

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y  
ELECTRÓNICA**



**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE**  
**TELECOMUNICACIÓN**

**CALCULADORA DE RIESGO DE HIPERTENSIÓN DURANTE**  
**EL EMBARAZO PARA EL HOSPITAL GREGORIO MARAÑÓN**

ESPECIALIDAD: TELEMÁTICA

AUTOR: BRYAN DUQUE GUTIÉRREZ

TUTORES: JUAN BAUTISTA RUIZ ALZOLA E IDAFEN SANTANA PÉREZ

FECHA: JULIO DE 2023



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y  
ELECTRÓNICA**



**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CALCULADORA DE RIESGO DE HIPERTENSIÓN DURANTE  
EL EMBARAZO PARA EL HOSPITAL GREGORIO MARAÑÓN**

**HOJA DE FIRMAS**

ALUMNO

TUTOR

COTUTOR

# ***AGRADECIMIENTOS***

---

*Este logro lo comparto con todos mis amigos de la carrera, por esas tardes de estudio en las que no solo hemos sido estudiantes, sino también profesores unos de otros, y con mis amigos del Erasmus, con los que más crecí personalmente y a los que considero familia.*

*A mi familia, en especial a mi madre, por darme la gran oportunidad de estudiar con el esfuerzo de toda una vida. Esas mañanas repasando las tablas de multiplicar en la 216 han dado su fruto.*



# ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	15
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO .....	16
1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	18
<b>2 TENSIÓN ARTERIAL DURANTE EL EMBARAZO.....</b>	<b>23</b>
2.1 IMPORTANCIA DE CONTROLAR LA TENSIÓN DURANTE EL EMBARAZO .....	23
2.2 ECLAMPSIA.....	24
2.3 SÍNDROME HELLP.....	25
2.4 CONTEO DE PLAQUETAS BAJO .....	26
<b>3 CALCULADORAS DE RIESGO DE PREECLAMPSIA EXISTENTES.....</b>	<b>29</b>
3.1 FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL.....	30
3.2 FETAL ULTRASOUND CENTER, TALLÍN .....	33
3.3 HOSPITAL VALL D’HEBRON, BARCELONA .....	35
3.4 FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL DE BARCELONA .....	37
3.5 UNIVERSIDAD DE BRITISH COLUMBIA .....	39
3.5.1 MODELO MINIPIERS .....	39
3.5.2 MODELO FULLPIERS .....	41
<b>4 RECURSOS Y TECNOLOGÍAS UTILIZADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO .....	45
4.2 DESCRIPCION DEL SOFTWARE UTILIZADO .....	45
4.2.1 EDITOR DE CÓDIGO .....	45
4.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN .....	49
4.3.1 JAVASCRIPT.....	49
4.3.2 HTML.....	51
4.3.3 CSS .....	51
4.3.4 BOOTSTRAP .....	53
<b>5 ALGORITMOS DE MEDICIÓN DE PREECLAMPSIA.....</b>	<b>57</b>
5.1 ALGORTIMO DEL HOSPITAL VALL D’HEBRON, BARCELONA.....	58
5.2 ALGORITMO DE LA FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL .....	60
5.3 ALGORTIMO MINIPIERS.....	62

5.4 ALGORITMO FULLPIERS .....	64
<b>6 DISEÑO DE LA PÁGINA.....</b>	<b>69</b>
6.1 DISPOSICIÓN DE LA PÁGINA .....	71
6.2 ALERTAS DE VARIABLES .....	72
6.3 VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	73
<b>7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
7.1 INTRODUCCIÓN .....	77
7.2 CONCLUSIONES.....	78
7.3 LÍNEAS FUTURAS.....	80
<b>8 PRESUPUESTO.....</b>	<b>83</b>
8.1 COSTES EN RECURSOS HUMANOS.....	83
8.2 COSTES EN HARDWARE .....	84
8.3 COSTES EN RECURSOS SOFTWARE .....	85
8.4 COSTE TOTAL.....	86
<b>9 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>95</b>





# *ÍNDICE DE FIGURAS*

Ilustración 1. Interfaz de la calculadora de la Fundación de Medicina Fetal. ....	31
Ilustración 2. Interfaz de la calculadora de la Fetal Ultrasound Center. ....	33
Ilustración 3. Interfaz del Hospital Vall d’Hebron,Barcelona.....	36
Ilustración 4. Interfaz de la fundación de Medicina Fetal de Barcelona. ....	37
Ilustración 5. Interfaz de la calculadora de BUC modelo miniPIERS.....	40
Ilustración 6. Interfaz de la calculadora de BUC modelo miniPIERS.....	41
Ilustración 7. Interfaz principal de la página web.....	69
Ilustración 8. Interfaz principal de la página web.....	70
Ilustración 9. Interfaz de la página web. ....	71
Ilustración 10. Interfaz principal de la página web.....	72
Ilustración 11. Resultados de la calculadora. ....	73
Ilustración 12. Riesgo alto de desarrollo de preeclampsia.....	74



# ***ÍNDICE DE TABLAS***

Tabla 1. Criterios de preeclampsia grave.	- 21 -
Tabla 2. Costes en recursos humanos.	- 77 -
Tabla 3. Costes en hardware.	- 78 -
Tabla 4. Costes en software.	- 79 -
Tabla 5. Coste total.	- 80 -



# INTRODUCCIÓN

---



# 1 INTRODUCCIÓN

En el inicio de este primer capítulo, nos embarcaremos en una presentación general del proyecto. Empezaremos con una breve introducción, donde mencionaremos los acontecimientos previos que han motivado la creación de este trabajo. Posteriormente, examinaremos con detalle los objetivos que nos proponemos lograr. Por último, describiremos la disposición y organización de la memoria, delineando su estructura.

## 1.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La preeclampsia es una enfermedad multisistémica que puede aparecer durante el embarazo, se caracteriza por aumentar la presión arterial, aunque es más grave que la hipertensión, ya que afecta también a los riñones, pudiendo hacer perder proteínas a través de la orina, puede dar lugar a convulsiones, accidente cardiovascular o sangrado en el hígado, incluso existe riesgo de llegar a tener un bebé mortinato. Es por esto por lo que es considerada una afección grave [1].

No hay una cifra exacta de cuántas mujeres sufren esta condición, pero algunos expertos y profesionales de la salud estiman que la preeclampsia afecta a alrededor del 7% de los embarazos a nivel mundial, aunque esta cifra es mayor en entornos socioeconómicos más desfavorecidos y en algunos países en donde las enfermedades cardiovasculares son más comunes. Aunque estas cifras no parecen muy altas cabe destacar que la preeclampsia es una de las principales causas morbilidad materna y perinatal, causando más de 50.000 muertes maternas en todo el mundo. En España, es la segunda causa de muerte materna [2].

Es de vital importancia hacer un seguimiento de la presión arterial durante el embarazo, para detectar los primeros signos de preeclampsia. Se trata de una patología progresiva, es decir, se pueden tratar los síntomas y signos clínicos, lo que no impide la evolución de la enfermedad. Si se detecta en las primeras etapas, es posible que se pueda controlar con medicamentos o cambios en el estilo de vida de la madre [3].

Gracias al avance de las tecnologías y el conocimiento, ahora es posible realizar una prueba de preeclampsia para predecir el riesgo que tiene una embarazada de desarrollar

esta patología. Esta prueba es conocida como el cribado de preeclampsia y hace referencia a un cálculo matemático que tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Información de la madre: esto incluye antecedentes maternos, el número de partos que ha tenido después de las 20 semanas, edad, peso, talla y tensión arterial.
- Parámetros bioquímicos: PLGF (Placental growth factor), es una molécula clave en la predicción y diagnóstico de la preeclampsia durante el embarazo [15], y PAPP-A (Pregnancy associated plasma protein-A) es una proteína producida por la placenta que sirve como marcador para saber si la mujer tiene una placenta sana, se usa como marcador del embarazo alrededor de las 11 a 14 semanas [16].
- Parámetros ecográficos: medida del embrión e índice de pulsatilidad de las arterias uterinas.

Gracias a estos parámetros, que se incluirán en la calculadora, se podrá predecir la preeclampsia con una fiabilidad del 89%.

Las calculadoras de riesgo de preeclampsia hacen uso de los algoritmos creados para las pruebas de cribado de preeclampsia. La primera de ellas fue desarrollada en el año 2011 por investigadores de la organización King's College de Londres, desde entonces varios hospitales y organizaciones centradas en la salud han desarrollado más calculadoras web de este tipo para mejorar la salud de las mujeres embarazadas.

## **1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

El objetivo de este trabajo de fin de grado es desarrollar una calculadora de riesgo de desarrollo de preeclampsia basada en datos clínicos y biomarcadores y evaluar su precisión y utilidad clínica. Se espera que esta herramienta pueda mejorar la detección temprana de la preeclampsia y la toma de decisiones clínicas informadas, lo que podría tener un impacto positivo en la salud materna y fetal. Para poder utilizar esta calculadora se implantará en una página web, de esta manera no se necesitará pensar en los problemas



de compatibilidad que podría traer la implementación en una aplicación móvil, además de que una página web consumirá menos recursos.

Para la realización de este proyecto necesitaremos crear una interfaz de usuario en la ya creada página web “CALCULADORA DE CRECIMIENTO FETAL” del hospital Gregorio Marañón, que es una herramienta para poder hacer estudios del feto como: estudios biométricos y hemodinámicos, estudios de huesos, datación por biometría...

Además de la interfaz, también necesitaremos más de un algoritmo en el que se tendrán en cuenta los parámetros que ya hemos comentado para poder obtener un resultado de las probabilidades que tendrá la madre de desarrollar preeclampsia durante el embarazo.

Se tendrán en cuenta varios algoritmos para poder ser más fiables a la hora de devolver un resultado o para que la página web sea más versátil, de esta manera podemos tener un algoritmo para cuando tengamos varios parámetros de la madre incluyendo análisis de sangre y bioquímicos y otro para cuando estemos en regiones con menos recursos o en situaciones en las que estemos a contratiempo y no se pueda o no se tenga el tiempo para esperar por unos análisis de laboratorio.

## 1.3 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

A continuación, veremos los puntos principales sobre cómo hemos estructurado la memoria:

### 1. Introducción.

En la introducción inicial del proyecto, se brinda una visión general del mismo, abordando las razones y el contexto que han impulsado su desarrollo, y se establecen los objetivos que se pretenden lograr.

### 2. Tensión durante el embarazo.

Durante este capítulo se hablará de la necesidad de páginas web que calculen el riesgo de desarrollar preeclampsia durante el embarazo y los posibles riesgos de no hacerlo.

### 3. Calculadoras de riesgo de preeclampsia existentes.

Descripción de calculadoras públicas utilizadas actualmente por centros hospitalarios y universidades, analizando sus interfaces y tecnologías webs.

### 4. Recursos y tecnologías utilizadas.

En este capítulo hablaremos de las tecnologías elegidas para la creación de la página web para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón, esto incluye lenguajes de programación, editores de código

### 5. Algoritmos de medición de riesgo de preeclampsia.

Se explica por qué vamos a elegir más de un modelo de medición del desarrollo de riesgo de PE y se da una descripción de cada uno de ellos.

### 6. Diseño de la página web.

Se hablará de los detalles técnicos de la página web y se darán unas instrucciones breves de como deber utilizada.

