



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
**MEDICINA INTERNA**

**CORRELACIÓN ENTRE LA MEDICIÓN DEL INTERVALO QTC; CON LAS  
FÓRMULAS (BAZETT, FRAMINGHAM Y RAUTAHARJU) Y EL ALGORITMO  
MATEMÁTICO:  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ , EN PACIENTES SANOS, SIN  
ALTERACIONES ELECTROCARDIOGRÁFICAS**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**CLÍNICA**

PRESENTADO POR

**SEIN ANTONIO LEÓN ANGEL**

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN

**MEDICINA INTERNA**  
**Hospital General Ticomán**

DIRECTOR DE TESIS

**JOSÉ JUAN LOZANO NUEVO**

**Marzo 2019-Febrero 2023**

**2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SECRETARÍA DE SALUD DE LA CIUDAD DE MÉXICO  
DIRECCIÓN DE FORMACIÓN, ACTUALIZACIÓN MÉDICA E INVESTIGACIÓN

CURSO UNIVERSITARIO DE ESPECIALIZACIÓN EN  
**MEDICINA INTERNA**

**CORRELACIÓN ENTRE LA MEDICIÓN DEL INTERVALO QTC; CON LAS  
FÓRMULAS (BAZETT, FRAMINGHAM Y RAUTAHARJU) Y EL ALGORITMO  
MATEMÁTICO:  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ , EN PACIENTES SANOS, SIN  
ALTERACIONES ELECTROCARDIOGRÁFICAS**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**CLÍNICA**

PRESENTADO POR

**SEIN ANTONIO LEÓN ANGEL**

PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN

**MEDICINA INTERNA**  
**Hospital General Ticomán**

DIRECTOR DE TESIS

**JOSÉ JUAN LOZANO NUEVO**

**Marzo 2019-Febrero 2023**

**2023**



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



**Correlación entre la medición del intervalo Qtc; con las fórmulas  
(Bazett, Framingham y Rautaharju) y el algoritmo matemático:  $100$   
 $- FC / 5 + 30 (+-) 2$ , en pacientes sanos, sin alteraciones  
electrocardiográficas**

**Autor: Dr. Sein Antonio León Angel**

**Vo. Bo.**

**Dr. José Juan Lozano Nuevo**

---

**Profesor Titular del Curso de Especialización  
en Medicina Interna**

**Vo. Bo.**

**Dra. Lilia Elena Monroy Ramírez de Arellano**

---

**Directora de Formación, Actualización Médica e Investigación,  
Secretaría de Salud de la Ciudad de México**



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO



**Dr. José Juan Lozano Nuevo**  
Director de Tesis  
Médico Adscrito del Servicio de Medicina Interna  
Hospital General de Ticomán

## **DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS**

Dedico este trabajo a mi familiar por ser siempre el principal motivo de mi esfuerzo, por haber inculcado en mi valores que hoy, forjan mi carácter y determinan mi disciplina; Antonio León Morales, Helida Angel Presteguí, Nayivi León Angel y Clelia León Angel, gracias por ser la mejor columna.

Agradezco a mi Director de tesis y asesora, Dr. José Juan Lozano Nuevo y Elizabeth Mendoza Portillo por incentivar me siempre a la investigación.

Agradezco en especial a la Dra. Mitzi Nayeli Jiménez Soria por ser parte fundamental de mi crecimiento profesional y humano, además de ser el motor que rige mi vida.

| <b>INDICE</b>   | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| <b>Resumen</b>  | 8             |
| <b>I. Introducción</b>  | 8             |
| <b>II. Marco teórico y antecedentes</b>   | 8             |
| Marco teórico   | 8             |
| Antecedentes  | 8             |
| <b>III. Planteamiento del problema que incluya la pregunta de investigación</b> | 13            |
| <b>IV. Justificación</b>  | 13            |
| <b>V. Hipótesis</b>   | 14            |
| <b>VI. Objetivo General</b>   | 14            |
| <b>VII. Objetivos específicos</b>   | 15            |
| <b>VIII. Metodología</b>  | 15            |
| 8.1 Tipo de estudio   | 15            |
| 8.2 Población de estudio  | 15            |
| 8.3 Muestra (calculo de muestra en caso que aplique)                            | 16            |
| 8.4 Tipo de muestreo y estrategia de reclutamiento                              | 16            |
| 8.5 Variables   | 17            |
| 8.6 Mediciones e Instrumentos de medición                                       | 19            |
| 8.7 Análisis estadístico de los datos   | 19            |
| <b>IX. Implicaciones éticas</b>   | 19            |
| <b>X. Resultados</b>  | 19            |
| <b>XI. Análisis de resultados</b>   | 30            |
| <b>XII. Discusión</b>   | 30            |
| <b>XIII. Conclusiones</b>   | 31            |
| <b>XIV. Bibliografía</b>  | 32            |
| <br>  |               |
| <b>Índice de tablas</b>   | 34            |
| Tabla 1. Características generales de la población                              | 34            |
| Tabla 2. Distribución de la población   | 34            |
| Tabla 3. Pruebas de normalidad  | 35            |
| Tabla 4. Correlacion entre el algoritmo y Rautahuarju                           | 35            |
| Tabla 5. Correlación entre el algoritmo y Bazett                                | 36            |
| Tabla 6. Correlación entre el algoritmo y Framingham                            | 36            |
| <br>  |               |
| <b>Índice de figuras</b>  | 37            |
| Figura 1. Género de la población  | 37            |
| Figura 2. Correlación de Spearman entre Rautahuarju y el algoritmo              | 37            |
| Figura 3. Correlación de Spearman entre Bazett y el algoritmo                   | 38            |
| Figura 4. Correlación de Spearman entre Framingham y el algoritmo               | 38            |
| Figura 5. Curva ROC entre Rautahuarju y el algoritmo en población femenina      | 39            |
| Figura 6. Curva RCO entre Rautahuarju y el algoritmo en población masculina     | 39            |
| Figura 7. Curva ROC entre Bazett y el algoritmo en población femenina           | 40            |
| Figura 8. Curva ROC entre Bazett y el algoritmo en población masculina          | 40            |
| Figura 9. Curva ROC entre Framingham y el algoritmo en población femenina       | 41            |
| Figura 10. Curva ROC entre Framingham y el algoritmo en población masculina     | 41            |
| <br>  |               |
| <b>Anexos</b>   | 42            |
| Cronograma de actividades   | 42            |
| <b>Glosario/Abreviaturas</b>  | 43            |

## Resumen

**Introducción:** Las alteraciones en el Qt están catalogadas dentro de las patologías con mayor mortalidad debido a los mecanismos fisiopatológicos y las complicaciones que pudieran llegar a presentar por lo que existen múltiples fórmulas para su cálculo, las cuales necesitan emplear fórmulas ciertamente complejas con algoritmos laberínticos en ocasiones, por lo que se propone utilizar un algoritmo mucho más accesible y de cálculo mental. **Objetivo General:** comparar los resultados de la medición del intervalo QTc entre las fórmulas estandarizadas para su cálculo; Bazett, Framingham y Rautaharju y el algoritmo matemático:  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ . **Hipótesis:** Existe correlación en el cálculo del intervalo QTc entre las fórmulas Bazett, Framingham o Rautaharju y el algoritmo matemático;  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ , en EKG con ritmo sinusal y sin alteración electrocardiográfica presente. **Metodología:** Se recolectaron de expedientes clínicos EKG de pacientes ingresados en el servicio de Medicina Interna y de la consulta externa de las sedes Ticomán, y Xoco durante el periodo comprendido Mayo – Diciembre 2019 - 2020. Se realizó la medición manual del segmento Qt y posteriormente el cálculo del Qtc de manera electrónica con las fórmulas utilizadas en este estudio. **Resultados:** se obtuvo correlación con un r de 0.9 estadísticamente significativa entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo matemático propuesto. **Conclusiones:** La fórmula con mayor correlación entre el algoritmo sugerido demostrada en el estudio es la fórmula Rautaharju.

## I. Introducción

Las alteraciones en el Qt están catalogadas dentro de las patologías con mayor mortalidad debido a los mecanismos fisiopatológicos y las complicaciones que pudieran llegar a presentar.

Por ello, muchos autores han elaborado fórmulas más o menos complejas para, a partir de la Frecuencia cardiaca exclusivamente, o manipulando el QT medido sobre el ECG, hallar el QT esperado o QTc, que teóricamente es menos dependiente de la frecuencia, y sobre el que se basarían las diferentes decisiones diagnósticas<sup>1</sup>.

Se sabe que el intervalo QT específicamente, representa, en el electrocardiograma (EKG), la duración total tanto de la fase de despolarización como la de repolarización. Es el intervalo JT (desde el punto J hasta el final de la onda T) el que determina la duración de la repolarización<sup>2</sup>.

Ahora bien, la medición del intervalo QT es un índice marcador de arritmias ventriculares y es un estimador del efecto de diversas drogas para tratamientos cardíacos donde se afecta la repolarización ventricular.

