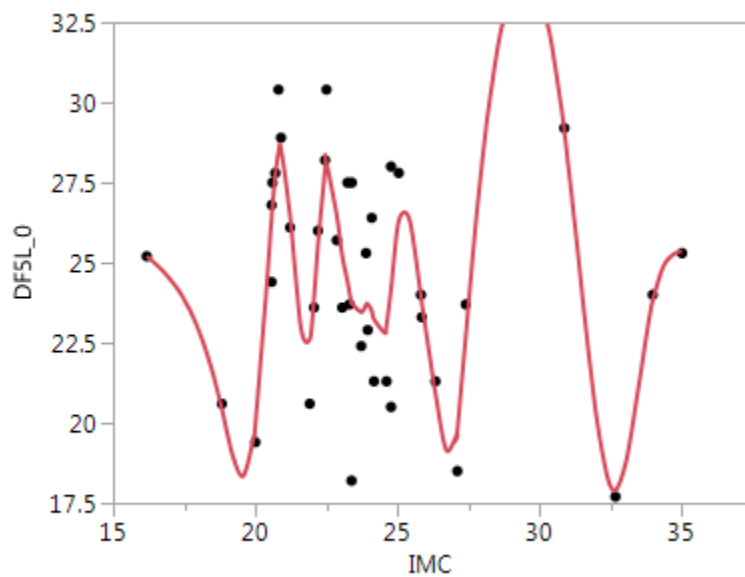
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.56:

Tabla 4.56 Dedo meñique derecho a los 0 minutos

DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 0 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.3110726	-0.5747025	0	-0.13555908
18.82	20.2996057	-3.40908009	-1.07362787	3.54209271
20	20.6017434	8.85318781	11.4653803	-13.6191008
20.57	26.8510004	8.64918386	-11.823282	-23.4377963
20.6	27.0992022	7.87650489	-13.9326837	-11.1852795
20.7	27.7363405	4.75440978	-17.2882675	-10.4059128
20.81	28.0362873	0.57325629	-20.7222187	14.8596041
20.9	27.9308631	-2.7956547	-16.7101256	16.9303051
21.22	25.8799089	-8.28914536	-0.45703269	9.83062547
21.91	23.1722543	5.12123189	19.892362	-25.3336639
22.06	24.3025161	9.37891819	8.49221328	-33.9343927
22.2	25.6888961	9.76139561	-5.76023167	-22.779976
22.45	27.4132934	2.61003428	-22.8452137	-3.35432479
22.5	27.4862628	0.30035548	-23.3483624	26.1964548
22.86	25.7906648	-6.32528381	4.94380879	-0.62330472
23.05	24.7630571	-4.51414037	4.58852511	-7.51667162
23.24	24.0194593	-3.58455637	0.30402228	19.1791409

23.31	23.7766085	-3.26005988	4.33164187	14.5684169
23.38	23.5746264	-2.43947429	7.39100943	-47.5589611
23.39	23.5509232	-2.30592179	5.96424059	-5.33277838
23.72	23.2478307	-0.11174169	0.68479	-12.0397325
23.89	23.1894739	-0.9227579	-5.45547359	6.45326024
23.95	23.1158626	-1.50771952	-4.29388674	1.3619589
24.09	22.8243589	-2.62992462	-3.72186401	31.6706122
24.17	22.6063603	-2.61734711	3.87908293	5.8829708
24.61	22.7068531	4.21307531	11.6446044	-17.4621529
24.77	23.607522	6.59825537	3.26277098	-17.6463328
25.04	25.2795742	4.50089872	-11.0307586	3.41640907
25.82	23.7004254	-6.47145481	-3.03636134	15.6539499
25.85	23.5039717	-6.61137082	-1.62750585	3.36257592
26.33	20.3274104	-5.84956396	3.21460347	4.25127256
27.1	19.6700307	6.66266388	13.0350431	-17.4187698
27.4	22.371677	9.78062188	-2.64184974	0.06783072
30.86	27.3951264	-6.06485168	-1.9377669	1.35177165
32.66	18.0835609	0.09840798	5.36180004	-2.11979388
33.97	22.6483709	3.23298925	-2.96898991	0.96083816
35	23.8784822	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique izquierdo a los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.014928(1000)$ con $R^2 = 70.44$ con un $SSQ = 129.93$



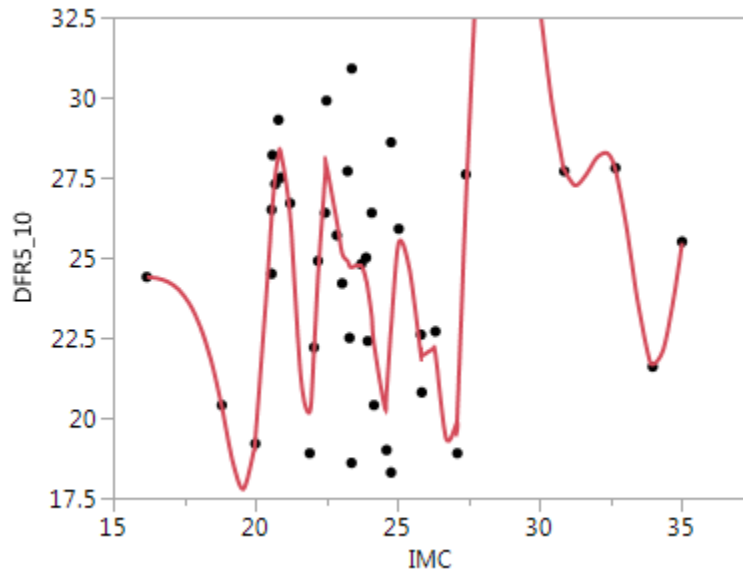
Gráfica 4.37 Modelo Spline 36, dedo meñique izquierdo, 0 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.57:

Tabla 4.57 Coeficientes del dedo meñique izquierdo, 0 minutos

DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO A LOS 0 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	25.206649	-0.77207375	0	-0.14846719
18.82	20.4366159	-3.87634458	-1.17586017	3.49980162
20	19.9755477	7.96799676	11.2134376	-9.35183483
20.57	26.4286574	11.6360822	-4.77819999	-46.3586838
20.6	26.7721878	11.2242217	-8.95048153	-30.1070709
20.7	27.7749981	8.53091331	-17.9826028	-29.5487923
20.81	28.4564796	3.50211954	-27.7337042	13.8488591
20.9	28.5571232	-1.15341995	-23.9945123	21.5050945
21.22	26.4356696	-9.90354279	-3.34962159	14.0097915
21.91	22.6098129	5.48416467	25.6506469	-30.8681312
22.06	23.9053972	11.0957599	11.7599878	-37.6874686
22.2	25.5858849	12.1725333	-4.06874899	-28.4405263
22.45	27.9303382	4.80556013	-25.3991438	-22.4191399
22.5	28.104316	2.09750221	-28.7620147	28.8421145
22.86	26.4775174	-7.3973343	2.38746888	11.4806157
23.05	25.236957	-5.24674545	8.9314198	-25.0716578
23.24	24.3905331	-4.56806646	-5.35942515	44.3608821
23.31	24.0597231	-4.66628102	3.95636008	36.3284803
23.38	23.7649302	-3.57836195	11.5853409	-87.9330917
23.39	23.7302172	-3.37303506	8.9473482	-3.75609156
23.72	23.4564992	1.30509964	5.22881755	-27.3470886
23.89	23.6951227	0.71190503	-8.71819764	8.48886324
23.95	23.7082851	-0.24259897	-7.19020225	-9.55966116
24.09	23.5071616	-2.81796367	-11.2052599	55.0356946
24.17	23.2381891	-3.55411993	2.00330677	11.7570883
24.61	23.0637323	5.03730691	17.5226633	-27.6260025
24.77	24.2051255	8.52288217	4.26218211	-25.6219616
25.04	26.3126997	5.22093751	-16.4916068	7.58856652
25.82	23.9527068	-6.65531744	1.26563889	8.64459483
25.85	23.7544198	-6.5560387	2.04365243	-1.50232782
26.33	20.9122333	-5.63254136	-0.11969964	7.15627146
27.1	19.7712806	6.91198124	16.4112874	-21.230666
27.4	22.7486629	11.0264739	-2.69631193	0.01212466
30.86	29.1233191	-7.19654988	-2.57045795	1.72436238
32.66	17.897727	0.31060385	6.7410989	-2.69076397
33.97	23.8239356	4.11942284	-3.83360349	1.24064838

Este Spline es para el dedo meñique derecho a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.004487(1000)$ con $R^2 = 61.2102$ con un $SSQ = 183.3934$



Gráfica 4.38 Modelo Spline 37, dedo meñique a los 10

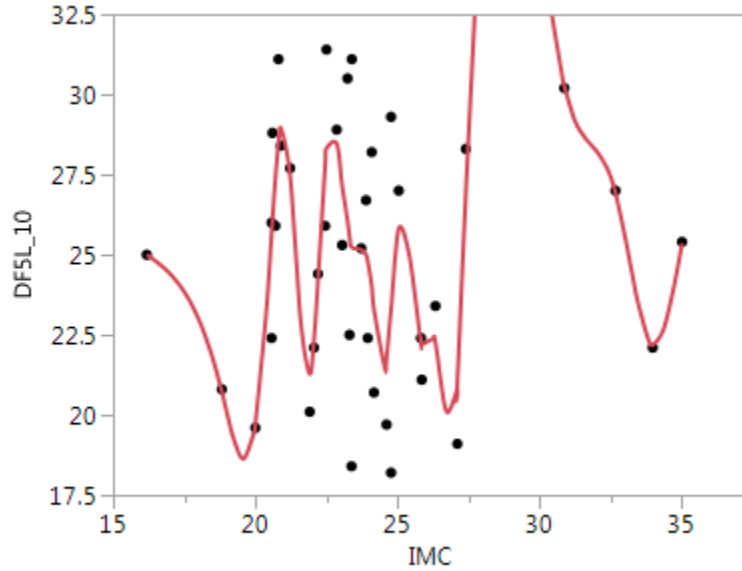
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.58:

Tabla 4.58 Coeficientes dedo meñique derecho, 10 minutos

DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	24.4027936	-0.09124999	0	-0.20753145	
18.82	20.343368	-4.43048365	-1.64364911	3.99958608	
20	19.3982282	8.39757542	12.5148856	-10.7265249	
20.57	26.2644552	12.2094012	-5.82747196	-124.307266	
20.6	26.6221362	11.5241233	-17.0151259	-7.08983795	
20.7	27.5973074	7.90840294	-19.1420773	-29.1764159	
20.81	28.1967788	2.63804204	-28.7702946	52.780437	
20.9	28.2396401	-1.25804636	-14.5195766	-2.16645693	
21.22	26.2792702	-11.2161109	-16.5993752	29.0890067	

21.91	20.1931916	7.42457961	43.6148687	-66.980501
22.06	22.0621539	15.9878564	13.4736433	-56.7400984
22.2	24.4088424	16.4241588	-10.357198	-20.2526472
22.45	27.5511096	7.44818839	-25.5466835	-105.767068
22.5	27.8464314	4.10026704	-41.4117437	46.7898408
22.86	26.1385924	-7.52429831	9.12128439	14.2073868
23.05	25.1357026	-2.51955025	17.2194949	-55.3047274
23.24	24.8992767	-1.96564417	-14.3041997	152.757329
23.31	24.7439868	-1.7226994	17.7748393	-13.9454981
23.38	24.7057112	0.56077929	14.8462847	-467.53076
23.39	24.7123361	0.71744575	0.82036195	-7.8573395
23.72	24.7560614	-1.30810817	-6.95840415	-4.5931986
23.89	24.3100187	-4.0721959	-9.30093544	46.6646021
23.95	24.0422832	-4.68433046	-0.90130707	-75.3384569
24.09	23.1620826	-9.3665977	-32.543459	165.202174
24.17	22.2890601	-11.4016694	7.10506275	24.8663794
24.61	20.7660834	9.29317897	39.9286836	-106.333636
24.77	22.8396238	13.9039345	-11.1114616	-15.6455393
25.04	25.4757094	4.48206575	-23.7843485	15.8744537
25.82	22.0345768	-3.64746494	13.3618732	57.8789998
25.85	21.9387413	-2.68947924	18.5709832	-26.7165931
26.33	21.9719043	-3.32784446	-19.9009108	27.3726784
27.1	20.1067451	14.712536	43.3299763	-62.274828
27.4	26.7387834	23.8963183	-12.7173688	1.70382083
30.86	27.7480084	-2.91548983	4.96829134	-1.86266193
32.66	27.7343463	-3.13471495	-5.09008307	3.01466454
33.97	21.6700184	-0.95033516	6.75754857	-2.18690892
35	25.470562	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique izquierdo a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.008185(1000)$ con $R^2 = 52.2031$ con un $SSQ = 264.676$



Gráfica 4.39 Modelo Spline 38, dedo meñique izquierdo, 10 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.59:

Tabla 4.59 Coeficientes dedo meñique izquierdo, 10 min.

