

# **MEMORIA SOBRE RED BAYESIANA**

Asignatura: Técnicas, entornos y aplicaciones de  
inteligencia artificial

Hecho por Estrella Herrejón Lucas

# ÍNDICE

<b>1. Presentación del caso criminal.....</b>	<b>3</b>
1.1. Datos generales.....	3
1.2. Datos concretos.....	3
1.3. Introducción al ejercicio.....	3
<b>2. Análisis del caso por red bayesiana.....</b>	<b>4</b>
2.1. Naturaleza de las variables.....	4
2.2. Diseño de la red bayesiana.....	4
2.3. Probabilidad de que el sospechoso sea culpable dado los datos.....	4
<b>3. Respuesta con evidencias observadas <math>P(e) = 1</math>.....</b>	<b>5</b>
3.1. Modificación del caso y solución.....	5
<b>4. Modificación de datos y cambios observables.....</b>	<b>6</b>
4.1. Modificación de probabilidades a priori.....	6
4.2. Modificación de la probabilidad condicional.....	6
<b>5. Extensiones realizadas.....</b>	<b>8</b>
5.1. Confirmación de la propiedad del arma utilizada.....	8
5.1.1 Esquema actualizado.....	8
5.1.2. Probabilidad de que sea culpable.....	9
5.2. Duda sobre su coartada exculpatoria.....	9
5.2.1. Esquema actualizado.....	9
5.1.2. Probabilidad de que sea culpable.....	10
5.3. Historial de retoques estéticos.....	10
5.1.1 Esquema actualizado.....	11
5.1.2. Probabilidad de que sea culpable.....	11

# 1. Presentación del caso criminal

## 1.1. Datos generales

Un juez tiene el criterio de juzgar la culpabilidad de un acusado en base a si se prueba que tiene sus huellas en el arma, tiene un motivo, y no tiene una coartada.

Huellas	Motivo	No-Coartada	Culpable
T	T	T	0.8
T	T	F	0.7
T	F	T	0.5
T	F	F	0.3
F	T	T	0.8
F	T	F	0.5
F	F	T	0.3
F	F	F	0.001

Tabla 1: Datos sobre las probabilidades de ‘Culpable’.

## 1.2. Datos concretos

La policía detiene al sospechoso con estas pruebas:

- Se encuentran huellas en el arma (Creencia: 0.9), posiblemente debido a otros factores.
- El acusado tiene un motivo (Creencia: 0.6), posiblemente debido a otros factores.
- El acusado tiene una coartada (Creencia: 0.6), posiblemente debido a otros factores.

## 1.3. Introducción al ejercicio

Dado el caso descrito anteriormente, se utilizará la herramienta ‘Belief and Decision Network Applet’ para analizar los efectos de la probabilidad a priori y condicional de las variables, **determinando así el grado de culpabilidad** del individuo en diversas situaciones.

## 2. Análisis del caso por red bayesiana

### 2.1. Naturaleza de las variables

Variable	Tipo	Dependencia
Huellas	Observación	Independiente
Motivo	Observación	Independiente
No-Coartada	Observación	Independiente
Culpable	Objetivo	Dependiente

Tabla 2: Tipo y dependencia de las variables.

### 2.2. Diseño de la red bayesiana

Se diseñan **tres variables independientes** (Huellas, Motivo y No-Coartada) y **una dependiente/objetivo** (Culpable), siguiendo un esquema de {Causas} → Efecto.

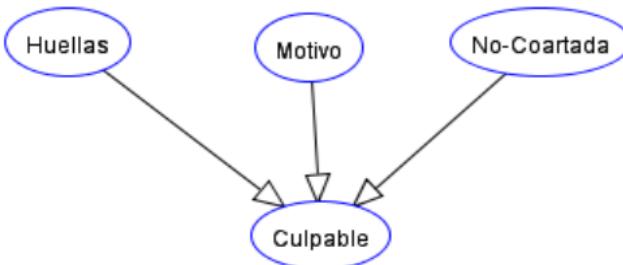
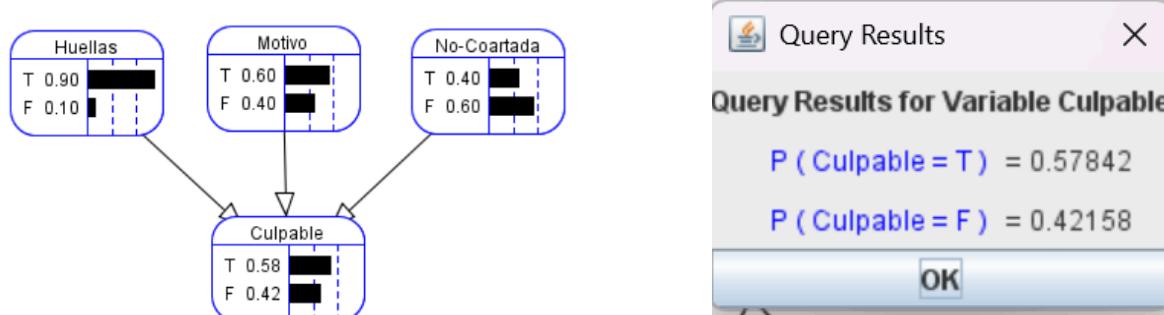