En ese contexto, existen múltiples fórmulas para su cálculo, las cuales a lo largo del tiempo se han ido mejorando para lograr obtener una exactitud más efectiva, sin embargo, para su cálculo se necesitan emplear fórmulas ciertamente complejas con algoritmos laberínticos en ocasiones, al utilizar raíz cuadrada, cocientes y/o operaciones exponenciales se hace necesario emplear dispositivos electrónicos con software específico que realicen el cálculo automáticamente; por lo tanto, el siguiente estudio pretende obtener una adecuada correlación entre las diversas fórmulas existentes y un algoritmo matemático fácil de utilizar, el cual se realizó en el servicio de Medicina Interna del Hospital General Ticomán mediante el análisis de EKG normales y determinando una frecuencia cardíaca promedio de 100 latidos por minuto, 5 el elemento resultante entre los 60 segundos que hay en un minuto y los complejos R evidenciados en la derivada DII en un minuto, los cuales fueron 12 complejos, el 30 como una constante resultado del promedio del intervalo QT medido en los EKG normales, tomando 300 milisegundos como lo que más se encontró; de ser positivo el resultado, la medición del QTc se podrá realizar de manera mental y rápida sin ocupar siquiera una calculadora simple.

Esto con el fin de agilizar el cálculo de intervalo Qtc de tal manera que sea una herramienta accesible para no solo médicos especialistas en la rama, como internistas, cardiólogos o médicos intensivistas, sino también, a estudiantes de medicina o médicos generales para facilitar dicho cálculo y mejorar indirectamente la atención médica.

## **II. Marco teórico y antecedentes**

La interpretación del electrocardiograma en una persona incluye el análisis de ondas, segmentos, intervalos, ángulos y otros en forma cuantitativa a fin de determinar alguna alteración y lograr con ello prevenir consecuencias incluso fatales. Dentro de este análisis, se encuentra la determinación del intervalo QT<sup>3</sup>.

La prolongación del intervalo QT en el electrocardiograma (ECG) de 12 derivaciones es un conocido factor de riesgo para la aparición de arritmias ventriculares tanto en jóvenes como en adultos. La prevalencia estimada de esta alteración ondula entre el 8.3 y 25.8% a nivel mundial, siendo el QT prolongado ( $\geq 440$  milisegundos) la alteración más frecuentemente encontrada en los distintos estudios<sup>4</sup>.

Fisiológicamente, el intervalo QT es la manifestación electrocardiográfica de la despolarización y repolarización ventricular que es producida por el flujo de iones a través de los canales presentes en las membranas de los miocardiocitos. La alteración de estos canales puede ser por causas congénitas y adquiridas.

Respecto a las causas congénitas, la etiología se debe principalmente a mutaciones en genes que codifican subunidades o proteínas de los canales iónicos involucrados en la modulación de las corrientes iónicas causando la prolongación del potencial de acción. La variante más prevalente es causada por mutaciones en el gen *KCNQ1*<sup>5</sup>. Dentro de las causas adquiridas de su alteración, se encuentran las de causa farmacológica principalmente y también algunos factores de riesgo cardiovascular que con el tiempo generan un trastorno en el sistema eléctrico cardiaco.

En Latinoamérica, se desconoce la magnitud de las alteraciones electrocardiográficas en especial la del intervalo QT debido a la baja cantidad de estudios y el pobre enfoque de detección de sus alteraciones<sup>6</sup>.

El acto de que esta alteración electrocardiográfica sea catalogada dentro de una de las patologías con mayor mortalidad se encuentra establecido en los mecanismos fisiopatológicos y las complicaciones que puede llegar a presentar.

El QT es una de las mediciones del ECG a las que menos espacio se da en los manuales de electrocardiografía, excepto para indicar que se trata de una medición que identifica a una serie de alteraciones, identificadas por un QT largo o estrecho<sup>7</sup>.

El hecho de que se trate de una medición que viene influenciada por la frecuencia cardiaca, hace que se hayan hecho abundantes esfuerzos para estandarizarla, de forma que permita establecer, con cierta aproximación, si estamos más allá de los límites normales, a partir de los cuales es esperable la aparición de arritmias ventriculares.

Por ello, muchos autores han elaborado fórmulas más o menos complejas para, a partir de la Frecuencia cardiaca exclusivamente (Rautaharju), o manipulando el QT medido sobre el ECG, hallar el llamado QT corregido o QTc, que teóricamente es menos dependiente de la frecuencia, y sobre el que se basarían las decisiones diagnósticas<sup>8</sup>.

Un corto o un largo QT, con su corolario de probabilidad de arritmias ventriculares, puede ser debido a síndromes (QT corto o QT-largo) de origen al parecer genético, a medicaciones como el haloperidol, la amiodarona, el sotalol, o el astemizol, por ejemplo, como a elevadas concentraciones de alcohol, como a trastornos endocrinos (hipotiroidismo – QT largo), hipocalcemia aguda (QT prolongado), o hipercalcemia aguda (QT acortado)<sup>9</sup>.

El intervalo QT se mide desde el principio de la onda Q hasta el final de la onda T. Se acepta que su valor normal sea menor a 440 ms. Otros autores establecen el límite superior del QTc en varones a 450 ms, mientras que en las mujeres se asume un valor normal del QTc hasta los 470 ms<sup>10</sup>.

Pasos a seguir para la medición del intervalo QT:

1. Registrar el ECG en condiciones basales y en reposo, evitando el período posprandial.

2. Estar unos minutos de reposo antes de hacer el ECG, para permitir que el intervalo QT se adapte a la frecuencia cardíaca (tarda 1-3 minutos).

3. El intervalo QT debe medirse:

a. De forma manual, preferiblemente usando las derivaciones de los miembros que muestran mejor el final de la onda T.

b. Desde el principio del complejo QRS hasta el final de la onda T, haciendo la medida en 3-5 latidos. La onda U posiblemente corresponda a la repolarización tardía de células del miocardio medio.

La onda U debe incluirse en la medida, si es lo suficientemente ancha para estar unida a la onda T. Al realizar mediciones, se encuentra a menudo que el final de la onda T no es clara. En tales casos el final de la onda T debe ser determinada por extrapolación usando el método de la tangente.

4. La medición del intervalo QT debe ajustarse a la frecuencia cardíaca, lo que se llama intervalo QTc. Esta corrección sirve para independizarlo de la frecuencia cardíaca de cada individuo y transformarlo en una medida de la actividad eléctrica comparable entre pacientes sanos y enfermos.

5. La mejor forma de determinar el QTc aún no ha sido lograda porque los estudios realizados no son prospectivos. Algunos autores aseguran que la fórmula de Framingham es el modo más idóneo desde el punto de vista epidemiológico, basada en datos empíricos obtenidos de grandes muestras poblacionales.

6. Evitar medir el intervalo QT en los ciclos cardíacos con gran variación en el intervalo sinusal o en los precedidos por arritmias.

7. Puede hacerse una prueba de esfuerzo para despistar una prolongación acentuada del QT durante la fase de recuperación.

8. La medida del intervalo QT es particularmente cambiante si el paciente está en fibrilación auricular, porque el intervalo QT varía de latido a latido dependiendo de los diferentes intervalos RR.

9. El QTc se alarga con la edad, es más largo en mujeres adultas que en varones adultos y el QTc más largo lo hallamos poco después del despertar<sup>11</sup>.

Como antecedente de gran relevancia, se sabe que el primer modelo matemático que describe la relación entre el intervalo QT y el ritmo cardíaco fue publicado en 1920 por Bazett y Fridericia<sup>8</sup>. Aunque a lo largo de la historia se han incluido diversas fórmulas para el cálculo del intervalo QTc; como lo son, Framingham y Rautaharju, (fórmulas incluidas en nuestro estudio)<sup>12</sup>. Sin embargo se conoce que el cálculo se inició con una relación entre el intervalo RR y el QT curvilínea. Esto da como resultado una diversidad de formas matemáticas que modelan la relación entre el intervalo QT y el RR. Existen modelos de tipo parabólico, polinomio, lineal, hiperbólico, exponencial, formas de tablas y nomogramas.

Tenemos:

a) Lineal:  $QTc = QT + x (1 - RR)$

b) Hiperbólico:  $QTc = QT + x (1/RR - 1)$

c) Parabólico:  $QTc = QT/RRx$

d) Logarítmico:  $QTc = QT - x \ln(RR)$

e) Logarítmico  $QTc = \ln(\exp(QT) + x (1 - RR))$  modificado:

f) Exponencial:  $QTc = QT + x (e^{-RR} - 1/e)$

g) Arco-tangente:  $QTc = QT + x (\arctg(1.0) - \arctg(RR))$

h) Arco-coseno hiperbólico  $QTc = QT + x (\ln(2+30,5) - \operatorname{arccosh}(RR+1))$

donde: “

ln: es logaritmo neperiano “exp: es la función exponencial en base al número e = 2,718. Para optimizar cada fórmula se debe encontrar el parámetro x resolviendo la ecuación de relación  $r(RR,QTc(x)) = 0$ <sup>13</sup>.

A partir de dichos modelos se derivaron diferentes fórmulas: Bazett 1920, Fridericia 1920, Mayeda 1934, Adams 1936, Larsen y Skulason 1941, Ashman 1942, Schlamowitz 1946, Ljung 1949, Simonson 1962, Boudolas 1981, Rickards 1981, Hodges 1983, Kawataki 1984, Sarma 1984, Kovacs 1985, Van de Water 1989, Lecocq 1989, Rautaharju 1990, Todt 1992, Sagie (Framingham) 1992, Arrowood 1993, Yoshinaga 1993, Wohlfart 1994, Klingfield 1995, Hodges 1997, Matsunaga 1997<sup>14,15</sup>.