## **7. Conclusiones.**

Se lleva a cabo un análisis exhaustivo de las conclusiones alcanzadas al finalizar el proyecto, evaluando el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos.

## **8. Presupuesto.**

Análisis del presupuesto que se necesitaría para llevar a cabo este proyecto por un ingeniero a tiempo completo.

## **9. Bibliografía.**

En la sección de referencias bibliográficas, se incluirá una lista detallada de los recursos utilizados en el desarrollo del proyecto, abarcando tanto libros como páginas web que han sido consultados.



# **TENSIÓN ARTERIAL DURANTE EL EMABARAZO**

---



## 2 TENSIÓN ARTERIAL DURANTE EL EMBARAZO

### 2.1 IMPORTANCIA DE CONTROLAR LA TENSIÓN DURANTE EL EMBARAZO

La preeclampsia puede ser clasificada como leve, en el 75% de los casos, o grave, en el otro 25% restante, de acuerdo con los hallazgos clínicos (Tabla 1). Es importante mencionar que la diferencia entre preeclampsia leve o grave no sugiere la existencia de dos enfermedades diferentes, ambas pueden evolucionar a insuficiencia multiorgánica e incluso a la muerte [4]. Además, la preeclampsia también puede dar lugar a complicaciones importantes como la eclampsia y el síndrome HELLP, que se mencionarán brevemente en este trabajo.

Presión arterial sistólica igual o mayor de 160 mmHg o presión arterial diastólica igual o mayor de 110 mmHg. en dos tomas separadas por o horas, mientras la paciente permanece en reposo.
Proteinuria de 24horas igual o mayor de 5 g o igual o mayor de 3+ en dos muestras de orina tomadas al azar y separadas por 4 horas. Oliguria menor de 500 ml en 24 horas Importante edema facial. de las manos o de los pies de comienzo súbito
Cefalea intensa y persistente Visión borrosa, diplopía, o manchas flotantes Hiperreflexia, con reflejos tendinosos rápidos y enérgicos
Edema pulmonar o cianosis
Dolor epigástrico o del hipocondrio derecho de reciente comienzo y persistente Enzimas hepáticas elevadas (alanina aminotransferasa, aspartato aminotransferasa, o ambas) Vómitos
Trombocitopenia (<100.000/mm <sup>3</sup> ) Evidencia de anemia hemolítica microangiopática
Retraso del crecimiento intrauterino Sufrimiento fetal

Tabla 1. Criterios de preeclampsia grave.

## 2.2 ECLAMPSIA

La eclampsia se define por la presencia de actividad convulsiva no relacionada con epilepsia o afecciones cerebrales existentes, con coma o sin él, en una paciente obstétrica [5]. Se calcula que aproximadamente el 2% de las embarazadas con preeclampsia presentan eclampsia. Aunque es una forma grave de preeclampsia, en la práctica clínica se sabe que puede surgir en alrededor de un tercio de los pacientes, sin efectos previos de preeclampsia, aunque en el resto de los casos se puede detectar gracias a un seguimiento de la mujer embarazada. En los países desarrollados la eclampsia afecta a 1 de cada 2000 embarazos. El comienzo de la eclampsia puede ser anteparto o intraparto (60%), o posparto (40%) [6],[7],[8].

La mayoría de los casos de eclampsia se presentan en el tercer trimestre de la gestación o dentro de las primeras 48 horas después del parto. En raras ocasiones se ha informado de casos previos a las 20 semanas de embarazo o luego de las 48 horas posparto y hasta el día 23 del puerperio (período que empieza desde el momento inmediatamente posterior al parto hasta los 35-40 días) [9], [10].



## 2.3 SÍNDROME HELLP

El síndrome HELLP es una variante inusual de la preeclampsia grave o eclampsia, que representa un desafío diagnóstico y terapéutico para los médicos. Esta peligrosa enfermedad se caracteriza por diferentes grados de disfunción hepática, anemia hemolítica microangiopática y trombocitopenia. Al igual que la preeclampsia grave, el síndrome HELLP se relaciona con un mayor riesgo de complicaciones graves, como ruptura placentaria, insuficiencia renal, hematoma subcapsular hepático, preeclampsia recurrente, parto prematuro e incluso muerte fetal o materna.

Se define como un grupo de síntomas que presentan las mujeres embarazadas que padecen:

- (H de "hemolysis" en inglés): hemólisis, descomposición de glóbulos rojos.
- (EL de "elevated liver enzymes" en inglés): enzimas hepáticas elevadas.
- (LP de "low platelets" en inglés): plaquetas bajas

## 2.4 CONTEO DE PLAQUETAS BAJO

Es una variante de presentación de la preeclampsia grave. Se estima que dos tercios de los casos del síndrome HELLP se diagnostican antes del parto y el tercio restante de las pacientes se reconocen en el posparto. La mayoría de las mujeres que reciben el diagnóstico de síndrome HELLP durante el embarazo son detectadas entre las semanas 27 y 37 de gestación. Por lo tanto, el síndrome HELLP identificado antes del parto es una complicación del embarazo que suele provocar partos prematuros al comienzo del proceso de la enfermedad [11], [12].

Dependiendo de la población estudiada y de los criterios utilizados para establecer el diagnóstico, la tasa de incidencia del síndrome HELLP en mujeres con preeclampsia grave y eclampsia varía entre el 2% y el 30%. El síndrome HELLP afecta principalmente a mujeres embarazadas mayores, lo que contrasta con la asociación más general entre la preeclampsia y mujeres jóvenes que nunca han dado a luz. Esta enfermedad suele presentarse en mujeres multíparas de origen caucásico mayores de 25 años, y es la causa más frecuente de enfermedad hepática grave en mujeres embarazadas [11], [13].

## **CALCULADORAS DE RIESGO DE PREECLAMPSIA EXISTENTES**

---



### **3 CALCULADORAS DE RIESGO DE PREECLAMPSIA EXISTENTES**

En la actualidad, existen varias calculadoras de riesgo de preeclampsia que están disponibles para su uso en diferentes entornos clínicos. Estas calculadoras han sido diseñadas para predecir el riesgo de preeclampsia en mujeres embarazadas utilizando una serie de factores de riesgo. Estos factores, a los que llamaremos parámetros, no son los mismos para todas las calculadoras, ya que se debe tener en cuenta que cada calculadora está diseñada para la población de una región en concreto, entre más grande sea la región para la que está pensada la calculadora, menos precisa será y podremos encontrarnos con un porcentaje elevado de falsos positivos o de casos que si son positivos, pero que no podremos diagnosticar por falta de precisión.

A continuación, se describen algunas de las calculadoras de riesgo de preeclampsia más comunes que se utilizan en la práctica clínica actual.

### 3.1 FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL

La calculadora del desarrollo de riesgo de preeclampsia de la Fundación de Medicina Fetal (FMF) es una herramienta en línea que permite a los médicos y profesionales de la salud calcular el riesgo de preeclampsia en mujeres embarazadas., esta calculadora fue creada en 2019 y se lanzó gratuitamente en octubre de ese mismo año.

La calculadora utiliza varios factores para predecir el riesgo de desarrollo de preeclampsia, como la edad materna, la raza, el índice de masa corporal, el historial médico previo de preeclampsia y la duración del embarazo. La herramienta también tiene en cuenta si la paciente está esperando gemelos o más, ya que esto aumenta el riesgo de desarrollar preeclampsia.

Esta aplicación utiliza el teorema de Bayes para combinar el riesgo previo de los factores maternos y el historial médico con los resultados de varias mediciones biofísicas y bioquímicas para estimar el riesgo posterior de preeclampsia, sin embargo, también puede obtener los riesgos de preeclampsia basándose solo en los factores maternos y en combinación con cualquiera de los biomarcadores.

Please record the following information and then press Calculate.

<b>Pregnancy type</b>	
Singleton or twins	<input type="text"/>
<b>Pregnancy dating</b>	
Fetal crown-rump length	<input type="text"/> mm (45-84 mm)
Examination date	<input type="text"/> dd-mm-yyyy
<b>Maternal characteristics</b>	
Date of birth	<input type="text"/> dd-mm-yyyy
Height	<input type="text"/> cm <input type="text"/> ft <input type="text"/> in
Weight	<input type="text"/> kg <input type="text"/> lbs
Racial origin	<input type="text"/>
Smoking during pregnancy	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Mother of the patient had PE	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Conception method	<input type="text"/>
<b>Medical history</b>	
Chronic hypertension	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Diabetes type I	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Diabetes type II	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Systemic lupus erythematosus	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
Anti-phospholipid syndrome	<input type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No
<b>Obstetric history</b>	
<input type="radio"/> Nulliparous (no previous pregnancies at $\geq 24$ weeks)	
<input type="radio"/> Parous (at least one pregnancy at $\geq 24$ weeks)	
<b>Biophysical measurements</b>	
Mean arterial pressure <sup>i</sup>	<input type="text"/> mmHg <input type="button" value="⌨"/>
Mean uterine artery PI <sup>i</sup>	<input type="text"/> <input type="button" value="⌨"/>
Date of measurement	<input type="text"/> dd-mm-yyyy
<b>Biochemical measurements</b>	
Includes serum PLGF	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> MoM <input type="radio"/> Raw data
Includes serum PAPP-A	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> MoM <input type="radio"/> Raw data

Ilustración 1. Interfaz de la calculadora de la Fundación de Medicina Fetal.

Como podemos ver en la ilustración 1 los factores de riesgo materno que se incluyen en la ecuación son: edad materna, presión arterial sistólica, índice de masa corporal (IMC), historial de preeclampsia previa y uso de aspirina en la gestación actual. Los factores de riesgo fetales que se utilizan son: longitud cráneo-nalgas del feto y presencia de flujo diastólico reverso en la arteria uterina, además, también podemos añadir factores biofísicos y bioquímicos como la media de la presión arterial o el factor de crecimiento placentario (PLGF).

Es importante tener en cuenta que la calculadora de preeclampsia de BMFMS no es infalible y que algunos casos de preeclampsia pueden no ser detectados por la herramienta. Los profesionales de la salud deben seguir observando a las mujeres embarazadas en busca de signos y síntomas de preeclampsia y tomar medidas adicionales si es necesario.

Gracias a la herramienta de desarrollador de Google Chrome podemos saber el lenguaje de programación y las APIs que se han utilizado para la creación de esta página web, esto nos servirá de ayuda para saber cuáles usar en la creación de calculadora web para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Como lenguajes de programación se han utilizado HTML5 y JavaScript, en cuanto a las librerías tenemos jQuery, que es una librería que simplifica los documentos HTML, el manejo de eventos, la animación y la interacción AJAX. Se ha usado Bootstrap como framework, una elección versátil, ya que permite crear páginas webs que se adaptan a distintos dispositivos y tamaños de pantalla.

En cuanto a la ecuación completa del algoritmo de predicción de riesgo preeclampsia del primer trimestre de la FMF que se ha utilizado no está disponible públicamente, ya que es propiedad de la fundación. Sin embargo, el uso de la calculadora está abierto para cualquier persona desde su página web.



## 3.2 FETAL ULTRASOUND CENTER, TALLÍN

Este centro médico se encuentra en Tallin, Estonia y se especializa en la realización de ecografías obstétricas para monitorear la salud fetal durante el embarazo. El centro cuenta con un equipo de profesionales capacitados en el área de la obstetricia y la ginecología, así como con tecnología de vanguardia en equipos de ultrasonido y monitoreo fetal.

