



SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Modelos de estimación de riesgo cardiovascular. Las TIC y su aporte.

Models of cardiovascular risk estimation. The TIC and its contribution.

Rafael Alejandro Olivera Solís¹, Emilio Francisco González Rodríguez²

1-Rafael Alejandro Olivera Solís. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. rolivera@uclv.edu.cu

2- Emilio Francisco González Rodríguez. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. eglez@uclv.edu.cu

Resumen:

Las enfermedades cardiovasculares constituyen una de las principales causas de mortalidad y morbilidad en el mundo. Por tanto, es de gran interés el desarrollo de modelos de predicción del riesgo de padecer este tipo enfermedades, tanto para intentar conocer los posibles mecanismos que afectan al aumento del riesgo, como para poder intervenir precozmente, mediante campañas preventivas, o en su momento con tratamientos terapéuticos. Precisamente uno de los factores de riesgo que se asocian con la probabilidad de desarrollar una enfermedad cardiovascular es la presencia de hipertensión. Este trabajo se dedica a describir los modelos matemáticos, estandarizados, que se utilizan para estimar el riesgo cardiovascular. Además, se muestran diversas plataformas que realizan este proceso, a las cuales la población puede tener acceso. Se dan a conocer, también, diversos estudios que se han realizado en Cuba con tal fin.

Abstract:

Cardiovascular diseases are one of the main causes of mortality and morbidity in the world. It is therefore of great interest the development of models for predicting the risk of developing such diseases, both to try to understand the possible mechanisms that affect the increased risk, and to intervene early, through preventive campaigns, or at the time with therapeutic treatments. Precisely one of the risk factors that are associated with the probability of developing a cardiovascular disease is the presence of hypertension. This work is devoted to describing mathematical, standardized models, which are used to estimate cardiovascular risk. In addition, various platforms that perform this process are



shown, to which people can access. Various studies that have been carried out in Cuba for this purpose are also known.

Palabras Clave: ECV, scores, Framingham, TIC

Keywords: CVD, scores, Framingham, TIC

1. Introducción

El criterio más acertado y preciso para definir los cambios en la salud de la población está dado por el conocimiento y análisis de su morbilidad. Cada enfermedad es el resultado de la interacción entre el organismo y el medio ambiente, la morbilidad de grupos poblacionales que tienen condiciones de trabajo y vida comunes se debe principalmente al carácter y la intensidad de los factores adversos [1]. Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) representan el 60% de todas las defunciones previstas en todo el mundo [2], [3].

En algunos países europeos, Australia y Estados Unidos se ha observado una disminución de la mortalidad cardiovascular y cerebrovascular, mientras que en el Este Europeo la incidencia aumenta de manera alarmante [4]. Estas enfermedades son altamente prevenibles y pese a los importantes avances en el tratamiento de las mismas la implementación de estrategias para prevenirlas aún permanecen lejos de ser óptimas [5]. La estimación del riesgo cardiovascular mediante modelos de riesgo de aparición de un suceso es de gran importancia en medicina, tanto para intentar conocer las variables que influyen en que se presente ese suceso, como para analizar el mecanismo que lo produce y para predecir su aparición. En el primer caso, el conocimiento de las variables que influyen permitirá establecer medidas preventivas o terapéuticas, y en el segundo mediante el modelo es posible efectuar cálculos relacionados con la aparición del suceso, por ejemplo, para determinar las necesidades de recursos. Precisamente la teoría matemática para el cálculo de modelos de riesgo tiene su origen probablemente en este último aspecto, y más concretamente en el campo de la ingeniería, donde la demanda creciente de equipos que funcionen cada vez mejor y a un menor coste lleva aparejada la necesidad de disminuir las probabilidades de fallo de éstos. Ello posibilita el estudio y desarrollo de modelos probabilísticos para analizar la naturaleza de esos fallos y minimizar así la probabilidad de que ocurran, lo que en ingeniería se conoce como teoría de la fiabilidad (*reliability*) y en medicina habitualmente como análisis de supervivencia (*survival analysis*) [6].



Para el cálculo de la probabilidad de aparición de un suceso dicotómico (enfermedad NO, SI) el modelo matemático más habitual se basa en la utilización de la regresión logística [7]–[9], que produce una ecuación en la que conocidos los valores de los diferentes factores de riesgo se puede evaluar la probabilidad de aparición de la enfermedad.

Resulta evidente que en muchos procesos dicha probabilidad depende del tiempo de exposición, aumentando a medida que éste transcurre, por lo que, o bien el tiempo interviene en la ecuación como factor de riesgo, o bien se utiliza un modelo específico en el que se tenga en cuenta esta característica, calculando ahora la probabilidad de que el suceso ocurra en un momento de tiempo determinado. Esto es precisamente lo que se hace en los modelos probabilísticos de supervivencia, siendo el método más conocido el denominado modelo de riesgos proporcionales o modelo de Cox [10]. Sin embargo, no es la única alternativa posible, existiendo otros posibles métodos de modelado denominados paramétricos, debido a que suponen un tipo concreto de ecuación matemática para la función de riesgo.

