



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema Interactivo Web que sirva como herramienta de aprendizaje para habitantes de una población con el fin de reducir la incidencia de dengue basado en el modelo Bayesiano."

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES
ESPECIALIZACIÓN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

Presentado por:

Miguel Moya Murillo

Darío Chávez Vega

Guayaquil – Ecuador

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, y permitirme culminar esta importante etapa de mi vida. A mi Madre y a mi hermana por el amor y apoyo incondicional que me han brindado siempre.

Miguel Gabriel Moya Murillo

Agradezco a Dios, por haberme dado las fuerzas necesarias para superarme y ser mi guía en los momentos difíciles. A mis Padres por su apoyo incondicional. A mis hermanos por estar conmigo siempre.

Darío Xavier Chávez Vega

DEDICATORIA

A mi PADRE JEHOVA porque por su infinito amor me permite cumplir mis metas. A mi MADRE y a mi HERMANA porque son las bendiciones más grandes que mi PADRE JEHOVA me ha dado en esta vida.

Miguel Gabriel Moya Murillo

A MIS PADRES que han llenado mi vida de virtudes, y me han enseñado a enfrentarme a los retos y obstáculos, a no desmayar y aprender a levantarme cuando he tropezado. A mis HERMANOS por su cariño sincero.

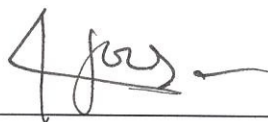
Darío Xavier Chávez Vega

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PHD. Indira Nolivos

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



Ing. Carlos Jordán

PROFESOR DELEGADO DEL DECANO

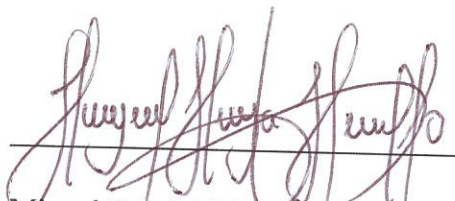


CIB - 1234


DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la **Escuela Superior Politécnica del Litoral**”.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).



Miguel Gabriel Moya Murillo



Darío Xavier Chávez Vega

RESUMEN

En general, se desarrolló una aplicación que permite de una manera amigable dar a conocer información relevante acerca de las acciones que la población puede tomar para prevenir la propagación de una enfermedad que registra una alta morbilidad y mortalidad en nuestro país, como lo es el dengue.

La aplicación web interactiva llamada “Combatiendo al Dengue”, se ejecuta sobre un modelo de red bayesiana construido con la ayuda de un experto epidemiólogo en dengue, esta aplicación está provista de una interfaz gráfica interactiva web que le permite al usuario poner en práctica las diferentes acciones recomendadas para la prevención de la transmisión de la enfermedad, y así orientar a los usuarios en el aprendizaje de buenas prácticas de saneamiento, para ser replicado dentro de sus hogares y comunidades.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1. Antecedentes y Justificación.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Problema.....	3
1.3 Objetivo General.....	4
1.4 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Solución Planteada.....	5
1.6 Justificación.....	6

CAPÍTULO 2

2. Fundamentos Teóricos.....	7
2.1 Enfermedad del Dengue.....	7
2.1.1 La epidemia del Dengue.....	7
2.1.2 Mosquito Vector.....	8
2.1.3 Ciclo de Transmisión del Virus.....	9
2.1.4 Descripción de la Enfermedad.....	10
2.2 Técnica del Modelado del Conocimiento.....	12
2.2.1 Sistema Experto.....	12
2.2.2 Redes Bayesianas.....	12

2.2.3 Probabilidad Condicional.....	14
2.2.4 Probabilidad Posteriori.....	15
2.2.5 Propagación de la Evidencia.....	16

CAPÍTULO 3

3. Metodología y Diseño.....	17
3.1 Diseño de la Aplicación.....	17
3.1.1 Diseño.....	17
3.1.2 Arquitectura.....	22
3.2 Implementación de la Aplicación.....	24
3.2.1 Ingeniería del Conocimiento.....	24
3.2.2 Diseño del Modelo de la Red Bayesiana.....	26
3.2.3 Motor de Inferencia.....	27
3.2.4 Identificación de Variables del Modelo.....	29
3.2.5 Probabilidades Prioris del Modelo.....	34
3.2.6 Definición de Tablas de Probabilidad Condicional.....	36
3.2.7 Validación del Modelo de la Red Aplicada a la Incidencia del Dengue.....	41
3.2.8 Evaluación del Impacto de la Aplicación.....	41
3.2.9 Herramientas de Desarrollo.....	47

CAPÍTULO 4

4.Resultados.....	48
4.1 Resultados del Motor de Inferencia.....	48
4.2 Casos de Uso y Escenarios.....	52
4.2.1 Caso de uso Menú Jugar.....	52
4.2.1 Caso de uso Menú Juego.....	54
4.2.1 Caso de uso Menú Variables.....	58
4.2.1 Caso de uso Menú Vivienda.....	60
Conclusiones y Recomendaciones.....	63
Glosario de Términos.....	65
Anexos.....	66
Referencias Bibliográficas.....	71

INTRODUCCIÓN

El dengue clásico, junto con sus formas más graves, el dengue hemorrágico y el síndrome de choque del dengue, registra una incidencia alta en zonas tropicales y subtropicales [1].

En Ecuador, se presenta como un grave problema de salud pública, puesto que a pesar de la implementación de medidas para su control, todavía no se ha logrado una reducción sostenida del número de casos de personas infectadas que se registran cada año [1].

Varios son los factores que convierten al dengue en una enfermedad endémica y epidémica pero la mayoría de casos de brotes de esta enfermedad se debe a la falta de conocimiento actualizado acerca de actitudes y buenas prácticas que se deben tomar para la erradicación del mosquito y de criaderos de larvas de mosquitos, lo cual se traduce en una gran deficiencia de conocimientos que posee la comunidad respecto a la prevención del brote de la enfermedad [1].

En la actualidad no existen vacunas ni tratamiento específico contra el dengue, por esta razón se debe tomar medidas sencillas de saneamiento ambiental que ayuden al control

de criaderos de mosquitos y permitan su erradicación, estas medidas resultan de vital importancia en la reducción de la incidencia del dengue en una población [1].

En base a estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo se centra en proporcionar una aplicación web interactiva, de fácil acceso, que sea usada como una herramienta práctica de difusión de conocimientos actualizados sobre las acciones que se deben emprender para la prevención de la incidencia del dengue en una población.

El presente documento muestra en el capítulo 1 los antecedentes de esta enfermedad mortal en varias zonas vulnerables de nuestro país, en donde la incidencia del dengue va en aumento cada año, también se plantea como problema la deficiente información que posee la comunidad sobre medidas adecuadas para la prevención del dengue, por lo que se propone como solución a dicho problema el empleo de una aplicación web interactiva que sea utilizada como una herramienta de aprendizaje de medidas preventivas que ayuden a mitigar la epidemia del dengue.

El capítulo 2 contiene información referente al fundamento teórico empleado en el presente trabajo, desde información acerca de la enfermedad hasta información referente a los conceptos y teoremas empleados en el motor de inferencia del proyecto.

En el capítulo 3 se muestra información referente al diseño y metodologías empleadas para la solución planteada en el capítulo 1, la cual es una aplicación web interactiva denominada “Combatiendo el dengue”.

El capítulo 4 se pueden observar los resultados obtenidos luego de la ejecución de la aplicación en conjunto con el motor de inferencia y los posibles resultados de los diversos escenarios que existen en la aplicación, además la evaluación de aprendizaje realizada a los usuarios.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones obtenidas en el presente trabajo y las recomendaciones para que a futuro la aplicación “Combatiendo el Dengue” sea una

herramienta de aprendizaje más eficiente.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A pesar de los esfuerzos por parte de los países de América para contener y mitigar el impacto de la epidemia del dengue, continúa siendo un problema de salud pública en varias regiones del mundo y afecta principalmente a los habitantes de las regiones tropicales y subtropicales, cabe recalcar que millones de personas se infectan cada año [2].

El dengue requiere abordarse como una única enfermedad con presentaciones clínicas diferentes que van desde estados benignos hasta evolución clínica severa y desenlaces que causan la muerte [2].

La actividad del dengue en América se ha incrementado de manera considerable en los últimos 25 años en donde se han dado epidemias extensas o pandemias causadas por los cuatro serotipos del virus [2].

Los factores que hacen del dengue un problema de salud pública son complejos y están estrechamente relacionados a cambios sociales y demográficos, el crecimiento de la población global asociada a la urbanización no planificada y descontrolada en países tropicales en desarrollo (viviendas precarias, hacinamiento, deterioro en los sistemas de suministros de agua, red cloacal y tratamiento de desperdicios), ha creado las condiciones ideales para el incremento de enfermedades transmitidas por mosquitos [3].

Otro factor preponderante es la ausencia de un control efectivo del mosquito en áreas donde el dengue es endémico. Adicionalmente, la densidad de la población de mosquitos ha aumentado en áreas urbanas tropicales, esto a consecuencia de un gran incremento del hábitat para la larva del mosquito en el medio ambiente doméstico. Otras causas son el movimiento constante del virus en humanos infectados, cambios en la política de salud pública que pone énfasis en responder a las epidemias con alta tecnología dirigida al control del mosquito más que a prevenir las epidemias con medidas de saneamiento ambiental para reducir la población de mosquitos eliminando su hábitat o actuando sobre

estados inmaduros del vector, el único método que ha demostrado ser efectivo actualmente [3].

1.2 PROBLEMA

En la actualidad lejos de reducirse o mantenerse constante, la incidencia del dengue va en aumento, en la mayoría de los casos se debe a la falta de información o conocimientos actualizados que tiene la población acerca de medidas efectivas para la reducción de la población de mosquitos, así como la eliminación de criaderos de larvas de mosquitos, lo cual se traduce en una gran deficiencia de conocimientos que posee la población respecto a la prevención de esta enfermedad, lo cual se ve reflejado en el aumento de la incidencia del dengue que se da año a año en nuestro país [3].

