

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO
DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES

**“LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO EN LAS AFORES
UTILIZANDO UN SISTEMA COMPUTARIZADO DESARROLLADO
EN VISUAL BASIC”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Presenta:

P.L.S.C Juan Ignacio Ramírez Ángeles

Director:

M. en I. Jaime Garnica González

Pachuca de Soto, Hidalgo. Marzo 2007

AGRADECIMIENTOS

Por darme su bendición, por ponerme en éste camino y por darme la fortaleza para seguir adelante. **A Dios.**

A lo largo de la vida cada individuo necesita una guía y la mano más cercana que siempre encuentras, porque sabes que nunca fallara. Es así que me atrevo a evocar el agradecimiento más infinito para ustedes, ya que sin la entera luz que iluminan mi camino no sería el mismo. **Gracias PAPA Y MAMA.**

A quien que como pareja me ha impulsado para lograr terminar este trabajo de investigación, ya que su cariño y comprensión me han fortalecido para llevar a cabo esta investigación. **A mi esposa Karina.**

Para quienes siempre tienen una sonrisa para demostrar el apoyo que todos necesitamos, cuando nos encontramos estudiando o realizando nuestro trabajo para titularnos. **Mis hermanos, sobrinos y cuñadas.**

A quien durante la universidad me apoyo de alguna forma para poder terminar mi carrera. **Mi tío Modesto.**

Más que un pensamiento, un reconocimiento a mi alma mater **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**, ya que durante mi estancia en ella, la vi crecer tanto intelectualmente, como materialmente, hasta llegar a convertirse en un símbolo de la educación superior de nuestro Estado.

A todos mis catedráticos, sin los cuales nunca hubiera podido lograr un avance concreto a lo largo de mis estudios universitarios, su vehemencia al depositar sus conocimientos en sus alumnos nos hace más fuertes al incluirnos en el campo laboral. **Gracias a todos ELLOS.**

Para todos mis sinodales que tuvieron el preciso cuidado para denotar las fallas en el presente trabajo y con una mano suave, lograr que viera la luz e iluminara la continuación de mis estudios. **Gracias a ustedes.**

Una mención muy especial a mi asesor **Maestro en Ingeniería Jaime Garnica Gonzáles**, por la atención que presto para la realización de esta investigación, y más aun por la amistad que me brindo durante mi estancia en la Universidad.

DEDICATORIA

Quiero brindar este logro, a quienes con todo su esfuerzo han sacrificado gran parte de su vida para darme la mejor herencia que yo he podido recibir. A quienes me han dado todo su amor, y su ilusión más grande ha sido verme como una persona de provecho, y a quienes nunca podré pagar todo lo que me han dado y hecho por mí.

GRACIAS MAMÁ Y PAPÁ

De la misma forma brindo éste trabajo, a quien también ha sido una luz que pronto brillara puesto que esta próximo a llegar. Ojalá que cuando tengo uso de razón se sienta orgulloso al igual que yo, por ser quien soy. **Dedico especialmente éste trabajo a mi hijo.**

Introducción	xiii
Objetivo General	xv
Objetivos Particulares	xv
Justificación	xv
Metodología del trabajo	xvii

**CAPÍTULO 1
TOMA DE DECISIONES**

1.1 Introducción a la toma de decisiones	1
1.1.1 Características y fases del proceso de decisión	2
1.1.2 Clasificación del proceso de decisión	2
1.1.3 Elementos de un problema de decisión	3
1.1.4 Las decisiones multicriterio	3
1.1.5 Características de un problema estructurado	4
1.1.6 Métodos multicriterio discretos	4
1.1.7 Fundamentos básicos de los métodos de sobreclasificación	5
1.1.8 Método de las jerarquías analíticas ó método PAJ	5
1.1.9 Características de los árboles de decisión	7
1.1.10 Pasos a seguir para tomar una buena decisión	8
1.1.11 Ventajas de manejar modelos matemáticos como herramientas de decisión	8
1.1.12 Pasos para el proceso de toma de decisiones	9
1.2 Jerarquización de decisiones	10
1.2.1 Las jerarquías una herramienta de la mente	10
1.2.2 Clasificación de las jerarquías	11
1.2.3 Desarrollo de las jerarquías	11
1.2.4 Diseño de la jerarquía	12
1.2.5 Evaluación de la jerarquía	13
1.2.6 Clasificación de modelos multicriterios	13
1.2.7 Métodos de decisión multicriterio discretos	14
1.2.8 Escalas de medición	15
1.2.9 Relaciones binarias de sobreclasificación	17
1.3 Métodos para la jerarquización de decisiones	17
1.3.1 ¿Qué es el proceso de análisis jerárquico?	18
1.4 Referencia de las Afores y la toma de decisiones multicriterio	20