Este trabajo se organiza como sigue. Primero se analizan los modelos de estimación de riesgo cardiovascular que están estandarizados en el mundo. Luego se describen algunos estudios que se han realizado en Cuba utilizando estos modelos y luego se realiza un recorrido por algunas de las herramientas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) que posibilitan a especialistas y población en general incrementar las posibilidades de predecir un evento cardiovascular que traiga consigo la muerte. Al final aparecen las conclusiones y las referencias bibliográficas.

2. Materiales y Métodos

2.1 Modelo de *Framingham*:

La ecuación de *Framingham* para la estimación del riesgo coronario a 10 años contempla, clásicamente, todos los acontecimientos coronarios, mortales o no, incluyendo la angina y los IAM (Infartos Agudos de Miocardio) con onda Q asintomáticos detectados electrocardiográficamente. Sin embargo, también se ha ajustado una ecuación para los acontecimientos coronarios mayores: IAM sintomático, mortal o no [11].

Las variables que intervienen son:

1. Sexo.
2. edad en años.
3. Colesterol total en [mg/dl].



4. Fracción de colesterol ligado a lipoproteínas de alta densidad HDL.
5. Presión Sistólica.
6. Diabetes (Si, No).
7. Fumador (Sí, No)

La evaluación del riesgo de manera general se realiza por separado para hombres y mujeres. Es por ello que el cálculo se realiza en dependencia del sexo de la persona.

Primeramente, se evalúan las siguientes expresiones [6], [12]:

$$\text{Para Hombres: } L_H = b_{E1} \cdot EDAD + b_C + b_H + b_T + b_D + b_F \quad (1)$$

$$\text{Para mujeres: } L_M = b_{E1} \cdot EDAD + b_{E2} \cdot EDAD^2 + b_C + b_H + b_T + b_D + b_F \quad (2)$$

Donde los coeficientes b son diferentes para hombres y mujeres. Ellos están descritos en [6].

Una vez calculado el valor correspondiente de L , se le resta la cantidad G (función evaluada para los valores medios de las variables en el estudio) [12] diferente para hombres o mujeres:

$$G_{\text{Hombres}} = 3.0975$$

$$G_{\text{Mujeres}} = 9.92545$$

Posteriormente se evalúa dicha diferencia como sigue:

$$B = e^{(L-G)} \quad (3)$$

Y se determina el valor de la expresión que determina el riesgo cardiovascular

$$R = 1 - S^B \quad (4)$$

Donde R es la probabilidad de que una persona tenga un evento cardiovascular en los próximos 10 años.

También existe la posibilidad de calcular el riesgo mediante otro modelo que utiliza el valor de LDL-col (colesterol en base a las lipoproteínas de baja densidad) en lugar del colesterol total, siendo la mecánica de cálculo similar, aunque lógicamente varían los coeficientes. Este procedimiento se encuentra descrito en [12].

2.2 Modelo SCORE

El proyecto SCORE (*Systematic Coronary Risk Evaluation*) [13] se inició para desarrollar un sistema de evaluación de riesgo cardiovascular para su uso en Europa. En él se calcula, mediante un modelo basado en la función de *Weibull*, el riesgo de enfermedad cardiovascular fatal en 10 años, estimándose dos ecuaciones diferentes para enfermedades coronarias y no coronarias, y se dispone de dos métodos de evaluación que



se diferencian en que en uno de ellos se utiliza el colesterol y en el otro la relación colesterol/HDL. Aunque se trata de un modelo similar al de *Framingham* los conceptos utilizados difieren sensiblemente.

Se debe tener en cuenta que se calculan por separado los riesgos de enfermedad coronaria (EC) y no coronaria (ENC), por lo que el riesgo cardiovascular total será la suma de ambos riesgos. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Primeramente, se calcula la probabilidad de supervivencia básica para EC y ENC para la edad actual del paciente y a los 10 años, de acuerdo a las siguientes expresiones [13].

$$S_0 = e^{\{-e^{a \cdot (EDAD-20)^p}\}} \quad (5)$$

$$S_0(EDAD + 10) = e^{\{-e^{a \cdot (EDAD-10)^p}\}} \quad (6)$$

Los coeficientes *a* y *p* se obtienen de la Tabla # 1.

Tabla # 1. Coeficientes *a* y *p* para ambos sexos [13].