Por lo tanto, el cálculo del intervalo Qtc no resulta un tema sencillo, la presentación de los modelos matemáticos y de las diversas fórmulas del QTc presentadas no tiene como objetivo atiborrar al lector en cuanto al conocimiento de sus orígenes, ni de las propias fórmulas, pero sí se pretende que se perciba lo complejo del tema.

### **III. Planteamiento del problema**

Ya que existen múltiples métodos o fórmulas para el cálculo del QTc, pero todas ellas implican un dispositivo electrónico de por medio para su realización o utilizan software especializado, se plantea que con el uso del algoritmo matemático empleado en este estudio se realice dicho cálculo de forma mental y con mayor facilidad.

Esto derivado a que en muchas ocasiones, en los diversos servicios médicos en una unidad hospitalaria o en un centro de salud en México, el acceso a dispositivos electrónicos especiales o a procesadores con software especializado para el cálculo del intervalo Qtc resulta complicado o es nulo, impactando de manera directa o indirecta en la adecuada atención médica hacia los pacientes, en ocasiones haciendo lento un diagnóstico que estaría al alcance de todo el personal de salud al ser más accesible y de cálculo mental.

Se pretende que al realizar dicho estudio de investigación que a continuación se desglosa a detalle, se logre evidenciar la existencia de correlación entre nuestra propuesta, el algoritmo matemático, y las diversas fórmulas ya estandarizadas para la medición del Qtc, que obteniendo una respuesta favorable tendría un impacto sobre el diagnóstico y por ende el tratamiento en pacientes con alteraciones en el intervalo Qtc.

### **Pregunta de investigación**

El algoritmo matemático empleado en este estudio ¿tendrá correlación con las fórmulas estandarizadas y más utilizadas para el cálculo del QTc, y se podrá calcular de manera más accesible y rápida la medición del Qtc con el algoritmo matemático propuesto?

### **IV. Justificación**

El presente proyecto tiene como finalidad el estudio de las fórmulas ya establecidas para el cálculo de Qtc y su correlación con el algoritmo matemático propuesto en pacientes sin patología cardíaca conocida ni alteraciones evidenciadas en el electrocardiograma.

Aunque muchos de los electrocardiógrafos que se manejan actualmente ya hacen mediciones de los segmentos y ondas del EKG, y algunos incluso reportan el QT y el QTc, éste sigue siendo calculado por algunas de las fórmulas aquí consideradas, donde se estima un QTc normal de 400 a 440 ms, borderline en varones entre 430-450 ms y en mujeres, entre 451-470 ms, elevado en varones por encima de 450 ms, y en mujeres, por encima de 470 ms.

Sin embargo, tanto en la fórmula de Framingham y Rautaharju, que calcula el QTc, empleando solamente la frecuencia cardiaca, como el resto, que emplean el QT medido sobre el EKG como base de una serie de cálculos algorítmicos, en el que interviene en general la distancia R-R y el cálculo de la raíz cuadrada, en Bazett, suelen funcionar de modo similar en frecuencias cercanas a las normales, pero comienzan a tener diferencias cuando la frecuencia se aparta de niveles normales.

Es por esta razón que se pretende incluir el algoritmo matemático en el día a día del personal médico para así evidenciar patologías de manera más ágil y práctica, de ser posible, captar desde la consulta externa pacientes que presenten alteración electrocardiográfica, y referenciarlos antes de presentar alguna complicación.

A la fecha no se han realizado estudios relacionados con este tema por lo que se considera muy relevante su ejecución.

## **V. Hipótesis**

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existe correlación en el cálculo del intervalo QTc entre las fórmulas Bazett, Framingham o Rautaharju y el algoritmo matemático;  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ , en EKG con ritmo sinusal y sin alteración electrocardiográfica presente.

Hipótesis alterna ( $H_A$ ): Existe correlación en el cálculo del intervalo QTc entre las fórmulas Bazett, Framingham o Rautaharju y el algoritmo matemático;  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ , en EKG con ritmo sinusal y sin alteración electrocardiográfica presente.

## **VI. Objetivos generales**

Objetivo principal:

- Comparar los resultados de la medición del intervalo QTc entre las fórmulas estandarizadas para su cálculo; Bazett, Framingham y Rautaharju y el algoritmo matemático:  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$  y correlacionarlos estadísticamente.

## **VII. Objetivos específicos**

Objetivos secundarios:

- Valorar la relación entre el cálculo de las diversas fórmulas para el cálculo del intervalo QTc y nuestro algoritmo matemático.
- Determinar cual de las fórmulas se encuentra con mayor relación al algoritmo matemático.
- Facilitar el cálculo del intervalo QTc para agilizar su medición sin utilizar necesariamente métodos electrónicos.
- Valorar si existe correlación entre el cálculo de las diversas fórmulas.

## **VIII. Metodología**

Se recolectaron de expedientes clínicos EKG de pacientes ingresados en el servicio de Medicina Interna de las sedes de la Secretaria de Salud de Ticomán y Xoco o tomados de la consulta externa que cumplieran los criterios de inclusión antes mencionados durante el periodo comprendido Mayo – Diciembre 2019 - 2020.

Se realizó la medición manual del segmento Qt y posteriormente el cálculo del Qtc de manera electrónica con las fórmulas utilizadas en este estudio.

Posteriormente se realizó el cálculo de Qtc con el algoritmo matemático propuesto y se depositaron los datos obtenidos en una base de datos analizando los resultados con el programa SPSS 25.0 adaptado para Macintosh.

### **8.1 Tipo de estudio**

Tipo de estudio: Analítico transversal.

Características: observacional, descriptivo, analítico, transversal, retrospectivo.

### **8.2 Población de estudio**

Derechohabientes de la Secretaria de Salud de la Ciudad de México

Criterios de inclusión:

- EKG con ritmo sinusal y sin alteraciones electrocardiográficas presentes
- EKG realizados en hombres sin alteraciones y mujeres sin alteraciones electrocardiográficas
- EKG de pacientes de entre 18 y 70 años sin patología cardiaca conocida.
- EKG tomados con las medidas normales establecidas.
- EKG de pacientes sin tratamiento cardiovascular previo.
- EKG realizados entre Marzo y Diciembre 2019

Criterios de exclusión:

- Pacientes con Insuficiencia cardiaca.
- Con cardiopatía secundaria a insuficiencia hepática.
- Con procesos infecciosos a cualquier otro nivel: pulmonar, urinario, tejidos blandos, faríngeo, gastrointestinal, meníngeo, cerebral, etc.
- EKG tomados con rangos de medición fuera de la normalidad.
- Pacientes con antecedente de crecimiento de cavidades evidenciadas en EKG.

Criterios de eliminación:

- Pacientes con diagnóstico de síndrome de QT largo.
- Pacientes con diagnóstico de síndrome de QT corto.
- Pacientes con desequilibrio hidroelectrolítico.
- Pacientes con antecedentes de uso de tratamiento cardiovascular.

### 8.3 Muestra

Cálculo de la muestra:

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha}^2 p(1-p)}{d^2}$$

n = tamaño de la muestra

$Z_{\alpha}^2$  = nivel de confianza 1.96 (con seguridad del 95%)

p = proporción de elementos que poseen la característica de interés (21% = .21 por estudio previo realizado estableciendo la proporción de pacientes con QTc similar entre las formulas)

q = 1-p (1-0.21 / 0.79) o probabilidad de fracaso

d = error máximo tolerable (también conocido como precisión o “δ”) tomando 15% : (.022) al cuadrado

$$N: \frac{1.96^2 (0.21)(1-.21)}{0.15^2} = N=28 \text{ se cierra a } 33$$

### 8.4 Tipo de muestreo

Dependiente, no probabilístico, por conveniencia

## 8.5 Variables

Definición operacional, tipo variable, unidades de medida, instrumento de medición

| Variable                         | Definición operacional  | Tipo de variable     | Unidades de medida | Instrumento de medición |
|----------------------------------|---|----------------------|--------------------|-------------------------|
| Sexo                             | Conjunto de características genéticas, genitales, psicosociales que definen a una persona como masculino o femenino.  | Cualitativa nominal  | Hombre /Mujer      | Cuestionario            |
| Edad                             | Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la inclusión en el estudio.   | Cuantitativa ordinal | Años               | Cuestionario            |
| Qt medido                        | Es la medida del tiempo entre el comienzo de la onda Q y el final de la onda T en el electrocardiograma.  | Cuantitativa ordinal | Mili segundos      | Electro cardiograma     |
| Qt medido por fórmula de Bazzet. | Es la medida del tiempo entre el comienzo de la onda Q y el final de la onda T en el electrocardiograma que describe la relación entre el intervalo QT y el ritmo cardíaco con la siguiente fórmula:<br>$QTc = QT / (RR)$ . | Cuantitativa ordinal | Mili segundos      | Electro cardiograma     |

|                                     |   |                      |               |                     |
|-------------------------------------|---|----------------------|---------------|---------------------|
| Qt medido por fórmula de Framingham | Es la medida del tiempo entre el comienzo de la onda Q y el final de la onda T en el electrocardiograma que describe la relación entre el intervalo QT y el ritmo cardíaco con la siguiente fórmula:<br>$QT_c = QT + 0,154(1 - RR)$ .     | Cuantitativa ordinal | Mili segundos | Electro cardiograma |
| Qt medido por fórmula de Rautaharju | Es la medida del tiempo entre el comienzo de la onda Q y el final de la onda T en el electrocardiograma que describe la relación entre el intervalo QT y el ritmo cardíaco con la siguiente fórmula:<br>$QT_{cR} = QT - 0.185 (RR - 1)$ . | Cuantitativa ordinal | Mili segundos | Electro cardiograma |
| Qt medido por algoritmo matemático  | Medida del tiempo entre el comienzo de la onda Q y el final de la onda T en el electrocardiograma que describe la relación entre el intervalo QT y el algoritmo matemático:<br>$100 - FC / 5 + 30 (+/-) 2$ .                              | Cuantitativa ordinal | Mili segundos | Electro cardiograma |

