

AMBIENTE INFORMÁTICO PARA LA INTERACCIÓN MÉDICO-PACIENTE  
EN LA INTERVENCIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE HIPERTENSIÓN  
ARTERIAL

LEIDY MILENA CARRILLO HERNÁNDEZ  
YENY PATRICIA PORTILLA FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2017

AMBIENTE INFORMÁTICO PARA LA INTERACCIÓN MÉDICO-PACIENTE EN  
LA INTERVENCIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE HIPERTENSIÓN  
ARTERIAL

LEIDY MILENA CARRILLO HERNÁNDEZ  
YENY PATRICIA PORTILLA FERNÁNDEZ

Trabajo de Grado para optar al título de Ingenieras de Sistemas

Director

HUGO HERNANDO ANDRADE SOSA  
Magister en ingeniería de sistemas e informática

Codirector

GERARDO MUÑOZ MANTILLA  
Doctor en epidemiología y biología vectorial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2017

## DEDICATORIA

**Leidy Milena Carrillo Hernández**

**A Dios.**

*Por permitir finalizar una etapa más de mi vida, por no dejarme caer en momentos de angustia y lo más importante por poner las personas adecuadas en mi camino.*

**A mi madre Ofelia Hernández.**

*A ella le debo todo lo que soy y todo lo que he logrado, este no es el primero ni el último de los motivos por los cuales se sentirá orgullosa. Gracias a su apoyo, motivación constante y su gran amor.*

**A mis amigos y familiares.**

*Gracias por estar ahí en los momentos difíciles y en los momentos de gloria, estaré eternamente agradecida por la confianza y amistad depositada. A mi familia que representa el pilar de mi vida, infinitas gracias por creer siempre en mí.*

**A mi compañera de proyecto, Yeny Portilla**

*Gracias por toda la dedicación, responsabilidad y tenacidad entregada en el desarrollo del proyecto, 'No pude haber escogido mejor compañera'.*

**Al grupo SIMON**

*Por mi formación como investigadora y profesional y sobre todo por el acompañamiento en el desarrollo de la presente tesis de grado.*

## **Yeny Patricia Portilla Fernández**

*A mis padres que con su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, han creído en mis sueños y me han apoyado incondicionalmente. La fortuna más grande es tenerlos conmigo.*

*A mis hermanos que depositan en mí su entera confianza. Mi triunfo es el de ustedes.*

*A mis amigos de la UIS a quienes aprecio y admiro, de quienes he recibido grandes lecciones.*

*A la selección femenina de futsal, mi gratitud. Hicieron de esta experiencia una de las más especiales.*

*Al grupo SIMON por darme la oportunidad de tener una visión más amplia del mundo de la investigación, por su colaboración y acompañamiento en este trabajo de grado.*

*A mi amiga y compañera de tesis Leidy Carrillo Hernández, con la cual he compartido incontables horas de trabajo. Por inspirarme a creer en nosotras mismas, por haberme demostrado que la actitud no vence la adversidad pero la supera.*

## **AGRADECIMIENTOS**

La magnitud de este aporte hubiese sido imposible sin la participación de las siguientes personas. Por ello queremos expresarles nuestro enorme agradecimiento:

Al profesor Hugo Andrade Sosa, por la confianza depositada, consejos y enseñanzas como muestra de su gran labor como profesor. Su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable.

Al profesor Gerardo Muñoz, por su participación, ha enriquecido el trabajo realizado con su conocimiento en el área de salud.

Al ingeniero Enrique Nuñez Rueda, por su acompañamiento, disposición, consejos y asesoría en el desarrollo del ambiente software.

Al Ingeniero Jathinson Meneses, por su acompañamiento, disposición, consejos y asesoría en el desarrollo del ambiente software.

Al profesor Emiliano Lince, por su acompañamiento, disposición, consejos y asesoría en el desarrollo del ambiente software.

Al grupo SIMON en general, por el acompañamiento en el desarrollo del presente trabajo de grado.

A la trabajadora social Amanda Santoyo Velazco, por ser el puente para realización de las primeras pruebas del ambiente software.

Al Médico y cirujano Augusto Alfredo Silva Parada por su tiempo, observaciones y buena disposición en la aplicación de la prueba del ambiente software.

Al gerente Cafesalud EPS. Horbes Buitrago Mateus por su tiempo, observaciones y buena disposición en la aplicación de la prueba del ambiente software.

A UIS-SALUD, por el acompañamiento y disposición para la aplicación de las pruebas del ambiente software.

---

## ÍNDICE GENERAL

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	18
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. OBJETIVOS .....	22
3.1 Objetivo general .....	22
3.2 Objetivos específicos .....	22
4. MARCO REFERENCIAL .....	23
4.1 Marco de antecedentes .....	23
4.2 Marco teórico .....	25
4.3 Elementos conceptuales .....	27
5. METODOLOGÍA.....	31
5.1 Metodología de modelado y simulación – Dinámica de sistemas .....	32
5.2 Metodología para el ambiente software – Modelo evolutivo .....	34
6. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS.....	36
6.1 Primer prototipo.....	37
6.2 Segundo prototipo .....	44
6.3 Tercer prototipo.....	51
6.4 Cuarto prototipo .....	59
7. INTERFAZ SOFTWARE – Riesgo HTA 1.0 .....	75
7.1 Actor.....	76
7.2 Diagramas de casos de uso .....	77
7.3 Diagrama entidad relación.....	82
8. PRUEBA DE RECEPTIVIDAD (AMBIENTE SOFTWARE).....	83
8.1 No conformidades y mejoras del ambiente software.....	83
9. DIVULGACIÓN.....	85
10. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	86
10.1 Conclusiones.....	86
10.2 Trabajo futuro - Modelo .....	86
10.3 Trabajo futuro - Interfaz .....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88

ANEXOS ..... 93

## LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Metodología general del ambiente software.....	31
Figura 2. Modelado y simulación con la Dinámica de Sistemas – Metodología de los 5 lenguajes. ....	33
Figura 3. Metodología iterativa para el desarrollo de la interfaz. ....	34
Figura 4. Diagrama de influencias riesgo de hipertensión arterial. ....	36
Figura 5. Diagrama de influencias riesgo de hipertensión arterial (acuerdos médico – paciente).....	37
Figura 6. Diagrama de influencias para el primer prototipo. ....	38
Figura 7. Diagrama flujo-nivel – primer prototipo (para ver más en detalle, anexo A). ....	39
Figura 8. Riesgo HTA primer prototipo dada la simulación del escenario N°1.....	42
Figura 9. Riesgo HTA índice Framingham dada la simulación del escenario N°1. ....	42
Figura 10. Diagrama de influencias para el segundo prototipo.....	45
Figura 11. Diagrama flujo-nivel - Segundo prototipo. ....	46
Figura 12. Sector peso – segundo prototipo. ....	47
Figura 13. Comparación de ingesta y gasto energético y peso del paciente – segundo prototipo. ....	48
Figura 14. Riesgo HTA en función a la decisión tomada por el paciente – segundo prototipo. ....	50
Figura 15. Diagrama de influencias para el tercer prototipo. ....	52
Figura 16. Diagrama flujo- nivel – Tercer prototipo. ....	53
Figura 17. Sector actividad física – Tercer prototipo. ....	54
Figura 18. Sector cigarrillo – Tercer prototipo. ....	54
Figura 19. Riesgo HTA en función a la decisión del paciente (disminuir ingesta calórica) – tercer prototipo. ....	57
Figura 20. Diagrama de influencias para el cuarto prototipo. ....	59
Figura 21. Mapa de sectores – Cuarto prototipo. ....	60
Figura 22. Diagrama flujo- nivel – Cuarto prototipo. ....	61
Figura 23. Sector presión arterial – Cuarto prototipo.....	62
Figura 24. Sector actividad física – Cuarto prototipo.....	63
Figura 25. Simulación del peso y la presión arterial para la persona uno.....	65
Figura 26. Simulación variables y niveles cuarto prototipo – Prueba de estructura. ....	69

Figura 27. Simulación ingesta, gasto energético y presión arterial – condiciones extremas.....	71
Figura 28. Riesgo HTA con paso de simulación $\frac{1}{365}$ .....	72
Figura 29. Riesgo HTA con paso de simulación $\frac{1}{730}$ .....	73
Figura 30. Descripción interacción usuario – Interfaz software – Modelo.....	75
Figura 31. Diagrama de contexto.....	76
Figura 32. Diagrama de casos de uso.....	78
Figura 33. Diagrama de actividades.....	78
Figura 34. Diagrama de secuencia obtener resultados de simulación.....	79
Figura 35. Diagrama de secuencia abrir datos guardados y simular.....	80
Figura 36. Diagrama de secuencia eliminar datos guardados.....	81
Figura 37. Diagrama E/R.....	82
Figura 38. Acuerdo ingesta – RiesgoHTA 1.0.....	84
Figura 39. Consumo de cigarrillo – Riesgo HTA 1.0.....	84
Figura 40: Simulación Riesgo HTA primer prototipo – Pasos de integración.....	96
Figura 41: Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – Pasos de integración.....	104
Figura 42. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – Pasos de integración.....	112
Figura 43. Riesgo HTA en función a la decisión del paciente (disminuir la ingesta calórica) – tercer prototipo.....	113
Figura 44. Diagrama de flujo-nivel riesgo de hipertensión arterial.....	140

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Riesgo HTA dado el escenario de referencia N°1.....	41
Gráfica 2. Riesgo HTA en función al cambio en el peso del paciente – primer prototipo. .....	43
Gráfica 3. Riesgo HTA dado el escenario de referencia N°2.....	49
Gráfica 4. Riesgo HTA para la ingesta calórica en aumento – segundo prototipo. ....	50
Gráfica 5. Riesgo HTA – Comparación hombre y mujer.....	56
Gráfica 6. Riesgo HTA en función a la actividad física – tercer prototipo. ....	58
Gráfica 7. Riesgo HTA – cuarto prototipo.....	64
Gráfica 8. Riesgo HTA en función al tiempo que se abandona el consumo de cigarrillo. .....	67
Gráfica 9. Peso de la paciente en función al tiempo que se deja abandona el consumo de cigarrillo. ....	68
Gráfica 10. Simulación Riesgo HTA – condiciones extremas.....	71
Gráfica 11. Simulación Riesgo HTA cuarto prototipo – Comportamiento anómalo.....	73
Gráfica 12. Simulación Riesgo HTA primer prototipo – condiciones extremas. ....	95
Gráfica 13. Simulación Riesgo HTA primer prototipo – Análisis de sensibilidad.....	97
Gráfica 14. Simulación peso e ingesta calórica segundo prototipo – Prueba de estructura.....	102
Gráfica 15. Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – condiciones extremas. ....	103
Gráfica 16. Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – Comportamiento anómalo.	105
Gráfica 17. Simulación variables y niveles tercer prototipo – Prueba de estructura. .	110
Gráfica 18. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – condiciones extremas. ....	111
Gráfica 19. Simulación peso del paciente tercer prototipo – condiciones extremas. .	111
Gráfica 20. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – Comportamiento anómalo.....	114

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Escenario de referencia N°1. ....	41
Tabla 2. Escenario de referencia N°2. ....	48
Tabla 3. Escenario de referencia N°3. ....	55
Tabla 4. Escenarios de referencia N°4 ....	60
Tabla 5. Escenarios de referencia N°5.....	63
Tabla 6. Escenario de referencia N°6. ....	66
Tabla 7. Porcentaje de ganancia de peso en hombres y mujeres que abandonan el consumo de cigarrillo.....	68
Tabla 8. Escenario condiciones extremas - cuarto prototipo.....	70
Tabla 9. Actores interfaz gráfica. ....	77
Tabla 10. Escenarios condiciones extremas - primer prototipo. ....	95
Tabla 11. Escenarios condiciones extremas segundo prototipo.....	103
Tabla 12. Escenarios condiciones extremas tercer prototipo. ....	111

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A - Ecuaciones primer prototipo.....	93
Anexo B - Pruebas de validación primer prototipo .....	95
Anexo C - Ecuaciones segundo prototipo .....	98
Anexo D - MET's para diferentes actividades .....	100
Anexo E – Pruebas de validación segundo prototipo .....	102
Anexo F - Ecuaciones tercer prototipo.....	107
Anexo G - Pruebas validación tercer prototipo.....	110
Anexo H - Ecuaciones cuarto prototipo.....	115
Anexo I - Especificación de casos de uso.....	119
Anexo J – Prueba de receptividad .....	127
Anexo K – Mejoras al modelo dinámico-sistémico .....	132

## RESUMEN

### TÍTULO:

AMBIENTE INFORMÁTICO PARA LA INTERACCIÓN MÉDICO-PACIENTE EN LA INTERVENCIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE HIPERTENSIÓN ARTERIAL.<sup>1</sup>

### AUTORES:

LEIDY MILENA CARRILLO HERNÁNDEZ<sup>2</sup>  
YENY PATRICIA PORTILLA FERNÁNDEZ

**PALABRAS CLAVE:** promoción y prevención de la salud, factores de riesgo de hipertensión arterial, dinámica de sistemas, modelamiento dinámico, simulación.

### DESCRIPCIÓN:

El acogimiento y la adopción de la orientación médica en la atención de los factores de riesgo que inducen la hipertensión arterial (HTA), no siempre son logrados con éxito, puesto que el desconocimiento del paciente sobre su estado de riesgo genera despreocupación en la intervención temprana. Vincular al paciente con su estado de salud es una tarea en la que el médico sirve de apoyo y motivación, ya que para entender las consecuencias de un riesgo alto, es necesaria la comprensión de los factores que lo influyen, es decir, un proceso educativo y de formación en una cultura de buenos hábitos; para poder enfrentar al paciente con su situación, manifestar las consecuencias de seguir con prácticas que influyen el riesgo y mostrar las posibilidades de mejoramiento. Este trabajo permite por medio de un modelo con dinámica de sistemas (DS) operado por una interfaz software, simular una tendencia del riesgo HTA bajo dos escenarios: estado actual y acuerdo médico-paciente y servir como elemento de juicio bajo una posición crítica, para fortalecer la capacidad de toma de decisiones del médico y del paciente, con un pronóstico cualitativo del riesgo a partir de la comprensión del fenómeno.

---

<sup>1</sup>Trabajo de grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa, Magister en informática. Codirector: Gerardo Muñoz Mantilla, Doctor en epidemiología y biología vectorial.

## ABSTRACT

**TITLE:** COMPUTER ENVIRONMENT FOR MEDICAL-PATIENT INTERACTION IN THE INTERVENTION OF RISK FACTORS OF ARTERIAL HYPERTENSION.<sup>3</sup>

**AUTHORS:**

LEIDY MILENA CARRILLO HERNÁNDEZ<sup>4</sup>  
YENY PATRICIA PORTILLA FERNÁNDEZ

**KEYWORDS:** prevention and health promotion, hypertension risk factors, system dynamics, dynamic modeling, simulation.

**DESCRIPTION:**

The acceptance and the adoption of the medical guidance in the attention of the risk factors that induce high blood pressure is not always achieved successfully, due to the lack of knowledge the patient has about his/her risk status, which causes carelessness in its early intervention. Linking the patient with his/her health status is a task in which the doctor helps as support and motivation, because to understand the consequences of a high risk, it is necessary the comprehension of the factors that influence it; that is, an educational and training process in a culture of good habits; to confront the patient with his/her situation, to manifest him/her the consequences of continuing with practices that influence the risk and to show the possibilities of improvement. This degree work allows through a system dynamics (SD) model operated by a software interface to simulate a tendency of HTA risk under two scenarios: actual state and concrete agreement medico-patient, and serve as an element of judgement under a critical position, to strengthen the capacity of making decisions by the doctor and the patient, with a qualitative risk forecast from understanding of the phenomenon.

---

<sup>3</sup> Bachelor Thesis.

<sup>4</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa, Magister en informática. Codirector: Gerardo Muñoz Mantilla, Doctor en epidemiología y biología vectorial.

## INTRODUCCIÓN

Las ECV (enfermedades cardiovasculares) son la principal causa de muerte en Colombia y en el mundo (OMS, 2013; INS 2013). Cada año mueren más personas por ECV que por cualquier otra causa; para 2007 el 22,82% de la población presentó cifras de presión arterial elevadas (hipertensión, signo de alerta importante (Rodríguez et al., 2007) ); Los factores modificables que inducen a la HTA como: sedentarismo, consumo de cigarrillo y consumo de alcohol, entre otros, mantienen una relación causal significativa con el aumento del riesgo, es por ello que la comprensión y conocimiento de estos factores propician modificaciones en el estilo de vida del paciente.

La HTA sugiere cambios del modo de vida, por ello la orientación que brinda el médico en la prevención primaria de los factores de HTA (hipertensión), requiere que el paciente contemple dos consideraciones básicas: optar por establecer acuerdos y directrices que contribuyan a la motivación y consecuente mejoramiento del bienestar físico, con tendencia al decrecimiento del riesgo, si se sigue las recomendaciones o seguir con sus hábitos que manifestarán una tendencia de hipertensión arterial creciente; todo esto a mediano y largo plazo (Varela et al., 2005). Por ello, es necesario un soporte en la toma de decisiones, una relación médico-paciente que propicie la comprensión y conocimiento de manera dinámico-sistémica de estos factores y faciliten los cambios en el estilo de vida del paciente, orientados por los acuerdos.

De esta manera, se presenta este trabajo de grado usando la dinámica de sistemas (DS) como herramienta capaz de caracterizar, describir y representar las interrelaciones estructurales que subyacen y emergen en este fenómeno (HTA); y la ingeniería del software para la obtención de una interfaz que contribuya al manejo didáctico, funcionamiento y control más efectivo del modelo construido con DS, amigable con el usuario.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La orientación que brinda el médico en la prevención primaria de los factores de hipertensión arterial (HTA), requiere que el paciente contemple dos consideraciones básicas: Uno, optar por establecer acuerdos y directrices que contribuyan a la motivación y consecuente mejoramiento de su bienestar físico, con tendencia al decrecimiento del riesgo si se siguen las recomendaciones o dos, seguir con sus hábitos que manifestarán una tendencia de hipertensión arterial creciente; todo esto a mediano y largo plazo. Como consideración, el acogimiento de la orientación médica no siempre es lograda con éxito, puesto que el desconocimiento del paciente sobre su estado de riesgo genera despreocupación en la intervención temprana de HTA; vincular al paciente con su estado de salud es una tarea en la que el médico sirve de apoyo y motivación ya que para entender las consecuencias de un riesgo alto, es necesaria la comprensión de los factores que lo influyen, es decir, un proceso educativo y de formación en una cultura de buenos hábitos; para poder enfrentar al paciente con su situación, manifestar las consecuencias de seguir con prácticas que influyen el riesgo y mostrar las posibilidades de mejoramiento, el médico precisa de un recurso que le permita exponer la tendencia actual y futura del HTA si se asumen los acuerdos, de esta manera, se va estableciendo entre el paciente y el médico un diálogo sobre la problemática y una forma de seguimiento de la situación del paciente (intervenir no solo por la situación del presente que puede ser difícil sino por un futuro que puede ser peor), actuando como elemento motivante.

Un recurso que apoye esta labor de acompañamiento del médico puede ser una solución ingenieril basada en un planteamiento integral de los factores fundamentales que determinan la tendencia HTA en un modelo de simulación integrado en un software que permita el ingreso de datos del paciente, facilite los acuerdos y el seguimiento de los mismos. Esta herramienta no pretende predecir o pronosticar detalladamente el comportamiento del riesgo en un paciente, pero sí simular una tendencia y servir como elemento de juicio para fortalecer la capacidad de toma de decisiones del médico y del paciente con un pronóstico cualitativo del riesgo a partir de la comprensión de la situación, ¿Qué cambios ocurren en la proyección del HTA bajo ciertas condiciones, es decir, qué efecto genera en el riesgo HTA la ejecución de ciertas recomendaciones médicas en el paciente? o ¿Qué podría pasar si los acuerdos establecidos no fueron cumplidos y el comportamiento esperado no es el mismo que se preveía?, además ¿Cómo puede el paciente ser consciente de su estado actual de salud y su expectativa de vida a futuro?.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las ECV (enfermedades cardiovasculares) son la principal causa de muerte en Colombia y en el mundo (OMS, 2013; INS, 2013). Cada año mueren más personas por ECV que por cualquier otra causa; para 2007 el 22,82% de la población adulta en Colombia presentó cifras de presión arterial elevadas (hipertensión); primer factor de riesgo de ECV (Rodríguez et al., 2007). Los factores modificables que inducen la HTA como obesidad, consumo de cigarrillo, consumo de alcohol y dieta, mantienen una relación causal significativa con el aumento del riesgo, es por ello que la comprensión y conocimiento de estos factores propician modificaciones en el estilo de vida del paciente, que conducen a formas de vida saludable y además corresponden a una reducción de la incidencia de ECV. Por ello, el seguimiento y atención al paciente por parte del médico puede contar con un soporte, el cual permita una consolidación y establecimiento de acuerdos palpables a mediano y largo plazo. El uso de recursos motivadores que fomenten el proceso de aprendizaje, facilitan el modo en el que el paciente y el médico advierten sobre la problemática, generando espacios de discusión donde el paciente toma conciencia sobre la inversión de tiempo y modificación de hábitos que mejoran la expectativa de vida.

Dado el propósito del recurso, la D.S se muestra apta ya que permite la representación del fenómeno social, facilita la comprensión e intervención del caso de estudio, fomentando el aprendizaje y formación en el riesgo HTA. Recrear e integrar el conocimiento existente en términos de un modelo con DS, permite construir una herramienta útil que genera un efecto positivo en la dinámica del riesgo, aporta el entendimiento y subsecuente mejoramiento de las prácticas que lo promueven. Con un modelo adecuado y un componente software (interfaz de usuario) que facilite al médico la operación del modelo para realizar diversas simulaciones y experimentar con diferentes escenarios, se favorece el desarrollo de un ambiente informático para la interacción médico-paciente en la intervención de factores de hipertensión arterial y la comprensión por parte del paciente de su situación. La utilización de medios informáticos como herramienta de apoyo en la prevención primaria de HTA, es un reto para promover la interacción médico-paciente reforzando la comprensión, participación y el compromiso del paciente con su salud. El reconocimiento y adopción del ambiente informático apoya el proceso de toma de decisiones y acuerdos, donde la simulación de la tendencia aproximada del comportamiento del riesgo de hipertensión a partir de las condiciones iniciales del paciente, da paso a la interpretación de los datos suministrados y permite al médico sugerir apropiadamente recomendaciones para la modificación del estilo de vida del

paciente, estas recomendaciones repercuten a favor del bienestar y se ven reflejadas en la proyección a futuro del riesgo de padecer hipertensión arterial.

Así, propiciar un producto tecnológico de experimentación y aprendizaje interdisciplinario para contribuir a la interacción médico-paciente, útil para la toma de decisiones basadas en el comportamiento dinámico de la HTA y simulación de políticas y acuerdos con el paciente para modificar su estilo de vida (estrategias orientadas a la educación); junto con el ejercicio de ingeniería de modelado y desarrollo software, son motivos que justifican este proyecto como pertinente socialmente y apropiado como trabajo de grado para optar por el título de Ingenieras de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar un ambiente informático soportado en un modelo con Dinámica de Sistemas (DS) que permite simular la intervención de factores de riesgo de hipertensión arterial para el fortalecimiento de la interacción médico- paciente en la toma de decisiones.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar un modelo con DS que permita simular la tendencia aproximada de la hipertensión arterial, para el apoyo de los acuerdos médico-paciente.
- Desarrollar un ambiente software de simulación que opere con el modelo desarrollado y facilite la interacción médico-paciente en la atención de la hipertensión arterial.
- Validar el ambiente software desarrollado a través de la realización de una prueba de receptividad al ambiente software de simulación con el propósito de apreciar la operatividad por parte del cliente.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 Marco de antecedentes

De acuerdo al alcance de la revisión (bases de datos UIS, sitios especializados, etc.) no se han encontrado modelos con DS para comprender el riesgo HTA y tomar decisiones en función a su estado de salud, teniendo en cuenta la posibilidad de modificar factores conductuales (cigarrillo y peso). Aportes familiarizados con riesgo HTA son nombrados a continuación:

#### 4.1.1 Framingham heart study-Hypertension

Primer estudio epidemiológico de seguimiento horizontal. Es la base de diferentes proyectos en el área de la prevención cardiovascular. En la actualidad existen varias variables del Framingham, una de ellas es el indicador para evaluar el riesgo a desarrollar HTA en los próximos cuatro años (Framingham Heart Study, 2016). Este indicador permite estimar el riesgo individual de HTA según el grado de exposición a diferentes factores de riesgo, incluidos en un sencillo algoritmo que condicionan el pronóstico del riesgo a estadísticas.

Este indicador muestra un enfoque conductista, el cual utiliza datos empíricos como base de su ecuación para determinar la correlación entre sus factores de riesgo, lo cual da como resultado un comportamiento lineal y una limitación en los acuerdos médico-paciente por su carácter estático y cálculo del riesgo para cortos periodos de tiempo, sin simular una tendencia del comportamiento. Se puede interpretar como una fotografía del riesgo en un momento determinado.

A este modelo se suman estudios con Dinámica de Sistemas sobre el funcionamiento del cuerpo humano con respecto a órganos y tejidos, percepciones y manera de comportarse:

#### 4.1.2 A Dynamical Systems Model for Weight Change Behavioral Interventions (Un modelo dinámico-sistémico para las intervenciones en el cambio del comportamiento del peso)

Proponen un modelo de sistemas dinámicos que capturan las fluctuaciones diarias de cambio de peso, con la incorporación de factores tanto fisiológicos y psicológicos. Para el componente fisiológico, se basaron en el concepto de balance de energía para obtener un modelo que describe el efecto neto de la ingesta de energía y del consumo de energía, este último incluye actividad física; para el componente psicológico, se presenta un modelo basado en la teoría del

comportamiento planificado (TPB) de la dinámica de la dieta y el comportamiento de ejercicio.

La novedad de este enfoque radica en la representación de la intervención en el comportamiento como un sistema dinámico, y su aplicación a problemas en la pérdida de peso y el cambio de la composición corporal en una persona. Este modelo se puede utilizar para responder a preguntas con respecto a cuánto comer, qué tipo de alimentos se deben consumir, la cantidad de actividad física a llevar a cabo, y cuánto tiempo tardará en alcanzar el peso deseado (Navarro y Rivera, 2010).

#### **4.1.3 Modeling the dynamics of human energy regulation and its implications for obesity treatment (Modelando la dinámica de la regulación de la energía humana y sus implicaciones para el tratamiento de la obesidad)**

Este trabajo intenta demostrar la utilidad del modelado con dinámica de sistemas para estudiar y comprender mejor la fisiología relacionada con el aumento y pérdida de peso. El modelo de simulación integra la nutrición, el metabolismo, la regulación hormonal, la composición corporal y la actividad física, procesos del sistema complejo de regulación del peso humano; el modelo fue utilizado como espacio de experimentación para investigar los impactos de la actividad física sobre el peso corporal y la composición.

Debido a que se requiere una comprensión del equilibrio energético y la modificación de comportamientos que predisponen al aumento de peso, fue tomado como un problema cuantitativo y dinámico, que se adapta a la simulación por computador (Tarek, 2002).

#### **4.1.4 Dynamic Simulation Model for Long-Term Hypertension Progression (Modelo de simulación dinámica para la progresión de la hipertensión a largo plazo)**

Un modelo dinámico de simulación para reproducir la progresión a largo plazo de la presión arterial, que resulta de los cambios estructurales en los riñones en personas sanas y con hipertensión. El modelo se puede analizar en dos sectores: volumen de líquidos y nefronas; experimentos para varios escenarios de simulación ayuda a distinguir las políticas de éxito en las intervenciones (Firat, 2007).

#### **4.1.5 La dinámica del peso según la dieta y el ejercicio**

Presentado por estudiantes del grupo SIMON en el marco del XIII Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas. Este artículo se pretende dar una primera vista de cómo están relacionados los factores que intervienen en este proceso de subir o bajar de peso, y mostrar un modelo con dinámica de sistemas que permite simular el peso en un escenario futuro dependiendo de las calorías consumidas y gastadas por una persona (Noguera y Palomino, 2015).

## **4.2 Marco teórico**

A continuación se presentan conceptos importantes referentes a útiles tecnológicos y fundamentos de ingeniería de sistemas, guías en este trabajo de investigación.

### **4.2.1 Pensamiento sistémico**

Esta disciplina aparece a mediados del siglo XX, como un pensamiento impulsado por un afán holista<sup>5</sup>, de modo que pueda abordar unificadamente, el problema de la unidad y la diversidad en los fenómenos del mundo (Andrade et al., 2001). Dado que el pensamiento sistémico habla de una nueva forma de ver y de relacionarse con el mundo, se expresa de diversos modos en sus distintas vertientes: Teoría general de sistemas, análisis de sistemas, ingeniería de sistemas, cibernética organizacional, la metodología de sistemas blandos, entre otras; una visión sistémica del mundo que permite la comprensión, simulación y manejo de sistemas complejos, cuyo estudio es de vital importancia para el desarrollo sostenible en todos los aspectos ligados a la humanidad (ciencia, tecnología, economía, sociedad, entre otros).

### **4.2.2 Dinámica de sistemas**

La Dinámica de sistemas es una disciplina académica creada en los años 60 por el profesor Jay Forrester del Instituto Técnico de Massachusetts, originalmente enfocada a las Ciencias de administración e Ingeniería. Esta disciplina es un método para mejorar el aprendizaje en sistemas complejos, es fundamentalmente interdisciplinaria (Sterman, 2000) y permite comprender y formalizar la interacción entre los elementos de un sistema, es decir, la estructura de diferentes fenómenos en diferentes áreas de estudio (economía, física, química, biología, etc.). De esta manera, y debido a que gran parte de la dinámica de sistemas es descubrir y representar el fenómeno por medio de procesos de

---

<sup>5</sup> Este es un afán por ubicar todo lo que acontece dentro de un orden o totalidad más amplios que le den unidad, lo cual nos parece diverso y aislado. De ahí que este afán también sea llamado holista, pues el holismo es un modo de considerar la realidad primariamente como totalidad armónica (Diccionario de Filosofía de Ferrater Mora, 1982, pag. 1545).

realimentación, estructuras de entrada y salida, retardos y no linealidades, se puede amplificar el sistema y observar el impacto de los cambios de forma inmediata, lo que permite replantear acciones y por ende, tomar mejores decisiones respecto a una situación real.

#### **4.2.3 Ingeniería del software**

El fundamento de Ingeniería del software fue propuesto inicialmente en 1968. Esta disciplina comprende todos los aspectos y las formas prácticas para desarrollar y entregar un software útil y costeable, desde las etapas iniciales de la especificación del sistema hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza (Sommerville, 2005), esto para diferentes áreas del desarrollo humano (economía, industria, etc.). El conjunto específico de atributos que se espera de un sistema software depende de su aplicación.

#### **4.2.4 Grupo SIMON**

El Grupo SIMON de investigación de la Universidad Industrial de Santander durante aproximadamente 25 años, propicia el desarrollo de la investigación utilizando el pensamiento sistémico y la dinámica de sistemas. Con la aplicación del PS y la DS en el modelado estructural con ambientes software, permite abordar proyectos interdisciplinarios que a través de procesos de aprendizaje aporta a la comprensión de diversos fenómenos con énfasis en cuatro líneas de investigación: PS y modelado y simulación de enfoque estructural aplicaciones del modelado y la simulación en ciencias e ingeniería, informática en la educación e ingeniería del software en el modelado y la simulación.

#### **4.2.5 Evolución**

Herramienta software para el modelado y la simulación con DS, que ha venido desarrollando el grupo de investigación SIMON. Evolución permite al usuario la construcción de modelos por medio de diagramas causales y diagramas de flujos y niveles, los cuales con la definición de ecuaciones para las variables creadas facilita realizar simulaciones de comportamientos, además posee variedad de funciones internas (trigonométricas, matemáticas, lógicas, de conversión, etc.) y funciones definidas por el usuario. Este software ha sido el elegido para el desarrollo del modelo dinámico sistémico planteado en el presente proyecto.