		Enfermedades Coronarias		Enfermedades No Coronarias	
		a	p	a	p
Población de riesgo bajo	Hombre	-22.1	4.71	-26.7	5.64
	Mujer	-29.8	6.36	-31	6.62
Población de alto riesgo	Hombre	-21	4.62	-25.7	5.47
	Mujer	-28.7	6.23	-30	6.42

Posteriormente se calcula el valor *w* para las EC y las ENC [13].

$$w = b_c(Colesterol - 6) + b_t(TAS - 120) + b_f \quad (7)$$

Los coeficientes relacionados anteriormente se obtienen de la Tabla # 2.

Tabla # 2. Coeficientes según factores de riesgo [13].

	EC	ENC
<i>bc</i> (Colesterol[mmol/l])	0.24	0.02
<i>bt</i> TAS [mmHg]	0.018	0.022
<i>bf</i> Fumador (Sí)	0.71	0.63

Se debe aclarar que el Colesterol viene expresado en mmol/l. Para convertir de mg/dl a mmol/l se debe multiplicar por el factor 0.02586 [6].

El siguiente paso consiste en calcular la probabilidad de supervivencia con los factores de riesgo antes descritos para la edad del paciente y a 10 años [13].



$$S(EDAD) = [S_0(EDAD)]^{e^w} \quad (8)$$

$$S(EDAD + 10) = [S_0(EDAD + 10)]^{e^w} \quad (9)$$

Luego, para cada tipo de enfermedad, se calcula la probabilidad de supervivencia a los 10 años condicionada por la probabilidad de supervivencia referente a la edad actual [13].

$$S_{10}(EDAD) = \frac{S(EDAD+10)}{S(EDAD)} \quad (10)$$

Siendo entonces el riesgo en 10 años:

$$Riesgo_{10} = 1 - S_{10}(EDAD) \quad (11)$$

De esta forma se obtienen dos valores de riesgo, para EC y para ENC. El riesgo total corresponderá a la suma de ambos.

2.3 Proyecto REGICOR

La estimación de la probabilidad de que un individuo desarrolle un acontecimiento coronario a partir de sus factores de riesgo constituye un instrumento valioso. La prevención coronaria basada en una evaluación del riesgo global permite tomar decisiones más eficientes que mediante el abordaje de sus componentes aislados. Sin embargo, los factores de riesgo no se distribuyen homogéneamente ni tienen el mismo efecto en todas las poblaciones [11].

El modelo de *Framingham* contribuye al conocimiento de las causas de la cardiopatía isquémica y otras enfermedades cardiovasculares. Sus resultados han permitido el desarrollo de funciones matemáticas para cuantificar el riesgo individual de presentar un acontecimiento coronario según la presencia de diferentes factores de riesgo, por lo cual es el más recomendado en la actualidad [11], [14], [15]. Por otro lado, se ha constatado que la ecuación de *Framingham* sobrestima el riesgo coronario en varias poblaciones [5], [11], [16].

En ausencias de estudios poblacionales de cohorte, se han propuesto mecanismos de calibración de la función de *Framingham* para la estimación del riesgo cardiovascular; atendiendo a la prevalencia local de los factores de riesgo y a la incidencia de eventos coronarios. El estudio REGICOR propuso a partir de un estudio en la región de Girona, España, las tablas de estimación de riesgo coronario global a 10 años a partir de la calibración de la ecuación de *Framingham*, adaptada a la población española.

Los factores de riesgo que se utilizaron, según la prevalencia de los mismos en Girona, fueron:



1. Sexo.
2. Edad.
3. Colesterol total
4. Colesterol-HDL [mg/dl].
5. Presión arterial sistólica [mmHg].
6. Presencia de diabetes y tabaquismo.

Para este estudio se utilizaron técnicas de regresión del modelo de riesgo de Cox y los coeficientes obtenidos se detallan en [11].

La forma de uso de la ecuación predictiva de Cox se basa en la determinación de la probabilidad de un acontecimiento en el modelo de riesgo de Cox [10], [11], [17].

$$P_{X_i(t)} = 1 - S_{X_i(t)} = 1 - e^{-[H_0(t) \cdot e^{(\Sigma(\beta_i X_i) - \Sigma(\beta_i X_m))}] = 1 - e^{-[-\ln(S_0(t)) \cdot e^{(\Sigma(\beta_i X_i) - \Sigma(\beta_i X_m))}]} \quad (12)$$

$$P_{X_i(t)} = 1 - S_0(t) \cdot e^{(\Sigma(\beta_i X_i) - \Sigma(\beta_i X_m))} \quad (13)$$

Donde, $P_{X_i(t)}$ es la probabilidad de un acontecimiento coronario en un tiempo t (10 años en este caso) en un paciente con un conjunto de factores de riesgo X_i , en un medio en que exista una tasa acumulada basal de acontecimientos $H_0(t)$ en ese tiempo t, una probabilidad basal $S_0(t)$ de estar libre de acontecimientos coronarios en ese mismo tiempo t, $\Sigma(\beta_i X_m)$ es una función lineal de riesgo promedio del conjunto de valores X_m de cada grado de cada factor en la población, y $\Sigma(\beta_i X_i)$ la función lineal calculada con el conjunto de valores X_i que representa el valor de cada factor en un individuo dado.

