

UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil Industrial



**APLICACIÓN DEL MÉTODO DEMPSTER SHAFER A LOS FACTORES DE
RIESGO MODIFICABLES PARA PREDECIR LA OCURRENCIA DE UN
EVENTO CARDIOVASCULAR**

DANIELA KIMBERLY CARCAMO AGUAYO

**INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

Profesor Guía: María Bull Torres.

Profesor Informarte: Emma Chávez Mora.

Concepción, 18 de Diciembre del 2015

RESUMEN

Los eventos cardiovasculares son primera causa de muerte en Chile, debido a esto es necesario controlar los principales factores de riesgo asociados a estos eventos. Según estadísticas entregadas por el Ministerio de Salud, solo el 60 % de la población que presenta un factor de riesgo cardiovascular conoce realmente su condición de salud y se somete a tratamiento médico, el resto de las personas quedan expuestas a una mayor probabilidad de ocurrencia de sufrir un evento cardiovascular. Para evitar hechos como los mencionados anteriormente, el Ministerio de Salud creó el “Examen Preventivo del Adulto” (EMPA), el cual evalúa los principales factores de riesgo cardiovascular, cuando alguno de estos factores de riesgo se encuentra fuera de sus límites normales, las personas son ingresadas inmediatamente al Programa de Salud Cardiovascular, este programa fue creado para todas aquellas personas que presenten algún tipo de riesgo cardiovascular, las personas son clasificadas según los resultados de los exámenes médicos, en una categorías de riesgo asignándole un tratamiento para normalizar su condición y de esa forma minimizar la probabilidad de ocurrencia de eventos cardiovasculares en un futuro. Actualmente esta herramienta en conjunto con la tabla Framingham adaptada a la población Chilena, son utilizadas para controlar los eventos cardiovasculares en los centros médicos de nuestro país.

En el presente proyecto se desea aplicar la técnica de fusión de información, específicamente el método Dempster Shafer a los principales factores de riesgo cardiovascular, además se espera demostrar que la combinación de dos factores de riesgo puede entregar mayor información en relación a la probabilidad de ocurrencia de un accidente cardiovascular. Para aplicar el método es necesario identificar los principales factores de riesgo cardiovascular y sus principales rangos de valor en la población chilena mayor de 15 años, para posteriormente aplicar la metodología definida. Como resultado de esta investigación se espera obtener una claridad de la información que entregan los factores de riesgo en relación a la probabilidad de ocurrencia de un accidente cardiovascular, mediante la utilización de fusión de información.

ABSTRACT

The cardiovascular events are first cause of death in Chile, on account of this, it is necessary to control the main risk factors associated with these events. According to statistics handed in by the Department of Health, only a 60% of the population that presents a cardiovascular risk factor actually knows their health condition and undergoes medical treatment. The rest of the people remain susceptible to a larger probability of occurrence of suffering a cardiovascular event. In order to avoid incidents as the ones previously mentioned, the Department of Health created the "Preventive Exam of the Adult" (PEA), which assesses the main cardiovascular risk factors. When one of these risk factors is out of their normal limits, the people are immediately admitted in the Cardiovascular Health Program, which was created to all those people that present any kind of cardiovascular risk. They are classified according to the results of the medical exams into one of the risk categories, assigning them a treatment to normalize their condition and in that way minimize the probability of occurrence of cardiovascular events in the future. Currently, this tool together with the Framingham Risk Score adapted to the Chilean population, are used to control the cardiovascular events in the medical centers in our country.

In the present project, we want to apply the Data Fusion Technique, specifically the Dempster Shafer method, to the main cardiovascular risk factors, in addition to expect to demonstrate that the combination of two risk factors can give greater information related to the probability of occurrence of a cardiovascular accident. To apply the method, it is necessary to identify the main cardiovascular risk factors and their main value ranges in the Chilean population older than 15, to subsequently employ the definite methodology. As a result of this research, it is expected that we obtain clarity of the data given by the risk factors, in relation to the probability of occurrence of a cardiovascular accident, through the data fusion use.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad que me ha dado de obtener este triunfo en mi vida, por darme salud, sabiduría, perseverancia y la fortaleza para poder lograrlo.

Gracias a mis padres, Jorge y Raquel, quienes me han apoyado de forma incondicional y guiado durante toda mi vida, por su motivación diaria y esfuerzo. Sin ellos no lo hubiera logrado.

Gracias a la profesora María Teresa Bull que acepto ser mi profesor guía, tuvo la voluntad de guiarme desde el inicio del proyecto, entregándome herramientas para mejorar mi trabajo y la mejor disposición para resolver mis dudas cuando lo necesite.

Gracias a mi Hermana Denisse por el apoyo que diariamente me da, para lograr forjar un futuro mejor.

Gracias a Sebastián quien ha sido un apoyo importante durante toda la etapa universitaria, celebrando mis logros y levantándome de mis fracasos con el mejor de los ánimos.

Gracias a Emili quien me acompañó cada noche de estudio brindándome su apoyo y cariño.

Gracias a Lesly Cordones por apoyarme en todo y alentarme cada día con sus saludos llenos de amor y felicidad. De igual forma agradezco a mi jefa Lorena Chandia quien me dio la oportunidad de trabajar durante mi etapa universitaria y por su excelente disposición en relación a los permisos.

Gracias a mi amiga María Ignacia quien fue un apoyo fundamental durante los años que duro la carrera universitaria y siempre tuvo la disposición de resolver mis dudas relacionadas con el área de salud enfocadas en esta investigación.

Gracias a Viera por toda la paciencia y buena disposición que siempre ha tenido y por darse el tiempo de ayudarme a revisar cada párrafo.

Gracias a mis compañeros y amigos de la universidad en especial Felipe, Erick, Nicole quienes alegraron los días universitarios e hicieron más entretenido el estudio.

*“Dedicada a mis padres Jorge y Raquel y a un gran
ángel que me acompaña Mi Gran Abuelo “*

ABREVIACIONES

HTA	Hipertensión Arterial
PA	Presión Arterial
PAS	Presión Arterial Sistólica
PAD	Presión Arterial Diastólica
RCV	Riesgo Cardiovascular
CV	Cardiovascular
FR	Factor de Riesgo
MAPA	Monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial
PSCV	Programa de Salud Cardiovascular
MINSAL	Ministerio de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
TGL	Triglicéridos
HDL	Lipoproteína de Alta Densidad
LDL	Lipoproteína de Baja Densidad
IMC	Índice de Masa Corporal
CC	Circunferencia de Cintura
DM	Diabetes Mellitus
SNSS	Sistema Nacional de Servicios de Salud
DS	Dempster Shafer

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1.Objetivo general	15
1.2.Objetivos específicos.....	15
1.3.Justificación de la propuesta.....	16
1.4.Delimitación del problema.	19
1.5.Metodología aplicada.	19
1.6.Estructura del documento.	21
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y SITUACIÓN ACTUAL.....	22
2.1. Situación actual del país.	23
2.1.1 Eventos cardiovasculares.....	24
2.2. Caracterización de la hipertensión.....	26
2.2.1. Diagnóstico de hipertensión en Chile y en el mundo.	27
2.2.1.1. Perfil de presión arterial.	29
2.2.1.2. Monitoreo ambulatorio de presión arterial (MAPA).....	29
2.3. Factores de riesgo cardiovascular y sus rangos apropiados.	30
2.3.1. Factores de riesgo cardiovascular:.....	31
2.4. Rangos de los factores de riesgo cardiovasculares.	33
2.5. Tablas para la estimación del riesgo cardiovascular en Chile.	35
2.5.1. Aplicación de las tablas chilenas.	37
2.5.2. Calculo del riesgo medio poblacional en hombres y mujeres.	38
2.6. Inferencia Bayesiana.....	43

2.6.1. Probabilidades a priori y posteriori.	43
2.6.2. Teorema de Bayes.	43
2.6.3. Aplicación del Teorema de Bayes.	44
2.7. Técnicas de fusión de información.	47
2.7.1. Método Dempster Shafer.	47
2.7.2. Regla de Combinación Dempster.	50
CAPÍTULO 3: MARCO DE INVESTIGACIÓN.	51
3.1. Descripción del problema.	52
3.2. Pregunta de investigación.	53
3.3. Base de datos.	54
CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEMPSTER SHAFER A LOS DATOS	58
4.1. Planteamiento del problema.	59
4.1.2. Definición de variables.	60
4.2. Fusión de hipertensión arterial (S1) con diabetes mellitus tipo II (S2).	60
4.2.1. Probabilidad Básica de Asignación.	61
4.2.2. Regla de Combinación de Dempster.	63
4.2.3. Factor de Normalización.	64
4.2.4. Matriz Normalizada.	65
4.2.5. Grado de Creencia y Plausibilidad.	66
4.2.6. Intervalo de Creencia.	68
CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	70
5.1. Resultado combinación hipertensión arterial con diabetes mellitus tipo II.	71
5.2. Resultado combinación hipertensión arterial con colesterol total.	72
5.3. Resultado combinación hipertensión arterial con tabaquismo.	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	77

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO: Innovadoras Formas de Control de Salud.	79
ANEXO: Definición de los Principales Factores de Riesgo Cardiovascular.	82
ANEXO: Aplicaciones de Fusión de Información.	86
ANEXO: Conceptos Básicos, Teoremas y Axiomas.....	91
ANEXO A: Test de Dependencia a la Nicotina de Fagerstrom.	94
ANEXO B: Tabla Relación Peso/ Talla.	95
ANEXO C: Puntuación Framingham.	96
ANEXO D: Tablas Framingham.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Detección de factores de riesgo cardiovascular en el Examen de Medicina Preventiva.	14
Figura 2: Mortalidad por enfermedades cardiovasculares.....	23
Figura 3: Aterosclerosis.....	24
Figura 4: Hipertensión arterial en la población chilena.....	26
Figura 5: Conocimiento, tratamiento y control de la hipertensión.....	27
Figura 6: Sospecha y confirmación diagnóstica hipertensión arterial.....	28
Figura 7: Distribución de la población chilena según número de factores de riesgo.....	54
Figura 8: Sensor: Hipertensión arterial.....	56
Figura 9: Sensor: Colesterol total.....	56
Figura 10: Sensor: Tabaquismo.....	57
Figura 11: Sensor: Diabetes mellitus tipo II y total de factores de riesgo presentes en cada paciente.....	57
Figura 12: Diagrama de los factores de riesgo y su capacidad predictiva en relación a un evento cardiovascular.....	59
Figura 13: Probabilidad de asignación básica para el sensor hipertensión arterial.....	61
Figura 14: Probabilidad de asignación básica para el sensor diabetes mellitus Tipo II.....	62
Figura 15: Regla de Combinación sensor hipertensión arterial con sensor diabetes mellitus tipo II.....	64
Figura 16: Factor de Normalización para la combinación del sensor hipertensión arterial con sensor diabetes mellitus Tipo II.....	65
Figura 17: Combinación Sensor Hipertensión Arterial con Sensor Diabetes Mellitus Tipo II., Normalizada.....	66
Figura 18: Grado de Creencia y Plausibilidad.....	67

Figura 19: Intervalo de Creencia.	69
Figura 20: Resultados combinación hipertensión arterial con diabetes mellitus tipo II.....	72
Figura 21: Resultados combinación hipertensión arterial con colesterol total.	73
Figura 22: Resultados combinación hipertensión arterial con tabaquismo.	75
Figura 23: Distribución de la Población que realiza actividad física 3 o más veces por semana, según tramo de edad (Año 2000 / % de personas).	83
Figura 24: Disposición de los Sensores en el Hogar	87
Figura 25: Evolución de las Imágenes Espaciales.....	89
Figura 26: Imágenes de TAC de Simulación.....	90
Figura 27: Imágenes de Resonancia Magnética.	90
Figura 28: Imágenes de Fusión de TAC y Resonancia Magnética.	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Riesgo cardiovascular en mujeres y hombres.	18
Tabla 2: Factores de riesgo modificable y no modificable.....	31
Tabla 3: Factores de riesgo modificables.	32
Tabla 4: Categorías de riesgo para cada factor de riesgo cardiovascular.....	34
Tabla 5: Metas según categoría de riesgo cardiovascular.	35
Tabla 6: Comparación tabla framingham y tablas chilenas.....	36
Tabla 7: Datos para la estimación de incidencia de eventos coronarios a 10 años para población femenina entre 35 y 74 años.	39
Tabla 8: Datos para la estimación de incidencia de eventos coronarios a 10 Años para población masculina entre 35 y 74 años.....	40
Tabla 9: Coeficientes para la función de framingham para la incidencia de eventos coronarios en 10 años.....	41
Tabla 10: Estructura General de la Regla de Combinación para los sensores 1 y 2.	63
Tabla 11: Diferencia entre Plausibilidad y Grado de Creencia para la proposición u_0	71
Tabla 12: Diferencia entre la Plausibilidad y el Grado de Creencia para la proposición u_0	73
Tabla 13: Diferencia entre la Plausibilidad y el Grado de Creencia para la proposición u_0	74

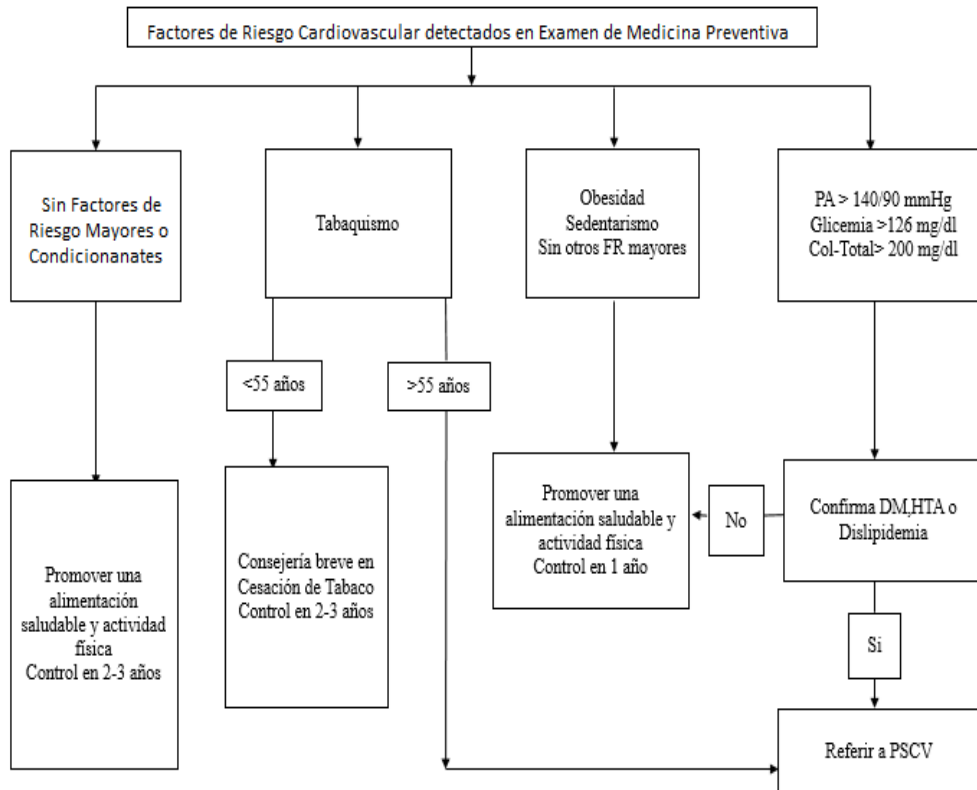
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Han transcurrido más de 20 años, desde que el Ministerio de Salud implementó los subprogramas de control y seguimiento de pacientes con patologías crónicas. Dentro de estas patologías, se encuentra la hipertensión arterial, que es considerada como uno de los 16 problemas de salud prioritarios desde el año 1997. La hipertensión arterial, es la primera causa de consulta en el nivel primario de atención pública y privada, equivalente a un 9,4% de las consultas recibidas. Su importancia radica en la magnitud del problema, la cual es primera causa de muerte en Chile constituyendo un 28 % de estas, debido a que es un factor principal en el desarrollo de accidentes cardiovasculares. El objetivo principal del Ministerio de Salud en relación a este tema, es minimizar el desarrollo de los factores de riesgo cardiovasculares en nuevas generaciones. Esto pone en evidencia, que sufrir un accidente cardiovascular implica una gran carga económica para la persona que la sufre, su familia y también para los servicios clínicos.

La evidencia científica de la medicina ha probado que un gran porcentaje de los accidentes cardiovasculares son evitables, a través de la prevención y control de los factores de riesgo cardiovascular. Varios de estos se pueden normalizar a través del mejoramiento continuo de los procesos médicos, pero dependiendo de la gravedad de la persona, como primera opción siempre se trata de optar por un tratamiento no farmacológico, tratando de generar mayor conciencia en la población (principalmente en los hábitos de vida), debido a que los factores de riesgo cardiovascular aparecen cada vez a edades más tempranas, de forma combinada y relacionados entre sí.

Debido a lo anterior, el Ministerio de Salud ha reforzado la campaña para la prevención de enfermedades cardiovasculares, realizando controles continuos en la población y realizando seguimientos en todas aquellas personas que presenten algún factor de riesgo relacionado con la enfermedad. La evaluación común realizada es a través de un Examen de Salud Preventivo del Adulto (ESPA), el cual sólo relaciona los siguientes factores de riesgo cardiovascular: tabaquismo, obesidad, sedentarismo, además de la presión arterial, colesterol total y glicemias. Dependiendo de los factores cardiovasculares que presenta la persona evaluada, se decide si debe o no ingresar al Programa de Salud Cardiovascular. En la figura 1 se puede apreciar de forma más clara el procedimiento que siguen los servicios de salud.

Figura 1: Detección de factores de riesgo cardiovascular en el Examen de Medicina Preventiva.



Fuente: Ministerio de Salud (2010).

1.1.Objetivo general

Determinar si se podría identificar qué factores de riesgo cardiovasculares o que combinación de los mismos, otorga mayor información en relación a la probabilidad de ocurrencia de un accidente cardiovascular, mediante la aplicación de fusión de información.

1.2.Objetivos específicos

Para poder alcanzar el objetivo general antes expuesto, se han trazado los siguientes objetivos específicos:

- Identificar factores de riesgo relevantes y sus respectivos niveles apropiados en personas con probabilidad de sufrir un evento cardiovascular.
- Determinar metodología para fusionar la información entregada por los factores relevantes, determinados en el objetivo específico anterior, que permitan medir el impacto cardiovascular.
- Ejemplificar la potencial metodología de fusión de información a los factores de riesgo y sus rangos para determinar el impacto en la probabilidad de ocurrencia de un evento cardiovascular.

1.3. Justificación de la propuesta.

Las enfermedades del tipo vascular son primera causa de muerte en el mundo, fundamentalmente en los países industrializados (Ministerio de Salud, 2010). Dentro de esta clasificación se puede identificar la hipertensión arterial, como uno de los principales factores de padecer un evento cardiovascular. A pesar de las modernas terapias que en las últimas décadas han permitido reducir las cifras de mortalidad, no se ha encontrado una solución definitiva para prevenirla, solo se logra reducirla y mantenerla en un nivel normal, lo cual no siempre es completamente efectivo (Escobar et al. 2010).