1.3 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general, es desarrollar una aplicación interactiva web que sirva como una herramienta de ayuda sencilla y fácil de usar para las personas de una población en general, y además que le brinde información acerca de las diferentes medidas de prevención que permiten reducir la incidencia del dengue.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una red bayesiana para modelar los factores que influyen la incidencia del dengue en función de relaciones causa efecto.
- Identificar con ayuda del experto las alternativas de manejo de la epidemia en función del resultado arrojado por el modelo de red bayesiana.
- Desarrollar base de datos para el almacenamiento del conocimiento del experto y el resultado de los estados de cada una de las variables después de haber ejecutado el motor.
- Proveer una aplicación web gráfica e interactiva en la cual los usuarios puedan visualizar de forma clara y precisa una lista de recomendaciones a seguir para reducir la incidencia de la enfermedad, dichas recomendaciones podrán ser

ejecutadas o puestas en práctica en escenarios que representan los ambientes de una vivienda y un barrio.

1.5 SOLUCIÓN PLANTEADA

Ante la necesidad de reforzar la información acerca de medidas de prevención del dengue que posee la población, la solución planteada en el presente trabajo es el desarrollo de una aplicación web educativa denominada “Combatiendo el Dengue” que se ejecuta sobre una red bayesiana en la cual se representa el conocimiento de un experto en el tema, en este caso un epidemiólogo. Esta aplicación tiene como objetivo brindar información acerca de medidas pertinentes a tomar para la erradicación de mosquitos y criaderos de larvas de mosquitos para reducir la incidencia de esta enfermedad en una población.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Entre los elementos escogidos para la resolución del problema antes planteado son las redes bayesianas las cuales son un método de inteligencia artificial que consisten en una representación gráfica de la distribución de la probabilidad entre varias variables independientes que afectan a una variable dependiente, ya que la incidencia del dengue está regulada por interacciones entre el vector, el virus y el ser humano en un ecosistema, las redes bayesianas son el método más efectivo para representar de manera más real y precisa como los diversos factores que afectan a estos tres elementos repercuten de forma positiva o negativa en la dinámica de transmisión de la enfermedad.

Observando la gran acogida que en la actualidad tienen las aplicaciones web interactivas entre personas de todas las edades que buscan entretenimiento, convierten a este tipo de aplicaciones en otro elemento fundamental para la solución planteada al problema, la cual es desarrollar una aplicación web educativa basada en un sistema experto, denominada “Combatiendo el Dengue” la cual brinda de manera interactiva información valiosa para prevenir el dengue y lograr así reducir la incidencia.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1. ENFERMEDAD DEL DENGUE

2.1.1. LA EPIDEMIA DEL DENGUE

A pesar de los esfuerzos por parte de los países de América para contener y mitigar el impacto de las epidemias el dengue, continúa siendo un problema de salud pública en varias regiones del mundo, debido a que millones de personas se infectan cada año. [4]

Los factores que hacen que el dengue se convierta en un problema de salud pública son complejos y están ligados estrechamente a los diferentes cambios sociales, demográficos, crecimiento de la población, urbanización no planificada y descontrolada en países donde existe presencia de dengue.[4]

2.1.2. MOSQUITO VECTOR

El mosquito es un artrópodo que actúa como vector de la enfermedad del dengue y se lo asocia como huésped intermediario de patógenos como virus, bacterias o protozoarios. [5]

El mosquito conocido como *Aedes aegypti* es el causante de transmitir varias enfermedades como el Dengue y la Fiebre Amarilla entre otras. [5]

Las hembras de estos vectores son hematófagas, es decir chupan sangre y en ese momento transmiten los virus causantes de la enfermedad. Los machos se alimentan de néctares de plantas que se encuentran a su alrededor, frecuentemente están cercanos a las fuentes de alimentación de las hembras para realizar el apareamiento. [5]

2.1.3. CICLO DE TRANSMISIÓN DEL VIRUS

El ciclo de transmisión del virus empieza cuando una persona infectada con el virus del dengue es picada por un mosquito hembra, el cual adquiere el virus y lo transmite al momento de alimentarse de la sangre de una persona sana.

Posteriormente, el virus se replica dentro del mosquito durante un periodo de incubación extrínseca.

Luego, el mosquito que ya se encuentra infectado con el virus, al volver a alimentarse pica a una persona susceptible y le transmite la enfermedad.

2.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA ENFERMEDAD

El dengue es una enfermedad infecciosa sistémica y dinámica, la infección se puede expresar de forma asintomática o expresarse con un amplio espectro clínico que incluye expresiones graves y no graves. Esta enfermedad tiene tres fases las cuales comienzan abruptamente después del periodo de incubación, estas fases son:

➤ **Fase Febril**

Las personas infectadas desarrollan fiebre alta y repentina, esta fase dura de 2 a 7 días y suele estar acompañada de un enrojecimiento facial, dolor corporal generalizado, mialgias, artralgias, cefalea y dolor retro ocular. En la fase febril temprana, puede ser difícil distinguir clínicamente el dengue de otras enfermedades febriles agudas, como por ejemplo entre casos de dengue clásico y dengue grave.

➤ **Fase Crítica**

Cerca de la terminación de la fase febril, la temperatura desciende a 37,5 grados centígrados o menos y se mantiene por debajo de este nivel en los primeros 3 a 7 días.

➤ **Fase de recuperación**

Una vez atravesada la fase crítica la cual no excede las 48 a 72 horas empieza la fase de recuperación, que es cuando comienza la reabsorción gradual del líquido extraviado, el cual regresa del comportamiento extravascular al intravascular.

Hay una mejoría del estado general, se recupera el apetito, por lo general el número de glóbulos blancos y plaquetas comienza a subir poco después de la desaparición de la fiebre.

2.2. TÉCNICA DEL MODELADO DEL CONOCIMIENTO

2.2.1. SISTEMA EXPERTO

Es un sistema informático que simula a los expertos humanos en la resolución de un problema en un área específica dada [4]. Por lo que debería ser capaz de:

- Procesar y memorizar información
- Aprender y razonar en determinadas situaciones
- Comunicación con el experto u otros sistemas
- Toma de decisiones

2.2.2. REDES BAYESIANAS

La red bayesiana es un grafo no a cíclico dirigido que permite modelar las relaciones causa y efecto entre un conjunto de variables donde cada arco de la red establece una probabilidad condicional que permite saber las relaciones entre las mismas [6].

Cada nodo del arco representa a una variable, esta puede ser dependiente o independiente, según la posición en que aparezca en la red, para establecer

la relación causa efecto entre las variables de la red, se grafica una flecha que ayuda a determinar como una variable influencia a otra.

Las redes bayesianas constituyen una alternativa en la representación de modelos de diagnóstico y pronóstico, que con la ayuda de la probabilidad condicional permiten combinar el juicio del experto con las fuentes de datos disponibles y poder realizar la inferencia entre un conjunto de variables, existe gran uso de las redes bayesianas en el ámbito médico especialmente empleadas para el diagnóstico médico [6].

2.2.3. PROBABILIDAD CONDICIONAL

“La probabilidad de observar un evento como resultado de haber observado otro evento [7].

La probabilidad condicional hace referencia a la probabilidad de observar un evento A dado que usted ha observado un evento separado B, según la siguiente expresión:

$$P(A | B)$$

Como ejemplo si se toma un producto “P1”, podemos calcular la probabilidad de que un cliente “C1” adquiera un producto “P1” dado que un cliente “C2” ha comprado un producto “P2” [7].

El método más básico para calcular $P(A | B)$ es el método de la enumeración. Usando este método, $P(A | B)$ puede calcularse contando el número de veces que A y B ocurren juntos $\{A \& B\}$ y dividiendo por el número de tiempos que ocurre B [7]:

$$P(A | B) = \{A \& B\} / \{B\}$$

2.2.4. PROBABILIDAD POSTERIORI

Se puede redefinir la expresión de la probabilidad condicional en función de la evidencia (E) y de la hipótesis (H) [7].

$$P(H | E)$$

Y así la ecuación del capítulo anterior se la puede representar de la siguiente manera [7]:

$$P(H | E) = P(E | H) P(H) / P(E)$$

La ecuación anterior dice que la probabilidad a posteriori de una hipótesis dada la evidencia de $P(H | E)$ es igual a la *probabilidad* de la evidencia dada la hipótesis $P(E | H)$ multiplicado por la probabilidad a priori de la hipótesis $P(H)$ [7].

La fórmula puede pasar por alto $P(E)$, ya que sólo cumple una función de normalización (en otras palabras, lo que garantiza la suma de todas las probabilidades de celda es de 1,0). De esta forma puede mentalmente simplificar la ecuación a [7]:

$$P(H | E) = P(E | H) P(H)$$

2.2.5. PROPAGACIÓN DE LA EVIDENCIA

La propagación de probabilidades consiste en la obtención de las probabilidades a posteriori de ciertas variables de la red dado que se

conoce el valor que toman algunas otras variables observadas en el modelo [8].

Otra tarea muy habitual con redes bayesianas consiste en la extracción de la explicación o explicaciones más probables a una determinada observación [8].

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA Y DISEÑO.

3.1. DISEÑO DE LA APLICACIÓN.

3.1.1. DISEÑO

La aplicación que hemos desarrollado consta de dos escenarios que permiten al usuario realizar las acciones necesarias para poder disminuir la incidencia del dengue en una población.



Figura 1. Pantalla inicial del juego

Si escogemos la segunda opción “Como Jugar” la aplicación los mostrara las instrucciones el juego.