Entre los servicios que ofrece Fetal Ultrasound Center se encuentran la realización de ecografías de alta resolución, la monitorización de la frecuencia cardíaca fetal, la evaluación del crecimiento fetal y el monitoreo del flujo sanguíneo fetal. Además, también tienen una calculadora de riesgo de preeclampsia en su página principal. El algoritmo utilizado en esta calculadora no está especificado y no se muestra documentación que pruebe la fiabilidad de este algoritmo.

Date of birth *	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Pregnancy size *	<input type="text"/> <input type="text"/> <small>Use the pregnancy calculator for finding the length of pregnancy.</small>
Number of deliveries after the 22nd gestational week *	<input type="text"/>
Body weight *	<input type="text"/> <small>Body weight during conception</small>
Height *	<input type="text"/>
Preeclampsia during the previous pregnancy *	<input type="text"/>
Antepartum hypertension during the previous pregnancy *	<input type="text"/>
Chronic kidney disease *	<input type="text"/>
Hypertension *	<input type="text"/>
Diabetes *	<input type="text"/>
Systemic lupus erythromotic *	<input type="text"/>
Antiphospholipid syndrome *	<input type="text"/>
Presence of preeclampsia in relatives *	<input type="text"/>

Ilustración 2. Interfaz de la calculadora de la Fetal Ultrasound Center.

Para utilizar esta calculadora debemos ingresar ciertos parámetros del embarazo: edad gestacional, número de embarazos previos, número de abortos espontáneos y número de

embarazos múltiples. También tenemos que ingresar datos sobre la madre: su edad, índice de masa corporal (ICM) y presión arterial antes del embarazo.

Esta calculadora también solicita información relacionada con resultados de ciertas pruebas de laboratorio, como los niveles de proteína en la orina y la concentración sérica de la proteína plasmática A asociada con el embarazo (PAPP-A). Una vez introducidos todos los datos, se presenta un resultado, que hace referencia al porcentaje de riesgo de desarrollo de preeclampsia, para la creación de la página se utilizó JavaScript, HTML y CSS

Este centro médico no tiene su algoritmo para calcular el riesgo de desarrollo de preeclampsia público y tampoco tiene mucha información sobre los estudios clínicos en los que se ha basado. Sin embargo, se menciona la prueba OSCAR (One Stop Clinic for Assessment of Risk for fetal anomalies). Esta prueba combina una serie de análisis de sangre y ecografías para determinar el riesgo de desarrollar preeclampsia. Estos análisis miden los niveles de ciertas hormonas y proteínas en la sangre de la madre y evalúan el flujo sanguíneo en la arteria uterina. La ecografía también se utiliza para medir el grosor del pliegue nucal del feto, que puede ser un indicador temprano de problemas de salud.

### 3.3 HOSPITAL VALL D'HEBRON, BARCELONA

El departamento de obstetricia del Hospital Universitario Vall d'Hebron en Barcelona, se dedica a la investigación clínica y biomédica de enfermedades específicas, como las enfermedades cardiovasculares y las relacionadas con el cáncer y su departamento de obstetricia y ginecología se enfoca en el cuidado de las mujeres embarazadas y el parto, además de realizar estudios para evitar el desarrollo de enfermedades o complicaciones durante el embarazo. El Vall d'Hebron es uno de los hospitales de referencia en España en el campo de la obstetricia, y su departamento de obstetricia ha recibido numerosos reconocimientos y premios por su excelencia en el cuidado de mujeres embarazadas y sus bebés. Además, el hospital ha sido líder en investigación en obstetricia, con una amplia gama de estudios clínicos y de investigación en curso para mejorar la atención obstétrica y neonatal.

La calculadora de este hospital está disponible en inglés, español y catalán. Para calcular el riesgo de preeclampsia de la mujer embarazada se tiene que introducir información sobre su edad, raza, historial médico y datos de embarazo.

El algoritmo utilizado en esta calculadora no está especificado en su sitio web. Sin embargo, la calculadora se basa en un modelo de predicción de preeclampsia desarrollado por investigadores de la Universidad de Oxford, Reino Unido, que fue publicado en la revista médica The Lancet.

El estudio describió la creación y validación de un modelo de predicción de preeclampsia que combina datos clínicos y biométricos de la madre en el primer trimestre de embarazo, como la edad materna, la presión arterial, la presencia de diabetes, la raza, el índice de masa corporal y la historia de preeclampsia previa, junto con los valores de la proteína plasmática A asociada al embarazo (PAPP-A) y la fracción libre de la subunidad beta de la gonadotropina coriónica humana ( $\beta$ -hCG), parámetros que podemos ver en la siguiente imagen de la interfaz de la calculadora:

## Pregnancy risk assessment calculator

Preeclampsia screening [Early growth restriction](#)

### Screening for early-onset preeclampsia

**Blood sample**

PAPP-A  Not available  MoM  Raw value

PAPP-A, MoM

PIGF  Not available  MoM  Raw value

**Maternal examination**

Mean Arterial Blood Pressure  Not available  MoM  Raw value

Uterine Arteries Doppler  Not available  MoM  Raw value

**Maternal characteristics**

Ethnicity

Check all that apply: Yes / No

Nulliparous  Yes  No

Maternal age over 40 years  Yes  No

Previous preeclampsia  Yes  No

Chronic hypertension  Yes  No

Smoker  Yes  No

Diabetes  Yes  No

ART with hormonal stimulation  Yes  No

**Result**

Early-onset preeclampsia risk

Calculate

Ilustración 3. Interfaz del Hospital Vall d'Hebron, Barcelona

Este modelo de predicción se considera una herramienta útil para ayudar a identificar a las mujeres que tienen un mayor riesgo de desarrollar preeclampsia durante el embarazo. La calculadora de Vall d'Hebron utiliza una versión adaptada de este modelo de predicción para calcular el riesgo individual de preeclampsia de las mujeres embarazadas.

### 3.4 FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL DE BARCELONA

**fetal iD**

Calculadora v2021 en español

Gestational	<b>Preeclampsia 1T</b>
Hernia	Anemia
Doppler	Fetal Growth
Monochorionic Twins	References

### Preeclampsia 1T

#### Epidemiologic data

Parity:

Previous PE:

Hypertension:

Renal disease:

Coagulopathy:

Diabetes:

Ethnic group:

#### Biometric data

Age (years):

Height (cm):

Weight (kg):

#### First Trimester Data

CRL(mm):

PAPP-A(MoMs):

Systolic BP (mmHg):

Diastolic BP (mmHg):

IPmAU:

**Calculate**

Risk early PE:

Ilustración 4. Interfaz de la fundación de Medicina Fetal de Barcelona.

Esta organización sin ánimo de lucro se dedica a la investigación y a la atención clínica. Fue fundada en 2004 por el doctor Kypros Nicolaides, referente mundial en medicina fetal y, en particular, en el uso de la ecografía para el diagnóstico prenatal.

La calculadora de riesgo de preeclampsia de la FMF utiliza toda esta información para estimar el riesgo de una mujer de desarrollar preeclampsia durante el embarazo. El resultado se presenta como un porcentaje, y se utiliza para ayudar a los médicos a determinar qué mujeres necesitan una monitorización y un tratamiento más cercanos.

La página web tiene un formato que está pensado para ser usado en móviles, pero aun así se puede usar sin problemas en ordenadores.

Para obtener el porcentaje de riesgo de desarrollo de preeclampsia hace falta introducir una serie de datos: especificar si la mujer ya ha tenido más partos, si ha tenido preeclampsia en los anteriores partos, si sufre de hipertensión, su grupo étnico, etc. Además, también tenemos que introducir datos biométricos: altura, peso y edad de la mujer embarazada y del primer trimestre de embarazo: los niveles de dos proteínas en la sangre materna: la proteína plasmática A asociada al embarazo (PAPP-A) y la fracción libre del beta-hCG (bhCG) y el grosor de la translucencia nucal fetal (NT).

Este proyecto ha sido objeto de numerosos estudios y ha demostrado ser altamente efectivo en la prevención de la preeclampsia. Por ejemplo, un estudio multicéntrico en el Reino Unido demostró que el uso de la calculadora de riesgo de preeclampsia de la FMF redujo la incidencia de preeclampsia severa en un 62%, y redujo la tasa de partos prematuros en un 20%.

## **3.5 UNIVERSIDAD DE BRITISH COLUMBIA**

### **3.5.1 MODELO MINIPIERS**

Las instituciones, University of British Columbia en Canadá, University of Oxford en Reino Unido, University of Nairobi en Kenia, University of Dar es Salaam en Tanzania y University of Cape Town en Sudáfrica, instituciones académicas de renombre internacional.

La necesidad de crear los algoritmos MiniPiers o el FullPiers entre estas universidades surge debido a la importancia de abordar la preeclampsia, una complicación médica potencialmente grave durante el embarazo.

Este algoritmo combina datos clínicos y biomarcadores para calcular el riesgo individual de una mujer de desarrollar preeclampsia. Al colaborar y combinar el conocimiento y la experiencia de estas destacadas instituciones, se puede lograr una comprensión más completa de los factores de riesgo y desarrollar herramientas más precisas para la predicción y el manejo de la preeclampsia.

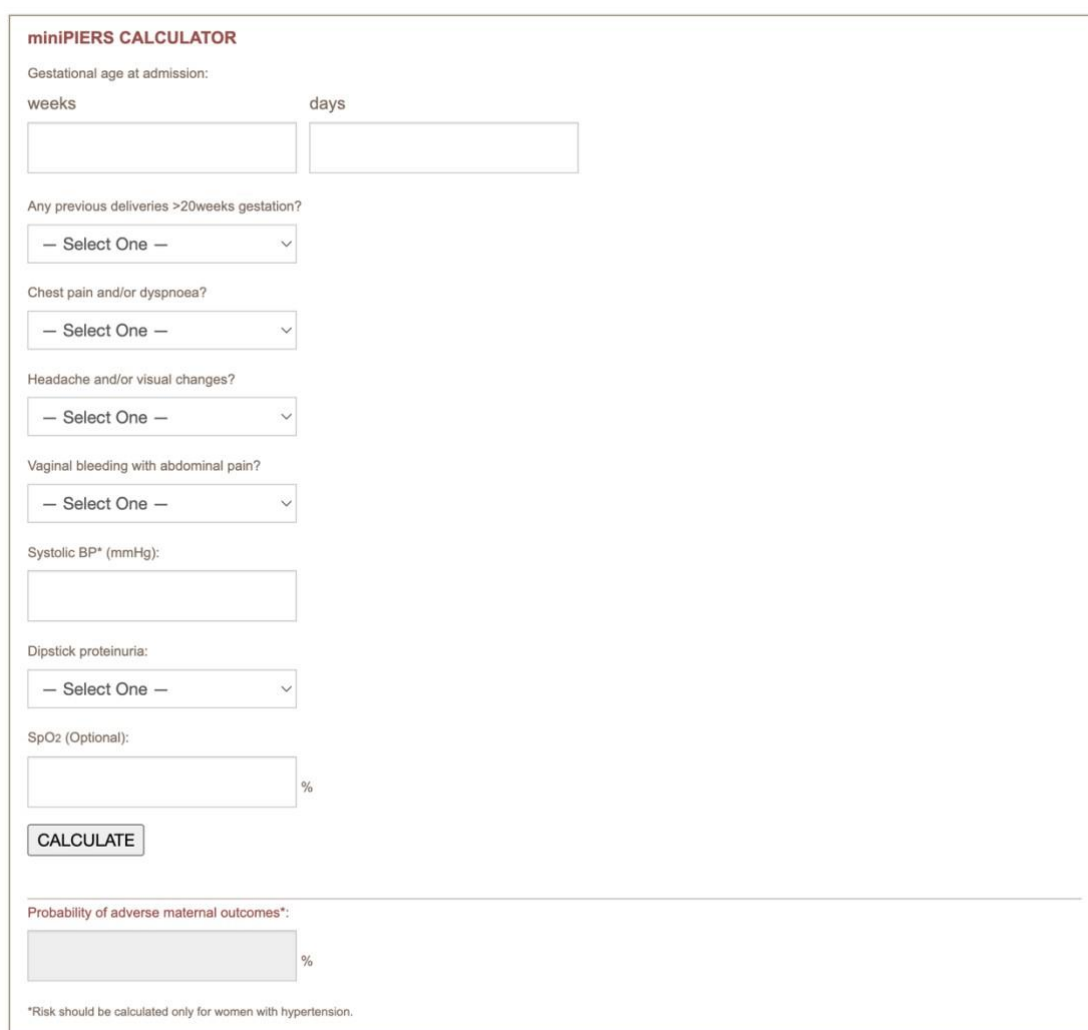
Al ser un producto que ha surgido entre la colaboración de varias universidades ubicadas en partes totalmente distintas del mundo se ha conseguido desarrollar un modelo que no está basado en la etnia de la mujer y que tiene en cuenta otros factores. Aunque su precisión sea menor este modelo se puede ajustar a medida que se van llevando a cabo más estudios sobre el mismo.

