

Caracterización de la Onda de Pulso Arterial, Velocidad (PWV) y Morfología (DVP), como Estimador de la Presión Arterial”

ÍNDICE

Capítulo 1	INTRODUCCIÓN	
1.1	Motivación	2
1.2	Organización de la memoria	3
Capítulo 2	CONCEPTOS FISIOLÓGICOS BÁSICOS	
2.1	Sistema circulatorio sanguíneo	6
2.2	Presión arterial	13
2.3	Sistema renina – angiotensina	17
2.4	Rigidez arterial	20
2.5	Factores de riesgo cardiovascular	24
Capítulo 3	MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LA ONDA DE PULSO ARTERIAL.	
3.1	Sistema Arterial	32
3.2	Medición de Presión Arterial	33
3.2.1	Antecedentes Históricos	33
3.2.2	Medida Incruenta de la Presión Arterial	34
3.3	Métodos de Medida de la Presión Arterial	37
3.3.1	Método Invasivo	37
3.3.2	Método Auscultatorio	38
3.3.3	Métodos Oscilométrico	39
3.4	Medición de Velocidad de Onda de Pulso (PWV)	42
3.4.1	Definición	42
3.4.2	Justificación	43
3.4.3	Metodologías	44
3.4.3.1	Medición Invasiva de PWV	44

3.4.3.2	Brazaletes de Presión	47
3.4.3.3	Tonometría	51
3.4.3.4	Sensores de presión	59
3.4.3.5	Ultrasonido	64
3.4.3.6	Fotopletismografía	68
3.5	Valoraciones obtenidas del Pulso Periférico	74
3.5.1	Índice tobillo-brazo (ABI)	74
3.5.2	Índice de Aumentación (AIx)	77
3.5.3	Índice de Rigidez (SI_{DVP}) e Índice de Reflexión (RI_{DVP})	81
Capítulo 4	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	
4.1	Justificación	88
4.2	Objetivo general	92
4.3	Objetivos Particulares	92
Capítulo 5	MATERIALES Y MÉTODOS	
5.0	Introducción Materiales y Métodos	96
5.1	Medición de Velocidad de Onda de Pulso por Ultrasonido	96
5.2	Medición del Pulso Digital de Volumen (DVP) por Fotopletismografía	99
5.3	Medición de velocidad de onda de pulso por Fotopletismografía	101
5.4	Medición del espesor de la Íntima en Carótida izquierda y derecha, por Ultrasonido de imagen	104
5.5	Medida de la Presión Arterial en el Protocolo Experimental	105
5.6	Protocolos de estudio	105
5.6.1	Condiciones Generales de Registro para todos	

	los Protocolos de Estudio	106
5.6.2	Estudio (1A) en Voluntarios Sanos	106
5.6.3	Estudio (1B) en Pacientes Hipertensos Controlados	107
5.6.4	Estudio (2A) en Voluntarios Sanos	109
5.6.5	Estudio (2B) en Pacientes Hipertensos Controlados	110
5.7	Técnicas estadísticas	
5.7.1	Software Utilizado	
5.7.2	Coefficiente de Correlacione de Pearson	112
5.7.3	Análisis Multivariante	113
5.7.3.1	Coefficientes de Regresión	113
5.7.3.2	Selección de Variables Deterministas	115
5.7.3.3	Variable de Confusión	117
5.7.3.4	Ajuste del Modelo de Regresión Lineal	118
5.7.3.5	Validación del Modelo mediante el Análisis de Residuos	119
5.7.3.6	Validación del Modelo mediante el Análisis de las Variables	121
Capítulo 6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.0	Introducción a Resultados y Discusión	124
6.1	Resultados del Estudio (1A) en voluntarios sanos	
6.1.1	Objetivo y metodología	125
6.1.2	Características de la Población de Voluntarios Sanos	126
6.1.3	Resultados y discusión de baPWV	
6.1.3	Variables de confusión	128
6.1.3.1	Relación de baPWV con parámetros Cardiovasculares y factores de riesgo	