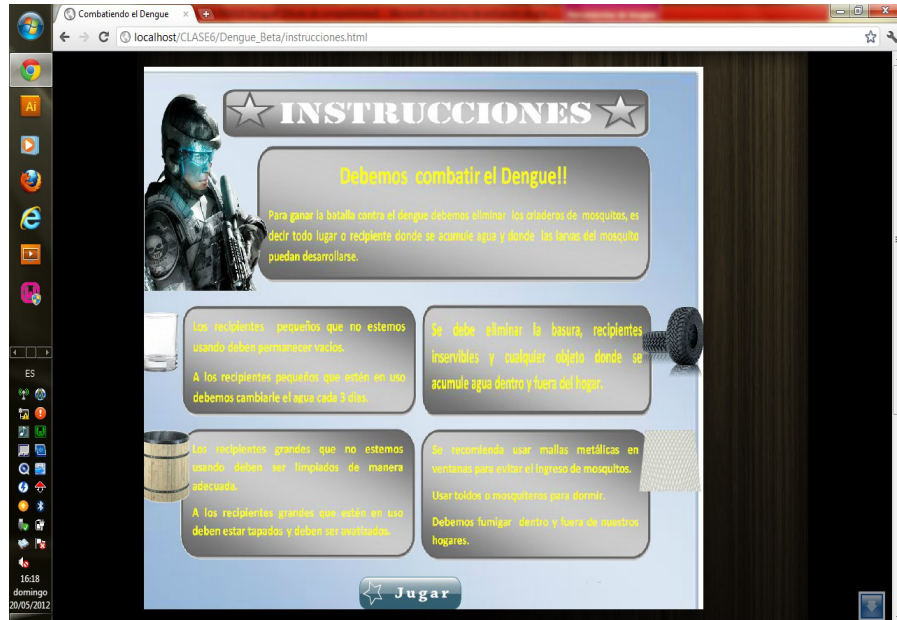


Figura 2. Pantalla de instrucciones del juego

Estas instrucciones básicamente son recomendaciones que el usuario puede aplicar en las diferentes escenarios del juego, en esta parte el usuario encontrará algunas acciones que pueden efectuar en los dos escenarios tanto en la vivienda como en el barrio.

La aplicación como anteriormente se ha dicho consta de dos escenarios el primer escenario representa a una vivienda y el segundo representar a un barrio, en estos escenarios se han colocado varios objetos que representan recipientes, tanques de almacenamiento, basura, maleza, botellas, cisternas y varios objetos que están asociados con la reproducción del vector y por consecuente con la incidencia de dengue en una población.

Dependiendo del escenario en que se encuentre el usuario, la aplicación le proveerá acciones que puede realizar sobre los objetos colocados.

En la pantalla principal del juego se muestra el estado de todos los indicadores que a su vez generan alertas que ayudan al usuario a saber el estado de su población.

Los escenarios que hemos planteado para nuestra aplicación, en este caso el escenario del barrio y el escenario de la vivienda, tienen objetos relacionados a ellos para simular un ambiente natural cada uno de estos objetos tienen un menú con una lista de acciones que el usuario puede realizar sobre esos objetos, si el usuario escoge la acción correcta recibirá a un puntaje y por consecuente se reducirá la incidencia en su población.

Si el usuario escoge la opción incorrecta se le quitaran puntos y tendrá una picadura del mosquito.

Aquí mostramos los dos escenarios del juego en los que el usuario puede interactuar con la aplicación.

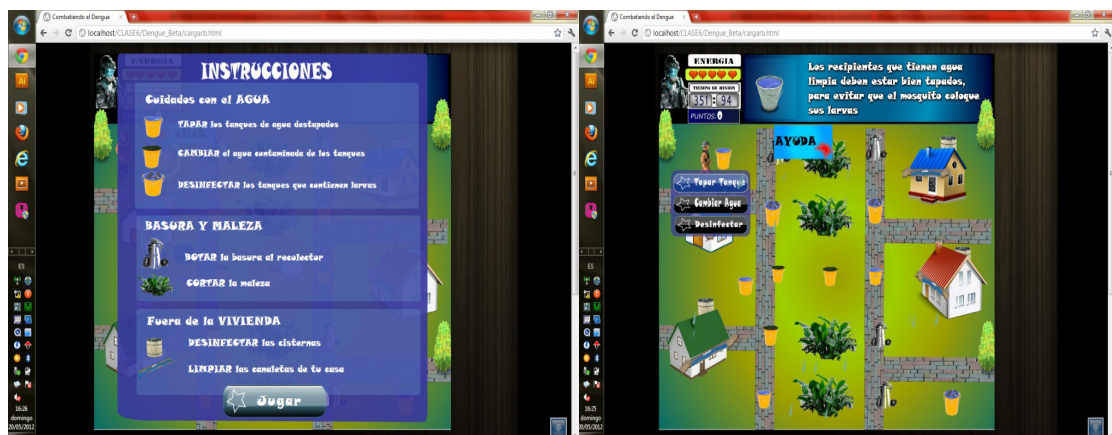


Figura 3. Escenario de una población.

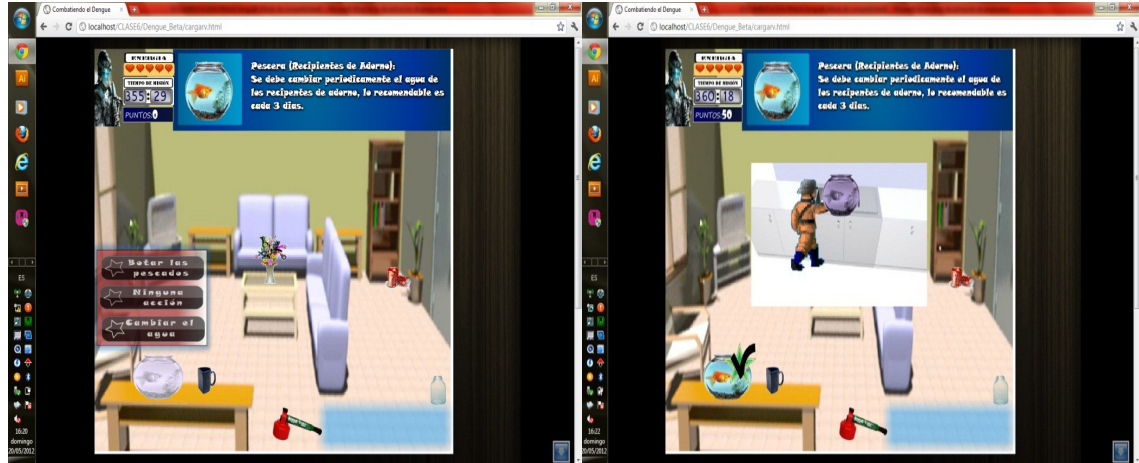
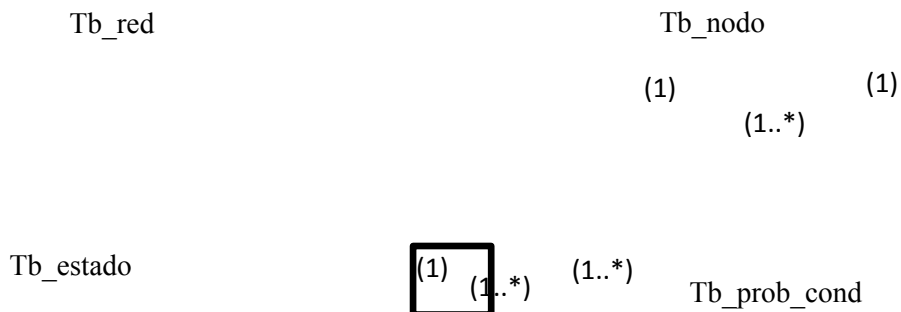


Figura 4. Escenario de la Vivienda

3.1.2. ARQUITECTURA

La aplicación usa internet para su ejecución, está dotada de una base de datos que almacena los conocimientos del experto relacionados a la epidemia, es decir los estados ideales que deberían tener las variables tomadas en cuenta en una población donde no exista una epidemia de dengue, además permite almacenar los valores que toman las variables después de que se hayan realizado las diferentes acciones en el barrio o la vivienda, estos valores se comparan cada vez que se realiza una acción.



Tb_parametro

Figura 5. Estructura interna de la base

La *figura 5* muestra las relaciones de las tablas en la base de datos, donde una red bayesiana está compuesta por varios nodos, estos nodos tienen varios estados que cambian según se realicen las acciones en la aplicación y el motor evalúa los cambios con la probabilidad condicional para propagar la evidencia.

La aplicación envía el valor de las variables del juego al motor en conjunto con las acciones para que éste calcule los nuevos valores de las probabilidades de las variables los mismos que son enviados a la base de datos para realizar la comparación de estos nuevos valores generados con los valores prioris indicados anteriormente por el experto.



Internet

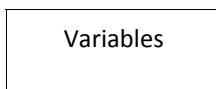
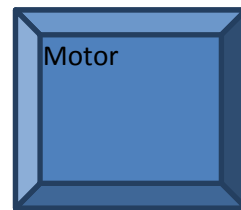
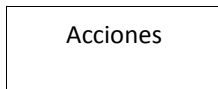
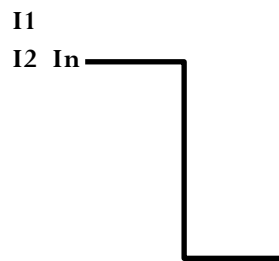
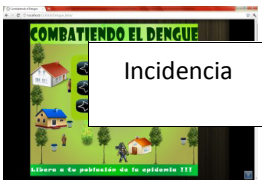
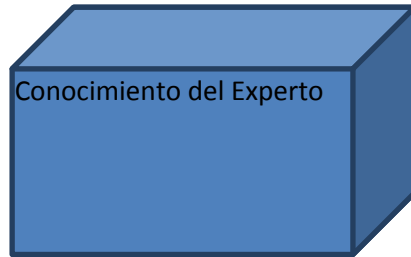


Figura 6. Arquitectura de la aplicación

Donde I1, I2, I3 representa el porcentaje de cada indicador.

3.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

3.2.1. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

Para la obtención del conocimiento de la red se mantuvo entrevistas con un experto, en este caso es el director de epidemiología del Guayas, para establecer la relación entre las variables y los estados de las mismas, tomando en cuenta los factores que afectan a una población que tiene incidencia dengue, y las distintas maneras en las que se puede reducir el porcentaje de incidencia, según la experiencia del experto, se procedió a realizar las diferentes relaciones entre variables y la encapsulación del conocimiento del experto para poder almacenar esta información en la base de datos.