#### **4.2.6 Vensim<sup>6</sup>**

---

<sup>6</sup> Para más información de Vensim en <http://vensim.com/>

Desarrollado en la década de los 80 por Ventana Systems, Vensim es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de Dinámica de Sistemas. Vensim proporciona una forma simple y flexible de crear modelos de simulación, sean con diagramas causales o con diagramas de flujos. Mientras que se construye un modelo que puede ser simulado, Vensim permite observar el comportamiento del modelo.

### **4.3 Elementos conceptuales**

A continuación se disponen conceptos importantes referentes al contexto de la hipertensión arterial, términos manejados a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación.

#### **4.3.1 Hipertensión arterial**

La hipertensión arterial es una afección en la cual la presión en los vasos sanguíneos es continuamente alta, su manifestación clínica más evidente es la elevación anormal de las cifras de tensión arterial. La tensión arterial es producto de la fuerza con que la sangre presiona contra las paredes de los vasos sanguíneos (arterias) a medida que es bombeada por el corazón, los vasos sanguíneos llevan la sangre desde el corazón a todo el organismo. Cada vez que el corazón late, bombea sangre a los vasos. Cuanto más alta es la tensión arterial, más tiene que trabajar el corazón para bombear la sangre (OMS, 2013).

La tensión arterial se mide en milímetros de mercurio (mm Hg) y se registra en forma de dos números separados por una barra. El primero corresponde a la tensión arterial sistólica, la más alta, que se produce cuando el corazón se contrae. El segundo corresponde a la tensión arterial diastólica, la más baja, que se produce cuando el músculo cardíaco se relaja entre un latido y otro. La tensión arterial normal en un adulto se define como una tensión sistólica de 120 mm Hg y una tensión diastólica de 80 mm Hg (OMS, 2013).

En consecuencia, el objetivo de tratar la HTA es reducir la presión arterial, de tal manera que disminuya el riesgo de complicaciones. La mayoría de las personas puede prevenir que se desarrolle presión arterial alta, modificando sus factores de riesgo conductuales. Si no se emprenden acciones para reducir la exposición a estos factores, aumentará la incidencia de enfermedades cardiovasculares, incluida la hipertensión.

#### **4.3.2 Prevención primaria**

Se refiere a las acciones dirigidas a reducir o impedir la aparición de los factores de riesgo de alguna afección; tienen por objetivo evaluar y controlar el riesgo en personas que aún no han desarrollado la enfermedad. Prevenir significa anticipar y evitar la llegada de algo que ocurriría si no lo evitáramos. La prevención se basa en los conocimientos médicos pero puede verse desde distintas perspectivas: la del paciente, la de su familia, la del médico general, etc.

Prevenir debe tener en claro los objetivos, los recursos y los tiempos. Prevenir no debe ser peor que dejar venir (Agrest, 2009). Las estrategias y medidas usadas para la prevención primaria intervienen: sobre el medio ambiente: saneamiento ambiental, higiene alimentaria, etc. son medidas de protección de la salud; sobre las personas: vacunas, quimioprofilaxis, educación sanitaria, etc. son actividades de promoción de la salud.

#### **4.3.3 Factores de riesgo HTA**

Son aquellos factores que contribuyen e influyen en la probabilidad de desarrollar HTA y sus complicaciones. De estos factores podemos hacer la distinción de dos grupos: los factores de riesgo modificables y no modificables. Los factores de riesgo no modificables hacen referencia a factores sociales o biológicos que no pueden ser modificados, son innatos (Edad, sexo, herencia, etc.); los factores modificables son factores que pueden ser transformados e intervenidos, son asociados al comportamiento y conducta del paciente (dieta, tabaquismo, sedentarismo, etc.).

Los enfoques poblacionales para reducir la hipertensión requieren políticas públicas para disminuir la exposición de toda la población, y particularmente de niños, adolescentes y jóvenes, a factores de riesgo como la dieta, el sedentarismo, el uso nocivo del alcohol o el tabaquismo (OMS, 2013). Así, las políticas para la intervención de los factores de riesgo modificables, promueven la adopción de estilos de vida saludable, un pilar básico en la prevención de hipertensión arterial.

#### **4.3.4 Balance de energía:**

La gente gasta energía continuamente y come cada cierto tiempo para reponerla, así la ingesta de energía debe ser equivalente al gasto de energía, para un equilibrio energético y mantener el bienestar físico y psicológico. Cuando una persona mantiene su peso, la energía entrante es igual a la saliente; cuando alguien come demasiado, el metabolismo favorece la formación de grasa.

#### **4.3.5 Ingesta de energía**

El requerimiento energético varía en cada individuo, la ingesta de energía es la dosis de energía (calorías que aportan los alimentos) ingerida, compensa el gasto energético. Los principales productos alimenticios de los cuales el cuerpo extrae energía son hidratos de carbono, grasas y proteínas. Cuando la ingesta de energía es más que la expedida, el resultado es el aumento de peso (Tarek, 2002).

#### **4.3.6 Gasto total energético**

El gasto energético total (TEE) es la suma de la tasa metabólica basal, termogénesis de los alimentos (TEF), la actividad física, la termorregulación, y la energía gastada en la deposición de nuevos tejidos y en la producción de leche (Trumbo, 2002).

#### **4.3.7 Tasa metabólica basal en reposo**

Es la tasa en la que el cuerpo consume energía para mantener todos los procesos básicos de la vida (mantener la temperatura corporal, permitir que los pulmones inhalen y exhalen aire, que el corazón lata cien mil veces al día, etc.). La tasa puede variar bastante según cada individuo, y también ser distinta para el mismo individuo según las circunstancias o la condición física (Whitney y rady, 2011).

#### **4.3.8 Termogénesis de los alimentos**

Cuando una persona come, los músculos del tracto intestinal aceleran sus contracciones rítmicas, las células que fabrican y segregan jugos digestivos comienzan su tarea, y algunos nutrientes se absorben mediante transporte activo. Esta aceleración de la actividad requiere energía y genera calor, se conoce como efecto térmico de los alimentos (Whitney y rady, 2011).

#### **4.3.9 Actividad física**

Movimiento voluntario de los músculos esqueléticos y de los sistemas de soporte. La actividad física es el componente más variable (y más modificable) del gasto energético. La duración, frecuencia e intensidad de la actividad influyen en el gasto energético, además la cantidad de energía necesaria para cualquier actividad, depende de tres factores: masa muscular, peso corporal y tipo de actividad (Whitney y rady, 2011).

#### **4.3.10 Termorregulación**

Es la capacidad de regular la temperatura corporal dentro de ciertos límites. Este proceso, puede provocar incrementos en el gasto de energía que son mayores cuando la temperatura ambiente está por debajo de la zona de la termoneutralidad. Debido a que la mayoría de las personas ajustan su ropa y el medio ambiente para mantener la comodidad, y por lo tanto termoneutralidad, el coste adicional de energía de la termorregulación rara vez afecta el gasto total de energía en una medida apreciable (Trumbo, 2002).

#### **4.3.11 MET'S**

Es un valor numérico que representa un múltiplo de la tasa metabólica en reposo para una actividad particular. Este valor se aplica al nivel de gasto de energía logrado durante la realización de una actividad específica a una intensidad designada y proporciona una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.

Está relacionada con el nivel de gasto de energía obtenido durante la realización de una actividad y proporciona una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad ( $\Delta$  PAL) (Ainsworth et al., 2000).

#### **4.3.12 Nivel de actividad física (PAL)**

El PAL proporciona información acerca de la duración y la intensidad de un conjunto de diferentes actividades llevadas a cabo durante un período de 24 horas y las diferencias con respecto a los niveles habituales de actividad física (Shirley, Wenyan y Basiotis, 2006).

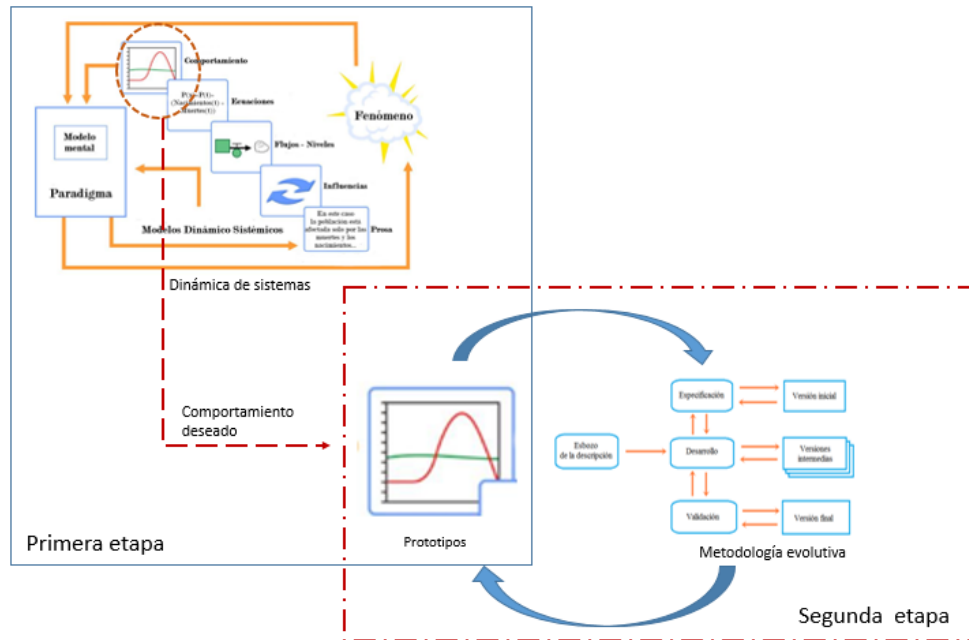
## 5. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo de grado pretende el fortalecimiento de la relación médico-paciente en la prevención de hipertensión arterial, a través de un ambiente informático, facilitando y soportando la concertación de acuerdos y fomentando estilos de vida saludable, promoviendo así, una cultura de cuidado y responsabilidad.

Al tratarse del estudio de un fenómeno social, donde sus variables están correlacionadas, y se hacen visibles ciclos de realimentación compensadores (establecimiento de acuerdos que surgen en la relación médico-paciente) fue de gran ayuda un enfoque que permitiera una mirada más profunda sobre el fenómeno tratado, un enfoque con capacidad prospectiva. Bajo este enfoque, las inferencias del riesgo de padecer HTA se evalúan a partir de sus factores de riesgo y cómo la mejora de cada uno de ellos da solución al riesgo total. Con esta premisa se evalúan y derivan las recomendaciones dadas al paciente y se plantean preguntas como: ¿Qué cambios ocurren en la proyección del HTA bajo ciertas condiciones, es decir, qué efecto genera en la HTA la ejecución de ciertas recomendaciones médicas en el paciente? o ¿Qué podría pasar si los acuerdos establecidos no fueron cumplidos y el comportamiento obtenido no es el mismo que se preveía?, además ¿Cómo puede el paciente ser consciente de su estado actual de salud y su expectativa de vida a futuro?.

Teniendo en cuenta lo anterior, el ejercicio de desarrollo del ambiente informático lo llevamos a cabo en dos etapas (ver figura 1). La primera, consistió en la construcción de un modelo con DS, el cual permite estimar un comportamiento aproximado del riesgo de HTA en función a sus factores de riesgo. Y una segunda etapa consistió, en el desarrollo de una interfaz, la cual le permite al médico el suministro y almacenamiento de datos y además la simulación y manejo del modelo en un segundo plano, es decir, internamente la interfaz permite operar el modelo desarrollado sin que el médico se dé cuenta.

Figura 1. Metodología general del ambiente software.



## 5.1 Metodología de modelado y simulación – Dinámica de sistemas

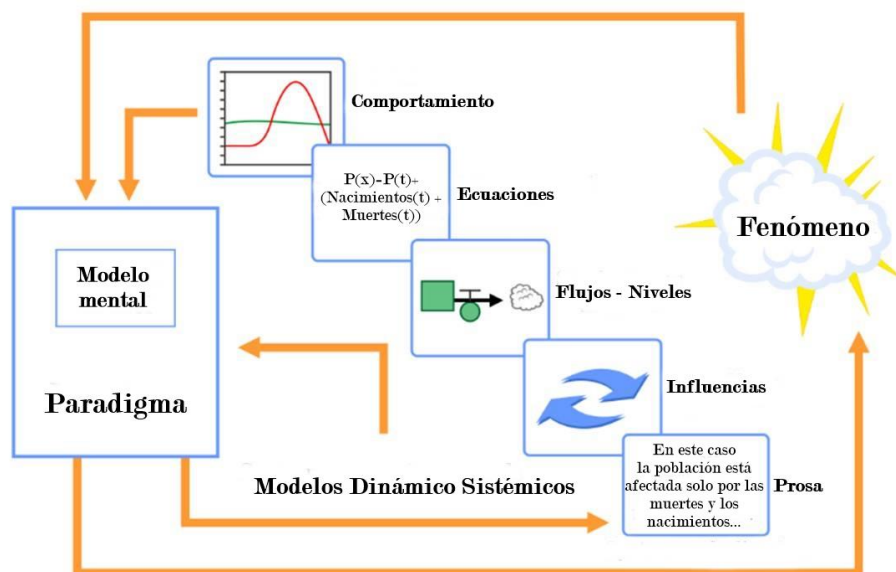
La construcción de lo que llamamos realidad surge por medio de experiencias, percepciones e intuiciones que organizamos en estructuras mentales (modelos mentales), usadas como base en los procesos decisorios (Andrade et al., 2001). Al abordar este proyecto con dinámica de sistemas como metodología de modelado y simulación, entendemos que transformar esta imagen o modelo mental del riesgo de HTA, juega un papel importante en la consecución de acciones, acuerdos y políticas que direccionan la prevención, por ello, requiere de la colaboración de expertos en el tema (aspecto interdisciplinario). El mayor beneficio de la transformación de los modelos mentales en los pacientes por la reflexión e interacción con el fenómeno, se refleja decisiones tomadas. Así, el desarrollo cognitivo de un modelo visible, descriptivo y explícito, basado en el aprendizaje y la comprensión del riesgo HTA permite hacer deducciones y desarrollar concepciones más objetivas y ampliadas con respecto a la realidad.

El uso de la metodología de modelado y simulación con DS cumple una función explicativa; su entorno no se limita a fenómenos donde “el futuro repite el pasado”, al contrario, se infieren comportamientos que presentan diferencias (notables o no) con base a comportamientos ocurridos (Andrade et al., 2001). El comportamiento del sistema está en función de una estructura causal responsable del devenir. Por medio de la abstracción y comprensión de los detalles del fenómeno se refleja la opinión de los expertos (mapas mentales del sistema) vinculados al objeto de análisis (González, 1998) en un modelo, con el cual se realiza una interacción simulada. Un aspecto clave es mantener la

simplicidad del modelo en un principio y conforme avanza su desarrollo por prototipos de complejidad y cobertura creciente, ganar detalle hasta cumplir con el propósito estipulado. Esta etapa de modelado y simulación se efectuó con la metodología de los cinco lenguajes planteada por el grupo SIMON de investigación en el libro Pensamiento Sistémico.

Iniciar el proceso de modelado estructural con la metodología de los cinco lenguajes (ver Figura 2), supone en un principio formalizar el fenómeno: una concepción del riesgo HTA (lenguaje en prosa como instrumento dispuesto al pensamiento abstracto), a partir de este primer modelo mental y con base a la revisión bibliográfica (literatura proporcionada sobre HTA por parte de los expertos), obtenemos otra percepción y acercamiento al fenómeno, que implica su interpretación y organización del material dispuesto, conduciendo a los diagramas de influencia (diagramas causales) y a los diagramas de flujo-nivel, una representación más gráfica de las relaciones causales entre los factores que inducen el HTA, ciclos de realimentación, retrasos y demás procesos; bien se ha representado gráficamente el primer prototipo, también es importante la representación matemática de este, ver la estructura causal como un sistema de ecuaciones diferenciales, un sistema del que podemos simular el comportamiento producido por el fenómeno, un semejanza cualitativa más que cuantitativa.

Figura 2. Modelado y simulación con la Dinámica de Sistemas – Metodología de los 5 lenguajes.



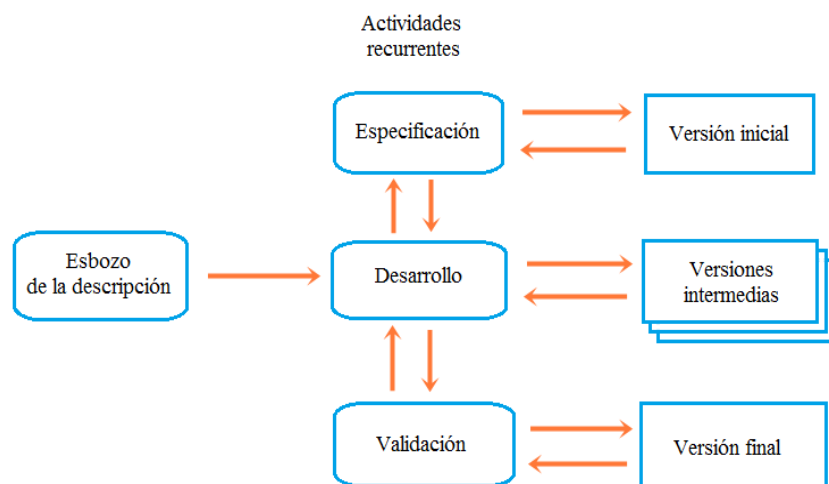
Fuente: ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, et al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad. Bucaramanga, Colombia: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2001

Con este sistema de lenguajes y a medida que avanza el desarrollo por prototipos (3 prototipos) hasta el modelo final, se harán las mejoras en cada iteración, cada prototipo sujeto a comentarios y verificación, ganando detalle y complejidad de manera gradual y progresiva. La interacción constante con el modelo facilita el planteamiento de diferentes escenarios futuros, algunos de estos podrían servir como políticas de negociación médico-paciente en pro de la disminución del riesgo HTA, además permite la transformación constante de los modelos mentales.

## 5.2 Metodología para el ambiente software – Modelo evolutivo

El proceso de diseño y desarrollo de software se orienta en este trabajo de grado a propuestas de diseño iniciales, que se van refinando conforme se analiza y comprenden los conflictos del diseño. Esto, haciendo uso de la metodología iterativa (evolutiva) que permite el diseño, desarrollo y refinamiento de versiones cada vez más complejas (trabajando simultánea y conjuntamente las etapas de especificación, desarrollo y validación), exponiéndolas a comentarios por parte del usuario hasta obtener un producto final (versión adecuada a las necesidades del usuario).

Figura 3. Metodología iterativa para el desarrollo de la interfaz.



Fuente: SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del Software. España: Pearson Education, S.A., Madrid, 2005.

El desarrollo del ambiente software de simulación estará guiado por las metodologías anteriormente mencionadas; con un modelo de simulación con DS que permita simular la tendencia aproximada de la hipertensión arterial, operado desde una interfaz de usuario. Teniendo en cuenta la complejidad creciente de cada prototipo, se desarrollarán dos versiones y una versión final del software. La primera versión se realizará paralelamente con los modelos de simulación 1, 2 y 3 para dar forma al ambiente informático, una segunda versión será en base al prototipo final del modelo de simulación. Finalmente, con el propósito de apreciar la operatividad por parte del paciente se realiza una prueba de receptividad con UISALUD, obteniendo como resultado de este proyecto un ambiente informático para el fortalecimiento de la interacción médico- paciente en la toma de decisiones para la intervención de factores de riesgo de hipertensión arterial.

## 6. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS

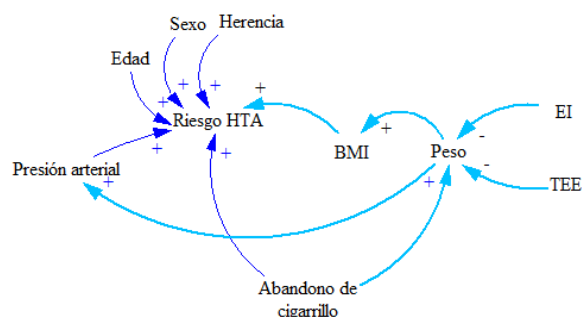
Dado que la hipertensión arterial es una enfermedad silenciosa no hay reconocimiento por parte del paciente de la naturaleza de la enfermedad y las implicaciones del compromiso de asumir un modo de vida u otro, solo hay una manifestación al problema cuando ya lo afecta. ¿Cómo puede el paciente ser consciente de su estado de salud y su expectativa de vida a futuro?

El modelo construido con DS servirá como herramienta de predicción cualitativa de apoyo en la experimentación controlada, donde los efectos de los diferentes factores de riesgo HTA pueden ser probados, permitiendo al médico sugerir apropiadamente recomendaciones para la modificación del estilo de vida del paciente y cambiando sus modelos mentales sobre esta afección que no es producto ni consecuencia de un factor aislado; generalmente un paciente presenta una combinación de factores que aumentan y potencian el riesgo, por eso el aprendizaje sobre la modificación de factores conductuales propician la prevención primaria.

El desarrollo del modelo se llevó a cabo por prototipos de cobertura y complejidad creciente, siguiendo el enfoque metodológico de la dinámica de sistemas guiado por la concepción de los 5 lenguajes desarrollado en el grupo SIMON de modelado y simulación. En cada prototipo se van desagregando y dinamizando variables y realizando pruebas de validación y verificación respectivas; todos los modelos, mentales o formales, están limitados, son representaciones simplificadas del mundo real, ellos difieren de la realidad en aspectos grandes y pequeños, infinitos en número (Andrade et al., 2001).

El fenómeno riesgo HTA representado en diagrama de influencias puede ser observado en la figura 3. El reconocimiento de las influencias mutuas, directas o indirectas se manifiesta por el uso del modelo, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Diagrama de influencias riesgo de hipertensión arterial.





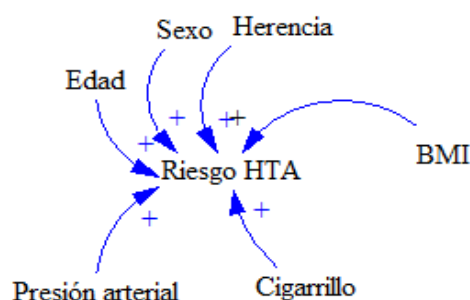
**6.1.1 Propósito** El objetivo de este primer prototipo es mostrar cómo el riesgo de padecer hipertensión arterial (HTA) se ve afectado tanto por factores de riesgo modificables como no modificables.

### 6.1.2 Restricciones

- En este primer prototipo los datos de entrada al modelo no presentan cambios a lo largo de la simulación, dado que al igual que en el índice framingham, se extrapolan los valores numéricos referentes a los factores de riesgo HTA (suposición que el curso de los acontecimientos continuará en el futuro) (Heidelbaugh, 2015).
- Factores sociales, económicos, culturales y políticos que pueden llegar a inducir el riesgo de padecer HTA no son tenidos en cuenta en el desarrollo de este primer prototipo.
- Existe una tendencia de pérdida de estatura (Las personas típicamente pierden alrededor de 1 a 2 centímetros por década (Gil, Maldonado y Martínez de Victoria, 2010)), sin embargo, este factor se mantendrá constante en todo momento de la simulación.

**6.1.3 Lenguaje en prosa y diagrama de influencias** Los factores de riesgo que inducen la HTA mantienen una relación causal significativa con el aumento del riesgo, es por ello que la comprensión y conocimiento de estos factores son útiles para promover formas de vida saludable, pero no suficientes. El paciente se enfrenta a prohibiciones y recomendaciones de las que desconoce los beneficios, deberá ir experimentando cambios en su estilo de vida mediante un acompañamiento médico, siguiendo un proceso diferente en cada paciente.

Figura 6. Diagrama de influencias para el primer prototipo.



Los límites (restricciones) para la especificación de los escenarios se describen a continuación:

- Sexo: Hombre o mujer.
- Edad: desde 20 hasta 90 años; en las personas sin HTA, el riesgo absoluto de accidente cerebrovascular aumenta con el curso del tiempo hasta alrededor de la edad de 90 años, cuando el riesgo absoluto viene a ser el mismo que el de las personas con hipertensión (NHI).
- Herencia: Tres diferentes tipos de herencia; uno de los padres, ambos padres o ninguno.
- Presión sistólica: Entre 50 y 140 mmHg.
- Presión diastólica: Entre 30 y 90 mmHg.

Una presión sistólica de 120 mm de Hg por encima de una presión diastólica de 80 mm de Hg se considera generalmente normal. Una presión sanguínea elevada persistentemente mayor de 140 sobre 90 conduce a un diagnóstico de enfermedad llamada hipertensión (OMS, 2013).

- Cigarrillo: Paciente fumador o no fumador.
- Altura: 1,2 a 2,1 metros. Además la altura se considera constante debido a que el paciente ya pasó por su etapa de desarrollo (0 a 20 años) y el modelo contempla aproximaciones del riesgo HTA a partir de los 20 años (CDC, 2000).
- Peso: 31,7 a 181,4 kilogramos.

**6.1.4 Modelo en lenguaje de flujos y niveles** Acorde a las relaciones causales entre los factores de riesgo y la HTA se realizó la representación del modelo en el lenguaje de flujos y niveles, definiendo el sector riesgo de padecer HTA para el primer prototipo, descrito a continuación:

Figura 7. Diagrama flujo-nivel – primer prototipo (para ver más en detalle, anexo A).



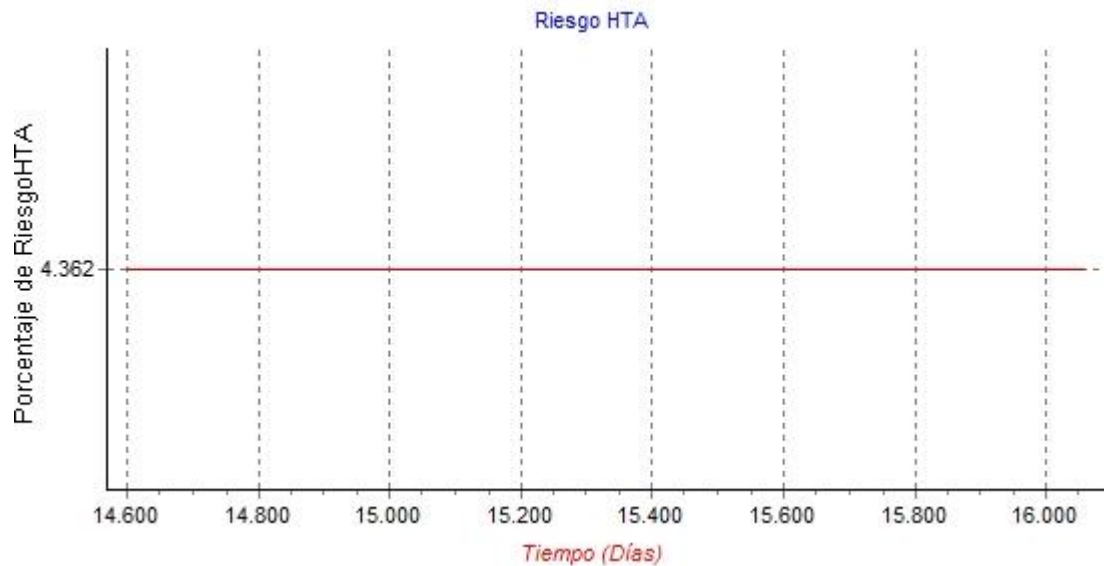
**6.1.6 Resultados de simulación y discusión** Dado el carácter formativo que pretendemos para el modelo, se tendrá en cuenta que cada año a partir del inicio de la simulación, se dispondrá de un control anual del paciente. Así, la aproximación cualitativa se da cada año (años tras año) según las condiciones del paciente en el momento.

Tabla 1. Escenario de referencia N°1.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Sexo	Masculino
Edad (años)	40
Altura (metros)	1.70
Peso (Kg)	100
Presión sistólica (mmHg)	130
Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Ninguno de los padres
Cigarrillo	No fumador

En base al primer prototipo construido se presentan los resultados de la simulación a un horizonte de tiempo a aproximadamente cuatro años, tomando de referencia el escenario propuesto en la Tabla 1.

Gráfica 1. Riesgo HTA dado el escenario de referencia N°1.



Dado el comportamiento lineal y constante del riesgo HTA en cada momento de la simulación, damos paso a la comparación índice Framingham y primer prototipo.

Figura 8. Riesgo HTA primer prototipo dada la simulación del escenario N°1.

X:T	R HTA
14600	4.36245409849124
14965	4.36245409849124
15330	4.36245409849124
15695	4.36245409849124

Figura 9. Riesgo HTA índice Framingham dada la simulación del escenario N°1.

4 Year Risk	0,194864493
2 Year Risk	0,093646824
1 Year Risk	0,04362549

Fuente: Framingham Heart Study, A Project of the National Heart, Lung, and Blood Institute and Boston University, (2016), Hypertension [En línea]. Disponible en: <http://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/hypertension/index.php>.

El riesgo HTA al término de un año será 4%, coherente a los datos suministrados; el comportamiento del riesgo en el primer prototipo se da al no ocurrir ningún cambio en los parámetros de entrada, el paciente no cambia su estilo de vida y

no se considera el cambio en la edad, tal cual lo hace el índice Framingham con la diferencia que éste potencia el riesgo al pasar los años.

La siguiente ecuación permite conceptualizar el cálculo del riesgo en el índice Framingham:

$$\text{Riesgo HTA} = 1 - \exp \left[ - \exp \left( \frac{\ln(4) - [22.94954 + \sum X\beta]}{0.87692} \right) \right]$$

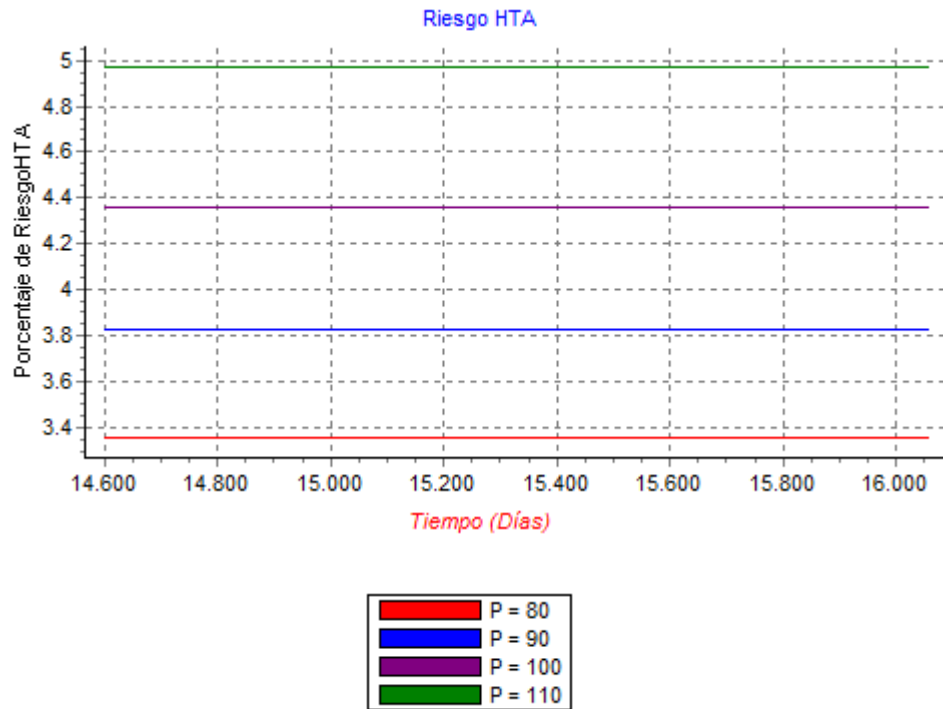
El modelo del riesgo de Framingham asigna diferentes pesos a cada uno de los factores de mayor riesgo (sexo, edad, tensión arterial, tabaquismo, IMC, antecedentes familiares), generando un estimado del riesgo de desarrollar HTA dentro de un determinado lapso de tiempo (Ln(1,2 y 4) años).

El planteamiento multifactorial de la HTA según el Framingham, considera que el comportamiento de los factores continuará en el futuro (extrapolación), por esa razón su cambio es lineal en toda la simulación. Al dinamizar variables como el peso y la edad, se va logrando una curva, resultado de las combinaciones en los acuerdos establecidos con el paciente.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el ejercicio de modelado se trabajó con la fórmula del Framingham para el riesgo de HTA, utilizando siempre el Ln(1), es decir, la proyección del riesgo siempre se hará a un año, haciendo posible en cada año la simulación con datos más aproximados a la realidad del paciente.