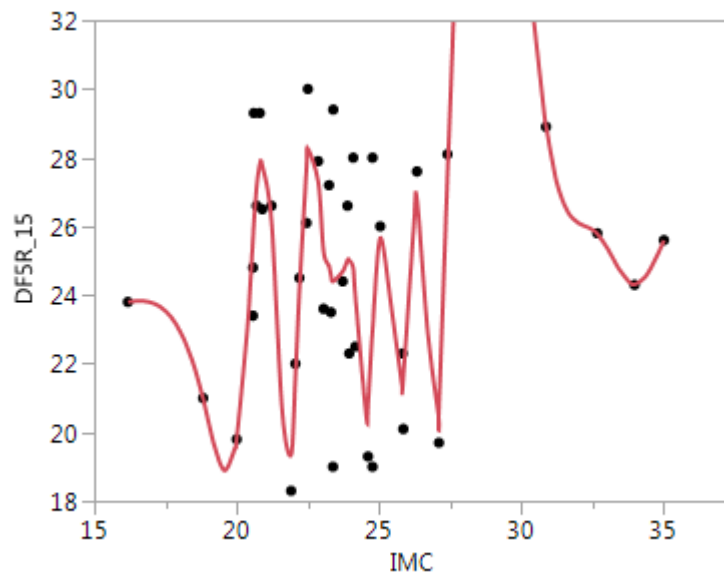
EL DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO A LOS 10 MINUTOS

X	A	B	C	D
16.18	25.0034801	-0.63306823	0	-0.14172642
18.82	20.7244501	-3.59639763	-1.12247326	2.93503623
20	19.7401276	6.01479884	9.26755501	-2.77164575
20.57	25.6663021	13.8782884	4.52804078	-122.201672
20.6	26.0834266	13.8200264	-6.47010968	-11.5694824
20.7	27.3891586	12.17892	-9.9409544	-72.2153243
20.81	28.5124357	7.37049372	-33.7720114	33.1629817
20.9	28.9264027	2.09739212	-24.8180064	11.7252845
21.22	27.4404184	-10.1841246	-13.5617333	22.2967199
21.91	21.2813044	2.94708861	32.592477	-25.8117881
22.06	22.3695837	10.982536	20.9771723	-36.7905563
22.2	24.217338	14.6928596	5.52513868	-29.3516635
22.45	27.7772543	11.951992	-16.488609	-105.802663
22.5	28.320407	9.50961111	-32.3590084	19.613462
22.86	28.4652252	-6.16316092	-11.1764694	37.3196223
23.05	27.1467294	-6.36850421	10.0957153	-37.8882541
23.24	26.0412934	-6.63543032	-11.5005895	143.692141

23.31	25.5697468	-6.13323838	18.6747601	18.6770004
23.38	25.2383326	-3.24422005	22.5969302	-259.813435
23.39	25.2078903	-2.87022548	14.8025272	-19.8578376
23.72	25.15908	0.41188694	-4.85673198	-18.1913748
23.89	24.999367	-2.81659413	-14.1343331	51.0667393
23.95	24.7905182	-3.96119333	-4.94232007	-46.2868823
24.09	24.0120704	-8.06671162	-24.3828106	124.266144
24.17	23.2743078	-9.58205135	5.44106402	19.4277089
24.61	21.7665251	6.48969833	31.0856398	-64.7313275
24.77	23.3355297	11.4657371	0.0146026	-30.9728045
25.04	25.8227056	4.69987018	-25.073369	16.9723972
25.82	22.2882516	-3.4365661	14.6420405	21.5233381
25.85	22.1989136	-2.49993066	16.5791409	-23.2298132
26.33	22.2497495	-2.64040226	-16.8717901	23.6140281
27.1	20.9939385	13.3793128	37.6766148	-53.5164336
27.4	26.9536839	21.5358446	-10.4881755	1.31215757
30.86	30.2593094	-3.91645288	3.13202012	-1.1032102
32.66	26.9235175	-3.3643836	-2.82531497	2.01153338
33.97	22.189762	-0.41073151	5.08001122	-1.64401658
35	25.3596312	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique derecho a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.00246(1000)$ con $R^2 = 67.956$ con un $SSQ = 162.2318$



Gráfica 4.40 Modelo Spline 39, dedo meñique derecho a los 15 minutos

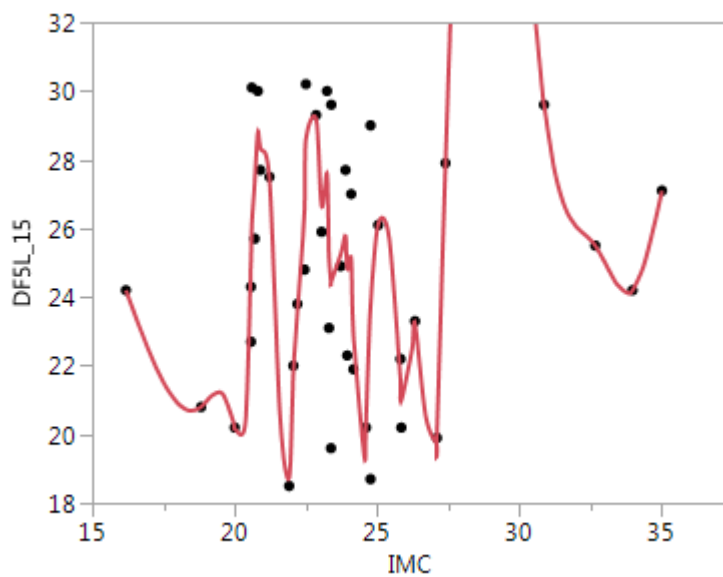
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.60:

Tabla 4.60 Coeficientes dedo meñique derecho 15 minutos

DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 15 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	23.801229	0.09117279	0	-0.16653518	
18.82	20.9777205	-3.39087805	-1.31895865	2.85237332	
20	19.826507	5.41131334	8.77844288	-0.73935531	
20.57	25.6261482	14.6980886	7.5141453	-414.32966	
20.6	26.0626667	14.0302472	-29.7755241	24.333387	
20.7	27.1922696	8.80514403	-22.475508	-55.919944	
20.81	27.8144523	1.8306383	-40.9290895	145.373778	
20.9	27.7536616	-2.00401502	-1.67816954	-24.499073	
21.22	26.1377466	-10.6041587	-25.1972796	38.1368826	
21.91	19.3527615	9.09450481	53.7460673	-104.513722	
22.06	21.5734899	18.1636488	6.71489228	-46.7210244	
22.2	24.1198101	17.2966224	-12.907938	4.79522053	
22.45	27.7121449	11.7417572	-9.31152255	-213.652598	
22.5	28.2492474	9.2082105	-41.3594123	23.5767536	
22.86	27.3040203	-11.4039245	-15.8965184	104.332804	
23.05	25.2790291	-6.14535882	43.57318	-123.177911	
23.24	24.8395254	-2.92771812	-26.638229	196.669595	

23.31	24.5715155	-3.76602713	14.662386	51.4777942
23.38	24.3973962	-0.95656952	25.4727228	-679.8767
23.39	24.3896979	-0.65107808	5.07642178	-0.97397142
23.72	24.6926628	2.38116384	4.11219008	-40.6301803
23.89	25.0166869	0.25667183	-16.6092019	173.910891
23.95	25.0098588	0.14180523	14.6947586	-193.278652
24.09	24.7873722	-7.10844707	-66.4822751	242.036767
24.17	23.9171327	-13.0985052	-8.39345087	50.0133655
24.61	20.7891569	8.56302076	57.6241916	-151.769409
24.77	23.012772	15.3468714	-15.2251249	-19.7293015
25.04	25.6581838	2.81050574	-31.2058591	26.5872513
25.82	21.4817669	2.65641658	31.0083089	137.458944
25.85	21.5930783	4.88805426	43.3796139	-64.8551853
26.33	26.7615427	1.70457951	-50.0118529	48.7569142
27.1	20.6811816	11.4102493	62.6166189	-84.1945286
27.4	27.4664999	26.247698	-13.1584568	1.64559587
30.86	28.9191909	-5.7075766	3.92282834	-0.95479872
32.66	25.7871307	-0.86603815	-1.23308476	0.78900705
33.97	24.3102836	-0.03467523	1.86771295	-0.60443785
35	25.5955392	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique izquierdo a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.000223(1000)$ con $R^2 = 67.103$ con un $SSQ = 161.709$



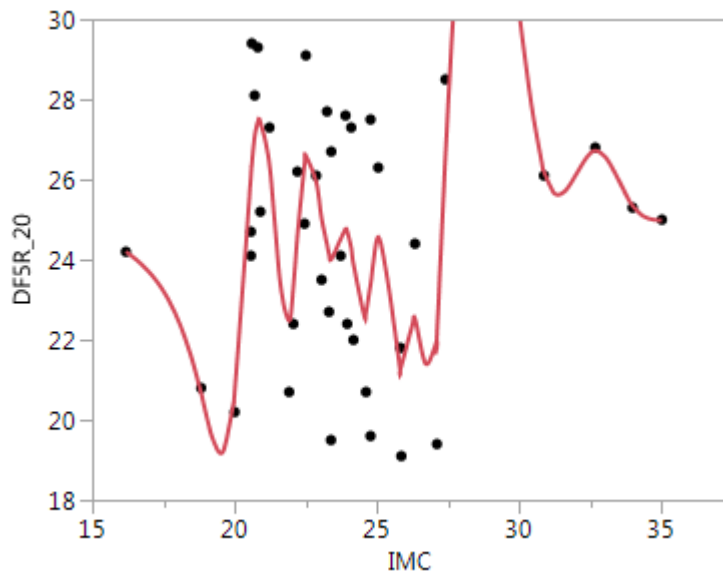
Gráfica 4.41 Modelo Spline 40, dedo meñique izquierdo, 15 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.61:

Tabla 4.61 Coeficientes dedo meñique izquierdo, 15 minutos

DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO A LOS 15 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.1999044	-2.28367362	0	0.14295466
18.82	20.8013352	0.70533679	1.13220092	-1.85280795
20	20.1658864	-4.36221841	-5.42673923	49.139142
20.57	25.0164994	37.3472206	78.6011936	-4484.49146
20.6	26.0865759	29.9551652	-325.003038	1514.64776
20.7	27.3467098	10.3939904	129.39129	-946.801808
20.81	28.7954901	4.49116859	-183.053307	853.661409
20.9	28.3392827	-7.71445436	47.4352738	-101.918061
21.22	27.3883783	-8.66510748	-50.4060648	64.9305419
21.91	18.741394	14.514816	84.0001569	-295.897633
22.06	21.8099655	19.7417729	-49.1537778	-11.840048
22.2	23.5779105	5.28252031	-54.1265979	320.132228
22.45	26.5176943	38.2440141	185.972573	-2247.4228
22.5	28.6138986	39.9856004	-151.140848	123.431303
22.86	29.1796718	-20.8457191	-17.8350398	303.294111
23.05	26.6554345	5.22371797	155.042603	-825.905475
23.24	27.5800933	-25.3056558	-315.723518	2791.29443
23.31	25.2190661	-28.4749201	270.448313	-376.21844
23.38	24.4219755	3.85743271	191.442441	-7583.95464
23.39	24.4721101	5.41109513	-36.0761983	81.0526377
23.72	25.2418622	8.08070097	44.165913	-429.952101
23.89	25.7796216	-14.1797357	-175.109658	2440.56875
23.95	24.8256055	-8.83475223	264.192717	-1334.6263
24.09	25.1047029	-13.3368177	-296.350328	1498.4038
24.17	22.9082981	-31.9835172	63.2665838	-8.76824694
24.61	20.3370468	18.5984787	51.6924979	-213.621471
24.77	23.7611378	18.7339491	-50.845808	52.0353075
25.04	26.1368556	2.65733454	-8.69720894	-3.05530976
25.82	21.4682913	-16.4868628	-15.8466338	1090.67968
25.85	20.9888718	-14.4928257	82.3145377	-88.500867
26.33	23.2100971	3.35733128	-45.1267107	45.8831723
27.1	19.9867977	15.4745953	60.8634172	-83.8592103
27.4	27.8426851	29.3506588	-14.6098721	1.81328617
30.86	29.6018811	-6.62584581	4.21203835	-0.99857738
32.66	25.4986597	-1.16867984	-1.18027948	1.00487937
33.97	24.2012717	0.91240837	2.76889644	-0.89608299

Este Spline es para el dedo meñique derecho a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.014928(1000)$ con $R^2 = 0.529578$ con un $SSQ = 167.8858$



Gráfica 4.42 Modelo Spline 41, dedo meñique, 20 minutos

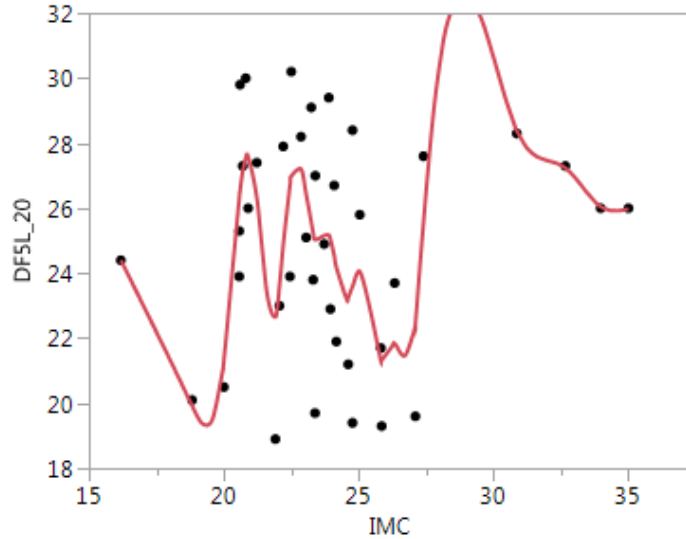
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.62:

Tabla 4.62 Dedo Meñique derecho a los 20 minutos

DEDO MEÑIQUE DERECHO A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	24.2050569	-0.55368473	0	-0.11291728
18.82	20.6656801	-2.91464957	-0.89430486	2.88636522
20	20.723554	7.03171574	9.32342801	-8.80428237
20.57	26.1303222	9.07888964	-5.73189485	-86.0784083
20.6	26.3952061	8.50256425	-13.4789516	-18.9831532
20.7	27.0916899	5.23727933	-19.1738975	3.53181091
20.81	27.4404873	1.14722661	-18.0083999	45.053621
20.9	27.4307137	-0.99948239	-5.84392227	-4.756885
21.22	26.3565881	-6.20090771	-10.4105319	16.3089401

21.91	22.4791411	2.72661744	23.3489741	-23.4182201
22.06	23.3344492	8.15057981	12.8107751	-44.2839129
22.2	24.6051065	9.13370275	-5.78846837	-8.67089246
22.45	26.3912702	4.61367623	-12.2916377	-41.9700666
22.5	26.5859787	3.06973696	-18.5871477	14.1665298
22.86	25.9431432	-4.80506261	-3.28729556	17.6690474
23.05	25.032702	-4.14067709	6.78406146	-16.5552733
23.24	24.3773253	-3.35566983	-2.65244434	57.6380695
23.31	24.1492013	-2.87973242	9.45155026	25.2782686
23.38	24.0026031	-1.18492483	14.7599867	-75.2621722
23.39	23.9921546	-0.91230375	12.5021215	-14.7975997
23.72	24.520794	2.5047206	-2.14750225	-24.1936795
23.89	24.7656702	-0.32302218	-14.4862788	39.0952144
23.95	24.7025828	-1.63914732	-7.44914022	-12.3200859
24.09	24.2932927	-4.44932763	-12.6235763	54.8178937
24.17	23.8846224	-5.41659628	0.53271818	12.7354004
24.61	22.6893066	2.44891625	17.3434467	-31.6846292
24.77	23.3953452	5.56543967	2.13482467	-24.7779302
25.04	24.5659386	1.29931165	-17.9352988	13.9426256
25.82	21.2840668	-1.23167418	14.6904452	25.4631062
25.85	21.2610255	-0.28149708	16.9821247	-22.7913035
26.33	22.5180526	0.26799373	-15.8373522	19.2314593
27.1	22.1142375	10.085468	28.5873188	-41.3758435
27.4	26.5955888	16.0663816	-8.65094031	1.14852286
30.86	26.1934827	-2.54915662	3.27072695	-0.93888915
32.66	26.7265546	0.09945789	-1.79927445	0.7011038
33.97	25.3452547	-1.00514846	0.95606349	-0.30940566
35	24.9861436	0	0	0

Este Spline es para el dedo meñique izquierdo a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.027227(1000)$ con $R^2 = 49.77$ con un $SSQ = 219.77$



Gráfica 4.43 Modelo Spline 42, meñique izquierdo, 20 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.63:

Tabla 4.63 Coeficientes dedo meñique izquierdo, 20 minutos .

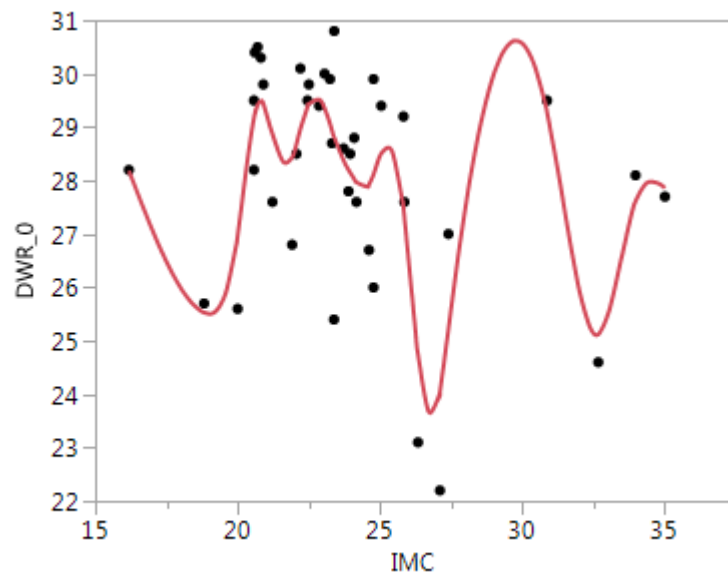
DEDO MEÑIQUE IZQUIERDO A LOS 20 MINUTOS

X	A	B	C	D
16.18	24.4002896	-1.67005137	0	-0.00354524
18.82	19.9261224	-1.74417817	-0.02807834	2.1251948
20	21.3206589	7.06692069	7.49511127	-7.92192677
20.57	26.31688	7.88984551	-6.05138351	-49.9605893
20.6	26.5467802	7.39186891	-10.5478366	-10.1322349
20.7	27.1703565	4.97833456	-13.587507	-8.54504167
20.81	27.542191	1.678898	-16.4073708	21.5452977
20.9	27.5760986	-0.750878	-10.5901404	2.24951747
21.22	26.3250995	-6.83751607	-8.4306036	15.409255
21.91	22.655482	3.53728983	23.4665542	-30.5681689
22.06	23.6109053	8.51390469	9.7108782	-38.0473297
22.2	24.8887833	8.9957676	-6.26900025	-1.18175905
22.45	26.7274477	5.63968765	-7.15531954	-35.7974926
22.5	26.9870691	4.65567451	-12.5249434	3.53761445
22.86	27.2049302	-2.98686026	-8.70431982	15.7200043
23.05	26.4310243	-4.59202533	0.25608261	-0.57539288
23.24	25.5638375	-4.55702899	-0.07189133	42.7169581
23.31	25.2591451	-3.93915449	8.89866986	24.8530105

23.38	25.0355324	-2.32800146	14.1178021	-40.4685741
23.39	25.0136236	-2.05778599	12.9037448	-16.1498666
23.72	25.1593943	1.1825242	-3.08462305	-19.3255663
23.89	25.1763313	-1.54177424	-12.9406619	32.38375
23.95	25.0442334	-2.74490916	-7.11158687	6.13243837
24.09	24.5373864	-4.37556611	-4.53596276	32.6087742
24.17	24.1750067	-4.47523168	3.29014305	4.75643825
24.61	23.2480488	1.18263354	9.56864155	-20.3173102
24.77	23.5990077	2.68422941	-0.18366733	-12.9473644
25.04	24.0555174	-0.24653955	-10.6710325	8.40989917
25.82	21.3618948	-1.54360233	9.00813153	12.5492366
25.85	21.3240329	-0.9692315	10.1375628	-12.2304902
26.33	21.8419018	0.30911401	-7.47434302	10.5177396
27.1	22.4500769	7.50652915	16.8216354	-24.3750367
27.4	25.5578568	11.0182505	-5.1158976	0.62641039
30.86	28.3825298	-1.88635684	1.3862423	-0.38398178
32.66	27.2391308	-0.62818745	-0.68725931	0.36122404
33.97	26.0488641	-0.56911711	0.73235117	-0.23700685
35	25.980641	0	0	0

4.25.1 Spline para muñeca

Este Spline es para la muñeca derecha los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, lambda = 0.090573(1000) con $R^2 = 66.27$ con un SSQ=52.8



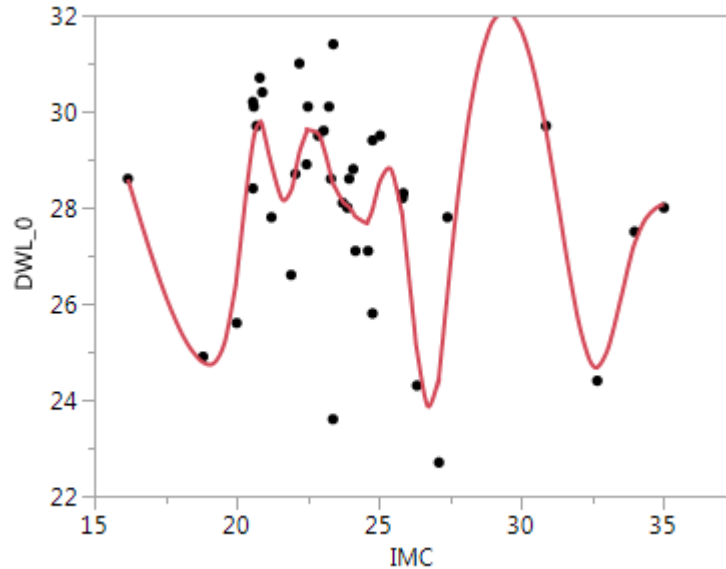
Gráfica 4.44 Modelo Spline 43, muñeca derecha, 0 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.64:

Tabla 4.64 Coeficientes Muñeca derecha, 0 minutos

MUÑECA DERECHA LOS 0 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	28.1850225	-1.39013346	0	0.05512121
18.82	25.5292863	-0.2376151	0.43655998	0.68339402
20	26.9796049	3.64733995	2.85577481	-4.39392807
20.57	29.1727052	2.62016153	-4.6578422	-6.76921404
20.6	29.2469352	2.32241412	-5.26707146	-2.52562115
20.7	29.4239803	1.1932312	-6.02475781	1.43442485
20.81	29.4842453	-0.0801459	-5.55139761	4.43662439
20.9	29.4353002	-0.9715875	-4.35350902	5.77881913
21.22	28.8679532	-1.98258003	1.19415734	1.11240562
21.91	28.4339466	1.25420604	3.49683697	-4.90096317
22.06	28.6842155	1.97244211	1.29140354	-5.57892659
22.2	28.9703604	2.00599422	-1.05174563	-1.42154478
22.45	29.3839132	1.21358176	-2.11790421	-0.99431367
22.5	29.4391732	0.99433399	-2.26705126	0.33362723
22.86	29.5188893	-0.50822866	-1.90673386	-0.10391793
23.05	29.35278	-1.24404183	-1.96596708	2.27802805
23.24	29.0610657	-1.74439888	-0.66749109	5.36553516
23.31	28.9375274	-1.75897427	0.4592713	4.49136954
23.38	28.8181902	-1.62865315	1.4024589	-8.08850223
23.39	28.8020358	-1.60303053	1.15980383	-0.73544927
23.72	28.3729085	-1.07783127	0.43170906	0.10030927
23.89	28.2026464	-0.92235338	0.48286679	-1.38153934
23.95	28.1487451	-0.87932999	0.23418971	-0.08882564
24.09	28.0299853	-0.81897982	0.19688294	2.74503836
24.17	27.9671324	-0.73477381	0.85569214	1.3938909
24.61	27.9282312	0.82780711	2.69562814	-3.12633462
24.77	28.1168829	1.45030562	1.19498752	-4.35468384
25.04	28.5098668	1.14322952	-2.33230639	-1.07875089
25.82	27.4706872	-4.46410456	-4.85658347	5.28559167
25.85	27.3325359	-4.74122847	-4.38088022	6.26993265
26.33	24.7407958	-4.61309604	4.6478228	0.23135686
27.1	24.050028	2.95606552	5.18225714	-6.57725059
27.4	25.225665	4.28956214	-0.73726839	-0.04721418
30.86	29.2855746	-2.50802288	-1.22735156	0.7419299
32.66	25.1214495	0.28507012	2.77906989	-1.17714641
33.97	27.6177209	1.50593038	-1.8471155	0.59777201

Este Spline es para la muñeca izquierda los 0 minutos. El ajuste de Spline por alisado, lambda = 0.049659 (1000) con $R^2=61.89$ con un SSQ=63.68



Gráfica 4.45 Modelo Spline 44, muñeca izquierda 0 minutos

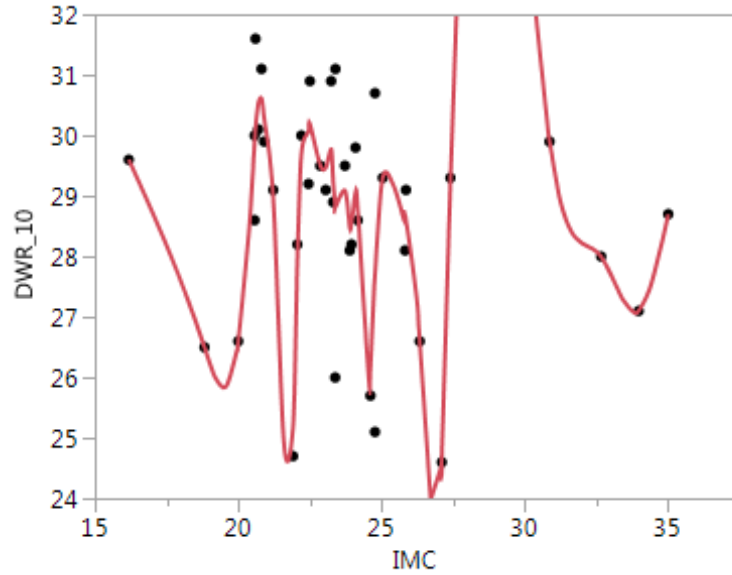
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.65:

Tabla 4.65 Coeficientes muñeca izquierda a los 0 minutos

MUÑECA IZQUIERDA LOS 0 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	28.5888381	-1.96429591	0	0.07492348	
18.82	24.7816698	-0.39773587	0.59339395	0.86920876	
20	26.566721	4.63353271	3.67039298	-5.61985326	
20.57	29.3595878	3.34010974	-5.93955609	-6.41981344	
20.6	29.4542722	2.96640288	-6.5173393	-2.08540068	
20.7	29.6836537	1.600373	-7.14295951	-1.97567693	
20.81	29.7706353	-0.04279517	-7.79493289	4.26263315	
20.9	29.7067522	-1.3423011	-6.64402194	8.91602115	
21.22	28.8890282	-2.85547345	1.91535836	1.60597867	
21.91	28.3582321	2.08154042	5.2397342	-10.1960584	
22.06	28.7539455	2.96522674	0.65150791	-10.5581645	

22.2	29.1528752	2.52682888	-3.78292116	1.84056043
22.45	29.5769086	0.98047338	-2.40250084	-2.70315147
22.5	29.6195881	0.71994966	-2.80797356	0.5215873
22.86	29.5391918	-1.09899816	-2.24465928	0.25851465
23.05	29.2511231	-1.92397155	-2.09730592	2.600332
23.24	28.8276914	-2.43933184	-0.61511668	11.1406341
23.31	28.6577454	-2.36168086	1.72441648	10.7530216
23.38	28.5045656	-1.96219313	3.982551	-22.1686081
23.39	28.4853198	-1.88919269	3.31749276	-2.60397581
23.72	28.1295821	-0.55036637	0.73955671	-2.80254384
23.89	28.0436241	-0.54189764	-0.68974064	-3.09536809
23.95	28.0079586	-0.65809649	-1.2469069	0.87867788
24.09	27.8937968	-0.95556416	-0.87786219	6.96151777
24.17	27.8152976	-0.96236097	0.79290208	2.16012152
24.61	27.7293724	0.98999143	3.64426248	-2.06450655
24.77	27.9726079	1.99760133	2.65329934	-7.06672763
25.04	28.5662914	1.88488964	-3.07075004	-0.79925966
25.82	27.7889707	-4.36428917	-4.94101765	1.95975183
25.85	27.6536481	-4.65545889	-4.76463999	6.29835398
26.33	25.0178023	-4.87609101	4.30498975	1.48014508
27.1	24.4913757	4.38632725	7.72412487	-10.5443669
27.4	26.2177472	6.1738231	-1.76580536	0.07641863
30.86	29.6050518	-3.30099036	-0.97258003	0.71375319
32.66	24.6747185	0.13540258	2.88168721	-1.13027975
33.97	27.2563876	1.86640386	-1.56031219	0.5049554
35	28.0752267	0	0	0

Este Spline es para muñeca derecha a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, lambda = 0. 0.000741 (1000) con $R^2=69.61$ con un SSQ=38.4



Gráfica 4.46 Modelo Spline 45, muñeca derecha 10 minutos

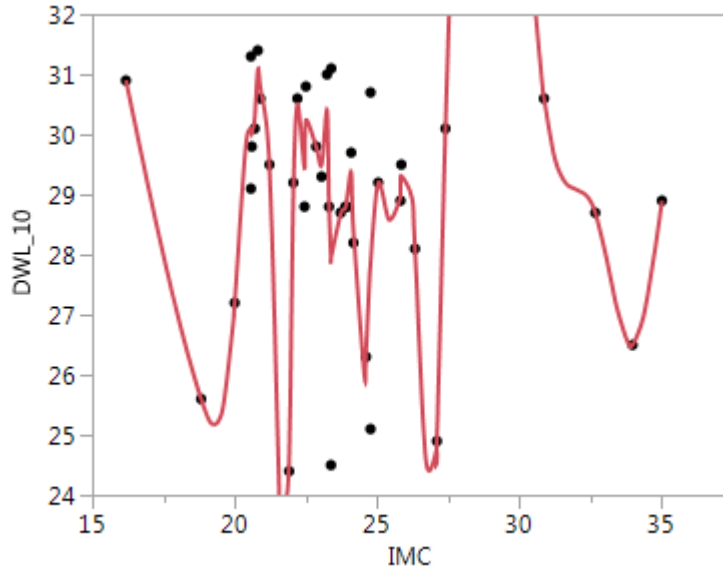
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.66:

Tabla 4.66 Coeficientes muñeca derecha a los 10 minutos.

MUÑECA DERECHA A LOS 10 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	29.6000414	-1.0456468		0	-0.0186027
18.82	26.4972489	-1.43460697	-0.1473334		1.21897617
20	26.6020825	3.30959346	4.16784224		0.2821926
20.57	29.8949428	8.33598674	4.65039159		-534.978969
20.6	30.1347633	7.17056702	-43.4977156		124.146851
20.7	30.5409897	2.19542943	-6.25366035		-74.2290827
20.81	30.6080187	-1.87489155	-30.7492577		147.085025
20.9	30.2974345	-3.83559182	8.96369918		-31.6979233
21.22	28.9492504	-7.83642636	-21.4663071		36.1156796
21.91	25.1863331	14.124095	53.2931496		-182.65766
22.06	27.8875736	17.7826478	-28.9027974		-42.1149899
22.2	29.695086	7.21350311	-46.5910932		95.0483147
22.45	30.0716483	1.73951554	24.6951429		-297.056205
22.5	30.18323	1.98110829	-19.8632878		25.377464
22.86	29.5061578	-2.45370091	7.54437335		22.6074226
23.05	29.4673708	2.86154483	20.4306042		-142.651605
23.24	29.7701618	-4.82399439	-60.8808107		365.597702

23.31	29.2595662	-7.97302167	15.8947068	203.849514
23.38	28.8492592	-2.75117486	58.7031048	-1077.8685
23.39	28.8265398	-1.90047331	26.3670497	-55.1693782
23.72	29.0881334	-2.52205638	-28.2506347	130.105738
23.89	28.48215	-0.84710473	38.1032915	-41.8015855
23.95	28.5594664	3.27383313	30.5790061	-203.504871
24.09	29.0587342	-0.13013155	-54.8930395	129.948033
24.17	28.7635416	-6.41801564	-23.7055117	56.3800561
24.61	26.1529064	5.46667069	50.7161624	-147.356504
24.77	27.7223352	10.3788632	-20.0149594	12.4858694
25.04	29.3112971	2.30144472	-9.90140519	7.40396034
25.82	28.5959732	0.36896105	7.42386202	-215.70591
25.85	28.6078995	0.23198682	-11.9896699	5.66184177
26.33	26.5829876	-7.36463121	-3.8366177	13.3147288
27.1	24.716104	10.4098856	26.9204058	-38.9138125
27.4	29.2112333	16.0553997	-8.10202547	1.01721782
30.86	29.9036361	-3.47744212	2.45669546	-0.61844257
32.66	27.9971765	-0.64460019	-0.88289439	0.65168218
33.97	27.102656	0.39727185	1.67821656	-0.54311216
35	28.6987927	0	0	0

Este Spline es para muñeca izquierda a los 10 minutos. El ajuste de Spline por alisado, lambda = 0.000122 (1000) con $R^2=71.26$ con un SSQ=41.53



Gráfica 4.47 Modelo Spline 46, muñeca izquierda 10 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.67:

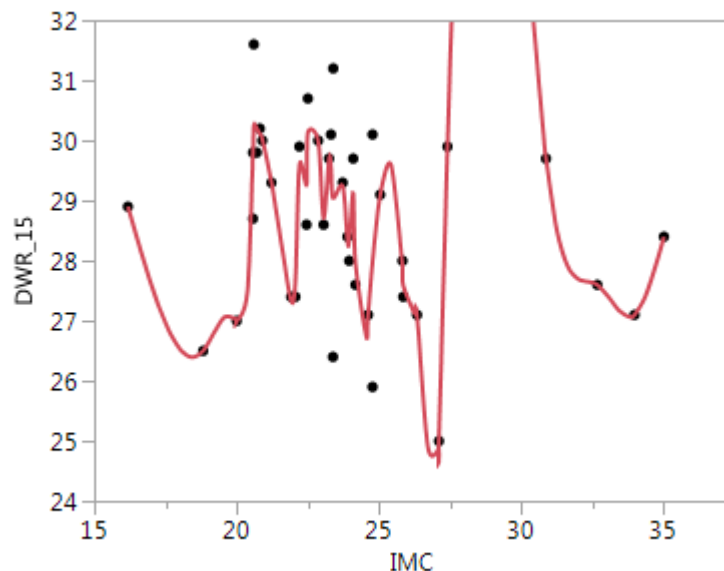
Tabla 4.67 Coeficientes mano izquierda a los 10 minutos.