En ambas funciones lineales, β_i son los coeficientes de la función de riesgos proporcionales de Cox para cada grado de cada factor considerado. $S_{X_i(t)}$ es la probabilidad de que no ocurra ningún acontecimiento coronario en un paciente con un conjunto de factores de riesgo X_i y las mismas condiciones descritas.

El procedimiento de evaluación de cada uno de estos factores, anteriormente descritos, y las tablas de riesgo coronario, a 10 años, para mujeres y hombres están disponibles en [11], así como el grado correspondiente a cada coeficiente y función descrita.

Este estudio, pese a sus importantes avances, presentó en su momento diversas limitaciones. Las tablas que se presentaron en [11] están basadas en una calibración que no ha sido validada por el procedimiento de base poblacional. Además, estas ecuaciones predictivas dejan fuera factores de riesgo como el tratamiento antihipertensivo o corrector de la dislipemia.



No obstante, constituye un instrumento de razonable validez que permite estimar el riesgo coronario global en la prevención primaria de esta enfermedad.

2.4 Estudios de estimación de riesgo cardiovascular realizados en Cuba.

En [1] se realizó un estudio de estimación de riesgo cardiovascular a los trabajadores del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular con edades comprendidas entre 35 y 70 años. Se utilizaron para tal estimación las tablas de Gaziano en dependencia de los factores de riesgo prevalentes en la muestra.

De manera general hubo prevalencia de mujeres con total de 238 trabajadores de este sexo, predominio del grupo etáreo de 44-54 años con el 40.7% del total de la muestra. Los hombres son más fumadores (38.8%), y un mayor número de ellos está en sobrepeso (46,1%). Las mujeres son más hipertensas (36.5%), obesas (24%) diabéticas (6.3%) y muestran un mayor índice de obesidad abdominal (24.7%) lo que las hace más vulnerables a eventos cardiovasculares.

A partir de estos índices de prevalencia y con las tablas de riesgo referidas en [18], el estudio concluyó en que el grupo de edades 35-44 años, todos tienen riesgo bajo. En el grupo de 45-54 años los niveles de riesgo aumentan, así el 36.6% está en riesgo moderado y el 3% en alto riesgo. En el siguiente grupo de 55-64 años el 59.5% de estos individuos clasifican en nivel de riesgo moderado y el 35.4% en alto riesgo y en el grupo de mayor edad ≥ 65 años encontramos 12.5% en categoría moderado y 87.5% en alto riesgo. Evidentemente, el riesgo aumenta con la edad.

En [1] el riesgo cardiovascular global aumentó con la edad y respecto al sexo, predominó el riesgo alto en los hombres. El estudio aborda, además, que en el caso de la población cubana al aplicarles las Tablas de Predicción de Riesgo de Gaziano sin Laboratorio los niveles de riesgo deben ser superiores a los encontrados por las Tablas de la OMS [19], pues al sustituir la variable colesterol por índice de masa corporal (IMC) sin afectar su valor predictivo encontraremos mayores número de personas en alto riesgo. Ello es posible afirmarlo, pues el sobrepeso y la obesidad, son en la actualidad un alarmante problema de salud en Cuba.

En [20] se realizó un estudio de estimación de riesgo cardiovascular total a partir de la Encuesta Nacional de Factores de Riesgo de Enfermedades no Transmisibles, 2010-2011, representativa de la población de 15 años y más, por sexo y grupos de edad, en áreas



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

urbanas y rurales. Se decidió utilizar las tablas de predicción del riesgo de la OMS/ISH [19]. Las variables incluidas fueron: edad, sexo, consumo de tabaco, presión arterial, diabetes mellitus y colesterol total en sangre. Los índices de prevalencia de dichos factores en la muestra se encuentran disponibles en [20].

Los individuos incluidos en [20] ascienden a 4 625 197 cubanos. Las mujeres en mayor porcentaje que los hombres. Por grupos de edad la distribución por sexo fue equitativa. El grupo más representado fue el de 45 a 54 años de edad. El estudio concluyó en que el 5.2% de la muestra clasificó como de alto y muy alto riesgo cardiovascular, lo que se traduce en que 237 571 individuos tenían una alta probabilidad de desarrollar un evento cardiovascular en el siguiente decenio. En la categoría de riesgo moderado clasificó el 8.6%. Por otra parte 86 de cada 100 personas de la muestra, se identificó con un riesgo bajo.