Al evaluar el riesgo HTA en función al comportamiento del peso, con el escenario de referencia N° 1 damos paso a la siguiente simulación por escenarios:

Gráfica 2. Riesgo HTA en función al cambio en el peso del paciente – primer prototipo.



De acuerdo a los resultados obtenidos es posible identificar que el aumento en peso del paciente eleva el riesgo de padecer HTA, esto puede ser inducido tanto por factores conductuales, sociales, económicos, etc. Los factores conductuales son determinantes a la hora propiciar un cambio en el riesgo, por ello pueden ser establecidas políticas que fomenten un cambio positivo en el estilo de vida del paciente, disminuyendo el riesgo (plan adecuado de dieta y ejercicio).

**6.1.7 Pruebas de validación** El presente prototipo requiere un conjunto de pruebas que validen la estructura causal planteada que intenta representar el comportamiento estructural subyacente del riesgo HTA, para ello usamos pruebas sugeridas por John Sterman en su libro Business Dynamics. Estas pruebas se presentan con mayor detalle en el Anexo B del presente documento.

## 6.2 Segundo prototipo

**6.2.1 Propósito** El objetivo de este segundo prototipo es mostrar cómo dietas altas en calorías, obesidad e inactividad física generan impacto directo en el riesgo de padecer HTA y cómo la interacción médico-paciente refuerza la comprensión, participación y compromiso a mantener una dieta que

aporte suficiente cantidad de energía, fomentando modos de vida saludables.

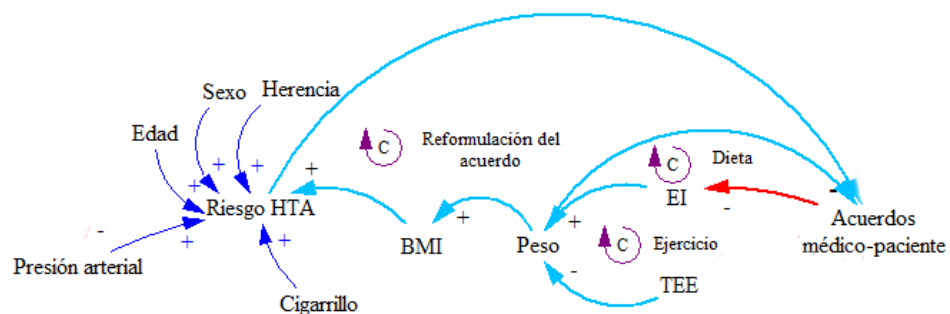
### 6.2.2 Restricciones

- El índice de actividad física y la ingesta de energía están sujetos a condicionamiento cualitativo, si bien es posible identificar cuatro tipos de comportamiento en el paciente: sedentario, poco activo, activo y muy activo; la estimación de estas conductas y la representación de las calorías diarias ingeridas por el paciente se hacen desde una perspectiva subjetiva del médico, dado el diálogo médico-paciente.

**6.2.3 Lenguaje en prosa y diagrama de influencias** Para este segundo prototipo se consideran cambios a través del tiempo de dos factores asociados a la HTA: Edad y peso del paciente. Una de las atribuciones de la prevalencia creciente de HTA es el envejecimiento (OMS, 2013), además, el peso de una persona es susceptible a cambios por dieta y ejercicio, modificando estos factores de riesgo relacionados con el comportamiento como la dieta alta en calorías y la inactividad física se puede minimizar la probabilidad de padecer HTA (OMS, 2013).

La prevención y control de la HTA son complejos y demanda colaboración de múltiples interesados, entre ellos los médicos con una labor importante: mostrar, aconsejar y sugerir apropiadamente acuerdos para la modificación de factores conductuales.

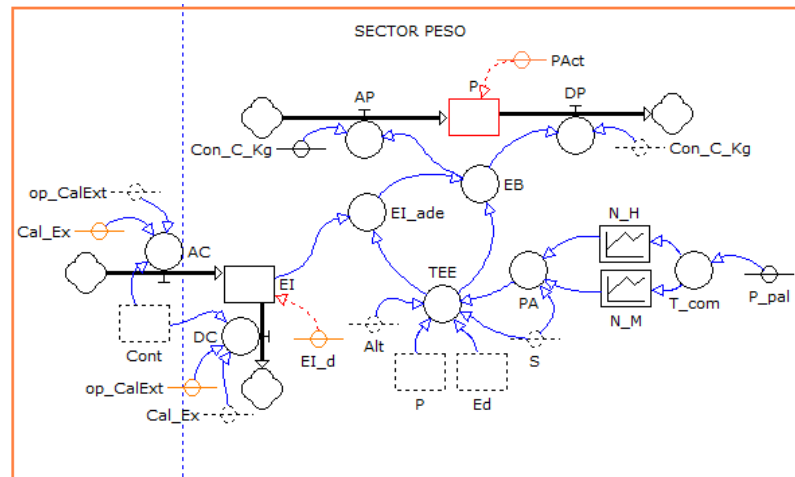
Figura 10. Diagrama de influencias para el segundo prototipo.





El sector riesgo de padecer HTA presenta cambios en los parámetros edad y peso, que ahora se representan con niveles, dado que ocurren cambios en sus valores que a su vez van modificando la variable del riesgo HTA.

Figura 12. Sector peso – segundo prototipo.



Este sector peso contiene la dinámica de la ingesta de energía (EI en la Figura 12) y el gasto energético (TEE en la Figura 12) del paciente. El comportamiento del peso fluctúa de acuerdo al balance energético (EB en la Figura 12), donde:  $EB = EI - TEE$ . El gasto total energético incluye el tipo de actividad realizada, termogénesis de los alimentos, termorregulación, edad, altura y sexo; la ingesta se representa por la cantidad de calorías que come el paciente en un día normal.

Se hace una distinción de cuatro tipos de comportamiento del paciente respecto al papel que juega la actividad física en su vida: Sedentario, poco activo, activo y muy activo.

**6.2.5 Modelo en lenguaje de ecuaciones y definición de variables** Las ecuaciones usadas en el segundo prototipo, con sus respectivas unidades pueden ser consultadas en el Anexo C del presente trabajo.

**6.2.6 Resultados de simulación y discusión** Nuevas deducciones, uso de políticas y toma de decisiones son posibles con este segundo prototipo; la construcción por prototipos fomenta la interacción con el fenómeno, que facilita el proceso de aprendizaje en este caso de los factores de riesgo que inducen la HTA.

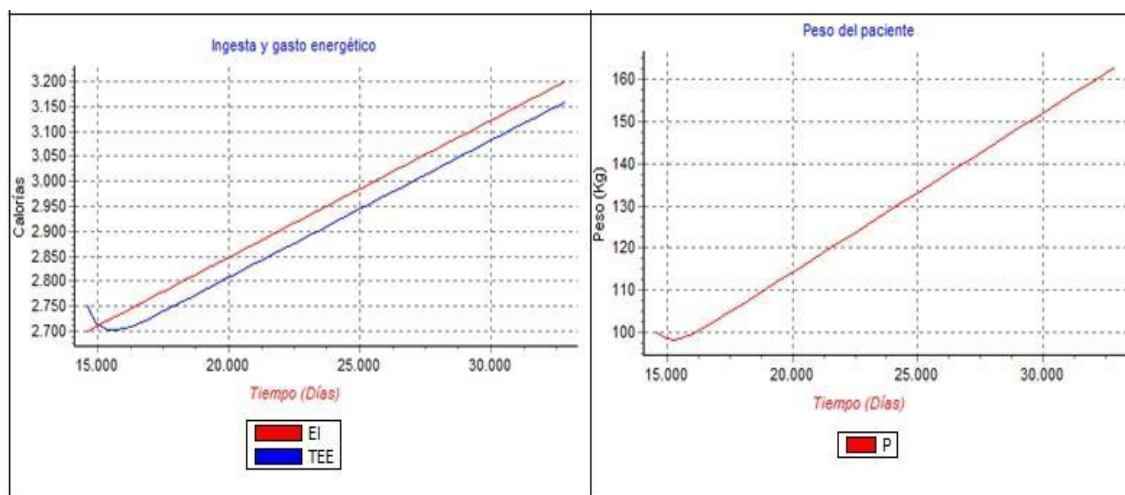
Tabla 2. Escenario de referencia N°2.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Sexo	Masculino
Edad (años)	40
Altura (metros)	1.70
Peso (Kg)	100
Presión sistólica (mmHg)	130
Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Ninguno de los padres
Cigarrillo	No fumador
Ingesta diaria (Kcal)	2700
Aumento Kcal/año	10
Actividad física	Sedentario

En el escenario de la Tabla 2 se hace referencia a un hombre adulto quién en su dieta diaria consume aproximadamente 2700 calorías, con un aumento de 10 calorías cada año, así el segundo año su consumo será de 2710 calorías todos los días del año, el tercer año 2720 calorías todos los días del año y así manteniendo este supuesto de aumento de calorías hasta el final de la simulación a los 90 años donde alcanza a consumir 3200 calorías.

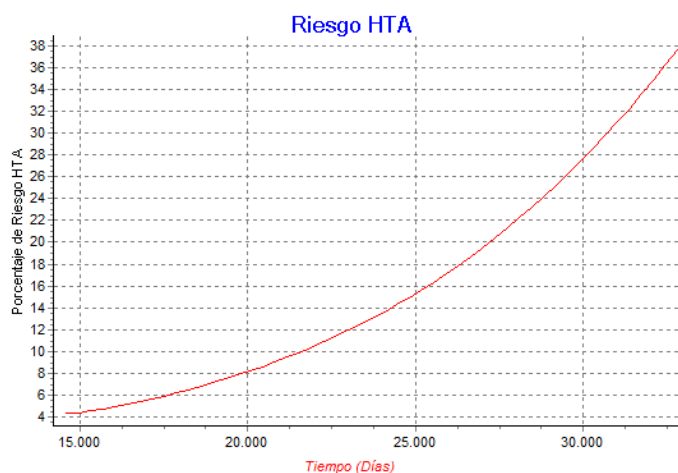
Las simulaciones presentadas a continuación se realizaron con el escenario de referencia N°2.

Figura 13. Comparación de ingesta y gasto energético y peso del paciente – segundo prototipo.



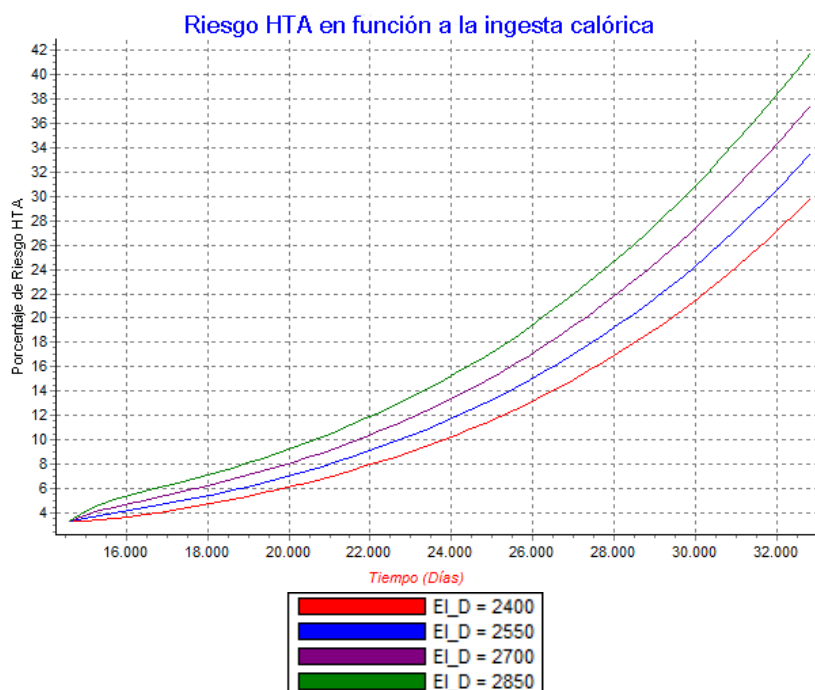
Para un hombre de 40 años con sobrepeso (100 Kg) mantiene con el paso del tiempo aumento en la ingesta calórica llegando a 163 Kg (dieta con alto valor calórico) a los 90 años, este aumento del peso subyace en la ingesta diaria y el gasto energético, como se observa en la gráfica de la parte izquierda de la Figura 13 donde en la mayor parte del tiempo la ingesta de energía supera el gasto. El gasto total energético por parte del paciente incluye el tipo de actividad realizada, termogénesis de los alimentos, termorregulación, edad, altura y sexo (Trumbo, 2002). Por otro lado, el aumento de ingesta calórica, manteniendo un estilo de vida sedentario aumenta el peso del paciente, aumentando así el exceso de grasa, dando a paso a complicaciones como la hipertensión arterial. Incluso pequeñas reducciones de peso (por dieta y ejercicio) conlleva beneficios para la salud.

Gráfica 3. Riesgo HTA dado el escenario de referencia N°2.



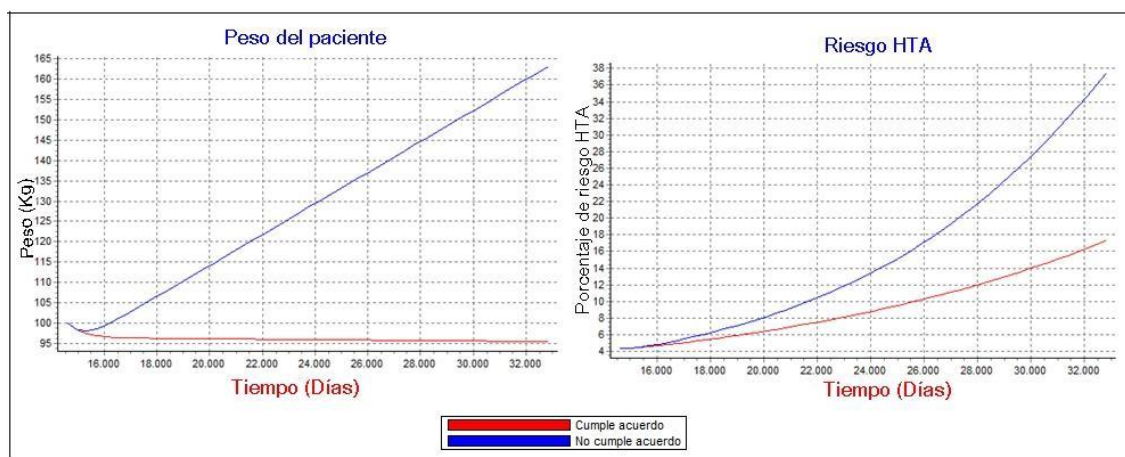
El riesgo HTA alcanza el 37.46%, donde los factores que están potenciando el riesgo es el IMC; con el aumento del peso y los cambios debidos al envejecimiento que aumenta constantemente el riesgo. La ingesta calórica debe estar en consonancia con el gasto calórico.

Gráfica 4. Riesgo HTA para la ingesta calórica en aumento – segundo prototipo.



Niveles elevados de ingestas calóricas (dieta con alto valor calórico) repercuten en riesgo HTA incrementándolo. Si bien la hipertensión arterial se ve afectada por el envejecimiento, el sexo y la herencia, la probabilidad de padecer hipertensión puede minimizarse controlando otros factores de riesgo.

Figura 14. Riesgo HTA en función a la decisión tomada por el paciente – segundo prototipo.



La sensibilización sobre la dieta juega un papel importante en la prevención primaria de esta afección. Como se observa en la Figura 14 tomar la decisión de reducir la ingesta calórica repercute positivamente en el riesgo, llegando a 17.32% mientras el aumento continuo en el peso 37.46% al final de los 90 años del paciente. Los datos científicos indican que las grasas no deberían superar el 30% de la ingesta calórica total para evitar un aumento de peso (OMS, 2013).

**6.2.7 Pruebas de validación** De la misma forma como en el primer prototipo fue evaluado pruebas sugeridas por John Sterman en su libro Business Dynamics, se procede a realizar la evaluación estructural del segundo prototipo con el objetivo de corroborar su estructura y validar su robustez frente al propósito bajo el cual fue construido. Estas pruebas se presentan con mayor detalle en el Anexo D del presente documento.

### 6.3 Tercer prototipo

**6.3.1 Propósito** La finalidad de este tercer prototipo es mostrar cómo el sedentarismo y la falta de ejercicio físico contribuyen al aumento de peso y cómo la interacción médico-paciente refuerza la comprensión, participación y compromiso a realizar regularmente ejercicio, promoviendo la actividad física. Además profundiza en uno de los efectos del abandono del cigarrillo: el aumento del peso en el paciente.

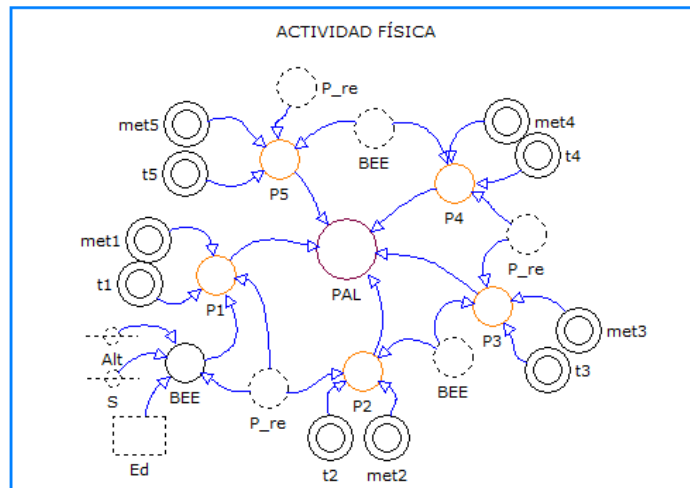
#### 6.3.2 Restricciones





cambios en sus valores que a su vez van modificando la variable del riesgo HTA, además hay una distinción del riesgo por sexo del paciente. En el sector peso ahora es posible incorporar una decisión: si el paciente reduce la ingesta calórica a un año, dos o más años.

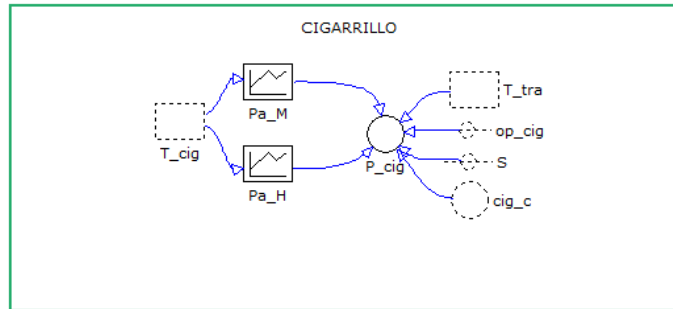
Figura 17. Sector actividad física – Tercer prototipo.



El gasto energético correspondiente a la actividad física se promedia a partir de cinco actividades representativas del día (P1, P2, P3, P4 Y P5 en la Figura 17), para cada actividad o tarea diaria se ha establecido un múltiplo de la tasa metabólica en reposo (MET) (Ainsworth et al., 2000). Esta medida, junto con la tasa metabólica en reposo facilita un acertado cálculo del nivel de actividad física (PAL) (Shirley, Wenyen y Basiotis, 2006).

Cuando decimos que una persona está haciendo un ejercicio o actividad con una intensidad de 10 MET's significa que está ejerciendo una intensidad 10 veces mayor de lo que haría en reposo. El valor en MET's para algunas actividades se pueden consultar en el Anexo E del presente documento.

Figura 18. Sector cigarrillo – Tercer prototipo.



La ganancia de peso está asociada con dejar de fumar y siendo diferente para hombres y mujeres, dado este vínculo, en este prototipo se tiene en cuenta si el paciente es fumador y en qué momento deja de fumar. Los beneficios para la salud de dejar de fumar generalmente exceden los riesgos asociados con las cantidades de peso ganado (Pardell, Armario y Hernández del rey, 2003).

Las mujeres que dejaron de fumar ganaron aproximadamente 8.7 Kg en cinco años; 60% de esta ganancia durante el primer año y el 40% durante los 4 años restantes. Los hombres por su parte ganaron un promedio de 7.6 kilogramos en cinco años; 64% de la ganancia en el primer año y el 36% restante durante los cuatro años restantes (O'Hara et al., 1998).

**6.3.5 Modelo en lenguaje de ecuaciones y definición de variables** Las ecuaciones usadas en el tercer prototipo, con sus respectivas unidades pueden ser consultadas en el Anexo F del presente trabajo.

**6.3.6 Resultados de simulación y discusión** Dada nuestra propia forma, muy personal y única de captar la realidad, la construcción de este tercer prototipo afianza el conocimiento y aprendizaje en el fenómeno, generando discusión e interés sobre nuevas políticas y decisiones sobre los factores que inducen el HTA, como dieta y ejercicio.

Tabla 3. Escenario de referencia N°3.

Variable	Valor
Edad (años)	40
Altura (metros)	1.60
Peso (Kg)	80

Presión sistólica (mmHg)	130
Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Ninguno de los padres
Cigarrillo	No fumador
Ingesta diaria (Kcal)	2300
Aumento Kcal/año	15
Actividad física	Sedentario

En este escenario de referencia se hará una comparación el riesgo en hombres y mujeres, por lo tanto no se ha incluido en la Tabla 3. Las simulaciones siguientes tendrán un horizonte de tiempo a 90 años y toman como base el escenario de referencia de la Tabla 3.

Gráfica 5. Riesgo HTA – Comparación hombre y mujer.



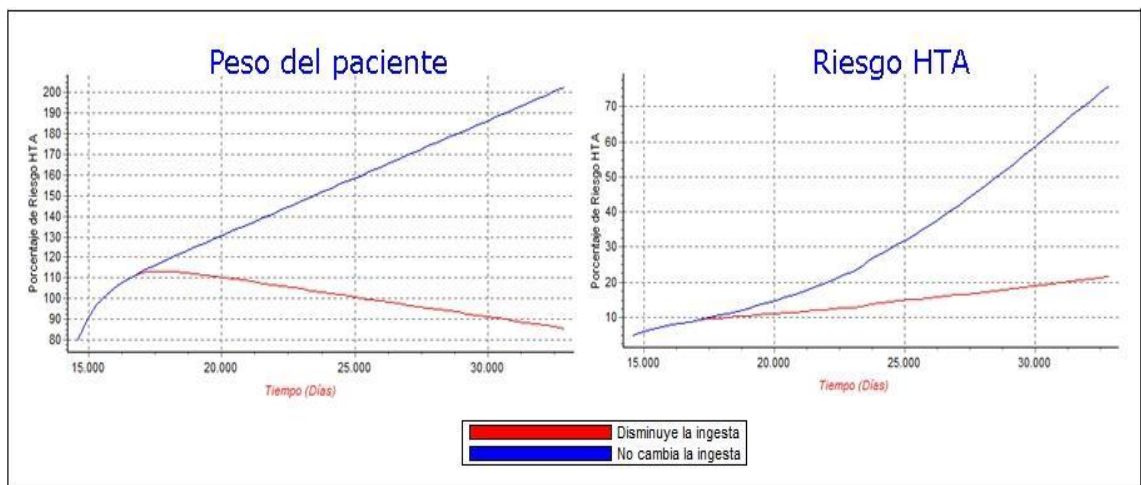
La prevalencia global de hipertensión es mayor en las mujeres que en los hombres, pero varía con la edad. Basándose en los datos de la National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), antes de la edad de 45 años, más mujeres que hombres presentan hipertensión. Entre los 45 y los 64 años de

edad, los hombres y las mujeres tienen una prevalencia de hipertensión similar, pero desde los 65 años en adelante, las mujeres muestran una mayor prevalencia de hipertensión que los hombres (Gulati y Bairey, 2015).

Dada la asociación de un riesgo mayor HTA en las mujeres, más una alta ingesta calórica y el sedentarismo potencian el índice de riesgo. Para el escenario de referencia N°3, el 75,91% representa el riesgo de HTA a los 90 años en la mujer frente a un 34,03% en el hombre, ambos bajo las mismas condiciones.

Si bien el riesgo asociado a la edad es un factor no modificable, promover desde la interacción médico-paciente la conciencia y el conocimiento general acerca de la influencia del régimen alimentario y de la actividad física en la salud ayudarán a disminuir y controlar el riesgo de padecer HTA.

Figura 19. Riesgo HTA en función a la decisión del paciente (disminuir ingesta calórica) – tercer prototipo.

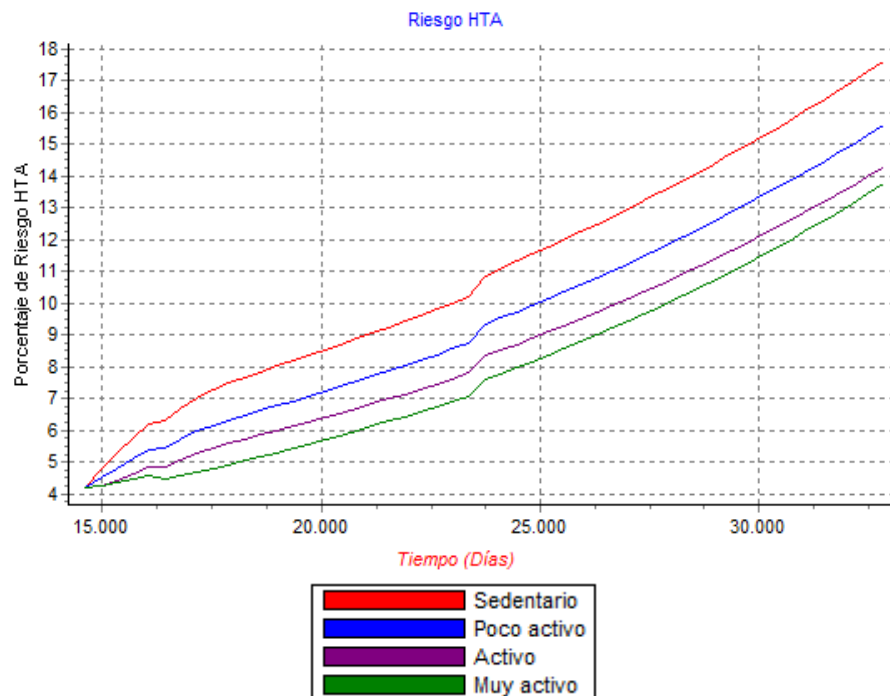


En base a la Figura 19, una mujer de 40 años, inicialmente con peso de 80 Kg potencia su riesgo al aumentar el peso de manera constante, llegando al 75,91% de riesgo. La decisión de cambiar su dieta en 6 años (46 años en la paciente) disminuyendo la ingesta diaria conlleva a cambios positivos, el riesgo HTA decrece a 21,59%.

En la discusión médico-paciente, observar una aproximación del cambio en el riesgo referente a si se realizan cambios en el estilo de vida ayuda a crear

conciencia del cómo la decisión de disminuir la ingesta calórica a repercute positivamente en su bienestar físico.

Gráfica 6. Riesgo HTA en función a la actividad física – tercer prototipo.



El descenso de la actividad física se debe parcialmente a la inacción durante el tiempo de ocio y al sedentarismo en el trabajo y en el hogar (OMS, 2013) Es importante tomar medidas tanto individuales como sociales adoptando políticas para promover y facilitar la actividad física, por ello una de estas medidas individuales apoyada con la interacción médico-paciente es concientizar y mostrar al paciente como avanza su riesgo siguiendo un estilo de vida sedentario. El aumento en la actividad física debe ser paulatino y en acuerdo con el médico.

**6.3.7 Pruebas de validación** Pruebas a cada prototipo son necesarias en busca de fallas del modelo, con el objetivo de validar su utilidad en la guía del estudio del fenómeno.

Así como el segundo prototipo, este tercer prototipo fue evaluado con pruebas sugeridas por John Sterman en su libro Business Dynamics; evaluando la estructura, horizonte de tiempo, alcance del modelo y más pruebas señaladas y

aplicadas; por ello el significado y motivo para realizarlas ya fue explicado en los prototipos anteriores y no será necesario hacerlo para el presente prototipo ni para el siguiente (cuarto y último) prototipo. Estas pruebas se presentan con mayor detalle en el Anexo G del presente documento.

## **6.4 Cuarto prototipo**

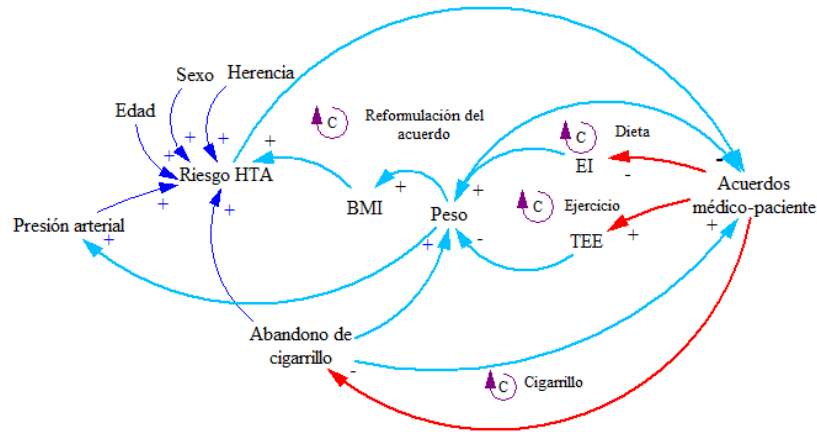
**6.4.1 Propósito** El fin de este prototipo final (de más complejidad) es refinar detalles del tercer prototipo, incluyendo además la asociación del peso con la presión arterial. En su conjunto, este modelo propicia las bases para el aprendizaje de cómo y cuáles efectos benéficos de programas de modificación del estilo de vida; desde un enfoque dinámico.

### **6.4.2 Restricciones**

- Estudios sobre los efectos de la nicotina en particular y del humo del tabaco sobre la presión arterial son ya conocidos, aun así difieren unos de otros. Para este caso de estudio en particular esta correspondencia no ha sido representada.

**6.4.3 Lenguaje en prosa y diagrama de influencias** No sólo la hipertensión es más frecuente en personas obesas que en personas con peso normal, sino que el aumento de peso en los jóvenes es un potente factor de riesgo para el desarrollo de la hipertensión (Poirier, 1997), en vista de ello, esta relación es representada en este prototipo final.

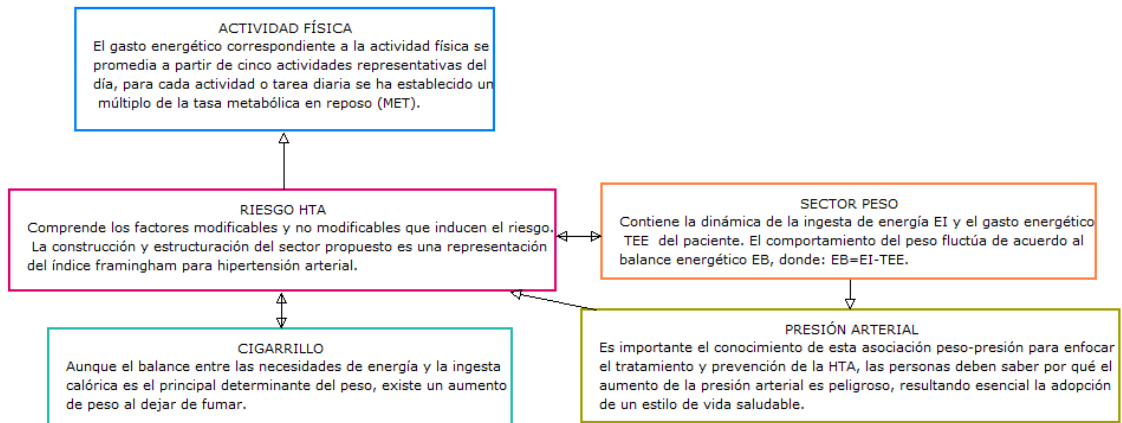
Figura 20. Diagrama de influencias para el cuarto prototipo.