MUÑECA IZQUIERDA A LOS 10 MINUTOS

X	A	B	C	D
16.18	30.8999857	-2.27964324	0	0.0390027
18.82	25.5993672	-1.46414368	0.30890135	1.76800385
20	27.2066788	6.6501692	6.56763499	-16.4800367
20.57	30.0791124	-1.92581869	-21.6132278	644.107964
20.6	30.0192768	-1.48352085	36.356489	44.9909005
20.7	30.2794806	7.13750396	49.8537591	-445.393116
20.81	31.0750182	1.93756085	-97.1259693	442.535208
20.9	30.7852865	-4.79150807	22.3585368	-63.7121287
21.22	29.4537991	-10.0544104	-38.8051067	62.5198875
21.91	24.5794903	25.6916976	90.6110603	-427.890731
22.06	29.0278626	23.9923913	-101.939769	42.4301421
22.2	30.5052062	-2.05585162	-84.1191091	301.429642
22.45	29.4436371	12.4026518	141.953123	-1457.14173
22.5	30.2365098	15.6694011	-76.6181368	82.4489747
22.86	29.794523	-7.43949603	12.4267559	97.4133776
23.05	29.497783	7.83254002	67.9523811	-442.977413
23.24	30.4006645	-14.320009	-184.544744	1194.55123

23.31	28.9037257	-22.5963701	66.311014	911.14764
23.38	27.9594274	0.08104219	257.652018	-8540.83984
23.39	27.9774622	2.67183061	1.42682332	-9.3157972
23.72	28.6797656	0.57006305	-7.79581591	45.9695672
23.89	28.7772257	1.90504712	15.6486634	108.194487
23.95	28.9712337	4.95138718	35.123671	-359.657163
24.09	29.3659526	-6.36182613	-115.932338	553.04064
24.17	28.3981964	-14.2926199	16.797416	11.5205267
24.61	26.3427879	7.18022813	32.0045112	-105.386334
24.77	27.8792775	9.32800124	-18.5809293	7.85151983
25.04	29.1978295	1.01142682	-12.2211982	13.7817719
25.82	29.0915329	7.10084772	20.0281481	-509.53212
25.85	29.3088263	6.92679988	-25.8297427	12.8004429
26.33	28.0981441	-9.02208704	-7.39710502	17.871276
27.1	24.9242207	11.3740098	33.8855425	-48.3055834
27.4	30.0818718	18.6628278	-9.58948252	1.22512921
30.86	30.6007861	-3.69612045	3.12735873	-0.92270399
32.66	28.6992019	-1.40631176	-1.85524279	1.25781152
33.97	26.5008261	0.20854315	3.08795647	-0.99933866
35	28.8996342	0	0	0

Este Spline es para muñeca derecha a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.000122$ (1000) con $R^2 = 71.26$ con un $SSQ = 41.53$



Gráfica 4.48 Modelo Spline 47, muñeca derecha, 15 minutos

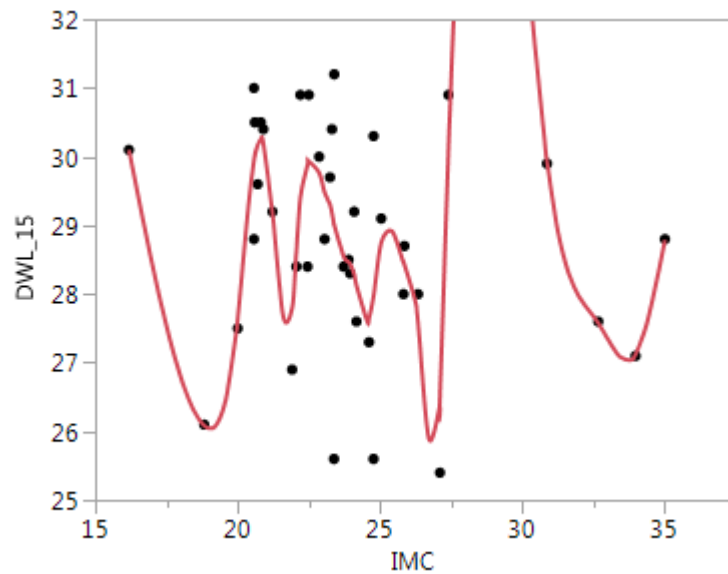
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 4.68:

Tabla 4.68 Coeficientes de la muñeca derecha a los 15 minutos

MUÑECA DERECHA A LOS 15 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	28.8999607	-1.65638401	0	0.10724281
18.82	26.5003472	0.58593449	0.84936307	-0.84149312
20	26.991803	-0.92465371	-2.12952256	21.5547995
20.57	29.7646664	17.6571537	34.7291846	-2790.83017
20.6	30.2502849	12.2056633	-216.445531	896.915977
20.7	30.2033119	-4.17596354	52.6292625	-205.029127
20.81	30.1078762	-0.04008307	-15.0303492	46.6751689
20.9	30.0165491	-1.61133932	-2.42805359	1.4589915
21.22	29.3000961	-2.71709143	-1.02742175	1.19646957
21.91	27.3291985	-2.42601596	1.44927026	194.643133
22.06	27.6548253	11.1471766	89.0386802	-501.600808
22.2	29.5841955	6.58387954	-121.633659	361.25296
22.45	29.2726392	13.50198	149.306061	-1476.55909
22.5	30.1364335	17.3583929	-72.1778023	63.2401597
22.86	29.9817446	-10.0218507	-3.87842983	113.118209
23.05	28.7134595	0.75504806	60.5989494	-196.880392
23.24	29.6941381	2.46050237	-51.6228741	-180.864228

23.31	29.5513847	-7.42540416	-89.6043619	1318.08458
23.38	29.0446481	-0.59417149	187.1934	-5907.72985
23.39	29.051518	1.37737755	9.96150439	-37.5603947
23.72	29.2410525	-4.3190105	-27.2232864	123.498366
23.89	28.3268152	-2.86761955	35.7608802	323.456826
23.95	28.3533639	4.9170198	93.9831088	-642.01824
24.09	29.1221175	-6.51838226	-175.664552	936.89562
24.17	27.9560844	-16.6363147	49.1903967	-36.0124945
24.61	27.0916784	5.73517762	1.65390397	-13.2758301
24.77	27.9972689	5.24484314	-4.71849446	1.64798461
25.04	29.1018356	3.05727037	-3.38362692	-3.36738705
25.82	27.8299076	-8.36734246	-11.2633126	461.365834
25.85	27.5812073	-7.79745347	30.2596125	-33.735978
26.33	27.079315	-2.06653346	-18.3201958	22.7803097
27.1	25.0260033	10.2397019	34.3023197	-48.2670211
27.4	29.8819131	17.788998	-9.13799928	1.15073121
30.86	29.7006586	-4.11767569	2.80659069	-0.64859646
32.66	27.5995816	-0.31830678	-0.69583018	0.49457218
33.97	27.1003288	0.4048241	1.24783848	-0.40383122
35	28.3998522	0	0	0

Este Spline es para la muñeca izquierda a los 15 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.008185(1000)$ con $R^2 = 56.33$ con un $SSQ = 42.76$



Gráfica 4.49 Modelo Spline 48, muñeca izquierda 15 minutos

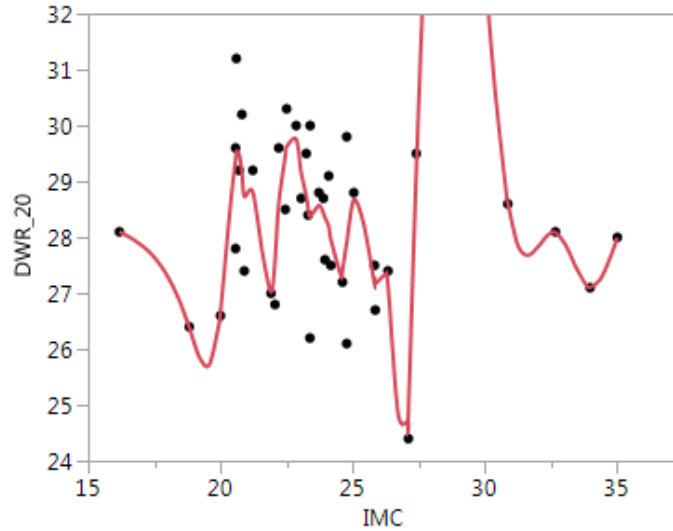
Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla:

Tabla 4.69 Coeficientes muñeca izquierda a los 15 minutos

MUÑECA IZQUIERDA A LOS 15 MINUTOS.

X	A	B	C	D
16.18	30.0979979	-2.08817596	0	0.08153479
18.82	26.0854327	-0.38338132	0.64575555	0.67478808
20	27.6408911	3.95932656	3.03450536	-5.06299031
20.57	29.9459877	2.48376602	-5.62320806	-8.80868063
20.6	30.015202	2.12259009	-6.41598932	10.9346722
20.7	30.1742358	1.16743239	-3.13558767	-12.4510236
20.81	30.2481404	0.02563095	-7.24442546	-2.19406577
20.9	30.1901679	-1.33168143	-7.83682321	6.3513276
21.22	29.1696594	-4.39612045	-1.73954871	7.58694501
21.91	27.8005169	4.03973589	13.9654275	-29.086518
22.06	28.6225324	6.26602416	0.87649437	-38.1491278
22.2	29.4122739	4.26827387	-15.1461393	22.4383757
22.45	29.8833082	0.90239965	1.68264244	-37.9692085
22.5	29.9278887	0.78589483	-4.01273884	1.6199315
22.86	29.7663394	-1.47344777	-2.26321282	11.1357379
23.05	29.4810623	-1.12746823	4.08415776	-16.6004601
23.24	29.3004189	-1.37331812	-5.37810452	-0.32755916
23.31	29.1778216	-2.13106787	-5.44689194	49.4455387
23.38	29.0189169	-2.16678332	4.93667118	-89.7895207
23.39	28.9976529	-2.09498675	2.24298556	-0.09914912
23.72	28.5470053	-0.6470083	2.14482793	-6.08592585
23.89	28.4690993	-0.44541658	-0.95899425	-4.82749638
23.95	28.4378792	-0.61263285	-1.8279436	-10.4426115
24.09	28.2876283	-1.73848261	-6.21384042	26.7136365
24.17	28.1224585	-2.21979526	0.19743233	5.4365635
24.61	27.6470797	1.11150127	7.37369615	-8.69822516
24.77	27.9780586	2.80306035	3.19854808	-10.9835952
25.04	28.751869	2.12816405	-5.698164	3.19400718
25.82	28.4607965	-0.93126989	1.7758128	-15.5718837
25.85	28.4340361	-0.86676521	0.37434327	-4.7405314
26.33	27.5799727	-3.78405097	-6.45202194	12.3650403
27.1	26.4858986	8.2735325	22.1112213	-31.8580748
27.4	30.0978002	12.9385851	-6.56104607	0.81143295
30.86	29.930047	-3.3214015	1.86162799	-0.41222879
32.66	27.5790807	-0.62640457	-0.36440747	0.43970741
33.97	27.1216333	0.68259353	1.36364266	-0.4413083

Este Spline es para la muñeca derecha a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado, $\lambda = 0.00246(1000)$ con $R^2 = 62.16$ con un $SSQ = 29.26$



Gráfica 4.50 Modelo Spline 49, muñeca derecha, 20 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 70:

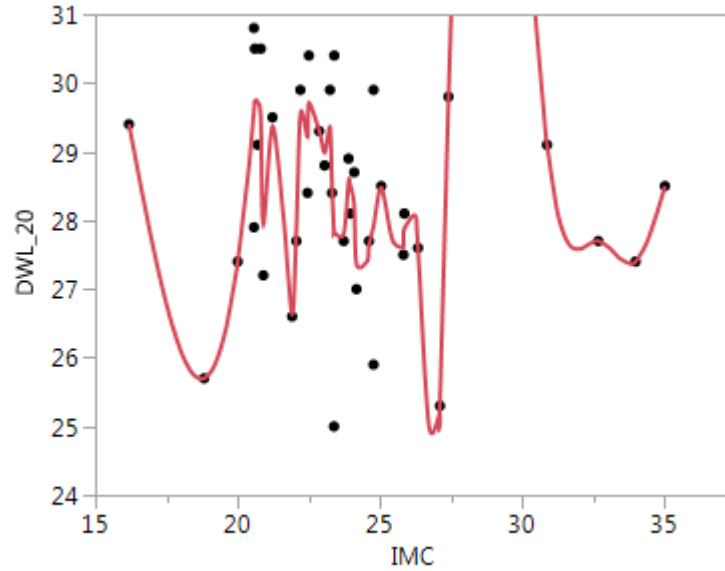
Tabla 4.70 Coeficientes muñeca derecha a los 20 minutos

MUÑECA DERECHA A LOS 20 MINUTOS					
X	A	B	C	D	
16.18	28.1004248	-0.24758667	0	-0.05755539	
18.82	26.3877916	-1.45100074	-0.45583866	1.59670449	
20	26.6643375	4.14297398	5.19649521	-7.12111293	
20.57	29.3953937	3.12602976	-6.9806079	-195.574688	
20.6	29.4776115	2.17914163	-24.5823298	37.8112847	
20.7	29.4875137	-1.6029858	-13.2389444	-1.14720714	
20.81	29.1494671	-4.55719718	-13.6175228	141.201428	
20.9	28.7319532	-3.57715658	24.5068628	-39.2800399	
21.22	28.8096375	0.04040735	-13.2019755	13.6146035	
21.91	27.0245778	1.26741926	14.9802537	10.2842747	

22.06	27.5864558	6.45568389	19.6081772	-96.2815586
22.2	28.6103753	6.28461788	-20.8300774	37.813933
22.45	29.4704926	2.95969164	7.53037242	-93.6891305
22.5	29.625592	3.0100604	-6.52299715	-2.30593003
22.86	29.7562478	-2.58304314	-9.01340159	30.7228203
23.05	29.1508137	-2.68085431	8.49860597	-30.3630405
23.24	28.7399909	-2.73970132	-8.8083271	72.6192204
23.31	28.5299594	-2.90536458	6.44170919	55.0095441
23.38	28.3770165	-1.19488499	17.9937134	-239.979147
23.39	28.3666271	-0.90700447	10.794339	-18.6549033
23.72	28.5724179	0.12270237	-7.67401527	12.1827841
23.89	28.4313522	-1.43021544	-1.46079537	48.5849187
23.95	28.3507748	-1.08079376	7.28449	-53.146084
24.09	28.1964068	-2.1661263	-15.0368653	69.2920159
24.17	27.9623583	-3.24161803	1.59321856	6.64184059
24.61	27.410272	2.01799532	10.3604481	-21.8503035
24.77	27.9088799	3.65523542	-0.12769752	-10.7066458
25.04	28.6757454	1.24473531	-8.80008065	6.13001994
25.82	27.2016831	-1.29487811	5.544166	46.5523637
25.85	27.1690834	-0.83653677	9.73387874	-17.0090756
26.33	27.1291637	-3.24868625	-14.7591902	19.6896043
27.1	24.8659056	9.04406015	30.7237959	-43.4412386
27.4	29.1713519	15.7492033	-8.37331883	1.09103081
30.86	28.6139616	-3.01000968	2.95158098	-0.80079119
32.66	28.0888524	-0.16800855	-1.37269147	0.70972913
33.97	27.108621	-0.11056172	1.41654401	-0.45842848
35	27.9966168	0	0	0

Este Spline es para la muñeca izquierda a los 20 minutos. El ajuste de Spline por alisado,

$\lambda = 0.000223$ (1000) con $R^2 = 61.30$ con un $SSQ = 32.09$



Gráfica 4.51 Modelo Spline 50, muñeca izquierda a los 20 minutos

Los coeficientes del modelo se encuentran en la tabla 71:

Tabla 4.71 Coeficientes de la muñeca izquierda a los 20 minutos

MUÑECA IZQUIERDA A LOS 20 MINUTOS				
X	A	B	C	D
16.18	29.3999245	-2.18768162	0	0.11280194
18.82	25.6999719	0.17087164	0.89339138	0.15476099
20	27.3998359	2.9257429	1.44124528	0.40008541
20.57	29.6098629	4.95872577	2.12539134	-776.469685
20.6	29.7395729	2.9897811	-67.7568803	360.192675
20.7	29.7211749	0.24418529	40.3009221	-568.319827
20.81	29.4792427	-11.5196216	-147.244621	957.475818
20.9	27.9477952	-14.7569909	111.27385	-160.304773
21.22	29.3671336	7.21264694	-42.6187319	38.2997392
21.91	26.6348907	3.10231435	36.6617281	-13.8538029
22.06	27.8783702	13.1657011	30.4275168	-280.475881
22.2	29.5483218	5.19342403	-87.372353	245.201494
22.45	29.2171791	7.4825276	96.5287673	-976.291961
22.5	29.7105909	9.81321462	-49.9150268	54.2148791
22.86	29.3038101	-5.0468597	8.63704263	48.5196471
23.05	28.9895003	3.48989428	36.2932415	-234.739346
23.24	29.352689	-8.14094512	-97.5081857	583.363757

23.31	28.5051265	-13.2166439	24.9982034	426.22396
23.38	27.8486475	-3.45140319	114.505235	-3831.84401
23.39	27.8217521	-2.3108517	-0.4500852	22.0392305
23.72	27.8021806	4.59230867	21.368753	-130.697098
23.89	28.5583152	0.5262463	-45.2867669	380.042518
23.95	28.5089468	-0.80370653	23.1208864	-231.238196
24.09	28.2150796	-7.92666425	-73.9991559	493.605379
24.17	27.3600779	-10.2893059	44.4661349	-44.6276023
24.61	27.6398693	2.92118138	-14.4423001	45.2538624
24.77	27.9228953	1.77514198	7.27955386	-23.1923538
25.04	28.476368	0.6339333	-11.5062527	12.1320517
25.82	27.7277212	4.82759996	16.8827484	-328.25844
25.85	27.8788807	4.95426708	-12.6605113	2.26363157
26.33	27.5902867	-5.63520158	-9.40088179	16.782792
27.1	25.339297	9.7389926	29.3673677	-41.9571707
27.4	29.7712143	16.0309772	-8.39408588	1.0707757
30.86	29.1011451	-3.59940202	2.72056589	-0.64087556
32.66	27.6992686	-0.0346753	-0.74016215	0.45232844
33.97	27.4005272	0.35482237	1.03748861	-0.33575683
35	28.4997754	0	0	0

Este resultado de esta investigación tiene implicaciones tanto en la industria como en de la salud de los trabajadores. Cuando se realiza u movimiento repetitivo por un periodo de tiempo considerado como toda una jornada laboral la cual comprende aproximadamente de 8 horas, tiene consecuencias en la salud de los trabajadores, estos resultados pueden ser utilizados para predecir lsa temperaturas máximas con la finalidad de conocer cuando se tendrían que implementar micro pausas para evitar un DTA´s. Así mismo se pueden utilizar por la industria para realizar una evaluación ergonómica objetiva a los trabajadores, actualmente las empresas están obligadas a realizar evaluaciones ergonómicas a los empleados, estos resultados pueden ser utilizados por la industria como parte de una evaluación ergonómica, de igual forma el prevenir DTA´s ayuda a mejorar la calidad de vida

de los trabajadores y se puede reducir el número de incapacidades por lesiones laborales de esta índole.

5 Conclusiones y líneas de investigación futuras

Los modelos generados de esta investigación son una propuesta objetiva, económica y confiable para predecir la temperatura de la piel al generar movimientos altamente repetitivos. El objetivo general de esta investigación, fue analizar el comportamiento de la temperatura de las manos al realizar un trabajo repetitivo, generando modelos predictivos Spline. El análisis fue realizado por medio de termografía infrarroja, con el cual se cumple este objetivo dado que se generaron 50 modelos Spline con una $R^2 > 50\%$, con los que se pueden predecir y detectar de manera oportuna un desorden de trauma acumulado en las áreas de estudio.

El tamaño ideal de la muestra con un nivel de confianza del 90% sería de 74 personas, sin embargo, para este tipo de estudios y por la limitante de tiempo y cumplimiento de protocolo es muy difícil cumplir con este número. Sin embargo, la muestra es lo suficientemente representativa para obtener los modelos predictivos. se realizó a diferentes hombres y mujeres en edades productivas y con diferentes IMC. En este caso la muestra debía cumplir con ciertas especificaciones para generar las imágenes termográficas. Como por ejemplo se consideraron, en el caso de las mujeres, el periodo de menstruación y/o fase lútea, dado que esto aumenta la temperatura. Por otro lado, la prueba no se aplicó a personas que tomaban medicamentos, o ingirieron alcohol 24 horas antes de la evaluación.

El protocolo que se llevo a cabo, se adaptó a las condiciones en donde se realizaron las pruebas, en algunas ocasiones se tuvieron limitantes de variables que no se pudieron controlar, tal como la humedad del ambiente, la cual rebasaba los límites para la realización de las pruebas, por lo que esos días se suspendían las pruebas experimentales. Sin embargo, las condiciones para este estudio fueron las adecuadas para la toma de imágenes

termográficas. Por otro lado, fuera de los días o las personas descartadas para realizar el protocolo, debido a que no se demostró una diferencia significativa entre un ambiente simulado y el análisis aplicado en una empresa. Esto por que se analizaron los resultados obtenidos en este estudio con respecto al estudio realizado con termografía sensorial aplicado a trabajadores en la industria maquiladora por parte de C. Camargo [26].

Otros factores que no se consideran en un entorno laboral y que pueden afectar los resultados de la termografía son las variables incontrolables, como la humedad, la temperatura ambiente, y otras que son controlables. Sin embargo, depende de los participantes en la parte experimental, tal es el caso de las mujeres en el factor de la fase del ciclo menstrual y su honestidad al contestar el test para dar cumplimiento con el protocolo de la toma de imágenes termográficas. Asimismo, con la disponibilidad de los individuos para realizar las pruebas.

Interpolar las variables para este estudio fue complejo dado que se contó con tres tipos de variables, ordinal, nominal y escala, no fue posible por la naturaleza de los datos analizarlas todas las ordinales, nominales en un solo análisis. Al realizar los modelos Spline, no fue posible realizar estos modelos con variables nominales u ordinales entre ellas, esto por la naturaleza de las dimensiones de estas variables contra las de la temperatura de cada dedo y muñeca por extremidad. El procedimiento que se llevó a cabo fue por categorías, es decir se realizaron las pruebas de normalidad, las pruebas Kruskal-Wallis, para cada una de las variables de tipo nominal u ordinal contra todas las de tipo escalar obtenidas de las temperaturas.

Las variables que se relacionaron para los modelos de predicción spline fueron: IMC (Índice de Masa Corporal) con las temperaturas seccionadas de la mano, es decir cada uno de los

dedos, de la parte dorsal y la parte de la palma, asimismo las muñecas de la mano también se incluyeron, y el antebrazo. La naturaleza de la obtención de los datos permitió realizar los modelos predictivos, comparando una sola variable con respecto a todas las temperaturas.

Por lo que se concluye que el objetivo general de esta investigación se cumplió, pero solo se pudo realizar con la variable IMC- con cada una de las temperaturas de los dedos, y muñecas, el objetivo de la investigación fue “Generar modelos predictivos spline de temperatura para la mano, y analizar el comportamiento de las simetrías de la temperatura media después de realizar un movimiento repetitivo”.