Los hombres, catalogados con alto riesgo, que residen en áreas urbanas triplicaron a los residentes en áreas rurales; mientras que las mujeres del área urbana, con alto riesgo, duplicaron la cantidad con respecto a las de áreas rurales. Otros resultados de interés estuvieron enfocados en no subestimar el predominio del bajo riesgo en la población cubana, que se evidenció en el estudio. La cuestión radica en que, generalmente se obtiene información clínica adicional para la identificación eficaz de estos individuos y así realizar una intervención efectiva que reduzcan los eventos cardiovasculares en los mismos.

En [21] se realizó la predicción de riesgo cardiovascular global en individuos con edades comprendidas entre 40 y 79 años pertenecientes a un área de salud urbana, en el período comprendido entre diciembre de 2011 y febrero de 2012, en un grupo de hombres y mujeres. Los factores de riesgo que se tuvieron en cuenta fueron edad, sexo, índice de masa corporal, perímetro cintura, índice cintura-cadera (ICC), antecedentes patológicos personales, actividad física, tabaquismo, consumo de café y de alcohol y riesgo cardiovascular total. El estudio se realizó utilizando las tablas de riesgo cardiovascular de la OMS [19] y se detallan las diferentes relaciones de prevalencia de cada uno de los factores de riesgo y el grupo de edad en correspondencia, en relación a la calificación del riesgo en cada grupo de edad.



Este estudio realiza sucesivas comparaciones de sus resultados con otros estudios de riesgo cardiovascular con similares características y analiza cada uno de los factores de riesgo analizados y su implicación en la predicción del riesgo cardiovascular total.

Para el caso de la edad se pudo constatar que predominaron las personas con edades comprendidas entre los 50 y 59 años; sin embargo, la prevalencia de RCVG fue elevada en las personas mayores de 60 años, lo que indica que este factor aumenta la probabilidad de tener un RCVG elevado.

Se observó, además, una alta prevalencia de tabaquismo con respecto a otros estudios. Sin embargo, en este caso, la exposición al tabaquismo no aumentó el riesgo de presentar un RCVG moderado-alto. Ello está en contraposición con la mayoría de los estudios a escala nacional e internacional donde el tabaquismo es uno de los factores de riesgo con peso significativo para aumentar la mortalidad de causa cardiovascular.

Por otra parte, la ingestión de cafeína fue el hábito tóxico que más prevalencia mostró en el estudio en relación con el bajo riesgo. Este hábito por sí solo no se encuentra relacionado con la enfermedad coronaria, sino que es a través de su asociación con el hábito tabáquico es que adquiere dimensiones de riesgo [21].

Existen varios trabajos en Cuba que realizan la estimación del riesgo cardiovascular total o global. Ellos utilizan diferentes métodos y análisis estadísticos para obtener las razones de prevalencia asociados a los factores de riesgo de mayor peso. No obstante, no existe aún un modelo de estimación de riesgo cardiovascular global asociado a la prevalencia de dichos factores en la población cubana de manera general. Ninguno de los modelos antes mencionados logra estimar de manera fiable el riesgo cardiovascular para la población cubana, ya que en la mayoría de los casos este riesgo queda subestimado o sobreestimado. Tampoco en la mayoría de los estudios consultados se tienen en cuenta las características de morbi-mortalidad, de las poblaciones estudiadas. Ello, evidentemente, por razones de tiempo.

3. Las TIC y la estimación del riesgo cardiovascular total.

3.1 Calculadoras de riesgo cardiovascular online

En [22] se encuentra una calculadora de riesgo cardiovascular basada en [12]. Analiza la edad y antecedentes de la persona, la presión arterial (sistólica y diastólica) y el perfil lipídico en mg/dl, donde se incluye el colesterol-HDL y colesterol-LDL. En la Figura 1 se muestra la calculadora y los datos que deben ser introducidos, y el resultado luego de



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD. PERSPECTIVAS Y RETOS

haber introducido datos para el cálculo. Se debe aclarar que los datos introducidos son ficticios y no pertenecen a ningún caso real.