**CAPÍTULO 2
PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO**

2.1 Introducción	24
2.2 Antecedentes	25

2.2.1	Cinco características principales del PAJ	26
2.2.2	Ventajas del PAJ frente a otros métodos de decisión Multicriterio	27
2.2.3	El proceso de análisis jerárquico (PAJ) original	27
2.3	Procedimiento	28
2.3.1	Primera etapa: Representación del problema	29
2.3.1.1	Identificación del problema	30
2.3.1.2	Definición del objetivo	30
2.3.1.3	Identificación de criterios	30
2.3.1.4	Identificación de alternativas	31
2.3.2	Segunda etapa: Evaluación de los criterios de valoración	32
2.3.2.1	Evaluación del problema	33
2.3.2.2	Establecimiento de las prioridades	33
2.3.2.3	Emisión de juicios y las evaluaciones	33
2.3.2.4	Resultado final	35
2.3.2.5	Síntesis	36
2.3.2.6	Análisis de sensibilidad	36
2.3.2.7	Base matemática del PAJ	37
2.3.2.8	Cálculo de la razón de inconsistencia	39
2.3.3	Tercera etapa: Evaluación de las alternativas	41
2.3.3.1	Selección de la medida	41
2.3.3.2	La medida relativa	41
2.3.3.3	La medida absoluta	42
2.3.4	Cuarta etapa: Jerarquización de alternativas	42
2.3.4.1	Principios de un pensamiento analítico	42
2.3.4.2	Desarrollo de jerarquías	42
2.3.4.3	Asignación de prioridades	43
2.3.4.4	Consistencia lógica	43
2.3.4.5	Metodología numérica del PAJ	43
2.3.4.6	Asignación de valores y síntesis de prioridades	44
2.3.4.7	Obtención de prioridades relativas	44
2.4	Sugerencias y Recomendaciones	45
2.5	Ejemplos	47
2.5.1	Ejemplo 1: Elegir un tipo de automóvil	48
2.5.2	Ejemplo 2: Bienestar total (Psicológico)	51
2.5.3	Ejemplo 3: Selección de una Afore	54

CAPÍTULO 3 CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE

3.1	El software	68
3.1.1	Características del software	68
3.1.2	Componentes del software	70
3.1.3	Aplicaciones del software	70
3.2	Desarrollo del software	71
3.2.1	Definición del problema	71
3.2.2	Metas y requisitos	72

3.2.3 Planeación del proceso de desarrollo	72
3.3 Ciclo de vida de los sistemas	73
3.3.1 Fase I	73
3.3.2 Fase II	75
3.3.3 Fase III	81
3.3.3.1 Plataforma	81
3.3.3.2 Especificaciones de requisitos de hardware y software	81
3.3.3.3 Descripción general del sistema	81
a) Acceso al sistema	81
b) Agregar o quitar criterios	83
c) Agregar o quitar alternativas	84
d) Aplicación PAJ	85
e) Ver últimos resultados	86
f) Imprimir resultado	87
g) Configurar impresora	89
h) Árbol jerárquico	90
i) Tabla guía	91
j) Acerca de	92
k) Salir	93
3.3.4 Fase IV	93
3.3.5 Fase V	95
3.3.6 Fase VI	98

CAPÍTULO 4 FUNCIONAMIENTO DE AHP-AFORE, A TRAVÉS DE UN CASO PRÁCTICO.