Después de varias entrevistas realizadas al experto, y luego de evaluar el modelo con él, se procedió a recoger la información necesaria para el modelo.

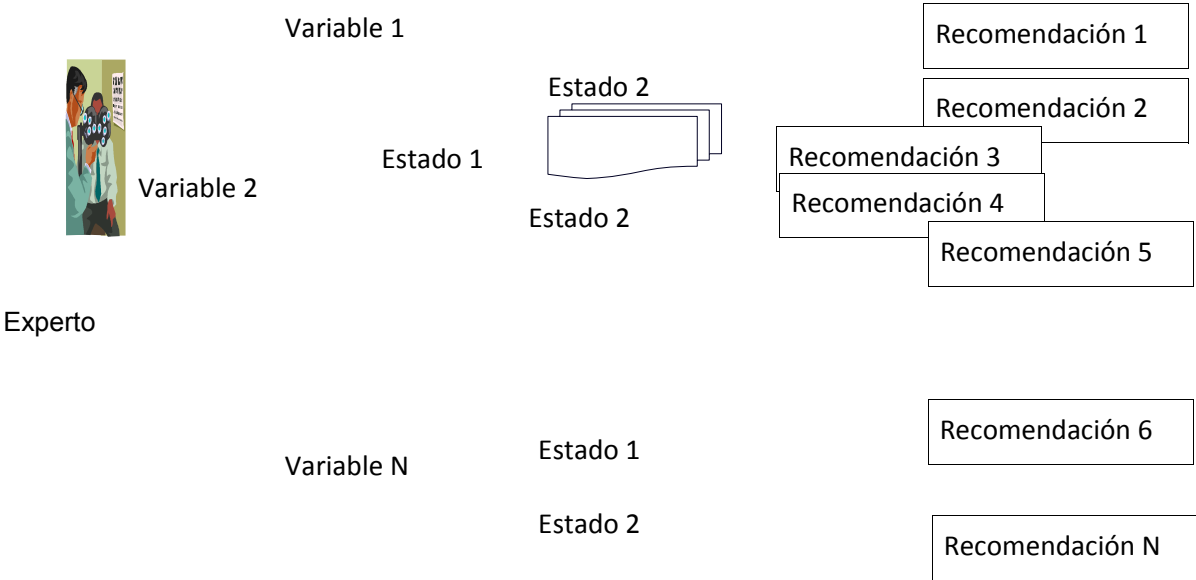


Figura 7. Ingeniería del Conocimiento

3.2.2. DISEÑO DEL MODELO DE LA RED BAYESIANA.

El modelo que se muestra en el desarrollo de la aplicación, se basa en el modelo bayesiano, que para este caso representan los factores que existen en una población con incidencia, estos factores están identificados como variables que constituyen las variables independientes del modelo, que a su vez afectan a las variables dependientes, que las hemos representado como indicadores, y estos a su vez afectan directamente a la variable dependiente incidencia.

Por otro lado existe una variable denominada acciones, que consiste un conjunto de recomendaciones que el experto da de acuerdo a su experiencia y que afectan al estado de las variables.

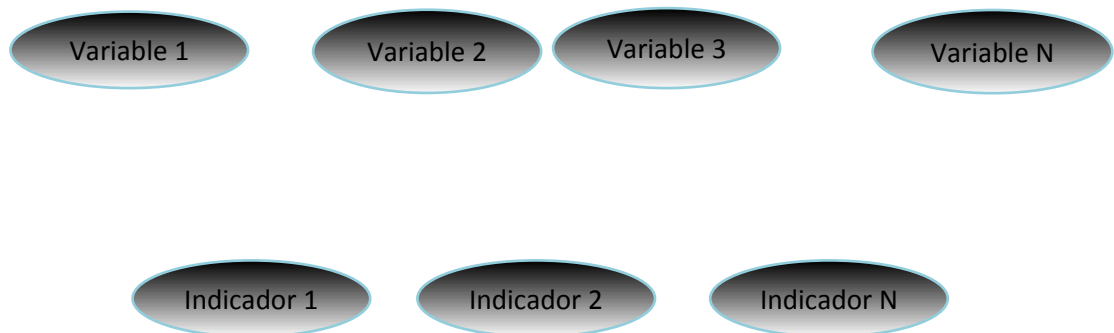




Figura 8. Modelo de la Red Bayesiana.

3.2.3. MOTOR DE INFERENCIA

El motor que se usó está implementado precisamente para ser usado en aplicaciones web interactivas y nos permite realizar la propagación de probabilidades en un modelo de red bayesiana, para poder realizar la predicción.

El algoritmo del motor fue desarrollado para soportar la predicción, este motor fue desarrollado por Paul Meagher [9]. El motor permite calcular las probabilidades posteriores, basado en la evidencia de los datos de entrada o variables independientes del modelo y en las posibles combinaciones que pueden existir entre las variables que son objeto de estudio. En este sentido, el algoritmo de solución implementado solo soporta la resolución de la red bayesiana para la predicción.

A continuación se presenta un fragmento de código del motor que permite calcular la probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió B con la función:

```
getConditionalProbabilty ($A, $B, $SamplePairs)
```

Tabla 1. Parámetros de la función getConditionalProbability.

Función	Variables de Entrada	Retorno
getConditionalProbabilty	\$A-> Ocurrencia \$B-> Evento \$SamplePairs-> Evidencia	Float:\$prob_cond

El Además el motor está construido con una clase denominada Bayes, esta permite calcular las diferentes probabilidades procesarlas y determinar la capacidad predictiva. Esta clase está constituida así [10]:

Tabla 2. Estructura de la Clase Bayes usada por el motor

Clase: Bayes		
Tipo	Atributo	Definiciones
int	\$m	Número de Combinaciones de los estados de las Variables (Evidencia)
int	\$n	Número de estados de la variable a evaluar

Array()	\$row_labels	Descripción de las combinaciones de los estados de las variables
Array()	\$column_labels	Descripción los estados de la variable a evaluar
Array()	\$priors	Valores iniciales según el criterio del experto(probabilidades a priori de una variable)
Array()	\$likelihoods	Probabilidades Condicionales de las combinaciones de los estados de las variables
Array()	\$posterior	Capacidad predictiva del motor
Array()	\$evidence	Conjunto de valores que se propagan en la red para poder generar la predicción

El arreglo \$row_labels representa la combinación de los estados de las variables que sirven para elaborar la tabla de probabilidades condicionales, se procedió a realizar las combinaciones según los estados de cada una de las variables.

3.2.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DEL MODELO

Para evaluar el rendimiento de la aplicación interactiva nos basaremos en indicadores que afectaran directamente a la variable dependiente Incidencia del Dengue, la cual permitirá saber la probabilidad que exista una epidemia de dengue en una población, dado que existen indicadores que afectan directamente a esta variable. Los indicadores representan las

variables dependientes del modelo que afectan directamente a la incidencia de dengue en una población, la columna de la abreviatura, se utiliza para enviarla como parámetro al motor para la variable combinación de los estados \$row_labels como se ve en la tabla 2.

Tabla 3. Combinaciones de los estados de las variables

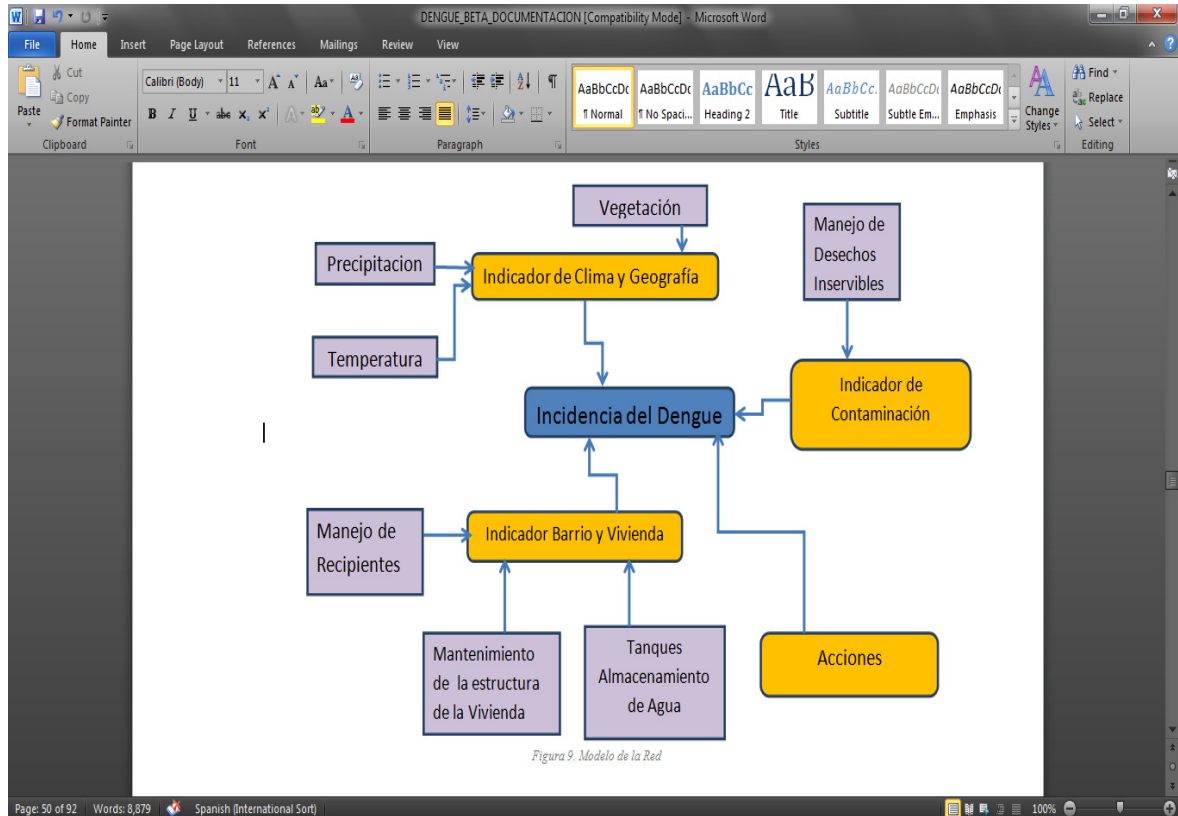
Indicador	Variables	Estados	Abreviatura
Indicador de Clima y Geografía(Icg)	Temperatura(Te)	Alta(A)	TeA
		Baja(B)	TeB
	Precipitaciones(Pr)	Diarias(D)	PrD
		Semanales(S)	PrS
	Maleza(Ma)	Alta(A)	MaA
		Baja(B)	MaA
Indicador de Barrio y Vivienda(Ibv)	Manejo de Recipientes (Ma)	Diario(D)	MaD
		Semanal(S)	MaS
	Tanques de Almacenamiento de Agua (Ta)	Tapado(T)	TaT
		Destapado(D)	TaD
	Mantenimiento de la Estructura de la Vivienda (Ma)	Frecuente(F)	MaF
		Poco frecuente(P)	MaP