Figura 1: Red Bayesiana

### 2.3. Probabilidad de que el sospechoso sea culpable dado los datos

La **probabilidad a priori** de la variable 'No-Coartada', se calculará en base a la probabilidad de 'Coartada', lo que será:  $1 - 0.6 = 0.4$ .

Al indicar las probabilidades de los datos y de la tabla de probabilidades condicionales para 'Culpable', el resultado sería el siguiente:



Figuras 2 y 3: Probabilidad de culpabilidad.

Es decir, hay una probabilidad del **57,8%** de que el sospechoso sea culpable del delito.

### 3. Respuesta con evidencias observadas $P(e) = 1$

#### 3.1. Modificación del caso y solución

Para ver de forma más directa las relaciones de las variables independientes sobre 'Culpable', se procede a crear observaciones donde cada variable independiente tomará un valor {True|False} (en función de lo observado en el caso).

Prob. Huellas	Prob. Motivo	Prob. No-Coartada	Prob. Culpable
1	0.6	0.4	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.596$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.404$
0.9	1	0.4	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.728$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.272$
0.9	0.6	0	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.516$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.484$
1	1	0	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.7$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.3$

Tabla 3: Resultados con evidencias  $P(e)=1$ .

Se puede observar que, en la mayoría de los casos descritos en la tabla, la probabilidad de que el sospechoso sea culpable **sobrepasa el 0,578 inicial**. En cambio, cuando se considera la observación de que el sospechoso tiene coartada (Prob. coartada = True / Prob. no-coartada = False), ocurre lo contrario, pues la variable 'Culpable' está **correlacionada positivamente** con las otras tres variables.

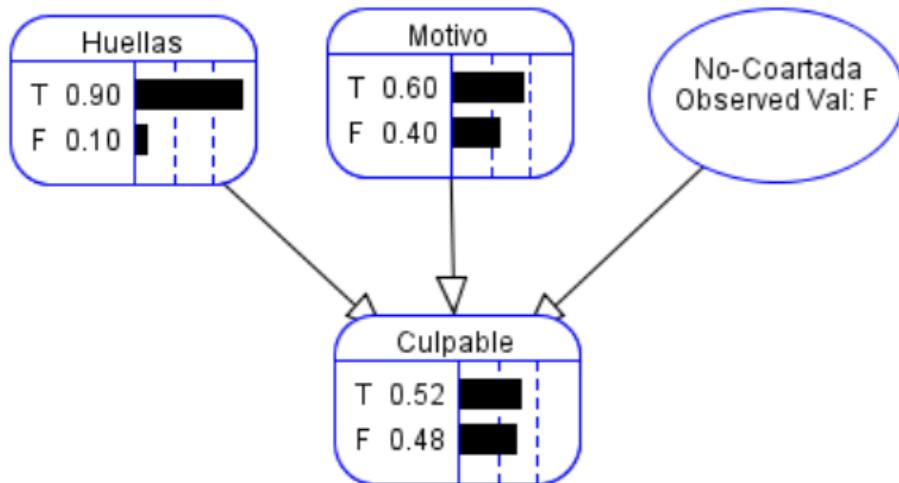


Figura 4: Adición de observaciones parciales en el software utilizado.

## 4. Modificación de datos y cambios observables

### 4.1. Modificación de probabilidades a priori

Como se ha podido comprobar en el punto 3.1, las probabilidades a priori de las variables ‘Huellas’, ‘Motivo’ y ‘No-Coartada’ harán que aumente o se quede igual la probabilidad de ‘Culpable’ cuanto mayor sea su valor.