La mayoría de los pacientes con alta presión sanguínea tienen sobrepeso (Poirier, 1997), de ahí que en el presente se estén implementando estrategias de concientización sobre la importancia de mantener una dieta balanceada y realizar actividad física; los pacientes deben afrontar muchos desafíos para lograr la pérdida de peso, incluyendo el aprendizaje de un cierto conjunto de habilidades y comportamientos.

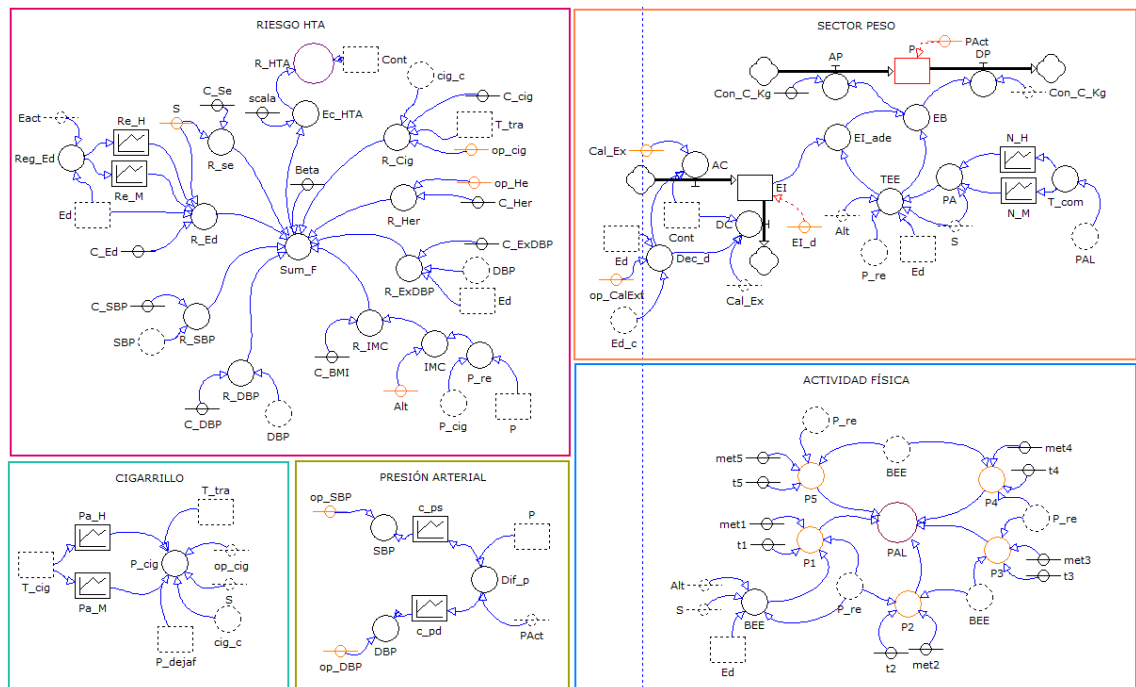
**6.4.4 Modelo en lenguaje de flujos y niveles** La estructura del modelo consta de cinco sectores: Riesgo HTA, peso, presión arterial, cigarrillo y actividad física, cada uno de ellos mejoran el entendimiento acerca del fenómeno que se está representando y permiten la interacción con un ambiente de aprendizaje controlado. La relación entre cada uno de los sectores mencionados anteriormente puede ser observada en el mapa de sectores de la Figura 20.

Figura 21. Mapa de sectores – Cuarto prototipo.



Respecto al tercer prototipo, se agregó el sector presión arterial. La representación del modelo en el lenguaje de flujos y niveles se presenta a continuación:

Figura 22. Diagrama flujo- nivel – Cuarto prototipo.



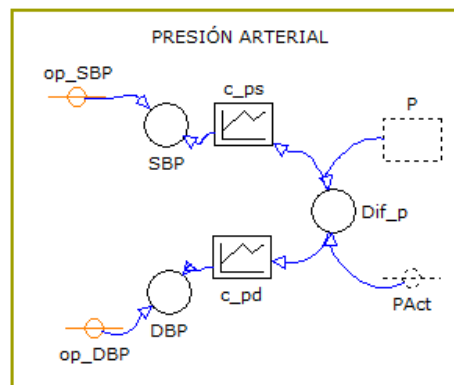
El sector riesgo de padecer HTA presenta un cambio importante en cuanto a la relación del riesgo asociado a la edad, el envejecimiento produce modificaciones en la anatomía y fisiología que favorecen el desarrollo de hipertensión arterial (Satín, 1999). De esta forma, con la carga del envejecimiento y con el mismo

razonamiento del tercer prototipo sobre la presencia de hipertensión en hombres y mujeres (antes de la edad de 45 años, más mujeres que hombres presentan hipertensión. Entre los 45 y los 64 años de edad, los hombres y las mujeres tienen una prevalencia de hipertensión similar, pero desde los 65 años en adelante, las mujeres muestran una mayor prevalencia de hipertensión que los hombres (Gulati y Bairey, 2015) se construye una nueva aproximación del riesgo por edad.

En el sector cigarrillo se han cambiado las tablas que evidenciaban la ganancia de peso en kilogramos asociada a dejar de fumar, por una mejora aproximación; tablas con porcentaje de peso ganado desde que se deja de fumar. Estas tablas pueden ser consultadas en el anexo H del presente documento.

#### 6.4.4.1 Sector presión arterial

Figura 23. Sector presión arterial – Cuarto prototipo.

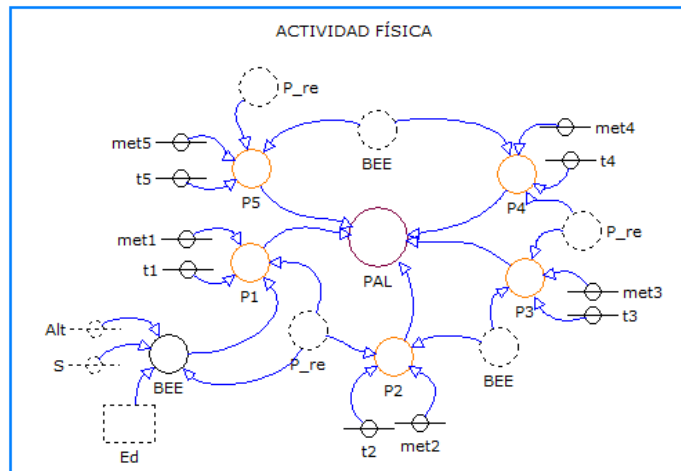


Un aumento de 10 kg en el peso está asociado con una elevación de la presión sistólica (PAS) en 3,0 mmHg y la presión arterial diastólica (PAD) de 2,3 mm Hg (Poirier, 1997), y una reducción media de 5,1 kg mediante representa una reducción significativa de la PAS de 4,44 mmHg y una reducción significativa de la PAD de 3,57 mmHg (Neter et al., 2003).

Es importante el conocimiento de esta asociación peso-presión para enfocar el tratamiento y prevención de la HTA, las personas deben saber por qué el aumento de la presión arterial es peligroso, resultando esencial la adopción de un estilo de vida saludable.

#### 6.4.4.2 Sector actividad física

Figura 24. Sector actividad física – Cuarto prototipo.



El cambio de las variables exógenas que representaban los MET's (met1, met2, met3, met4 y met5 en la Figura 24) y la duración (t1, t2, t3, t4 y t5 en la Figura 24) de cada actividad por parámetros, posibilita que desde la interfaz software construida en el presente proyecto, se conecten los datos capturados hacia el modelo para el cálculo del nivel de actividad física.

**6.4.5 Modelo en lenguaje de ecuaciones y definición de variables** Las ecuaciones usadas en el cuarto prototipo, con sus respectivas unidades pueden ser consultadas en el Anexo H del presente trabajo.

**6.4.6 Resultados de simulación y discusión** Los modelos son útiles para debatir y dar sustento a intuiciones y como ocurre con las enfermedades no transmisibles, la sensibilización ayuda a la detección temprana. Se espera entonces, que mediante la experimentación simulada del estado actual del paciente y de escenarios definidos por diversas estrategias de prevención, se logre tomar conciencia del riesgo HTA.

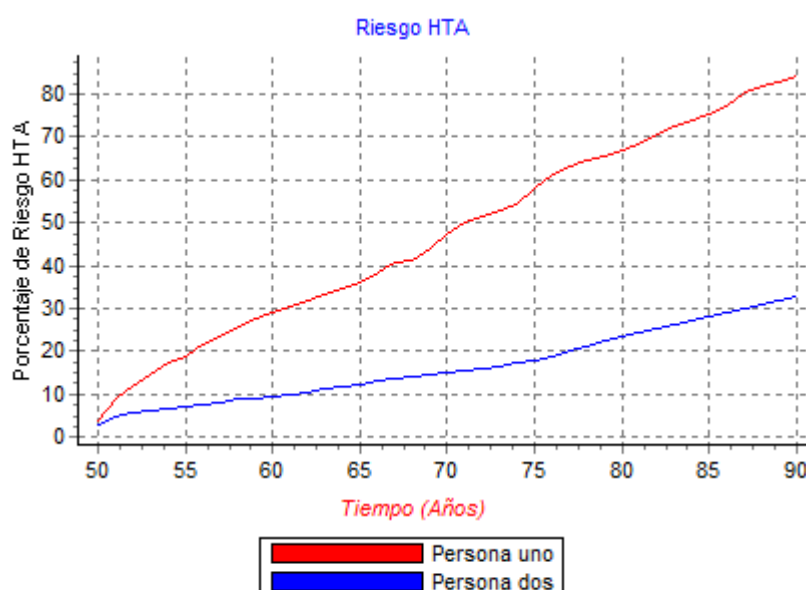
Tabla 4. Escenarios de referencia N°4    Tabla 5. Escenarios de referencia N°5

Variable	Valor	Variable	Valor
Sexo	Mujer	Sexo	Mujer

Edad (años)	50	Edad (años)	50
Altura (metros)	1.60	Altura (metros)	1.60
Peso (Kg)	60	Peso (Kg)	60
Presión sistólica (mmHg)	120	Presión sistólica (mmHg)	120
Presión diastólica (mmHg)	80	Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Uno de los padres	Herencia	Uno de los padres
Cigarrillo	Fumadora	Cigarrillo	No fumadora
Ingesta diaria (Kcal)	2000	Ingesta diaria (Kcal)	2000
Aumento Kcal/año	2	Disminución Kcal/año	4
Actividad física	Sedentaria	Actividad física	Activa

El escenario de referencia N°4 (persona uno) representa a una mujer que no hace ejercicio y además va aumentando cada año su ingesta calórica, adicionalmente es fumadora; lo contrario ocurre con la mujer del escenario de referencia N°5 (persona dos) que no fuma, va disminuyendo su ingesta calórica y además es activa físicamente.

Gráfica 7. Riesgo HTA – cuarto prototipo.

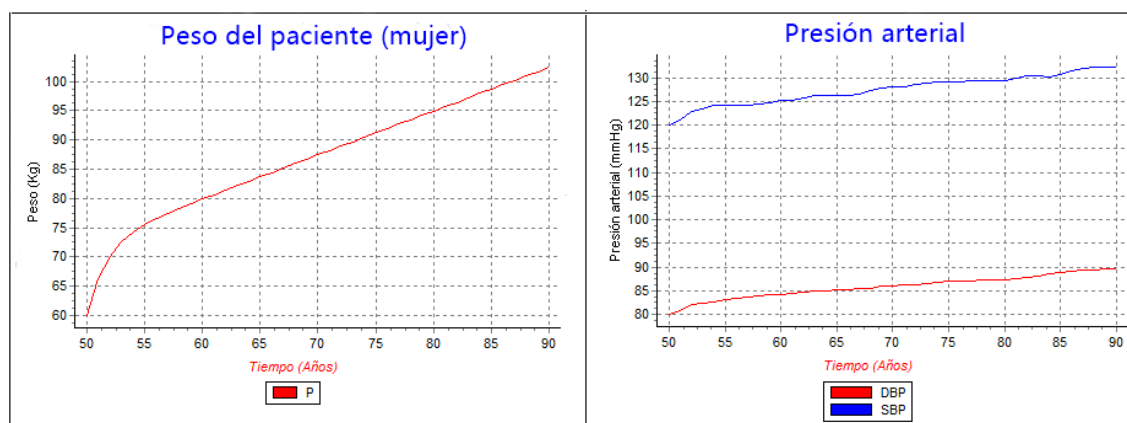


Las dos personas (uno y dos) al inicio de la simulación tienen un IMC dentro de un nivel adecuado, se observa como cambios en los hábitos producen cambios significativos.

Más allá de que la persona dos no fuma, hace ejercicio y mantiene una dieta que suple solo un poco más de sus necesidades; presenta historia familiar de enfermedad arterial por uno de sus padres, lo cual repercute en el riesgo donde llega a 30,42%. En contraste a esto la persona uno exhibe alto riesgo, 84,07% al final de la simulación, esto porque su ingesta sobrepasa los límites de energía requeridos y además su falta de ejercicio físico favorece la ganancia de peso.

Para examinar con más detenimiento la situación de la persona uno, se presentan las simulaciones del peso y la presión arterial (ver Figura 25).

Figura 25. Simulación del peso y la presión arterial para la persona uno.



Entre el inicio y fin de la simulación (40 años) la persona uno ganó 56,57 Kg, a consecuencia de que sigue aumentando su ingesta calórica, que aunque parece poca (dos calorías de aumento cada día) impacta su salud y deriva en un gran aumento que eleva la presión arterial tanto sistólica como diastólica y que a su vez indica un incremento en el riesgo HTA.

La mayoría de los hipertensos no tienen síntomas (OMS, 2013), las personas deben ser estimuladas a realizar evaluación y control de los factores de riesgo HTA con el médico, ya que las recomendaciones sobre el mejoramiento de hábitos de vida hacen parte de cualquier estrategia de prevención a bajo costo y mínimo riesgo.

Los médicos de atención primaria desempeñan un papel importante en la detección y el tratamiento de la hipertensión, dado que el asesoramiento y seguimiento de los progresos del paciente permiten una mayor adherencia a un régimen alimenticio equilibrado, realizar ejercicio físico regularmente y no fumar, es decir, diálogos informativos (educación) resultantes de la interacción médico paciente es un proceso de aprendizaje, donde al cambiar los modelos mentales en el paciente este actúa mejor y cambia sus hábitos.

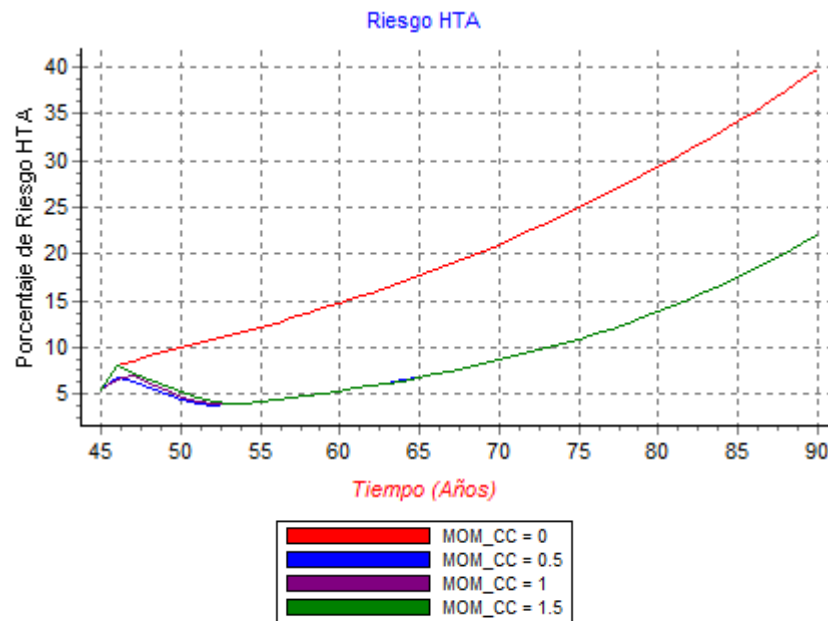
Tabla 6. Escenario de referencia N°6.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Sexo	Mujer
Edad (años)	45
Altura (metros)	1.67
Peso (Kg)	67
Presión sistólica (mmHg)	125
Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Ambos padres
Cigarrillo	Fumadora
Ingesta diaria (Kcal)	2000
Disminución Kcal/año	8
Actividad física	Poco activa

Resulta absolutamente esencial contemplar el abandono del consumo de cigarrillo, pero tomar la decisión de dejar de fumar depende de diferentes factores como motivación personal, grado de dependencia, disponibilidad de recursos de apoyo, entre otros; puesto que la abstinencia puede ser abrumadora. La dependencia de la nicotina es una fuerza biológica que empuja a los fumadores a suministrarse reiteradamente dosis de esta droga, por esto muy pocos consumidores de tabaco pueden dejar el hábito al primer intento (OMS, 2016).

Por medio de este cuarto prototipo y en base al escenario de referencia N°6 se evaluarán diferentes momentos en el que un paciente deja de fumar y cómo afecta esto en el riesgo.

Gráfica 8. Riesgo HTA en función al tiempo que se abandona el consumo de cigarrillo.



Se puede observar que la mujer del escenario N°6 quien no es totalmente sedentaria y además mantiene una dieta que se ajusta a sus requerimientos energéticos, es fumadora y además ambos padres padecen hipertensión. Tomar la determinación de dejar de fumar implica mejorías en su salud, pero esta decisión puede llevarle tiempo o podría no hacerlo.

Aunque el balance entre las necesidades de energía y la ingesta calórica es el principal determinante del peso, existe un aumento de peso al dejar de fumar. Pese a esto, dejar de fumar tiene efectos notoriamente positivos en el riesgo HTA tanto si la paciente prevé dejar este hábito en seis meses (azul en la gráfica 8), un año (morado en la gráfica 8), o año y medio (verde en la gráfica 8), en cambio no dejar de fumar implica (rojo en la gráfica 8) un riesgo que llega hasta 39.76% a sus 90 años.

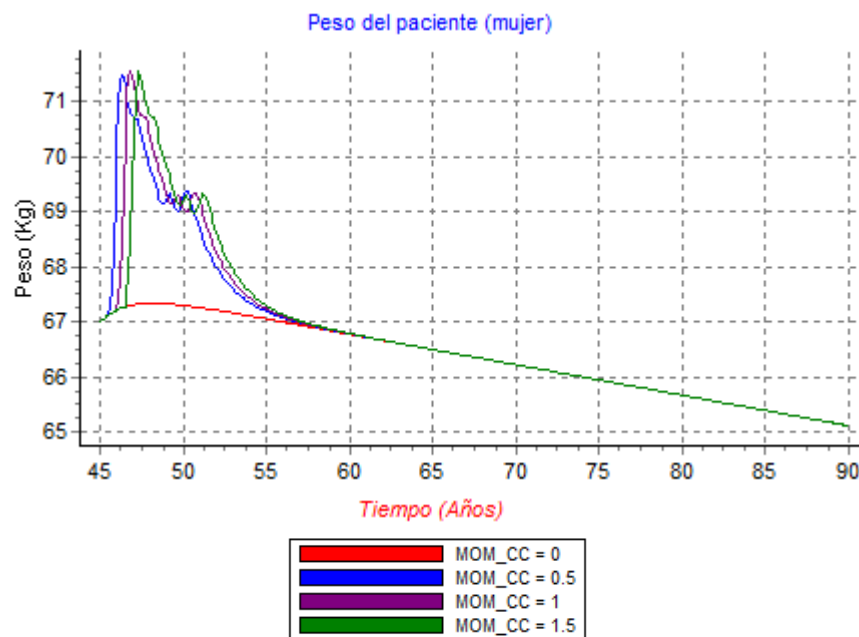
En la siguiente tabla se pueden observar los porcentajes de ganancia de peso, tanto para hombres como para mujeres desde el momento que se deja de fumar hasta los siguientes cinco años.

Tabla 7. Porcentaje de ganancia de peso en hombres y mujeres que abandonan el consumo de cigarrillo.

Año de seguimiento	Hombre	Mujer
1	6,16%	8,16%
2	6,67%	9,76%
3	7,39%	10,31%
4	8,32%	11,68%
5	9,39%	13,54%

**Fuente:** O'HARA, Peggy, et al. Early and late weight gain following smoking cessation in the lung health study, American Journal of Epidemiology, vol 148, Num 9, Noviembre 1998.

Gráfica 9. Peso de la paciente en función al tiempo que se deja abandona el consumo de cigarrillo.



El peso incrementa hasta un 13,54% del peso inicial del momento en el que dejó de fumar, (alcanzando 71,07 Kg) el cual baja debido a que su ingesta va disminuyendo y las necesidades energéticas sobrepasan ese valor calórico, mientras que si la paciente no deja de fumar no tendrá estos cambios en su peso.

Con el paso del tiempo esta persona logrará un balance de su peso y además bajar su riesgo HTA, adoptando modos de vida saludables, se trata de una cultura de la salud donde es fundamental conocer el alcance de la exposición los factores de riesgo como dieta, consumo de cigarrillo e inactividad física.

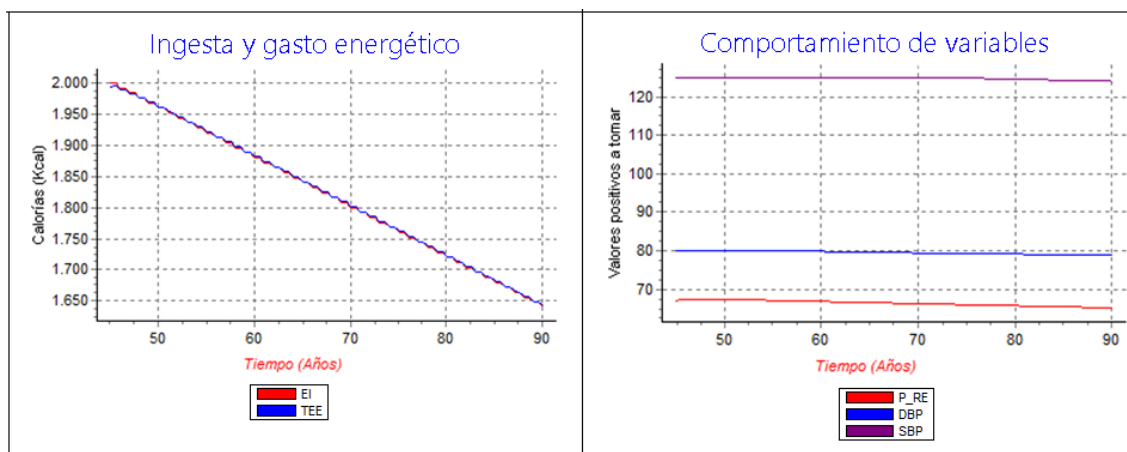
Sin importar las diferencias tanto sexuales (biológicas) como de género (socioculturales) en la HTA, donde las mujeres son más propensas a padecer esta enfermedad, fomentar la sensibilización pública es clave, el conocimiento de los daños que produce fumar, el sedentarismo y la mala alimentación, debe propiciar cambios urgentes y significativos en el modo de vida; la hipertensión y otros factores de riesgo de ECV como la diabetes a menudo aparecen juntos (OMS, 2013).

**6.4.7 Pruebas de validación** Modelar es un proceso iterativo de comunicación y una vez construido el último prototipo, se efectúan las pruebas necesarias para aprobarlo como el mejor modelo disponible de toma de decisiones e interacción médico paciente en la intervención de factores de riesgo HTA.

A continuación se observan los resultados para cada una de las pruebas aplicadas a la última versión del modelo y en base al escenario de referencia N°6 (la prueba de condiciones extremas es la única que se realiza bajo otro escenario).

- **Evaluación de la estructura** Para esta prueba se seleccionaron cinco variables auxiliares representativas: ingesta calórica, gasto energético, presión sistólica y presión diastólica y el peso.

Figura 26. Simulación variables y niveles cuarto prototipo – Prueba de estructura.



El comportamiento obtenido de las simulaciones de las variables escogidas arroja resultados acordes al escenario de referencia; la disminución del peso como consecuencia del decrecimiento en la ingesta y el gasto, además se observa un descenso en las presiones tanto sistólica como diastólica, en consonancia a la asociación con el peso. En efecto, los resultados son coherentes con el comportamiento estudiado del fenómeno.

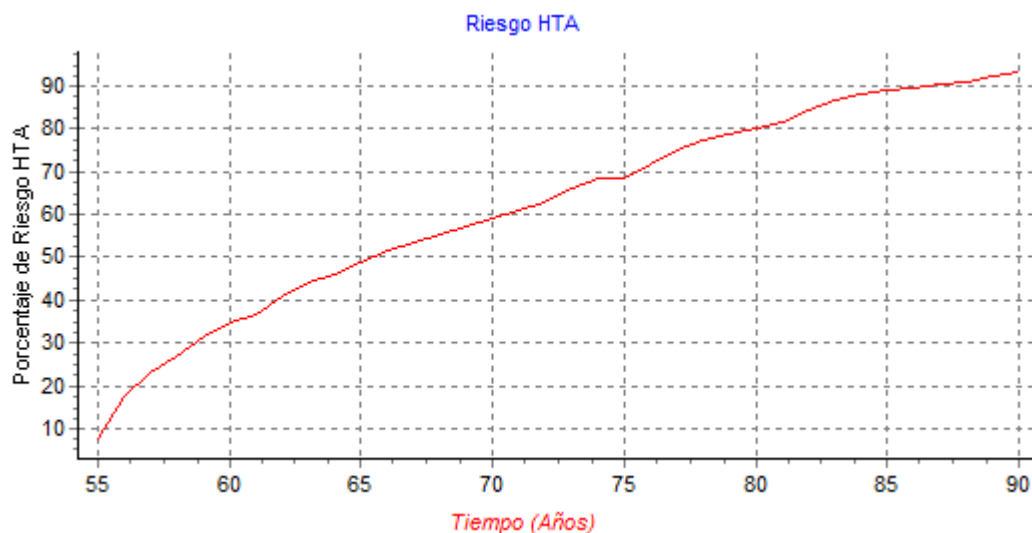
- **Consistencia dimensional** En el Anexo E se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con sus respectivas unidades, que otorgan la correcta consistencia dimensional cada una de las simulaciones realizadas.
- **Condiciones extremas** Para esta prueba consideramos solo un escenario con las condiciones que más propician la hipertensión: Ser mujer, fumar, sobrepeso y sedentarismo. A continuación se muestra la descripción del escenario a simular.

Tabla 8. Escenario condiciones extremas - cuarto prototipo.

Variable	Valor
Sexo	Mujer
Edad (años)	55
Altura (metros)	1.60
Peso (Kg)	65
Presión sistólica (mmHg)	125

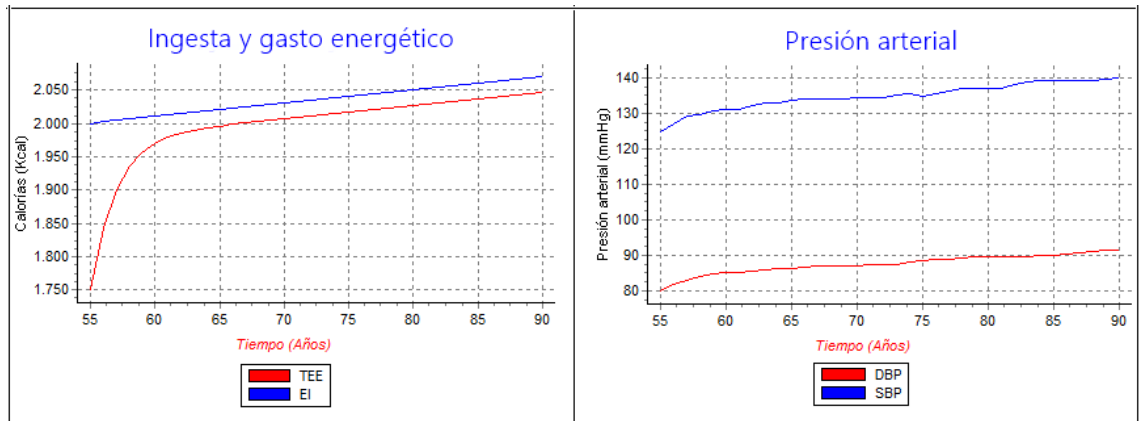
Presión diastólica (mmHg)	80
Herencia	Ambos padres
Cigarrillo	Fumadora
Ingesta diaria (Kcal)	2000
Aumento Kcal/año	2
Actividad física	Sedentaria

Gráfica 10. Simulación Riesgo HTA – condiciones extremas.



Desde un principio y a lo largo de la simulación se observa un crecimiento pronunciado del riesgo HTA que alcanza 93,18%. La combinación de varios factores de riesgo constituye un aporte significativo a complicaciones en la salud del paciente, teniendo como desenlaces de interés eventos cardiovasculares mayores.

Figura 27. Simulación ingesta, gasto energético y presión arterial – condiciones extremas.



En el panorama referido, la ingesta calórica sobrepasa el requerimiento energético, lo que impulsa el aumento del peso. El aumento de las cifras de presión arterial también se evidencia pasando de 125/80 mmHg a 140/91 mmHg.

En general, bajo condiciones extremas el modelo responde adecuadamente, las variables se sitúan dentro de los límites y conductas que el fenómeno estudiado manifiesta.

- **Error de integración** Se debe seleccionar un paso de integración que produzca una aproximación lo suficientemente precisa para el propósito dado, por esto se ha cambiado el paso con el que se venía trabajando (paso de integración = 1), para que en las simulaciones se observe el tiempo en años y no en días como se venía realizando.

Ahora que el paso de integración usado es  $\frac{1}{365}$ , se recorta el paso a la mitad ( $\frac{1}{730}$ ) y se corre de nuevo el modelo, análogamente se corre el modelo con dos métodos de integración: Euler y Runge kutta de segundo orden (Runge Kutta 2).

Figura 28. Riesgo HTA con paso de simulación  $\frac{1}{365}$ .

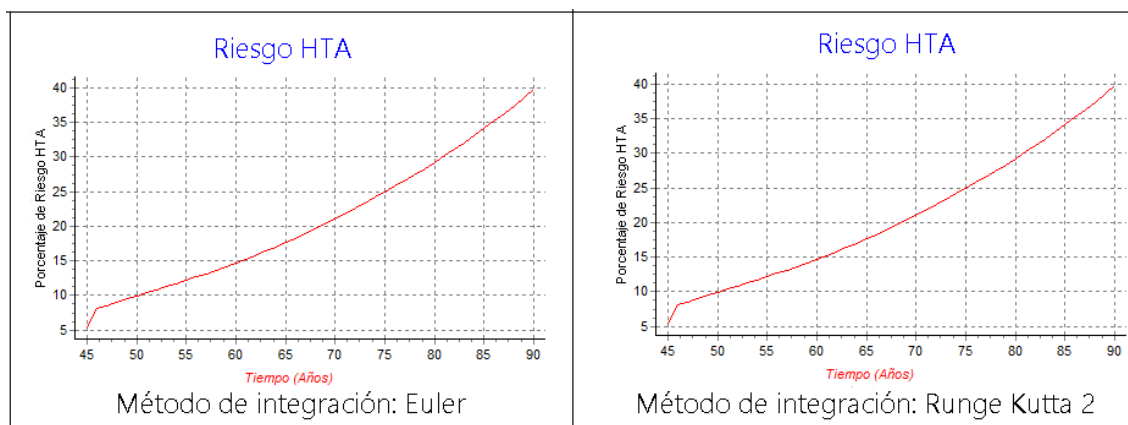
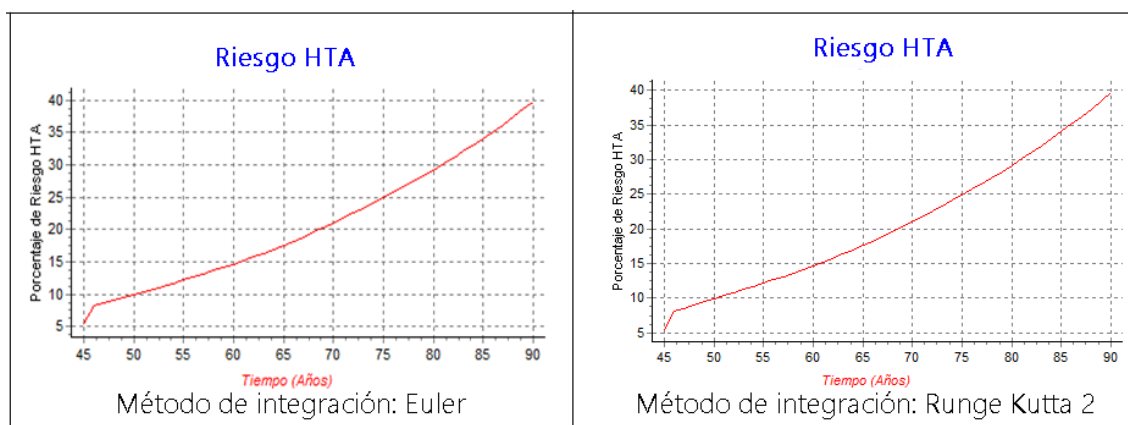


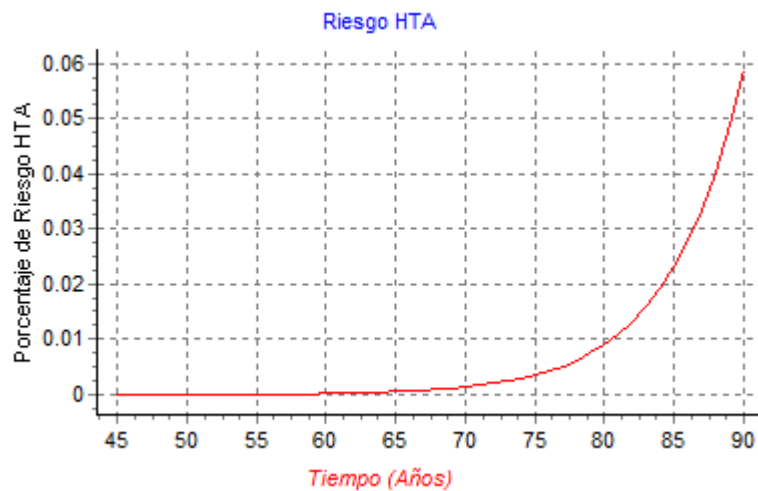
Figura 29. Riesgo HTA con paso de simulación  $\frac{1}{730}$ .