Indicador	Variables	Estados	Abreviatura
Indicador de contaminación(Ic)	Manejo de Desechos Inservibles (Ma)	Diario(D)	MaD
		Semanal(S)	MaS
Incidencia	Indicador de Clima y Geografía(Icg)	Alto(A)	IcgA
		Bajo(B)	IcgB
	Indicador de Barrio y Vivienda(Ibv)	Alto(A)	IbvA
		Bajo(B)	IbvB
	Indicador de contaminación(Ic)	Alto(A)	IcA
		Bajo(B)	IcB

Estas variables se utilizan para modelar con la red bayesiana y ayudan a establecer las relaciones tanto de variables dependientes como independientes.

El grafico que se muestra continuación permite apreciar de una mejor manera la relación causa efecto entre las variables.

Los nodos que se muestran de color lila representan las variables independientes del modelo, mientras que los nodos de color amarillo muestran las variables dependientes, y el centro de color azul se muestra la variable dependiente del cual que son objeto de estudio de nuestra aplicación.



3.2.5. PROBABILIDADES PRIORI DEL MODELO

En la elaboración de la red se han clasificado las variables para el modelo de red bayesiana, que permite representar los factores que afectan a la incidencia en una población.

Existen variables dependientes internas en el modelo de la red que están ligadas con variables independientes que representan los factores que

afectan a una población como temperatura, precipitación, maleza, tanques, manejo de desechos, manejo de la estructura de la vivienda, manejo de recipientes inservibles.

La distribución de probabilidades de las variables se determinó según la experiencia del experto, el cual procedió a estimar las probabilidades a priori para cada uno de los estados de las variables como se muestra en la siguiente tabla.

3.2.6. DEFINICIÓN DE TABLAS DE PROBABILIDAD CONDICIONAL

En base a la experiencia del experto se calculó las probabilidades condicionales para cada una de las variables, según los casos de la

Tabla 5. Probabilidades a priori para cada una de las variables

El ojo del Variable	Estados	Descripción	Probabilidad a priori
Temperatura	Alta	La temperatura, es un factor importante en el desarrollo del vector, debido a que el periodo de incubación dura 5 días con una temperatura >30°C y más de una semana con una temperatura menor. Lo ideal sería que la temperatura se considere baja.	35%
	Baja		65%
Clima	Lluvioso	Si las precipitaciones superan los 1000 mm, es más probable que se formen charcos de agua en muchos lugares, convirtiendo a la población en un hábitat ideal para el desarrollo del mosquito, en épocas secas no hay mucha presencia del mosquito, lo ideal sería que el día siempre este soleado, pero eso depende la naturaleza.	25%
	Soleado		75%
Maleza	Alta	Si la población tiene sectores donde exista mucha maleza, el agua se acumula en estos espacios, y de esta manera el mosquito se puede reproducir rápidamente, se debe tener siempre la población de maleza.	20%
	Baja		80%
Manejo de recipientes con Agua	Diario	Se deben tomar las debidas medidas con el almacenamiento de agua en recipientes, debido a que el mosquito se reproduce en estos, por lo que en la población se deben cambiar o desinfectar el agua de estos recipientes, este proceso se lo debe realizar diariamente, para evitar la epidemia.	80%
	Semanal		20%
Tanques de almacenamiento de agua	Tapado	Los tanques que se usan en la vivienda para almacenar agua, como tanques de agua lluvia, o tanques elevados o cisternas, deben estar bien tapados y desinfectados para reducir la reproducción del vector.	95%
	Destapado		5%
Mantenimiento de la estructura de la vivienda	Frecuente	Las condiciones ideales para evitar la incidencia de dengue dentro de la vivienda, están asociadas al uso de mallas en las ventanas, toldos o mosquiteros en las camas, limpieza de canaletas que deben ser de manera en frecuente en las poblaciones que tengan presencia del vector.	75%
	Poco frecuente		25%
Manejo de desechos inservibles	Diario	Esta variable está asociada directamente con la recolección de desechos inservibles, que aumentan la contaminación en la población y por consiguiente una población sucia constituye un hábitat ideal para el mosquito	70%
	Semanal		30%
Indicador de clima y geografía	Alto	Indica el nivel de condiciones ideales de clima y geografía, que debe tener la población para evitar la incidencia	35%
	Bajo		65%
Indicador de barrio y vivienda	Alto	Indica el nivel de condiciones ideales que deben existir en el barrio y la vivienda para evitar la incidencia	25%
	Bajo		70%
Indicador de contaminación	Alto	Indica el nivel de contaminación, que debe tener la población para evitar la incidencia	30%
	Bajo		80%

epidemia presentados en algunas zonas de la ciudad de Guayaquil, además para las probabilidades condicionales de ciertas variables en las que no se tenían valores aproximados, el experto evaluó en base a estudios

realizados en Colombia y procedió a realizar el cálculo de los valores para cada variable.

A continuación se muestran las probabilidades condicionales para cada una de las variables dependientes del modelo según el criterio del experto.

Indicador de Clima y Geografía (ICG).

Los valores que se estiman en la tabla 6, corresponden a datos entregados por el experto, para las probabilidades condicionales según su experiencia

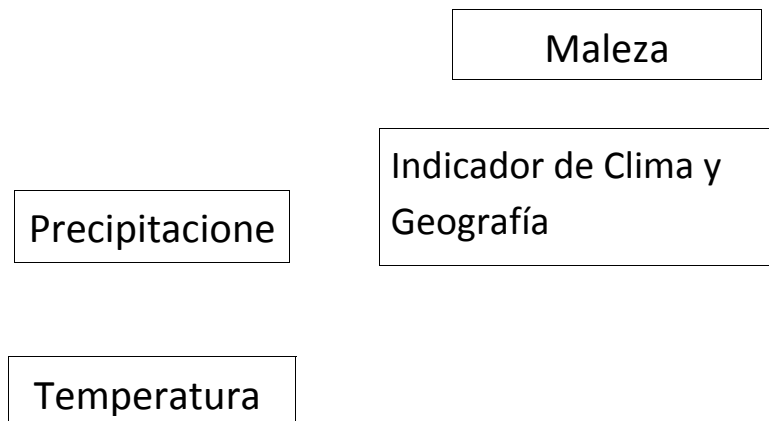


Figura 10. Variable dependiente indicador de clima y geografía

Tabla 6. Probabilidad condicional de la variable indicador de clima y geografía

Precipitaciones	Frecuente	Frecuente	Frecuente	Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente
Temperatura	Alta	Alta	Baja	Baja	Alta	Alta	Baja	Baja
Maleza	Abundante	Poca	Abundante	Poca	Abundante	Poca	Abundante	Poca
Alto	0.65	0.55	0.50	0.45	0.60	0.60	0.60	0.35
Bajo	0.35	0.45	0.50	0.55	0.40	0.40	0.40	0.65

Indicador de Barrio y Vivienda (IBV).

Los valores que se estiman en la tabla 7 de probabilidad condicional para esta variable han sido tomados en base a la de revisión literatura [11] y se hizo del ajuste con la ayuda de la experiencia del experto.

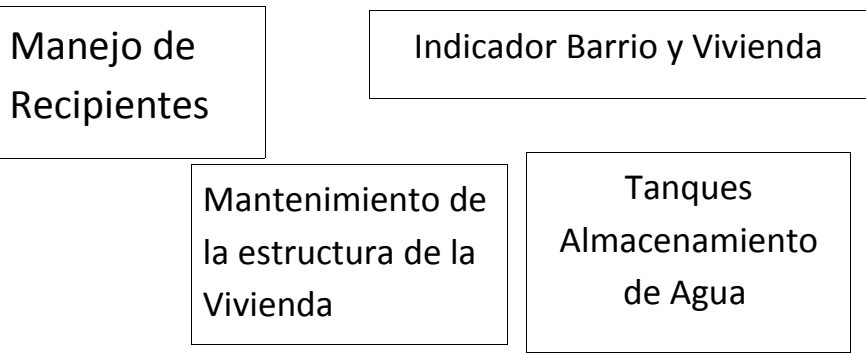


Figura 11. Variable dependiente indicador de barrio y vivienda

Tabla 7 probabilidad condicional de la variable indicador barrio y vivienda.

Manejo de Recipientes	Diario	Diario	Diario	Diario	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal
Mantenimiento de la estructura de la Vivienda	Frecuente	Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente	Frecuente	Frecuente	Poco Frecuente	Poco Frecuente
Tanques de Almacenamiento de Agua	Tapado	Destapado	Tapado	Destapado	Tapado	Destapado	Tapado	Destapado
Alto	0.40	0.45	0.47	0.50	0.55	0.60	0.55	0.65
Bajo	0.60	0.55	0.53	0.50	0.45	0.40	0.45	0.35

Indicador de Contaminación (IC).

En base a la experiencia del experto, se procedió a estimar lo valores de la probabilidad condicional para la variable indicador de contaminación.