Los parámetros que utiliza este algoritmo no tienen en cuenta los datos biométricos de la madre como lo son la altura, el peso o la raza. Si se tiene en cuenta la edad gestacional (en semanas) como en todas las demás calculadoras y además se añaden otros parámetros que garantizan la precisión y eficacia de la calculadora como el oxígeno en sangre de la madre, el número de plaquetas en sangre, el nivel de creatinina en sangre.

Este modelo está pensado para ser utilizado por centros hospitalarios y universidades alrededor del mundo, para mediciones que no necesitan tanta precisión como las calculadoras mencionadas anteriormente, pero que en algunas situaciones es igual o más importante, ya que en algunas circunstancias no se conoce con certeza la etnia de la madre o no se puede esperar por todos los análisis de sangre y bioquímicos que sí que se necesitan para los modelos anteriores.

La página web utiliza HTML y JavaScript como principales lenguajes de programación.

## miniPIERS



The image shows a web-based calculator interface titled "miniPIERS CALCULATOR". It contains several input fields and dropdown menus for data entry. The fields are: "Gestational age at admission:" with sub-fields for "weeks" and "days"; "Any previous deliveries >20weeks gestation?" with a dropdown menu; "Chest pain and/or dyspnoea?" with a dropdown menu; "Headache and/or visual changes?" with a dropdown menu; "Vaginal bleeding with abdominal pain?" with a dropdown menu; "Systolic BP\* (mmHg):" with a text input field; "Dipstick proteinuria:" with a dropdown menu; "SpO2 (Optional):" with a text input field followed by a "%" symbol. Below these fields is a "CALCULATE" button. At the bottom, there is a section for "Probability of adverse maternal outcomes\*" with a shaded rectangular area and a "%" symbol. A small footnote at the bottom left states: "\*Risk should be calculated only for women with hypertension."

Ilustración 5. Interfaz de la calculadora de BUC modelo miniPIERS.



### 3.5.2 MODELO FULLPIERS

Como con el anterior modelo, el miniPIERS, este también está pensado para situaciones en las que se necesite una evaluación rápida del posible desarrollo de riesgo de PE, aunque sea menos preciso que otros que hacen uso de más parámetros.

Este modelo se desarrolló gracias a un equipo de investigadores de distintas universidades: University of British Columbia (Canadá), University of Oxford (Reino Unido), University of Nairobi, Kenya University of Dar es Salaam, Tanzania University of Cape Town, South Africa, King's College London, UK, Imperial College London, UK.

Se concluyó que este modelo era altamente preciso para identificar a las mujeres en riesgo de desarrollar preeclampsia. El modelo fue capaz de identificar a las mujeres de riesgo alto hasta en un 82% de las veces.

#### fullPIERS

**fullPIERS CALCULATOR**

Gestational age (at delivery, if *de novo* postpartum pre-eclampsia) :

weeks      days

Did the patient have chest pain or dyspnoea?

~Select One~

SpO<sub>2</sub>\* (use 97% if unknown):

Platelets (x10<sup>9</sup>/L):

Creatinine (µmol/L):

Switch To Imperial Units

AST/ALT (U/L):

CALCULATE

Probability of adverse maternal outcomes:

Ilustración 6. Interfaz de la calculadora de BUC modelo miniPIERS.



## **RECURSOS Y TECNOLOGÍAS UTILIZADOS**

---



## 4 RECURSOS Y TECNOLOGÍAS UTILIZADOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

Para la realización de este trabajo he usado mi ordenador personal, que cuenta con un procesador Intel Core i5-7200U, es un procesador de dos núcleos que funciona a una velocidad base de 2,5 GHz y una velocidad turbo máxima de 3,1 GHz. La memoria RAM del ordenador es de 12 GB y funciona a una velocidad de 2133 MHz DDR4.

### 4.2 DESCRIPCION DEL SOFTWARE UTILIZADO

#### 4.2.1 EDITOR DE CÓDIGO

Para la creación de la página web calculadora necesitaremos un editor de código capaz de manejar HTML, CSS, JavaScript y Bootstrap. Los editores de código son herramientas que permiten a un desarrollador editar código fuente de los programas, este puede ser una aplicación individual o estar incluido en un entorno de desarrollo integrado o IDE. Hay numerosos editores que cuentan con una comunidad de desarrolladores importantes, esto es importante tenerlo en cuenta para poder acceder a la mayor variedad de extensiones que nos faciliten la programación. Estos son algunos de los editores de código más populares que existen en la actualidad:

- **Visual Studio Code:** es uno de los editores de código más populares y utilizados en la actualidad, desarrollado por Microsoft. En este editor de código podremos usar lenguajes como: JavaScript, C#, C++, PHP, Java, HTML, R, CSS, SQL, Markdown, TypeScript, LESS, SASS, JSON, XML y Python.

Ofrece una amplia gama de características y es altamente personalizable. Es compatible con varios lenguajes de programación y cuenta con una gran comunidad de desarrolladores.

Tenemos funciones comunes de editores de código, con utilidades de búsqueda, sustitución, atajos de teclado. Permite múltiples vistas, autoguardado y muchas utilidades más. Además, es posible la inclusión de expresiones regulares, etc.

También contamos IntelliSense, que es un auxiliar de finalización de código para autocompletar líneas de código. Estas características permiten obtener más información sobre el código que usa, realizar el seguimiento de los parámetros que escribe y agregar llamadas a propiedades y a métodos con tan solo presionar unas teclas, además a esta herramienta también se le pueden añadir extensiones para enriquecer las funciones ya mencionadas.

- **Atom:** es otro editor de código gratuito y de código abierto. Fue desarrollado por GitHub, eso hace que el sistema esté muy bien integrado con esta plataforma y que nuestros proyectos se sincronicen con Git de manera automática. Cuenta con una gran cantidad de complementos y paquetes. Atom es altamente personalizable y se puede utilizar para desarrollar una amplia gama de aplicaciones.

Soporta los siguientes lenguajes: HTML, CSS, Less, Sass, GitHub, C/C++, C#, Va, Java, Objetivo-C, Javascript, JSON, CoffeeScript, Python, PHP, Ruby, Shell Script, Clojure, Perl, Git, Property List(Apple), TOML, XML, YAML, Mustache, Julia & SQL.

Una de las principales desventajas que nos encontramos al usar este lenguaje de programación es que su rendimiento es bajo comparado con la competencia, esto hace referencia al tiempo de espera al abrir un archivo o al navegar entre páginas.

- **Sublime Text:** es un editor de código abierto, popular y altamente personalizable que ofrece una interfaz fácil de usar, está escrito en C++ y Python para los plugin. Inicialmente fue desarrollado como una extensión de Vim. Sirve para cualquier sistema operativo (Windows, OS X y Linux).

Ofrece una gran cantidad de características y plugins, lo que lo hace ideal para desarrollar aplicaciones en diferentes lenguajes de programación, entre los

lenguajes que soporta tenemos: C, C++, C#, CSS, D, Erlang, Groovy, Haskell, HTML, Java, JavaScript, LaTeX, Lisp, Lua, Markdown, Matlab, OCaml, Perl, PHP, Python, R, Ruby, SQL, TCL, Textile y XML.

Como ventajas tenemos una interfaz de usuario intuitiva, limpia y fácil de usar, características importantes como resaltado de sintaxis, pestañas, autocompletado, búsqueda y reemplazo... Es importante mencionar también que este editor de código es rápido y ligero, tiene buen rendimiento al trabajar con grandes proyectos.

El mayor inconveniente que encuentro para usar este editor de código es que no es gratuito, se puede descargar una versión gratuita, pero después hay que comprar una licencia para usarlo.

- **Notepad++:** es un editor de código gratuito y de código abierto para Windows. Es simple de usar y está diseñado para ser liviano y rápido. Notepad++ es compatible con varios lenguajes de programación y cuenta con una gran comunidad de desarrolladores.

Los lenguajes de programación que soporta este editor de código son: C, C ++, Java, C #, XML, HTML, PHP, JavaScript, archivo RC, makefile, nfo, doxygen, archivo ini, archivo por lotes, ASP, VB / VBS, SQL, Objective-C, CSS, Pascal, Perl, Python, Lua, Unix Shell script, Fortran, NSIS flash script.

Las principales ventajas de este editor frente a la competencia es que es muy ligero y rápido, no requiere de muchos recursos del sistema, por lo que es ideal para trabajar en ordenadores que tienen un procesador de hace varios años o memoria RAM limitada, además tiene función de resaltado de sintaxis para que sea más sencillo

En cuanto a las desventajas de este editor podemos encontrarnos con una interfaz de usuario muy básica y poco intuitiva, además no contamos con autocompletado

inteligente, una función prácticamente imprescindible para los editores de la actualidad.

- **Brackets:** es un editor de código gratuito y de código abierto desarrollado por Adobe con un enfoque principal en el desarrollo web. Brackets es altamente personalizable y se enfoca en la edición de código HTML, CSS y JavaScript, los lenguajes de programación con los que ha sido creado.

Este editor tiene una función llamada “Live Preview” que permite a los desarrolladores ver los cambios en tiempo real a medida que van editando el código de su programa. También cuenta con una gran variedad de extensiones y plugins para lenguajes de programación específicos.

Su gran enfoque en la programación web hace que tenga limitaciones al editar otro tipo de archivos, como programas de escritorio.