Los resultados obtenidos no son sensibles a la selección del paso ni al método de integración. El comportamiento que presenta la variable riesgo HTA no muestra cambios ni variación alguna.

- **Análisis de sensibilidad** Para este análisis es válida la sensibilidad por parámetros presentada en las gráficas 8 (Riesgo HTA) y 9 (Peso), donde el momento en el que el paciente abandona el cigarrillo toma diferentes valores. El patrón de comportamiento que exhibe el modelo está acorde y bajo rangos aceptables de aproximación cuantitativa del riesgo.
- **Comportamiento anómalo** Las variables presión sistólica y presión diastólica son suprimidas en el modelo.

Gráfica 11. Simulación Riesgo HTA cuarto prototipo – Comportamiento anómalo.



No hay congruencia entre un riesgo de 0.058% y un paciente (mujer) de 90 años (final de la simulación), fumadora, herencia de ambos padres y poco activa. El comportamiento obtenido de la simulación del riesgo HTA es dudoso, con lo cual se establece que las variables de presión arterial vienen a propósito con el funcionamiento fiable del modelo.

Los modelos conductuales sugieren que las terapias prescritas por la mayoría de los médicos conseguirán el control de la hipertensión sólo si el paciente está motivado para tomar la medicación prescrita y para establecer y mantener estilos de vida saludables. La motivación mejora cuando los pacientes tienen experiencias positivas con sus médicos y consiguen confiar en ellos. La empatía aumenta la confianza y es un potente motivador (PAHO, 2008).

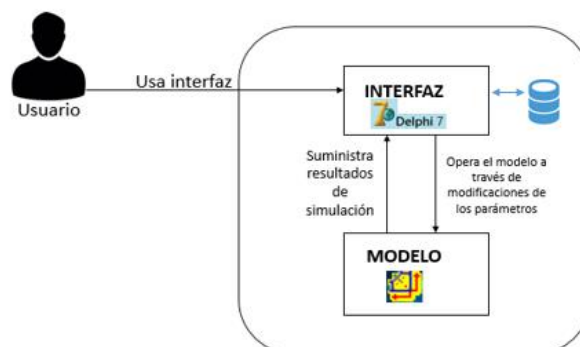
## 7. INTERFAZ SOFTWARE – Riesgo HTA 1.0

El modelo desarrollado en el presente trabajo de grado tiene como propósito servir como soporte en la toma de decisiones por parte del médico y del paciente, el cierre de los ciclos de realimentación se lleva a cabo al momento de la interacción médico-paciente y médico-interfaz, permitiendo al médico observar el comportamiento del riesgo HTA del paciente bajo ciertas condiciones. Por lo tanto, se requiere de un componente software que actúe como intermediario para que el médico pueda explicar la problemática al paciente y así el paciente comprenda cuál es su situación y por consiguiente actúe. El desarrollo de este componente software facilitará al médico la operación del modelo sin necesidad de ir directamente a él y por ende, realizar diversas simulaciones, observar gráficas que describen las tendencias de las variables de interés y experimentar con dos escenarios (Ver Figura 30). Además, el médico puede guardar los datos que se utilizaron para las simulaciones y buscarlos en una futura cita.

Es importante aclarar que el componente software es la interfaz de usuario y por lo tanto los respectivos diagramas de influencias y flujos-niveles sólo podrán ser consultados y no modificados, debido a que se considerará en la realización de la interfaz que el usuario no tiene conocimiento en modelado y simulación.

De esta forma, el médico podrá explicarle al paciente su estado actual y futuro de riesgo de HTA.

Figura 30. Descripción interacción usuario – Interfaz software – Modelo



## 7.1 Actor

### 7.1.1 Delimitación

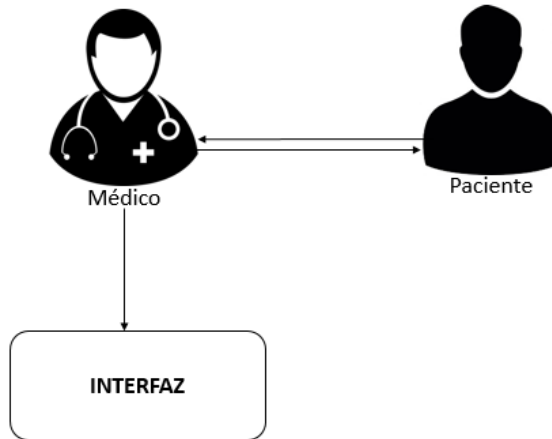
Un actor es una idealización de una persona externa o proceso que caracteriza las interacciones que los usuarios pueden tener con un sistema y sus respectivas funcionalidades. Un caso de uso es una unidad coherente de funcionalidad, en el cual se describe las interacciones con los actores como secuencia de mensajes entre el sistema y uno o más actores (RUMBAUGH 2000).

Identificamos para el desarrollo software la definición de dos usuarios (actores) que podrán interactuar con el modelo a través de la interfaz.

- Usuario consiente del modelo (médico):  
Tiene dominio del conocimiento (explicación que contempla el modelo) que rige la simulación, recreado en el modelo; es capaz de decidir que se puede hacer en términos de las simulaciones y que no se puede hacer (es el que especifica las condiciones).
- Usuario No consiente del modelo (paciente): No tiene conocimiento de la explicación que contempla el modelo por lo cual sólo posee una visión general de los resultados de simulación.

Es importante aclarar que la interfaz software esta en términos de interfaz de usuario (médico) debido a que este posee el conocimiento requerido para el planteamiento de escenarios establecidos en los acuerdos con el paciente (Ver Figura 31).

Figura 31. Diagrama de contexto.



### 7.1.2 Especificación

Tabla 9. Actores interfaz gráfica.

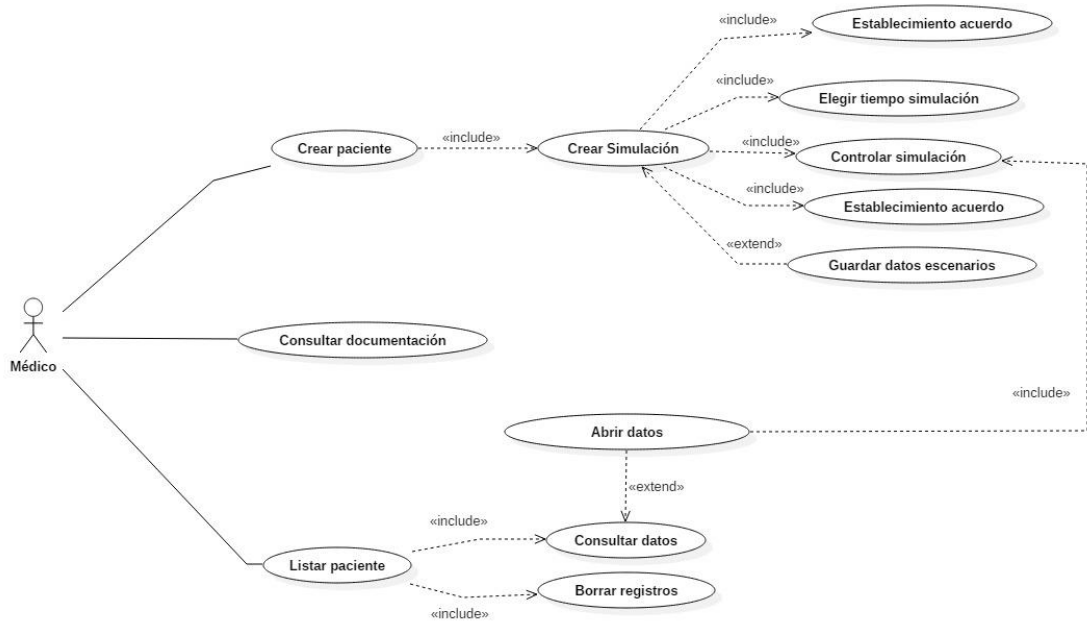
<b>Actores</b>	Médico
<b>Casos de uso</b>	Elegir tiempo de simulación, ingresar parámetros de entrada, modificar parámetros, consultar diagrama de flujos-niveles, escribir observaciones sobre el paciente y sobre el establecimiento del acuerdo, consultar diagrama de influencias, correr simulaciones, guardar simulaciones, consultar simulaciones guardadas borrar simulaciones, correr simulaciones guardadas.
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	Usuario capaz de definir escenarios de simulación, los cuales serán el soporte para la definición de acuerdos con el paciente. Posee conocimiento de la explicación que contempla el modelo.

### 7.2 Diagramas de casos de uso

Un caso de uso es una descripción lógica de una parte de funcionalidad del sistema. No es una construcción manifiesta en la implementación de un sistema, tiene como propósito definir una pieza de comportamiento coherente, sin revelar la estructura interna del sistema [RUMBAUGH 2000].

La siguiente figura representa el diagrama de casos de uso realizado con el software StartUML para el diseño de la interfaz Riesgo de padecer HTA 1.0.

Figura 32. Diagrama de casos de uso.



### 7.2.1 Especificaciones casos de uso

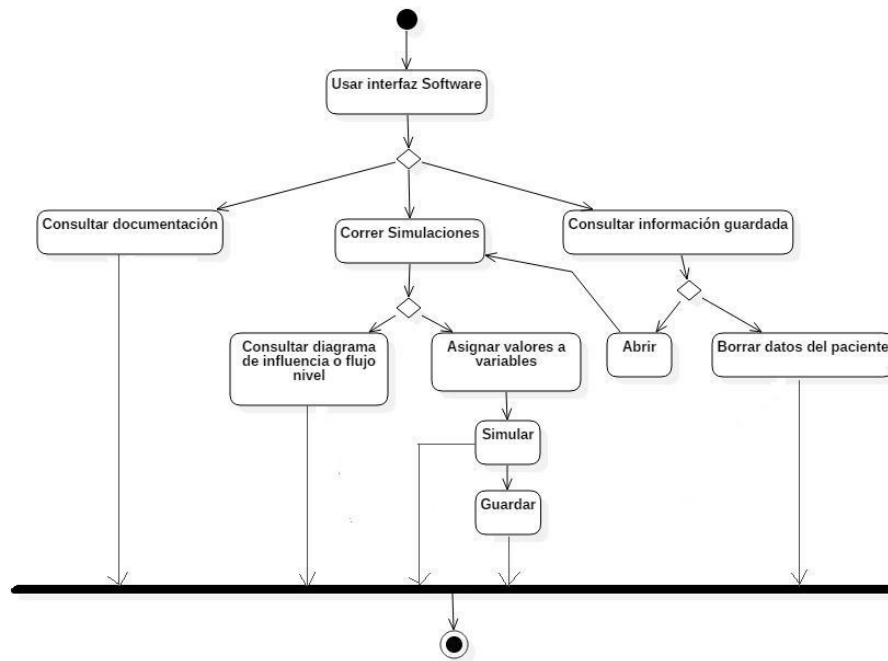
La especificación de los casos de uso definidos en el diagrama de casos de uso (Figura 32) puede ser consultada en el Anexo I.

### 7.2.2 Diagrama de Actividades

El diagrama de actividades es una forma especial de máquina de estados, prevista para modelar cómputos y flujos de trabajos. Los estados del grafo de actividades representan los estados de ejecución del cómputo, no los estados de un objeto ordinario. Asimismo, un estado de actividad representa la ejecución de una sentencia o procedimiento, o el funcionamiento de una actividad en un flujo de trabajo, el cual, no espera un evento sino la terminación de su cómputo (RUMBAUGH 2000).

Las actividades que el médico puede realizar utilizando la interfaz software se observan en la Figura 33.

Figura 33. Diagrama de actividades.



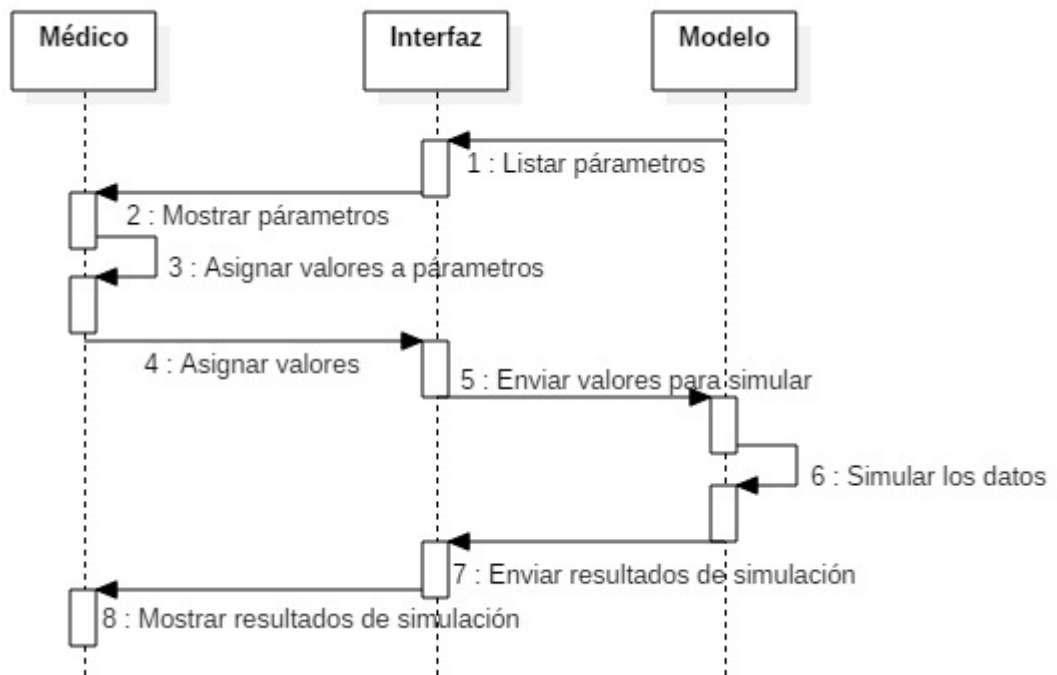
### 7.2.3 Diagrama de Secuencia

El objetivo de la interfaz software es facilitar la interacción médico-paciente en la atención de la hipertensión arterial mostrando al médico y al paciente los parámetros del modelo, los cuales pueden ser modificados dependiendo del acuerdo que se establezca. Para ello el médico se encarga de suministrar los datos del paciente los cuales se encuentran definidos en el modelo para ejecutar la simulación.

Por consiguiente, el modelo ejecuta la simulación con los datos del paciente suministrados por el médico y obtiene unos resultados, los cuales son enviados a la interfaz y mostrados gráficamente como una tendencia para soportar la toma de decisiones del médico y del paciente.

La Figura 34 muestra la secuencia de actividades que el médico realiza a través de la interfaz para obtener los resultados de simulación.

Figura 34. Diagrama de secuencia obtener resultados de simulación.



El médico tiene la opción de guardar los datos del paciente para enfrentar en una posterior cita su tendencia actual y pasada de riesgo y el cumplimiento del acuerdo.

El médico puede consultar los datos guardados y decidir si quiere abrir la opción de simular o borrar los datos. Se considera datos previamente suministrados a la interfaz y su simulación.

La figura 35. Muestra la secuencia de actividades que el médico realiza a través de la interfaz para abrir los datos de una anterior cita.

La figura 36. Muestra la secuencia de actividades que el médico realiza a través de la interfaz para borrar los datos de una anterior cita.

Figura 35. Diagrama de secuencia abrir datos guardados y simular.

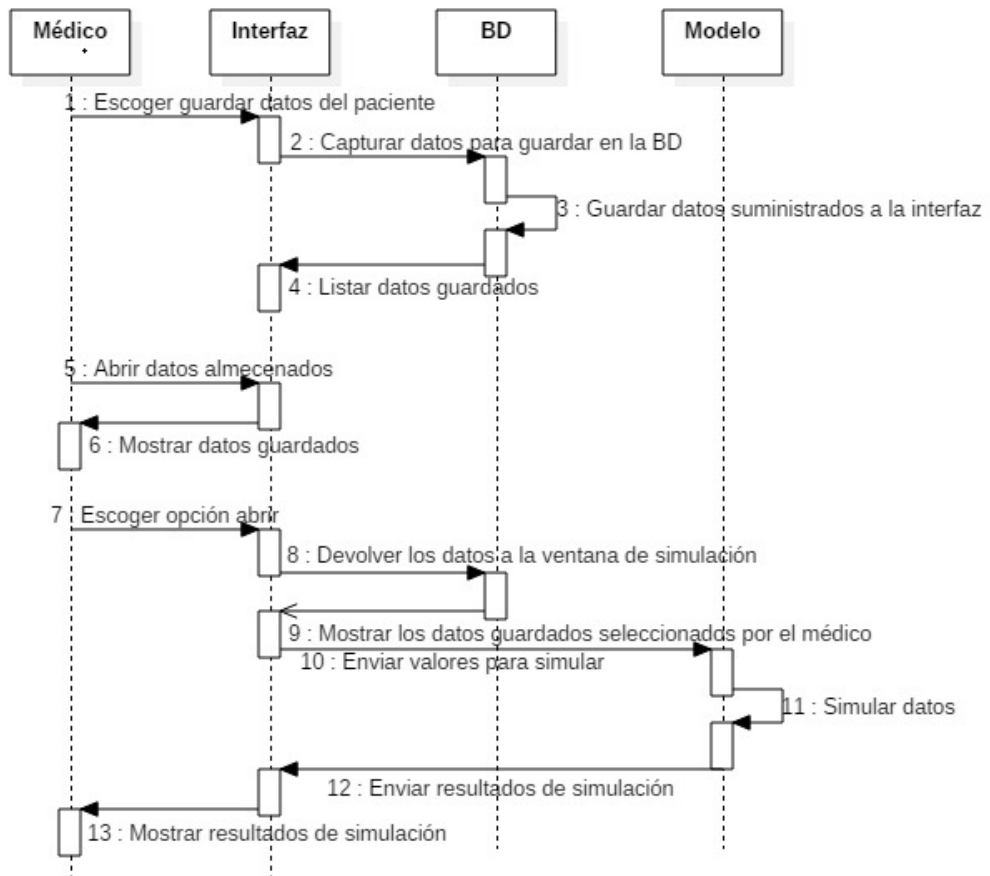
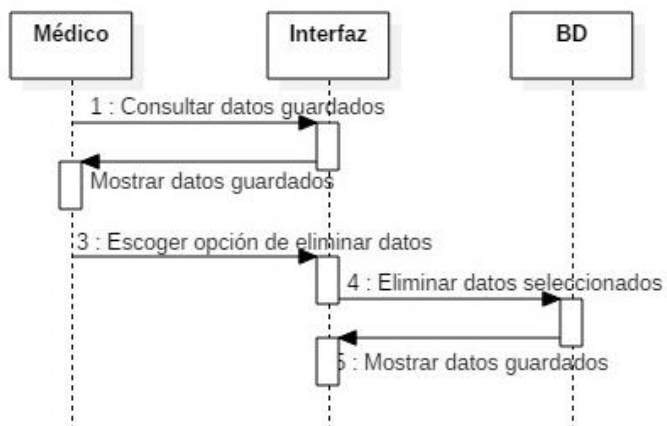


Figura 36. Diagrama de secuencia eliminar datos guardados.

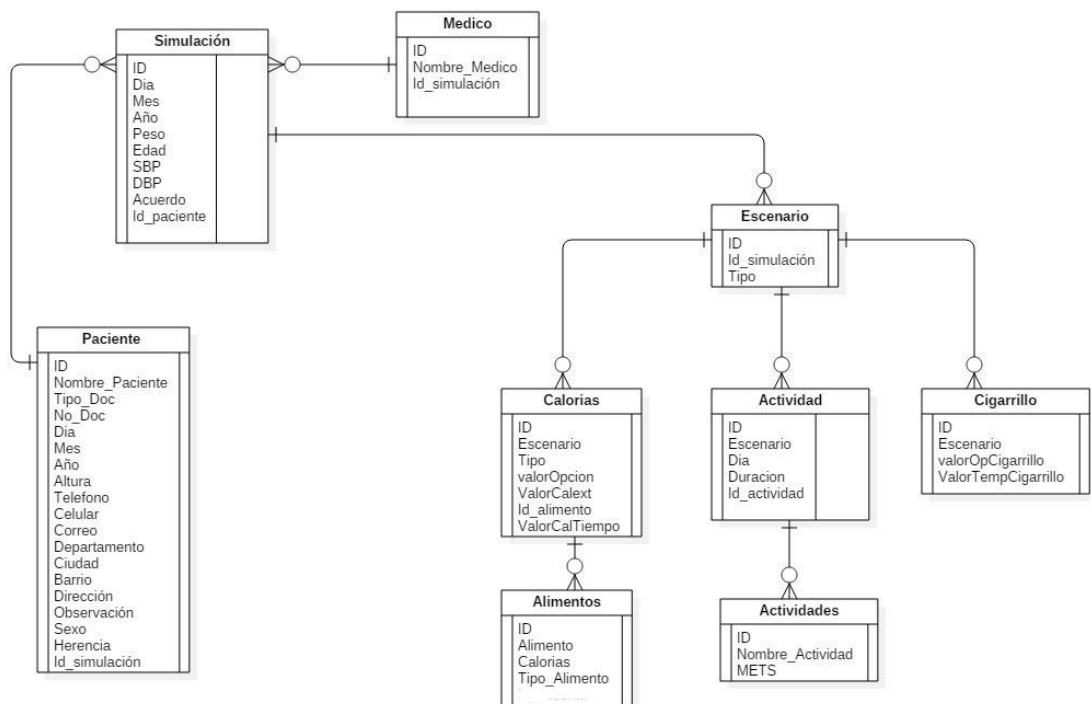


### 7.3 Diagrama entidad relación

En el desarrollo de la interfaz se implementa base de datos para el almacenamiento de la información de los pacientes y registros de simulación, lo cual lleva a plantear un modelo parcial de la realidad en una serie de tablas, campos y registros ubicados en un ordenador.

La figura 37 muestra el modelo entidad relación llevado a cabo en la construcción de la interfaz.

Figura 37. Diagrama E/R.



## **8. PRUEBA DE RECEPTIVIDAD (AMBIENTE SOFTWARE)**

Con la intención de obtener una revisión final de las especificaciones y el diseño del ambiente software, se ejecutan pruebas por el cliente, conducidas a determinar como el sistema satisface sus criterios y necesidades, estas pruebas están designadas al descubrimiento de errores para que tanto modeladores como clientes puedan entender los alcances del modelo, mejorarlo, y al final usar el mejor modelo disponible para ayudar a tomar decisiones importantes.

Antes de presentar las pruebas es conveniente indicar que hay dos tipos de uso del ambiente software: El uso típico de interacción médico-paciente para la intervención de factores de riesgo de hipertensión arterial y el uso con propósito de investigación (recomendaciones dirigidas al mejoramiento al proyecto desarrollado). Adicionalmente el comportamiento humano está determinado por el entorno en que se vive, por esto es de esperar que los acuerdos médico-paciente no se cumplan a cabalidad, de ahí la dificultad del cálculo que se desfasa en un rango aceptable.

Con el propósito de apreciar la operatividad del software por parte del cliente, se pone en marcha la prueba de receptividad, que consiste en que un ejecutor (médico o persona que trabaje en el área de salud) maneje el ambiente software y a través de una guía de experiencia de uso identifique y exprese las no conformidades y aciertos obtenidos interactuando con la herramienta RiesgoHTA 1.0, además en esta guía se plantean cuestionamientos sobre el aporte de este ambiente informático en la toma de decisiones para la intervención de los factores de riesgo modificables de la HTA. La prueba de receptividad puede ser consultada en el Anexo J del presente documento.


### **8.1 No conformidades y mejoras del ambiente software**

- En las figuras 38 y 39 se observa cómo el tiempo en el que se prevé cambios de ingesta calórica y consumo de cigarrillo en el paciente, se ingresaba en años. El tiempo en el que se va adoptando un estilo de vida saludable es diferente en cada persona, la motivación y fuerza de voluntad del paciente juega un papel importante para la no postergación de cambios positivos en el estilo de vida, “lo que es bueno para una persona, no es necesariamente bueno para otra, ahí entra a desempeñar un papel importante la labor del médico con cada paciente” Pablo Aschner Montoya. Se recomienda empezar con modificaciones paulatinas en un corto periodo de tiempo a partir de la primera consulta con el médico. Por esta razón ahora el tiempo en la interfaz se ingresa en semanas, asimismo se hacen modificaciones en las ecuaciones del modelo dinámico

construido. Las mejoras en el modelo pueden ser consultadas en el Anexo K del presente documento.

Figura 38. Acuerdo ingesta – RiesgoHTA 1.0

Escenario Base     Escenario Acuerdo  
 Calculadora Calorías | Calculadora PAL | **Acuerdo de Ingesta** | Consumo de Cigarrillo



¿Desea aumentar o disminuir las calorías?     Disminuir    Aumentar    Nada

¿En qué cantidad desea aumentar o disminuir las calorías ?     [Kcal]


Si pretende cambiar su dieta próximamente aumentar/disminuir calorías consumidas     [Años]

¿En cuántos años aproximados prevé hacerlo?

Promedio Calórico: 0    Kcal

Figura 39. Consumo de cigarrillo – Riesgo HTA 1.0

Escenario Base     Escenario Acuerdo  
 Calculadora Calorías | Calculadora PAL | Acuerdo de Ingesta | **Consumo de Cigarrillo**



En la actualidad, ¿Fuma actualmente el paciente?

No     Si

Si fuma actualmente. ¿En cuántos años aproximados prevé dejar de fumar? si no lo hace ¿Prevé empezar fumar? ¿En cuántos años aproximados?

[años]

- Se cambió la forma de enlistar los pacientes, en la anterior versión, la lista estaba conformada por los nombres de los pacientes, ahora el resultado de la consulta además del nombre contiene el tipo de documento y el número de documento. Lo anterior se debe a que posiblemente se encuentren nombres parecidos en la lista.

## 9. DIVULGACIÓN

En el marco del desarrollo del presente trabajo de grado se escribió un artículo con la tercera versión del modelo, el cual fue presentado en el XIV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas realizado los días 7,8 y 9 de septiembre en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia, titulado “Mediación dinámico sistémica de la interacción médico-paciente para la intervención de factores de hipertensión arterial”. Posteriormente una versión mejorada del trabajo fue presentada en el XIV Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas realizado los días 19, 20 y 21 de octubre en el Centro Universitario de la FEI, Sao Paulo, Brasil, en dicha oportunidad el trabajo presentado se titula “Mediación dinámico sistémica de la interacción médico-paciente para la intervención de factores de hipertensión arterial”. De esta forma, los continuos avances alcanzados a lo largo del presente trabajo fueron socializados tanto en la comunidad nacional como en la latinoamericana de dinámica de sistemas, con la finalidad de corroborar y discutir la utilidad del trabajo desarrollado, en pro de favorecer la toma de decisiones en la intervención de factores de riesgo de hipertensión arterial.

## **10. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

### **10.1 Conclusiones**

La integración del modelado y la simulación en la construcción de explicaciones en el sector salud, específicamente la atención de hipertensión arterial, juega el papel de elemento constitutivo de una estrategia de análisis de causas subyacentes del fenómeno, promoviendo comprensión y entendimiento sobre HTA y sus hábitos modificables.

La HTA no es producto ni consecuencia de un factor de riesgo aislado; generalmente un paciente no presenta un solo factor de riesgo sino una combinación de factores que interactúan para aumentar la probabilidad de padecer hipertensión arterial, por eso los factores conductuales (modificables) propician la prevención primaria y es aquí donde se centran los esfuerzos de los modelos predictivos de riesgo de diferentes organizaciones mundiales de la salud. En la revisión bibliográfica hasta el momento solo se ha encontrado un material asociado a trabajos con enfoque dinámico-sistémico implementando modelos estructurales en la predicción de riesgo HTA.

En el presente trabajo se propone un ambiente informático para la interacción médico-paciente en la intervención de factores de riesgo de hipertensión arterial. Esta herramienta interdisciplinaria se postula como un útil que puede brindar apoyo en la toma de decisiones (medio que facilita el cierre de los ciclos de realimentación presentados en el diagrama de influencias del prototipo final), donde en la búsqueda de un acuerdo plausible y paulatino para mejorar el estilo de vida del paciente, se pueden probar los efectos de los diferentes supuestos (escenarios), permitiendo al médico sugerir apropiadamente recomendaciones para la modificación del estilo de vida del paciente (intervenir no solo por la situación del presente que puede ser difícil sino por un futuro que puede ser peor). Además, dada la importancia del seguimiento del paciente, este ambiente informático permite realizar controles frecuentes donde se analiza la evolución del paciente, comprobando la efectividad de los distintos acuerdos y compromiso del paciente con su salud.

### **10.2 Trabajo futuro - Modelo**

A corto plazo se apresta la profundización de más hábitos que acrecientan o disminuyen el riesgo HTA como: consumo de alcohol, consumo de sodio, consumo de potasio y uso de fármacos.

Con el propósito de obtener una mejor aproximación del riesgo HTA, se prevé a mediano plazo ajustar parámetros del modelo, adaptándolo más al contexto de la población colombiana, como es el caso de las variables de peso que el estudio Framingham le aporta a los factores modificables y no modificables.

El conocimiento sobre otros factores que propicien no solo a la HTA si no el riesgo de padecer enfermedades isquémicas del corazón es un trabajo a futuro debido a que ambas patologías tienen en común los malos hábitos (exceso de peso, una vida muy sedentaria, mala alimentación, poco ejercicio y estrés, entre otros variables) como factor principal y de prevención.

Hay evidencia de últimos estudios en lo que se determinó que no solo la cantidad de calorías es tenida en cuenta a la hora de tratar la obesidad, sino que también depende del tipo de macronutriente a consumir (carbohidratos, grasas y proteínas), partiendo de lo anterior, un ajuste en la calculadora de calorías según el tipo de macronutriente sería un buen enfoque al modelo en el sector peso.

El índice de cintura-cadera en vez del IMC como variable en la medición de riesgo cardiovascular, debido a que el principal inconveniente del IMC es que no distingue si la sobrecarga ponderal es debido a masa grasa o masa magra (musculo).