Manejo de
Desechos
Inservibles

Indicador de
Contaminación

Figura 8. Variable

dependiente

indicador de contaminación

Tabla 12. Tabla de probabilidades condicionales para variable indicador de contaminación

Manejo de Desechos Inservibles	Diario	Semanal
Alto	0.40	0.65
Bajo	0.60	0.35

Incidencia del dengue.

Para estimar los valores de probabilidad condicional para la variable incidencia del dengue que se escogió el criterio del experto de acuerdo a su experiencia en este campo.

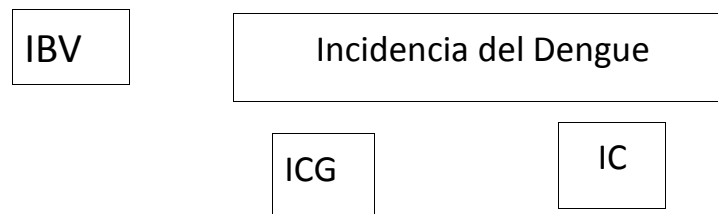


Figura 13. Variable dependiente incidencia del dengue

Tabla 12. Tabla de probabilidades condicionales para la variable incidencia del dengue.

ICG	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
IC	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo
IBV	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Alto	0.90	0.75	0.70	0.30	0.70	0.40	0.25	0.10
Bajo	0.10	0.25	0.30	0.70	0.30	0.60	0.75	0.90

					0		5	0
--	--	--	--	--	---	--	---	---

3.2.7. VALIDACIÓN DEL MODELO DE RED BAYESIANA APLICADA A LA INCIDENCIA DE DENGUE

El departamento de malaria de la ciudad de Guayaquil lleva un registro de los valores de cada uno de los factores que afectan a la incidencia del dengue en la población, esta información sirvió de ayuda para poder evaluar en base a estos datos el resultado del motor después de realizar la propagación de la evidencia, luego se procedió a regular el motor, para que este quede acorde con la expectativa del experto acerca del valor de probabilidad posible para cada uno de los estados de las variables y cada indicador.

3.2.8. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN.

Esta aplicación permite evaluar el conocimiento del usuario en todo lo que tiene que ver con las medidas de prevención que se deben tomar en su población con el fin de reducir la incidencia, que para esto se realizará una encuesta al usuario antes de que éste use la aplicación, al momento que el usuario interactúa con la aplicación podrá adquirir conocimientos necesarios

para responder correctamente la encuesta que se le realizará después de que éste haya utilizado la aplicación (*ver anexo2*).

Esta evaluación permitirá medir el conocimiento del usuario después de haber usado en aplicación.

La aplicación muestra de manera amena y didáctica información relevante sobre medidas adecuadas de prevención del dengue y permite a los usuarios mejorar su conocimiento,

Para la evaluación de la aplicación como herramienta de aprendizaje se utilizó la prueba T Pareada la cual permite realizar un análisis de datos obtenidos de los individuos antes y después de utilizar la aplicación.

En la prueba t pareada se plantean dos hipótesis, la nula y la experimental. La hipótesis experimental que se asume es la existencia de una diferencia significativa entre el conocimiento previo a la utilización de la herramienta referente a las medidas adecuadas de prevención del dengue con el conocimiento adquirido después de hacer uso de la herramienta para lo cual $p < 0,05$. Mientras que la hipótesis nula plantea que no existe una diferencia entre los conocimientos de los individuos antes y después de hacer uso de la aplicación para lo cual $p \geq 0,05$.

Para aceptar o rechazar las hipótesis antes mencionadas, se usó el programa estadístico R-Project [15], para procesar los datos obtenidos de las encuestas, obteniendo como resultado lo siguiente:

```
t.test(Antes, Despues, "two.sided", paired=TRUE)
```

```
Paired t-test
```

```
data: Antes and Después
```

```
t = 7.1209, df = 34, p-value = 3.142e-08
```

```
alternative hypothesis: true difference in means is  
not equal to 0
```

```
95 percent confidence interval:
```

```
17.591503  9.779926
```

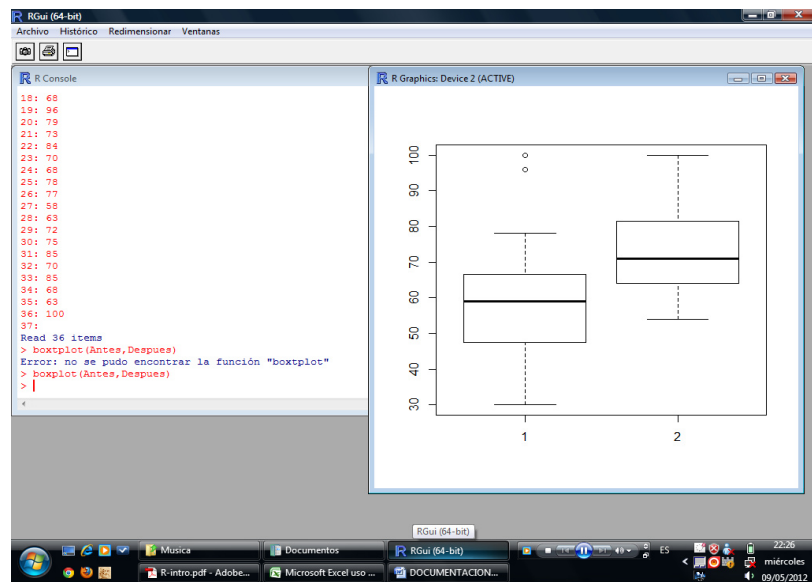
```
sample estimates:
```

```
mean of the differences
```

```
13.68571
```

Donde con un valor de distribución $t=7.1209$ y con un df correspondiente a los grados de libertad = 34, se obtiene el valor correspondiente a $p =$

3.142e-08 lo cual nos indica que debemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis experimental debido a que el valor obtenido a que p es menor a 0,05.



En la *figura 14* tenemos un diagrama de caja obtenido de los valores arrojados por las encuestas antes y después de usar la aplicación en el cual se puede observar como los valores obtenidos en la encuesta previa se encuentran entre los 60 y 70 puntos mientras que las de menor puntaje están más dispersas, en contraste con los datos obtenidos en la encuesta después de usar la aplicación web “Combatiendo el dengue” poseen una

mayor concentración de valores entre los 65 y 70 pero existen valores mayores a este rango los cuales se encuentran más dispersos.

Figura 15. Gráfico de barras de promedio de porcentajes de acierto por preguntas.

El gráfico de la *figura 15* nos muestra en la parte superior el promedio de los porcentajes de acierto en cada una de las preguntas realizadas en la encuesta, las barras de color rojo en el gráfico representan a los promedios de acierto obtenidos en la encuesta previa (A), mientras que las barras de color verde representan al promedio de acierto en la encuesta después de usar la aplicación web (D). Mientras en la parte inferior de la *figura 6* se muestra una pequeña tabla en la cual se muestra el valor promedio de los porcentajes de acierto obtenidos por cada pregunta en las encuestas antes y después de usar la aplicación web “Combatiendo el dengue”

Ante los resultados obtenidos al evaluar usando el método T student, se puede concluir que la aplicación web combatiendo el dengue puede ser empleada como herramienta de aprendizaje de métodos adecuados para la prevención del dengue.

3.2.9. HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Para la representación de los datos, utilizaremos el motor de base de datos MySQL [12], debido a que es gratuito y además se lo usa en el desarrollo de aplicaciones web, para la representación de la interfaz de la aplicación utilizaremos la herramienta interactiva de Adobe denominada Flash CS5 [13], debido a que esta aplicación es muy intuitiva y se la usa en el ambiente web en el desarrollo de aplicaciones.

Para realizar la comunicación entre la base y el motor utilizaremos como lenguaje intermedio PHP [14] y utilizaremos el editor de Adobe denominado Dreamweaver [13] para desarrollo de páginas Web en lenguaje PHP.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS.

4.1. RESULTADOS DEL MOTOR DE INFERENCIA

El motor procesa las probabilidades condicionales de cada variable, tomando en cuenta la definición de las probabilidades a priori, para realizar el proceso de propagación de la evidencia de las variables en el modelo, lo cual permite predecir la probabilidad posteriori de los estados de los indicadores y de la incidencia del Dengue.

La capacidad predictiva del motor se ve reflejada en base a las probabilidades a posteriori de cada uno de los indicadores que son variables dependientes de la red, en este caso la probabilidad a posteriori permite predecir el valor de una variable dependiente dado que las variables independientes toman uno de sus estados.

Resultados al evaluar el motor en el Indicador de Barrio y Vivienda (IBV).

En la tabla 13 se muestran las posibles combinaciones anteriormente mencionadas en la tabla 3 de combinaciones para cada una de las variables dependientes que en este caso se las define como indicadores.

Tabla 13. Probabilidad posteriori para el indicador de barrio y vivienda

IBV	Estados	
	Alto	Bajo
Combinaciones		
MaD_MaF_TaT	0.500	0.500
MaD_MaF_TaD	0.551	0.449
MaD_MaP_TaT	0.571	0.429
MaD_MaP_TaD	0.600	0.400
MaS_MaF_TaT	0.647	0.353
MaS_MaF_TaD	0.692	0.308
MaS_MaP_TaT	0.647	0.353
MaS_MaP_TaD	0.736	0.264

Resultados del motor al evaluar el Indicador Clima y Geografía (ICG).

En la tabla 14 se muestran las posibles combinaciones anteriormente mencionadas en la tabla 3 de combinaciones para cada una de las variables dependientes que en este caso se las define como indicadores.

ICG	Estados	
	Alto	Bajo
PrA_TeA_MaA	0.694	0.306
PrA_TeA_MaB	0.599	0.401
PrA_TeB_MaA	0.550	0.450
PrA_TeB_MaB	0.500	0.500
PrB_TeA_MaA	0.647	0.353
PrB_TeA_MaB	0.647	0.353
PrB_TeB_MaA	0.647	0.353
PrB_TeB_MaB	0.397	0.603

Tabla 14. Probabilidad posteriori para el indicador clima y geografía

Resultado del motor al evaluar el Indicador de Contaminación (IC).