	en el grupo de voluntarios sanos	128
6.1.3.2	Características del comportamiento de baPWV con parámetros Cardiovasculares en el grupo de voluntarios sanos	130
6.1.3.3	Características del comportamiento de baPWV con los factores de riesgo en el grupo de voluntarios sanos	132
6.1.3.4	Discusión baPWV	134
6.1.4	VARIABLES DE CONFUSIÓN	137
6.1.5	ANÁLISIS MULTIVARIANTE	140
6.1.5.1	Modelo de regresión múltiple para Determinar SBP a partir de baPWV y factores de riesgo influyentes	141
6.1.5.2	Modelo de regresión múltiple para Determinar DBP a partir de baPWV y factores de riesgo influyentes	146
6.1.5.3	Discusión del Modelo	151
6.1.6	Resultados y Discusión del DVP	153
6.1.6.1	Relación del DVP con parámetros Cardiovasculares y factores de riesgo en el grupo de voluntarios sanos	153
6.1.6.2	Características del comportamiento del SI_{DVP} Con parámetros cardiovasculares en el grupo de voluntarios sanos	153
6.1.6.3	Características del comportamiento del SI_{DVP} con factores de riesgo en el grupo de voluntarios sanos	157
6.1.6.4	Discusión SI_{DVP}	159
6.1.6.5	Características de comportamiento del RI_{DVP} con parámetros cardiovasculares en el grupo de voluntarios sanos	161
6.1.6.6	Características del comportamiento RI_{DVP}	

	con factores de riesgo en el grupo de voluntarios sanos	162
6.1.6.7	Discusión RI_{DVP}	162
6.1.6.8	Correlaciones entre baPWV, SI_{DVP} e RI_{DVP} en el grupo de voluntarios sanos	164
6.1.6.9	Discusión correlación entre baPWV, SI_{DVP} e RI_{DVP}	166
6.1.7	Análisis multivariante	167
6.1.7.1	Modelo de regresión múltiple para determinar La SBP a partir del DVP	167
6.1.7.2	Modelo de regresión múltiple para determinar La DBP a partir del DVP	172
6.1.7.3	Discusión del Modelo	176
6.2	Resultados del estudio (1B) en pacientes hipertensos	177
6.2.1	Objetivo y metodología	177
6.2.2	Características de la Población de pacientes hipertensos	178
6.2.3	Resultados y Discusión	180
6.2.3.1	Correlaciones baPWV con parámetros cardiovasculares en el grupo de pacientes hipertensos controlados	180
6.2.3.2	Correlaciones de baPWV con factores de riesgo cardiovascular en el grupo de pacientes hipertensos controlados	183
6.2.3.3	Discusión baPWV	183
6.2.4	Análisis Multivariante	187
6.2.4.1	Modelo de regresión múltiple para determinar la SBP en el grupo de pacientes hipertensos controlados	187
6.2.4.2	Modelo de regresión múltiple para determinar DBP a partir de baPWV en el grupo de pacientes hipertensos controlados	191

6.2.4.3	Discusión del modelo	195
6.2.5	Resultados y Discusión del DVP	196
6.2.5.1	Relación del DVP con parámetros cardiovasculares y factores de riesgo cardiovascular en el grupo de pacientes hipertensos controlados	196
6.2.5.2	Características del comportamiento del SI_{DVP} con parámetros cardiovasculares y factores de riesgo en el grupo de pacientes hipertensos controlados	197
6.2.5.3	Correlación del ΔT_{DVP} con parámetros cardiovasculares y factores de riesgo cardiovascular en el grupo de pacientes hipertensos controlados	198
6.2.5.4	Discusión DVP	200
6.2.6	Análisis Multivariante	201
6.3	Resultados del estudio (2A) en voluntarios sanos	202
6.3.1	Objetivo y metodología	202
6.3.2	Características de la población de voluntarios sanos	203
6.3.3	Validación del prototipo desarrollado que permite la medida del DVP y ECG	207
6.3.3.1	Validación del prototipo para la medida del SI_{DVP}	207
6.3.3.2	Registros típicos obtenidos con el prototipo desarrollado	210
6.3.3.3	Relación de baPWV, ftPWV, hfPWV, y htPWV, con parámetros cardiovasculares y factores de riesgo en el grupo de voluntarios sanos	212
6.3.3.4	Correlación de ftPWV, hfPWV y htPWV con parámetros cardiovasculares	212
6.3.3.5	Correlación de ftPWV, hfPWV y htPWV con los factores de riesgo cardiovascular	215
6.3.3.6	Correlación entre ftPWV, hfPWV y htPWV, medidos con el Prototipo Desarrollado y	