Para la creación de esta calculadora página web se optará por elegir Visual Code como editor de código. Creo que esta es la mejor opción de entre todos los que he mencionado anteriormente por su gran variedad de extensiones, la comunidad de usuarios con la que cuenta y también porque ya lo he usado anteriormente y es la interfaz con la que más cómodo me siento.



## 4.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Teniendo en cuenta que nuestra página web calculadora de riesgo de preeclampsia formará parte de una página ya existente del Hospital General Universitario Gregorio Marañón en la que se llevan a cabo otros cálculos, se utilizarán los mismos lenguajes de programación para ser más eficientes.

Para el desarrollo de esta página web inicial se utilizaron los lenguajes JavaScript y HTML y Bootstrap como framework, a continuación, se hablará de estas tecnologías utilizadas para la creación de la página web.

### 4.3.1 JAVASCRIPT

Este lenguaje de programación se creó en 1995, en un principio fue creado como un lenguaje de scripting para un navegador que actualmente no existe: NetScape. Con el tiempo este lenguaje ha ido evolucionando hasta convertirse en un lenguaje de programación de alto nivel interpretado y orientado a objetos. Se ha convertido en una pieza fundamental en el desarrollo web, pues la gran mayoría de páginas web hacen uso de este lenguaje.

La estructura de JavaScript se basa en una serie de componentes fundamentales que se usarán para el desarrollo de la página web del cálculo de riesgo de preeclampsia, los cuales son:

- Variables y tipos de datos

Las variables se usan para almacenar datos en JavaScript. Es una manera fácil y sencilla para relacionar nombres con valores. Las variables pueden ser de varios tipos, entre estos encontramos los tipos: String, numbers, boolean y objetos.

Usar variables y tipos de datos en JavaScript nos da ciertas ventajas como puede ser la seguridad de saber que estamos trabajando con los datos correctos en nuestro código, esto previene errores, que en otros casos tendríamos al mezclar unos tipos con otros, por ejemplo.

Además, las variables también hacen que tengamos un código mucho más fácil de leer, ya que se ve claramente que valor está siendo almacenado en cada una de las variables que estamos usando. Por último, el uso de las variables también ayuda a mejorar el rendimiento con el que se ejecuta nuestro código, pues es más sencillo optimizar el código al usar variables.

- Funciones.

Las funciones son una parte fundamental de la construcción de código en JavaScript y en prácticamente todos los lenguajes de programación. Estas permiten agrupar código en bloques y reusarlo las veces que queramos. Las funciones también pueden ser usadas para abstraer lógica compleja, haciendo que nuestro código sea más fácil de leer y comprender.

Las funciones pueden ser calificadas como “subprogramas”, que pueden ser llamadas por código externo o interno (recursión). A las funciones les podemos pasar valores (parámetros) y con estos podemos realizar una serie de operaciones para que la función nos devuelva un resultado (output) [21].

### 4.3.2 HTML

HTML son las siglas en inglés de HyperText Markup Language. Es un lenguaje de programación estándar para la creación de páginas web. Este lenguaje define la estructura de una página gracias al uso de atributos y etiquetas.

Las etiquetas son la parte principal de la construcción de los bloques de código de HTML. Se usan para definir los diferentes elementos de la página, estos pueden ser: encabezados, párrafos, listas, imágenes, enlaces... Y para complementar la información de las etiquetas usamos los atributos, por ejemplo, en una etiqueta donde tenemos el encabezado de la página podemos tener varios atributos que nos indican la fuente y el tamaño de la letra, el color, etc.

HTML es un lenguaje de programación fácil de usar, ya que tiene alrededor de unas 140 etiquetas, pero con un par de etiquetas ya se pueden crear páginas web completas. Esto mismo hace que sea un lenguaje también muy potente, pues también podemos crear páginas dinámicas e interactivas. HTML fue la base para la creación de otras tecnologías web como lo son JavaScript o CSS [22].

### 4.3.3 CSS

CSS (Cascading Style Sheet) es un lenguaje de diseño gráfico creado para describir la presentación de un documento escrito en HTML o XML.

CSS es utilizado para controlar la apariencia de páginas web, se pueden controlar todos los elementos de la apariencia como el color de fondo, la fuente y el tamaño del texto, cómo están organizados los elementos, su espaciado... Además de esto también se puede usar para crear animaciones y transiciones.

CSS es un lenguaje potente ya que controla todos los elementos gráficos de las páginas web con una gran variedad de efectos. A pesar de esto, es fácil de implementar ya que su sintaxis es muy parecida a la de HTML, así que para las personas que ya conocen HTML

no les cuesta mucho aprender CSS y para las que no lo conocen no les llevas gran dificultad.

CSS tiene una estructura sencilla que consiste en dos partes principales:

- **Selectores:** los selectores son usados para seleccionar elementos a los que queremos darle estilo. Por ejemplo, el selector “h1” seleccionara a todos los elementos “<h1>” en el documento (HTML o XML).
- **Propiedades:** las propiedades son utilizadas para controlar la apariencia de los elementos seleccionados. En un selector que ha seleccionado los elementos “h1” de la página web, con la propiedad “color” podemos cambiar el color del texto de todos los elementos seleccionados [23].

#### 4.3.4 BOOTSTRAP

Bootstrap es un framework libre y de código abierto dirigido al desarrollo front-end web. Este framework contiene plantillas escritas en JavaScript, HTML y CSS para tipografía, formas, botones y otros componentes de la interfaz de las páginas web.

Bootstrap está basado en la idea del diseño web responsivo, que significa que las páginas web deben de tener buen diseño y funcionar correctamente en todos los dispositivos que puedan acceder a ellas, portátiles, móviles, tablets...Bootstrap proporciona varias herramientas para hacer más sencilla la creación de páginas web como pueden ser:

- **Gratis y de código libre:** lo puede usar cualquier desarrollador con uso comercial y no comercial sin ningún tipo de problema.
- **Diseño responsive:** el sistema de diseño de una página que utiliza Bootstrap está basado en filas y columnas que dividen la página en una cuadrícula, haciendo que la misma se ajuste automáticamente a diferentes tamaños de pantalla y al redimensionado de las ventanas de los navegadores. Es ideal para el desarrollo de aplicaciones web para diferentes plataformas.
- **Componentes predefinidos:** lo que hace tan atractivo a Bootstrap es que ya tiene componentes predefinidos y que el usuario no debe de crearlos desde cero de una manera tradicional. Estos componentes son muy variados e incluyen botones, tablas, barras de navegación, cuestionarios... Haciendo que las páginas desarrolladas con este framework se vean mucho más profesionales y a la vez sean más fáciles de crear.
- **Fácil personalización:** al utilizar el lenguaje de programación CSS, también hereda algunas de sus características de personalización, como el poder cambiar de color, fuente y tamaño de algunos componentes

- Gran compatibilidad: es compatible con la mayoría de los navegadores del mercado como Google Chrome, Safari, Mozilla Firefox, Edge, Opera... además de soportar diferentes tamaños de pantalla y el redimensionado de páginas.
- Comunidad de usuarios grande: al ser uno de los framework más populares del momento tiene una comunidad de usuarios bastante grande que está constantemente creando nuevos recursos y tutoriales [24].

**ALGORITMOS DE MEDICIÓN DE RIESGO**  
**PREECLAMPSIA**





## 5 ALGORITMOS DE MEDICIÓN DE PREECLAMPSIA

El algoritmo de medición de riesgo de preeclampsia es una parte fundamental de nuestra página web, sin él no tendría sentido la creación de esta. Hoy en día existen numerosos modelos que son capaces de calcular este riesgo con más o menos parámetros y por tanto con una precisión variada.

Muchos de estos algoritmos está pensado para regiones o ciudades concretas, como el algoritmo desarrollado por el Hospital Vall d'Hebron, otros, están pensados para ser utilizados por regiones extensas o incluso a nivel global. Estos últimos no cuentan con tantos parámetros como los pensados para regiones más concretas y, por tanto, su precisión es menor, pero no dejan de ser útiles para ciertas situaciones en las que no se disponen de recursos para hacer los correspondientes análisis de sangre y/o bioquímicos o para cuando el personal hospitalario una medición rápida del posible riesgo de preeclampsia que está corriendo la madre. De estos algoritmos contamos con dos que son muy utilizados por centros hospitalarios y universidades de todo el mundo, los algoritmos FullPIERS y MiniPIERS.

A continuación, hablaremos de los cuatro modelos que hemos elegido para la creación de la página web para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid.

## 5.1 ALGORITMO DEL HOSPITAL VALL D'HEBRON, BARCELONA

La identificación temprana de mujeres con un mayor riesgo de preeclampsia es de suma importancia para minimizar los eventos perinatales adversos. Hasta ahora, los modelos desarrollados se ajustan demasiado a la población de derivación, lo que puede afectar su confiabilidad cuando se aplican a otras poblaciones. Se necesitan opciones que permitan la adaptación a distintas poblaciones.

El objetivo del estudio, llevado a cabo por los hospitales Vall d'Hebron y Quironsalud de Barcelona, fue evaluar el rendimiento de un modelo de distribución gaussiana multivariada en el primer trimestre que incluye características maternas y parámetros biofísicos y bioquímicos para la detección de preeclampsia de inicio temprano (<34 semanas de gestación).

El estudio se llevó a cabo unas pruebas de detección de preeclampsia de inicio temprano en una cohorte prospectiva de embarazos únicos sometidos a pruebas de rutina en el primer trimestre (de 8 semanas 0 días a 13 semanas 6 días de gestación), principalmente en 2 hospitales desde marzo de 2014 hasta septiembre de 2017. Se utilizó un modelo de distribución gaussiana multivariada que incluía características maternas (riesgo a priori), proteína plasmática asociada al embarazo en suero y factor de crecimiento placentario evaluados en 8 semanas 0 días a 13 semanas 6 días, y presión arterial media e índice de pulsatilidad de la arteria uterina medidos entre 11.0 y 13.6 semanas.

Para el cribado se examinaron un total de 7908 embarazos, de los cuales 6893 se incluyeron en el análisis. La incidencia de preeclampsia global fue del 2.3% (n = 161), mientras que la de preeclampsia de inicio temprano fue del 0.2% (n = 17). La combinación de características maternas, parámetros biofísicos y factor de crecimiento placentario mostró la mejor tasa de detección, que fue del 59% para una tasa de falsos positivos del 5% y del 94% para una tasa de falsos positivos del 10% (área bajo la curva, 0.96, intervalo de confianza del 95%, 0.94-0.98). La adición del factor de crecimiento placentario a los marcadores biofísicos mejoró significativamente la tasa de detección, del 59% al 94%.

El modelo de distribución gaussiana multivariada que incluye factores maternos, determinación temprana del factor de crecimiento placentario (de 8 semanas 0 días a 13 semanas 6) y variables biofísicas (presión arterial media e índice de pulsatilidad de la arteria uterina) entre 11 semanas 0/7 días y 13 semanas 6/7 días es una herramienta factible para el cribado de preeclampsia de inicio temprano en el entorno de atención de rutina. El rendimiento de este modelo debe compararse con modelos predictivos basados en análisis de regresión.