En la tabla 15 se muestran las posibles combinaciones anteriormente mencionadas en la tabla 3 de combinaciones para cada una de las variables dependientes que en este caso se las define como indicadores.

Tabla 15. Probabilidad posteriori para el indicador de contaminación

IC	Estados	
Combinaciones	Alto	Bajo
MaD	0.449	0.551
MaS	0.694	0.306

4.2. CASOS DE USOS Y ESCENARIOS.

A continuación se detallan los casos de uso del sistema los cuales son de gran importancia para el desarrollo del sistema y su usabilidad por parte de los usuarios.

4.2.1. CASO DE USO MENU JUGAR.

Nombre: Jugar

Descripción: Al dar clic sobre el botón jugar el usuario podrá iniciar el juego.

Valor Medible: El acceso a la aplicación es otorgado.

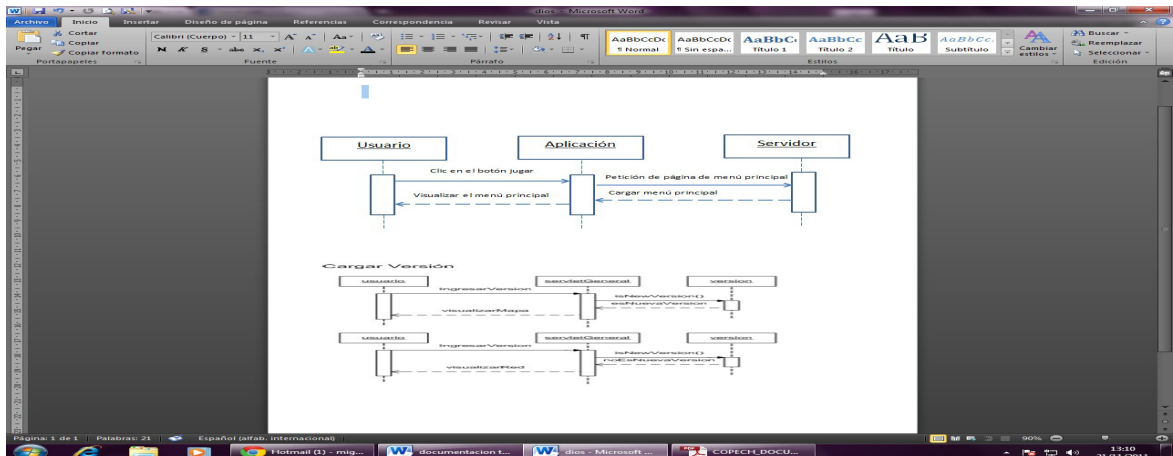
Escenarios:

1.1 El juego inicia.

1.2 El juego no inicia.

Escenarios del Caso de Uso: Jugar

Escenario 1.1 El juego inicia.



Suposiciones:

- El usuario da clic sobre el botón jugar del menú de inicio.

Resultados:

- El motor de inferencia se ejecuta y carga los resultados en el juego.
- Se carga la ventana principal de la aplicación.

Escenario 1.2 El juego no inicia.**Suposiciones:**

- El usuario da clic sobre el botón jugar del menú de inicio.
- Problemas en el servidor al momento de cargar la aplicación.

Resultados:

- La aplicación no puede ser ejecutada.

4.2.2. CASOS DE USO MENU JUEGO

A continuación se detallan los casos de uso del sistema los cuales son de gran importancia para el desarrollo del sistema y su usabilidad por parte de los usuarios.

Nombre: Vivienda

Descripción: Al dar clic sobre el botón Vivienda al usuario se le permitirá tener acceso al escenario Vivienda en el cual podrá escoger habitaciones de la casa para realizar las acciones que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: El ambiente vivienda se carga o no.

Escenarios:

1.1 Usuario obtiene acceso al ambiente vivienda.

1.2 Usuario no obtiene acceso al ambiente vivienda.

Nombre: Barrio

Descripción: Al dar clic sobre el botón Barrio en la interfaz se mostrara un nuevo ambiente el cual corresponde a un barrio con lo cual se visualizara casas, calles y gran parte de los componentes de un barrio.

Valor Medible: El ambiente Barrio se carga o no.

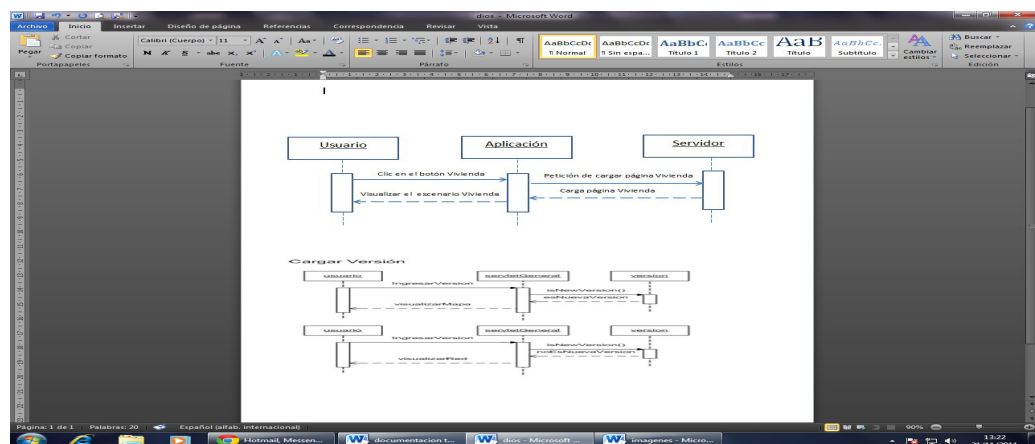
Escenarios:

1.1 Usuario obtiene acceso al ambiente Barrio.

1.2 Usuario no obtiene acceso al ambiente Barrio.

Escenarios del Caso de Uso: Vivienda

Escenario 1.1 Usuario obtiene acceso al ambiente vivienda.



Cuando el usuario da clic sobre el botón vivienda realiza una petición al servidor donde se encuentra la aplicación con lo cual obtendrá acceso al escenario vivienda.

Suposiciones:

- El usuario da clic sobre el botón Vivienda del menú de escenarios.

Resultados:

- La aplicación carga un menú con las principales habitaciones y patio de una casa.

Escenario 1.2 Usuario no obtiene acceso al ambiente vivienda.

Suposiciones:

El usuario da clic sobre el botón Vivienda del menú de escenarios.

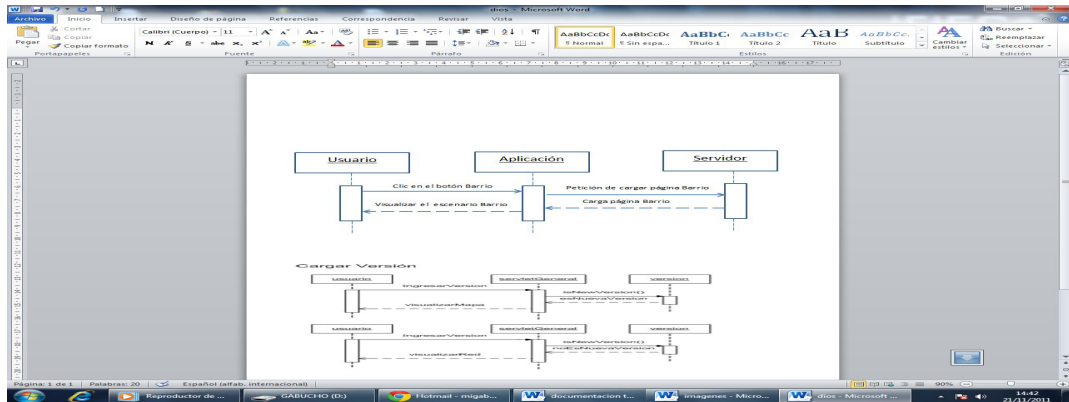
Problemas en el servidor al momento de cargar la aplicación.

Resultados:

La aplicación no puede mostrar el menú de escenarios.

Escenarios del Caso de Uso: Barrio

Escenario 1.1 Usuario obtiene acceso al ambiente Barrio.



Suposiciones:

El usuario da clic sobre el botón Barrio del menú de escenarios.

Resultados:

La aplicación carga el ambiente barrio el cual es otro escenario del juego donde el usuario realizara las acciones que crea conveniente para prevenir el dengue.

Escenario 1.2 Usuario no obtiene acceso al ambiente Barrio.**Suposiciones:**

El usuario da clic sobre el botón Barrio del menú de escenarios.

Problemas en el servidor al momento de cargar la aplicación.

Resultados:

La aplicación no puede mostrar el escenario correspondiente a barrio.

4.2.3. CASOS DE USO MENU VARIABLES

A continuación se detallan los casos de uso del sistema los cuales son de gran importancia para el desarrollo del sistema y su usabilidad por parte de los usuarios.

Nombre: Clima y Geografía

Descripción: Al poner el cursor sobre la palabra **Clima y Geografía** en el menú de factores automáticamente se desplegara una pequeña ventana en la cual el usuario podrá ver todas las variables propias de este factor así como el valor que posee cada una, dichos valores son generados de manera aleatoria.

Valor Medible: Las variables de este factor se muestran o no con valores generados de manera aleatoria.

Escenarios:

1.1 El usuario puede ver las variables asociadas a este factor así como sus correspondientes valores.

1.2 El usuario no puede ver las variables asociadas a este factor así como sus correspondientes valores.

Nombre: Vivienda y Barrio

Descripción: Al poner el cursor sobre la palabra **Vivienda y Barrio** en el menú de factores automáticamente se desplegará una pequeña ventana en la cual el usuario podrá ver todas las variables propias de este factor así como el valor que posee cada una, dichos valores son generados de manera aleatoria.

Valor Medible: Las variables de este factor se muestran o no con valores generados de manera aleatoria.