Riesgo cardiovascular	Calculadora de riesgo cardiovascular
Calculadora basada en el Framingham Heart Study Para personas de 30 a 74 años de edad. Los campos marcados con un asterisco (*) son obligatorios.	Datos introducidos (29/03/2019)
Edad y antecedentes [9] Edad *: 0 Sexo *: Elige... Diabetes *: Elige... Fumador *: Elige...	Edad: 32 años Sexo: varón Tensión arterial: 125/85 milímetros de mercurio (mmHg) Diabetes: no Tabaquismo: no
Presión arterial (en mm de mercurio) Presión arterial sistólica *: 0 Presión arterial diastólica *: 0	Colesterol total: 25 mg/dl Colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad): 100 mg/dl Triglicéridos: 20 mg/dl
Perfil de lípidos (en mg/dl) HDL: lipoproteínas de alta densidad LDL: lipoproteínas de baja densidad Colesterol total *: 0 Colesterol HDL *: 0 Triglicéridos *: 0 Rellenar solamente si se midió directamente: Colesterol LDL: 0	Datos calculados Colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad): -79 mg/dl Su riesgo de evento coronario a 10 años es de un: 1 %
Privacidad (obligatorio) <input type="checkbox"/> He leído y acepto la Política de Confidencialidad del sitio	Para su misma edad y sexo El riesgo promedio de evento coronario a 10 años es de un: 3 % El riesgo ideal de evento coronario a 10 años es de un: 2 % El riesgo promedio de evento coronario severo a 10 años es de un: 1 %
<input type="button" value="Enviar datos"/> <input type="button" value="Borrar datos"/>	Notas <ul style="list-style-type: none">El riesgo promedio de evento coronario severo excluye el <i>angor pectoris</i>.El riesgo ideal está calculado en base a una persona de la misma edad y sexo que usted, con presión arterial óptima, un colesterol LDL entre 100 y 129 mg/dl (o un colesterol total entre 160 y 199 mg/dl), un colesterol HDL de 45 mg/dl si es varón, o de 55 mg/dl si es una mujer, no fumadora y no diabética.La estimación de riesgo se deriva de la experiencia del Framingham Heart Study, llevado a cabo sobre una población predominantemente caucásica de Massachusetts, en los Estados Unidos.

Figura 1. Calculadora de riesgo cardiovascular online basada en Framingham.

En [23] se encuentra una calculadora de riesgo cardiovascular basada en [19]. Analiza la edad y género, la presión arterial (sistólica) y el colesterol total. Tiene en cuenta, además, la presencia de diabetes y el tabaquismo. En la Figura 2 se muestra la calculadora y los datos que deben ser introducidos, y el resultado luego de haber introducido datos para el cálculo. Se debe aclarar que los datos introducidos son ficticios y no pertenecen a ningún caso real.

AYUDA
Sobre esta aplicación
Esta aplicación fue encargada al grupo CEGOC y a Pivade por la OPS, y está enteramente basada en el formulario que la Organización Mundial de la Salud propone para la estimación de riesgo cardiovascular en América Latina, zona denominada AMR-B (Lano 2007 - ISBN: 978-92435-4728-2). Este puntaje de riesgo surge de una adaptación a algunas particularidades de la región, sobre la base del estudio de Framingham.

Elección del idioma y de las unidades de colesterol y métricas
Seleccionando el icono de idioma deseado en el menú.

OPS
Ingrese sus datos y presione Calcular:

Género: FEMENINO Edad: 40 Tabaquismo: NO
Presión Máxima (sistólica) mmHg: 12 Diabetes: NO Colesterol total (mg/dl): 20

Calcular

Riesgo CV a 10 años:
Riesgo Bajo
Más recomendaciones >

Datos ingresados
Género: Masculino Edad: 40 Colesterol total (mg/dl): 200
Presión Máxima (sistólica) mmHg: 130 Tabaquismo: No Diabetes: No

Qué pasaría si...
Tabaquismo: NO Presión Máxima (sistólica) mmHg: 13 Colesterol total (mg/dl): 20

Figura 2. Calculadora de riesgo cardiovascular basada en las tablas de la OMS.



En [24] se encuentra una calculadora de riesgo cardiovascular basada en [11]. Analiza la edad y género, la presión arterial (sistólica y diastólica) y el colesterol-HDL y total. Tiene en cuenta, además, la presencia de diabetes y el tabaquismo. En la Figura 3 se muestra la calculadora y los datos que deben ser introducidos, y el resultado luego de haber introducido datos para el cálculo. Se debe aclarar que los datos introducidos son ficticios y no pertenecen a ningún caso real.

The image shows two screenshots of the REGICOR cardiovascular risk calculator. The top screenshot shows the input form with fields for Age, Sex, Smoking, Diabetes, Total Cholesterol, HDL Cholesterol, Systolic Blood Pressure, and Diastolic Blood Pressure. The bottom screenshot shows the same form with sample data entered: Age 40, Male, Non-smoker, Non-diabetic, Total Cholesterol 100, HDL Cholesterol 79, Systolic Blood Pressure 125, and Diastolic Blood Pressure 85. A results window on the right displays the calculated risk: "Riesgo a 10 años según la función de REGICOR validada para población española: 1%". A note below the result states: "(*) Incluye: infarto de miocardio mortal o no, infarto de miocardio silencioso y angina de pecho."

Figura 3. Calculadora de riesgo cardiovascular basada en el estudio REGICOR.

3.2 Aplicación para dispositivos móviles "HTA Cuba"

La Comisión Nacional de Hipertensión Arterial, desde hace algún tiempo, viene trabajando en la confección de la Guía Nacional de Diagnóstico, Evaluación y tratamiento de la HTA. La Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas posee un proyecto dedicado al estudio, diagnóstico y prevención de enfermedades cardiometabólicas en menores de edad en la ciudad de Santa Clara (PROCDEC). El Grupo de Trabajo Científico Estudiantil de 2do año de la Carrera Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica desarrolló la aplicación para dispositivos Android "HTA Cuba" en su versión Beta 0.0.1.