Los parámetros que utiliza este modelo son:

- Muestra de sangre: PAPP-A y PLGF, que incluyen valores mes a mes o los últimos valores de analíticas que se han hecho antes de las 11 semanas de edad gestacional.
- Presión arterial: incluye valores mes a mes y de la última medición de la presión arterial sistólica, diastólica y la media de estas.
- Doppler de las arterias uterinas: incluye valores mes a mes y de las últimas mediciones de IP de la uterina izquierda, derecha y una media de estas.
- Peso de la madre.
- Etnia de la madre.
- Indicadores de multiparidad, edad materna mayor a los 40 años, preeclampsia previa, hipertensión crónica, fumar, diabetes y estimulación hormonal ART.

De este modelo para el cálculo del riesgo de PE, el hospital Vall d'Hebron no ha publicado oficialmente la ecuación utilizada para el algoritmo, pero gracias a que tienen el documento JavaScript accesible podemos utilizarlo en nuestra página web [20]. Se han tenido que crear algunas funciones, para manejar matrices, ya que el JavaScript del Vall d'Hebron hace uso de algunas librerías a las que no hemos podido acceder, estos cambios se pueden ver en el documento JavaScript de la calculadora para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón.

## 5.2 ALGORITMO DE LA FUNDACIÓN DE MEDICINA FETAL

Este algoritmo utiliza el teorema de Bayes para combinar el riesgo previo basado en factores maternos y antecedentes médicos con los resultados de diversas mediciones biofísicas y bioquímicas para estimar el riesgo posterior de PE. Se pueden obtener riesgos de PE basados únicamente en factores maternos y en combinación con cualquiera de los biomarcadores que utiliza el algoritmo como parámetros.

El objetivo de la detección en esta etapa es identificar un grupo de alto riesgo para PE prematura (<37 semanas) y reducir dicho riesgo mediante el uso de aspirina (150 mg/día desde las 11-14 hasta las 36 semanas). Ensayos clínicos han demostrado que, en embarazos de alto riesgo para PE, la administración de aspirina reduce la tasa de PE temprana (<32 semanas) en aproximadamente un 90% y la PE prematura en un 60%.

La detección combinada mediante factores maternos, índice de la arteria uterina, presión arterial media y PLGF sérico puede predecir un 90% de PE temprana y un 75% de PE prematura, con una tasa de resultados positivos del 10%. La inclusión de PAPP-A no proporciona una mejora significativa a ninguna combinación de biomarcadores que incluya PLGF sérico. Debemos de tener en cuenta que esta calculadora está calibrada solo para el primer trimestre de gestación de la madre, si la edad gestacional es mayor los cálculos no serán tan precisos y tendrá una tasa de error más grande de lo esperado.

Los parámetros que utiliza el modelo de la Fundación de Medicina Fetal de Barcelona son:

- Edad de la madre.
- Altura de la madre (en centímetros).
- Peso de la madre (en kilos).
- CRL: medida utilizada para evaluar el desarrollo del feto durante el embarazo (en milímetros).
- PAPP-A: valor mes a mes
- Presión sistólica y diastólica (en mmHg).

- IPmAU
- Etnia: elegir entre europea, magrebí, asiática, sudamericana u otra.
- Indicador de paridad, PE previa, hipertensión, enfermedad renal, coagulopatía y diabetes.

## 5.3 ALGORITMO MINIPIERS

El algoritmo miniPIERS surge de la necesidad de crear una ecuación capaz de calcular el riesgo de desarrollo de preeclampsia en poblaciones extensas o para centros en los que no se dispongan de muchos recursos o se necesite un examen rápido sin necesidad de esperar por el tiempo en el que se realizan las pruebas de los análisis bioquímicos.

El principal objetivo del modelo miniPIERS era el de desarrollar y validar un modelo de predicción clínica simplificado para resultados maternos adversos entre mujeres con trastornos hipertensivos del embarazo en centros primarios de salud.

Para poder tener un tamaño de muestra grande de mujeres participantes en este algoritmo se contó con la ayuda y participación de universidades y centros médicos de todo el mundo: The Colonial War Memorial Hospital, Suva, Fiji; Mulago Hospital, Kampala, Uganda; Tygerberg Hospital, Cape Town, South Africa; Maternidade Escola de Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo, Brazil; Aga Khan University Hospital and its secondary level hospitals at Garden, Karimabad and Kharadar and Jinnah Post-graduate Medical College, Karachi, Pakistan; and Aga Khan Maternity & Child Care Centre, and Liaqat University of Medical Sciences, Hyderabad, Pakistan.

El tamaño de muestra se calculó en base a la ecuación  $N = (n \times 10) / I$  donde N es el tamaño de la muestra, n es el número de variables predictoras e I es la tasa estimada de eventos en la población.

Durante los ensayos clínicos se encontró una gran correlación ( $r > 0,5$ ) entre los síntomas de dolor de pecho y disnea, y dolor de cabeza y distorsiones visuales, por tanto, se tomó la decisión de combinar estos parámetros en un parámetro combinado.

Estos son los parámetros que se utilizan en el algoritmo:

- Edad gestacional (medida en semanas y días).
- Indicador de multiparidad (mayores de 20 semanas de gestación).
- Indicador de dolor de pecho o disnea.

- Indicador de dolor de cabeza o distorsión visual.
- Indicador de sangrado vaginal con dolor abdominal.
- Indicador de la presión sanguínea sistólica (medida en mmHg).
- Indicador de los niveles de proteína que se encuentran en sangre (existen 4 niveles distintos).
- Indicador del oxígeno en sangre (en porcentaje).

Esta es la ecuación en la que podemos ver los parámetros con sus coeficientes:

$$\begin{aligned} \text{logit}(pi) = & -5.77 + [-2.98 \times 10^{-1} \times \text{indicador de multiparidad}] + [(-1.07) \times \log \text{ edad} \\ & \text{gestaciona}] + [1.34 \times \log \text{ presión arterial sistólica}] + [(-2.18 \times 10^{-1}) \times \text{indicador 2} + \\ & \text{proteínas en la orina}] + [(4.24 \times 10^{-1}) \times \text{indicador 3} + \text{proteínas en la orina}] + [(5.12 \times 10^{-1}) \times \text{indicador 4} + \\ & \text{proteínas en la orina}] + [1.18 \times \text{indicador de sangrado vaginal o dolor} \\ & \text{abdominal}] + [(4.22 \times 10^{-1}) \times \text{indicador de dolor de cabeza y/o cambios} \\ & \text{visuales}] + [8.47 \times 10^{-1} \times \text{indicador de dolor de pecho y/o disnea}]. \end{aligned}$$

*Ecuación 1. Algoritmo miniPIERS.*

## 5.4 ALGORITMO FULLPIERS

El modelo completo de PIERS (Pre-clampsia Integrated Estimate of RiSk) se desarrolló para predecir complicaciones maternas graves, incluyendo resultados adversos del sistema nervioso central, cardiorrespiratorio y hematológico, a partir de la preeclampsia que ocurre dentro de las 48 horas de admisión. El modelo se desarrolló utilizando un cribado de 2023 mujeres ingresadas con preeclampsia en unidades terciarias en países de altos ingresos. Este estudio se llevó a cabo entre octubre de 2018 y febrero de 2019.

El modelo fullPIERS también se validó internamente y mostró una validez externa con un AUROC de 0.82 (CI del 95%). Aunque la mayoría de la cohorte utilizada para el desarrollo del modelo provenía de mujeres con preeclampsia de inicio tardío, el 31.4% de las mujeres incluidas en el estudio tenían preeclampsia de inicio temprano. Un estudio que evaluó el modelo en una cohorte de mujeres con preeclampsia de inicio temprano también mostró un excelente rendimiento discriminatorio (AUROC, 0.97 [CI del 95%]), aunque este estudio no tenía suficiente potencia para detectar cambios significativos en el rendimiento del modelo.<sup>12,13</sup> Por lo tanto, el objetivo fue evaluar y confirmar la validez del modelo fullPIERS para la preeclampsia de inicio temprano, utilizando una cohorte amplia y completamente potenciada de mujeres ingresadas con preeclampsia de inicio temprano en países de altos ingresos, diferentes al utilizado en el estudio de desarrollo.

Los datos utilizados para este estudio de evaluación del modelo se derivaron de 3 cohortes preexistentes de mujeres ingresadas con preeclampsia de inicio temprano en países de altos ingresos. Estas fueron la cohorte hospitalaria BCW (British Columbia Women), la cohorte PETRA (Preeclampsia Eclampsia Trial Amsterdam) y la cohorte PREP (Prediction of Complications in Early-Onset Preeclampsia).

La cohorte BCW comprendía datos extraídos de registros médicos y electrónicos de mujeres ingresadas en la unidad terciaria del hospital BCW en Canadá entre enero de 2012 y mayo de 2016. Para este estudio, restringimos la cohorte BCW a las mujeres ingresadas con preeclampsia antes de las 34 semanas de gestación. La cohorte PETRA estaba compuesta por mujeres reclutadas en el estudio aleatorizado PETRA en los Países



Bajos entre abril de 2000 y mayo de 2003.<sup>14</sup> Los datos para el estudio PETRA se recopilieron de manera prospectiva y solo incluyeron mujeres ingresadas con preeclampsia grave en centros terciarios entre las 24 y <34 semanas de gestación. La cohorte PREP estaba compuesta por mujeres reclutadas en el estudio PREP en el Reino Unido entre diciembre de 2011 y abril de 2014.<sup>15</sup> Los datos para el estudio PREP también se recopilieron de manera prospectiva y solo incluyeron mujeres ingresadas con preeclampsia en centros secundarios y terciarios antes de las 34 semanas de gestación. Estas cohortes se fusionaron en un conjunto de datos combinado para nuestro estudio, con el marcador del estudio retenido para permitir un análisis de estudio por separado.

El resultado primario utilizado en nuestro estudio fue el mismo que en el estudio de desarrollo del modelo.<sup>11</sup> Este fue un resultado compuesto que comprendía  $\geq 1$  de las complicaciones maternas graves enumeradas en el Suplemento de Datos solo en línea que ocurrieron dentro de las 48 horas de admisión por preeclampsia (Tabla S1).

#### Análisis estadísticos

Utilizando las variables predictoras medidas más desfavorables dentro de las 48 horas de admisión medidas antes de cualquier ocurrencia de resultado, se aplicó la ecuación publicada del modelo completo de PIERS al conjunto de datos combinado para calcular las probabilidades predichas de experimentar un resultado adverso para cada mujer.

Para este modelo se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Saturación de oxígeno.
- Recuento de plaquetas ● Niveles de creatinina.
- Niveles de Aspartato Aminotransferasa (AST).
- Factor de existencia de dolor de pecho o disnea.

La ecuación con los parámetros comentados anteriormente sería la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{logit}(\pi) = & 2.68 + (-5.41 \times 10^{-2}) \times \text{edad gestacional} + 1.23 \times \text{dolor de pecho o} \\ & \text{disnea} + (-2.71 \times 10^{-2}) \times \text{creatinina} + 2.07 \times 10^{-1} \times \text{plaquetas} + (4.00 \times 10^{-5}) \times \\ & \text{plaquetas}^2 + 1.01 \times 10^{-2} \times \text{AST} + (-3.05 \times 10^{-6}) \times \text{AST}^2 + 2.50 \times 10^{-4} \times \\ & \text{creatinina} \times \text{plaquetas} + (-6.99 \times 10^{-5}) \times \text{plaquetas} \times \text{AST} + (-2.56 \times 10^{-3}) \times \\ & \text{plaquetas} \times \text{O2} \end{aligned}$$

*Ecuación 2. Algoritmo FullPIERS.*

## **DISEÑO DE LA PÁGINA WEB**

---



## 6 DISEÑO DE LA PÁGINA

La calculadora página web que se ha creado para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón forma parte de una página web en donde se incluyen otros tipos de calculadoras como: datación, estudio biométrico, estudio hemodinámico, estudio de huesos, etc.