### 8.6 Mediciones e instrumentos de medición

Se realizó mediante trazos electrocardiograficos la medición del intervalo Qtc de manera manual y con equipos electrónicos (celulares o laptops) con software, SAMIUC y MED CALC. Se tomó como unidad de medida los milisegundos en el electrocardiograma. La sensibilidad y especificidad de las fórmulas, Bazzet, Framingham y Rautajarju son las siguientes: Bazett sensibilidad 89%, especificidad 78%, Framingham sensibilidad 90%, especificidad 86%, y Rautajarju sensibilidad 88%, especificidad 85%.

### 8.7 Análisis estadísticos de los datos

Se utilizó como prueba de normalidad Smirnof – Kolmoworov y posteriormente Rho de Spearman para la correlación, por último curva ROC en el programa SPSS 2.5 software para programa operativo IOS 12.

## IX. Implicaciones éticas

Ninguna para este estudio

## X. Resultados

**Tabla 1**

*Características generales de la población*

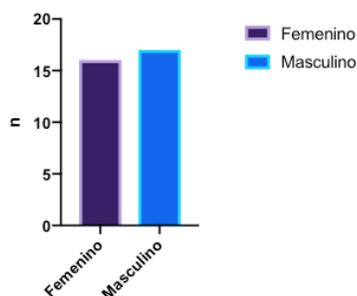
|      | Variable  | Media / porcentaje | p     |
|------|-----------|--------------------|-------|
| Sexo | Edad      | 46 (+-) 8          | 0.200 |
|      | Femenino  | 16 (48)            |       |
|      | Masculino | 17 (52)            |       |

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje y el número de pacientes masculinos y femeninos incluidos en este estudio, y la edad promedio.

**Figura 1**

*Género de la población*

Tabla 1. Género de la población de la muestra



Nota. Esta figura muestra la cantidad de pacientes femeninos y masculinos en forma de barra.

**Tabla 2***Distribución de la población*

| <b>Genero</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Femenino      | 16                | 48.5              |
| Masculino     | 17                | 51.5              |

Nota. Esta tabla muestra como se distribuyó la población de estudio de acuerdo al genero.

**Tabla 3***Pruebas de normalidad*

|            | <b>Kolmogorov-Smirnof</b> |           |             | <b>Shapiro-Wilk</b> |           |             |
|------------|---------------------------|-----------|-------------|---------------------|-----------|-------------|
|            | <b>Estadístico</b>        | <b>gl</b> | <b>Sig.</b> | <b>Estadístico</b>  | <b>gl</b> | <b>Sig.</b> |
| Edad       | .103                      | 33        | .200        | .057                | 33        | .209        |
| Qt         | .354                      | 33        | .000        | .720                | 33        | .000        |
| Fc         | .404                      | 33        | .000        | .355                | 33        | .000        |
| Bazett     | .127                      | 33        | .197        | .958                | 33        | .232        |
| Framingham | .354                      | 33        | .000        | .719                | 33        | .000        |
| Rautaharju | .111                      | 33        | .200        | .930                | 33        | .035        |
| Algoritmo  | .154                      | 33        | .046        | .941                | 33        | .074        |

Nota. Esta tabla muestra las pruebas de normalidad empleadas en el estudio, en donde la prueba Shapiro –Wilk señala que se estudia una distribución no homogénea. Por lo que utilizaremos el test de correlación de Spearman para el estudio.

**Tabla 4**

*Correlacion entre el algoritmo y Rautahuarju*

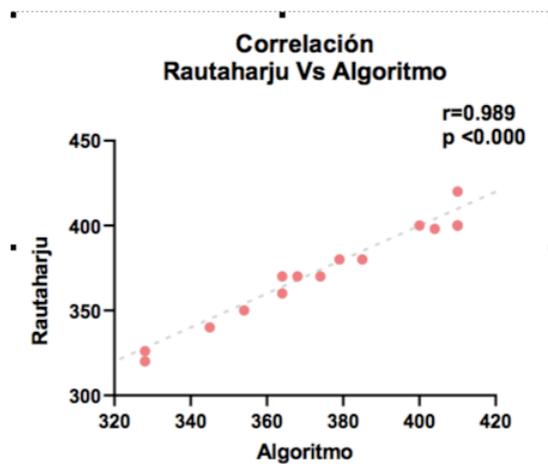
|                 |             |                            | <b>Algoritmo</b> | <b>Rautahuarju</b> |
|-----------------|-------------|----------------------------|------------------|--------------------|
| Rho de Spearman | Algoritmo   | Coeficiente de correlación | 1.000            | .989               |
|                 |             | Sig.                       |                  | .0001              |
|                 |             | N                          | 33               | 33                 |
|                 | Rautahuarju | Coeficiente de correlación | .989             | 1.000              |
|                 |             | Sig.                       | .0001            |                    |
|                 |             | N                          | 33               | 33                 |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Rautahuarju el cual tiene una r de 0.98, estadísticamente significativa.

Nota especifica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

**Figura 2**

*Correlación de Spearman entre Rautahuarju y el algoritmo*



Nota. En esta figura se observa la correlación tan importante entre la fórmula de Rautahuarju y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.0001

**Tabla 5**

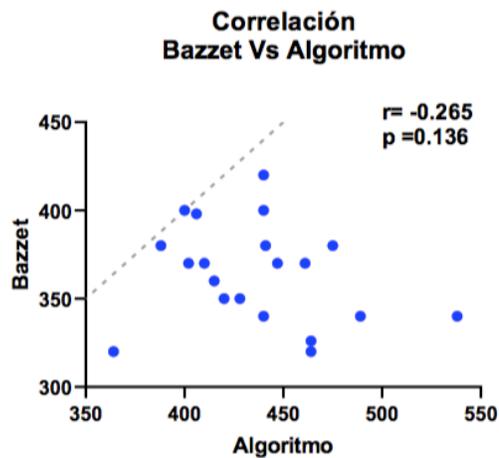
*Correlación entre el algoritmo y Bazett*

|                 |           | Algoritmo                  | Bazett |
|-----------------|-----------|----------------------------|--------|
| Rho de Spearman | Algoritmo | Coeficiente de correlación | 1.000  |
|                 |           | Sig.                       | .136   |
|                 |           | N                          | 33     |
|                 | Bazett    | Coeficiente de correlación | .265   |
|                 |           | Sig.                       | .136   |
|                 |           | N                          | 33     |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Bazett el cual tiene una r de 0.265, con poca significancia estadística. Nota específica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

**Figura 3**

*Correlación de Spearman entre Bazett y el algoritmo*



Nota. En esta figura se observa la correlación entre la fórmula de Bazett y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.136.

**Tabla 6**

*Correlación entre el algoritmo y Framingham*

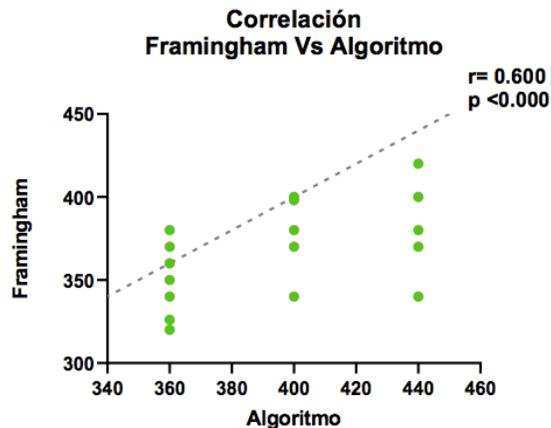
|                 |            |                            | <b>Algoritmo</b> | <b>Framingham</b> |
|-----------------|------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Algoritmo  | Coeficiente de correlación | 1.000            | .600              |
|                 |            | Sig.                       |                  | .0001             |
|                 |            | N                          | 33               | 33                |
|                 | Framingham | Coeficiente de correlación | .600             | 1.000             |
|                 |            | Sig.                       | .0001            |                   |
|                 |            | N                          | 33               | 33                |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Framingham el cual tiene una r de 0.600, lo que conlleva a una correlación estadísticamente significativa.