Esta aplicación fue desarrollada en Android Studio utilizando la API 19, lo que garantiza la compatibilidad con todas las versiones de sistemas desde 4.4.2, hasta 9.0. Contiene la totalidad de las temáticas que aborda la guía. En su primera versión oficial esta aplicación tendrá, además, calculadoras de los diversos índices más utilizados en las consultas de cardiología, una sección de recomendaciones dirigidas al paciente. También, se le incluirá el algoritmo de tratamiento del paciente hipertenso, lo que representa una ayuda sustancial a la toma de decisiones en la atención primaria de salud. En la Figura 4 aparece la portada de dicha aplicación.

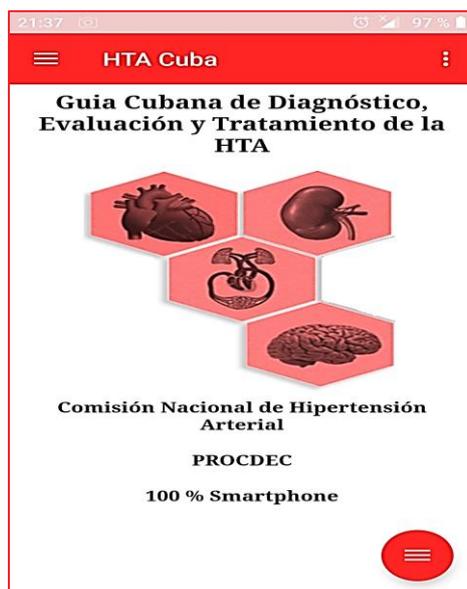


Figura 4. Portada de la apk que contiene la Guía Nacional de Diagnóstico, Evaluación y Tratamiento de la HTA.

4. Conclusiones

A partir de lo abordado en el presente trabajo es posible llegar a las siguientes conclusiones. El riesgo cardiovascular global es la probabilidad de que un individuo experimente un evento cardiovascular en 10 años, condicionado por diversos factores de riesgo y el tiempo de exposición a ellos. Existen diversos modelos de estimación de riesgo cardiovascular. Los más reconocidos a nivel mundial son los basados en estudios de cohorte o poblacionales que basan sus resultados y fundamentos matemáticos en estudios estadísticos a largo plazo. El más reconocido es el modelo de *Framingham*. Aunque se utiliza ampliamente en todo el mundo es reconocido también por subestimar el riesgo cardiovascular total en poblaciones con prevalencias de factores de riesgo diferentes a las analizadas en dicho estudio. Otros modelos de estimación, como el REGICOR, utilizan el modelo de *Framingham* modificado o calibrado a partir de modelos de regresión. Ello posibilita evaluar correctamente el modelo de *Framingham* bajo las condiciones reales de una población específica.

En Cuba la estimación de riesgo cardiovascular es un tema de actualidad científica. Existen varios trabajos sobre el tema, pero con criterios de análisis diversos y dispersos. Si bien el modelo de Gaziano y las tablas de la OMS reconocen que la edad, la hipertensión y el sexo son factores de riesgo preponderantes, los resultados obtenidos clasifican a la población cubana como de bajo riesgo en el mayor por ciento. También no se incluye en la mayoría de los casos el impacto de la obesidad y sus índices asociados,



pues las tasas de prevalencia de dicho factor no se corresponden con la realidad clínica que existen en la realidad.

Las TIC constituyen una herramienta fundamental para la predicción del riesgo cardiovascular global. En Cuba el desarrollo de aplicaciones y plataformas web que contribuyan al tratamiento, diagnóstico y prevención de las enfermedades cardiovasculares es un campo con numerosas posibilidades de investigación. La aplicación HTA Cuba marca un punto de giro en la concepción del tratamiento de las enfermedades cardiovasculares.