Los datos obtenidos para la realización de esta investigación fueron suficientes, dado que se trabajó con 39 participantes. Entre algunas de las limitaciones que se encontraron al principio es la resistencia a la prueba que se realizaría o el poco interés para participar en el ejercicio.

El tercer objetivo específico fue analizar protocolos de termografía para la realización de las pruebas emuladas, en este punto el objetivo se cumplió, sin embargo, aún no existe un protocolo estandarizado para la toma de imágenes termográficas en la piel.

En este punto en el que se preparó el entorno, se encontraron varias limitantes como el control de variables como la humedad (que fue una variable que no podía controlar) y en ocasiones se cancelaban las pruebas emuladas cuando la humedad no era la adecuada. Al principio las fotografías térmicas de las manos no salían estandarizadas por la falta de un dispositivo que realizara esto, eran tomadas desde vista de planta y no se colocaba la cámara en un tripie que la mantuviera fija cuando se tomaban las fotos, dado que se tiene que tomar con un metro de distancia aproximadamente, lo cual se solucionó con una fixture que señalaba como colocar las manos (tenía una guía) y los participantes se inclinaban un poco

para colocar sus manos en la tabla esto permitió tomar la foto con precisión y a la distancia adecuada.

Los resultados se concentraron en una hoja de cálculo de Excel antes de ser analizados estadísticamente. La limitante en este objetivo fue un software que nos modelará la predicción por medio de la herramienta spline, sin tener que programar cada uno de los nodos, los cuales son aproximadamente 35 por modelo, con 50 modelos, por lo que el tiempo era la principal limitante. Entre las publicaciones y estudios encontrados, se analizaron los diferentes softwares que realizaban modelos spline, la tesis de Meza Santa Cruz [78] se realizó con el software JMP, el mismo que se utilizó para este estudio, este programa estadístico que realiza el modelo alisando λ . Lo cual contribuyó significativamente en el tiempo de elaboración de los modelos de predicción para este estudio.

Respecto a las hipótesis planteadas la H1 que planteaba que las asimetrías después de 10 minutos aumentarían, se cumplió, algunos de los participantes presentaron asimetrías antes de realizar el trabajo repetitivo, sin embargo, una vez que se realizó el trabajo repetitivo y se tomó de nuevo el termograma, donde las asimetrías aumentaron para los primeros tres dedos evaluados, pulgar, índice y medio. El porcentaje de asimetrías disminuyó pasados los 20 minutos de la prueba.

La segunda hipótesis planteada dentro de esta investigación no se cumple en su totalidad dado que los coeficientes de predicción, generan predicciones utilizando el IMC (el cual incluye dos variables peso y altura) y el tiempo de trabajo repetitivo, no se obtuvo en si un solo modelo que realizara esto en general.

La última hipótesis planteada, al principio con la literatura que se tenía se consideró que las características fisiológicas realmente tendrían alguna influencia en las temperaturas, pero al realizar las pruebas estadísticas correspondientes solo el género de los participantes resultó una variable significativa.

Líneas de investigación futuras

- Investigación que estandarice los protocolos para la termografía infrarroja en la piel.
- Investigación que correlacione los cambios hormonales de las mujeres con los desórdenes del trauma acumulado)
- Considerando los modelos de predicción obtenidos de esta tesis, programar cada una de las matrices en los diferentes tiempos y generar un software que prediga la temperatura, y genere un nivel de riesgo, según el IMC de la persona.
- Realizar un programa de micro pausas preventivo a desórdenes del trauma acumulado, para personas que realizan trabajos repetitivos.

6 Referencias

- [1] Arturo, F. Manuel, Canga, P. Ferrer, and J. M. Fernández Quintana, Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene Industrial, Seguridad y Ergonomía. 2000.
- [2] D. Meister, Psychology of System Design. Amsterdam: 17th June 1991.
- [3] Paola Vernaza-Pinzón¹ y Carlos H. Sierra-Torres², “Dolor Músculo-Esquelético y su Asociación con Factores de Riesgo Ergonómicos, en Trabajadores Administrativos,” Rev. SALUD PÚBLICA, vol. Volumen 7, 2005.
- [4] P. L. A. Prevenci and D. E. R. Laborales, Ergonomía Ergonomía. 2011.
- [5] S. B. Markowitz, E. Fischer, M. C. Fahs, J. Shapiro, and P. J. Landrigan, “Occupational disease in new york state: A comprehensive examination,” Am. J. Ind. Med., vol. 16, no. 4, pp. 417–435, 1989.
- [6] M. D. S. Y. CONSUMO, Movimientos Repetidos De Miembro Superior, no. 11. 2000.
- [7] H. Y. Lee, W. Y. Yeh, C. W. Chen, and J. Der Wang, “Prevalence and psychosocial risk factors of upper extremity musculoskeletal pain in industries of Taiwan: A nationwide study,” J. Occup. Health, vol. 47, no. 4, pp. 311–318, 2005.
- [8] Å. Kilbom, “Repetitive work of the upper extremity: Part II-The scientific basis (knowledge base) for the guide,” Elsevier Ergon. B. Ser., vol. 1, no. C, pp. 151–178, 2000.

- [9] V. L. Young, J. R. Nemecek, P. E. Higgs, and D. J. Bail, "Cumulative T r a u m a Disorders : An Overview of the Problem," vol. 2, no. 3, 1992.
- [10] S. R. Stock, "Workplace Ergonomic Factors and the Development of Musculoskeletal Disorders of the Neck and Upper Limbs : A Meta-Analysis," vol. 107, no. 1991, pp. 87–107, 2000.
- [11] R. G. Feldman, P. H. Travers, J. Chirico-Post, and W. M. Keyserling, "Risk assessment in electronic assembly workers: Carpal tunnel syndrome," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 12, no. 5, pp. 849–855, 1987.
- [12] J. J. Natarén and M. N. Elío, "Los trastornos musculoesqueléticos y la fatiga como indicadores de deficiencias ergonómicas y en la organización del trabajo," pp. 27–41.
- [13] D. H. W. Laura Punnett, "Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate," vol. 14, pp. 13–23, 2004.
- [14] G. C. David, "Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders," pp. 190–199, 2005.
- [15] B. Bernard and S. Burt, "Musculoskeletal disorders and workplace factors," *Natl. Inst. Occup. Saf. Heal.*, vol. 97–141, no. July 1997, pp. 1-1-7–11, 1997.
- [16] D. Rempel, "Work-Related Cumulative Trauma Disorders of the Upper Extremity," no. February 1992, 2015.
- [17] Amgl, "EXCELSIOR," Mexicanos, los más expuestos a enfermedades laborales, Cd. De México, 08-Feb-2018.

- [18] E. F. J. Ring and K. Ammer, "Infrared thermal imaging in medicine," *Physiol. Meas.*, vol. 33, no. 3, 2012.
- [19] S. Suominen and S. Asko-Seljavaara, "Thermography of hands after a radial forearm flap has been raised.," *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.*, vol. 30, no. 4, pp. 307–14, 1996.
- [20] J. E. Gold, M. Cherniack, A. Hanlon, J. T. Dennerlein, and J. Dropkin, "Skin temperature in the dorsal hand of office workers and severity of upper extremity musculoskeletal disorders," *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 82, no. 10, pp. 1281–1292, 2009.
- [21] E. Sousa, R. Vardasca, S. Teixeira, A. Seixas, J. Mendes, and A. Costa-Ferreira, "A review on the application of medical infrared thermal imaging in hands," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 85, 2017.
- [22] A. D. A. Fernandes et al., "Measuring skin temperature before , during and after exercise : a comparison of thermocouples and infrared thermography," vol. 189.
- [23] B. F. J. and P. Plassmann, "Digital Infrared Thermal Imaging of Human Skin Computational," *IEEE Eng. Med. Biol.*, no. December, pp. 41–48, 2002.
- [24] G. S. R. TORTORA, G.J., *Principles of Anatomy and Physiology*, John Wiley. New York, 2003.
- [25] E. F. J. R. Y. Houdas, *Human Body Temperature: Its Measurement and Regulation* Title, 1st ed. New York, 1982.
- [26] C. C. Wilson, "Temperature Prediction Models Maximum In The Doll Area A

Through Sensorial Thermography,” Universidad Autónoma de Baja California, 2013.

- [27] I. N. de E. y Geografía, “INEGI,” 2018. [Online]. Available: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.html?nc=683>.
- [28] R. F. de S. y S. en el Trabajo, “gob.mx,” 2016. [Online]. Available: <https://www.gob.mx/indesol/documentos/reglamento-federal-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo>.
- [29] L. A. López Arias, “Biomecánica y patrones funcionales de la mano,” *Morfología*, vol. 4, no. 1, pp. 14–24, 2012.
- [30] D. S. . ETHEL J. ALPENFELS, “The Anthropology and Social Significance of the Human Hand,” *Natl. Acad. Sci. Res. Council.*, no. May, p. 4, 1955.
- [31] C. L. TAYLOR and R. J. SCHWARZ, “The anatomy and mechanics of the human hand,” *Artif. Limbs*, vol. 2, no. 2, pp. 22–35, 1955.
- [32] R. A. R. Vardasca, “The effect of work related mechanical stress on the peripheral temperature of the hand,” no. October, p. 306, 2010.
- [33] T. D. O. A. V. Albán, “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PROTESIS ROBOTICA DE MANO FUNCIONAL ADAPTADA A VARIOS AGARRES,” 2010.
- [34] P. Calvet, M. R. Martí, A. Gondolbeu, A. Burgaya, and M. Pérez, “Anatomía aplicada a la cirugía de los tendones flexores,” *Rev. Iberoam. Cirugía la Mano*, vol. 43, no. 02, pp. 128–134, 2015.

- [35] A. W. M. M. Richard L. Drake, A. Wayne Volg, Anatomía para estudiantes. 2010.
- [36] A. F. D. I. Keith L. Moore, Anatomía con orientación clínica, Cuarta Edi. España, 1999.
- [37] C. Whittle and G. Baldassare, “Ultrasonografía de la piel y anexos,” Rev. Chil. Radiol., vol. 10, no. 2, pp. 81–88, 2004.
- [38] S. I. Fox, Fisiología Humana, Decimoterc. China, 2011.
- [39] J. T. M. C Ariznavarreta, V. Cachofeiro, D. Cardinali, E. Escrich, P. Gil Loyzaga, V. Lahera Juliá, F. Mora Teruel, M. Roma Parada, Fisiología HUMANA, McGRAW-HILL. 2005.
- [40] M. D. J. Sánchez-zúñiga and R. Carrillo-Esper, “Microcirculación y endotelio,” vol. 35, pp. 212–214, 2012.
- [41] M. M. O. de Z. E. Lizarralde Palacios, A. Gutiérrez Macías, “Alteraciones de la termorregulación E.,” Crit. Care Study Guid. Text Rev. Second Ed., pp. 601–615, 2010.
- [42] H. Factors and V. Tech, “Cumulative trauma disorders: Their recognition and ergonomics measures to avoid them,” no. 1985, 1987.
- [43] D. C. Serge Simomeau, Marie St-Vincent, “Work-Related Musculoskeletal Disorders(WMSDs),” Assoc. Parit. pour la santé la sécurité du Trav., 1996.
- [44] * Vicente Cisneros-Pérez*** Miguel Leonardo De la Parra-Márquez,* Roberto Tamez-Cavazos,* Luis Zertuche-Cedillo,* Juan José Martínez-Pérez,* Víctor

Velasco-Rodríguez and Resumen, “Factores de riesgo asociados a tenosinovitis estenosante. Estudio de casos y controles,” *Acad. Mex. Cirugía, A.C*, vol. 76, pp. 323–327, 2008.