Los principales factores modificables que afectan la salud de la población y que están relacionados con la hipertensión y con las enfermedades cardiovasculares, incluyen una inadecuada alimentación, sedentarismo y obesidad. En consecuencia se produce un aumento de los niveles de colesterol HDL y de triglicéridos, además de hábitos inadecuados que se adquieren, como por ejemplo: tabaquismo, alcoholismo y drogadicción. Sin embargo, otro factor clave son los antecedentes genéticos.

Se debe comprender por hipertensión arterial, según el Ministerio de Salud “la elevación de la presión arterial sobre límites normales, que por convención se han definido como Presión Arterial Sistólica (PAS), a la presión que supera los 140 mmHg y Presión Arterial Diastólica (PAD) mayor a 90 mmHg. El primer número de una lectura típica de presión se denomina presión sistólica y representa el máximo incremento de presión cuando los ventrículos del corazón se contraen (evento denominado como sístole). Cuando los ventrículos se relajan, la presión en las arterias disminuye mientras la sangre fluye a través del sistema capilar. El valor mínimo que alcanza la presión antes de la próxima contracción ventricular representa el segundo valor numérico de la medición de Presión Sanguínea Arterial denominado presión diastólica y está relacionado con el evento de diástole” (Ministerio de Salud, 2010).

La hipertensión es responsable de la morbimortalidad cardiovascular. Es el principal factor de enfermedades cardiovasculares definidas como trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos. De acuerdo a la encuesta de calidad de vida y salud 2006, se declara que “La Hipertensión arterial es la principal enfermedad crónica en la población” (Ministerio de Salud, 2006) debido a esto, se tiene como objetivo aplicar la técnica de fusión de información, la cual podrá entregar información en relación a la ocurrencia de sufrir un evento cardiovascular, a través de los factores de riesgo que influyen en su desarrollo ya sean modificables o no modificables de acuerdo a las características personales y genéticas de cada persona, evitando así que las personas sufran un evento cardiovascular. De esta forma, si las personas presentan alguno de los factores de riesgo modificables alterados, éstas podrían regularizar sus niveles mediante cambios inmediatos en ellos. Provocando a su vez un cambio positivo en la salud, minimizando el sedentarismo, los hábitos inadecuados y mejorando notoriamente su salud y su estilo de vida.

A pesar que no se pueden cambiar los antecedentes genéticos estos se pueden controlar mediante tratamientos médicos, el cual deberá ser evaluado en forma periódica. Además es necesario considerar que el riesgo cardiovascular va aumentando a medida que las personas aumentan los años de vida. Esto se puede observar claramente en las tablas entregadas por el Ministerio de Salud, donde se entregó mayor puntaje al grupo etario más vulnerable a sufrir accidentes cardiovasculares. Esto se puede apreciar detalladamente en la Tabla 1.

Tabla 1: Riesgo cardiovascular en mujeres y hombres.

Mujeres		Hombres	
Grupos de Edad	Puntos	Grupos de Edad	Puntos
20-34	-7	20-34	-9
35-39	-3	35-39	-4
40-44	0	40-44	0
45-49	3	45-49	3
50-54	6	50-54	6
55-59	8	55-59	8
60-64	10	60-64	10

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Se pretende que el desarrollo de este proyecto permita apoyar las políticas de monitoreo de personas, demostrando que se puede aplicar fusión de información a los factores de riesgo cardiovasculares, para determinar la certeza de la información al utilizar un factor o la combinación de dos factores, que puede entregar en relación a la probabilidad de ocurrencia asociada a un accidente cardiovascular, lo cual podría ser de gran ayuda para la sociedad y los sistemas de salud. Finalmente, se espera que en un futuro se logre disminuir la ocurrencia de eventos cardiovasculares en personas que presenten los factores modificables y, sobretodo, se encuentren entre las edades de mayor riesgo a sufrir un evento cardiovascular. De esta forma los recursos se pueden centrar en aquellas personas que tengan una probabilidad mayor a sufrir un evento cardiovascular.

1.4.Delimitación del problema.

El alcance de la investigación se limitó al análisis de datos de la población Chilena mayor de 15 años, que presente algunos de los factores de riesgo modificables identificados en el Examen de Medicina Preventiva. El presente proyecto está enfocado a establecer la relación que existe entre los factores de riesgo y la ocurrencia de eventos cardiovasculares. La investigación consideró principalmente el estudio de factores de riesgo modificables inherentes a la enfermedad.

El desarrollo de este proyecto no debe ser superior a un semestre académico, pero se ajustó a modificaciones relacionada con la disponibilidad de los datos, los cuales serán obtenidos mediante simulación.

1.5.Metodología aplicada.

En el presente trabajo se realizó un estudio de los factores de riesgo relevantes en la determinación de un accidente cardiovascular, y se evaluó su grado de impacto a través de la utilización de fusión de información.

El primer punto a abordar fue una definición clara del problema, ya que esto permitió estudiar una solución a la problemática establecida. En esta etapa, la definición de objetivos general y específicos cumplen un rol fundamental, definir la limitación del problema, motivación a la realización de la investigación de técnicas y herramientas a utilizar mediante el transcurso del trabajo.

La metodología comienza con el estudio de conceptos y herramientas que conforman la metodología de fusión de información, además del análisis de la información existente relacionada con los eventos cardiovasculares.

Para identificar los factores de riesgo relacionados con la enfermedad, se consideró la recuperación de información existente, mediante revisión de la literatura a través del método teórico de análisis - síntesis, principalmente enfocado en la Guía de Hipertensión Arterial,

publicada por el Ministerio de Salud durante el año 2010. Lo antes mencionado, permitió conocer cada uno de los principales factores de riesgo modificables y no modificables relacionados de forma directa con la enfermedad; de igual manera, se identificaron los principales rangos de valores aceptados para cada uno de estos factores, los cuales son respaldados por el Colegio Médico de Chile.

Junto con ello, se utilizó fusión de información, aplicando el método Dempster Shafer. Este método es conocido como una extensión a la teoría de la probabilidad para describir incertidumbre en la evidencia. Se centra en la credibilidad que se asigna a que un evento pueda ocurrir (o haya ocurrido), desde el punto de vista y de acuerdo a la experiencia o información que maneja la persona que toma las decisiones. Para la aplicación de este método fue necesario crear una base de datos de cien pacientes basada en información entregada por el Ministerio de Salud, para cada paciente se identificaron cuatro factores de riesgo modificables y para cada uno de ellos se identificaron un verdadero positivo, falso negativo, falso positivo y verdadero negativo. Luego se obtuvieron las probabilidades de asignación básica para cada factor. Una vez calculadas estas probabilidades se pudo generar una planilla en Excel, para ejemplificar la fusión de la información relativa al comportamiento de los factores de riesgo y la probabilidad de ocurrencia de un evento cardiovascular.

En la última etapa de la investigación se aplicó directamente el método Dempster Shafer a los factores de riesgo modificables seleccionados, y se comenzaron a combinar de acuerdo a la información obtenida con las probabilidades obtenidas en el punto anterior, así se obtuvo la relación entre los factores de riesgo modificables presentes permitiendo analizar el impacto que tienen en el eventual desarrollo de un accidente cardiovascular.

1.6.Estructura del documento.

La estructura del presente documento es la siguiente: En el capítulo dos del presente proyecto se desarrolló el análisis bibliográfico, en el cual se reflejó la situación actual de nuestro país en relación a los principales factores de riesgo cardiovascular, principalmente uno de los más importantes que es la hipertensión arterial, sus métodos de diagnóstico y las diferentes etapas en las cuales se agrupan las personas dependiendo del avance de su condición hipertensa. También se da a conocer formas de diagnosticar la hipertensión a nivel mundial, donde se dio mayor énfasis a dos nuevos métodos: uno utilizado en Chile y otro en Cuba. Se definen detalladamente cada uno de los factores de riesgo modificables, sus rangos y la forma en que son medidos actualmente en los servicios de salud. Se deja demostrada la importancia de las enfermedades cardiovasculares y la preocupación del Ministerio de Salud para reducir las cifras alarmantes que fueron reveladas en la última encuesta realizada el año 2010.

En el capítulo 3 se definió la metodología que será aplicada a los factores de riesgo modificables uno de ellos es el Teorema de Bayes, sus principales propiedades, además de una breve definición de probabilidad a priori. De igual forma se definió la metodología Dempster Shafer, complementada con la regla de combinación a utilizar en el transcurso del capítulo cuatro.

En el capítulo cuatro del proyecto se definió la hipótesis de trabajo a evaluar, se aplicaron las propiedades antes ya definidas del Teorema de Bayes a los principales factores de riesgo modificables para obtener las probabilidades a posteriori, y luego se utilizó la metodología Dempster Shafer para realizar la fusión de información, mediante la regla de combinación de Dempster. De esta forma se logró aplicar y ejemplificar el método de Dempster Shafer a los factores de riesgo cardiovascular, obteniendo varias conclusiones que fueron de gran aporte para la investigación.

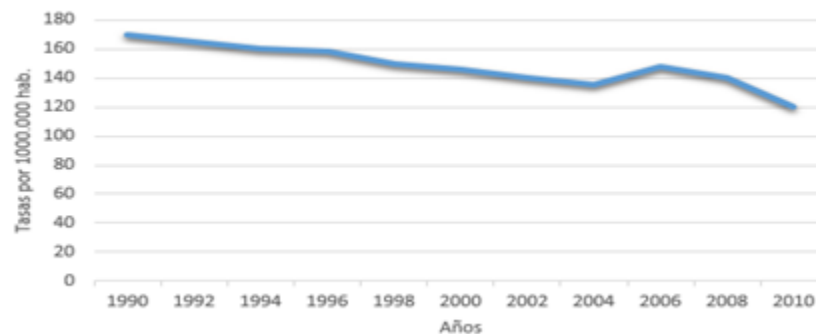
Finalmente en el capítulo cinco, se discutieron los resultados obtenidos al aplicar la metodología Dempster Shafer y además se plantearon algunas recomendaciones para nuevas investigaciones que se puedan realizar referentes al mismo tema.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y SITUACIÓN ACTUAL.

2.1. Situación actual del país.

Las enfermedades cardiovasculares representan la primera causa de muerte en Chile desde el año 1969. Una de cada tres defunciones es de causa cardiovascular con una tasa de 149 por 100.000 habitantes. Durante el año 2006 fallecieron 24.087 personas por esta causa, que corresponde al 28,1% de las muertes registradas durante ese año.

Figura 2: Mortalidad por enfermedades cardiovasculares.



Fuente: Departamento de Estadística e Informaciones de Salud (2010).

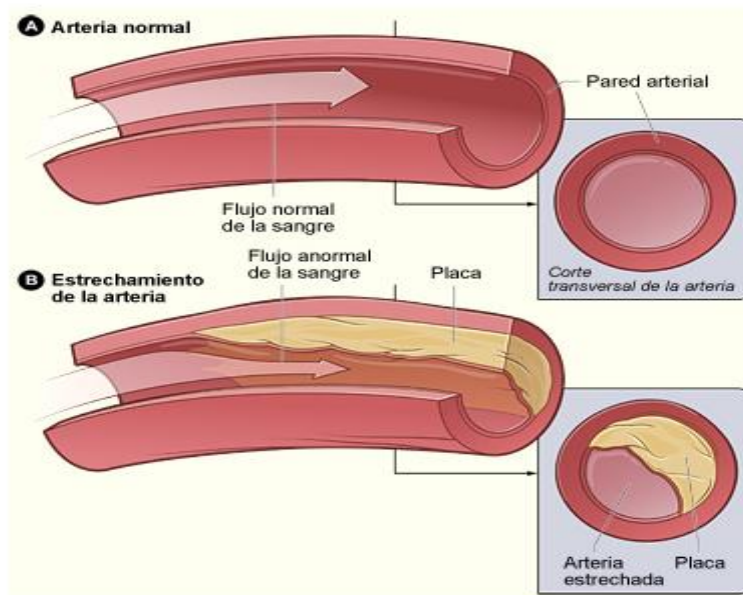
En la Figura 2 se muestra que existe una tendencia a la baja durante el transcurso de los años en las muertes ocasionadas por las enfermedades cardiovasculares. Para tratar de disminuir estas cifras el Ministerio de Salud creó el Programa de Salud Cardiovascular, el cual consiste en realizar controles constantes principalmente a personas que padecen de hipertensión o diabetes mellitus tipo II, ya que estas enfermedades son un factor determinante en el desarrollo de un accidente cardiovascular.

2.1.1 Eventos cardiovasculares.

Los eventos cardiovasculares son aquellos que afectan al corazón y los vasos sanguíneos, suelen provocar la muerte o una discapacidad permanente en las personas, ya sea por un problema a nivel cerebral o infarto al miocardio. Estos eventos se producen cuando un vaso sanguíneo se rompe o es obstruido por un coagulo, placa ateromatosa o émbolo. Los accidentes cerebrovasculares, entre otras causas, subyacen de una causa llamada aterosclerosis, la cual es una condición anómala en que la placa se deposita dentro de las arterias.

Las arterias son vasos sanguíneos que llevan sangre rica en oxígeno al corazón y a otras partes del cuerpo. La placa está compuesta por grasa, colesterol, calcio y otras sustancias que se encuentran en la sangre. Con el tiempo, la placa se endurece y estrecha las arterias, con lo cual se limita el flujo de sangre rica en oxígeno a los órganos y a otras partes del cuerpo (Ministerio de Salud, 2010). En la Figura 3 se puede observar con mayor claridad a lo que se refiere la aterosclerosis.

Figura 3: Aterosclerosis.



Fuente: Ministerio de Salud. (2010).

Entre las de enfermedades cardíacas que se desarrollan a través de esta patología encontramos las siguientes.

- Enfermedad coronaria:

También conocida como enfermedad de las arterias coronarias. Se presenta cuando la placa se deposita en las arterias coronarias. La placa estrecha las arterias, con lo cual el flujo sanguíneo del músculo del corazón disminuye. Además, aumenta la probabilidad que se formen coágulos de sangre en las arterias. Los coágulos de sangre pueden bloquear la circulación de la sangre. Si el flujo de sangre que llega al músculo cardíaco está reducido o bloqueado, se puede producir angina (dolor o molestias en el pecho) o un ataque cardíaco (Ministerio de Salud, 2010).

- Enfermedad de las arterias carótidas:

Se presenta si la placa se deposita en las arterias ubicadas a ambos lados del cuello (arterias carótidas). Estas arterias llevan sangre rica en oxígeno al cerebro. Si el flujo de sangre que va al cerebro está reducido o bloqueado se puede presentar un accidente cerebrovascular (Ministerio de Salud, 2010).

- Enfermedad arterial periférica:

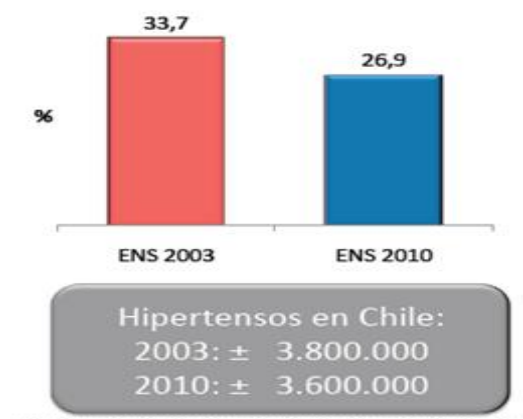
Se presenta si la placa se deposita en las principales arterias que suministran sangre rica en oxígeno a las piernas, los brazos y la pelvis. Si el flujo de sangre a estas partes del cuerpo está reducido o bloqueado, la persona puede tener adormecida esa parte del cuerpo, sentir dolor y, a veces, tener infecciones peligrosas (Ministerio de Salud, 2010).

2.2. Caracterización de la hipertensión.

La prevalencia de la hipertensión en Chile es alta. A través de la Encuesta Nacional de Salud (ENS), efectuada en el año 2003 por el Ministerio de Salud (MINSAL), 34% de la población adulta chilena presenta hipertensión arterial. Esto significa que en Chile hay entre 1,5 millones y 2,1 millones de hipertensos; por lo que es indispensable tomar medidas para disminuir estas cifras.

La hipertensión aumenta con el transcurso del tiempo. La cifra alcanza a 53,7% en el grupo etario entre 45 y 64 años y, a medida que la población mejora la expectativa de vida, aumenta el grupo de mayores de 65 años, cuya proporción de hipertensión llega a casi 80%, (Ministerio de Salud, 2003). Actualmente, se estima que un 26.9 % de la población mayor de 15 años en Chile padece esta enfermedad (Ministerio de Salud, 2010). Esto se puede apreciar claramente en la Figura 4.

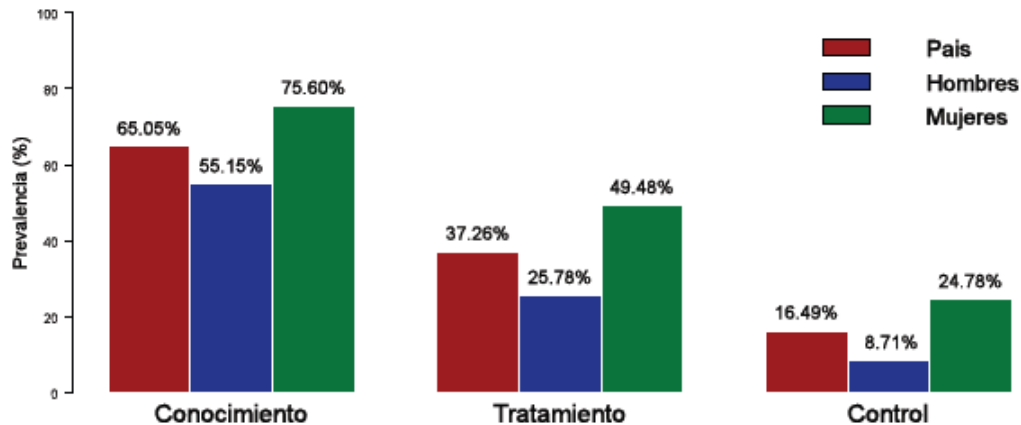
Figura 4: Hipertensión arterial en la población chilena.



Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Se observa una baja en la población hipertensa de 200.000 personas entre el año 2003 al 2010. Es importante notar que del total de personas con presión arterial elevada, solo el 60 % conoce su condición de salud, como lo indica la Figura 5.

Figura 5: Conocimiento, tratamiento y control de la hipertensión.