Nota específica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

**Figura 4**

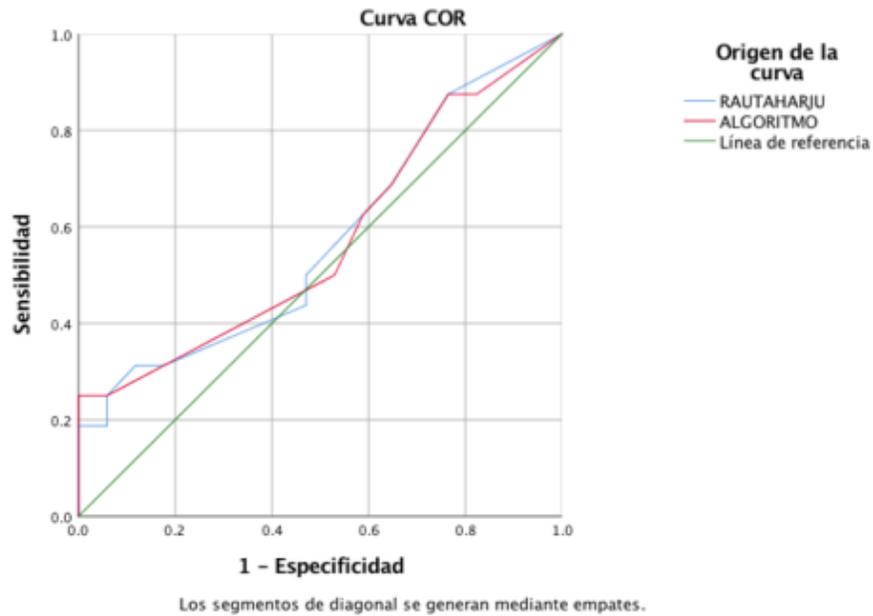
*Correlación de Spearman entre Framingham y el algoritmo*



Nota. En esta figura se observa la correlación entre la fórmula de Framingham y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.600, con significancia estadística.

**Figura 5**

*Curva ROC entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en población femenina.*

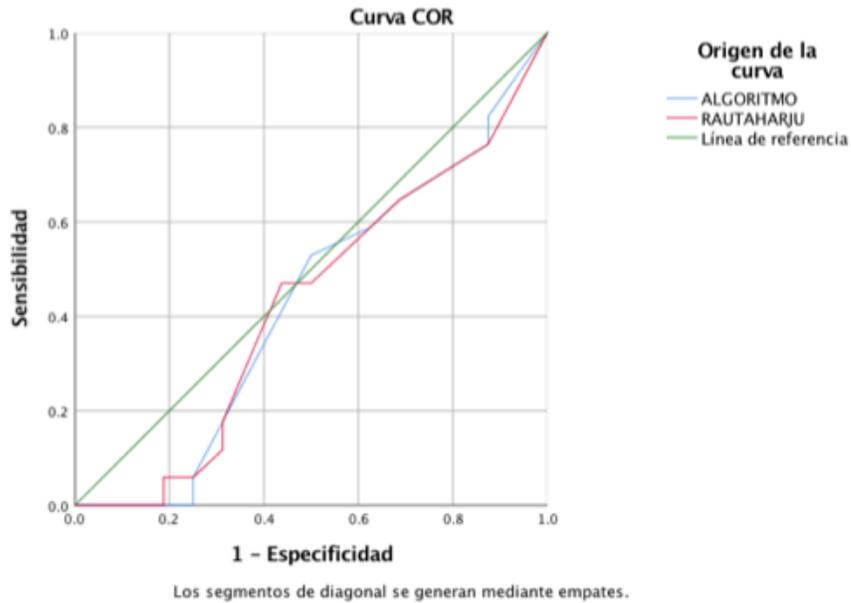


Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en el género femenino en donde se evidencia que el algoritmo matemático puede ser una prueba con un buen rendimiento, con una sensibilidad mayor del 87% y especificidad del 82%.

Nota específica. Pacientes femeninos.

**Figura 6**

*Curva ROC entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en población masculina.*

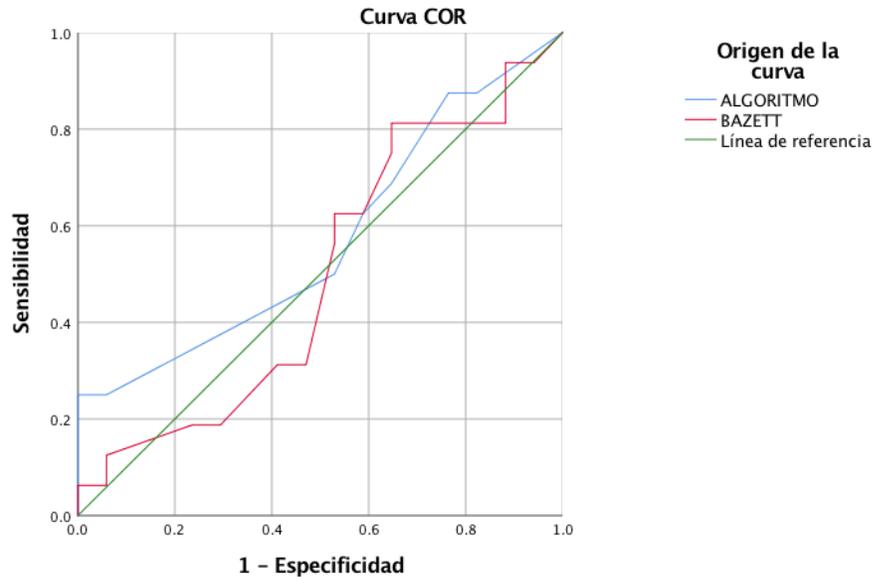


Nota. Representación gráfica de la curva RCO, donde se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en el género masculino en donde también se percibe una buena rentabilidad diagnóstica, el algoritmo con una sensibilidad mayor del 82% y especificidad del 87%.

Nota específica. El estado real positivo es masculino.

**Figura 7**

*Curva ROC entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en población femenina.*



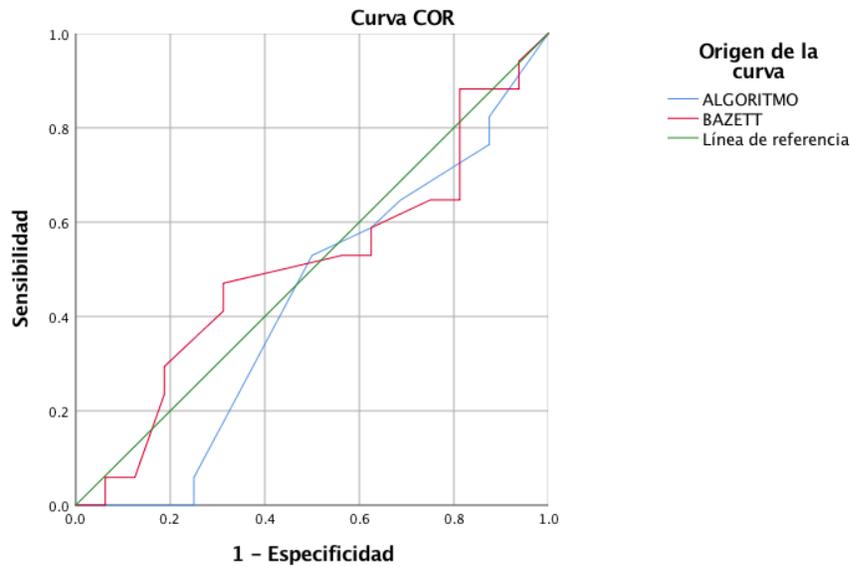
Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en el género femenino en donde observamos la poca similitud entre las líneas de referencia.

Nota específica. El estado real positivo es femenino.

**Figura 8**

*Curva ROC entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en población masculina.*



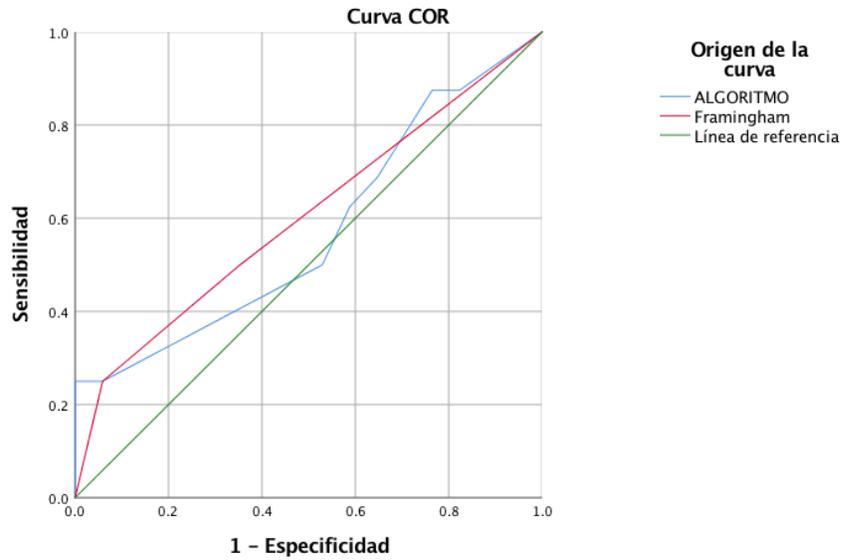
Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Nota. En esta figura se observa que en el género masculino existe menos similitud entre las líneas de referencia, en ocasiones el algoritmo se presenta con menos de 0.5.