Aquí se exponen algunos casos adicionales:

Prob. Huellas	Prob. Motivo	Prob. No-Coartada	Prob. Culpable
0.5	0.5	0.5	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.488$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.512$
0.001	0.5	0.5	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.4$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.6$
0.999	0.5	0.5	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.575$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.425$
0.5	0.001	0.5	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.276$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.724$
0.5	0.999	0.5	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.7$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.3$
0.5	0.5	0.001	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.375$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.625$
0.5	0.5	0.999	$P(\text{Culpable} = \text{T}) = 0.6$ $P(\text{Culpable} = \text{F}) = 0.4$

Tabla 4: Resultados cambiando probabilidades a priori.

Se distingue que la variable que más influencia tiene sobre ‘Culpable’ sería el motivo, pues con el valor 1 obtiene la probabilidad más alta y con el 0 obtiene la más baja.

### 4.2. Modificación de la probabilidad condicional

Cambios en la probabilidad condicional cambiarán la influencia de las variables a priori sobre la probabilidad de que el sujeto sea culpable.

Se subirá la **importancia de encontrar huellas** y se bajará la importancia del motivo, de tal forma que la tabla lucirá así:

Huellas	Motivo	No-Coartada	Culpable
T	T	T	0.9 ↑
T	T	F	0.8 ↑
T	F	T	0.7 ↑
T	F	F	0.6 ↑
F	T	T	0.5 ↓
F	T	F	0.2 ↓
F	F	T	0.3
F	F	F	0.001

Tabla 5: Cambios en la probabilidad condicional.

Utilizando las mismas probabilidades a priori anteriores se podrá observar la diferencia:

Prob. Huellas	Prob. Motivo	Prob. No-Coartada	Prob. Culpable
0.5	0.5	0.5	P(Culpable = T) = 0.5 P(Culpable = F) = 0.5
0.001	0.5	0.5	P(Culpable = T) = 0.25 P(Culpable = F) = 0.75
0.999	0.5	0.5	<b>P(Culpable = T) = 0.75</b> P(Culpable = F) = 0.25
0.5	0.001	0.5	P(Culpable = T) = 0.4 P(Culpable = F) = 0.6
0.5	0.999	0.5	<b>P(Culpable = T) = 0.6</b> P(Culpable = F) = 0.4
0.5	0.5	0.001	P(Culpable = T) = 0.4 P(Culpable = F) = 0.6
0.5	0.5	0.999	P(Culpable = T) = 0.6 P(Culpable = F) = 0.4

Tabla 6: Resultados tras cambiar la probabilidad condicional.

Tomando el valor de las variables a priori del enunciado, la probabilidad de que el sospechoso del enunciado sea culpable pasaría a ser **71%**.

## 5. Extensiones realizadas

### 5.1. Confirmación de la propiedad del arma utilizada

Se encuentran confirmaciones de la propiedad del arma utilizada, aunque con una fiabilidad del 70%. Ello también incrementa la confianza en que sea culpable.

#### 5.1.1 Esquema actualizado

Se añadirá la **variable independiente ‘Propiedad Arma’** junto con un arco para representar la relación causal entre esta y ‘Culpable’.

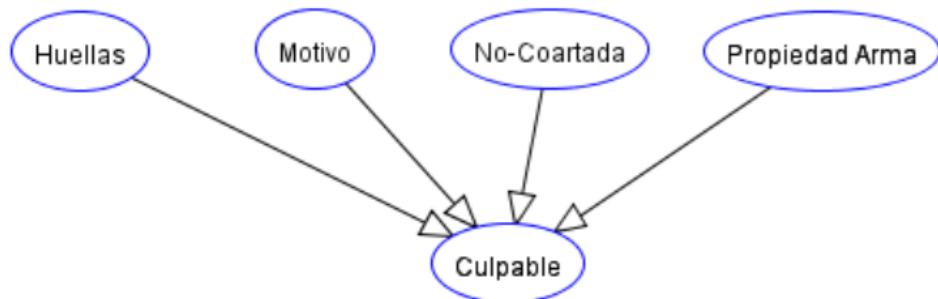


Figura 5: Adición de la variable independiente ‘Propiedad Arma’.