4.1 Introducción	100
4.2 Evaluación del sistema AHP-AFORE	103
Paso 1: Jerarquización	103
Paso 2: Construcción de matrices de comparación por pares	103
Paso 3: Procedimiento para sintetizar juicios	110
Paso 4: La estimación de los radios para criterios y alternativas	115
Paso 5: Selección de las alternativas	120
CONCLUSIONES	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
Documentos impresos	125
Documentos electrónicos	126

GLOSARIO	G-1
-----------------	-----

ANEXOS	A-1
---------------	-----

	A-2
--	-----

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

PÁGINA

FIGURAS:

CAPÍTULO 1

TOMA DE DECISIONES

1.1 Árbol de decisión	7
1.2 Proceso en la toma de decisiones	8
1.3 Diseño de la jerarquía	12

CAPÍTULO 2

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

2.1 T. L. Saaty	24
2.2 Modelo conceptual del procedimiento de jerarquización analítica	28
2.3 Modelo jerárquico para la toma de decisiones con el PAJ	29
2.4 Representación jerárquica para elegir el mejor destino turístico	31
2.5 Jerarquía de bienestar total psicológico	52
2.6 Jerarquización analítica del estudio de caso	54
2.7 Estimación de verificación del radio de consistencia para los criterios	62
2.8 Las alternativas en el criterio de comisión	63
2.9 Las alternativas en el criterio de rendimiento	64
2.10 Las alternativas en el criterio de rentabilidad	65
2.11 Las alternativas en el criterio de estado de cuenta	66

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE

3.1 Diagrama de especificación modular	77
3.2 Diagrama de flujo para el módulo método	78
3.3 Diagrama de flujo para el módulo herramientas	79
3.4 Diagrama de flujo para el módulo utilerías	79
3.5 Diagrama de flujo para el módulo ayuda	80
3.6 Diagrama de flujo para el módulo acerca de	80
3.7 Pantalla de acceso al sistema	82
3.8 Pantalla de inicio de sesión	82
3.9 Pantalla error de contraseña	82
3.10 Pantalla submenú agregar criterios	83
3.11 Pantalla criterios	83
3.12 Pantalla submenú agregar alternativas	84
3.13 Pantalla alternativas	84
3.14 Pantalla submenú aplicación PAJ	85

3.15 Pantalla de razón de inconsistencia	85
3.16 Pantalla comparación de criterios	86
3.17 Pantalla submenú ver último resultado	87
3.18 Pantalla último resultado	87
3.19 Pantalla submenú imprimir resultado	87
3.20 Pantalla aviso de impresión	88
3.21 Pantalla error de impresión	88
3.22 Pantalla submenú configurar impresora	89
3.23 Pantalla configurar impresión	89
3.24 Pantalla submenú árbol jerárquico	90
3.25 Pantalla árbol jerárquico	90
3.26 Pantalla submenú tabla guía	91
3.27 Pantalla tabla guía	91
3.28 Pantalla submenú acerca de	92
3.29 Pantalla acerca de	92
3.30 Pantalla submenú salir	93

CAPÍTULO 4

FUNCIONAMIENTO DE AHP-AFORE, A TRAVÉS DE UN CASO PRÁCTICO

4.1 Jerarquización	103
4.2 Selección de criterios	104
4.3 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios	104
4.4 Comparación de criterios	105
4.5 Selección de alternativas	105
4.6 Matriz de comparación por pares normalizada de rendimiento de siefore real (últimos 36 meses)	106
4.7 Comparación de alternativas en base a criterio rendimiento de Siefore real (últimos 36 meses)	106
4.8 Matriz de comparación por pares normalizada de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones	107
4.9 Comparación de alternativas en base al criterio tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones	107
4.10 Matriz de comparación por pares normalizada de comisión equivalente sobre saldo a un año	108
4.11 Comparación de alternativas en base al criterio comisión equivalente sobre saldo a un año	108
4.12 Matriz de comparación por pares normalizada de servicios que ofrece	109
4.13 Comparación de alternativas en base al criterio servicios que ofrece	109
4.14 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios	110
4.15 Prioridades de comparación por pares de criterios	111
4.16 Matriz de comparación por pares normalizada de rendimiento de Siefore real (últimos 36 meses)	111