Escenarios:

1.1 El usuario puede ver las variables asociadas a este factor así como sus correspondientes valores.

1.2 El usuario no puede ver las variables asociadas a este factor así como sus correspondientes valores.

Nombre: Contaminación

Descripción: Al poner el cursor sobre la palabra **Contaminación** en el menú de factores automáticamente se desplegara una pequeña ventana en la cual el usuario podrá ver todas las variables propias de este factor así como el valor que posee cada una, dichos valores son generados de manera aleatoria.

Valor Medible: La variables de este factor se muestran o no con valores generados de manera aleatoria.

4.2.4. CASOS DE USO MENU VIVIENDA

A continuación se detallan los casos de uso del sistema los cuales son de gran importancia para el desarrollo del sistema y su usabilidad por parte de los usuarios.

Nombre: Room-Sala

Descripción: Al dar clic sobre la **opción sala** el usuario tendrá acceso a la habitación de la casa correspondiente a la sala en la cual podrá realizar la acción que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no la habitación sala.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso a la habitación sala.

1.2 El usuario no tiene acceso a la habitación sala.

Nombre: Room-Cocina

Descripción: Al dar clic sobre la **opción cocina** el usuario tendrá acceso a la habitación de la casa correspondiente a la cocina en la cual podrá realizar la acción que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no la habitación cocina.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso a la habitación cocina.

1.2 El usuario no tiene acceso a la habitación cocina.

Nombre: Room-Comedor

Descripción: Al dar clic sobre la **opción comedor** el usuario tendrá acceso a la habitación de la casa correspondiente a la comedor en la cual podrá realizar la acción que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no la habitación comedor.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso a la habitación comedor.

1.2 El usuario no tiene acceso a la habitación comedor.

Nombre: Room-Dormitorio

Descripción: Al dar clic sobre la **opción dormitorio** el usuario tendrá acceso a la habitación de la casa correspondiente al dormitorio en la cual podrá realizar la acción que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no la habitación dormitorio.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso a la habitación dormitorio.

1.2 El usuario no tiene acceso a la habitación dormitorio.

Nombre: Room-Baño

Descripción: Al dar clic sobre la **opción Baño** el usuario tendrá acceso a la habitación de la casa correspondiente al baño en la cual podrá realizar la acción que crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no la habitación baño.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso a la habitación baño.

1.2 El usuario no tiene acceso a la habitación baño.

Nombre: Room-Patio

Descripción: Al dar clic sobre la **opción patio** el usuario tendrá acceso al patio de la casa en la cual podrá realizar la acción que el crea conveniente a fin de prevenir el dengue.

Valor Medible: Se carga o no el ambiente del patio de la casa.

Escenarios:

1.1 El usuario tiene acceso al patio de la casa.

1.2 El usuario no tiene acceso al patio de la casa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Basado en el uso de las herramientas para el desarrollo de este proyecto se puede concluir lo siguiente:

- 1.** El uso de una red bayesiana permite representar de una manera gráfica y sencilla la relación de los factores que repercuten de manera positiva o negativa a la incidencia del dengue en una población.
- 2.** El desarrollo de una aplicación interactiva con las herramientas adecuadas, permite al usuario interactuar con mayor facilidad con la aplicación.

A partir de los resultados obtenidos en la validación de la aplicación como herramienta de aprendizaje se puede concluir lo siguiente.

- 3.** La interfaz gráfica de esta aplicación web muestra a los usuarios una lista de acciones recomendadas para prevenir el dengue y permite ponerlas en práctica escenarios que simulan ambientes de una vivienda y un barrio lo cual facilita al usuario el aprendizaje.

RECOMENDACIONES

1. Se puede obtener mejores resultados con esta aplicación si se la muestra a más personas desde medios de comunicación masivos, por ejemplo en las redes sociales las cuales en la actualidad tienen gran acogida entre personas de diversas edades.
2. En caso de que exista nueva información referente a la aparición de medidas de prevención de la enfermedad más efectivas se recomienda actualizar la base de conocimientos a fin de que la información presentada al usuario este siempre actualizada.
3. El cambio climático está generando que esta enfermedad expanda sus límites presentándose en nuevas zonas de nuestro país lo cual genera nuevas condiciones que afectarían a la incidencia de esta enfermedad, por lo que se recomienda a futuro actualizaciones de las variables que conforman la red bayesiana utilizada en esta aplicación web interactiva.

GLOSARIO DE TERMINOS

Morbilidad: Es la cantidad de personas o individuos que son considerados enfermos o que son víctimas de enfermedad en un espacio y tiempo determinados. La morbilidad es, entonces, un dato estadístico de altísima importancia para poder comprender la evolución y avance o retroceso de alguna enfermedad, así también como las razones de su surgimiento y las posibles soluciones.

Endémico: Se aplica a la cosa o el hecho negativos que se repiten frecuentemente y están muy extendidos.

Epidémico: Es una descripción en la salud comunitaria que ocurre cuando una enfermedad afecta a un número de individuos superior al esperado en una población durante un tiempo determinado

Arbovirosis: Término con el que se a un grupo de virus muy numeroso transmitido por picaduras de artrópodos hematófagos (mosquitos y garrapatas) en el organismo en el cual se multiplican.

ANEXOS

ANEXO 1. Métodos de Evaluación de la Herramienta

Objetivo:

Determinar si la aplicación web “**Combatiendo el dengue**” puede ser utilizada como herramienta de aprendizaje de medidas de prevención del dengue.

Marco conceptual: en el tema de evaluación se emplea la estadística sobre datos obtenidos de 35 personas.

Metodología de validación de la Aplicación web “Combatiendo el dengue”

Para la validación de la aplicación web “Combatiendo el dengue” se utilizó como herramienta de evaluación el método de encuestas, dicho método permitió extraer el

conocimiento previo de los 35 personas con edades entre 12 y 15 años acerca de medidas efectivas de prevención del dengue, este cuestionario está valorado sobre 100 puntos los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Pregunta 1 una sola respuesta correcta la cual tiene un valor de 20 puntos, pregunta 2 posee una sola respuesta correcta que vale 20 puntos, pregunta 3 la cual posee 2 respuestas correctas cada una valorada en 10 puntos, pregunta 4 posee 1 respuesta correcta valorada en 20 puntos o 5 respuestas correctas valoradas cada una en 4 puntos, pregunta 5 posee 4 respuestas correctas cada una valorada en 5 puntos.

ANEXO 2. Encuesta

A continuación se muestran las preguntas utilizadas en la encuesta:

Combatiendo El Dengue.

En las siguientes preguntas marca con una (X) la o las respuestas que usted considere correctas.

1.- Que insecto es responsable de la transmisión del dengue

Mosca(Musca domestica)		Cucaracha(Blatta Orientalis)	
Mosquito(Aedes Aegypti)		Garrapata	

2.- Cual de las siguientes respuestas es un método efectivo para prevenir el dengue:

Vacunarse contra el dengue	
Eliminar los criaderos de mosquitos	
Ignorar a los mosquitos	
Erradicación total de mosquitos	

3.- En donde debemos poner en práctica las medidas de prevención del dengue:

En nuestros hogares		Solo cuando salimos de viaje	
En ningún lado		En nuestro barrio o comunidad	

4.- ¿Quién o Quienes tienen responsabilidad en la tarea de eliminación de criaderos de mosquitos?

El Ministerio de Salud Publica		El Gobierno	
Los Municipios		Todos	
Organizaciones Barriales		La Comunidad	

5.- Seleccione entre las siguientes opciones las medidas de prevención adecuadas para luchar contra el dengue.

Vacunarse contra el dengue		Eliminar recipientes donde se estanque agua	
----------------------------	--	---	--

Uso de mallas metálicas en ventanas		Usando matamoscas contra los mosquitos	
Auto medicándose		Fumigar la casa	
Mantener tapados los tanques de agua		Evadiendo lugares donde hay mosquitos	

El proceso de extracción de información de datos consta de 2 fases, en la primera fase realiza la encuesta a los usuarios para obtener su conocimiento previo de medidas adecuadas de prevención del dengue, luego los usuarios utilizarán la aplicación web para posteriormente realizarles nuevamente una encuesta para obtener información referente a su conocimiento después de utilizar la aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Benítez-Leite S, Machi ML, Gibert E, Rivarola K, Conocimientos, actitudes y prácticas acerca del dengue en un barrio de Asunción, Ministerio de Salud Pública de Paraguay, 2001.

[2] Celso Ramos, Irma Rangel, Eric Raga, El dengue: un problema de salud emergente, Medicina Universitaria, 2000.

[3] Mena N, Troyo A, Bonilla-Carrión R, Calderón-Arguedas Ó. Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica. RevPanam Salud Pública, 2011.

[4] Dr. Alfredo Seijo, El dengue como problema de salud pública, Arch.argent.pediatr, 2001.

[5] Álvaro Marín Illera, Sistemas Expertos, Redes Bayesianas y sus aplicaciones, Semana ESIDE, Abril 2005.

[6] Yoonkyung and Cheol-Koo, [Artificial Intelligence](#), Sebastiani and Perls, 2007.

[7] Charles Grimstead y J. Laurie Snell, [Introduction to Probability](#), American Mathematical Society, 2nd Ed, 2003.

[8] Stuart Russell and Peter Norvig, [Artificial Intelligence: A Modern Approach](#), Prentice Hall, 2003.

[9] Paul Meagher (paul@datavore.com, CEO, Datavore Productions) desarrollador Web Independiente, <http://paul@datavore.com>, Diciembre 2011.

[10] *DeveloperWorks*, Apply probability models to Web data using PHP , October 2003.

[11] Sandra M. Farietta Varela, Estudio ecológico de la fiebre del dengue y el dengue hemorrágico en el municipio de Girardot Colombia, Barcelona, Septiembre 2003.

[12] Oracle Corporation ,Oracle Corporation, <http://dev.mysql.com/downloads/>, Octubre 2011.

[13] Adobe Systems Incorporated, <http://www.adobe.com/downloads/>, Septiembre 2011.

[14] Copyright © 2001-2012 The PHP Group ,<http://php.net/> , Diciembre 2011

[15] WU Wien, [Institute for Statistics and Mathematics](http://www.r-project.org/), <http://www.r-project.org/> , Enero 2012.