Seguidamente, se escogerán los valores de la probabilidades de que sea culpable dada ésta adición:

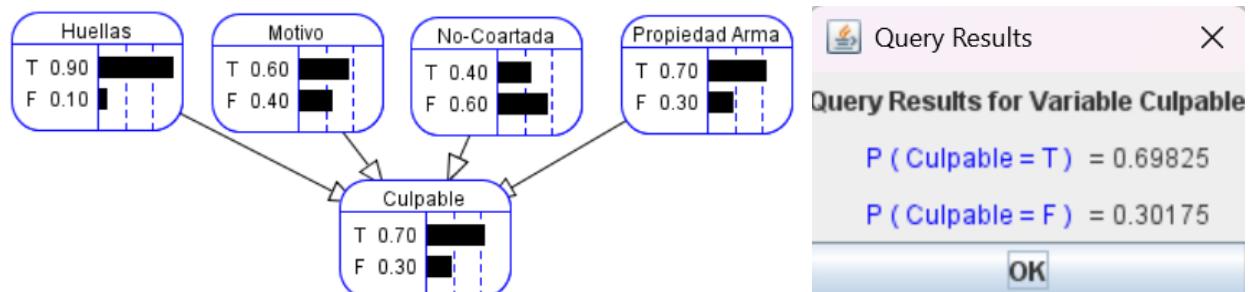
Probability Table for Culpable					
Huellas	Motivo	No-Coartada	Propiedad Arma	$P(Culpable=T)$	$P(Culpable=F)$
T	T	T	T	0.9	0.1
T	T	T	F	0.8	0.2
T	T	F	T	0.8	0.2
T	T	F	F	0.7	0.3
T	F	T	T	0.75	0.25
T	F	T	F	0.5	0.5
T	F	F	T	0.6	0.4
T	F	F	F	0.3	0.7
F	T	T	T	0.9	0.1
F	T	T	F	0.8	0.2
F	T	F	T	0.6	0.4
F	T	F	F	0.5	0.5
F	F	T	T	0.5	0.5
F	F	T	F	0.3	0.7
F	F	F	T	0.3	0.7
F	F	F	F	0.001	0.999

No observed value for this node.

Tabla 7: Aspecto de la tabla de probabilidad actualizada para ‘Culpable’.

### 5.1.2. Probabilidad de que sea culpable

La probabilidad a priori de que el arma sea del sujeto será del 70% (las otras se mantendrán igual). Dando como resultado un 69.8% de que sea culpable:



Figuras 6 y 7: Probabilidad de culpabilidad dada la nueva variable ‘Propiedad Arma’.

### 5.2. Duda sobre su coartada exculpatoria

Había un policía que patrullaba por la zona ese día, este comentó que paró a un hombre por exceder límites de velocidad cerca de la escena del crimen a esas horas y el hombre era muy similar al sujeto.

Tras esta información, se duda de la coartada del sospechoso, con una confianza del 70%.

#### 5.2.1. Esquema actualizado

La nueva variable ‘Policía’ no influye de forma directa en ‘Culpable’, sino que lo hace a través de ‘No-Coartada’ (están correlacionadas positivamente), por lo que se considerará como variable auxiliar promotora, y la variable ‘No-Coartada’ pasaría a ser dependiente.

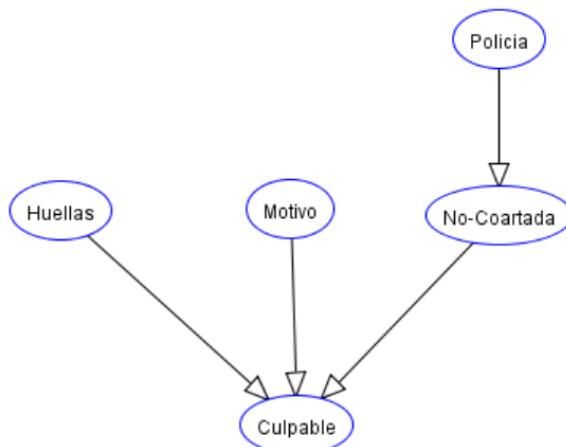


Figura 8: Red de Bayes con la variable ‘Policía’.

### 5.1.2. Probabilidad de que sea culpable

La tabla condicional de 'Culpable' se mantendrá igual, como las variables a priori.

En caso de que el policía esté seguro de que lo ha visto,  $P(\text{No-Coartada})$  se verá afectada positivamente, de lo contrario el caso quedará igual que en el principio

Probability Table for No-Coartada		
Policía	$P(\text{No-Coartada}=T)$	$P(\text{No-Coartada}=F)$
T	0.9	0.1
F	0.4	0.6
No observed value for this node.		
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>

Figura 9: Cambio en las probabilidades de 'No-Coartada'.