5. Referencias bibliográficas

- [1] J. Reinaldo, A. D. Herrera, N. A. Rojas, y Y. O. Torres, «Estimación del Riesgo Cardiovascular Global en trabajadores del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.», *Rev. Cuba. Cardiol. Cirugía Cardiovasc.*, vol. 19, n.º 2, pp. 66–71, 2013.
- [2] A. Alwan, *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. World Health Organization, 2011.
- [3] W. H. Organization, «Prevención de las enfermedades no transmisibles en el lugar de trabajo a través del régimen alimentario y la actividad física: informe de la OMS y el Foro Económico Mundial sobre un evento conjunto», 2008.
- [4] J. G. Fodor *et al.*, «Work-site hypertension prevalence and control in three Central European Countries», *J. Hum. Hypertens.*, vol. 18, n.º 8, p. 581, 2004.
- [5] J. M. Baena-Díez, R. Ramos, y J. Marrugat, «Capacidad predictiva de las funciones de riesgo cardiovascular: limitaciones y oportunidades», *Rev. Esp. Cardiol. Supl.*, vol. 9, n.º 2, pp. 4–13, 2009.
- [6] L. M. Molinero, *Modelos de riesgo cardio-vascular. Estudio de Framingham. Proyecto SCORE. Asociación de la sociedad Española de hipertensión-Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. Agosto 2003.* .
- [7] L. C. S. Ayçaguer, *Excursión a la regresión logística en ciencias de la salud*. Ediciones Díaz de Santos, 1994.
- [8] J. J. Sprockel, J. J. Diaztagle, W. Alzate, y E. González, «Redes neuronales en el diagnóstico del infarto agudo de miocardio», *Rev. Colomb. Cardiol.*, vol. 21, n.º 4, pp. 215–223, 2014.
- [9] S. M. M. Hasan, M. A. Mamun, M. P. Uddin, y M. A. Hossain, «Comparative Analysis of Classification Approaches for Heart Disease Prediction», en *2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2)*, 2018, pp. 1-4.
- [10] *The Cox Model and Its Applications* / Mikhail Nikulin / Springer. .
- [11] J. Marrugat *et al.*, «Estimación del riesgo coronario en España mediante la ecuación de Framingham calibrada», *Rev. Esp. Cardiol.*, vol. 56, n.º 3, pp. 253–261, 2003.
- [12] P. W. Wilson, R. B. D'Agostino, D. Levy, A. M. Belanger, H. Silbershatz, y W. B. Kannel, «Prediction of coronary heart disease using risk factor categories», *Circulation*, vol. 97, n.º 18, pp. 1837–1847, 1998.



- [13] R. M. Conroy *et al.*, «Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project», *Eur. Heart J.*, vol. 24, n.º 11, pp. 987-1003, jun. 2003.
- [14] «Comparison of the Framingham Risk Score, SCORE and WHO/ISH cardiovascular risk prediction models in an Asian population», *Int. J. Cardiol.*, vol. 176, n.º 1, pp. 211-218, sep. 2014.
- [15] «Comparison of different cardiovascular risk score calculators for cardiovascular risk prediction and guideline recommended statin uses», *Indian Heart J.*, vol. 69, n.º 4, pp. 458-463, jul. 2017.
- [16] E. Comín *et al.*, «Rendimiento de la estimación del riesgo cardiovascular en España mediante la utilización de distintas funciones», *Rev. Esp. Cardiol.*, vol. 60, n.º 7, pp. 693–702, 2007.
- [17] A. L. P. Pol, «Modelo de Regresión de Cox: Ejemplo numérico del proceso de estimación de parámetros», *Psicothema*, vol. 5, n.º 2, pp. 387–402, 1993.
- [18] T. A. Gaziano, C. R. Young, G. Fitzmaurice, S. Atwood, y J. M. Gaziano, «Laboratory-based versus non-laboratory-based method for assessment of cardiovascular disease risk: the NHANES I Follow-up Study cohort», *The Lancet*, vol. 371, n.º 9616, pp. 923–931, 2008.
- [19] I. Castillo Arocha, N. B. Armas Rojas, A. Dueñas Herrera, O. R. González Greck, C. Arocha Mariño, y A. Castillo Guzmán, «Riesgo cardiovascular según tablas de la OMS, el estudio Framingham y la razón apolipoproteína B/apolipoproteína A1», *Rev. Cuba. Investig. Bioméd.*, vol. 29, n.º 4, pp. 479–488, 2010.
- [20] P. V. Pérez, N. A. Rojas, R. S. Medina, M. B. Gorbea, y A. D. Herrera, «Estimación del riesgo cardiovascular en la población cubana. Una aproximación al tema», *Rev. Cuba. Cardiol. Cir. Cardiovasc.*, vol. 21, n.º 4, 2015.
- [21] C. A. Batista, G. H. Izquierdo, E. R. Ledesma, R. M. Pérez, y R. Martínez García, «Epidemiología de los factores de riesgo cardiovascular y riesgo cardiovascular global en personas de 40 a 79 años en atención primaria», *CorSalud Rev. Enfermedades Cardiovasc.*, vol. 7, n.º 1, pp. 35–45, 2015.
- [22] «Calculadora de riesgo cardiovascular». [En línea]. Disponible en: <https://www.hipocampo.org/rv/riesgo-cardiovascular.asp>. [Accedido: 29-mar-2019].
- [23] «PAHO/WHO | Application to estimate the cardiovascular risk», 15-ene-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/cardioapp/web/>. [Accedido: 15-ene-2019].
- [24] «Calculadora de riesgo cardiovascular REGICOR», 29-mar-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.imim.cat/ofertadeserveis/software-public/regicor/?1>. [Accedido: 29-mar-2019].