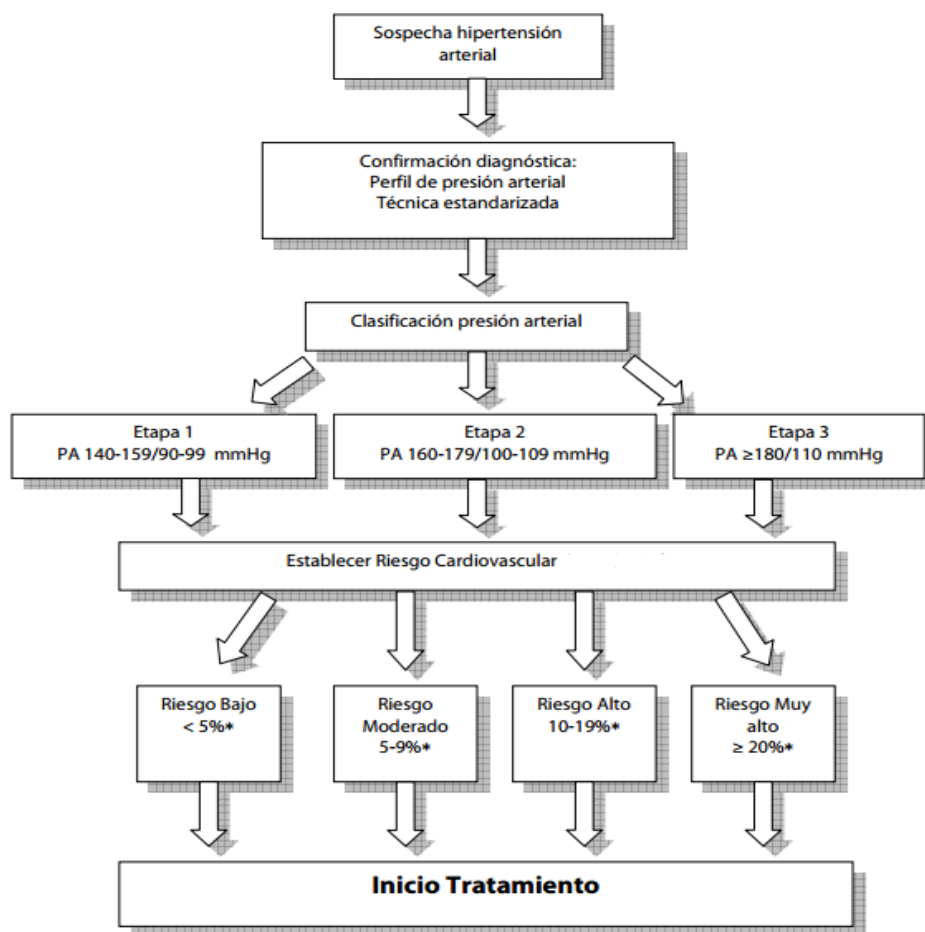
Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Del total de personas hipertensas con conocimiento de su condición, se somete a tratamiento el 37.3 %, pero a su vez de las personas en tratamiento solo un 16.5 % logra controlar y normalizar su salud. Esto se puede relacionar con el tipo de tratamiento farmacológico que siguen, además no se debe olvidar realizar un cambio en relación a los factores modificables para que se logre evitar la ocurrencia futura de un evento cardiovascular.

2.2.1. Diagnóstico de hipertensión en Chile y en el mundo.

Actualmente, la hipertensión arterial en Chile y el mundo es controlada con tratamientos médicos. Esta es detectada a través de diagnósticos médicos en donde la correcta medición es clave, además el tratamiento debe ser designado según el tipo de riesgo cardiovascular que presente cada paciente.

Figura 6: Sospecha y confirmación diagnóstica hipertensión arterial.



Fuente: Ministerio de Salud (2010).

*Probabilidad de un individuo a tener un evento cardiovascular en los próximos 10 años.

En la Figura 6 se puede apreciar la confirmación y diagnóstico de la hipertensión arterial, además se muestra la relación que existe entre esta y el riesgo cardiovascular, el cual puede ser bajo, moderado, alto o muy alto, según la etapa de hipertensión en la que se encuentre la persona evaluada.

Los niveles elevados de presión arterial pueden producir cambios estructurales en el sistema arterial afectando órganos nobles, tales como: cerebro, corazón, riñón, determinando las principales complicaciones de esta enfermedad, que en orden de frecuencia son: enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca, insuficiencia renal y enfermedades cerebrovasculares.

Para evitar hechos como los antes nombrados, se han tomado precauciones y se realizan controles continuos de presión arterial a aquellas personas que padecen la enfermedad. Existen dos métodos de control que actualmente se utilizan en los servicios de salud, el Perfil de Presión Arterial y el Monitoreo Ambulatorio de Presión Arterial, los que serán descritos en el transcurso del capítulo. Estos métodos son estándares, utilizados a nivel nacional y mundial (Ministerio de Salud, 2010). El instrumento estándar recomendado por la Organización Mundial de la Salud, para la medición de la presión arterial es el esfigmomanómetro de mercurio y fonendoscopio.

2.2.1.1. Perfil de presión arterial.

El Perfil de Presión Arterial consiste en realizar dos mediciones adicionales de presión arterial en cada brazo con un margen de 30 segundos, en días distintos pero no mayor a 15 días. Inicialmente se toman mediciones en ambos brazos y para las mediciones posteriores, se elige aquel brazo con presión arterial más alta. Si los valores difieren por más de 5 mmHg se debe continuar la medición hasta estabilizarlos. Según este método se considera a un paciente hipertenso cuyo promedio de mediciones sea mayor o igual a 140/90 mmHg (Ministerio de Salud, 2010).

2.2.1.2. Monitoreo ambulatorio de presión arterial (MAPA).

El MAPA es una técnica de evaluación no invasiva que permite la medición de la presión en un tiempo prolongado que generalmente consiste en 24 horas. Este método posee ventajas en relación a la medición de la presión, ya que los estudios revelan que posee mayor correlación con daños producidos a órganos blandos, gran relación con eventos cardiovasculares y mayor exactitud en el control de ésta (Ministerio de Salud, 2010).

La Sociedad Europea de Hipertensión Arterial, define varias categorías según la presión arterial. Estas se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2: Clasificación de la Sociedad Europea de Presión Arterial.

Categoría	Presión Arterial Sistólica (mmHg)	Presión Arterial Diastólica (mmHg)
Optima	< 120	<80
Normal	120 – 129	80 – 84
Normal Alta	130 – 139	85 – 89
HTA Etapa 1	140 – 159	90 – 99
HTA Etapa 2	160 – 179	100 – 109
HTA Etapa 3	≥ 180	≥ 110

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Las categorías normal y principalmente normal alta, tienen mayor riesgo de presentar hipertensión. Sin embargo, para efectos de esta investigación se considera la población dentro de las etapas “Hipertensión Arterial” en cualquiera de sus etapas (1, 2 ó 3).

2.3. Factores de riesgo cardiovascular y sus rangos apropiados.

Actualmente, los tratamientos no invasivos de las personas hipertensas, están dirigidos principalmente a solo un factor de riesgo; la presión arterial. Sin embargo, el Sistema Nacional de Servicios de Salud (SNSS) tiene como objetivo principal del tratamiento, reducir el riesgo que las personas hipertensas se vean enfrentadas a sufrir un accidente cardiovascular, lo que se logra considerando el riesgo total de la persona y realizando un tratamiento y seguimiento a los factores coexistentes relacionados con dicha enfermedad.

2.3.1. Factores de riesgo cardiovascular:

El Ministerio de Salud, en la guía de implementación del enfoque de riesgo en el programa de salud cardiovascular publicada el año 2010, define los factores de riesgo como “una característica o conducta de las personas que aumentan la probabilidad de sufrir una enfermedad cardiovascular”. Estos se clasifican en factores de riesgo modificables que son aquellos, en los cuales se pueden realizar cambios y pueden sufrir alteraciones sin crear mayores problemas de salud en las personas, es decir, al realizar cambios positivos en ella se mejora la salud de las personas. También encontramos aquellos factores no modificables en los cuales no se puede realizar cambio alguno, debido a su condición genética, solo en este caso queda como opción que las personas que presentan antecedentes genéticos, tengan mayor conciencia de la alta probabilidad que tienen para desarrollar la enfermedad se puedan realizar controles continuos de salud. En la Tabla 2 se aprecia la clasificación de los factores modificables y no modificables.

Tabla 2: Factores de riesgo modificable y no modificable.

Factores Modificables	Factores No Modificables
Tabaquismo	Edad
Hipertensión Arterial	Sexo
Diabetes	Genética Familiar
Obesidad Abdominal	
Sedentarismo	
Colesterol HDL <40mg/dl	
Triglicéridos >150mg/dl	

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Para llevar a cabo este proyecto, solo se consideraran los factores modificables, tal como se mencionó en la delimitación del proyecto. Dentro de esta clasificación encontramos los factores de riesgo mayor, tales como: diabetes, tabaquismo e hipertensión arterial. Se dice que son de riesgo mayor ya que, por poseer uno de estos tres factores la persona pasa directamente a tener un porcentaje de riesgo cardiovascular. También tenemos los factores de riesgo condicionantes, estos tienen menor impacto en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares ya que, se pueden poseer pero no necesariamente se tiene riesgo cardiovascular, estos si pueden ser graves al combinarse con alguno de los otros factores y dependiendo del nivel de riesgo que se obtenga de cada uno pueden ser preocupantes, dentro de estos encontramos la obesidad abdominal, sedentarismo, colesterol total y HDL. Según la importancia como factor causal en el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares estos pueden aumentar la probabilidad de riesgo cardiovascular. En la Tabla 3 se observa con mayor claridad dicha clasificación.

Tabla 3: Factores de riesgo modificables.

Factores De Riesgo Mayor	Factores De Riesgo Condicionantes
Diabetes	Obesidad abdominal
Tabaquismo	Sedentarismo
Hipertensión Arterial	Colesterol HDL (<40 mg/dl)
	Triglicéridos (>150mg/dl)

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

Para mayor claridad se definen cada uno de los factores en la sección de ANEXOS.

2.4. Rangos de los factores de riesgo cardiovasculares.

En relación a los factores de riesgo que presenten las personas, se pueden clasificar en distintas categorías para identificar la probabilidad de riesgo de sufrir un accidente cardiovascular. En la Tabla 4 se pueden apreciar los factores de riesgo modificables que más influyen en el desarrollo de accidentes cardiovasculares y las categorías de riesgo a las que pertenecen según los rangos que estos presenten. Los servicios de salud trabajan a diario para estabilizar los rangos de los factores de riesgo¹ nombrados anteriormente y mantener a las personas fuera de las categorías de riesgo presentadas anteriormente, es por esto que se han establecido límites ideales a los que se desean llegar con las personas que presentan los factores de riesgo y se encuentran entre las categorías de riesgo ligero a riesgo máximo. Estos están definidos en la Tabla 5.

Tabla 4: Categorías de riesgo para cada factor de riesgo cardiovascular.

Niveles Hipertensión Arterial	Bajo	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Rango (mmHg)	120/80	120-129/80-84	130-139/85-89	140-159/90-99	≥160/100
% de Riesgo Cardiovascular	<5	5-9	10-19	20-39	>39
Niveles Colesterol HDL	Bajo	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Rango (mg/dL)	<72	62-67	52-61	51-41	≥41
% de Riesgo Cardiovascular	<5	5-9	10-19	20-39	>39
Niveles Colesterol Total	Bajo	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Rango (mg/dL)	<160	160-199	200-239	240 - 279	≥ 280
% de Riesgo Cardiovascular	<5	5-9	10-19	20-39	>39
Niveles Tabaquismo	Bajo	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Rango (Puntaje Test de Fagerstrom)	0-2	3-4	5	6-7	8-10
% de Riesgo Cardiovascular	<5	5-9	10-19	20-39	>39
Niveles Diabetes Mellitus Tipo II	Bajo	Ligero	Moderado	Alto	Muy Alto
Rango (Glicemia) (mg/dL)	-	-	-	200	>200
% de Riesgo Cardiovascular	-	-	-	20-39	>39

Fuente: Ministerio de Salud (2010)

Tabla 5: Metas según categoría de riesgo cardiovascular.

Riesgo Ligero	Riesgo Moderado	Riesgo Alto	Riesgo Máximo
Suspender tabaco	Suspender tabaco	Suspender tabaco	Suspender tabaco
PA<140/90 mmHg	PA<140/90 mmHg	PA<140/90 mmHg	PA<130/80 mmHg
Col-HDL <160mg/dL	Col-HDL <130mg/dL	Col-HDL <100mg/dL	Col-HDL <70-100mg/dL
Glicemia en ayuna <110 mg/dL	Glicemia en ayuna <110 mg/dL	Glicemia en ayuna <110 mg/dL	Glicemia en ayuna <110 mg/dL

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

2.5. Tablas para la estimación del riesgo cardiovascular en Chile.

Para evaluar el riesgo cardiovascular de las personas que han sido ingresadas al programa de salud cardiovascular se ha utilizado hasta ahora, un método cualitativo basado en el número, tipo e intensidad de los factores de riesgo que presenta la persona evaluada. También se utiliza un método cuantitativo, a través de las tablas de puntuación basadas en el estudio de Framingham, ANEXO C. En relación a la última Encuesta Nacional de Salud (ENS) 2003 (escobar et al. 2010) se calculó el riesgo cardiovascular por ambos métodos, estableciendo las categorías de riesgo y sus respectivos rangos de probabilidad de sufrir un accidente cardiovascular. El estudio de Framingham sobreestima el riesgo en poblaciones de baja incidencia, como la de Chile. Debido a esto surgió la necesidad de adaptar las tablas a la población chilena. ANEXO D (Ministerio de Salud, 2010).

Tabla 6: Comparación tabla framingham y tablas chilenas.

Categorías de Riesgo	Framingham	Tablas Chilenas
Bajo	<5%	<5%
Ligero	5-9%	-
Moderado	10-19%	5-9%
Alto	20-39%	10-19%
Muy alto	>39%	≥20%

Fuente: Ministerio de Salud (2010).

En la Tabla 6 se pueden apreciar los porcentajes de las estimaciones de riesgo, según a la categoría que pertenecen. La Tabla Framingham distribuye de mejor manera el riesgo ya que satisface todas las categorías, en cambio en las Tablas Chilenas la amplitud de los porcentajes de riesgo es menor y claramente no considera la categoría de riesgo ligero, es decir han simplificado las categorías de riesgo. Es necesario destacar que ambas tablas solo estiman el riesgo coronario en lugar de riesgo cardiovascular global (Escobar et al. 2010)

2.5.1. Aplicación de las tablas chilenas.

Las tablas estiman principalmente el riesgo de padecer un evento coronario, mortal o no, solo en personas sin antecedentes. Es por esto que no deben ser utilizadas en personas que ya han sufrido eventos coronarios o cardiovasculares. El tiempo de riesgo estimado es a 10 años según la presencia o ausencia de los factores de riesgo mayores: sexo, edad (35y 74 años), nivel de presión arterial, colesterol total, diabetes, colesterol HDL y consumo de tabaco. Según los niveles de cada uno de los factores de riesgo, se entrega una estimación de riesgo cardiovascular a través de un resultado numérico en una casilla con un determinado color (Escobar et al. 2010).

Las tablas Framingham y chilenas no permiten clasificar el riesgo cardiovascular en personas menores de 35 años y mayores a los 74 años. Tampoco considera otros factores de riesgo tales como; antecedentes familiares, obesidad central, concentraciones elevadas de triglicéridos entre otros.

- ❖ Si la persona evaluada posee antecedentes clínicos que indican alta probabilidad de riesgo cardiovascular y posee un historial con alguna enfermedad cardiovascular o presenta diabetes o niveles muy elevados de presión arterial o colesterol, no corresponde aplicar las tablas, debido a que por poseer alguna de las características antes nombradas, la persona pasa inmediatamente a tener un riesgo cardiovascular muy alto.
- ❖ Si la persona evaluada no presenta antecedentes de patologías cardiovasculares y presenta alguno de los factores de Riesgo mayores, debe ser evaluado mediante la utilización de las tablas.
- ❖ Si la persona es menor a 35 años y mayo a 74 años, se debe evaluar en relaciona al grupo de edad más próximo.
- ❖ Si la persona presenta factores de riesgo no considerados en las tablas, se deben sumar 5 puntos extra al puntaje total obtenido.

Cada categoría de riesgo relaciona a que la persona pueda sufrir un evento cardiovascular en los próximos 10 años.

2.5.2. Cálculo del riesgo medio poblacional en hombres y mujeres.

El cálculo del riesgo coronario basado en el estudio de Framingham es el método más utilizado actualmente, el cual contempla todos los acontecimientos coronarios, mortales o no. La ecuación de Framingham estima el riesgo de un acontecimiento coronario a 10 años comparando el riesgo del individuo evaluado con el del promedio de la población estudiada (Chile, España etc.). También considera la tasa promedio de la población estudiada y lo calcula a partir del promedio de edad y la prevalencia de los factores de riesgo. Cada país ha propuesto sus propios métodos de calibración relacionado con las condiciones de vida de su población. En Chile la forma de calibración es la siguiente:

Primero es necesario conocer la tasa de incidencia de acontecimientos mayores, la cual está dada por la siguiente razón 1:

$$\frac{\frac{H_0(t)}{Fram\ Todos}}{\frac{H_0(t)}{Fram\ Mayor}} \dots (1)$$

Dónde: t representa el tiempo de seguimiento, que en este caso son 10 años.

$H_0(t) / Fram\ Todos$: Es la tasa de acontecimientos coronarios incluyendo la angina y los infartos al miocardio de Framingham.

$H_0(t) / Fram\ Mayor$: Es la tasa de infartos al miocardio mortal o no mortal.

El valor de este cociente se utiliza en todas las calibraciones realizadas por los distintos países, y es de 1,40 para varones y 1,91 para las mujeres.

Luego es necesario determinar la estimación de incidencia de eventos en Chile para las personas en edad de 35 a 74 años, el cual se muestra en detalles en las Tablas 7 y 8.

Tabla 7: Datos para la estimación de incidencia de eventos coronarios a 10 años para población femenina entre 35 y 74 años.

Año	Mortalidad	Egresos	Enfermedad cardiovascular	Mal Definidas %	Población	Incidencia Estimada
2001	931	1040	169	4,1	3029024	0,00074
2002	909	1023	142	3,5	3106660	0,00069
2003	973	1192	142	3,3	3184294	0,00075
2004	851	1145	163	3,1	3261928	0,00069
2005	833	1203	126	3	3339562	0,00067

Fuente: Icaza et al. (2009).

Según Icaza et al. (2009) para el cálculo de la incidencia estimada mortal y no mortal, se utilizaron las Estadísticas de Mortalidad y Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud entre los años 2001 y 2005. La tasa de incidencia estimada de eventos mayores se muestra en la Tabla 8, según proyecciones de población del censo 2002. El cálculo de la incidencia estimada la realizaron con el programa SAS versión 9-1-3 (Icaza et al. 2009).

Incidencia de eventos mayores a 10 años se obtiene con la siguiente formula 2 y 4:

$$(\text{Suma incidencia estimada población femenina} * 2) * 100... (2)$$

$$(0,00074 + 0,00069 + 0,00075 + 0,00069 + 0,00067) * 2 * 100 = 0,71 \%$$

Incidencia de eventos coronarios:

Se multiplica el valor obtenido en la ecuación 2, con el de 1,91 que es la tasa de acontecimientos coronarios para mujeres:

$$0,71 * 1,91 = 0,99... (3)$$

Tabla 8: Datos para la estimación de incidencia de eventos coronarios a 10 Años para población masculina entre 35 y 74 años.

Año	Mortalidad	Egresos	Enfermedad Cardiovascular	Mal Definidas %	Población	Incidencia Estimada
2001	2017	2929	111	3	2855296	0,00184
2002	2085	3347	108	2,6	2933560	0,00196
2003	2204	3386	85	2,5	3011822	0,00196
2004	2043	3532	111	2,6	3090084	0,00191
2005	2144	3760	1144	2,6	3168348	0,00198

Fuente: Icaza et al. (2009).