### **10.3 Trabajo futuro – Interfaz**

Otro trabajo a futuro es el sistema de integración, cambiando la base de datos a una base de datos central (escalabilidad del sistema). Adicional a esto, con el fin de sacar estadísticas de las personas atendidas en una comunidad, se propone implementar la extracción de los datos de la base de datos.

El desarrollo de la interfaz web, donde no sólo el médico podría operar el modelo si no el paciente bajo ciertos parámetros indicados por su médico lo opere también, desde un módulo más sencillo debido a su desconocimiento de las variables tratadas. Las actualizaciones que el medico realice alertarán al paciente de su control, al igual avisos sobre su próxima cita o indicaciones de nuevas dietas y rutinas de ejercicio, facilitando la continua comunicación entre el paciente y el médico.

Contar con alarmas de riesgo (bajo, alto y moderado), según sea la situación del paciente y en complemento a esto configurar las opciones de impresión del acuerdo médico-paciente.

Por último, el enriquecimiento de las tablas de alimentos (almacenamiento de alimentos categorizados por tipo y su valor calórico) y actividad física (almacenamiento actividades físicas y su correspondiente valor en MET'S).



## BIBLIOGRAFÍA

AGREST, Alberto. Prevención de enfermedades y medicina preventiva. *Medicina (B.Aires)* [online]. 2009, vol.69,pp. 382-386 . Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802009000400019&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802009000400019&lng=es&nrm=iso) ISSN 1669-9106.

AINSWORTH, Barbara, et al. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2000. Disponible en: <http://www.juststand.org/Portals/3/literature/compendium-of-physical-activities.pdf>.

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, et al. El modelado y la simulación en la escuela – De preescolar a undécimo grado construyendo explicaciones científicas. Bucaramanga, Colombia: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2014.

ANDRADE SOSA, Hugo Hernando, et al. Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad. Bucaramanga, Colombia: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 2001.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Percentiles de estatura por edad y peso por edad. 2000. Disponible en: <https://www.cdc.gov/growthcharts/data/spanishpdf95/co06l021.pdf>.

FIRAT, Incioglu. A Dynamic Simulation Model for Long-Term Hypertension Progression. Boston, Massachusetts, USA, 2007. ISBN: 978-0-9745329-1.

Framingham Heart Study, A Project of the National Heart, Lung, and Blood Institute and Boston University, (2016), Hypertension [En línea]. Disponible en: <https://www.framinghamheartstudy.org/risk-functions/hypertension/index.php>.

GIL, Ángel; MALDONADO LOZANO, José y MARTINEZ DE VICTORIA MUÑOZ, Emilio. Tratado de nutrición. Panamericana, Madrid, 2010, ISBN 978-84-9835-348-8.

GONZÁLEZ-BUSTO MÚGICA, Begoña. La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación. Oviedo, España, 1998.

GULATI, Martha y BAIREY MERZ, Noel. Enfermedades cardiovasculares en mujeres, Braunwald, Tratado de cardiología 77, 1744-1754. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD (INS). Boletín ONS. Colombia, diciembre 9 de 2013. Disponible en: [http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/ons/boletin%201/boletin\\_web\\_ONS/boletin\\_01\\_ONS.pdf](http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/ons/boletin%201/boletin_web_ONS/boletin_01_ONS.pdf).

HEIDELBAUGH, Joel. Lipid Disorders a multidisciplinary approach. Philadelphia, Pennsylvania: Elserv Health Science, 2015.

National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NIH). Stroke: Hope Through Research, [En línea]. Disponible en: <https://www.ninds.nih.gov/Disorders/Patient-Caregiver-Education/Hope-Through-Research/Stroke-Hope-Through-Research>

NAVARRO BARRIENTEOS, Jesús Emeterio y RIVERA, Daniel. Dynamical System Model for Weight Change Behavioral Interventions, Arizona, U.S.A: Control Systems Engineering Laboratory School of Mechanical, Aerospace, Chemical and Materials Engineering Arizona State University, 2010.

NETER, Judith, et al. Influence of Weight Reduction on Blood Pressure A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Utrecht, Netherlands. 2003. Disponible en: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/38685>.

NOGUERA MUÑOZ, Jormary y PALOMINO ARGUELLO, Wilmer Andrés. La dinámica del peso según la dieta y el ejercicio: XIII Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Universidad de Cartagena-Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2015, ISBN: 978-958-46-8355-7. Noguera y Palomino, 2015.

O'HARA, Peggy, et al. Early and late weight gain following smoking cessation in the lung health study, American Journal of Epidemiology, vol 148, Num 9, Noviembre 1998.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Información general sobre Hipertensión en el mundo. Una enfermedad que mata en silencio, una crisis de salud pública mundial. Ginebra, 2013. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO\\_DCO\\_WHD\\_2013.2\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO_DCO_WHD_2013.2_spa.pdf)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Iniciativa liberarse del tabaco, (2016), [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/tobacco/quitting/background/es/>.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). Prevención, detección, evaluación y tratamiento de la hipertensión arterial-séptimo informe del comité nacional conjunto de los EEUU. 2008. Disponible en: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/10036>.

PARDELL ALENTA, Helios; ARMARIO GARCÍA, Pedro y HERNÁNDEZ DEL REY, Raquel. Tabaco, presión arterial y riesgo cardiovascular, Unidad de hipertensión arterial y Riesgo Cardiovascular. Servicio de medicina interna. Consorcio Sanitario Integral. Hospital de la cruz roja. Hospitalet de Llobregat. Barcelona. 2003.

POIRIER, Paul, et al. Obesity and Cardiovascular Disease: Pathophysiology, Evaluation, and Effect of Weight Loss, American Heart Association Scientific Statement on Obesity and Heart Disease From the Obesity Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, 1997.

RODRIGUEZ RESTREPO, C.J., et al. Encuesta nacional de salud 2007. Bogotá, Colombia, enero de 2009. ISBN 978-958-716-187-8. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/ENCUESTA%20NACIONAL.pdf>.

RUMBAUGH, James. El lenguaje unificado del modelado. Manual de Referencia. Ediciones Addison Wesley, PEARSON EDUCACIÓN S.A., Madrid, 2000.

SATÍN SATÍN, Juan José. Hipertensión arterial: factores de riesgo (síndrome plurimetabólico, tabaco, alcohol y menopausia). Universidad complutense de Madrid. 1999.

SHIRLEY, Gerrior; WENYEN, Juan y BASIOTIS, Peter. An easy approach to calculating estimated energy requirements. Prev Chronic Dis 2006 Oct. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1784117/pdf/PCD34A129.pdf>.

SOMMERVILLE, Ian. Ingeniería del Software. España: Pearson Education, S.A., Madrid, 2005. ISBN: 84-7829-074-5.

STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2000.

TAREK, Abdel-Hamid. Modeling the dynamics of human energy regulation and its implications for obesity treatment. System Dynamics Review Vol. 18, No 4, (Winter 2002): 431-471. DOI: 10.1002/sdr.240.

TRUMBO, Paula. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(11):1621–1630, 2002.

VARELA ARÉVALO, M.T., et al. Efectos benéficos de la modificación del estilo de vida en la presión arterial y la calidad de vida en pacientes con hipertensión. Bogotá, Colombia, 2005. *Acta Colombiana de Psicología*. ISSN 0123-9155. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acp/v8n2/v8n2a06.pdf>.

WHITNEY NOSS, Eleonor y RADY ROLFES, Sharon. *Tratado General de la nutrición*. Barcelona, España: PAIDOTRIBO, 2011, ISBN: 84-9910-031-9.

## ANEXOS

### Anexo A - Ecuaciones primer prototipo

Tipo	Nombre de variable	Unidades	Fórmulas/Valor	Descripción
Nivel	Cont	Días	365	Cuenta un ciclo de 365 días (un año).
Flujos	ACont	Días	1	Representa el paso de un día.
	LCont	Días	IF(Cont=365,365,0)	Representa la culminación de un año.
Auxiliares	R_HTA	Porcentaje de riesgo X100	IF(Cont=365,IF(Ec_HTA<100,Ec_HTA,1),100)	Riesgo de padecer HTA cada año (Aproximación cuantitativa).
	R_se	Magnitud adimensional	C_Se*S	Riesgo HTA relacionado con el sexo en del paciente.
	R_Ed	Magnitud adimensional	C_Ed*Edad	Riesgo HTA relacionado con la edad del paciente.
	R_SBP	Magnitud adimensional	P_sis*C_SBP	Riesgo HTA relacionado con la presión sistólica del paciente.
	R_DBP	Magnitud adimensional	C_DBP*P_dia	Riesgo HTA relacionado con la presión diastólica del paciente.
	R_IMC	Magnitud adimensional	IMC*C_BMI	Riesgo HTA relacionado con el índice de masa corporal del paciente.
	R_ExDBP	Magnitud adimensional	P_dia*C_ExDBP*Edad	Riesgo HTA relacionado con la edad y la presión sistólica del paciente.
	R_Her	Magnitud adimensional	op_He*C_Her	Riesgo HTA relacionado con la herencia del paciente.
	R_Cig	Magnitud adimensional	C_cig*op_cig	Riesgo HTA relacionado con el hábito de fumar del paciente.
	Ec_HTA	Magnitud adimensional	(1-EXP(-EXP((LN(1)-Sum_F)/scala)))*100	Índice de riesgo de padecer HTA, una aproximación cuantitativa para cada día.
	IMC	Kg/m <sup>2</sup>	P/(Alt*Alt)	Índice de masa corporal. Determina a partir del peso y la estatura el peso ideal para una persona.
Parámetros	Sum_F	Magnitud adimensional	SUM(Beta,R_DBP,R_Her,R_Cig,R_IMC,R_ExDBP,R_SBP,R_Ed,R_se)	Sumatoria de todos los valores asociados a los factores modificables y no modificables que intervienen en el riesgo de HTA.
	S	Magnitud adimensional	0	Representa el sexo del paciente (1 si es mujer, o si es hombre).
	C_se	Magnitud adimensional	-0.202933	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por el sexo del paciente.

Edad	Años	40	Edad actual de la persona al momento de iniciar la simulación.
C_Ed	Magnitud adimensional	-0.156412	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por la edad del paciente.
C_SBP	Magnitud adimensional	-0.059330	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por la presión sistólica del paciente.
P_sis	mmHg	120	Presión sistólica del paciente al inicio de la simulación.
C_DBP	Magnitud adimensional	-0.128468	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por la presión diastólica del paciente.
P_dia	mmHg	80	Presión diastólica del paciente al inicio de la simulación.
C_BMI	Magnitud adimensional	-0.033881	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por el índice de masa corporal del paciente.
Alt	Metros	1.70	Altura del paciente en el momento inicial de la simulación.
P	Kg	80	Peso del paciente en el momento inicial de la simulación.
C_Her	Magnitud adimensional	-0.166121	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por el factor de herencia presentado en el paciente.
op_cig	Magnitud adimensional	0	Representa si el paciente es o no fumador (1 fumador, 0 no fumador).
C_cig	Magnitud adimensional	-0.190731	Constante multiplicador asociado al riesgo HTA por consumo de cigarrillo del paciente.
Beta	Magnitud adimensional	22.949536	Constante estimada para el modelo.
scala	Magnitud adimensional	0.876925	Escala empleada en la ecuación del cálculo del riesgo

## Anexo B - Pruebas de validación primer prototipo

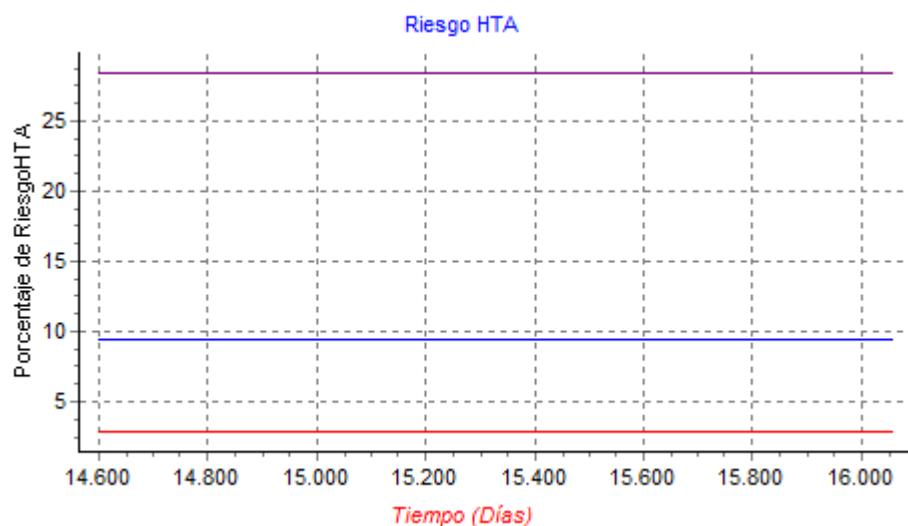
- **Consistencia dimensional** Puesto que cada ecuación debe ser consistente dimensionalmente en el Anexo A se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con sus respectivas unidades, que otorgan la correcta dimensionalidad a las simulaciones realizadas.
- **Condiciones extremas** El comportamiento del modelo debe ser plausible cuando algunas de sus entradas toman valores extremos.

Tomando como referencia el escenario de la Tabla 1, consideramos tres escenarios en los cuales la presión sistólica y el peso toman valores extremos, descritos en la siguiente tabla:

Tabla 10. Escenarios condiciones extremas - primer prototipo.

Parámetro	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Presión sistólica (mmHg)	120	130	140
Peso (Kg)	120	160	200

Gráfica 12. Simulación Riesgo HTA primer prototipo – condiciones extremas.

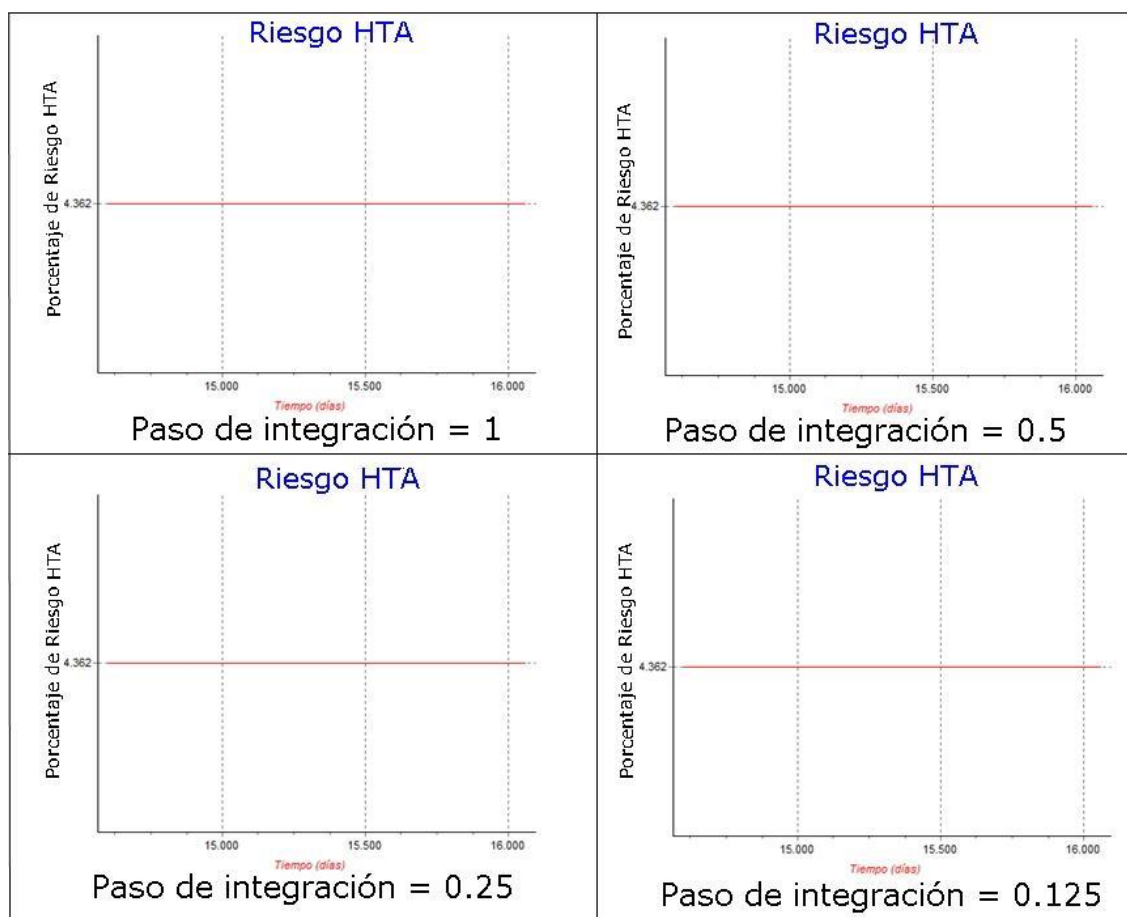




En la Gráfica 12 se observa como en un horizonte de tiempo a cuatro años, cuando dos factores importantes que afectan la HTA toman valores extremos el riesgo se potencia, es sus valores máximos de presión arterial sistólica 140 mmHg y un peso de 200 Kg el paciente presenta un 28% el riesgo de padecer HTA, aun así se mantiene el comportamiento intuitivo y cualitativo esperado para el fenómeno de estudio en las condiciones anteriormente mencionadas.

- Error de integración** Los resultados de simulación del modelo no deben ser sensibles a la variación en el tiempo de paso o el método de integración seleccionado. Para corroborar esto, en el primer prototipo se realizaron simulaciones con pasos de integración 1, 0.5, 0,25 y 0.125.

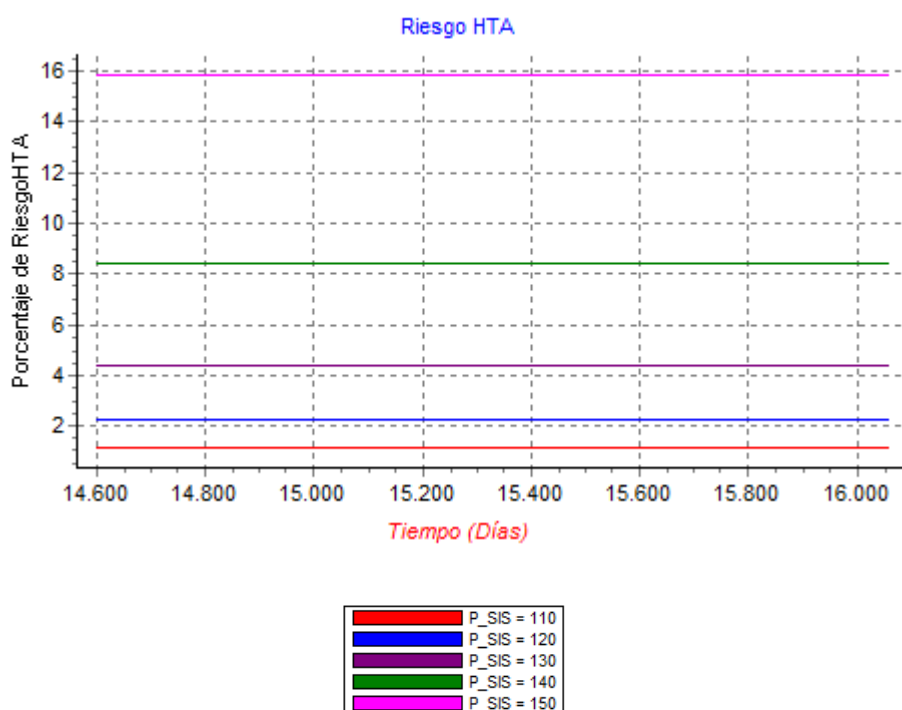
Figura 40: Simulación Riesgo HTA primer prototipo – Pasos de integración.



De acuerdo a los resultados obtenidos presentados en la Figura 40, las simulaciones del riesgo HTA no presentan sensibilidad alguna a la variación realizada con cuatro pasos de simulación diferentes.

**Análisis de sensibilidad** Con un análisis de sensibilidad es posible determinar si los modos de comportamiento generados por el modelo cambian significativamente. De esta forma, la robustez en las conclusiones que el modelo presenta será probada utilizando el análisis de sensibilidad por variación de parámetros que ofrece la herramienta evolución 4.5.

Gráfica 13. Simulación Riesgo HTA primer prototipo – Análisis de sensibilidad frente a variaciones en la presión sistólica.



Dada la Gráfica 13 existe una correlación positiva entre el riesgo de padecer HTA y la presión arterial sistólica, para los cinco escenarios de simulación con sensibilización por parámetros la presión sistólica toma diferentes valores, desde 110 mmHg hasta 150 mmHg, llegando a un porcentaje de riesgo de 16%. No hay cambios radicales en el modelo, el aumento del riesgo es congruente con el incremento de la presión arterial que afecta directamente el riesgo, dada la potencia de bombeo del corazón o al contraerse los vasos sanguíneos.

## Anexo C - Ecuaciones segundo prototipo

Teniendo en cuenta que el proceso de modelamiento es un proceso incremental, se omiten las ecuaciones del Primer prototipo debido a que ellas son descritas en el ANEXO A.

Tipo	Nombre de variable	Unidades	Fórmulas/Valor	Descripción
Niveles	Ed	Años	Eact	Edad del paciente en cada momento de la simulación (Aumenta cada 365 días).
	EI	Kcal	EI_d	Ingesta diaria de energía.
	P	Kg	PAct	Peso del paciente en cada instante de la simulación.
Flujos	AC	Kcal	IF(Cont=365,IF(op_CalExt=1,C al_Ex,0),0)	Flujo de aumento de calorías por año en la ingesta del paciente.
	DC	Kcal	IF(Cont=365,IF(op_CalExt=0,C al_Ex,0),0)	Flujo de disminución de calorías por año en la ingesta de energía.
	AP	Kg	IF(EB>=0,EB/Con_C_Kg,0)	Aumento de peso de acuerdo al balance de energía, donde la ingesta de energía es mayor al gasto.
	DP	Kg	IF(EB<0,ABS(EB/Con_C_Kg),0)	Disminución del peso de acuerdo al balance de energía, donde la ingesta de energía es menor al gasto.
	AE	Años	IF(Cont=365,1,0)	Cada 365 días, suma un año a la edad del paciente.
Auxiliares	EI_ade	Kcal	IF(IMC<18.5,TEE,EI)	Ingesta de energía adecuada. La ingesta adecuada será igual al gasto de energía (TEE), cuando el IMC sea menos a 18.5 (desnutrición).
	EB	Kcal	EI_ade-TEE	Balance diario de energía= la ingesta diaria de energía - el consumo diario de energía.
	TEE	Kcal	IF(S=0,(864-(9.72*Ed)+(PA*(14.2*P)+(503*Alt))),(387-(7.31*Ed)+(PA*(10.9*P)+(660.7*Alt))))	Gasto Energetico Total (TEE) debido a la termoregulación, efecto térmico de la comida, nivel de actividad física, BMI, altura, sexo, edad.
	PA	PAL	IF(S=0,N_H,N_M)	Coefficiente de actividad física definido para los tipos de comportamiento (sedentario, poco activo, activo y muy activo).
	T_com	Magnitud adimensional	IF(AND(PAL>=0,PAL<1.4),1,IF(AND(PAL>=1.4,PAL<1.6),2,IF(AND(PAL>=1.6,PAL<1.9),3,4)))	De acuerdo al valor del PAL, se hace una distinción en uno de los cuatro tipos de comportamiento

				(Sedentario, poco activo, activo, muy activo)
Parámetros	Eact	Años	40	Edad actual de la persona al momento de iniciar la simulación.
	Cal_Ex	Kcal	0	Cantidad de calorías incrementadas o disminuidas en la dieta del paciente.
	op_CalExt	Magnitud adimensional	0	Representa la decisión del paciente con respecto al consumo de calorías extras(1 Aumento de calorías extras y 0 Disminución de calorías extras).
	P_pal	PAL	1.3	Nivel de actividad física (PAL), proporciona información acerca de la duración y la intensidad de un conjunto de diferentes actividades llevadas a cabo durante un período de 24 horas.
	Con_C_Kg	Kcal	7700	Equivalencia de kilogramos a calorías (1Kg aproximadamente 7700 calorías).
	PAct	Kg	100	Peso actual de la persona al inicio de la simulación.
Tablas	N_H	PAL	INTLINEAL(2,1,1,1,1.12,1.27,1.54)	Valor correspondiente a cada tipo de comportamiento del paciente con sexo masculino (Coeficiente de actividad física).
	N_M	PAL	INTLINEAL(2,1,1,1,1.14,1.27,1.45)	Valor correspondiente a cada tipo de comportamiento del paciente con sexo femenino (Coeficiente de actividad física).

## Anexo D - MET's para diferentes actividades

A continuación algunas tareas o actividades con su respectivo equivalente metabólico MET.

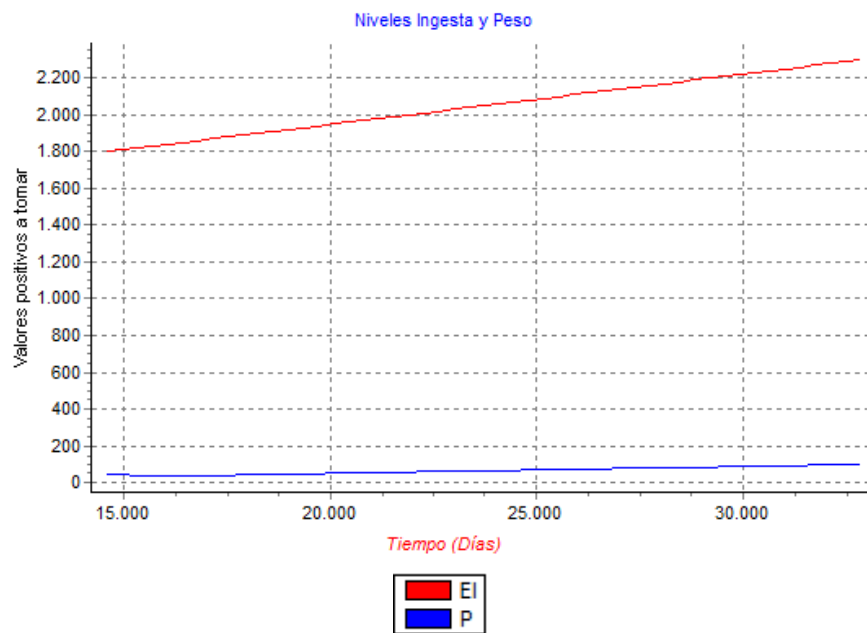
Actividad
<b>Leve</b>
Dormir
Permanecer en calma, ver televisión, escuchar música, leer.
Trabajo ligero (sentado - uso de herramientas de mano ligera, sentarse, leer, reuniones de negocio conducir en el trabajo, etc.)
Cocinar o preparar alimentos
Caminar a menos de 3.2 kilómetros por hora
Planchar
Trabajo ligero (en pie - en bares, empleados de tiendas, instructores)
Lavar los platos
Trabajo moderado (sentado - operación de máquinas, ejercicios de elasticidad, etc.)
Caminar 3.2 kilómetros por hora
Alimentar mascotas
Limpieza (polvo, cambio de ropa de cama, la realización de la basura, sacar la basura, etc.).
Compra de alimentos en el supermercado o tienda
Regar las plantas
Cuidado de niños (vestir, aseo, alimentación, levantamiento ocasional del niño, etc.)
Tocar instrumentos
Bailar
Voleibol no competitivo
<b>Moderado</b>
Trabajo moderado ( en pie - armar, ensamblar, cuidados de un paciente, etc.)
Limpieza de vigoroso esfuerzo (lavar autos, lavar ventanas, limpiar garajes)
Limpieza de la casa
Barrido

Caminar 4.8 kilómetros por hora
Ciclismo (pausado)
Jugar con niños períodos moderados
Levantar objetos continuamente (5-10 Kg con poco descanso)
Entrenador (fútbol, baloncesto, natación, béisbol, etc.)
Gimnasia
Caminar 6.4 kilómetros por hora
Jugar con niños períodos vigorosos
<b>Vigoroso</b>
Bailar (aeróbicos)
Jugar tenis
Correr a 8 kilómetros por hora
Jugar baloncesto
Saltar la cuerda lento
Jugar fútbol
Saltar la cuerda moderado
Correr a 12.8 kilómetros por hora
Correr a 16 kilómetros por hora

## Anexo E – Pruebas de validación segundo prototipo

- **Evaluación de la estructura** Esta prueba permite saber si la estructura del modelo es consistente con el conocimiento del sistema real relevante para el propósito requerido. Para ello fueron seleccionados los niveles del modelo cuya dinámica utiliza recursos reales y cuantificables que no pueden tomar valores negativos en el horizonte de tiempo seleccionado para la simulación (50 años); peso e ingesta calórica.

Gráfica 14. Simulación peso e ingesta calórica segundo prototipo – Prueba de estructura.



En relación con la Gráfica 14 los niveles cuyas unidades son reales y cuantificables (peso inicial 50 Kg e ingesta inicial 1800 kcal) no toman valores negativos al igual que sus contrapartes en el mundo real tampoco lo hacen. De tal manera, se evalúa y concluye que la estructura del segundo prototipo es consistente.

- **Consistencia dimensional** Cada ecuación debe ser dimensionalmente consistente en el diagrama de flujos y niveles, sin la inclusión de multiplicadores arbitrarios sin significado en el mundo real. Así, en el Anexo B se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con sus

respectivas unidades, que otorgan la correcta dimensionalidad a las simulaciones realizadas.

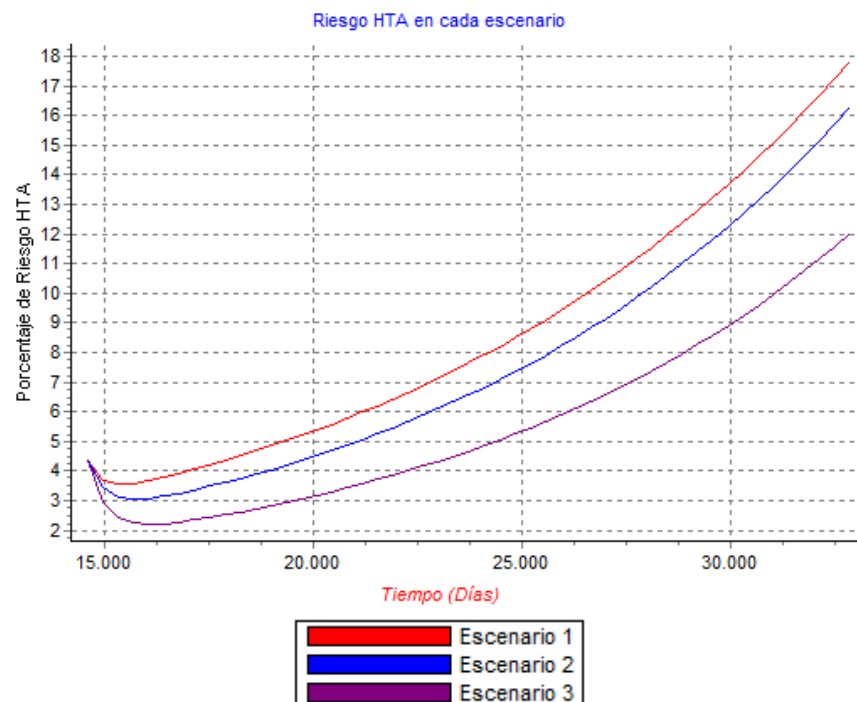
- **Condiciones extremas** Los modelos deben ser robustos bajo condiciones extremas. La robustez bajo condiciones extremas significa que el modelo debe comportarse de una manera realista sin importar cuan extremas puedan ser las entradas o políticas impuestas.

Tomando como referencia el escenario de la Tabla 2, consideramos tres escenarios en los cuales la ingesta calórica y el nivel de actividad física toman valores extremos, descritos en la siguiente tabla:

Tabla 11. Escenarios condiciones extremas segundo prototipo.