	baPWV-MM en el grupo de voluntarios sanos	217
6.3.3.7	Correlación entre ftPWV, hfPWV y htPWV, medidos con el Prototipo Desarrollado y el SI_{DVP-MM} en el grupo de voluntarios sanos	218
6.3.4	Discusión diferentes valoraciones de PWV	223
6.3.4.1	Correlación entre el SI_{DVP} medido con el Prototipo Desarrollado y el SI_{DVP-MM} en el grupo de voluntarios sanos	223
6.3.4.2	Valores típicos de ftPWV previamente Reportados	223
6.3.4.3	Correlación entre Velocidad ftPWV y baPWV-MM, en el grupo de voluntarios sanos	223
6.3.4.4	Correlación entre el ΔT_{DVP-PD} y el ΔT_{DVP-MM} en el grupo de voluntarios sanos	224
6.3.4.5	Correlación entre el hfPWV, htPWV y ftPWV y el SI_{DVP-MM} en el grupo de voluntarios sanos	224
6.3.4.6	Correlación entre hfPTT, htPTT y el PTT^{DVP-MM} , en el grupo de voluntarios sanos	225
6.3.4.7	Correlación de ftPWV, hfPWV y htPWV, con parámetros cardiovasculares	225
6.3.4.8	Correlación entre parámetros estudiados: ftPWV, hfPWV y htPWV medidos con el Prototipo desarrollado, con factores de riesgo cardiovascular	227
6.3.4.9	Correlación entre los parámetros estudiados: ftPWV, hfPWV y htPWV, medidos con el Prototipo Desarrollado	227
6.3.5	Análisis Multivariante	228
6.3.5.1	Modelo de regresión múltiple para determinar SBP a partir de hfPWV, en el grupo de voluntarios sanos	228
6.3.5.2	Modelo de regresión múltiple para determinar	

	DBP a partir de hfPWV en el grupo de voluntarios sanos	232
6.3.6	Discusión	236
6.4	Resultados del estudio (2B) en pacientes hipertensos	237
6.4.1	Objetivo y metodología	237
6.4.2	Características del grupo de pacientes hipertensos controlados	238
6.4.3	Dificultades encontradas para obtener los registros de baPWV, SI_{DVP} y RI_{DVP} en el grupo de pacientes hipertensos controlados	239
6.4.4	Registros Típicos obtenidos con el Prototipo Desarrollado	240
6.4.5	Relación de hfPWV con parámetros cardiovasculares y factores de riesgo en el grupo de pacientes hipertensos controlados	242
6.4.5.1	Características del comportamiento de hfPWV y hfPTT con la presión arterial en el grupo de pacientes hipertensos controlados	242
6.4.5.2	Características del comportamiento de hfPWV y hfPTT con los factores de riesgo en el grupo de pacientes hipertensos controlados	244
6.4.5.3	Correlación entre hfPWV y hfPTT en el grupo de pacientes hipertensos controlados	245
6.4.6	Discusión diferentes valoraciones de PWV	246
6.4.7	Análisis Multivariante	247
6.4.7.1	Modelo de regresión múltiple para determinar SBP a partir de hfPWV en el grupo de pacientes hipertensos	247
6.4.7.2	Modelo de regresión múltiple para determinar DBP a partir de hfPWV en el grupo de	

	pacientes hipertensos	251
6.4.8	Discusión Modelo de regresión	255
Capítulo 7	CONCLUSIONES	
7.1	Conclusiones	258
7.2	Limitaciones de los Resultados	261
7.3	Futuras Líneas de Investigación	262
7.4	Artículos Publicados	262
7.4.1	Artículos publicados en revistas	262
7.4.2	Artículos presentados en congresos Internacionales	261
7.4.3	Artículos presentados en congresos Nacionales	263
Capítulo 8	BIBLIOGRAFÍA	265
ANEXOS		
ANEXO A	Formatos de Registro	
A-1	Formato de Registro I	280
A-2	Formato de Registro II	282
A-3	Formato de Registro III	284
A-4	Formato de Registro IV	287
ANEXO B	Prototipo Desarrollado	
B-D1	Diagrama a Bloques del Preamplificador de Señal de Electrocardiograma (ECG)	293
B-D2	Acondicionamiento de Señal de Fotopletismografía (PPG)	294
B-D-3	Pre-Amplificador de Señal de Electrocardiografía (ECG)	295
B-D4	Acondicionamiento de Señal de	

	Fotopletismografía (PPG)	299
ANEXO C	Tablas Estadísticas	
C-1	Estadístico de Kolmogorov – Smirnov	306
C-2	Estadístico Durbin – Watson	307
C-3	Prueba de Normalidad a los datos	308
ANEXO D	Glosario de Abreviaturas	
D-1	Glosario de Abreviaturas	315