Incidencia de eventos mayores a 10 años:

$$(\text{Suma incidencia estimada población masculina} * 2) * 100 \dots (4)$$

$$(0,00184 + 0,00196 + 0,00196 + 0,00191 + 0,00198) * 2 * 100 = 1,93 \%$$

Incidencia de eventos coronarios:

Se multiplica el valor obtenido en la ecuación 4, con el de 1,40 que es la tasa de acontecimientos coronarios para hombres:

$$1,93 * 1,4 = 2,70 \dots (5)$$

Posteriormente se debe utilizar los coeficientes de la regresión del modelo de Cox (Wilson et al.1998), los que se aprecian en la Tabla 9.

Tabla 9: Coeficientes para la función de framingham para la incidencia de eventos coronarios en 10 años

Factores de Riesgo	Categorías	Coeficientes del modelo de Cox: Hombres	Coeficientes del modelos de Cox: Mujeres
Edad	(media en años)	0,0483	0,3377
Edad al Cuadrado			-0,0027
Colesterol Total (mg/dL)	<160	-0,6595	-0,2614
	160-199	0	0
	200-239	0,1769	0,2077
	240-279	0,5054	0,2439
	≥ 280	0,6571	0,5351
cHDL (mg/dL)	<35	0,4974	0,8431
	35-44	0,2431	0,378
	45-49	0	0,1979
	50-59	-0,0511	0
	>59	-0,4866	-0,4295
Presion Arterial (mmHg)	Pas(<120)/ PAD (<80)	0,0023	-0,5336
	Pas(120-129)/ PAD (80-84)	0	0
	Pas(130-139)/ PAD (85-89)	0,2832	-0,0677
	Pas(140-159)/ PAD (90-99)	0,5217	0,2629
	Pas(≥160)/ PAD (≥100)	0,6186	0,4657
Diabetes		0,4284	0,5963
Tabaco		0,5234	0,2925

Fuente: Wilson et al.(1998)

Con los valores de los coeficientes del modelo de Cox, se puede calcular:

$$L_{\text{ Hombre}} = \beta_{\text{ Edad}} * \text{Edad} + \beta_{\text{ col-Total}} + \beta_{\text{ cHDL}} * \beta_{\text{ Diabetes}} + \beta_{\text{ Tabaco}} \dots (6)$$

$$L_{\text{ Mujer}} = \beta_{\text{ Edad}} * \text{Edad} + \beta^2_{\text{ Edad}} * \text{Edad}^2 + \beta_{\text{ col-Total}} + \beta_{\text{ cHDL}} * \beta_{\text{ Diabetes}} + \beta_{\text{ Tabaco}} \dots (7)$$

Donde β corresponde al coeficiente de Cox, el cual depende del sexo de la persona y se obtiene de la Tabla 9.

Luego se debe calcular:

$$A = L - G \dots (8)$$

Donde L se obtuvo de las ecuaciones 6 ó 7 y G corresponde al riesgo medio poblacional, el cual es de 3,361 para hombres y 10,416 para mujeres, los cual se obtuvieron del estudio realizado por la Universidad de Talca en el año 2009. Es necesario calcular B en donde se utiliza el valor de A recién obtenido.

$$B = e^A \dots (9)$$

De esta forma se logra finalmente poder calcular la probabilidad P mediante la siguiente ecuación:

$$P = (1 - [1 - I]^B) \dots (10)$$

Donde B corresponde al valor obtenido en, I es la incidencia de eventos coronarios para la población femenina y masculina, calculada en las ecuaciones 3 y 5 (Revista Española de Cardiopatía, 2003).

2.6. Inferencia Bayesiana.

El análisis Bayesiano es la aplicación de la estadística bayesiana, basada en el concepto de probabilidad y en el Teorema de Bayes.

2.6.1. Probabilidades a priori y posteriori.

Se define como probabilidad a priori, a la probabilidad inicial de un experimento que pueda arrojar información sobre dicha probabilidad, para obtener luego la probabilidad revisada o a posteriori la cual se puede obtener mediante la aplicación del Teorema de Bayes. La distinción entre probabilidad a priori y probabilidad a posteriori es relativa. Una probabilidad a posteriori vuelve a ser a priori con relación al experimento siguiente. Tampoco se puede identificar la probabilidad a priori con la probabilidad subjetiva y la probabilidad a posteriori con la experimental u objetiva. Una probabilidad a priori puede ser especificada a partir de una información de naturaleza subjetiva, objetiva o de una mezcla de ambas (Hernández, 2012).

Para esta investigación se consideraron las probabilidades a priori como una información objetiva obtenida en revisiones de la literatura.

2.6.2. Teorema de Bayes.

El teorema de Bayes, en la teoría de la probabilidad, es una proposición planteada por el filósofo inglés Thomas Bayes en el año 1763 a los problemas de estimación de parámetros, inferencia y toma de decisiones. Todos ellos tienen en común la asignación de una probabilidad como medida de credibilidad de las hipótesis. En este contexto, la inferencia se entiende como un proceso de actualización de las medidas de credibilidad al conocerse nuevas evidencias. Mediante la aplicación del Teorema de Bayes se busca obtener las probabilidades de las hipótesis condicionadas a las evidencias que se conocen.

En el Teorema de Bayes se define como $\{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$ a un conjunto de sucesos mutuamente excluyentes, tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero (0).

Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B / A_i)$. Entonces, la probabilidad $P(A_i / B)$ viene dada por la expresión:

$$P(A_i/B) = \frac{P(B/A_i) P(A_i)}{P(B)} \dots \text{ (11)}$$

Donde:

$P(A_i)$ son las probabilidades a priori.

$P(B/A_i)$ es la probabilidad de B en la hipótesis A_i .

$P(A_i/B)$ son las probabilidades a posteriori.

2.6.3. Aplicación del Teorema de Bayes.

El Teorema de Bayes es muy utilizado en el área de la medicina, principalmente en las pruebas de diagnósticos que permite, conociendo la prevalencia de una enfermedad en la población a la que pertenece un individuo y los valores de sensibilidad y especificidad calcular la probabilidad que una persona que ha dado positivo en el test, verdaderamente tenga esa enfermedad. Definiendo sensibilidad como la capacidad del estimador para dar como casos positivos a casos realmente enfermos, es decir representa la proporción de enfermos correctamente identificados y especificidad como la capacidad del estimador de dar los casos negativos a los casos realmente sanos, es decir, a la proporción de personas sanas correctamente identificadas de la prueba.

$$\text{Sensibilidad} = VP / (VP + FN) \dots \text{ (12)}$$

Donde VP es verdadero positivo y FN falsos negativos.

$$\text{Especificidad} = \text{VN} / (\text{VN} + \text{FP}) \dots (13)$$

Donde VN es verdadero negativo y FP falsos Positivos.

La sensibilidad es la fracción de verdaderos positivos y la especificidad la fracción de verdaderos negativos.

Un ejemplo clásico es el examen del VIH, debido a que se sabe que el virus del VIH es una causa necesaria del SIDA, es decir, el estar enfermo de sida implica tener VIH, aunque no a la inversa. Es por esto que surge la duda de cuál es la probabilidad de que una persona tenga el virus del VIH y que pronto adquiriera SIDA. A continuación se definen las variables como:

- P a la probabilidad a priori de que el sujeto esté enfermo.
- Q=1-P a su complementaria.
- S a la sensibilidad.
- E a la especificidad de la prueba T.

Aplicando el teorema de Bayes se puede calcular la probabilidad que una persona esté verdaderamente enferma cuando dio positivo y la probabilidad de que no esté enfermo cuando dio negativo. Sin más que reescribir la fórmula anterior del teorema de Bayes tenemos:

P (Enf. / T+) = Probabilidad que la persona este verdaderamente enferma dado que el test resultado positivo.

P (NEnf. / T-)= Probabilidad que la persona no este enferma dado que el test resultado negativo.

$$P(\text{Enf.}/T+) = \frac{P*S}{(P*S+Q(1-E))} \dots (14)$$

$$P(\text{NEnf} / T -) = \frac{Q*E}{(Q*E+P(1-S))} \dots (15)$$

Se sabe que la prevalencia en la población del VIH es de 1/1000 y que el test de VIH que se efectúa tiene una sensibilidad del 98 % y una especificidad del 98 % ¿cuál es la probabilidad de que un sujeto que ha resultado positivo sea verdaderamente portador del VIH?.
 Substituyendo los valores en la fórmula 14:

$$P(Enf/T +) = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.98}{(1 \cdot 10^{-3} \cdot 0.98 + 0.999(1 - 0.98))} \quad P(Enf/T +) = 0.047$$

La probabilidad es de 0.047, es decir solo 4.7% de las personas que dan positivo en el test de VIH son realmente portadores, es decir cerca del 95% de los positivos obtenidos en el test son realmente falsos positivos. El haber obtenido una probabilidad tan baja se relaciona con el valor de la prevalencia que es muy bajo y si se refiere a la población general probablemente no será aplicable a una persona que acude a consulta a un hospital y al que se le realiza la prueba porque hay otros motivos de sospecha, porque pertenece a un grupo de riesgo, porque presenta síntomas específicos y entonces ya no es aplicable la prevalencia de la población general, sino la del subgrupo de población al que pertenece y en el que la prevalencia (probabilidad a priori) de padecer la enfermedad será radicalmente mayor. Sin embargo, el resultado sí es válido si se piensa en la población general (Molinero, 2002).

2.7. Técnicas de fusión de información.

2.7.1. Método Dempster Shafer.

El Método Dempster Shafer, es un marco general para el razonamiento con incertidumbre, con conexiones entendidas a otros marcos como probabilidad, posibilidad y teorías de probabilidad imprecisas. Presentado por primera vez por Arthur P. Dempster, en el contexto de la inferencia estadística, la teoría fue desarrollada más tarde por Glenn Shafer en un marco general para el modelado de una teoría matemática de la evidencia.

Esta teoría intenta sacar beneficio de la utilización de conjuntos de hipótesis en lugar de las hipótesis por separado. Procura facilitar la reasignación de probabilidad de creencia en las hipótesis cuando cambian las evidencias y pretende modelar la disminución del conjunto de hipótesis de trabajo a partir de la acumulación de evidencias.

La Teoría de la Evidencia supone que hay un conjunto exhaustivo de hipótesis mutuamente excluyentes $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$, al que se llama Marco de Discernimiento, sobre el que se pretende razonar considerando el impacto de las evidencias que puedan aparecer. Se forman nuevas hipótesis con las posibles disyunciones de las hipótesis originales.

McMullen (2004) en el libro *Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion* indica que existen funciones importantes en la Metodología Dempster Shafer. Una de ellas es la Función de Asignación Básica de Probabilidad (bpa o m), la cual es una forma de representar el impacto de la evidencia sobre el Marco de Discernimiento. Así, establece una serie de instrumentos de medida para intentar determinar el grado de creencia que se puede depositar en cada hipótesis considerando las evidencias disponibles.

La función de asignación básica cumple las siguientes propiedades:

$$m: P(X) \rightarrow [0,1] \dots \text{ (16)}$$

$$m(\emptyset) = 0 \dots \text{ (17)}$$

$$\sum_{A \in P(x)} m(A) = 1 \dots \text{ (18)}$$

El bpa representado por m define un muestreo del conjunto potencia $P(X)$ dentro del intervalo 0 y 1, donde el bpa del conjunto nulo es 0 y la suma de los bpa de todos los subconjuntos del conjunto potencia es 1. Φ representa el conjunto vacío y A es un conjunto en el conjunto potencia ($A \in P(X)$).

- Grado de Creencia (Bel): representa la mínima creencia en la hipótesis, como resultado de una evidencia. Se define como la suma de todas las asignaciones básicas de los subconjuntos propios (B) del conjunto de interés, es decir: (A) ($B \subseteq A$).

$$Bel(A) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B) \dots (19)$$

- Plausibilidad (Pl): representa la máxima creencia en la hipótesis, como resultado de una evidencia, además es lo que le falta al grado de duda para completar la unidad. Se define como la suma de todas las asignaciones básicas de probabilidad de los conjuntos (B) que se cruzan al conjunto de interés, es decir: (A) ($B \cap A \neq \Phi$). Formalmente, para todos los conjuntos de A que son elementos del conjunto potencia ($A \in P(X)$).

$$Pl(A) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B) \dots (20)$$

- Grado de Duda (D): corresponde a la negación del grado de creencia, es decir: $Bel(\bar{A})$. Representa la mínima creencia en la negación de la hipótesis, como resultado de una evidencia.

El grado de creencia y plausibilidad no son aditivas. Es obtener la asignación básica de probabilidad del grado de creencia con la siguiente función inversa:

$$m(A) = \sum_{B|B \subseteq A} (-1)^{|A-B|} * Bel(B) \dots (21)$$

Donde $|A-B|$ es la diferencia de cardinalidad de los dos conjuntos.

Ambas medidas se pueden derivar una de la otra. Como por ejemplo del grado de plausibilidad se deriva al grado de creencia de la siguiente manera:

$$Pl(A) = 1 - Bel(\bar{A}) \dots (22)$$

Donde \bar{A} es el complemento de A, y se conoce como el grado de duda. Esta relación de plausibilidad en términos de la creencia proviene del hecho de que todas las tareas básicas deben sumar 1.

$$Bel(\bar{A}) = \sum_{B|B \subseteq A} m(B) = \sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B) \dots (23)$$

$$\sum_{B|B \cap A \neq \emptyset} m(B) = 1 - \sum_{B|B \cap A = \emptyset} m(B) \dots (24)$$

A partir de las definiciones de creencia y plausibilidad se deduce que $Pl(A) = 1 - Bel(\bar{A})$. Como consecuencia de las ecuaciones 23 y 24, considerando cualquiera de estas medidas ($m(A)$, $Bel(A)$, $Pl(A)$) es posible derivar cualquiera de las otras dos medidas.

Se cumple que el Grado de Creencia siempre es menor que la Plausibilidad.

El intervalo entre el Grado de Creencia y la Plausibilidad de un elemento en A de P (X), generan el intervalo de Creencia en A, es decir: $\{Bel(A), Pl(A)\}$ y representa el nivel de incertidumbre sobre la hipótesis A como resultado de una evidencia, es decir mientras menor sea la diferencia entre la Plausibilidad y el Grado de Creencia, menor es el grado de incertidumbre en relación a la hipótesis, esto implica que la hipótesis formulada entrega mayor información acerca de la evidencia. Cuando $Bel(A)$ y $Pl(A)$ son iguales se tiene absoluta certeza sobre el impacto de la evidencia en relación a la hipótesis. Cuando $Bel(A) = 0$ y $Pl(A) = 1$ la diferencia entre ambas medidas es máxima y no se sabe nada sobre el efecto de A y cuando los valores de $Bel(A)$ y $Pl(A)$ son otros, cuanto mayor es la diferencia mayor es la incertidumbre acerca del impacto de la evidencia sobre la hipótesis A (Sentz, 2002, p 13).

2.7.2. Regla de Combinación Dempster.

La regla de combinación Dempster es una de las reglas más crítica en relación a la concepción original de la Teoría Dempster-Shafer. La regla de Dempster combina múltiples funciones de creencias a través de sus asignaciones de probabilidad básicos (m). Estas funciones están definidas en las creencias del mismo marco de discernimiento, pero se basan en argumentos de pruebas independientes. La independencia es un factor crítico cuando la evidencia es la combinación. Esta regla es considerada una operación conjunta (Y) (Senz, 2002)

En concreto, la función de asignación básica de probabilidad $m_{12}(A)$, se calcula de agregación de $m_1(B)$ y $m_2(C)$, siempre que exista intersección, en donde A es el nuevo conjunto generado a partir de los conjuntos independientes B y C .

$$m_{12}(A) = \frac{\sum_{B \cap C} m_1(B)m_2(C)}{(1-K)} \dots (25)$$

$$m_{12}(\emptyset) = 0 \dots (26)$$

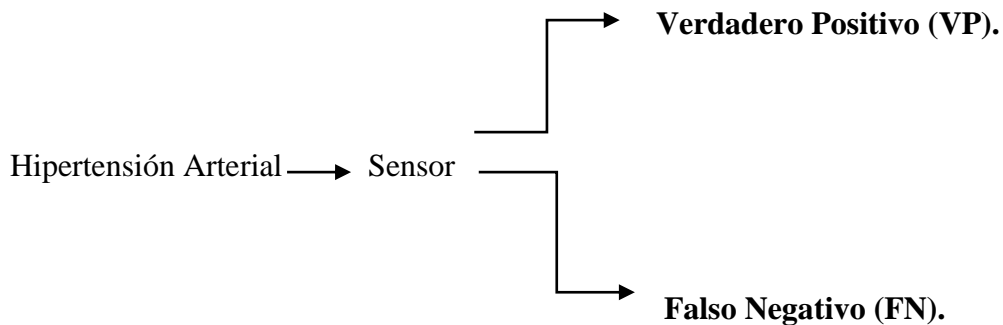
$$\text{Donde } K = \sum_{B \cap C = \emptyset} m_1(B)m_2(C) \dots (27)$$

K representa la probabilidad básica asociada la evidencia. Esto se determina por la suma de los productos de las asignaciones básicas de probabilidad de todos los conjuntos donde la intersección es nulo. Esta regla es conmutativa, asociativa, pero no idempotente o continua. El denominador en la regla de Dempster, $1 - K$, es un factor de normalización. Esto tiene el efecto de ignorar completamente el conflicto y la atribución de cualquier probabilidad asociada con el conflicto al conjunto nulo (Senz, 2002).

CAPÍTULO 3: MARCO DE INVESTIGACIÓN.

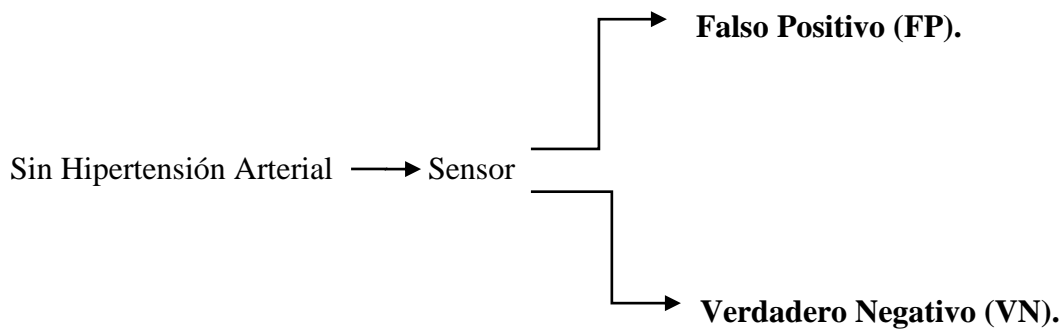
3.1. Descripción del problema

Para explicar de mejor manera la problemática abordada durante esta investigación, se consideró que cada factor de riesgo, actúa como un sensor. Para indicar si a través de la información que recibe, la persona puede tener riesgo de sufrir un evento cardiovascular. En relación a las condiciones físicas y de salud que presente cada persona, existen factores que tienen mayor impacto en el desarrollo de los accidentes cardiovasculares como la hipertensión arterial y la diabetes. Cada sensor (factor de riesgo cardiovascular) tiene una probabilidad de detectar un posible accidente cardiovascular y también una probabilidad de error. El siguiente esquema explica de mejor manera la situación antes mencionada.



Verdadero Positivo (VP): El sensor indica que tiene información que apunta a que la persona tendrá un evento cardiovascular y este se produce.

Falso Negativo (FN): El sensor indica que tiene información que apunta un evento cardiovascular, sin embargo el evento no se produce.