Nota específica. El estado real positivo es masculino.

**Figura 9**

*Curva ROC entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en población femenina.*



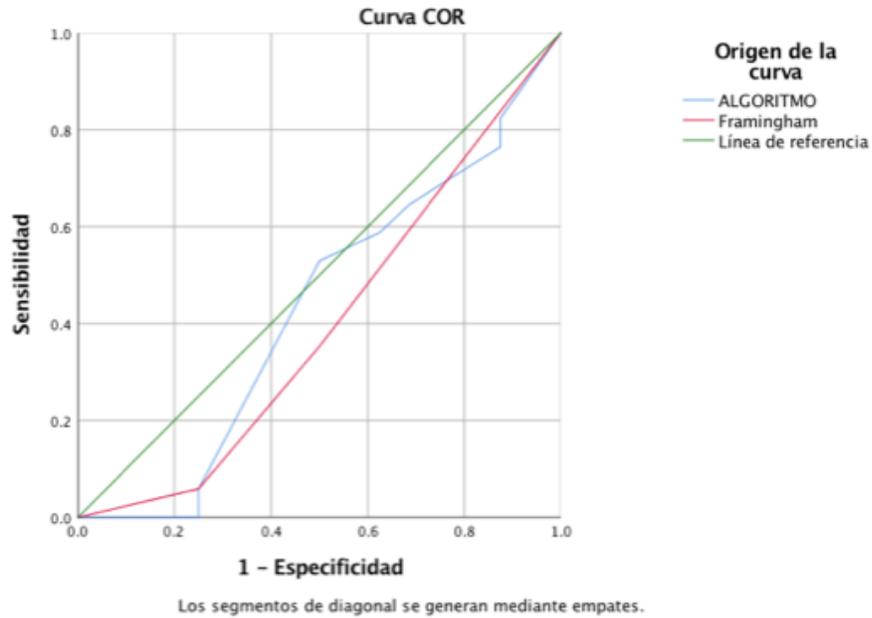
Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en el género femenino, en donde se evidencian valores posiblemente óptimos, lo que se traduce como una buena rentabilidad de la prueba, con sensibilidad cerca del 82 % y especificidad del 85 %.

Nota específica. El estado real positivo es femenino.

**Figura 10**

*Curva ROC entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en población masculina.*



Nota. Representación gráfica de la curva ROC, donde se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en el género masculino, determinamos que en hombres posiblemente no sea muy rentable la prueba, las líneas de referencia se presentan menor a 0.5.

Nota específica. El estado real positivo es masculino.

## **XI. Analisis de resultados**

Sabiendo que no existe un estandar de oro para el cálculo del Qtc, y que las fórmulas con más sensibilidad diagnóstica son: Bazett, Framingham y Rautahuarju, obtuvimos los siguientes resultados; como preambulo, si se logró una adecuada correlación entre éstas diversas fórmulas empleadas para la medición del Qtc y el algoritmo matemático que se había propuesto, en mayor o menor medida, si bien en dos de las fórmulas, como fueron, Bazett y Framingham no se obtuvo una  $r$  mayor a .9 con Rho de Spearman, en el análisis con curva ROC logramos evidenciar que se tiene significancia estadística al notar que en el caso de pacientes femeninos mayoritariamente con la fórmula de Bazett se mantiene la línea de referencia con tendencia al 1 en ocasiones con mayor representación gráfica que la misma fórmula, así mismo con la fórmula de Framingham se logra una buena correlación de 0.6 y en la curva ROC evidenciamos que en mujeres el algoritmo es rentable.

Logramos conseguir una correlación con  $r$  de 0.98 en caso de implementar la fórmula de Rautahuarju vs el algoritmo matemático tanto en pacientes femeninos como masculinos, con sensibilidad y especificidad mayor al 80%, en ambos casos, que al realizar la curva ROC consolida nuestra hipótesis alterna, al existir correlación entre medir el Qtc con la fórmula estandarizada y nuestro algoritmo, el cual representa un cálculo más fácil y rapido, pero certero al no mostrar diferencia con Rautahuarju, por lo que de manera muy precisa se podría emplear el algoritmo estudiado en pacientes sin alteraciones electrocardiograficas previas y llegar a un adecuado cálculo.

## **XII. Discusión**

Los datos obtenidos en éste proyecto, indican que el algoritmo matemático el cual se propone como método diagnóstico para el cálculo del Qtc se puede emplear y con una buena rentabilidad diagnóstica; teniendo en cuenta que el algoritmo es un adecuado procedimiento para la evaluación del Qtc, los resultados obtenidos en el estudio apuntan a que por la fuerte correlación con dos de las tres fórmulas, presentando significancia estadística, podría ser considerado un buen método diagnóstico sin la necesidad de emplear operaciones matemáticas complejas.

Nuestra propuesta presenta similitudes de mayor potencia con la fórmula de Rautahuarju, sin embargo con Framingham la fuerza de correlación también es buena, y puede ser equiparada entre estas para obtener resultados semejantes al calcular el Qtc simultáneamente; comparando los resultados obtenidos por Vandenberg<sup>11</sup>, que concluye que Framingham mostró la mejor tasa de correlación entre lo estudiado, podemos sugerir nuestro algoritmo como un prueba certera para calcular el Qtc con mayor facilidad, sin siquiera utilizar tecnología para su medición.

### **Perspectivas**

Por su puesto, podríamos emplear el algoritmo en el cálculo del Qt corregido en pacientes COVID con uso de claritromicina, para así, evaluar alteraciones en dicho intervalo relacionadas con el uso de ese medicamento.

Lograr el registro de la fórmula evaluada y que pueda ser utilizada en la práctica clínica de todos los médicos mexicanos por ser instrumento carente de complejidad y de fácil aprendizaje.

Realizar un estudio prospectivo con la fórmula utilizada en este estudio para determinar la mejor forma de medir el Qt, tomando en consideración que el intervalo Qt es un parámetro variable.

Validar dicho algoritmo matemático para estandarizarlo a futuro como un test con alta rentabilidad como prueba diagnóstica.

### **XIII. Conclusiones**

Se refuta la hipótesis alterna entre el cálculo del QTc mediante las fórmulas de Rautaharju y el algoritmo matemático empleado en este estudio, el cual es  $100 - FC / 5 + 30 (+-) 2$ ; en el análisis de los datos se documenta la correlación entre ellas con una r de 0.9 lo que evidencia significancia estadística, se corrobora además con las curvas ROC, lo siguiente:

La fórmula de Rautaharju y el algoritmo matemático utilizado son las que representan mayor exactitud diagnóstica para el cálculo del QTc tanto en hombres como en mujeres, lo que ilustra una buena sensibilidad y especificidad de los test diagnósticos, por otro lado, con la fórmula de Framingham y el algoritmo, éste, podrá ser una prueba rentable si se emplea con pacientes femeninos.

La fórmula para el cálculo del QTc con mayor sensibilidad y especificidad como ya se mencionó, es Rautaharju, por lo que se determina en el estudio que el uso del algoritmo matemático puede ser utilizado para lograr una mayor facilidad o practicidad para el cálculo del QTc sin necesidad de emplear operaciones algebraicas complejas o incluso dispositivos tecnológicos de alta gama.

La fórmula con mayor correlación entre el algoritmo sugerido demostrada en el estudio es la fórmula de Rautaharju, existe favorablemente significancia estadística entre dicha fórmula y nuestra operación matemática debido a que la correlación es cercana a 1, evidenciando así una fuerte correlación entre dichas variables, por lo tanto, resulta muy conveniente emplear el algoritmo matemático.

### **Limitaciones del estudio**

No presenta ninguna limitación ya que no requiere dispositivo electrónico para el cálculo del Qtc y posee una accesibilidad y manejo de material (EKG) inmejorable.

### **XIV. Bibliografía**

1- Schwartz PJ, Prior SG, Spazzolini C, Moss AJ, Vincent GM, Napolitano C, et al. Genotype-phenotype correlation in the long-QT syndrome: Gene specific triggers for life-threatening arrhythmias. *Circulation*. 2001;103:89-95.

2- Ishikawa J et al. Relationships between the QTc interval and cardiovascular, stroke, or sudden cardiac mortality in the general Japanese population. *J Cardiol* 2015; 65(3):237–42.

3- Awamleh García Pet al. Prevalencia de patrones electrocardiográficos asociados a muerte súbita en la población española de 40 años o más. Resultados del estudio OFRECE. *Revista Española de Cardiología* 2017; 70(10):801–7.

4- Veglio M et al. Prevalence of increased QT interval duration and dispersion in type 2 diabetic patients and its relationship with coronary heart disease: A population-based cohort. *Journal of Internal Medicine* 2002; 251(4):317–24.

5- Isbister GK, Page CB. Drug induced QT prolongation: The measurement and assessment of the QT interval in clinical practice. *Br J Clin Pharm* 2013; 76(1):48–57.

6- Rautaharju PMet al. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: Part IV: the ST segment, T and U waves, and the QT interval: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53(11):982–91.