Esta es la interfaz de la página web inicial al ejecutarla en el navegador:



*Ilustración 7. Interfaz principal de la página web.*

En la ilustración 7 podemos ver una interfaz sencilla, debemos de tener en cuenta que esta página web es utilizada por médicos y profesionales de la salud, en estas situaciones prima la funcionalidad y facilidad de uso frente a cuestiones estéticas.

Para poder acceder a la siguiente página en donde elegir qué tipo de calculadora vamos a usar tenemos que introducir o bien de cuantas semanas está embarazada la madre, o también podemos introducir la fecha de la última regla junto con la fecha de la primera ecografía, esto nos dará un valor aproximado de la edad gestacional.

Una vez insertada la edad gestacional se nos muestran unos botones para elegir qué tipo de calculadora vamos a usar.



### CALCULADORA DE CRECIMIENTO FETAL

FUR  F. Eco  F. Parto  (semanas + días)

20  + 0  (20 semanas + 0 días)

[Datación](#) [Estudio Biométrico + Hemodinámico](#) [Estudio Hemodinámico](#) [Huesos largos](#) [Lancet](#) [Únicos vs múltiples](#) [Riesgo de preeclampsia](#)

*Ilustración 8. Interfaz principal de la página web.*

## 6.1 DISPOSICIÓN DE LA PÁGINA

Si clicamos en “Riesgo de preeclampsia” iremos a la página web específica para calcular el riesgo de desarrollo de PE. Como podemos ver en la ilustración 8 esta página está dividida en tres columnas con tres colores diferentes, para que el médico pueda diferenciarlas a simple vista.

En la primera columna, verde, nos encontramos la calculadora con el modelo del Hospital Vall d’Hebron, con los mismos parámetros. De color lila tenemos el modelo de la Fundación Fetal de Medicina y en la última columna, de color azul, tenemos los modelos MiniPIERS y FullPIERS.

Para hacer el ingreso de datos y cálculo del riesgo más rápido, las variables comunes de los modelos se han eliminado de las columnas individuales y se han insertado en la parte de arriba.

Edad gestacional en uso: 20 semanas y 0 días.

Variables comunes para los modelos Vall d'Hebron y FMF

Peso <input type="text"/>	Presión sistólica <input type="text"/>	Presión diastólica <input type="text"/>	PAPP-A, MoM <input type="text"/>	Uterina PI <input type="text"/>
---------------------------	--	---	----------------------------------	---------------------------------

### Modelo del hospital Vall d'Hebron

#### Parámetros sanguíneos

PAPP-A:  PAPP-A, MoM

PIGF:  PIGF, pg/mL

PIGF, MoM:  PIGF, MoM

Semanas:  (cuando se hicieron los análisis, solo añadir en caso de no elegir MoM)

Días:  (cuando se hicieron los análisis, solo añadir en caso de no elegir MoM)

#### Presión Arterial

Presión arterial, MoM:  MoM, MoM

Medio de la presión arterial:  Medio

#### Doppler Arterias Uterinas

Transversal

Transabdominal

Uterina PI, MoM:  Uterina PI, MoM

Uterina Izquierda PI:  Izquierda

Uterina Derecha PI:  Derecha

Medio Uterina PI:  (No escribir, se calcula automáticamente)

Semanas:  (cuando se hicieron los análisis, solo añadir en caso de no elegir MoM)

Días:  (cuando se hicieron los análisis, solo añadir en caso de no elegir MoM)

#### Características Maternas

Etnia:  Seleccionar etnia

Marcar según corresponde:

Si / No

Nullípara

Tiene más de 40 años

Preeclampsia previa

Hipertensión crónica

Fumadora

Diabetes

ART con estimulación hormonal

Resultado:

### Modelo de la Fundación Fetal de Medicina

#### Parámetros biométricos

Edad:  años

Altura:  cm

#### Parámetros del primer trimestre

CRL:  mm

Shoofita:  mmHg

#### Parámetros previos

Paridad:  Nullípara

Preeclampsia previa:  No

Hipertensión:  No

Diabetes:  No

Enfermedad renal:  No

Coagulación:  No

Etnia:  Seleccionar etnia

Resultado:

### Modelo miniPIERS

Presión:  mmHg

Embarazo previo de 20 semanas:  No

Dolor de cabeza crónico y/o problemas visuales:  No

Sangrado vaginal:  No

Dolor en el pecho:  No

Niveles de proteína en la orina:

Resultado:

### Modelo FullPIERS

Dolores:  Si no se sabe usar 0/1/2

Placenta:  anterior

Creolina:  mm Hg

AST/ALT:  U/L

Dolor en el pecho o disnea:  No

Resultado:

Ilustración 9. Interfaz de la página web.

## 6.2 ALERTAS DE VARIABLES

Cada uno de los modelos da un resultado por separado, no hace falta rellenar todos los modelos a la vez, sino el que se precise utilizar en el momento. Además, como no todos los modelos utilizan las mismas variables, si estamos con un modelo y al profesional se le olvida introducir alguna o esta está fuera de rango, la página web lanzará una alerta indicando qué modelo y variable están teniendo problemas. En la ilustración 10 podemos ver un ejemplo de esto al olvidarnos de seleccionar la etnia en el modelo del Hospital Vall' d'Hebron:

The image shows a web interface for calculating the FullPIERS model. It is divided into three main sections: 'Presión Arterial', 'Doppler Arterias Uterinas', and 'Características Maternas'. The 'Características Maternas' section includes a dropdown for 'Etnia' which is currently set to 'Seleccionar etnia'. A black alert box is overlaid on the form, stating 'This page says: Algoritmo del Vall d'Hebron: debe de seleccionar una etnia' with an 'OK' button. To the right, the 'Resultado:' section shows the 'Modelo FullPIERS' with various input fields for 'Oxígeno', 'Plaquetas', 'Creatinina', 'AST/ALT', and 'Dolor en el pecho o disnea', each with a 'Calcular' button below it.

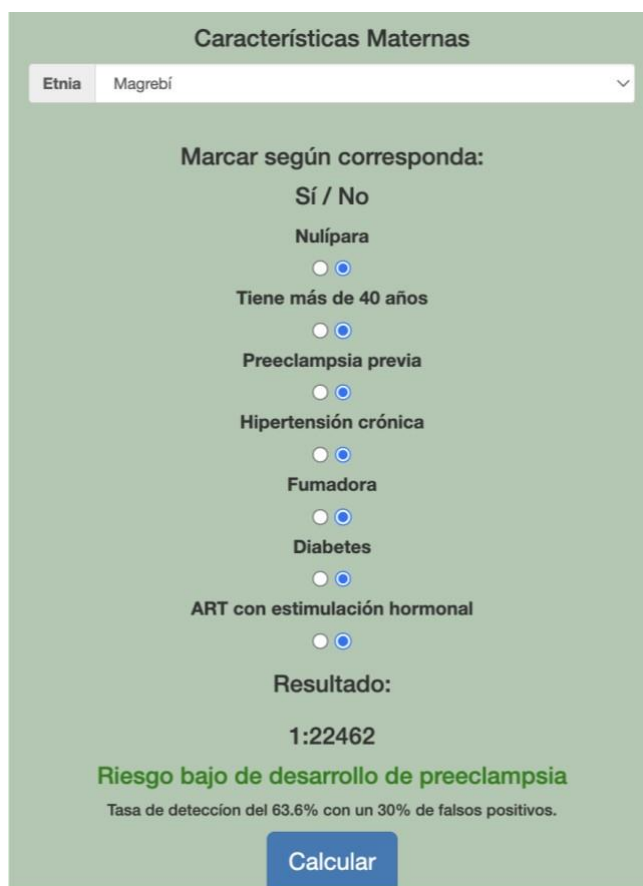
Ilustración 10. Interfaz principal de la página web.



## 6.3 VISUALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados de todos los modelos se expresan en 1:x, siendo 1 el número de resultados posibles para que se desarrolle la PE y x el número total de resultados posibles en general. Si tenemos una probabilidad de 1:1 significa que se desarrollará con certeza, del 1:2 tendrá un 50% de desarrollar PE durante el embarazo...

Además, también se incluye si este riesgo es considerado alto o bajo, si el resultado es menor a 10% (1:10), entonces se considerará riesgo bajo de desarrollo de preeclampsia, como vemos en la ilustración 11.



The image shows a digital interface for calculating maternal characteristics. At the top, it is titled "Características Maternas" and has a dropdown menu for "Etnia" set to "Magrebí". Below this, it asks to "Marcar según corresponda:" (Mark according to what corresponds) with "Sí / No" (Yes / No) radio buttons for several conditions: "Nulípara", "Tiene más de 40 años", "Preeclampsia previa", "Hipertensión crónica", "Fumadora", "Diabetes", and "ART con estimulación hormonal". All "No" options are selected. The "Resultado:" (Result) is displayed as "1:22462". Below the result, it states "Riesgo bajo de desarrollo de preeclampsia" (Low risk of developing preeclampsia) in green text, followed by "Tasa de detección del 63.6% con un 30% de falsos positivos." (Detection rate of 63.6% with 30% of false positives). A blue "Calcular" (Calculate) button is at the bottom.

Ilustración 11. Resultados de la calculadora.

Si, por el contrario, el resultado es mayor al 10%, entonces se considerará riesgo alto, como podemos ver en la ilustración 12:

**Modelo de la Fundación Fetal de Medicina**  
**Parámetros biometricos**

Edad	50
Altura	170

**Parámetros del primer trimestre**

CRL	80
IPmAUta	4

**Parámetros previos**

Paridad	Nulípara	▼
Preeclampsia previa	Sí	▼
Hipertensión	Sí	▼
Diabetes	Sí	▼
Enfermedad renal	Sí	▼
Coagulopatía	Sí	▼
Etnia	Magrebí	▼

**Resultado:**  
**Riesgo alto de desarrollo de preeclampsia**  
1:3 de probabilidad de desarrollar preeclampsia durante el embarazo

**Calcular**

Ilustración 12. Riesgo alto de desarrollo de preeclampsia.

## **CONCLUSIONES**

---



## 7 CONCLUSIONES

### 7.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de crear una calculadora para medir el riesgo de desarrollo de preeclamsia durante el embarazo para el Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid, ya que este hospital no cuenta con ninguna calculadora de este estilo. Pero la calculadora no solo se podrá implantar en el hospital mencionado, sino que gracias al proyecto MACbioIDi2 se podrá implantar en otros países de África que están en vía de desarrollo y, al tener varios modelos de cálculo en la misma página se debe de realizar cambios para poder utilizarla, como mucho una traducción de las etiquetas y botones.

Después de finalizar el proyecto, llega el momento de hacer un análisis general del mismo y hablar de las posibles mejoras. En los siguientes puntos haremos una revisión del objetivo principal de este proyecto y si realmente hemos conseguido alcanzarlo.