Falso Positivo (FP): El sensor indica que tiene información que apunta a que la persona no tendrá un evento cardiovascular, y este evento no se produce.

Verdadero Negativo (VN): El sensor indica que tiene información que apunta que no habrá un accidente cardiovascular, sin embargo este evento si se produce.

Todo depende de las condiciones de cada persona y los factores de riesgo que tenga, además de la categoría de riesgo en la que se encuentre el factor.

3.2. Pregunta de investigación.

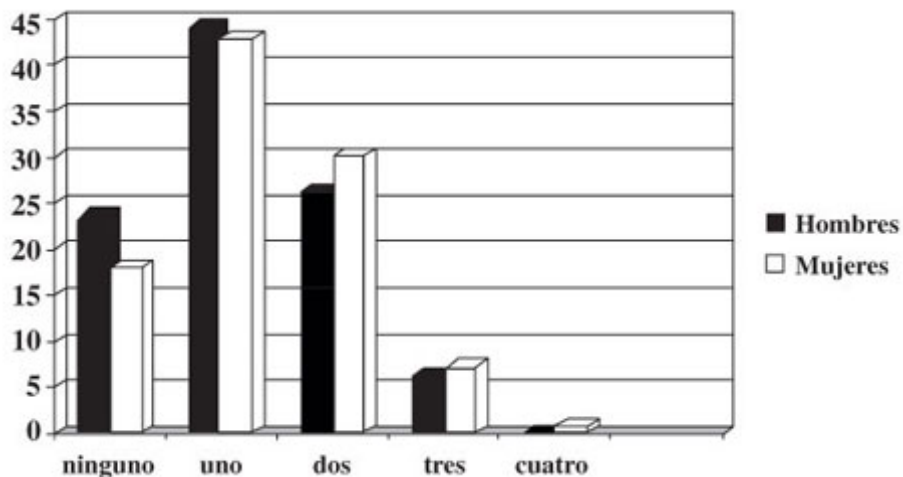
La pregunta de investigación a responder en este proyecto se indica a continuación:

- ¿Es posible aplicar Dempster Shafer a los factores modificables de riesgo cardiovascular como: Diabetes, Hipertensión Arterial, Colesterol Total y Tabaquismo, para conocer cuál de ellos entrega mayor información en relación a la ocurrencia de un evento cardiovascular?

3.3. Base de datos.

La base de datos fue creada en relación a información obtenida a través del Ministerio de Salud. Se consideraron 100 pacientes donde es relevante su género y la edad, estos dos factores fueron contaste para todos los pacientes, ya que todos los pacientes son mujeres de 45 años. Para distribuir de buena forma la cantidad de factores de riesgo cardiovascular se tomó en consideración información entregada por la Revista Médica de Chile publicada durante el año 2003.

Figura 7: Distribución de la población chilena según número de factores de riesgo.



Fuente: Revista Médica de Chile (2003).

Recordando que se trabajó solo con los factores de riesgo modificables, para todos los niveles de riesgo cardiovascular. Se consideraron los siguientes factores de riesgo: Hipertensión Arterial, Colesterol Total, Tabaquismo, Diabetes Mellitus Tipo II. Cada uno sigue la estructura explicada en el punto 3.4. De esta forma, cada sensor cuenta con:

- Niveles del Factor (mmHg; mg/dL).
- Riesgo relacionado a los niveles.
- Verdadero Positivo: Probabilidad de que el factor de riesgo active un evento cardiovascular en un futuro y este realmente ocurra.
- Falso Negativo: Probabilidad de que el factor de riesgo active un evento cardiovascular, pero sin embargo este no ocurra.
- Falso Positivo: Probabilidad de que el factor de riesgo no active un accidente cardiovascular en un futuro y efectivamente no ocurra.
- Verdadero Negativo: Probabilidad de que el factor de riesgo no active un evento cardiovascular, pero sin embargo ocurra.

A continuación se puede observar la base de datos segmentada por sensores hasta el paciente 20. Creada basada en antecedentes entregados por la literatura, especialmente disponible en los artículos entregados por el Ministerio de Salud y la publicación de la Revista Médica de Chile en el año 2003.

Nota: solo se mostrara parte de las tablas para explicar el procedimiento que se realizó, se considerar solo hasta el paciente 20, el resto está disponible en las panillas de Excel.

Figura 8: Sensor: Hipertensión arterial.

	Genero	Edad (años)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	Presenta Riesgo CV	Probabilidad Sensor Hipertension Arterial			
						Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo
Paciente 1	Femenino	45	123	86	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 2	Femenino	45	103	75	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 3	Femenino	45	172	76	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 4	Femenino	45	128	86	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 5	Femenino	45	112	80	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 6	Femenino	45	149	82	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 7	Femenino	45	101	82	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 8	Femenino	45	178	100	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 9	Femenino	45	130	71	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 10	Femenino	45	200	106	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 11	Femenino	45	100	110	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 12	Femenino	45	108	79	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 13	Femenino	45	193	82	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 14	Femenino	45	113	79	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 15	Femenino	45	144	99	SI	0,220	0,001	0,780	0,001
Paciente 16	Femenino	45	194	95	SI	0,370	0,001	0,630	0,001
Paciente 17	Femenino	45	151	86	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 18	Femenino	45	163	96	SI	0,370	0,001	0,630	0,001
Paciente 19	Femenino	45	145	103	SI	0,220	0,001	0,780	0,001
Paciente 20	Femenino	45	120	83	NO	0,040	0,001	0,960	0,001

Figura 9: Sensor: Colesterol total.

	Genero	Edad (años)	Colesterol Total (mg/dL)	Presenta Riesgo CV	Probabilidad Sensor Colesterol Total			
					Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo
Paciente 1	Femenino	45	151	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 2	Femenino	45	297	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 3	Femenino	45	279	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 4	Femenino	45	245	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 5	Femenino	45	188	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 6	Femenino	45	247	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 7	Femenino	45	230	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 8	Femenino	45	278	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 9	Femenino	45	257	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 10	Femenino	45	180	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 11	Femenino	45	219	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 12	Femenino	45	257	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 13	Femenino	45	294	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 14	Femenino	45	258	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 15	Femenino	45	241	SI	0,200	0,001	0,800	0,001
Paciente 16	Femenino	45	230	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001
Paciente 17	Femenino	45	300	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 18	Femenino	45	295	SI	0,390	0,001	0,610	0,001
Paciente 19	Femenino	45	195	NO	0,030	0,001	0,970	0,001
Paciente 20	Femenino	45	219	NO SABE	0,150	0,001	0,850	0,001

Figura 10: Sensor: Tabaquismo.

	Genero	Edad (años)	Tabaquismo	Probabilidad Sensor Tabaquismo			
				Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo
Paciente 1	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 2	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 3	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 4	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 5	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 6	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 7	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 8	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 9	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 10	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 11	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 12	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 13	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 14	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 15	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 16	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 17	Femenino	45	SI	0,350	0,001	0,650	0,001
Paciente 18	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 19	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001
Paciente 20	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001

Figura 11: Sensor: Diabetes mellitus tipo II y total de factores de riesgo presentes en cada paciente.

	Genero	Edad (años)	Diabetes Mellitus tipo 2	Probabilidad Sensor Diabetes Mellitus Tipo II				Numero de FR
				Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo	
Paciente 1	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	0
Paciente 2	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 3	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 4	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 5	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	0
Paciente 6	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 7	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	0
Paciente 8	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	3
Paciente 9	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 10	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 11	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 12	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 13	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 14	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 15	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 16	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 17	Femenino	45	SI	0,390	0,001	0,610	0,001	3
Paciente 18	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	2
Paciente 19	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	1
Paciente 20	Femenino	45	NO	0,020	0,001	0,980	0,001	0

Fuente: Elaboración Propia, Basada en información del Ministerio de Salud y la Revista Médica de Chile.

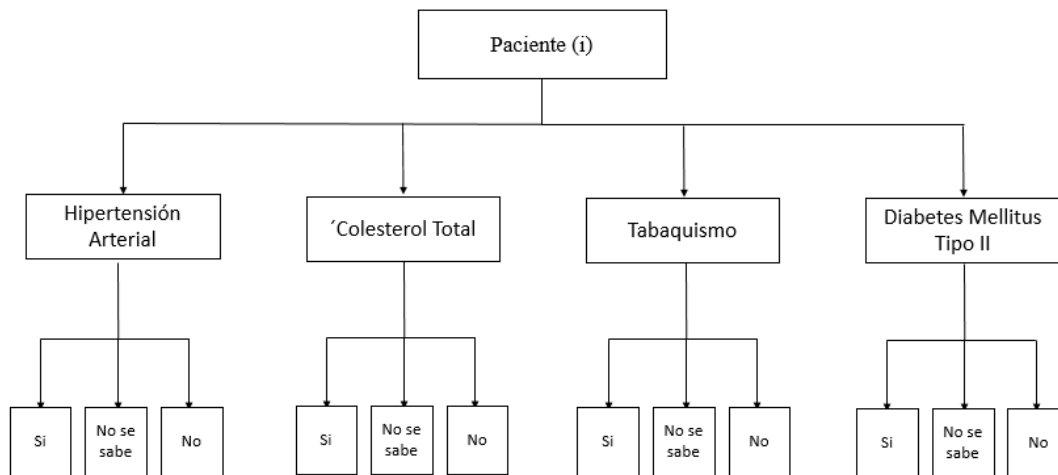
De esta forma se puede observar la composición de la base de datos a través de sus cuatro sensores. En el transcurso del capítulo cuatro será aplicado el método Dempster Shafer a la base de datos descrita anteriormente.

CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEMPSTER SHAFER A LOS DATOS

4.1. Planteamiento del problema.

Para poder responder a la pregunta de investigación, es necesario recordar que la información que entrega cada factor de riesgo modificable depende de la categoría de riesgo en la que se encuentre los niveles del factor, si este se acerca los máximos valores, si entregara información en relación a un eventual evento cardiovascular en un futuro, de la misma forma ocurría si el factor se acerca a los valores mínimos, es decir a la categoría de menor riesgo, pero que ocurre con los factores de riesgo que se encuentra en las categorías intermedias ¿Cómo se puede reconocer si entregan información ?. Para poder comprender de mejor forma se puede observar la siguiente figura, en donde se observan los cuatro factores de riesgo y las opciones que presentan en relación a la información que recibe para identificar un evento cardiovascular.

Figura 12: Diagrama de los factores de riesgo y su capacidad predictiva en relación a un evento cardiovascular.



Fuente: Elaboración Propia, Basada en información del Ministerio de Salud y Revista Médica de Chile. (Bustos et. al., 2003).

4.1.2. Definición de variables.

Sea Paciente (i) con $i: \{1, 2, 3, \dots, 100\}$.

VARIABLES: {Hipertensión Arterial, Colesterol Total, Tabaquismo, Diabetes Mellitus tipo II}

Marco de discernimiento: $\Theta = \{\text{Si, No, No Sabe}\}$.

$P(\Theta) = \{\Phi, \text{Si, No, No Sabe}\}$.

Proposiciones a evaluar en la aplicación Demspter Shafer:

- Proposición 1= U_0 : Si entrega información en relación a un futuro evento cardiovascular.
- Proposición 2= U_1 : No entrega información en relación a un futuro evento cardiovascular
- Proposición 3= U_2 : No se sabe si entrega información o no en relación a un futuro evento cardiovascular.

4.2. Fusión de hipertensión arterial (S1) con diabetes mellitus tipo II (S2).

Como primera instancia de la investigación se decidió fusionar hipertensión arterial y diabetes mellitus tipo II, la metodología será explicada paso a paso, solo para esta combinación, ya que para las siguientes solo se analizarán los resultados, debido a que la metodología de aplicación es exactamente la misma.

4.2.1. Probabilidad Básica de Asignación.

Para comenzar a fusionar la información, mediante el método Desmpter Shafer es necesario definir las probabilidades de asignación básica. Estas se obtuvieron para ambos sensores de la siguiente manera.

- $m_1(u_0)$ = Verdadero Positivo – Falso negativo.
- $m_1(u_1)$ = Falso Positivo – Verdadero Negativo
- $m_1(u_2) = 1 - (m_1(u_0) + m_2(u_1))$.

Figura 13: Probabilidad de asignación básica para el sensor hipertensión arterial.

	Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo	Sensor 1: HTA		
					$m_1(u_0)$	$m_1(u_1)$	$m_1(u_2)$
Paciente 1	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 2	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 3	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 4	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 5	0,030	0,001	0,970	0,001	0,029	0,969	0,002
Paciente 6	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 7	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 8	0,390	0,001	0,610	0,001	0,389	0,609	0,002
Paciente 9	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 10	0,390	0,001	0,610	0,001	0,389	0,609	0,002
Paciente 11	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 12	0,030	0,001	0,970	0,001	0,029	0,969	0,002
Paciente 13	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 14	0,030	0,001	0,970	0,001	0,029	0,969	0,002
Paciente 15	0,220	0,001	0,780	0,001	0,219	0,779	0,002
Paciente 16	0,370	0,001	0,630	0,001	0,369	0,629	0,002
Paciente 17	0,150	0,001	0,850	0,001	0,149	0,849	0,002
Paciente 18	0,370	0,001	0,630	0,001	0,369	0,629	0,002
Paciente 19	0,220	0,001	0,780	0,001	0,219	0,779	0,002
Paciente 20	0,040	0,001	0,960	0,001	0,039	0,959	0,002

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14: Probabilidad de asignación básica para el sensor diabetes mellitus Tipo II.

	Verdadero Positivo	Falso Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo	Sensor 2: DM2		
					m ₂ (u ₀)	m ₂ (u ₁)	m ₂ (u ₂)
Paciente 1	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 2	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 3	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 4	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 5	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 6	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 7	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 8	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 9	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 10	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 11	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 12	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 13	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 14	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 15	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 16	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 17	0,390	0,001	0,610	0,001	0,389	0,609	0,002
Paciente 18	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 19	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002
Paciente 20	0,020	0,001	0,980	0,001	0,019	0,979	0,002

Fuente: Elaboración Propia.

De esta forma los sensores Hipertensión Arterial y Diabetes Mellitus Tipo II se les pueden aplicar la regla de combinación seleccionada según la metodología Demspter Shafer.

4.2.2. Regla de Combinación de Dempster.

Para aplicar la regla de combinación a los datos de los cien pacientes, para los sensores definidos anteriormente, se seguirá la estructura presentada en la Tabla 10.

Tabla 10: Estructura General de la Regla de Combinación para los sensores 1 y 2.

S1 S2	SI: m2(u0)	NO: m2(u1)	NO SABE: m2(u2)
SI: m1(u0)	$m1(u0) * m2(u0) = \text{SI (Cert)}$	$m1(u0) * m2(u1) = \text{NO Sabe (K)}$	$m1(u0) * m2(u2) = \text{SI (Poss)}$
NO: m1(u1)	$m1(u1) * m2(u0) = \text{NO Sabe (K)}$	$m1(u1) * m2(u1) = \text{NO (Cert)}$	$m1(u1) * m2(u2) = \text{No (Poss)}$
NO SABE: m1(u2)	$m1(u2) * m2(u0) = \text{SI (Poss)}$	$m1(u2) * m2(u1) = \text{NO (Poss)}$	$m1(u2) * m2(u2) = \phi$

Fuente: Sentz (2002).

Luego se puede observar parte de base de datos a la cual se le aplico la regla de combinación.

Figura 15: Regla de Combinación sensor hipertensión arterial con sensor diabetes mellitus tipo II.

	Combinación Sensor 1 con Sensor 2, Sin Normalizar								
	$m_1(u_0)*m_2(u_0)$	$m_1(u_0)*m_2(u_1)$	$m_1(u_0)*m_2(u_2)$	$m_1(u_1)*m_2(u_0)$	$m_1(u_1)*m_2(u_1)$	$m_1(u_1)*m_2(u_2)$	$m_1(u_2)*m_2(u_0)$	$m_1(u_2)*m_2(u_1)$	$m_1(u_2)*m_2(u_2)$
Paciente 1	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 2	0,000	0,019	0,000	0,019	0,958	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 3	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 4	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 5	0,001	0,028	0,000	0,018	0,949	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 6	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 7	0,000	0,019	0,000	0,019	0,958	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 8	0,007	0,381	0,001	0,012	0,596	0,001	0,000	0,002	0,000
Paciente 9	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 10	0,007	0,381	0,001	0,012	0,596	0,001	0,000	0,002	0,000
Paciente 11	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 12	0,001	0,028	0,000	0,018	0,949	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 13	0,003	0,146	0,000	0,016	0,831	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 14	0,001	0,028	0,000	0,018	0,949	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 15	0,004	0,214	0,000	0,015	0,763	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 16	0,007	0,361	0,001	0,012	0,616	0,001	0,000	0,002	0,000
Paciente 17	0,058	0,091	0,000	0,330	0,517	0,002	0,001	0,001	0,000
Paciente 18	0,007	0,361	0,001	0,012	0,616	0,001	0,000	0,002	0,000
Paciente 19	0,004	0,214	0,000	0,015	0,763	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 20	0,001	0,038	0,000	0,018	0,939	0,002	0,000	0,002	0,000

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3. Factor de Normalización.

Luego de aplicar la regla de combinación, es necesario normalizar los datos, para esto se debe obtener un factor K, este es aquel factor que resulto de la multiplicación de las funciones de probabilidad básica en donde no existe intersección, es decir presentan intersección nula, este resultado se da al combinar las proposiciones $m_1(u_0) * m_2(u_1)$ y $m_1(u_1) * m_2(u_0)$, es decir; no se sabe si hipertensión arterial o diabetes mellitus tipo II entregan algún tipo de información en relación a la ocurrencia de un accidente cardiovascular, ya que si se combina un “si” con otro “no” o viceversa, realmente no se llega a nada, queda en total incertidumbre, es por esto que se dice que no existe intersección entre ellos. El factor K se encuentra identificado en la Tabla 11, debido a que resultaron dos intersecciones nulas, se generaron dos valores k y estos se deben sumar para obtener el valor k total para luego realizar la siguiente operación $1-k$.

Figura 16: Factor de Normalización para la combinación del sensor hipertensión arterial con sensor diabetes mellitus Tipo II.

	Factor de Normalizacion	
	k	1-k
Paciente 1	0,162	0,838
Paciente 2	0,037	0,963
Paciente 3	0,162	0,838
Paciente 4	0,162	0,838
Paciente 5	0,047	0,953
Paciente 6	0,162	0,838
Paciente 7	0,037	0,963
Paciente 8	0,392	0,608
Paciente 9	0,162	0,838
Paciente 10	0,392	0,608
Paciente 11	0,162	0,838
Paciente 12	0,047	0,953
Paciente 13	0,162	0,838
Paciente 14	0,047	0,953
Paciente 15	0,229	0,771
Paciente 16	0,373	0,627
Paciente 17	0,421	0,579
Paciente 18	0,373	0,627
Paciente 19	0,229	0,771
Paciente 20	0,056	0,944

Fuente: Elaboracion Propia.

4.2.4. Matriz Normalizada.

Una vez obtenido el factor de normalización se debe dividir cada valor obtenido en la regla de combinación de Dempster por el factor.

Figura 17: Combinación Sensor Hipertensión Arterial con Sensor Diabetes Mellitus Tipo II., Normalizada.