7- Al-Khatib SM, Lapointe NMA, Kramer JM, Chen AY, Hammill BG, DeLong L et al. A survey of health care practitioners' knowledge of the QT interval. *J Gen Intern Med* 2005; 20: 392-6

8- Hodges M, Salerno D, Erlinen D. Bazett's QT correction reviewed: evidence that a linear QT correction for heart rate is better. *J Am Coll Cardiol* 2016; (1):694.

9- Molnar J et al. Diurnal pattern of QTc interval: How long is prolonged? *J Am Coll Cardiol* 2014; 27(1):76–83.

- 10- Márquez MF et al. El síndrome de QT largo: una breve revisión del diagnóstico electrocardiográfico incluyendo la prueba de Viskin. Arch Cardiol Mex 2014; 82(3):243
- 11- Vandenberg et al. Which QT Correction Formulae to Use for QT Monitoring? J Am Heart Association, 2016; 5(6).
- 12- Orellana A M et al. Prevalencia del Intervalo QT Prolongado en diferentes patrones electrocardiográficos: Estudio por Teleelectrocardiografía. Rev Chilena Cardiol 2009; 28(4)
- 13- Al-Khatib SM et al. What clinicians should know about the QT interval. JAMA 2003; 289(16): 2120–7.
- 14- Drezner JA, Ackerman MJ, Cannon BC, Corrado D, Heidbuchel H, Prutkin JM, et al. Abnormal electrocardiographic findings in athletes: recognising changes suggestive of primary electrical disease. Br J Sports Med. 2013;47(3):153-67.
15. Lanza Tarricone G. Fórmulas para el QT corregido y consideraciones clínicas. Gac Méd Caracas. 2008;116(3):224-34.

## Índice de Tablas

**Tabla 1**

*Características generales de la población*

|      | <b>Variable</b> | <b>Media / porcentaje</b> | <b>p</b> |
|------|-----------------|---------------------------|----------|
| Sexo | Edad            | 46 (+-) 8                 | 0.200    |
|      | Femenino        | 16 (48)                   |          |
|      | Masculino       | 17 (52)                   |          |

Nota. Esta tabla muestra el porcentaje y el número de pacientes masculinos y femeninos incluidos en este estudio, y la edad promedio.

**Tabla 2**

*Distribución de la población*

| <b>Genero</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------|-------------------|-------------------|
| Femenino      | 16                | 48.5              |
| Masculino     | 17                | 51.5              |

Nota. Esta tabla muestra como se distribuyó la población de estudio de acuerdo al genero.

**Tabla 3***Pruebas de normalidad*

|            | Kolmogorov-Smirnof |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|------------|--------------------|----|------|--------------|----|------|
|            | Estadístico        | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| Edad       | .103               | 33 | .200 | .057         | 33 | .209 |
| Qt         | .354               | 33 | .000 | .720         | 33 | .000 |
| Fc         | .404               | 33 | .000 | .355         | 33 | .000 |
| Bazett     | .127               | 33 | .197 | .958         | 33 | .232 |
| Framingham | .354               | 33 | .000 | .719         | 33 | .000 |
| Rautaharju | .111               | 33 | .200 | .930         | 33 | .035 |
| Algoritmo  | .154               | 33 | .046 | .941         | 33 | .074 |

Nota. Esta tabla muestra las pruebas de normalidad empleadas en el estudio, en donde la prueba Shapiro –Wilk señala que se estudia una distribución no homogénea. Por lo que utilizaremos el test de correlación de Spearman para el estudio.

**Tabla 4***Correlacion entre el algoritmo y Rautahuarju*

|                 |             |                            | Algoritmo | Rautahuarju |
|-----------------|-------------|----------------------------|-----------|-------------|
| Rho de Spearman | Algoritmo   | Coeficiente de correlación | 1.000     | .989        |
|                 |             | Sig.                       |           | .0001       |
|                 |             | N                          | 33        | 33          |
|                 | Rautahuarju | Coeficiente de correlación | .989      | 1.000       |
|                 |             | Sig.                       | .0001     |             |
|                 |             | N                          | 33        | 33          |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Rautahuarju el cual tiene una r de 0.98, estadísticamente significativa.

Nota específica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

**Tabla 5***Correlacion entre el algoritmo y Bazett*

|                 |           |                            | <b>Algoritmo</b> | <b>Bazett</b> |
|-----------------|-----------|----------------------------|------------------|---------------|
| Rho de Spearman | Algoritmo | Coeficiente de correlación | 1.000            | .265          |
|                 |           | Sig.                       |                  | .136          |
|                 |           | N                          | 33               | 33            |
|                 | Bazett    | Coeficiente de correlación | .265             | 1.000         |
|                 |           | Sig.                       | .136             |               |
|                 |           | N                          | 33               | 33            |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Bazett el cual tiene una r de 0.265, con poca significancia estadística.

Nota específica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

**Tabla 6***Correlacion entre el algoritmo y Framingham*

|                 |            |                            | <b>Algoritmo</b> | <b>Framingham</b> |
|-----------------|------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| Rho de Spearman | Algoritmo  | Coeficiente de correlación | 1.000            | .600              |
|                 |            | Sig.                       |                  | .0001             |
|                 |            | N                          | 33               | 33                |
|                 | Framingham | Coeficiente de correlación | .600             | 1.000             |
|                 |            | Sig.                       | .0001            |                   |
|                 |            | N                          | 33               | 33                |

Nota. En esta tabla se muestra la correlación existente entre el algoritmo y la fórmula de Framingham el cual tiene una r de 0.600, lo que conlleva a una correlación estadísticamente significativa.

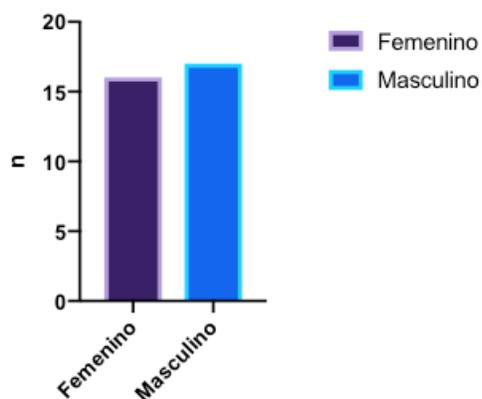
Nota específica. La correlación es significativa en el nivel 0.01

## Índice de figuras

### Figura 1

Género de la población

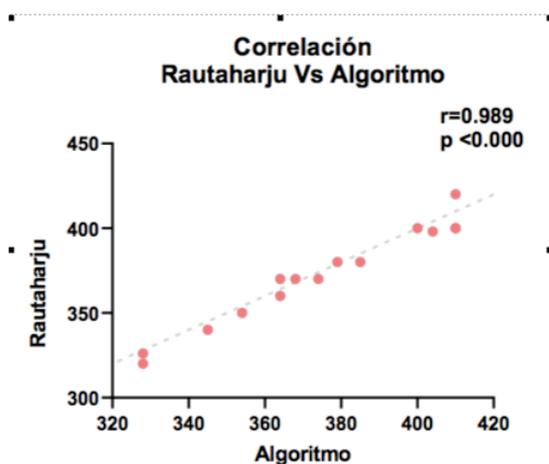
Tabla 1. Género de la población de la muestra



Nota. Esta figura muestra la cantidad de pacientes femeninos y masculinos en forma de barra.

### Figura 2

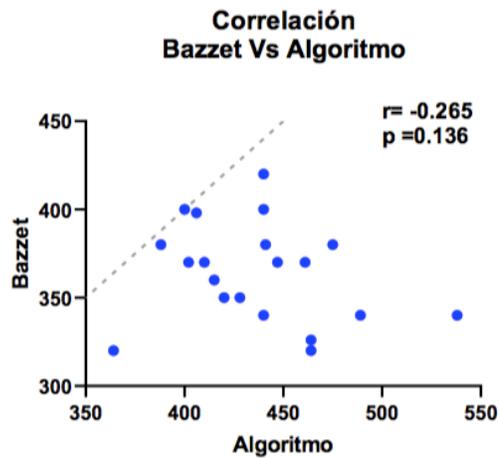
Correlación de Spearman entre Rautahuarju y el algoritmo



Nota. En esta figura se observa la correlación tan importante entre la fórmula de Rautahuarju y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.0001

**Figura 3**

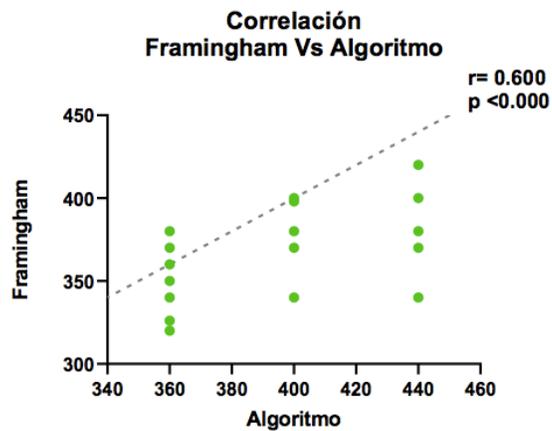
*Correlación de Spearman entre Bazett y el algoritmo*



Nota. En esta figura se observa la correlación entre la fórmula de Bazett y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.136.