## 7.2 CONCLUSIONES

Si evaluamos el objetivo obtenido al inicio de este proyecto, podemos concluir que ha sido alcanzado: desarrollar una página web capaz de calcular el riesgo de desarrollo de PE. Este objetivo se ha expandido a lo largo del desarrollo de la página, ya que no hemos incluido solo un modelo para calcular el riesgo, sino que se han incluido cuatro, para hacer que esta página sea más versátil para situaciones en las que los centros médicos no dispongan de recursos para los correspondientes análisis bioquímicos o para cuando se necesite un análisis rápido.

Se ha conseguido implementar código de páginas ya creadas como la de la Fundación de Medicina Fetal de Barcelona y del Hospital Vall d'Hebron, además de crear dos scripts para que se puedan ejecutar los modelos miniPIERS y FullPIERS en nuestra calculadora.

Para la creación de la página web hemos utilizado HTML y Bootstrap para la interfaz, el uso de Bootstrap nos permite tener una página responsive, capaz de adaptarse al tamaño de la pantalla del dispositivo que está ejecutando la página, por tanto, esta no solo se puede usar en un ordenador, sino que también podríamos usar una tablet o móvil para usar la calculadora.

Además, el hecho de que cada uno de los modelos esté separado entre sí por columnas en la propia página hace que solo tengamos que usar los parámetros correspondientes y no tengamos que rellenar todos los formularios.

El desarrollo de esta calculadora ha supuesto un desafío, sobre todo, a la hora de encontrar ecuaciones públicas y válidas para una población que puede variar de país, pero en cuanto a las tecnologías utilizadas me he sentido bastante cómodo, pues la mayoría ya las había utilizado y la novedad, Bootstrap, fue sencilla de aprender e implementar.

Este proyecto me ha permitido ampliar conocimientos de programación web que había obtenido a lo largo de la carrera y que me serán de gran utilidad en mi carrera profesional. El poder colaborar con el HUGM y, en concreto, con el médico Juan Luis De León me ha sido de gran utilidad para ver como son los proyectos entre sectores tan distintos como lo son ingeniería y salud, además de entender como debo de trabajar y organizarme a la hora de realizar un proyecto por encargo.

Estoy muy satisfecho con el resultado, y aún más sabiendo que este proyecto será implantado en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón y, posiblemente, en países en desarrollo. Es un ejemplo práctico de cómo, con los conocimientos y habilidades desarrolladas en la carrera, podemos crear herramientas para mejorar la salud y el bienestar de las personas.

## 7.3 LÍNEAS FUTURAS

Esta página web ha sido creada de manera modular, es decir, podemos eliminar y añadir modelos de medición de riesgo de PE según queramos. Gracias a utilizar Bootstrap y a su sistema de casillas podemos dividir la página web hasta en 12 columnas (debemos tener en cuenta que la página web sea legible al ejecutarla).

Ahora contamos con 4 modelos de predicción de PE, pero en un futuro cercano podríamos añadir más, ya que no afectaría a la funcionalidad ni rendimiento de esta, cada modelo se encuentra en su columna y las funciones que utilizan para el cálculo se encuentran en scripts por separado.

También podemos eliminar algún modelo para centros en los que no se hagan ciertas pruebas de análisis.



# **PRESUPUESTO**

---



## 8 PRESUPUESTO

A continuación, vamos a organizar este capítulo sobre el presupuesto del proyecto en las siguientes secciones:

1. Costes en recursos humanos.
2. Costes en recursos hardware.
3. Costes en recursos software.
4. Coste total del proyecto.

### 8.1 COSTES EN RECURSOS HUMANOS

Para tener una idea de cuanto ha sido el coste de los recursos humanos consideramos que se han invertidos 4 meses para la realización del proyecto. Estos 4 meses comprenden la formación y desarrollo (1 mes) y el desarrollo de la página web (3 meses). Si contamos con que un ingeniero junior trabaja unas 7 horas diarias, 5 días a la semanas con un sueldo bruto de 1.500€ al mes, tenemos:

Concepto	Tiempo empleado	Coste mensual	Importe final
Formación y documentación	1 mes	1.500€	1.500€
Desarrollo	3 meses	1.500€	4.500€
<b>Coste total en recursos humanos</b>			<b>6.000€</b>

*Tabla 2. Costes en recursos humanos.*

Según la tabla 2 el coste asociado a los recursos humanos asciende a los 6.000 euros.

## 8.2 COSTES EN HARDWARE

Para la realización de este proyecto, se consideraron los costes hardware necesarios. Dichos costes incluyen el uso de mi ordenador portátil personal. Además, se tuvo en cuenta el acceso a internet de banda ancha, un recurso fundamental para el desarrollo y la implementación del proyecto. El periodo de amortización considerado es de 1 año.

Concepto	Coste de adquisición	Período de amortización	Tiempo empleado	Coste mensual	Importe final
Ordenador portátil	1.000€	1 año	4 meses	83,33€	333,33€
Conexión a internet	-	-	4 meses	70€	280€
<b>Coste total en recursos hardware</b>					<b>613,3€</b>

*Tabla 3. Costes en hardware.*

Según la tabla 3 el coste asociado a los recursos hardware asciende a los 613,3 euros.

### 8.3 COSTES EN RECURSOS SOFTWARE

Los recursos de código libre no presentan un coste alguno. Para los productos de licencia comercial se han mirado los precios de compra de licencia para una empresa.

Software	Tiempo empleado	Coste mensual	Importe final
Microsoft Word (Paquete office)	4 meses	37,5€	150€
Google Chrome 114.0	4 meses	0€	0€
Windows 11	4 meses	36,25€	145€
Visual Studio Code	3 meses	0€	0€
Coste total en recursos software			295€

*Tabla 4. Costes en software.*

Según la tabla 4 el coste asociado a los recursos software asciende a los 295 euros.

## 8.4 COSTE TOTAL

En la siguiente tabla podemos ver el cálculo del coste total del proyecto teniendo en cuenta que al haberlo desarrollado en Canarias debemos aplicar el 7% de Impuesto General Indirecto Canario (IGIC).

<b>Concepto</b>	<b>Coste</b>
Recursos Humanos	6.000€
Recursos Hardware	613,3€
Recursos Software	295€
<b>Total antes de impuestos</b>	<b>6908,3€</b>
<b>IGIC (7%)</b>	<b>483,58€</b>
<b>TOTAL</b>	<b>7391,88€</b>

*Tabla 5. Coste total.*

Según la tabla 5 el coste total del proyecto asciende a los 7.391,88 euros.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---





## 9 BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. A. Condo-Baque, G. M. Barreto-Pincay, G. M. Montaña-Parrales, L. X. Borbor-Sánchez, G. L. Manrique-Regalado y A. J. García-Sigcha, "Preeclampsia y eclampsia en pacientes atendidas en el área de emergencia del Hospital Verdi Cevallos Balda julio 2016 - junio del 2017", *Dominio de las Ciencias*, vol. 4, n.o 3, p. 278, agosto de 2018.
- [2] E Curiel, M Prieto, & J Mora. (2008, julio). Factores relacionados con el desarrollo de preeclampsia. Revisión de la bibliografía | Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia. Elsevier | Una empresa de análisis de la información | Empowering Knowledge.
- [3] V. M. Elizalde-Valdés, G. E. Téllez-Becerril y L. J. López-Aceves, "Construcción y validación de una escala de factores de riesgo para complicaciones de preeclampsia", *Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia*, vol. 43, n.o 3, pp. 110– 121, julio de 2016. Accedido el 6 de febrero de 2023.
- [4] Dekker GA, Sibai BM. Etiology and pathogenesis of preeclampsia: current concepts. *Am J Obstet Gynecol* 179:1359-75, 1998.
- [5] Kaplan PW. The neurologic consequences of eclampsia. *Neurologist* 7:357-63, 2001.
- [6] Lopez-Llera MM. Main clinical types and subtypes of eclampsia. *Am J Obstet Gynecol* 166:4-9, 1992.
- [7] Mattar F, Sibai BM. Eclampsia. VIII. Risk factors for maternal morbidity. *Am J Obstet Gynecol* 182:307-12, 2000.
- [8] RCOG. Management of eclampsia. London: Royal College of Obstetricians and Gynaecologists. 1999.

- [9] Cetin A. Eclampsia. In Mohler III ER, Townsend RR. Advanced therapy in hypertension and vascular disease. Ontario: B. C. Decker Inc. pp. 407-415, 2006.
- [10] Chassoux F, Meary E, Oswald AM, Koziak M, Devaux B, Meder JF, Mas JL. Eclampsia in the late postpartum. Contribution of x-ray computed tomography and magnetic resonance imaging. *Rev Neurol (Paris)* 148:221-4, 1992.
- [11] Cetin A. Hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelets (HELLP). In Mohler III ER, Townsend RR. Advanced therapy in hypertension and vascular disease. Ontario: B. C. Decker Inc. pp. 416-420, 2006.
- [12] ACOG Committee on Obstetric Practice. ACOG practice bulletin. Diagnosis and management of preeclampsia and eclampsia. Number 33, January 2002. American College of Obstetricians and Gynecologists. *Int J Gynaecol Obstet* 77:67-75, 2002.
- [13] Barton JR, Sibai BM. Diagnosis and management of hemolysis, elevated liver enzymes, and low platelets syndrome. *Clin Perinatol* 31:807-33, 2004.
- [14] Wright D, Akolekar R, Syngelaki A, Poon LC, Nicolaides KH. A competing risks model in early screening for preeclampsia. *Fetal Diagn Ther* 2012; 32: 171-8.
- [15] Chau, K. (2017, 24 agosto). Placental growth factor and pre-eclampsia. *Nature*.
- [16] Niveles de proteína placentaria A asociada a la gestación: Predictor de macrosomía fetal en gestantes no diabéticas | Clínica e Investigación en Ginecología y Obstetricia. (s.f.). Elsevier | Una empresa de análisis de la información | Empowering Knowledge.
- [17] *The Fetal Medicine Foundation*. (s.f.). The Fetal Medicine Foundation. <https://fetalmedicine.org/research/assess/preeclampsia/background>

- [18] *ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities*. (s.f.). ShanghaiRanking. <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2022>
- [19] *Overview and Facts | The University of British Columbia*. (s.f.). The University of British Columbia. <https://www.ubc.ca/about/facts.html>
- [20] "Calculadora de riesgo gestacional - Vall d'Hebron Barcelona - Medfetal". Medicina Fetal Vall d'Hebron Barcelona. <https://www.medfetal.org/riesgo-gestacional/>
- [21] *Functions - JavaScript | MDN*. (s.f.). MDN Web Docs. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Functions>
- [22] *HTML: HyperText Markup Language | MDN*. (s.f.). MDN Web Docs. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>
- [23] *CSS: Cascading Style Sheets | MDN*. (s.f.). MDN Web Docs. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
- [24] *Get started with Bootstrap*. (s.f.). Bootstrap · The most popular HTML, CSS, and JS library in the world. <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/>



## **ANEXO A**

---



## **ANEXO A**

Para poder consultar el código generado para la interfaz de la página web, con HTML, o para los modelos de cálculo de riesgo de preeclampsia, con JavaScript, el proyecto se ha subido a un repositorio público en GitHub y al que se puede acceder con el siguiente enlace:

<https://github.com/bryandunquegutierrez/calculadoraRiesgoPreeclampsia>