	Combinacion Sensor 1 con Sensor 2, Normalizada								
	$m_1(u_0)*m_2(u_0)$	$m_1(u_0)*m_2(u_1)$	$m_1(u_0)*m_2(u_2)$	$m_1(u_1)*m_2(u_0)$	$m_1(u_1)*m_2(u_1)$	$m_1(u_1)*m_2(u_2)$	$m_1(u_2)*m_2(u_0)$	$m_1(u_2)*m_2(u_1)$	$m_1(u_2)*m_2(u_2)$
Paciente 1	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 2	0,000	0,019	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 3	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 4	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 5	0,001	0,030	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 6	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 7	0,000	0,019	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 8	0,012	0,627	0,001	0,019	0,981	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 9	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 10	0,012	0,627	0,001	0,019	0,981	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 11	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 12	0,001	0,030	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 13	0,003	0,174	0,000	0,019	0,992	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 14	0,001	0,030	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000
Paciente 15	0,005	0,278	0,001	0,019	0,989	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 16	0,011	0,576	0,001	0,019	0,982	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 17	0,100	0,157	0,001	0,570	0,893	0,003	0,001	0,002	0,000
Paciente 18	0,011	0,576	0,001	0,019	0,982	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 19	0,005	0,278	0,001	0,019	0,989	0,002	0,000	0,003	0,000
Paciente 20	0,001	0,040	0,000	0,019	0,995	0,002	0,000	0,002	0,000

Fuente: Elaboracion Propia.

4.2.5. Grado de Creencia y Plausibilidad.

Cada proposición definida anteriormente, posee un grado de creencia que representa la absoluta certeza sobre la proposición y una plausibilidad que es la suma de la certeza más las posibilidades que se acercan a la certeza. De esta forma siempre la plausibilidad es mayor que el grado de creencia.

Figura 18: Grado de Creencia y Plausibilidad.

	Grado de Creencia			Plausibilidad		
	Bel (u0)	Bel (u1)	Bel (u2)	PI (u0)	PI (u1)	PI (u2)
Paciente 1	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 2	0,000	0,995	0,000	0,000	0,999	0,038
Paciente 3	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 4	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 5	0,000	0,995	0,000	0,000	0,999	0,049
Paciente 6	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 7	0,000	0,995	0,000	0,000	0,999	0,038
Paciente 8	0,012	0,981	0,000	0,013	0,986	0,645
Paciente 9	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 10	0,012	0,981	0,000	0,013	0,986	0,645
Paciente 11	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 12	0,000	0,995	0,000	0,000	0,999	0,049
Paciente 13	0,003	0,991	0,000	0,003	0,996	0,193
Paciente 14	0,000	0,995	0,000	0,000	0,999	0,049
Paciente 15	0,005	0,989	0,000	0,006	0,993	0,297
Paciente 16	0,011	0,982	0,000	0,012	0,987	0,595
Paciente 17	0,100	0,892	0,000	0,101	0,898	0,727
Paciente 18	0,011	0,982	0,000	0,012	0,987	0,595
Paciente 19	0,005	0,989	0,000	0,006	0,993	0,297
Paciente 20	0,000	0,994	0,000	0,000	0,999	0,059

Fuente: Elaboracion Propia.

El Grado de Creencia se obtiene de la suma de todas las combinaciones que entregan certeza en relacion a la informacion que se busca. Para esta investigacion tenemos dos tipos de certeza:

- $m_1(u_0) * m_2(u_0) = Si \text{ con } Si = Si$ (Certeza).
- $m_1(u_1) * m_2(u_1) = No \text{ con } NO = NO$ (Certeza).

Y la Plausibilidad se obtiene mediante la suma de las probabilidades de asignación que arrojan certeza más la suma de aquellas que pueden ser posibles, estas son:

- $\{m_1(u_0) * m_2(u_0) = \text{Si con Si} = \text{Si (Certeza)}\} + \{m_1(u_0) * m_2(u_2) = \text{Si con No Sabe} = \text{Si (Posibilidad de si)}\} + \{m_1(u_2) * m_2(u_0) = \text{No Sabe con Si} = \text{Si (Posibilidad de Si)}\}.$
- $\{m_1(u_1) * m_2(u_1) = \text{No con No} = \text{No (Certeza)}\} + \{m_1(u_1) * m_2(u_2) = \text{No con No Sabe} = \text{No (Posibilidad de no)}\} + \{m_1(u_2) * m_2(u_1) = \text{No Sabe con No} = \text{No (Posibilidad de no)}\}.$

De esta forma la Plausibilidad siempre es mayor que el Grado de Creencia, las posiciones estan definidas en la tabla 12 que fue mencionada anteriormente. De esta manera se optiene un Grado de creencia y plausibilidad para cada uno de los pacientes.

4.2.6. Intervalo de Creencia.

Recordando que el intervalo de creencia está compuesto por un límite superior que es la plausibilidad y un límite inferior que es el grado de creencia. Se presentan a continuación los intervalos de creencia para los primero 20 pacientes y para cada una de las preposiciones definidas.

Figura 19: Intervalo de Creencia.

	Intervalo de Creencia		
	u0	u1	u2
Paciente 1	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 2	0-0	0,995-0,999	0-0,038
Paciente 3	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 4	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 5	0-0	0,995-0,999	0-0,049
Paciente 6	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 7	0-0	0,995-0,999	0-0,038
Paciente 8	0,012-0,013	0,981-0,986	0-0,645
Paciente 9	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 10	0,012-0,013	0,981-0,986	0-0,645
Paciente 11	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 12	0-0	0,995-0,999	0-0,049
Paciente 13	0,003-0,003	0,991-0,996	0-0,193
Paciente 14	0-0	0,995-0,999	0-0,049
Paciente 15	0,005-0,006	0,989-0,993	0-0,297
Paciente 16	0,011-0,012	0,982-0,987	0-0,595
Paciente 17	0,1-0,101	0,892-0,898	0-0,727
Paciente 18	0,011-0,012	0,982-0,987	0-0,595
Paciente 19	0,005-0,006	0,989-0,993	0-0,297
Paciente 20	0-0	0,994-0,999	0-0,059

Fuente:Elaboracion Propia.

El intervalo de creencia permite razonar sobre el grado de certidumbre o certeza en relación a una sub-hipótesis o proposición. Una pequeña diferencia entre la creencia y la plausibilidad muestra que estamos seguros de nuestra creencia. Una gran diferencia muestra que no estamos seguros de nuestra creencia.

Esta misma metodología se realizó para fusionar:

- Hipertensión Arterial con Colesterol Total.
- Hipertensión Arterial con Tabaquismo.

Los resultados serán discutidos en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como resultado de la aplicación de fusión de factores de riesgo cardiovascular, se obtuvieron tres combinaciones:

5.1. Resultado combinación hipertensión arterial con diabetes mellitus tipo II.

La mínima diferencia en el intervalo de creencia se obtuvo para la preposición u_0 en los cien pacientes, la cual indica que si existe información en relación a un eventual accidente cardiovascular en un futuro. En la tabla se puede observar que los valores de u_0 son mínimos y que un 53% de los pacientes tiene el intervalo de creencia igual a la plausibilidad, lo cual indica absoluta certeza en la preposición. También existe un 41% de los pacientes en donde la diferencia entre su grado de creencia y plausibilidad es mínima equivalente a un 0,001, y un 6% tiene una diferencia de 0,002 lo cual también es bastante bajo.

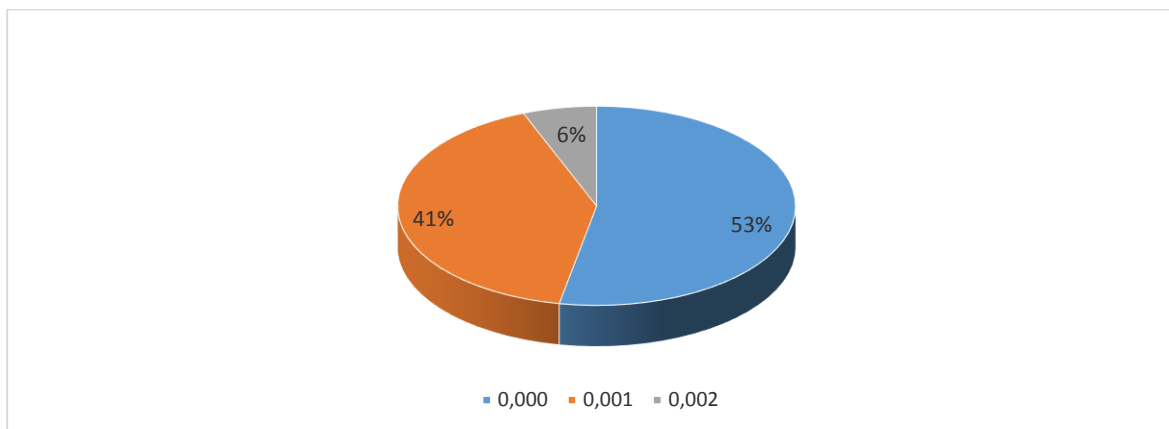
Tabla 11: Diferencia entre Plausibilidad y Grado de Creencia para la proposición u_0

Combinación Hipertensión Arterial con Diabetes Mellitus tipo II	
Diferencia Intervalo de Creencia	Cantidad de Pacientes
0,000	53%
0,001	41%
0,002	6%

Fuente: Elaboración Propia.

De igual forma los resultados antes mencionados se encuentran representados en la figura 20.

Figura 20: Resultados combinación hipertensión arterial con diabetes mellitus tipo II.



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al análisis realizado en relación a los resultados obtenidos para la combinación de Hipertensión arterial y Diabetes mellitus se puede decir que efectivamente esta combinación de factores entrega información en relación a un eventual accidente cardiovascular en un futuro, debido a que un 53% de los datos entrega absoluta certeza en relación a la proposición u_0 y el 47% restante de los datos entrega un grado mínimo de incertidumbre en relación a la proposición.

5.2. Resultado combinación hipertensión arterial con colesterol total.

De igual manera la mínima diferencia en el intervalo de creencia se obtuvo para la preposición u_0 en los cien pacientes, la cual indica que si existe información en relación a un eventual accidente cardiovascular. En la Tabla se puede observar que los valores de u_0 son mínimos y que un 27% de los pacientes tiene el intervalo de creencia igual a la plausibilidad, lo cual indica absoluta certeza en la preposición. También existe un 41% de los pacientes en donde la diferencia entre su grado de creencia y plausibilidad es mínima equivalente a un 0,001, un 30% tiene una diferencia de 0,002 y un 2% tiene diferencia equivalente a un 0,003, lo cual también es bastante bajo.

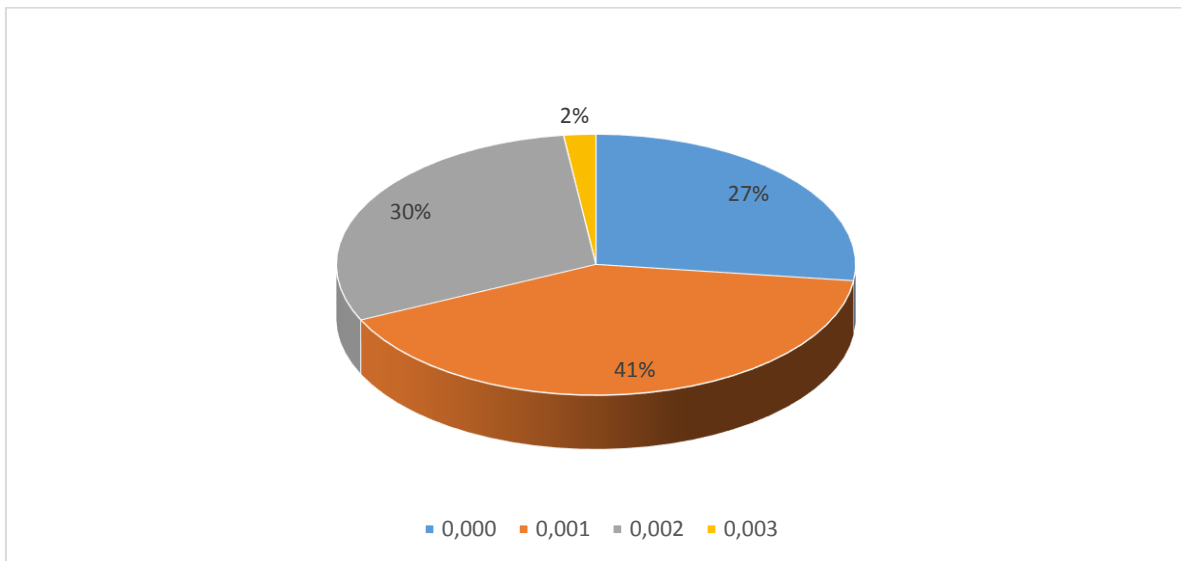
Tabla 12: Diferencia entre la Plausibilidad y el Grado de Creencia para la proposición u0

Combinación Hipertensión Arterial y Tabaquismo	
Diferencia Intervalo de Creencia	Cantidad de Pacientes
0,000	0,48
0,001	0,28
0,002	0,21
0,003	0,03

Fuente: Elaboración Propia.

De igual forma los resultados antes mencionados se encuentran representados en la Figura 21.

Figura 21: Resultados combinación hipertensión arterial con colesterol total.



Fuente: Elaboración Propia.

En relación al análisis los resultados obtenidos para la combinación de Hipertensión arterial y Colesterol Total, se puede decir que efectivamente esta combinación de factores entrega información en relación a un eventual accidente cardiovascular en un futuro. Debido a que al 41% de los datos entrega absoluta certeza en relación a la proposición u0 y el resto de los datos presentan un grado de incertidumbre mínimo en relación a la misma proposición.

5.3. Resultado combinación hipertensión arterial con tabaquismo.

Para la última combinación de factores de riesgo la mínima diferencia en el intervalo de creencia también se obtuvo para la proposición u_0 en los cien pacientes, la cual indica que si existe información en relación a un eventual accidente cardiovascular. En la Tabla se puede observar que los valores de u_0 son mínimos y que un 48% de los pacientes tiene el intervalo de creencia igual a la plausibilidad, lo cual indica absoluta certeza en la proposición. También existe un 28% de los pacientes en donde la diferencia entre su grado de creencia y plausibilidad es mínima equivalente a un 0,001, un 21% tiene una diferencia de 0,002 y un 3% tiene diferencia equivalente a un 0,003.

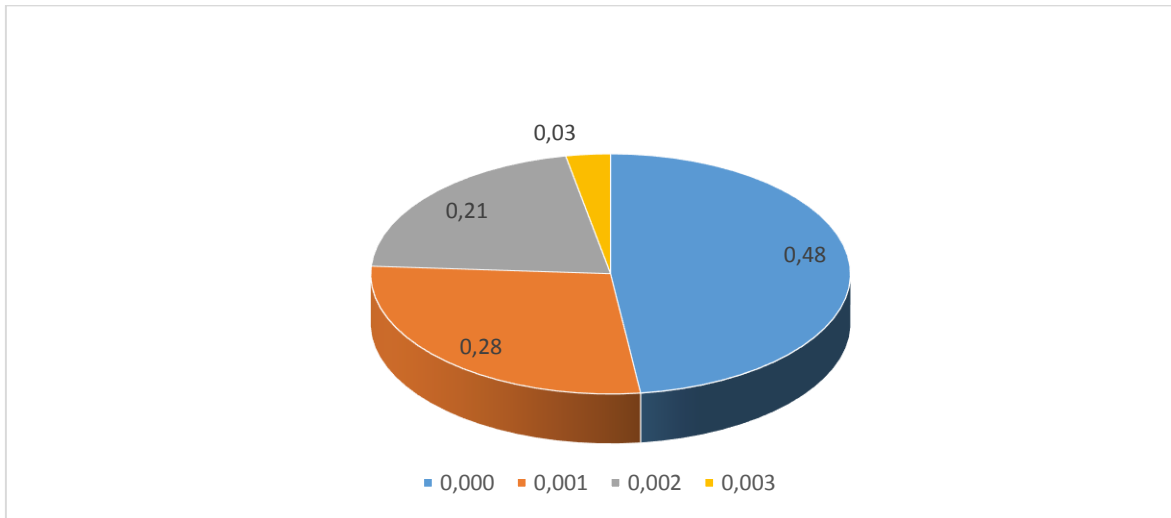
Tabla 13: Diferencia entre la Plausibilidad y el Grado de Creencia para la proposición u_0

Combinación Hipertensión Arterial y Tabaquismo	
Diferencia Intervalo de Creencia	Cantidad de Pacientes
0,000	0,48
0,001	0,28
0,002	0,21
0,003	0,03

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 22 se pueden apreciar mejor los resultados obtenidos.

Figura 22: Resultados combinación hipertensión arterial con tabaquismo.



Fuente: Elaboración Propia.

Para la última combinación de Hipertensión arterial con Tabaquismo, se puede decir que efectivamente esta combinación de factores entrega información en relación a un eventual accidente cardiovascular en un futuro. Puesto que un 48% de los datos evaluados para esta combinación, entrega absoluta certeza en relación a la proposición u_0 y el resto de los datos entrega un grado mínimo de incertidumbre en relación a la misma proposición.