Query Results	
Query Results for Variable Culpable	
$P(\text{Culpable}=\text{T})$	= 0.63301
$P(\text{Culpable}=\text{F})$	= 0.36699
<input type="button" value="OK"/>	

Figura 10: Probabilidad de que el sujeto sea culpable.

Ahora habrá un 63,3% de que el sospechoso sea culpable.

### 5.3. Historial de retoques estéticos

El acusado ha cometido otros delitos en el pasado y en el 85% de las veces se hizo retoques estéticos al día siguiente. Él admitió anteriormente que lo hizo tras los crímenes para parecer otra persona.

Observamos que al día siguiente se hizo un retoque estético.

### 5.1.1 Esquema actualizado

Se crea la variable dependiente y de observación Retoque como efecto de ‘Culpable’:

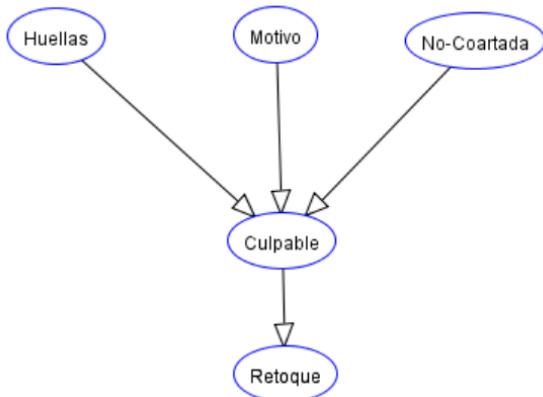


Figura 11: Red de Bayes con la variable ‘Retoque’.

### 5.1.2. Probabilidad de que sea culpable

La tabla condicional de ‘Culpable’ se mantendrá igual, como las variables a priori.

En la tabla de probabilidades de ‘Retoque’, sabemos la probabilidad de que, siendo culpable, se haga algún retoque estético (0,85). De otra forma, la probabilidad de que se haga un retoque estético sin ser culpable es del 5%.

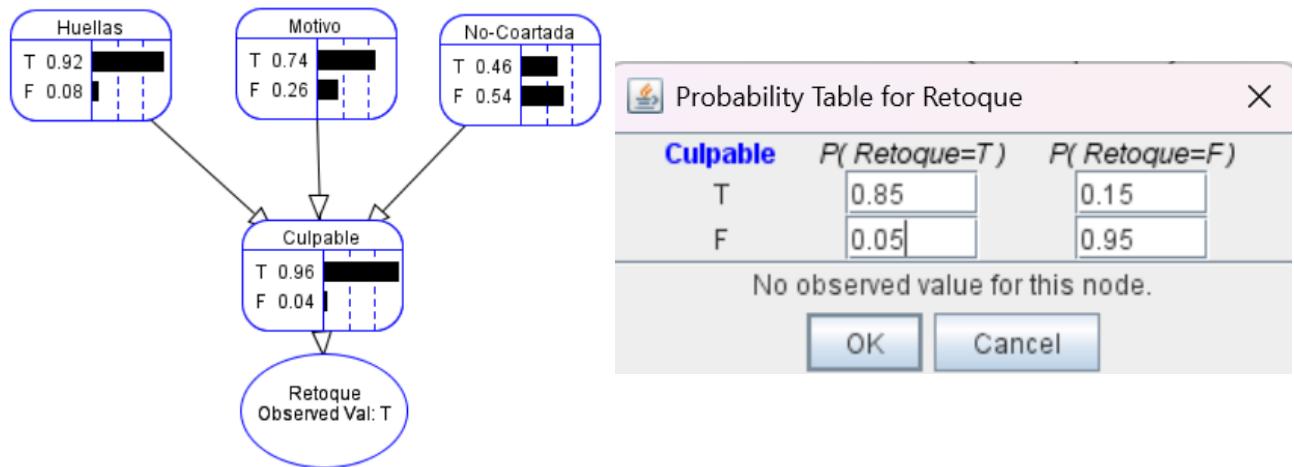


Figura 12 y 13: Red de Bayes con ‘Retoque’ y Tabla de probabilidad de ‘Retoque’.

**Habrá un 96% de que el sospechoso sea culpable.**