**Figura 4**

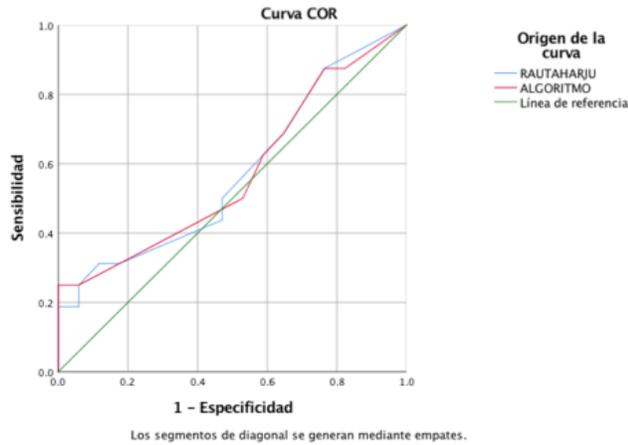
*Correlación de Spearman entre Framingham y el algoritmo*



Nota. En esta figura se observa la correlación entre la fórmula de Framingham y el algoritmo matemático propuesto, con una p de 0.600, con significancia estadística.

**Figura 5**

*Curva ROC entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en población femenina.*

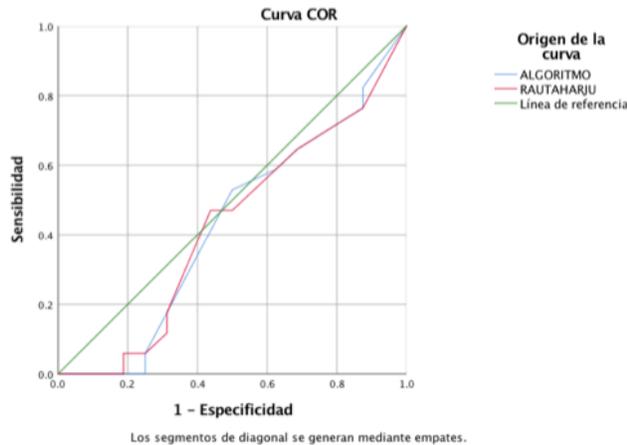


Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en el género femenino en donde se evidencia que el algoritmo matemático puede ser una prueba con un buen rendimiento, con una sensibilidad mayor del 87% y especificidad del 82%.

Nota específica. Pacientes femeninos.

**Figura 6**

*Curva ROC entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en población masculina.*

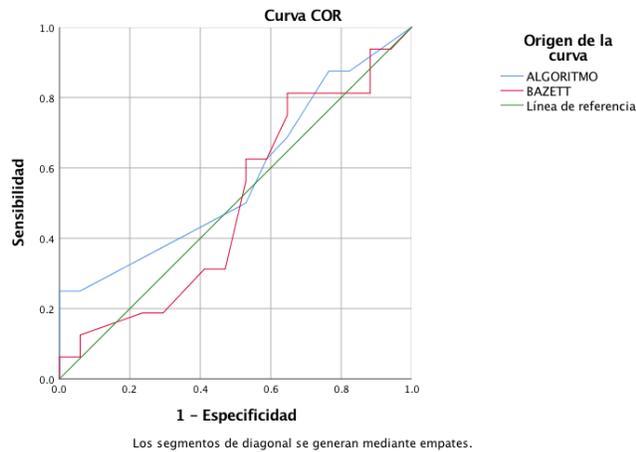


Nota. Representación gráfica de la curva RCO, donde se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Rautaharju y el algoritmo en el género masculino en donde también se percibe una buena rentabilidad diagnóstica, el algoritmo con una sensibilidad mayor del 82% y especificidad del 87%.

Nota específica. El estado real positivo es masculino.

### Figura 7

Curva ROC entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en población femenina.

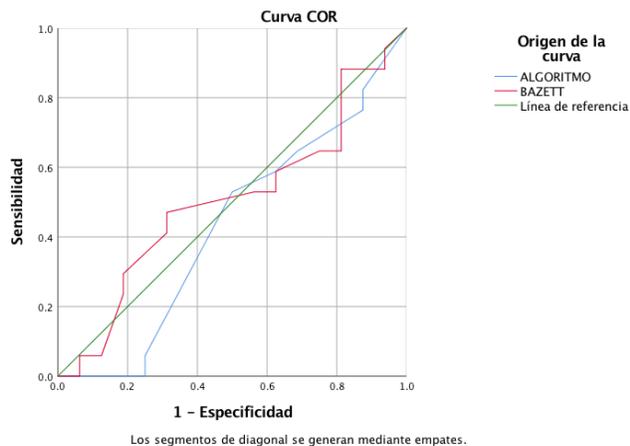


Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en el género femenino en donde observamos la poca similitud entre las líneas de referencia.

Nota especifica. El estado real positivo es femenino.

### Figura 8

Curva ROC entre la fórmula de Bazett y el algoritmo en población masculina.

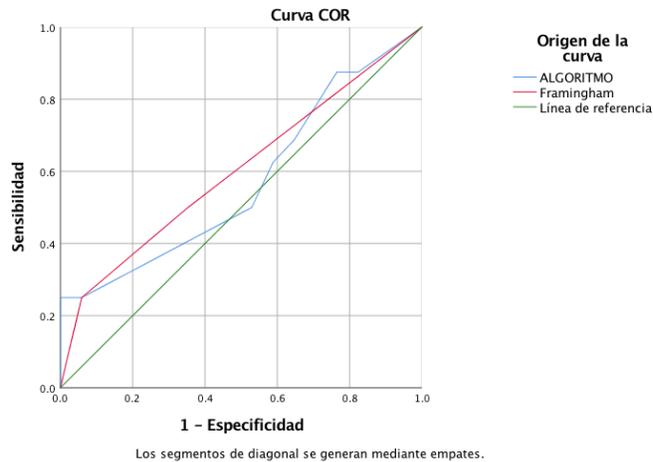


Nota. En esta figura se observa que en el género masculino existe menos similitud entre las líneas de referencia, en ocasiones el algoritmo se presenta con menos de 0.5.

Nota especifica. El estado real positivo es masculino.

**Figura 9**

*Curva ROC entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en población femenina.*

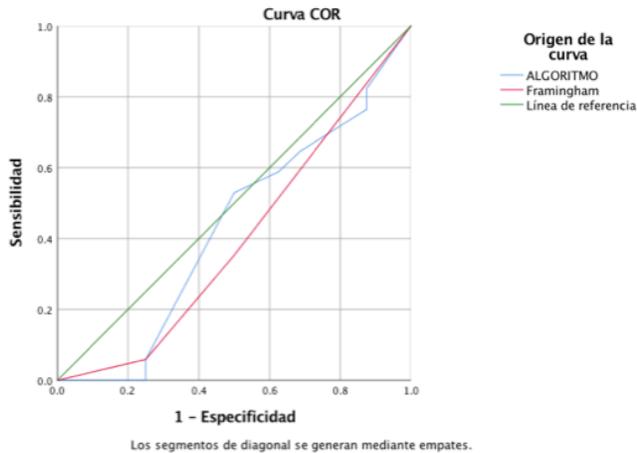


Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en el género femenino, en donde se evidencian valores posiblemente óptimos, lo que se traduce como una buena rentabilidad de la prueba, con sensibilidad cerca del 82 % y especificidad del 85 %.

Nota específica. El estado real positivo es femenino.

**Figura 10**

*Curva ROC entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en población masculina.*



Nota. En esta figura se observa la sensibilidad y especificidad entre la fórmula de Framingham y el algoritmo en el género masculino, determinamos que en hombres posiblemente no sea muy rentable la prueba, las líneas de referencia se presentan menor a 0.5.

Nota específica. El estado real positivo es masculino.

**Anexos**  
**Cronograma de actividades**

| Cronograma de actividades |            |            |           |            |            |          |          |                      |                             |                           |                     |            |
|---------------------------|------------|------------|-----------|------------|------------|----------|----------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|------------|
| Año 2019 - 2022           | Marzo 2019 | Abril 2019 | Mayo 2019 | Junio 2019 | Julio 2019 | Ago 2019 | Sep 2019 | Enero - Octubre 2020 | Noviembre 2020 - Enero 2021 | Febrero 2021 - Julio 2021 | Ago 2021 - Dic 2022 | Julio 2022 |
| Elección del tema         | X          |            |           |            |            |          |          |                      |                             |                           |                     |            |
| Elaboración del protocolo |            | X          | X         | X          |            |          |          |                      |                             |                           |                     |            |
| Aprobación del protocolo  |            |            |           |            | X          | X        | X        |                      |                             |                           |                     |            |
| Recolección de datos      |            |            |           |            |            |          |          | X                    |                             |                           |                     |            |
| Análisis de datos         |            |            |           |            |            |          |          |                      | X                           |                           |                     |            |
| Revisión de resultados    |            |            |           |            |            |          |          |                      |                             | X                         |                     |            |
| Elaboración de tesis      |            |            |           |            |            |          |          |                      |                             |                           | X                   |            |
| Publicación de tesis      |            |            |           |            |            |          |          |                      |                             |                           |                     | X          |

## **Glosario / Abreviaturas**

EKG: electrocardiograma.

Qt: intervalo qt que inicia en la onda q y termina al final de la onda T.

Qtc: qt calculado, es el intervalo calculado mediante las diversas fórmulas.

FC: frecuencia cardiaca medida en latidos por minuto.