En relación a las tres posibles combinaciones representadas anteriormente, todas presentaron menor diferencia en la preposición u_0 , es decir efectivamente existe certeza en que si entregan información en relación a un accidente cardiovascular, pero si se analizan una a una las combinaciones y específicamente los valores en que la diferencia es cero, es decir en donde la plausibilidad y el grado de creencia son iguales se obtienen los siguientes resultados:

- Combinación de Hipertensión Arterial con Diabetes Mellitus tipo II: 57
- Combinación de Hipertensión Arterial con Colesterol Total: 27
- Combinación de Hipertensión Arterial Con Tabaquismo: 48

De acuerdo a los resultados mostrados anteriormente se puede decir que la combinación de factores que entrega mayor información en relación a un accidente cardiovascular es para los Factores de riesgo Hipertensión arterial con Diabetes mellitus tipo 2. Esto se relaciona con lo que indica la literatura, debido a que ambos factores de riesgo son de alto riesgo y la combinación de ellos no debería dejar de ser más grave.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El riesgo de sufrir un evento cardiovascular, es un riesgo al cual toda la población está expuesta, sin embargo el nivel de riesgo depende mucho de los factores que presenten las personas. El grado de impacto de cada uno de los factores de riesgo modificables depende del manejo y cuidado que tiene cada persona sobre ellos, ya que todos se pueden mejorar y regularizaros mediante tratamientos y cambios en el estilo de vida. El principal objetivo de este proyecto fue conocer el grado de impacto que tiene los factores modificables en relación a un eventual desarrollo de evento cardiovascular. De acuerdo a los objetivos específicos propuestos, se puede concluir lo siguiente: Se completó el primer objetivo específico identificando los principales factores de riesgos cardiovasculares modificables más relevantes, en donde se conoció que el factor de riesgo más determinante es la hipertensión arterial y la diabetes mellitus tipo 2. Es decir una persona solo por tener hipertensión arterial posee alto riesgo de sufrir un evento cardiovascular, claramente depende del tipo de hipertensión que tenga si es I, II o III, mientras más grave sea, mayor será el nivel de riesgo cardiovascular que tendrá. De igual manera una persona solo por padecer diabetes mellitus tipo 2 pasa inmediatamente a tener un grado de riesgo cardiovascular muy alto. Pero la combinación de factores de riesgo depende mucho de la categoría en la que estos se encuentren. Claramente quedo demostrado la combinación de dos factores de riesgo pueden entregar mayor información, en relación a la probabilidad de ocurrencia de sufrir un evento cardiovascular. Además se comprobó que si se puede aplicar fusión de información a los datos, lo cual puede ser de gran ayuda para el área de la salud. Ya que si se aplicara a una base de datos real y fidedigna, se puede obtener que combinación de factores entregan mayor información en relación a un evento cardiovascular, así se pueden priorizar las consultas médicas y los controles de los pacientes, descongestionando los servicios de salud y dando prioridad a aquellas personas que tengan factores que entreguen más información en relación de un eventual desarrollo de evento cardiovascular en un futuro. De esta forma se podría minimizar el riesgo en cada una de ellas. Actualmente en Chile la medicina preventiva es utilizada por muy pocas personas, pero existen estadísticas que indican que esto aumentara en un futuro y la población tomara mayor conciencia en relación a su estado de salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brack, M. (2009). *Hipertensión Arterial; como prevenirla y curarla*. Barcelona: Hispano Europa.
- Canavos, G. (1998). *Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos*. México: Mc Craw-Hill
- Castro, J. (2001). *Metodología de la Investigación. Fundamentos*. Salamanca: Amarú Ediciones.
- Gonzales, E, Pérez, A, Cuadrado, S & Prieto, M. (2000). *Nuevas Tecnologías para el Diagnostico de a Hipertensión Arterial*. 19 de octubre,2014, de Comité de Expertos Multidisciplinario Sitio web:

http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:fDlOfwW4yoAJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0,5

- Hall, D & McMullen, S. (2004). *Techniques in Multisensor Data Fusion*. Boston: Artech house.
- Hernández, D. (2012). *Análisis Bayesiano, conceptos y fundamentos*. Mar del Plata: INIDEP.
- Hernández, R. Fernández, C & Baptista, L. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Interamericana.
- Lawrence A. Klein (2011). *Fuzzy set theory in medical diagnosis*, IEEE Tr.
- Ministerio de Salud. (2010). *Guía Clínica, Hipertensión Arterial Primaria o Esencial en personas de 15 años y más*. 14 de Octubre de 2014, de Minsal. Sitio web:
<http://web.minsal.cl/portal/url/item/7220fdc4341c44a9e04001011f0113b9.pdf>
- Wolpole, R. Myers, R. Myers, S. (1999). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. México: Rearson Educación.

ANEXO: Innovadoras Formas de Control de Salud.

Telemonitoreo en el Hogar en Chile:

Durante el año 2013, en la comuna de San Bernardo perteneciente a la ciudad de Santiago, el Ministerio de Salud creó una nueva alternativa de seguimiento para enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión.

El telemonitoreo consiste en un kit con dispositivos que permiten que los pacientes se auto controlen, y midan su presión arterial. Estos resultados son enviados por el paciente, a través del dispositivo a una central de información que es supervisada por enfermeras, quienes analizan los resultados y recomiendan tratamiento. Con esta implementación, los pacientes diabéticos pueden controlar su glicemia y disminuirla.

El Subsecretario de Salud Pública, Jorge Díaz, asegura que el sistema permitirá evitar que las enfermedades crónicas puedan avanzar por no tener los controles adecuados. De esta manera, se reducen las complicaciones y se mejora la calidad de vida del paciente (Ministerio de Salud. 2002).

Para acceder a este sistema, los pacientes son evaluados tras un análisis en su centro de salud. Así, el médico evalúa al paciente e indica el Telemonitoreo en su domicilio. En función del cuadro clínico, el equipo médico define los protocolos y el kit de Telemonitoreo a asignar. El paciente es capacitado en el uso de los dispositivos telemétricos y continúa con su plan de mediciones en su hogar.

Cuando el telemonitor lo instruye, el paciente es capaz de utilizar los sensores que se le indicaron. El Kit permite capturar información objetiva de la persona, la que se transmite automáticamente al Centro de Telemonitoreo. El equipo médico tratante tiene acceso a la información del paciente 24 horas al día, siete días a la semana vía internet. En caso de producirse una alteración de los signos vitales o una crisis, recibe las alarmas y/o alertas en función de los protocolos preestablecidos (Ministerio de Salud.2013).

Programa para el Control Comunitario de la Hipertensión Arterial en Cuba:

En Cuba la población hipertensa ha ido en aumento durante los últimos años, debido a esto la Organización Mundial para la Salud (OMS) invitó en el año 1974 a este país, a participar en el proyecto de investigación llamado “Programa para el Control Comunitario de la Hipertensión Arterial” (PROCDEC) y desde ese momento fue creada su Comisión Nacional, elaborando un primer Programa Cubano.

En el municipio de la ciudad de Santa Clara perteneciente a Cuba, se creó en el marco del proyecto internacional PROCDEC, una historia clínica, en la cual tuvieron participación 19 especialistas que formaron un comité de expertos, que consideraron los factores de riesgo que se relacionan con la hipertensión arterial. Considera además, un conjunto de análisis clínicos complementarios y la encuesta de vulnerabilidad al estrés psicológico. Con la información adquirida en la historia clínica se creó una base de datos con la cual se logró el desarrollo de programas computacionales tales como:

- **Tensoft II v1.0.:** Es una base de datos que surge a partir de la Historia Clínica PROCDEC. La cual está dividida en partes que incluyen los antecedentes patológicos personales y familiares, hábitos tóxicos, examen físico con la prueba del peso sostenido, los análisis complementarios de laboratorio y la vulnerabilidad al estrés. Cada uno de estas variables tiene asociada una puntuación que resume el criterio del Comité de Expertos Multidisciplinario y que de acuerdo con las características del caso, adquiere una puntuación final que calcula el programa, para ofrecer una propuesta de diagnóstico, que puede ser normal, con riesgo o hipertenso (Gonzales et al. 2004).
- **Tensoft II v2.0:** Cumple la misma función que Tensoft II v1.0 es decir arroja el diagnóstico de la enfermedad, además el Riesgo de las Enfermedades Vasculares asociadas a esta dolencia. Este software es un poco más completo ya que también posee ayudas en línea. Además, posee un conjunto de códigos que identifican cada encuestado y permiten la emisión de reportes parciales del estudio. El sistema ofrece varios indicadores estadísticos y posee los manuales de Usuarios y Explotación, con

versiones en Microsoft Power Point, Microsoft Word, Robohelp y en HTML, todas muy explícitas y de gran utilidad. Se aplica en las consultas de hipertensión arterial de 5 Policlínicos y en el Instituto Superior de Ciencias Médicas de Villa Clara (Gonzales et al. 2004).

- Tensoft III.: Es un programa de Inteligencia Artificial Basado en Casos, que emplea una base de datos creada a tal efecto con ayuda del Comité de Expertos de PROCDEC y del estudio de Diagnostico de Referencia con vistas a crear un “Patrón de Oro” de Diagnóstico (Gonzales et al. 2004).

Como producto del pronóstico de diagnóstico arrojado por el programa computacional, para aquellas personas que se les diagnóstico riesgo de padecer hipertensión, un alto porcentaje de ellas no alcanzan a desarrollarla y otras logran retrasar el inicio de la enfermedad, ya que logran cambiar su estilo de vida (Gonzales et al. 2004).

Nota: No fue posible tener acceso a los programas de las diferentes versiones de TENSOFTE.

ANEXO: Definición de los Principales Factores de Riesgo Cardiovascular.

- **Tabaquismo:** Para efectos de esta enfermedad, se considera dentro de la categoría tabaquismo a toda persona que fume a lo menos un cigarrillo al día. Además, se presenta mayor atención en aquellas personas mayores a los 55 años de edad, debido a que son más vulnerables a sufrir alguna enfermedad que conlleva la hipertensión. Siempre es recomendable por los centros de salud motivar a la persona a que deje este hábito.

Para las personas menores de 55 años se les asigna una consejería para la motivación de dejar el hábito, en cambio aquellas personas mayores de 55 años pasan inmediatamente a ser parte del Programa de Salud Cardiovascular. Para ambos casos se realiza un test de dependencia a la nicótica, conocido como el Test de Fagerstrom. El cual se puede apreciar en el ANEXO A (Ministerio de Salud, 2010).

- **Obesidad:** A las personas con sobrepeso u obesidad se les debe informar el rango de peso saludable según su estatura. ANEXO B (multiplicar la talla en m por 21,5 para mujeres y 22,5 para hombres)

Peso saludable para mujeres: $Talla^2 * 21,5 \dots (28)$

Peso saludable para hombres: $Talla^2 * 22,5 \dots (29)$

- **Obesidad Abdominal:**

El modo habitual de medir la obesidad abdominal es comparando la proporción entre la cintura y la cadera. Esta relación se calcula dividiendo la medida de la cintura entre la medida de la cadera.

$ICC = \text{Perímetro Cintura (cm)} / \text{Perímetro Cadera (CM)} \dots (30)$

ICC = (0,71; 0,84) rango normal para mujeres.

ICC = (0,78; 0,94) rango normal para hombres.

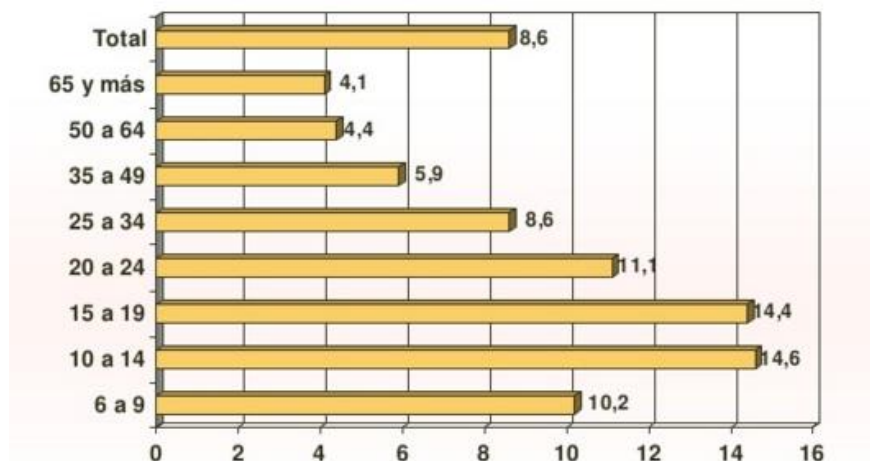
Valores mayores: Síndrome androide (cuerpo de manzana).

Valores menores: Síndrome ginecoide (cuerpo de pera).

La medición del perímetro abdominal también es una forma de valorar el grado de obesidad abdominal. Según la Organización Mundial de la Salud pueden determinarse dos niveles de obesidad abdominal a partir de los cuales es probable que se manifiesten diferentes complicaciones metabólicas. Existe un riesgo elevado para personas que tengan una circunferencia abdominal de 102 cm para los hombres y 88 cm para la mujer.

- Sedentarismo: Se considera sedentario a toda persona que no realiza ejercicio físico (caminata rápida, trote o andar en bicicleta) un mínimo de tres veces por semana, con un tiempo mínimo de 30 minutos. Según un estudio realizado por el ministerio de salud durante el año 2000 se dio a conocer la cantidad de actividad física que realiza la población en relación al rango de edad al cual pertenece, claramente se puede apreciar que la población en Chile es bastante sedentaria. En la figura 7 se puede apreciar claramente lo antes mencionado.

Figura 23: Distribución de la Población que realiza actividad física 3 o más veces por semana, según tramo de edad (Año 2000 / % de personas).



Fuente: Ministerio de Salud (2000).

- **Presión Arterial:** Es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de las arterias. Cada vez que el corazón late, bombea sangre hacia las arterias. En ese momento, su presión es más alta. Esto es la presión sistólica. Cuando su corazón está en reposo, entre un latido y otro, la presión sanguínea disminuye. A esto se llama la presión diastólica.

En la lectura de la presión arterial se utilizan estos dos valores, las presiones sistólica y diastólica. La lectura con valores de:

- ❖ 119/79 o menos son normales
 - ❖ 140/90 o más indican hipertensión arterial
 - ❖ Entre 120 y 139 para el número más elevado, o entre 80 y 89 para el número más bajo es pre hipertensión.
-
- **Diabetes Mellitus tipo II:** Es un desorden metabólico crónico caracterizado por niveles persistentemente elevados de glucosa en la sangre, como consecuencia de una alteración de la insulina. La Diabetes Mellitus tipo 2 se caracteriza por resistencia insulínica, que habitualmente se acompaña de un déficit relativo de insulina. Esto implica que las personas que poseen esta enfermedad tienen el doble de riesgo de sufrir un accidente cardiovascular. Es diagnosticada mediante un examen de glicemia, existen tres criterios que fueron establecidos en el año 1997 por la Asociación Americana de Diabetes para diagnosticar la diabetes mellitus Tipo II.
 - ❖ Glicemia al azar ≥ 200 mg/dL.
 - ❖ Glicemia en ayunas repetida ≥ 126 mg/dL.
 - ❖ Glicemia a las dos horas postcarga de 75 gramos de glucosa ≥ 200 mg/dL (Test de Tolerancia a la glucosa).
 - **Dislipidemias:** son factores de riesgo mayor y modificables, se caracterizan por alteraciones en la cantidad de grasa en la sangre, entre estos se encuentran:

- ❖ **Colesterol Total:** Es una medida aproximada de todo el colesterol y los triglicéridos en la sangre. El colesterol es una sustancia suave y serosa que se encuentra en todas partes del cuerpo. El cuerpo necesita un poco de colesterol para funcionar adecuadamente; pero demasiado colesterol puede obstruir las arterias y lleva a cardiopatía. El colesterol total debe ser <200mg/dl
- ❖ **Colesterol LDL:** Lipoproteína de baja densidad (LDL): se encargan de transportar nuevo colesterol desde el hígado a todas las células de nuestro organismo. Su rango normal debe ser de <130 mg/dl.
- ❖ **Colesterol HDL:** El colesterol HDL es en realidad una lipoproteína de alta densidad, recoge el colesterol no utilizado y lo devuelve al hígado para su almacenamiento o excreción al exterior a través de la bilis. Su rango normal debe ser > 40 mg/dl.
- ❖ **Triglicéridos:** Los triglicéridos son un tipo de grasa presente en el torrente sanguíneo y en el tejido adiposo. Un exceso en este tipo de grasa puede contribuir al endurecimiento y el estrechamiento de las arterias. Eso lo pone en riesgo de tener un infarto o un ataque cerebral. Su rango normal es <150mg/dl.

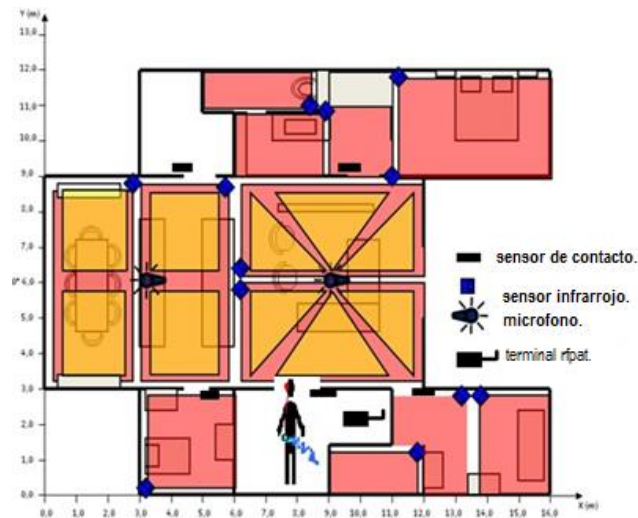
ANEXO: Aplicaciones de Fusión de Información.

Sistema de Telemonitorización de Salud en el Hogar con Lógica Difusa:

Una de las aplicaciones en donde se utilizó fusión de información es en la creación de un sistema de tele vigilancia médica en el hogar, específicamente en los países más desarrollados, debido a que las personas mayores son el segmento que más rápido crecimiento presenta actualmente. La población de Francia continúa envejeciendo de manera significativa, según un estudio reciente llevado a cabo por el Instituto Nacional Francés de Estadística y Estudios Económicos (INSEE). El envejecimiento de la población y el aumento de la esperanza de vida han dado lugar a nuevos modelos de envejecimiento donde la tecnología desempeña un papel importante en el control de la calidad de vida, mediante la detección o incluso la predicción de eventos adversos. Como solución a esta problemática se propuso un sistema automático de vigilancia de la salud en el hogar y de esta forma brindar seguridad y satisfacción a las necesidades de las personas mayores.

El sistema de tele monitorización contiene una plataforma multimodal con sensores de contacto e infrarrojo además de micrófonos, que se ubican en lugares claves de la vivienda permitiendo tener una visión completa y bien controlada de los datos e información que se recibe, en la figura 24 se puede observar la ubicación de estos implementos de monitoreo dentro de una vivienda. Además, contiene antecedentes fisiológicos de las personas y datos de comportamiento, sonidos ambientales, y los conocimientos médicos.

Figura 24: Disposición de los Sensores en el Hogar



Fuente: Medjahed et al. (2011).

Cada modalidad se procesa y se analiza mediante algoritmos específicos. Un enfoque de fusión de datos basado en la Lógica Difusa con un conjunto de normas dirigidas por recomendaciones médicas, se utiliza para fusionar las diferentes salidas del subsistema. Esta fusión multimodal aumenta la fiabilidad de todo el sistema mediante la detección de varias situaciones de peligro. Los métodos de fusión de la lógica difusa aportan una gran flexibilidad a la plataforma de tele monitorización especialmente en la combinación de modalidades o la adición de otros sensores. El sistema de tele monitorización propuesta garantiza la vigilancia omnipresente en el hogar de la salud para las personas de edad avanzada.

La tele monitorización automática de salud en el hogar, recoge la información de salud automáticamente con la ayuda de sensores, y es procesada por algoritmos especiales y fusionados con el fin de tomar decisiones acertadas acerca de las personas mayores que viven solas en casa.

El método de fusión de datos multimodal propuesto basado en la lógica difusa representa una herramienta rápida y fácil para la interpretación del proceso de toma de datos, incluso permite la detección rápida de errores. El impacto de las características de entrada es importante en el proceso de decisión final. Es posible aumentar aún más el rendimiento

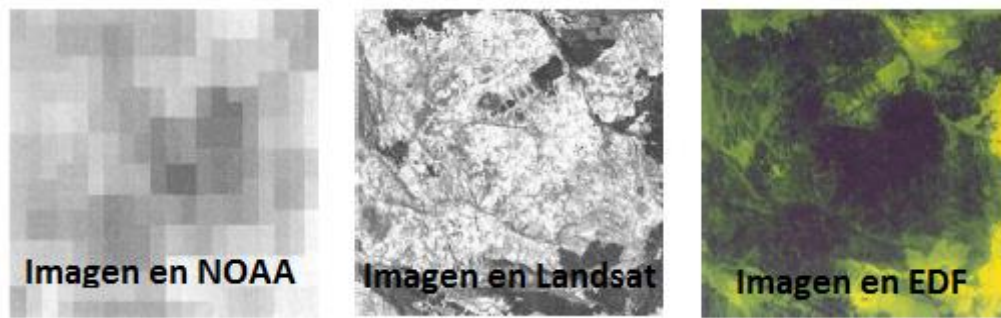
mediante la adición de variables de entrada más relacionada y con más datos para enriquecer el conocimiento en las reglas.