Parámetro	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Ingesta calórica (Kcal)	3000	2300	1800
Actividad física	Muy activo	Poco Activo	Sedentario

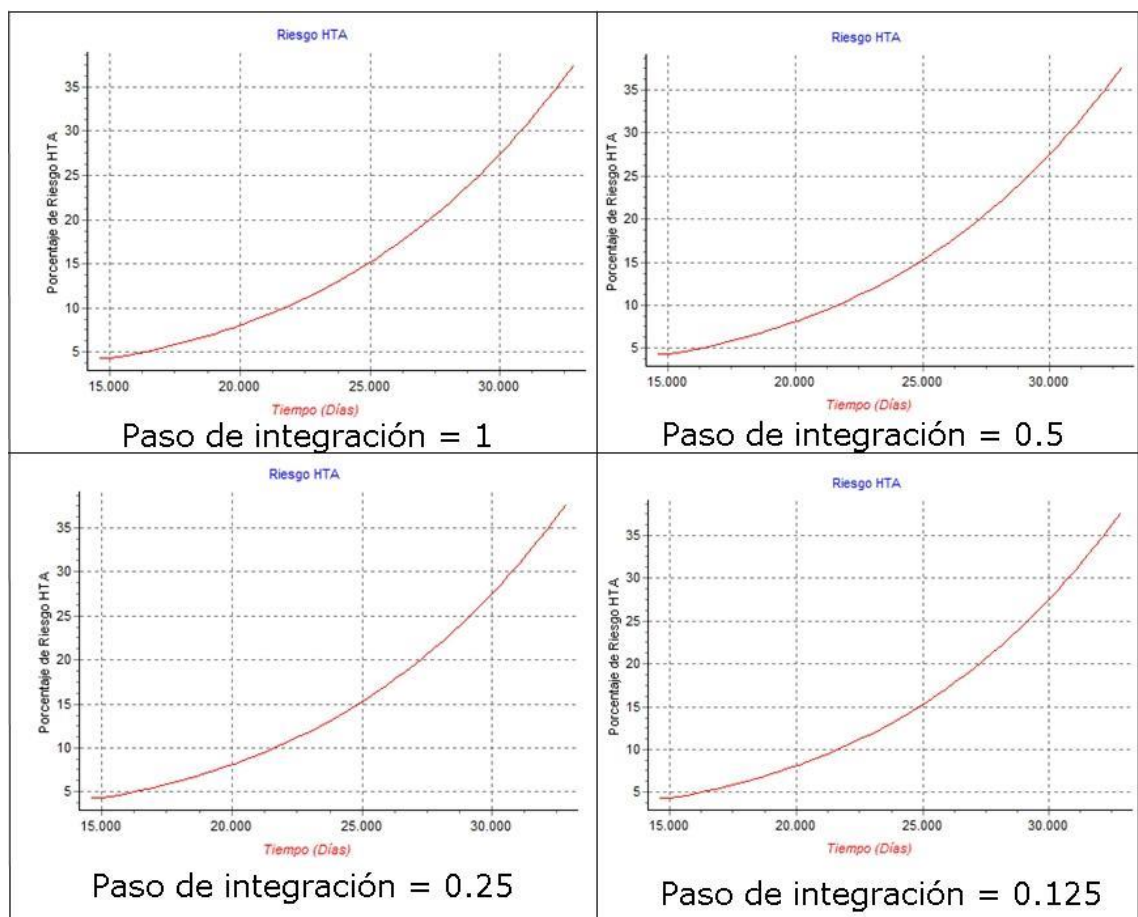
Gráfica 15. Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – condiciones extremas.



En la Gráfica 15 se observa como condiciones extremas como alta ingesta calórica y actividad física vigorosa mantienen el comportamiento cualitativo del fenómeno, el resultado el riesgo HTA en constante aumento. Así, se corrobora la robustez y adaptabilidad de la estructura causal planteada para este segundo prototipo, la cual responde coherentemente a cualquier valor que las entradas puedan tomar.

- Error de integración** Los modelos de dinámica de sistemas son usualmente formulados en un tiempo continuo y resultados por integración numérica. Para realizar esta prueba se elige el índice de riesgo HTA como comportamiento de referencia para evaluarlo bajo cuatro pasos de integración diferentes: 1, 0.5, 0.25 y 0.125, los resultados no deben ser sensibles a la selección de paso de tiempo.

Figura 41: Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – Pasos de integración.



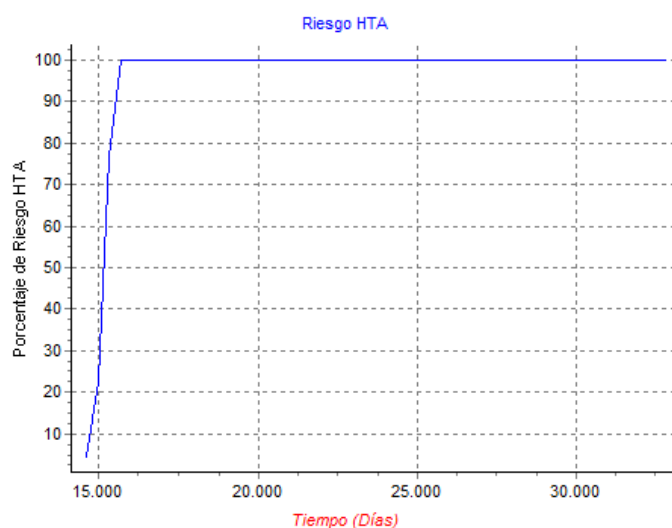
De acuerdo a la Figura 41, la sensibilidad de los resultados al paso de tiempo no afecta el significado del modelo pues no se evidencia modificación o variación alguna utilizando cuatro pasos de integración diferentes.

- **Análisis de sensibilidad** Con el análisis de sensibilidad se indaga si las conclusiones cambian de forma importante para el propósito del modelo cuando las asunciones varían en un rango plausible de incertidumbre. De esta forma, la robustez en las conclusiones que el modelo presenta será probada utilizando el análisis de sensibilidad por variación de parámetros que ofrece la herramienta evolución 4.5.

Para este análisis es válida la validación por parámetros presentada en la Gráfica 7 donde la ingesta calórica toma diferentes valores desde 2400 hasta 2850 Kcal, con esto el índice de riesgo HTA empieza a aumentar como consecuencia de alta ingesta y poco gasto energético. El patrón de comportamiento que exhibe el modelo es el mismo para cada variación.

- **Comportamiento anómalo** Esta prueba examina la importancia estructural de las relaciones causales preguntando si comportamientos anómalos surgen cuando alguna de las relaciones dentro de la estructura causal planteada es eliminada o modificada. De esta manera se procedió a eliminar la variable gasto energético y así observar el comportamiento resultante.

Gráfica 16. Simulación Riesgo HTA segundo prototipo – Comportamiento anómalo.



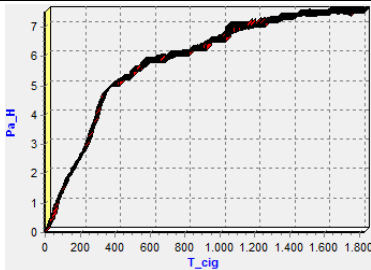
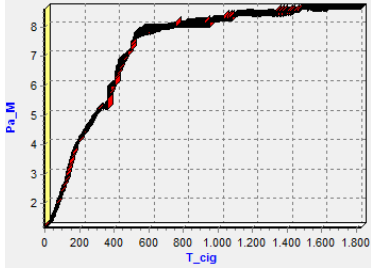
En la Gráfica 16 se observa el comportamiento anómalo que resulta de eliminar la relación gasto energético. El riesgo HTA presenta un crecimiento acelerado que para el quinto año alcanza el 100%. En consecuencia, se verifica la importancia de esta relación de influencia dentro del presente modelo para mantener vigente el objetivo bajo el cual es construido.

## Anexo F - Ecuaciones tercer prototipo.

Teniendo en cuenta que el proceso de modelamiento es un proceso incremental, se omiten las ecuaciones del primer prototipo y segundo prototipo debido a que ellas son descritas en el ANEXO A y C respectivamente (La variable auxiliar R\_se mencionada en el primer prototipo cambia su fórmula, el cambio se incluye en este anexo).

Tipo	Nombre de variable	Unidades	Fórmulas/Valor	Descripción
Niveles	T_tra	Días	tss	Cuenta los días que transcurren desde el inicio simulación.
	T_cig	Días	0	Días que lleva el paciente sin fumar, desde que tomó la decisión de abandonar el cigarrillo.
Flujos	d_tra	Días	1	Empieza a contar uno (día) desde el inicio de la simulación.
	F_dia	Días	IF(T_tra>=(cig_c*365),1,0)	Cuenta uno (día) a partir del día en el que el paciente deja de fumar
Auxiliares	BEE	Kcal/día	IF(S=0,(293-(3.8*Ed)+(456.4*Alt)+(10.12*P_re)),(204-(4*Ed)+(450.5*Alt)+(11.69*P_re)))	Refleja la tasa de metabolismo basal (BEE), o la energía diaria necesaria para mantener el metabolismo celular y asociado a procesos de la vida, extrapolados a un periodo de 24 horas.
	P1	PAL	((met1-1)*(((1.15/0.9)*t1)/1440))/(BEE/(0.0175*1440*P_re))	Promedio de PAL para la actividad 1 realizada por el paciente.
	P2	PAL	((met2-1)*(((1.15/0.9)*t2)/1440))/(BEE/(0.0175*1440*P_re))	Promedio de PAL para la actividad 2 realizada por el paciente.
	P3	PAL	((met3-1)*(((1.15/0.9)*t3)/1440))/(BEE/(0.0175*1440*P_re))	Promedio de PAL para la actividad 3 realizada por el paciente.
	P4	PAL	((met4-1)*(((1.15/0.9)*t4)/1440))/(BEE/(0.0175*1440*P_re))	Promedio de PAL para la actividad 4 realizada por el paciente.
	P5	PAL	((met5-1)*(((1.15/0.9)*t5)/1440))/(BEE/(0.0175*1440*P_re))	Promedio de PAL para la actividad 5 realizada por el paciente.

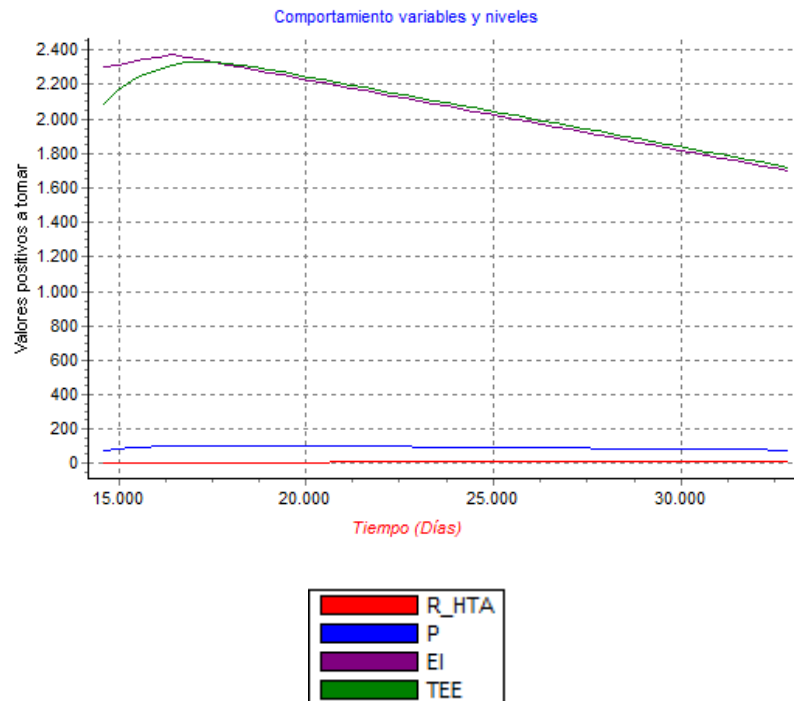
	PAL	PAL	SUM(P1,P2,P3,P4,P5)	Nivel aproximado de actividad física realizado en el día por una persona, representado por cinco actividades representativas de las tareas diarias teniendo en cuenta para cada actividad su esfuerzo físico y tiempo de dedicación.
	Ed_c	Años	IF( Mom_d=0, 100, (Eact+Mom_d))	Representa la edad del paciente en la cual empieza a reducir la ingesta calórica.
	Dec_d	Magnitud adimensional	IF(Ed<Ed_c,op_CalExt,NOT(op_CalExt))	Permite comprobar si el paciente disminuirá la ingesta calórica o la aumentará.
	cig_c	Días	(Eact+Mom_cc)	Días en los que el paciente dejará de fumar o empezará a fumar.
	R_se	Magnitud adimensional	IF(S=0, IF((OR(Ed<=45, Ed>=65)), (C_Se*S), (C_Se*0.8)), IF((AND(Ed>=45, Ed<=64)), (C_Se*0.8), (C_Se*S)))	Riesgo HTA relacionado con el sexo en del paciente.
	P_cig	Kg	IF(T_tra>=(cig_c*365),IF(op_cig=1,IF(S=0,Pa_H,Pa_M),0),0)	Peso ganado desde que el paciente dejó de fumar.
	P_re	Kg	P+P_cig	Peso total actual del paciente en cada momento de la simulación.
Exógenas	t1	Minutos	INTLINEAL(2,1,1,480,480,480,480,480,480,480)	Tiempo dedicado a la ejecución de la actividad 1, durante el día.
	t2	Minutos	INTLINEAL(2,1,1,480,480,480,480,480,240,240)	Tiempo dedicado a la ejecución de la actividad 2, durante el día.
	t3	Minutos	INTLINEAL(2,1,1,120,120,120,120,120,240,240)	Tiempo dedicado a la ejecución de la actividad 3, durante el día.
	t4	Minutos	INTLINEAL(2,1,1,120,120,120,120,120,240,240)	Tiempo dedicado a la ejecución de la actividad 4, durante el día.
	t5	Minutos	INTLINEAL(2,1,1,120,120,120,120,120,240,240)	Tiempo dedicado a la ejecución de la actividad 5, durante el día.
	met1	MET	INTLINEAL(2,1,1,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9,0.9)	Nivel de gasto de energía logrado durante la realización de la actividad 1, es una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.

	met2	MET	INTLINEAL(2,1,1,2.5,2.5,2.5,2.5,1,1,1)	Nivel de gasto de energía logrado durante la realización de la actividad 2, es una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.
	met3	MET	INTLINEAL(2,1,1,1,1,1,1,1,1,1)	Nivel de gasto de energía logrado durante la realización de la actividad 3, es una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.
	met4	MET	INTLINEAL(2,1,1,2,2,2,2,1,1,1)	Nivel de gasto de energía logrado durante la realización de la actividad 4, es una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.
	met5	MET	INTLINEAL(2,1,1,2.5,2.5,2.5,2.5,2.5,2.5,2.5)	Nivel de gasto de energía logrado durante la realización de la actividad 5, es una manera de expresar el coste total de calorías de la actividad.
Parámetros	tss	Días	t	Tiempo inicial de la simulación.
	Mon_d	Años	0	Tiempo en el que la persona va a cambiar la dieta.
	Mom_cc	Años	5	Tiempo en el que la persona va a dejar de fumar.
Tablas	Pa_H	Kg		Porcentaje de ganancia de peso en hombres que abandonan el consumo de cigarrillo (en 5 años de seguimiento).
	Pa_M	Kg		Porcentaje de ganancia de peso en mujeres que abandonan el consumo de cigarrillo (en 5 años de seguimiento).

## Anexo G - Pruebas validación tercer prototipo

- **Evaluación de la estructura** Para esta prueba se seleccionó el nivel peso e ingesta y las variables riesgo HTA y gasto energético.

Gráfica 17. Simulación variables y niveles tercer prototipo – Prueba de estructura.



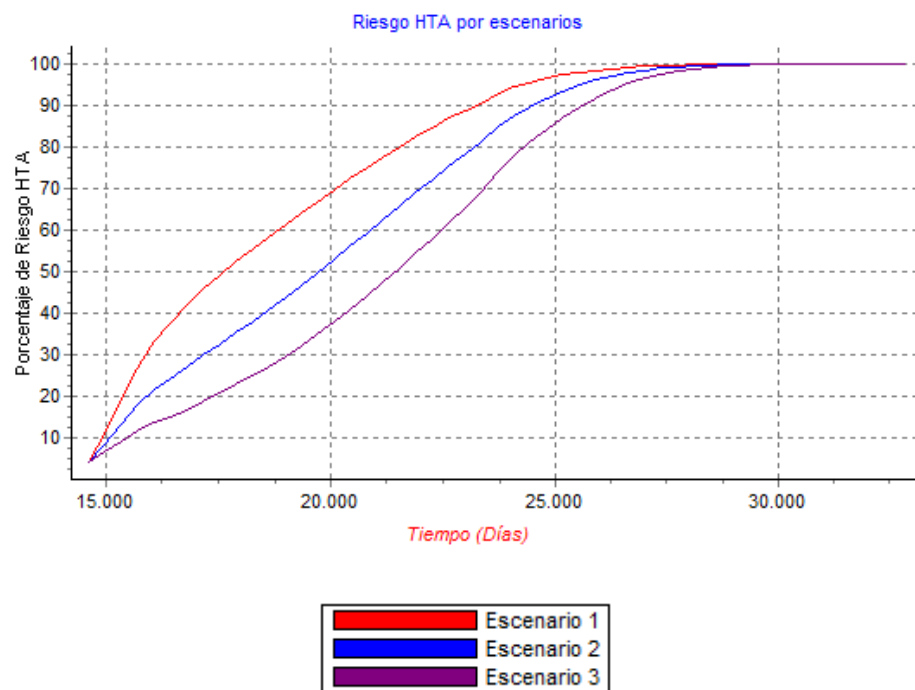
Las variables y niveles evaluados no toman valores negativos durante la simulación, tal como el mundo real tampoco los toma. Al inicio de la simulación la ingesta es mayor al gasto energético, así aumenta el peso y con ello el riesgo, ocurre todo lo contrario cuando la ingesta es menor al gasto. Los resultados son congruentes con el comportamiento estudiado del fenómeno.

- **Consistencia dimensional** En el Anexo D se encuentra la descripción de cada una de las variables junto con sus respectivas unidades, que otorgan la correcta consistencia dimensional cada una de las simulaciones realizadas.
- **Condiciones extremas** Consideramos tres escenarios para una mujer en los cuales las calorías extras para la ingesta calórica y el nivel de actividad física toman valores extremos.

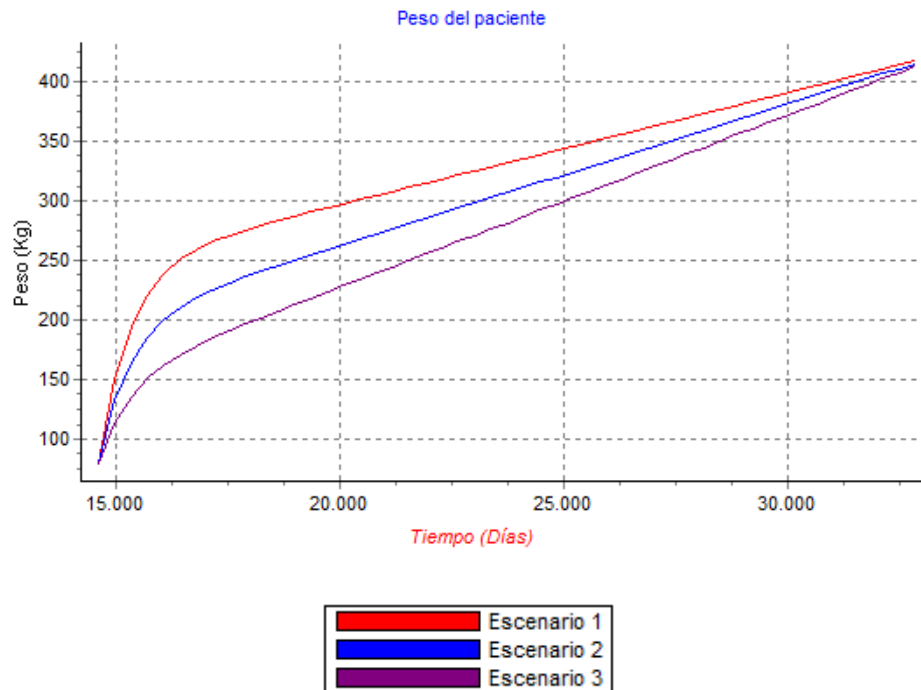
Tabla 12. Escenarios condiciones extremas tercer prototipo.

Parámetro	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Calorías extras de aumento	30	40	50
Calorías base	4000	3500	3000

Gráfica 18. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – condiciones extremas.



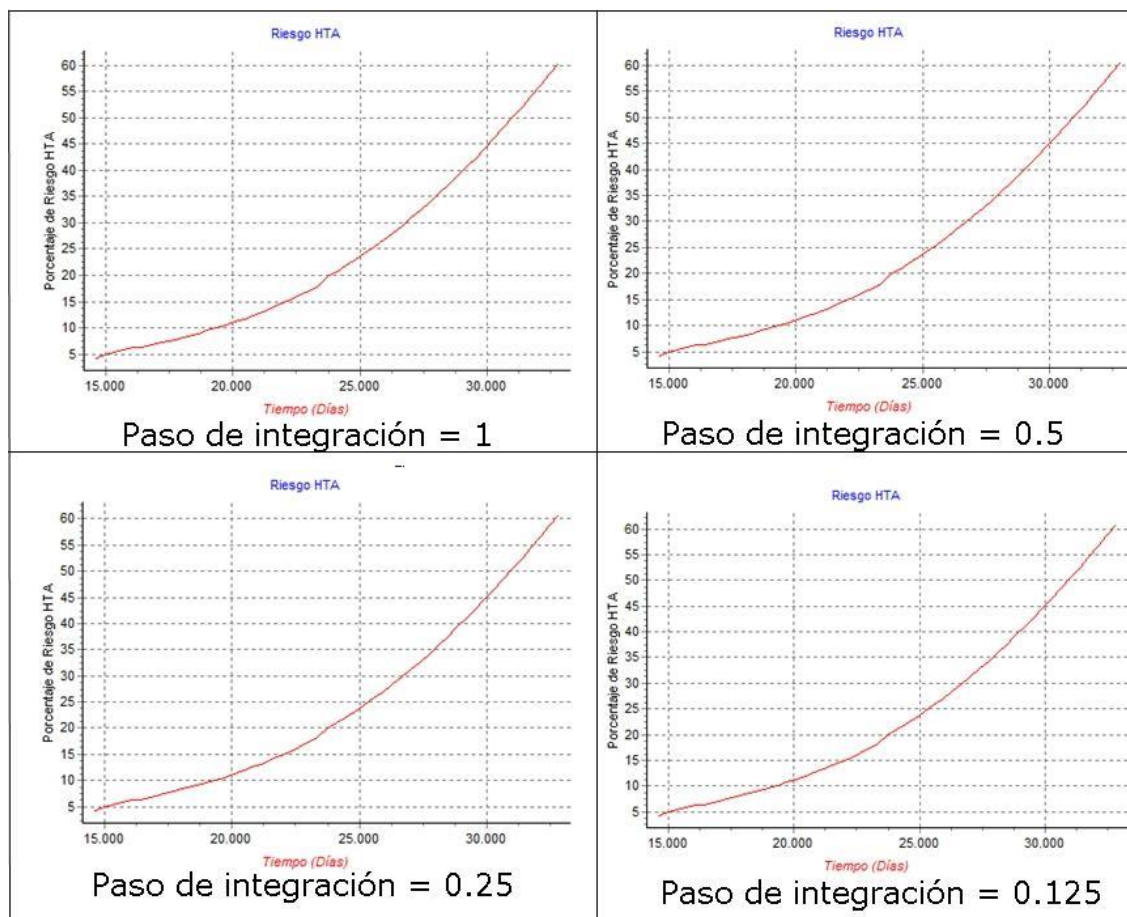
Gráfica 19. Simulación peso del paciente tercer prototipo – condiciones extremas.



De las simulaciones presentadas en las Gráficas 18 y 19 es posible afirmar que con condiciones extremas como con alta ingesta calórica y el aumento de la misma cada año, el riesgo HTA tiene un comportamiento cualitativo coherente con la estructura causal planteada y con el fenómeno estudiado; el riesgo HTA se potencia con factores como el sexo (mayor riesgo en mujeres) e ingestas calóricas extremas. Así, se corrobora la utilidad del presente tercer prototipo, pues cada ecuación tiene sentido aun cuando sus entradas toman valores extremos.

- **Error de integración** Para realizar esta prueba se elige el índice de riesgo HTA como comportamiento de referencia para evaluarlo bajo cuatro pasos de integración diferentes: 1, 0,5, 0,25 y 0.125, los resultados no deben ser sensibles a la selección de paso de tiempo.

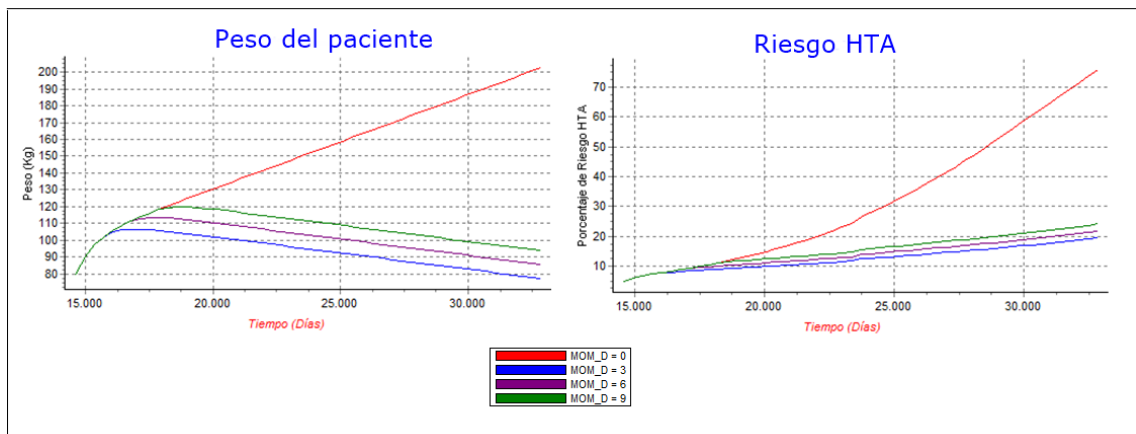
Figura 42. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – Pasos de integración.



El comportamiento presentado por la variable riesgo HTA no presenta cambios ni variación alguna utilizando cuatro pasos de integración diferentes.

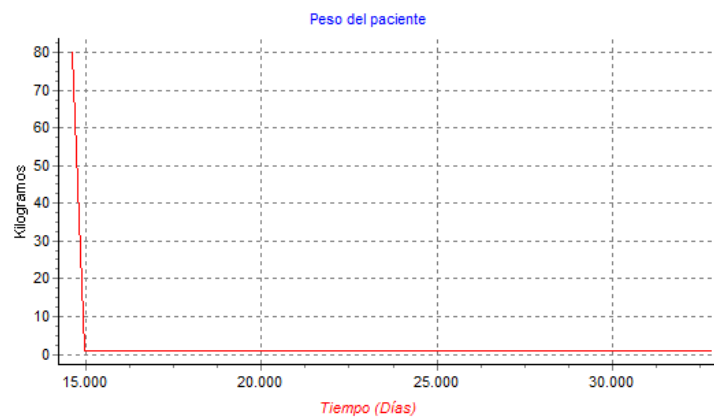
- **Análisis de sensibilidad** Haciendo uso del análisis de sensibilidad es posible observar que variaciones del tiempo en el que el paciente empieza a disminuir su dieta, (en 0, 3, 6 y 9 años) conlleva cambios en el peso del paciente y por ende riesgo del paciente; todos con cambios acordes y con rangos aceptables de aproximación cuantitativa del riesgo.

Figura 43. Riesgo HTA en función a la decisión del paciente (disminuir la ingesta calórica) – tercer prototipo.



- Comportamiento anómalo** Eliminando la variable ingesta energética resulta un comportamiento irregular, puesto que el peso inicial del paciente es de 80 Kg al inicio de la simulación y a partir del segundo año cae casi a cero; este comportamiento carece de credibilidad. Así, se verifica la importancia de la relación ingesta y gasto energético para la obtención de datos consistentes que permitan una representación fiable del fenómeno.

Gráfica 20. Simulación Riesgo HTA tercer prototipo – Comportamiento anómalo.



## Anexo H - Ecuaciones cuarto prototipo.

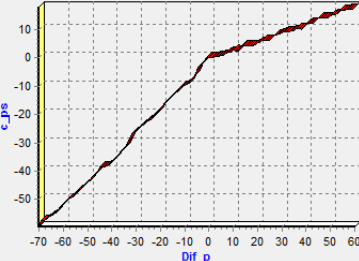
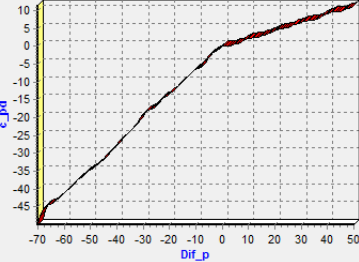
Dado el proceso de construcción del modelo por prototipos y siendo el cuarto prototipo el prototipo final, se han dos tipos de arreglos:

- Agregar nuevas variables (funciones).
- Corregir variables: Dado el modelo con dinámica de sistemas funciona con datos capturados desde la interfaz, las variables antes exógenas t1, t2, t3, t4, t5, met1, met2, met3, met4 y met5 cambian a ser parámetros. Por otro lado, a causa de que se ha cambiado el paso de integración, algunas ecuaciones han sufrido pequeñas modificaciones, así estas variables se vuelven a presentar en el presente anexo.

Tipo	Nombre de variable	Unidades	Fórmulas/Valor	Descripción
Niveles	Tempo	Días	Mcc_d	Temporizador para saber el momento en el cual se debe empezar a sumar la ganancia de peso por el abandono del cigarrillo y capturar el peso en ese instante de la simulación (con ese peso se calcula siempre el porcentaje de peso ganado).
	P_dejaf	Kg	0	Peso del paciente en el momento que dejó de fumar/empezó a fumar.
	Cont	Días	1	Cuenta un ciclo de 365 días (un año).
	T_tra	Días	ts*365	Cuenta los días que transcurren desde el inicio simulación
Auxiliares	Reg_Ed	Años	Ed-(Eact-20)	Regula la entrada a las tablas para empezar siempre el multiplicador en -0.156412.
	R_Ed	Magnitud adimensional	IF(S=1,((C_Ed*Re_M)*Ed),((C_Ed*Re_H)*Ed))	Riesgo HTA relacionado con la edad del paciente.
	Ed_c	Años	IF( Mom_d=0, 10000, (Eact+Mom_d))	Representa la edad del paciente en la cual empieza a reducir la ingesta calórica.
	cig_c	Días	IF(Mom_cc=0, 50000, ((Eact+Mom_cc)*365))	Días en los que el paciente dejará de fumar o empezará a fumar.
	Mcc_d	Días	(Mom_cc*365)+1	Días en el que el paciente dejará de fumar/comenzará a fumar,





	c_ps	mmHg	 <p>The graph shows the relationship between the change in systolic pressure (Dif_p) on the x-axis and the change in systolic pressure (c_ps) on the y-axis. The x-axis ranges from -70 to 60, and the y-axis ranges from -50 to 10. The curve starts at approximately (-65, -50) and increases, passing through (-40, -30), (-20, -10), and (0, 0), continuing to rise towards (60, 10).</p>	<p>Relaciona la pérdida o ganancia de peso con la disminución o aumento de la presión arterial sistólica.</p>
	c_pd	mmHg	 <p>The graph shows the relationship between the change in diastolic pressure (Dif_p) on the x-axis and the change in diastolic pressure (c_pd) on the y-axis. The x-axis ranges from -70 to 50, and the y-axis ranges from -45 to 10. The curve starts at approximately (-65, -45) and increases, passing through (-40, -30), (-20, -10), and (0, 0), continuing to rise towards (50, 10).</p>	<p>Relaciona la pérdida o ganancia de peso con la disminución o aumento de la presión arterial diastólica.</p>

## Anexo I - Especificación de casos de uso

<b>Casos de uso</b>	Crear Paciente
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico la recopilación de información personal y de contacto del paciente.
<b>Descripción</b>	El médico podrá suministrar la anterior información en campos como: Nombre, código, CC, Ciudad, fecha de nacimiento, Herencia, teléfonos de contacto y otros campos de información.
<b>Precondiciones</b>	Ninguna
<b>Flujo Principal</b>	El médico accede a la pantalla principal de la interfaz, donde podrá crear un nuevo paciente.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Los campos, Nombre del paciente, sexo, altura, tipo cedula, numero de documento y herencia corresponden a campos obligatorios.
<b>Poscondiciones</b>	El médico no podrá pasar a la venta de simulación debido a que los campos prioritarios no se han llenado.