- [45] C. Urquiola, G. Fabián, R. Gil, and G. W. Spindler, “Ultrasonido en Reumatología : su utilidad en codo , muñeca y mano,” vol. 24, no. 3, pp. 16–20, 2013.
- [46] S. Raja and A. J. Carlos, “Carpal tunnel syndrome - current controversies,” *Orthop. Trauma*, vol. 29, no. 4, pp. 273–277, 2015.
- [47] D. Mauricio and C. Ruiz, “Epicondylitis : current concepts . Review Epicondilitis lateral : conceitos atuais . Revisão,” vol. 19, no. 49, pp. 74–81, 2011.
- [48] P. Therapy, “Theories of musculoskeletal injury causation,” no. Davis 1999, pp. 17–47, 2001.
- [49] C. A. Ordóñez, E. Gómez, and A. P. Calvo, “Desórdenes músculo esqueléticos relacionados con el trabajo Musculoskeletal disorders related to work,” vol. 6, no. 1, pp. 27–32, 2016.
- [50] J. M. Muggleton, R. Allen, and P. H. Chappell, “Hand and arm injuries associated with repetitive manual work in industry: A review of disorders, risk factors and preventive measures,” *Ergonomics*, vol. 42, no. 5, pp. 714–739, 1999.
- [51] C. Camargo, E. J. De Vega, J. E. Olguin, and J. A. López, “Application of Sensory Thermography on Workers with Carpal Tunnel Syndrome of a Textile Industry in Mexico,” vol. 8, no. July, pp. 6847–6856, 2014.
- [52] S. D. Middleton and R. E. Anakwe, “Carpal tunnel syndrome,” *Bmj*, vol. 349, no.

nov06 1, pp. g6437–g6437, 2014.

- [53] E. Mendes, A. Silva, R. Correia, C. Crisóstomo, F. Vaz, and J. Gabriel, “History of Thermology and Thermography: Pioneers and Progress E.,” B. Proc. 12th Eur. Congr. Thermol. Porto, 2012, 5, vol. 22, no. 3, pp. 99–104, 2012.
- [54] E. F. J. Ring, “The historical development of thermal imaging in medicine,” *Rheumatology*, vol. 43, no. 6, pp. 800–802, 2004.
- [55] A. Rogalski, “Recent progress in infrared detector technologies,” *Infrared Phys. Technol.*, vol. 54, no. 3, pp. 136–154, 2011.
- [56] E. F. J. Ring, “The historical development of temperature measurement in medicine,” vol. 49, pp. 297–301, 2007.
- [57] Y. V. Gulyaev, A. G. Markov, L. G. Koreneva, and P. V. Zakharov, “Dynamical Infrared Thermography in Humans,” *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 14, no. 6, pp. 766–771, 1995.
- [58] E. Ramos, D. C. dos Reis, A. S. Tirloni, and A. R. P. Moro, “Thermographic Analysis of the Hands of Poultry Slaughterhouse Workers Exposed to Artificially Cold Environment,” *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 4252–4259, 2015.
- [59] E. F. J. Ring and K. Ammer, “Infrared thermal imaging in medicine,” *Physiol. Meas.*, vol. 33, no. 3, pp. R33–R46, 2012.
- [60] E. F. J. Ring, “Thermography as an alternative tool to determine pressure distribution on the stump of transfemoral amputees,” *Thermol. Int.*, vol. 22, no. 3, pp. 99–104, 2012.

- [61] G. R. Ivanitsky, A. A. Deev, E. I. Maevsky, E. P. Khizhnyak, and L. N. Khizhnyak, "Prospects of thermography in modern medicine: a study of spatial changes in human skin temperature induced by administration of Perftoran.," *Dokl. Biol. Sci.*, vol. 393, no. 3, pp. 496–500, 2003.
- [62] I. Fernández-Cuevas et al., "Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 71, pp. 28–55, 2015.
- [63] B. del C. Flores-Olivares, A. Yoguez-Seoane, O. Susarrey-Huerta, and C. del C. Gutiérrez-Torres, "Preliminary Study on the Evaluation of Musculoskeletal Risks through Infrared Thermography for Drummers," *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 4415–4420, 2015.
- [64] Y. A. Silva et al., "Skin temperature changes after exercise and cold water immersion," *Sport Sci. Health*, vol. 13, no. 1, pp. 195–202, 2017.
- [65] M. M. R os, E. M. Ch acon, A. C. Fernández, and E. O. Guillén, "Termografia Infrarroja Y El Estudio De Riesgos De Lesiones Músculo Esquel ticas," *Ing. Ind.*, vol. 1, pp. 55–67, 2011.
- [66] E. Sanchis-Sánchez et al., "Clinical Applications," no. September, pp. 55–78, 2017.
- [67] L. J. Jiang et al., "A perspective on medical infrared imaging," vol. 29, no. 6, pp. 257–267, 2005.
- [68] M. G. Trentin, G. A. Oliveira, and D. Setti, "Thermography: an a assessment tool in the ergonomic analysis of a work station in the foundry industry," *Int. Conf. Ind. Eng.*

Oper. Manag., no. 2007, pp. 1–11, 2012.

- [69] D. Alexandre, M. Prieto, F. Beaumont, R. Taiar, and G. Polidori, “Wearing lead aprons in surgical operating rooms: ergonomic injuries evidenced by infrared thermography,” *J. Surg. Res.*, vol. 209, pp. 227–233, 2017.
- [70] R. House, L. Holness, I. Taraschuk, and R. Nisenbaum, “Infrared thermography in the hands and feet of hand-arm vibration syndrome (HAVS) cases and controls,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 62, pp. 70–76, 2017.
- [71] K. Katić, R. Li, B. Kingma, and W. Zeiler, “Modelling hand skin temperature in relation to body composition,” *J. Therm. Biol.*, vol. 69, pp. 139–148, 2017.
- [72] M. L. Brioschi, M. L. L. R. Okimoto, and J. V. C. Vargas, “The utilization of infrared imaging for occupational disease study in industrial work,” *Work*, vol. 41, no. SUPPL.1, pp. 503–509, 2012.
- [73] J. E. Gold, M. Cherniack, A. Hanlon, and B. Soller, “Skin temperature and muscle blood volume changes in the hand after typing,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 40, no. 2, pp. 161–164, 2010.
- [74] P. Madeleine, M. Voigt, and L. Arendt-Nielsen, “Subjective, physiological and biomechanical responses to prolonged manual work performed standing on hard and soft surfaces,” *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, vol. 77, no. 1–2, pp. 1–9, 1998.
- [75] J. E. Gold, M. Cherniack, and B. Buchholz, “Infrared thermography for examination of skin temperature in the dorsal hand of office workers,” *Eur. J. Appl. Physiol.*, vol. 93, no. 1–2, pp. 245–251, 2004.

- [76] E. J. Wegman, I. W. Wright, E. J. Wegman, and I. A. N. W. Wright, “Splines in Statistics,” vol. 78, no. 382, pp. 351–365, 2016.
- [77] K. D. F. John H. Mathews, *Métodos numéricos*, 3ra ed. Madrid, 1999.
- [78] Luis Alberto Meza Santa Cruz, “REGRESIÓN NO PARAMÉTRICA UTILIZANDO SPLINE PARA LA SUAVIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MORTALIDAD EN EL PERÚ,” 2013.
- [79] Ng, EYK, Ung, LN, Ng ,FC, Sim, LSJ, “Statistical analysis of healthy and malignant breast thermography.,” *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 25, no. October, pp. 253–263, 2001.
- [80] W. Scientific et al., “New standards for fever screening with thermal imaging systems,” vol. 13, no. 2, pp. 1–13, 2013.
- [81] S. Hunold, E. Mietzsch, and J. Werner, “Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise,” *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, vol. 65, no. 6, pp. 550–554, 1992.
- [82] P. C. Vecchio, A. O. Adebajo, M. D. Chard, P. P. Thomas, and B. L. Hazleman, “Thermography of frozen shoulder and rotator cuff tendinitis,” *Clin. Rheumatol.*, vol. 11, no. 3, pp. 382–384, 1992.
- [83] J. R. Roberts, “Termografía,” *Toma Decis. en el Trat. del Dolor*, pp. 30–31, 2007.
- [84] E. F. J. Ring et al., “Standardization of infrared imaging,” *26th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, vol. 3, pp. 1183–1185, 2004.

- [85] E. F. J. Ring and K. Ammer, "The technique of infrared imaging in medicine," *Infrared Imaging A Caseb. Clin. Med.*, 2015.
- [86] I. F. Cuevas, J. C. Marins, P. M. G. Carmona, M. A. G. Concepción, J. A. Lastras, and M. S. Quintana, "Reliability and reproductibility of skin temperature of overweight subjects by an infrared thermography software designed for human beings," *B. Proc. 12th Eur. Congr. Thermol. Porto, 2012, 5th - 8th Sept.*, vol. 22, pp. 130–137, 2012.
- [87] J. M. Atienza, F. J. Rojo, P. Aragoncillo, R. Burgos, and M. Elices, "Comportamiento termomecánico de los vasos sanguíneos humanos," vol. II, pp. 575–580, 2006.
- [88] I. I. Geneva, B. Cuzzo, T. Fazili, and W. Javaid, "Normal Body Temperature: A Systematic Review.," *Open forum Infect. Dis.*, vol. 6, no. 4, p. ofz032, 2019.
- [89] T. Ichiba, M. Suzuki, S. Aritake-Okada, and M. Uchiyama, "Periocular skin warming elevates the distal skin temperature without affecting the proximal or core body temperature," *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, p. 5743, 2019.
- [90] C. Camargo, J. Ordorica, E. J. De La Vega, J. E. Olguín, O. R. López, and J. A. López, "Analysis of temperature on the surface of the wrist due to repetitive movements using sensory thermography," *Work*, vol. 41, no. SUPPL.1, pp. 2569–2575, 2012.
- [91] Vardasca R, "Symmetry of temperature distribution in the upper and lower extremities," *Thermol. Int.*, vol. 18, no. 4, pp. 154–155, 2008.
- [92] D. Muster, "Infrared Thermographic Pattern of Lower Limb Complex Regional Pain Syndrome (Type I) and its Correlation with Pain , Disease Duration and Clinical Signs," no. Type I, pp. 288–292.

- [93] I. Rossignoli, P. J. Benito, and A. J. Herrero, "Reliability of infrared thermography in skin temperature evaluation of wheelchair users," *Spinal Cord*, vol. 53, no. 3, pp. 243–248, 2014.
- [94] T. Of, H. After, A. R. Forearm, and F. Has, "THERMOGRAPHY OF HANDS AFTER A RADIAL FOREARM FLAP HAS BEEN RAISED," pp. 307–314, 1996.

6.1 Referencias de los sitios Web

- [1]- Última visita marzo 2019, URL: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180747.pdf>
- [2] -Última visita marzo 2019, URL: <https://www.partesdel.com/dedo.html>
- [3] -Última visita marzo 2019, URL: <https://blogs.ugto.mx/enfermeriaenlinea/unidad-didactica-10-el-sistema-muscular>
- [4] -Última visita marzo 2019, URL: <https://twitter.com/SarayMasajista>
- [5] Última visita marzo 2019, URL: <https://www.fisioterapia-online.com/videos/aprende-una-auto-movilizacion-del-nervio-mediano-para-mejorar-el-sd-del-tunel-carpiano>
- [6] Última visita marzo 2019, URL: https://healthy.kaiserpermanente.org/static/health-encyclopedia/es-us/kb/zm63/09/zm6309.shtml?stop_mobi=yes
- [7] Última visita marzo 2019, URL: <https://plasticayreconstructiva.files.wordpress.com/2013/03/fig-19-arcos-arteriales.jpg>
- [8] Última visita abril 2019, URL: <http://colegioimaginario.blogspot.com/2014/05/la-termorregulacion.html>
- [10] Última visita abril 2019, URL: <https://www.optotherm.com/infrared-planck.htm>
- [9] Última visita marzo 2019, URL: <https://www.optotherm.com/infrared-planck.htm>
- [10] Última visita marzo 2019, URL: <https://www.sciencephoto.com/media/146802/view>
- [11] Última visita marzo 2019, URL: <https://slideplayer.com/slide/8111155/>
- [12] Última visita abril 2019, URL: <https://es.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>