El módulo de decisión de lógica difusa refuerza la detección segura de los mayores eventos de socorro persona y su localización. Lo cual constituye un gran activo para el sistema (Medjahed et al. 2011).

Fusión de Datos en Teledetección:

En los últimos 10 años ha aparecido un conjunto de metodologías para realizar operaciones de fusión de información. Con el cual se pretende obtener de imágenes de diferente resolución espacial, espectral y radiométrica productos de imágenes complementarias. La idea de utilizar este método en la teledetección es la mejora de ciertas características de la imagen (resolución, cobertura, etc.). Una de ellas es la mejora de las imágenes pancromáticas espaciales SPOT (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite para la Observación de la Tierra) en donde una imagen de 10 m de resolución espacial, 1 canal, con fusión de datos se logre combinar y entregar imágenes multiespectrales de 20 m de resolución espacial con 3 canales. Durante el año 2001 se realizaron comparaciones de imágenes espaciales entregadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), los Landsat, que son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por Estados Unidos para la observación en alta resolución de la superficie terrestre y el método de fusión de datos que se utilizó, el cual fue: Fusión de Datos mediante Entropía. (Entropy Data Fusion, EDF). La revista de teledetección afirma que los resultados obtenidos fueron realmente asombrosos, ya que la calidad de la imagen espacial se mejoró en gran parte, en la figura 25 se puede apreciar de mejor forma esta evolución de las imágenes (Tapiator et al. 2001).

Figura 25: Evolución de las Imágenes Espaciales.

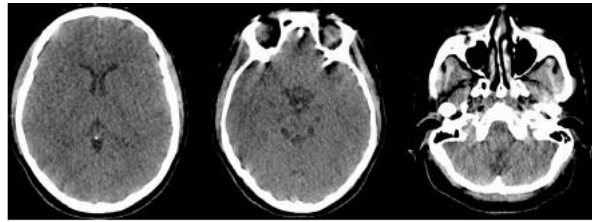


Fuente: Tapiator et al. (2001)

Fusión de Datos para el Tratamiento de Metástasis Cerebrales en Radioterapia:

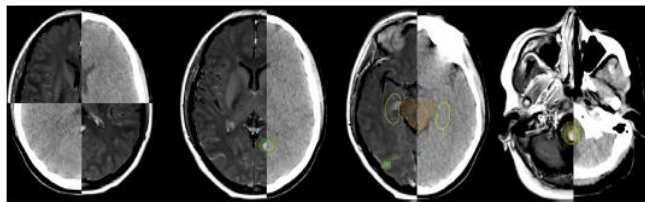
Las metástasis cerebrales constituyen la complicación neurológica más frecuente del cáncer. Es necesario evaluar exhaustivamente a la persona para dar inicio al tratamiento con radioterapia, para eso es necesario delimitar los volúmenes del cerebro a tratar y los órganos sanos para poder administrar la dosis adecuada para cada persona dependiendo de la complicación que tenga. Las imágenes de simulación obtenidas mediante tomografía axial computarizada (TAC) son estándar para uso en los sistemas empleados en los tratamientos de radioterapia. Una de las limitaciones es su bajo contraste y poca especificidad para la identificación y caracterización de lesiones tumorales y alguna estructura del sistema nervioso central. Los nuevos algoritmos creados a partir de la fusión de información implementados en los sistemas de planificación de radioterapia han permitido realizar la fusión de imágenes entre Resonancia Magnética y TAC (Alwers et al. 2015). A continuación se presentan las comparaciones de imágenes y la fusión de estas en las figuras 26, 27 y 28.

Figura 26: Imágenes de TAC de Simulación.



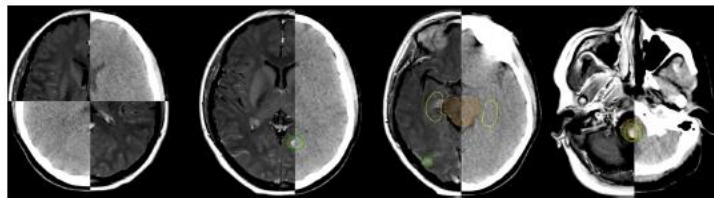
Fuente: Alwers et al. (2015).

Figura 27: Imágenes de Resonancia Magnética.



Fuente: Alwers et al. (2015).

Figura 28: Imágenes de Fusión de TAC y Resonancia Magnética.



Fuente: Alwers et al. (2015).

ANEXO: Conceptos Básicos, Teoremas y Axiomas.

Para el cálculo de probabilidades se deben considerar los Axiomas y Teoremas. Los axiomas de probabilidad son las condiciones mínimas que deben verificarse para que una función definida sobre un conjunto de sucesos determine sus probabilidades. Fueron formulados por Kolmogórov en 1933. Este análisis considera los siguientes axiomas:

Axiomática de Kolmogorov:

- Primer axioma: La probabilidad de un suceso A es un número real mayor o igual que 0.

$$P(A) \geq 0 \dots (31)$$

- Segundo Axioma: La probabilidad del total de sucesos, Ω , es igual a 1, es decir,

$$P(\Omega) = 1 \dots (32)$$

- Tercer Axioma: Si A y B son eventos mutuamente excluyentes, entonces,

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \dots (33)$$

Según este axioma se puede calcular la probabilidad de un suceso compuesto de varias alternativas mutuamente excluyentes sumando las probabilidades de sus componentes. Si se tienen n eventos mutuamente excluyentes o exclusivos $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, entonces, se tiene:

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots) = \sum (P_i) \dots (34)$$

Teoremas:

- Teorema 1: Si Φ es un evento nulo o vacío, entonces la probabilidad de que ocurra Φ debe ser cero.

$$P(\Phi)=0 \dots (35)$$

Demostración: Si sumamos a Φ un evento A cualquiera, como Φ y A son dos eventos mutuamente excluyentes, entonces $P(A \cup \Phi) = P(A) + P(\Phi) = P(A)$.

- Teorema 2: La probabilidad del complemento de A , A^c debe ser,

$$P(A^c) = 1 - P(A) \dots (36)$$

Demostración: Si el espacio muestral Ω se divide en dos eventos mutuamente exclusivos, A y A^c luego $\Omega = A \cup A^c$, por tanto $P(\Omega) = P(A) + P(A^c)$ y como en el axioma dos se afirma que $P(\Omega) = 1$, por tanto, $P(A^c) = 1 - P(A)$.

- Teorema 3: Si un evento $A \subseteq B$, entonces :

$$P(A) \leq P(B) \dots (37)$$

Demostración: Si separamos el evento B en dos eventos mutuamente excluyentes, A y $B \setminus A$ (B menos A), por tanto, $B = A \cup (B \setminus A)$ y $P(B) = P(A) + P(B \setminus A)$, luego entonces si $P(B \setminus A) \geq 0$ entonces se cumple que $P(A) \leq P(B)$.

- Teorema 4: La $P(A \setminus B) = P(A) - P(A \cap B)$.

Demostración: Si A y B son dos eventos cualquiera, entonces el evento A se puede separar en dos eventos mutuamente excluyentes, $(A \setminus B)$ y $A \cap B$, por tanto,

$A = (A \setminus B) \cup (A \cap B)$, luego $P(A) = P(A \setminus B) + P(A \cap B)$, entonces,

$$P(A \setminus B) = P(A) - P(A \cap B) \dots (38)$$

- Teorema 5: Para dos eventos A y B , $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$.

Demostración: Si $A \cup B = (A \setminus B) \cup B$, donde $(A \setminus B)$ y B son eventos mutuamente excluyentes, por lo que $P(A \cup B) = P(A \setminus B) + P(B)$ y del teorema anterior tomamos que $P(A \setminus B) = P(A) - P(A \cap B)$, por tanto,

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \dots (39)$$

Cabe destacar que estos Axiomas y Teoremas solo indican cómo se deben combinar las probabilidades para efectuar un tipo de cálculo determinado. Para aplicarlos es necesario tener un contexto de problemática para poder definir $P(A)$ (Hernández, 2012).

ANEXO A: Test de Dependencia a la Nicotina de Fagerstrom.

Test de dependencia a la Nicotina de Fagerstrom			
1	¿Cuántos cigarrillos fuma al día?	<input type="checkbox"/> 10 o menos <input type="checkbox"/> 11 a 20 <input type="checkbox"/> 21 a 30 <input type="checkbox"/> 31 o más	0 1 2 3
2	¿Cuánto tiempo pasa desde que se levanta hasta que fuma su primer cigarrillo?	<input type="checkbox"/> Menos de 15 minutos <input type="checkbox"/> 16 a 30 minutos <input type="checkbox"/> 31 a 60 minutos <input type="checkbox"/> más de 60 minutos	3 2 1 0
3	¿Fuma más en las mañanas?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	1 0
4	¿Tiene dificultad para no fumar en lugares donde está prohibido?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	1 0
5	¿A qué cigarrillo le costaría más renunciar?	<input type="checkbox"/> El primero del día. <input type="checkbox"/> Cualqueter otro	1 0
6	¿Fuma aunque esté enfermo y tenga que pasar la mayor parte del tiempo en cama?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	1 0
Puntaje total			
Puntaje: 0 - 2 Dependencia muy baja 3 - 4 Dependencia baja 5 Dependencia moderada 6 - 7 Dependencia alta 8 - 10 Dependencia muy alta		El test de Fagerström evalúa el grado de adicción a la nicotina. Se trata de contestar honestamente las preguntas y sumar el puntaje asignado para cada respuesta.	

ANEXO B: Tabla Relación Peso/ Talla.

Altura [mts.]	Mujeres						Hombres					
	Pequeña		Mediana		Grande		Pequeño		Mediano		Grande	
	Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1.5	45.00	47.25	46.13	50.63	47.25	52.88	45.00	50.18	48.38	55.40	50.63	56.25
1.52	46.21	48.52	47.36	51.98	48.52	54.29	46.21	51.52	49.67	56.88	51.98	57.76
1.54	47.43	49.80	48.62	53.36	49.80	55.73	47.43	52.89	50.99	58.39	53.36	59.29
1.56	48.67	51.11	49.89	54.76	51.11	57.19	48.67	54.27	52.32	59.92	54.76	60.84
1.58	49.93	52.42	51.18	56.17	52.42	58.67	49.93	55.67	53.67	61.46	56.17	62.41
1.6	51.20	53.76	52.48	57.60	53.76	60.16	51.20	57.09	55.04	63.03	57.60	64.00
1.62	52.49	55.11	53.80	59.05	55.11	61.67	52.49	58.52	56.42	64.61	59.05	65.61
1.64	53.79	56.48	55.14	60.52	56.48	63.21	53.79	59.98	57.83	66.22	60.52	67.24
1.66	55.11	57.87	56.49	62.00	57.87	64.76	55.11	61.45	59.25	67.84	62.00	68.89
1.68	56.45	59.27	57.86	63.50	59.27	66.33	56.45	62.94	60.68	69.49	63.50	70.56
1.7	57.80	60.69	59.25	65.03	60.69	67.92	57.80	64.45	62.14	71.15	65.03	72.25
1.72	59.17	62.13	60.65	66.56	62.13	69.52	59.17	65.97	63.61	72.84	66.56	73.96
1.74	60.55	63.58	62.07	68.12	63.58	71.15	60.55	67.52	65.09	74.54	68.12	75.69
1.76	61.95	65.05	63.50	69.70	65.05	72.79	61.95	69.08	66.60	76.26	69.70	77.44
1.78	63.37	66.54	64.95	71.29	66.54	74.46	63.37	70.66	68.12	78.01	71.29	79.21
1.8	64.80	68.04	66.42	72.90	68.04	76.14	64.80	72.25	69.66	79.77	72.90	81.00
1.82	66.25	69.56	67.90	74.53	69.56	77.84	66.25	73.87	71.22	81.55	74.53	82.81
1.84	67.71	71.10	69.40	76.18	71.10	79.56	67.71	75.50	72.79	83.35	76.18	84.64
1.86	69.19	72.65	70.92	77.84	72.65	81.30	69.19	77.15	74.38	85.18	77.84	86.49
1.88	70.69	74.22	72.46	79.52	74.22	83.06	70.69	78.82	75.99	87.02	79.52	88.36
1.9	72.20	75.81	74.01	81.23	75.81	84.84	72.20	80.50	77.62	88.88	81.23	90.25
1.92	73.73	77.41	75.57	82.94	77.41	86.63	73.73	82.21	79.26	90.76	82.94	92.16
1.94	75.27	79.04	77.15	84.68	79.04	88.44	75.27	83.93	80.92	92.66	84.68	94.09
1.96	76.83	80.67	78.75	86.44	80.67	90.28	76.83	85.67	82.59	94.58	86.44	96.04
1.98	78.41	82.33	80.37	88.21	82.33	92.13	78.41	87.42	84.29	96.52	88.21	98.01
2	80.00	84.00	82.00	90.00	84.00	94.00	80.00	89.20	86.00	98.48	90.00	100.00
2.02	81.61	85.69	83.65	91.81	85.69	95.89	81.61	90.99	87.73	100.46	91.81	102.01
2.04	83.23	87.39	85.31	93.64	87.39	97.80	83.23	92.80	89.47	102.46	93.64	104.04
2.06	84.87	89.12	86.99	95.48	89.12	99.72	84.87	94.63	91.24	104.48	95.48	106.09
2.08	86.53	90.85	88.69	97.34	90.85	101.67	86.53	96.48	93.02	106.52	97.34	108.16

ANEXO C: Puntuación Framingham.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO CV A 10 AÑOS EN VARONES
Tabla B1 (Puntaje Framingham)

Grupos de edad (años)	Puntos
20-34	-9
35-39	-4
40-44	0
45-49	3
50-54	6
55-59	8
60-64	10
65-69	11
70-74	12
75-79	13

Puntos					
Colesterol total	Edad 20-39 y	Edad 40-49 y	Edad 50-59 y	Edad 60-69 y	Edad 70-79 y
< 160	0	0	0	0	0
160-199	4	3	2	1	0
200-239	7	5	3	1	0
240-279	9	6	4	2	1
≥280	11	8	5	3	1

Puntos					
Edad 20-39 y	Edad 40-49 y	Edad 50-59 y	Edad 60-69 y	Edad 70-79 y	
No fumador	0	0	0	0	0
Fumador	8	5	3	1	1

HDL, mg/dL	Puntos
≥ 60	-1
50-59	-0
40-49	1
< 40	2

PA Sistólica	No Tratada	Tratada
< 120	0	0
120-129	0	1
130-139	1	2
140-159	1	2
≥ 160	2	3

Puntaje Total	Puntos
< 0	< 1
0	1
1	1
2	1
3	1
4	1
5	2
6	2
7	3
8	4
9	5
10	6
11	8
12	10
13	12
14	16
15	20
16	25
≥ 17	≥ 30

ESTIMACIÓN DEL RIESGO CV A 10 AÑOS EN MUJERES
Tabla B1 (Puntaje Framingham)

Grupos de edad (años)	Puntos
20-34	-7
35-39	-3
40-44	0
45-49	3
50-54	6
55-59	8
60-64	10
65-69	12
70-74	14
75-79	16

Puntos					
Colesterol total	Edad 20-39 y	Edad 40-49 y	Edad 50-59 y	Edad 60-69 y	Edad 70-79 y
< 160	0	0	0	0	0
160-199	4	3	2	1	0
200-239	7	5	3	1	0
240-279	9	6	4	2	1
≥ 280	11	8	5	3	1

Puntos					
Edad 20-39 y	Edad 40-49 y	Edad 50-59 y	Edad 60-69 y	Edad 70-79 y	
No fumador	0	0	0	0	0
Fumador	9	7	4	2	1

HDL, mg/dL	Puntos
≥ 60	-1
50-59	-0
40-49	1
< 40	2

PA Sistólica	No Tratada	Tratada
< 120	0	0
120-129	0	1
130-139	1	2
140-159	1	2
≥ 160	2	3

Puntaje Total	Puntos
< 9	< 1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	2
14	2
15	3
16	4
17	5
18	6
19	8
20	11
21	14
22	17
23	22
24	27
≥ 25	≥ 30

Hombres

No Fumadores

mg/dl <100 100 150 200 250 >250

<100	100	150	200	250	>250
3	6	7	9	10	
3	5	6	8	9	
2	4	5	7	8	
2	3	4	5	6	
2	3	4	5	6	
2	4	4	6	7	
2	3	4	5	6	
2	3	3	4	5	
1	2	3	3	4	
1	2	3	3	4	
2	3	3	4	4	
1	2	3	4	4	
1	2	2	3	3	
1	1	2	2	2	
1	1	1	2	2	
1	1	1	2	2	

Fumadores

mg/dl <100 100 150 200 250 >250

<100	100	150	200	250	>250
5	9	11	14	17	
5	8	10	13	15	
4	7	8	11	12	
3	5	6	8	9	
3	5	6	8	9	
3	6	7	9	11	
3	5	6	9	10	
3	4	5	7	8	
2	3	4	5	6	
2	3	4	5	6	
2	4	5	6	7	
2	4	4	6	6	
2	3	3	5	5	
1	2	3	4	4	
1	2	3	4	4	
2	3	3	4	5	
1	2	3	4	4	
1	2	2	3	3	
1	2	2	2	3	
1	2	2	2	3	

Edad
65 - 74

Edad
55 - 64

Edad
45 - 54

Edad
35 - 44

Presión arterial sistólica/diastólica (mmHg)

Colesterol

Si el colesterol HDL < 35 mg/dl, el riesgo real=riesgo x 1.5
Si el colesterol HDL ≥ 60 mg/dl, el riesgo real=riesgo x 0.5



Hombres Diabéticos

No Fumadores

mg/dl <100 100 150 200 250 >250

<100	100	150	200	250	>250
5	8	10	13	15	
4	8	9	12	14	
3	6	7	10	11	
3	5	6	8	9	
3	5	6	8	9	
3	5	6	9	10	
3	5	6	8	9	
2	4	5	6	7	
2	3	4	5	6	
2	3	4	5	6	
2	4	4	6	6	
2	3	4	5	6	
2	3	3	4	5	
1	2	2	3	4	
1	2	2	3	4	
1	2	2	3	4	
1	2	2	3	4	

Fumadores

mg/dl <100 100 150 200 250 >250

<100	100	150	200	250	>250
7	13	16	24	28	
7	12	14	19	22	
6	10	12	16	18	
4	8	9	12	14	
4	8	9	12	14	
5	9	10	14	16	
4	8	9	13	14	
4	6	8	10	12	
3	5	6	8	9	
3	5	6	8	9	
3	6	7	9	10	
3	5	6	8	0	
2	4	5	7	8	
2	3	4	5	6	
2	3	4	5	6	
2	4	4	6	7	
2	3	3	4	5	
1	2	2	3	4	
1	2	2	3	4	
2	4	4	6	7	
2	3	4	5	6	
2	3	3	4	5	
1	2	3	3	4	
1	2	2	3	4	

Edad
65 - 74

Edad
55 - 64

Edad
45 - 54

Edad
35 - 44

Presión arterial sistólica/diastólica (mmHg)

Colesterol

Si el colesterol HDL < 35 mg/dl, el riesgo real=riesgo x 1.5
Si el colesterol HDL ≥ 60 mg/dl, el riesgo real=riesgo x 0.5