<b>Casos de uso</b>	Crear Simulación
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico simular los datos de un nuevo paciente, establecer escenarios de simulación, escribir observaciones, consultar documentación, controlar la simulación y guardar los datos simulados del paciente.
<b>Descripción</b>	El usuario deberá suministrar la información general de los dos escenarios, la cual se encuentra en la parte superior del formulario junto con la documentación del modelo flujo nivel y diagrama de influencias (disponibles para lectura). El usuario debe tener en cuenta que los campos peso, edad, presión sistólica, presión diastólica y fecha del paciente corresponden a campos obligatorios para la simulación.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar previamente el caso de uso crear paciente, llenar escenarios, escoger tiempo de simulación y controlar simulación.
<b>Flujo Principal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear Paciente</li> <li>2. Llenar escenarios</li> <li>3. Escoger tiempo de simulación</li> <li>4. Controlar simulación</li> </ol>

	<p>5. Guardar simulación (opcional)</p> <p>6. Finalización caso de uso</p>
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Los escenarios cuentan con ciertas excepciones que se verán más en detalle en la especificación casos de uso para los escenarios.
<b>Poscondiciones</b>	Las gráficas presentadas en la interfaz están en función al dialogo establecido entre el médico y el paciente.

<b>Casos de uso</b>	Llenar escenario
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	<p>Permite al médico asignar valores a variables modificables (parámetros) los cuales se encuentran organizados por medio de escenarios.</p> <p>El médico contará con 2 escenarios para soportar el acuerdo que se establecerá con el paciente.</p>
<b>Descripción</b>	<p>El escenario base representa la condición actual del paciente mientras que en el escenario acuerdo, el médico podrá jugar con los factores modificables para explicarle al paciente su comportamiento si sigue bajo ciertas condiciones de estilo de vida.</p> <p>El médico contará con dos herramientas útiles para la estimación aproximada de la totalidad de calorías consumidas por el paciente y su nivel de actividad física estimada en un promedio de 5 actividades diarias.</p> <p>El médico selecciona la actividad que realiza el paciente y el tiempo de duración de la actividad.</p> <p>El médico selecciona el alimento de una lista, el cual tiene un correspondiente calórico el cual se ira sumando con cada opción escogida.</p>
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar el caso de uso crear simulación.
<b>Flujo Principal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Escoger la opción crear simulación.</li> <li>2. Llenar escenarios, en la opción escenarios.</li> </ol>
<b>Sub-flujos</b>	<p>Escenario Base. Los datos a suministrar en este escenario hacen alusión a los datos reales (condición actual) del paciente.</p> <p>Escenario Acuerdo. Los datos suministrados en este escenario hacen alusión al acuerdo establecido entre el médico y el paciente.</p> <p>En los anteriores escenarios: el médico accede a la pestaña escenarios en crear simulación, en los escenarios: base y acuerdo, encontrará una sección de calculadora de calorías, en</p>

	<p>la cual podrá ir agregando alimentos dependiendo si es desayuno, almuerzo y comida. Cada opción se irá sumando y se mostrará el equivalente calórico de las opciones escogidas. Además de poder calcular las calorías se mostrará unas preguntas relacionadas con el aumento y disminución de las calorías base.</p> <p>El médico accede a la pestaña escenarios en crear simulación, en los escenarios: base y acuerdo, encontrará una sección de actividad física en la cual podrá escoger las actividades y asignarles un tiempo de duración para la actividad.</p>
<b>Excepciones</b>	La edad del paciente debe estar entre 20 y 80 años, su presión sistólica entre 50 y 140 mmHg, presión diastólica entre 30 y 90 mmHg y el peso entre 31,7 a 181,4 kilogramos.
<b>Poscondiciones</b>	Los valores suministrados por el médico son asignados al modelo del simulador para realizar la simulación.

<b>Casos de uso</b>	Elegir tiempo de simulación
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico elegir el tiempo de simulación a partir del cual se observarán gráficamente los resultados de simulación del modelo en función del tiempo seleccionado.
<b>Descripción</b>	El médico cuenta con un componente que le permite ajustar (disminuir o aumentar) el tiempo de simulación (tiempo que la simulación durará).
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar previamente el caso de uso, crear simulación.
<b>Flujo Principal</b>	Cada vez que se accede a simular datos, el médico seleccionará el tiempo de simulación bajo el cual se arrojará los resultados del modelo a través de gráficas.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	El médico está restringido a un rango entre: mayor a la edad actual del paciente y menor a 90 años. Además, el tiempo final de simulación debe ser mayor a la edad actual del paciente.
<b>Poscondiciones</b>	El tiempo de simulación observado en los resultados de simulación presentados en las gráficas es determinado en función de la elección realizada por el usuario.

<b>Casos de uso</b>	Controlar simulación
---------------------	----------------------

<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico controlar la simulación de los escenarios dialogados con el médico.
<b>Descripción</b>	El médico cuenta con las siguientes opciones: Iniciar, pausar y detener, las cuales le permiten controlar la simulación de los resultados graficados.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar los casos de uso, llenar escenarios, escoger escenarios, escoger tiempo de simulación.
<b>Flujo Principal</b>	El médico accede a la pestaña simulaciones, encontrará botones de “Inicio”, “Pausa” y “Detener”. Dependiendo de la elección de estos botones se procede con los correspondientes sub-flujos.
<b>Sub-flujos</b>	<p>Inicio. Si se escoge esta opción, el sistema simula las variables de interés del modelo hasta el tiempo de simulación seleccionado. En consecuencia, gráficamente se observarán los resultados de simulación. Durante la simulación el usuario puede pasar a los sub-flujos Pausa y/o Detener.</p> <p>Pausa. Si se escoge esta opción cuando la simulación se encuentra en marcha, los resultados son arrojados gráficamente en el tiempo de simulación en el cual se seleccionó esta opción. Si el usuario decide continuar con la simulación procede con el sub-flujo Inicio.</p> <p>Detener. Si esta es la opción elegida por el usuario, la simulación será interrumpida por el sistema.</p>
<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Poscondiciones</b>	Se presentarán los resultados de simulación de los escenarios establecidos por medio de gráficas.

<b>Casos de uso</b>	Establecimiento Acuerdo
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico escribir las observaciones sobre el paciente, por ejemplo, el compromiso del paciente en hábitos alimenticios o consumo de cigarrillo.
<b>Descripción</b>	El médico cuenta con un campo en el cual puede redactar el compromiso del paciente o las observaciones que debe mejorar el paciente.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar el caso, crear simulación.
<b>Flujo Principal</b>	El médico accede a la pestaña observaciones, donde encontrará un campo de texto en cual podrá escribir sus

	recomendaciones o decisiones a las cuales se compromete el paciente.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Poscondiciones</b>	Las observaciones guardadas se podrán ver cuando se ejecute el caso, consultar datos

<b>Casos de uso</b>	Guardar datos escenario
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico guardar los datos de los escenarios principales
<b>Descripción</b>	El médico puede almacenar los datos de los escenarios principales con el fin de mostrarle al paciente cual ha sido su avance o desmejora.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar el caso de uso crear simulación
<b>Flujo Principal</b>	El médico accede a la pestaña simulaciones donde se encuentra la opción guardar que hace referencia al almacenamiento de los escenarios base y acuerdo respectivamente (escenarios principales).
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Se mostrarán dos mensajes, uno de ellos referidos a los campos obligatorios y otro al tiempo de simulación es menor a la edad del paciente.
<b>Poscondiciones</b>	Se guardará los datos suministrados en los escenarios base y acuerdo.

<b>Casos de uso</b>	Consultar documentación
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico consultar la documentación e información del modelo, de la interfaz y de los autores.
<b>Descripción</b>	El usuario cuenta con un conjunto de pestañas en la ventana principal y en crear simulación.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar el caso de uso crear simulación para poder ver la documentación del modelo, sobre la información de los autores, modelo e interfaz no existen precondiciones.
<b>Flujo Principal</b>	El médico accede a la pantalla principal, donde puede consultar "Acerca de los autores", "información del modelo e información de la interfaz". La documentación correspondiente al modelo: "Diagrama de flujos-niveles", "Diagrama de influencias" y "Descripción de las principales variables del modelo" se encuentra en la

	opción crear simulación, la cual está disponible en la ventana principal.
<b>Sub-flujos</b>	<p>Acerca de los autores. Si el actor elige esta opción la cual se encuentra en la ventana principal, podrá ver la información de los autores y codirectores del presente trabajo.</p> <p>Información del modelo. Si el actor elige esta opción la cual se encuentra en la ventana principal, podrá conocer el propósito del modelo desarrollado así como las restricciones del mismo. Le permitirá estar informado acerca de los límites de modelamiento del mismo.</p> <p>Información de la interfaz. Si el actor elige esta opción la cual se encuentra en la ventana principal, podrá conocer el propósito de la interfaz la cual facilita el uso del modelo desarrollado.</p> <p>Diagrama de flujos-niveles. El actor accede a la opción crear simulación, en la parte superior podrá consultar los sectores del modelo con DS.</p> <p>Diagrama de influencias. El actor accede a la opción crear simulación, donde podrá consultar el correspondiente diagrama de influencias que relaciona conceptualmente las variables consideradas para la construcción del modelo. Facilitando así, la comprensión del concepto de realimentación por medio del establecimiento de acuerdos.</p> <p>Descripción de variables graficadas. El actor accede a la opción crear simulación. Posteriormente, podrá consultar las definiciones de las principales variables tenidas en cuenta en la construcción del modelo. Así el médico podrá tener un panorama más claro sobre los supuestos bajo los cuales los autores del presente trabajo se basaron.</p>
<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Poscondiciones</b>	El usuario puede ver la descripción en prosa y grafica (diagramas de flujo-nivel e influencias) de la documentación de la interfaz y el modelo.
<b>Casos de uso</b>	Listar paciente
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización

<b>Propósito</b>	Presentar al médico la lista de pacientes que ha atendido, en donde él podrá consultar los datos guardados correspondientes al paciente consultado.
<b>Descripción</b>	El médico puede consultar la lista de pacientes atendidos.
<b>Precondiciones</b>	Se recomienda ejecutar con anterioridad el caso de uso crear paciente.
<b>Flujo Principal</b>	El usuario accede a la opción registros, disponible en la ventana principal de la interfaz.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguno
<b>Poscondiciones</b>	El paciente podrá consultar los datos de cada paciente

<b>Casos de uso</b>	Consultar datos
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Presentar al médico la lista de registros que se han guardado del paciente, en donde él podrá consultarlos y simularlos.
<b>Descripción</b>	El médico puede consultar y simular los registros según la fecha de cita
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar el caso de uso listar paciente, crear simulación
<b>Flujo Principal</b>	Una vez el médico seleccione el paciente, se mostrará en la interfaz los registros guardados con su respectiva fecha.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguno
<b>Poscondiciones</b>	El médico puede abrir el registro para simular los datos guardados.

<b>Casos de uso</b>	Ver Registro
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico la simulación de datos previamente almacenados.
<b>Descripción</b>	El médico puede abrir los datos de un registro guardado, no puede modificar los campos en el registro pero puede escoger un nuevo tiempo de simulación y hacer uso de los controles de simulación.
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar los casos de uso crear paciente, guardar escenarios, controlar simulación y elegir tiempo de simulación.
<b>Flujo Principal</b>	El médico accederá desde cada registro del paciente.
<b>Sub-flujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguno

<b>Poscondiciones</b>	Las gráficas presentadas en la interfaz están en función al dialogo establecido entre el médico y el paciente. El médico puede crear un nuevo registro del paciente, se ejecuta el caso de uso crear simulación.
-----------------------	---

<b>Casos de uso</b>	Borrar Registro
<b>Actores</b>	Médico
<b>Tipo</b>	Generalización
<b>Propósito</b>	Permitir al médico borrar registros del paciente
<b>Descripción</b>	El médico puede borrar un registro seleccionado
<b>Precondiciones</b>	Se requiere ejecutar los casos de uso crear paciente, listar paciente.

## Anexo J – Prueba de receptividad

- **Primera prueba:** Realizada el día 18 de enero de 2017 al médico y cirujano Augusto Alfredo Silva Parada.

---


### Guía experiencia de uso

Vincular al paciente con su estado de salud es una tarea en la que el médico sirve de apoyo y motivación ya que para entender las consecuencias de un riesgo alto, es necesaria la comprensión de los factores que lo influyen, es decir, un proceso educativo y de formación en una cultura de buenos hábitos; para poder enfrentar al paciente con su situación, manifestar las consecuencias de seguir con prácticas que influyen el riesgo y mostrar las posibilidades de mejoramiento, el médico precisa de un recurso que le permita exponer la tendencia actual y futura del HTA si se asumen los acuerdos, de esta manera, se va estableciendo entre el paciente y el médico un diálogo sobre la problemática y una forma de seguimiento de la situación del paciente (intervenir no solo por la situación del presente que puede ser difícil sino por un futuro que puede ser peor), actuando como elemento motivante.

Riesgo HTA 1.0 permite el ingreso de datos del paciente, facilita los acuerdos y el seguimiento de los mismos. Esta herramienta no pretende predecir o pronosticar detalladamente el comportamiento del riesgo en un paciente, pero sí simular una tendencia y servir como elemento de juicio para fortalecer la capacidad de toma de decisiones del médico y del paciente con un pronóstico cualitativo del riesgo a partir de la comprensión de la situación.

Los datos de entrada para la interfaz manejan rangos específicos para realizar las simulaciones:

- Sexo: Hombre o mujer.
- Edad: Entre 20 y 80 años.
- Herencia: Ninguna, ambos padres o ninguno.
- Presión sistólica: Entre 50 y 140 mmHg.
- Presión diastólica: Entre 30 y 90 mmHg.
- Cigarrillo: Paciente fumador o no fumador.
- Altura: 1,2 a 2,1 metros.
- Peso: 31,7 a 181,4 kilogramos.
- ¿Hasta que edad se va a simular? : Máximo 90.

FORMATO DE EVALUACIÓN INTERFAZ HTA 1.0					
Institución: MEDICO ECO PETROL		Fecha: 18-01-17			
Nombre del evaluador: AGOSTO ALFREDO SILVA PARADA					
 <b>ALFREDO SILVA</b> MEDICO Y CIRUJANO UIS RMN 14697/83					
Valore de 1 a 5 el grado de satisfacción y marque con una X la casilla que más represente su respuesta para cada pregunta (5=Máximo nivel de aceptación; 1=Mínimo nivel de aceptación).	1	2	3	4	5
1. ¿La instalación del programa es sencilla y con instrucciones fáciles de seguir?				X	
2. ¿Los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?					X
3. ¿Considera que el suministro de los datos a la interfaz se hace de manera sencilla?					X
4. ¿Los gráficos están apropiadamente posicionados en la pantalla?					X
5. ¿Qué tan adecuada aprecia la forma en que se muestran las imágenes en la interfaz? ¿Son nítidas? ¿Son adecuadas para representar el contenido del que trata?					X
6. ¿La letra en negrita hace referencia a la información importante de la interfaz?				X	
7. ¿La distribución de los elementos estructurales de la aplicación (zonas de contenido, botones, etc.) es buena?					X
8. ¿La cantidad de elementos estructurales que se utilizan en el software es excesiva? (Siendo 1 para una calificación baja y 5 para una calificación alta).		X		-	
9. ¿La distribución de los elementos estructurales se mantiene a lo largo del recorrido del software?					X
10. ¿El recorrido que se hace por el contenido del software es comprensible?					X
11. ¿La información que se presenta en la aplicación es demasiado extensa? (Siendo 1 para una calificación baja y 5 para una calificación alta).		X			
12. ¿No hay errores en la información que se presenta en el software? (Si considera que no hay errores, por favor no marque ninguna de las casillas).					
13. ¿La información que se presenta es apropiada para el médico a la hora de realizar la cita médica?					X
14. ¿La presentación del contenido (tipo y tamaño de fuente, el uso del color, disposición de los elementos según su significado, etc.) es buena?				X	

15. ¿La velocidad del funcionamiento del software, considerando el tipo de tarea que se realiza, es buena?					X
16. ¿El diseño de la interfaz sigue la misma consistencia en todas las secciones de la página?					X
17. ¿Es fácil usar el software por primera vez?					X
18. ¿Se muestran los errores que el usuario comete cuando completa un formulario cerca del campo en el que se comete el error?					X
19. ¿El software presenta errores cuando se está ejecutando?					X
20. ¿En general, el ambiente software aporta al aprendizaje de los factores que inducen la hipertensión arterial y es útil en la toma de decisiones?					X
21. ¿Los resultados obtenidos luego de la simulación permiten sacar conclusiones de la situación planteada?					X
22. ¿Se pueden ejecutar las simulaciones bajo diferentes condiciones (variando parámetros como calorías y actividades diarias)?					X
23. ¿El ambiente software fomenta el desarrollo de estrategias de aprendizaje a los usuarios, que les permita planificar, regular y evaluar su propia actividad de aprendizaje?					X
24. ¿Ha trabajado antes con herramientas de este propósito y características?	SI				

Analizando el ambiente software Riesgo HTA 1.0

25. ¿Cree que los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?

¿Cambiaría alguno? NO

¿Cuál? \_\_\_\_\_

26. Si se le ha dificultado la captura de los datos, por favor escriba sus observaciones

NINGUNO

27. ¿El orden de captura de datos se maneja en orden adecuado? SI

28. ¿Qué es lo que más te llamó la atención positivamente o negativamente de la utilidad que ofrece el ambiente software? QUE MIDE INTEGRAL EL RIESGO DE HIPERTENSION

29. ¿Cuáles cree son las razones de la poca adherencia de los paciente a programas de prevención de ECV, principalmente HTA? - SOCIEDAD DE CONSUMO

- PUBLICIDAD ENGANOZA (Bebidas light)

- SEDENTARISMO

30. ¿Cree que la herramienta desarrollada facilita la interacción médico-paciente y fomenta el aprendizaje, comprensión y compromiso del paciente con su salud? SI

31. Escribe un comentario de manera general sobre tu experiencia en el uso del ambiente software ES EL IDIOMA UNIVERSAL PARA

LA PREVENCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SALUD

32. ¿Qué te gustaría que tuviera la interfaz para hacerla más agradable? QUE SE PUEDA INTEGRAR AL SOFTWARE DE HISTORIA CLINICA QUE SE ESTE NAVEGANDO

33. ¿Qué otras funciones se le pueden agregar al sistema? QUE EL RIESGO INVOLUCRE PERIMETRO DE CINTURA

- **Segunda prueba:** Realizada el 24 de enero de 2017 al médico Horbes Branling Buitrago Mateus. (Se omite la página de presentación de la guía de experiencia de uso, expuesta en la primera prueba).

FORMATO DE EVALUACIÓN INTERFAZ HTA 1.0					
Institución: <u>Uisalud.</u>		Fecha: <u>7.02.17</u>			
Nombre del evaluador: <u>Isabel Reyes Ortiz</u>					
<u>Isabel Reyes O.</u>					
Valore de 1 a 5 el grado de satisfacción y marque con una X la casilla que más represente su respuesta para cada pregunta (5=Máximo nivel de aceptación; 1=Mínimo nivel de aceptación).	1	2	3	4	5
1. ¿La instalación del programa es sencilla y con instrucciones fáciles de seguir?					X
2. ¿Los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?					X
3. ¿Considera que el suministro de los datos a la interfaz se hace de manera sencilla?					X
4. ¿Los gráficos están apropiadamente posicionados en la pantalla?					X
5. ¿Qué tan adecuada aprecia la forma en que se muestran las imágenes en la interfaz? ¿Son nítidas? ¿Son adecuadas para representar el contenido del que trata?					X
6. ¿La letra en negrita hace referencia a la información importante de la interfaz?					X
7. ¿La distribución de los elementos estructurales de la aplicación (zonas de contenido, botones, etc.) es buena?					X
8. ¿La cantidad de elementos estructurales que se utilizan en el software es excesiva? (Siendo 1 poco excesiva y 5 muy excesiva).	X				
9. ¿La distribución de los elementos estructurales se mantiene a lo largo del recorrido del software?					X
10. ¿El recorrido que se hace por el contenido del software es comprensible?					X
11. ¿La información que se presenta en la aplicación es demasiado extensa? (Siendo 1 poco extensa y 5 muy extensa).	X				
12. ¿No hay errores en la información que se presenta en el software? (Si considera que no hay errores, por favor no marque ninguna de las casillas).	X				
13. ¿La información que se presenta es apropiada para el médico a la hora de realizar la cita médica?					X
14. ¿La presentación del contenido (tipo y tamaño de fuente, el					

uso del color, disposición de los elementos según su significado, etc.) es buena?					X
15. ¿La velocidad del funcionamiento del software, considerando el tipo de tarea que se realiza, es buena?					X
16. ¿El diseño de la interfaz sigue la misma consistencia en todas las secciones de la página?				X	
17. ¿Es fácil usar el software por primera vez?	X	No			
18. ¿Se muestran los errores que el usuario comete cuando completa un formulario cerca del campo en el que se comete el error?					
19. ¿El software presenta errores cuando se está ejecutando?	X				
20. ¿En general, el ambiente software aporta al aprendizaje de los factores que inducen la hipertensión arterial y es útil en la toma de decisiones?					X
21. ¿Los resultados obtenidos luego de la simulación permiten sacar conclusiones de la situación planteada?					X
22. ¿Se pueden ejecutar las simulaciones bajo diferentes condiciones (variando parámetros como calorías y actividades diarias)?					X
23. ¿El ambiente software fomenta el desarrollo de estrategias de aprendizaje a los usuarios, que les permita planificar, regular y evaluar su propia actividad de aprendizaje?					X
24. ¿Ha trabajado antes con herramientas de este propósito y características?	X	No			

Analizando el ambiente software Riesgo HTA 1.0

25. ¿Cree que los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?

¿Cambiaría alguno?

¿Cuál? Siempre que dada la misma captura de datos básicos actuales se muestre el índice de riesgo correspondiente

26. Si se le ha dificultado la captura de los datos, por favor escriba sus observaciones

No.

27. ¿El orden de captura de datos se maneja en orden adecuado?

Si. La posibilidad de diligenciar menús clínicos y actividades deportivas por días es muy sencilla. No siempre el menú y el ejercicio en igual todo, los días de la semana

28. ¿Qué es lo que más te llamó la atención positivamente o negativamente de la utilidad que ofrece el ambiente software?

Es sencillo de manejar e interpretar.

29. ¿Cuáles cree son las razones de la poca adherencia de los paciente a programas de prevención de ECV, principalmente HTA?

Desconocimiento de su condición clínica y la prevención de que no existe un riesgo prevenible a futuro si no se modifican los factores

30. ¿Cree que la herramienta desarrollada facilita la interacción médico-paciente y fomenta el aprendizaje, comprensión y compromiso del paciente con su salud?

Si.

31. Escribe un comentario de manera general sobre tu experiencia en el uso del ambiente software

Una herramienta muy amigable.

32. ¿Qué te gustaría que tuviera la interfaz para hacerla más agradable?

Que se graficara el desempeño al usuario una vez se modifican los factores de riesgo. No sólo graficar el riesgo actual y el propuesto.

33. ¿Qué otras funciones se le pueden agregar al sistema?

Ver contenido anterior

- **Tercera prueba:** Realizada el 7 de febrero de 2017 a la médico Isabel Reyes Orduz. (Se omite la página de presentación de la guía de experiencia de uso, expuesta en la primera prueba).

FORMATO DE EVALUACIÓN INTERFAZ HTA 1.0					
Institución: <u>Uisalud.</u>		Fecha: <u>7-02-17</u>			
Nombre del evaluador: <u>Isabel Reyes Orduz</u>					
<u>Isabel Reyes O.</u>					
Valore de 1 a 5 el grado de satisfacción y marque con una X la casilla que más represente su respuesta para cada pregunta (5=Máximo nivel de aceptación; 1=Mínimo nivel de aceptación).	1	2	3	4	5
1. ¿La instalación del programa es sencilla y con instrucciones fáciles de seguir?					X
2. ¿Los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?					X
3. ¿Considera que el suministro de los datos a la interfaz se hace de manera sencilla?					X
4. ¿Los gráficos están apropiadamente posicionados en la pantalla?					X
5. ¿Qué tan adecuada aprecia la forma en que se muestran las imágenes en la interfaz? ¿Son nítidas? ¿Son adecuadas para representar el contenido del que trata?					X
6. ¿La letra en negrita hace referencia a la información importante de la interfaz?					X
7. ¿La distribución de los elementos estructurales de la aplicación (zonas de contenido, botones, etc.) es buena?					X
8. ¿La cantidad de elementos estructurales que se utilizan en el software es excesiva? (Siendo 1 poco excesiva y 5 muy excesiva).	X				
9. ¿La distribución de los elementos estructurales se mantiene a lo largo del recorrido del software?					X
10. ¿El recorrido que se hace por el contenido del software es comprensible?					X
11. ¿La información que se presenta en la aplicación es demasiado extensa? (Siendo 1 poco extensa y 5 muy extensa).	X				
12. ¿No hay errores en la información que se presenta en el software? (Si considera que no hay errores, por favor no marque ninguna de las casillas).				X	
13. ¿La información que se presenta es apropiada para el médico a la hora de realizar la cita médica?					X
14. ¿La presentación del contenido (tipo y tamaño de fuente, el					

uso del color, disposición de los elementos según su significado, etc.) es buena?					X
15. ¿La velocidad del funcionamiento del software, considerando el tipo de tarea que se realiza, es buena?			X		
16. ¿El diseño de la interfaz sigue la misma consistencia en todas las secciones de la página?					X
17. ¿Es fácil usar el software por primera vez?					X
18. ¿Se muestran los errores que el usuario comete cuando completa un formulario cerca del campo en el que se comete el error?					X
19. ¿El software presenta errores cuando se está ejecutando?	Sí	<del>No</del>			
20. ¿En general, el ambiente software aporta al aprendizaje de los factores que inducen la hipertensión arterial y es útil en la toma de decisiones?					X
21. ¿Los resultados obtenidos luego de la simulación permiten sacar conclusiones de la situación planteada?					X
22. ¿Se pueden ejecutar las simulaciones bajo diferentes condiciones (variando parámetros como calorías y actividades diarias)?					X
23. ¿El ambiente software fomenta el desarrollo de estrategias de aprendizaje a los usuarios, que les permita planificar, regular y evaluar su propia actividad de aprendizaje?					X
24. ¿Ha trabajado antes con herramientas de este propósito y características?	Sí	<del>No</del>			

**Analizando el ambiente software Riesgo HTA 1.0**

25. ¿Cree que los rangos establecidos para la captura de los datos son adecuados?

¿Cambiaría alguno?

¿Cuál? Si

---

---

---

26. Si se le ha dificultado la captura de los datos, por favor escriba sus observaciones

La captura del registro de actividad física diaria resulta tediosa al tener que seleccionar cada registro (5) para todos los días.

27. ¿El orden de captura de datos se maneja en orden adecuado? Si

---

---

---

28. ¿Qué es lo que más te llamó la atención positivamente o negativamente de la utilidad que ofrece el ambiente software?

Escenario Acuerdo.  
Trabaja con base de datos.

---

---

---

29. ¿Cuáles cree son las razones de la poca adherencia de los paciente a programas de prevención de ECV, principalmente HTA?

Dificultad en el cambio de hábitos - mala comunicación médico paciente y la falta de conciencia del riesgo por parte del paciente.

---

---

---

30. ¿Cree que la herramienta desarrollada facilita la interacción médico-paciente y fomenta el aprendizaje, comprensión y compromiso del paciente con su salud?

Si porque susciben acuerdos que deben ser monitoreados de manera permanente.

---

---

---

31. Escribe un comentario de manera general sobre tu experiencia en el uso del

ambiente software fácil

32. ¿Qué te gustaría que tuviera la interfaz para hacerla más agradable?

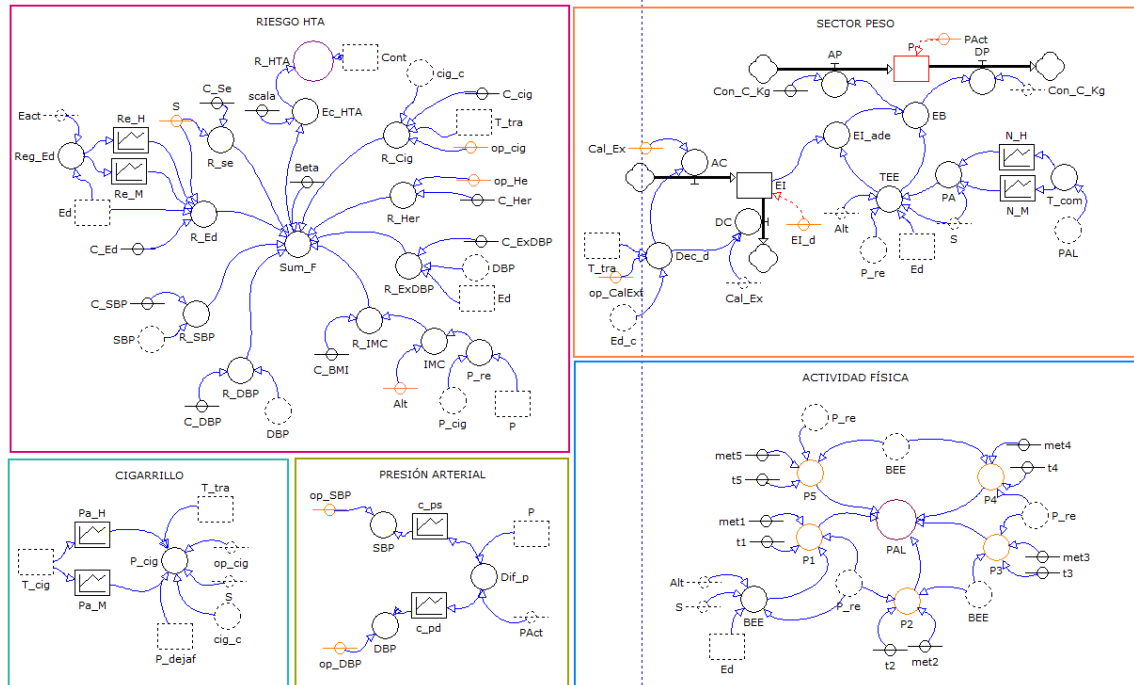
Que tenga la opción de copiar o replicar la información de la actividad física para todos los días si la rutina no tiene muchos cambios.

33. ¿Qué otras funciones se le pueden agregar al sistema?

Imprimir el Acuerdo  
Generar estadísticas.  
Generar alarmas cuando el riesgo se salga de un rango de normalidad.

## Anexo K – Mejoras al modelo dinámico-sistémico

Figura 44. Diagrama de flujo-nivel riesgo de hipertensión arterial.



A continuación se presentan las variables intervenidas en las mejoras del modelo:

Tipo	Nombre de variable	Unidades	Fórmulas/Valor	Descripción
Parámetros	Mon_d	Semanas	0	Semanas en la/las que el paciente prevé disminuir/aumentar la ingesta calórica.
	Mom_cc	Semanas	5	Semanas en la/las que el paciente prevé abandonar/empezar el consumo de cigarrillo.
Auxiliares	Dec_d	Magnitud adimensional	$IF(T\_tra < Ed\_c, op\_CalExt, NOT(op\_CalExt))$	Permite comprobar si el paciente disminuirá la ingesta calórica o la aumentará.
	Ed_c	Días	$IF(Mom\_d=0, 100000, ((Eact*365)+(Mom\_d*7)))$	Representa el tiempo en días en el cual el paciente empieza a reducir la ingesta calórica.
	Cig_c	Días	$IF(Mom\_cc=0, 100000, ((Eact*365)+(Mom\_cc*7)))$	Representa el tiempo en días en el cual el paciente abandonará/comenzará a fumar.