4.17 Prioridades de comparación por pares de rendimiento de siefore real (últimos 36 meses)	112
4.18 Matriz de comparación por pares normalizada de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones	112
4.19 Prioridades de comparación por pares de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones	113
4.20 Matriz de comparación por pares normalizada de comisión equivalente sobre saldo a un año	113
4.21 Prioridades de comparación por pares de comisión equivalente Sobre saldo a un año	114
4.22 Matriz de comparación por pares normalizada de servicios que ofrece	114
4.23 Prioridades de comparación por pares de servicios que ofrece	115
4.24 Estimación de verificación del radio de consistencia para los criterios	115
4.25 Estimación de verificación del radio de consistencia para rendimiento real neto de comisiones	116
4.26 Estimación de verificación del radio de consistencia para tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones	117
4.27 Estimación de verificación de radio de consistencia para comisión equivalente sobre saldo a un año	118
4.28 Estimación de verificación de radio de consistencia para servicios que ofrece	119
4.29 Jerarquización de las alternativas	120
4.30 Grafica de alternativas que muestra la mejor opción de las diferentes afores evaluados por el usuario para esta prueba	121

ANEXO A PLANEACIÓN DE UN PROYECTO DE PROGRAMACIÓN

Modelo de ciclo de vida clásico	A-5
---------------------------------	-----

TABLAS:

1. Proporción de trabajadores registrados respecto al mercado potencial (últimos doce meses)	xvii
--	------

CAPÍTULO 2 PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO

2.1 Escala de Saaty	34
2.2 Matriz de comparación por pares del cobro de comisión	55
2.3 Matriz de comparación por pares, muestra el rendimiento nominal	55
2.4 Matriz de comparación por pares, muestra rentabilidad acumulada	56
2.5 Matriz de comparación por pares, muestra envío de estado de cuenta	56

2.6 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios	57
2.7 Prioridades para cada matriz de comparación por pares	57
2.8 Matriz de comparación por pares normalizada del cobro de comisión	58
2.9 Prioridades para cada matriz de comparación por pares	58
2.10 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra el rendimiento nominal	59
2.11 Prioridades para cada matriz de comparación por pares	59
2.12 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra la rentabilidad acumulada	60
2.13 Prioridades para cada matriz de comparación por pares	60
2.14 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra envío de estado de cuenta	61
2.15 Prioridades para cada matriz de comparación por pares	61
2.16 Jerarquización de alternativas	67

CAPÍTULO 3 CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE

3.1 Factibilidad técnica	73
3.2 Factibilidad económica	74
3.3 Factibilidad operacional	74

INTRODUCCION

Hoy en día una persona que sabe invertir su capital de manera adecuada, sabe de antemano, que puede tener una vejez tranquila, sin preocupaciones, pero sobre todo una vejez en la cual ya no podrá realizar algún trabajo que le remunere dividendos. Una de las tantas formas de asegurar tener una vida tranquila, es conociendo que Afore le conviene más o que Afore le es más de su preferencia, para ello las decisiones son una parte esencial de la vida por lo que en muchas ocasiones nos vemos en la necesidad de decidir entre dos o más opciones; la toma de decisiones abarca todo el proceso que supone tomar decisiones adecuadas y eficaces.

Por otra parte en la actualidad las Administradoras de Fondo de Ahorro para el Retiro (Afore) a través de la Sociedad de Inversión Especializada en Fondos para el Retiro nos permiten administrar el capital que a lo largo de la trayectoria laboral adquirimos. Cada persona es libre de elegir la que más se acerque a sus necesidades, es por ello que se menciona en este trabajo de investigación, el ¿Por qué? y ¿Para qué?, mostrar un caso de estudio relacionado con la toma de decisiones multicriterio en las Afores y al mismo tiempo se hace una remembranza de las Afores y el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

El presente trabajo es una continuación de un proyecto de investigación aplicada, realizado en 2001 por Ibeth Verónica Martínez Borbolla, con la temática de la jerarquización analítica en la decisión de contratar un Afore, en tal proyecto se consideraron diferentes criterios para su selección, tomando como base sus preferencias entre las diferentes alternativas para elegir la mejor Administradora.

Debido a lo aburrido y tedioso que era la recopilación de la información, así como la captura de la misma para poder evaluarla a través de Excel por medio del Proceso de Análisis Jerárquico, consumía demasiado tiempo, que en ocasiones era factor para no consultar la herramienta; lo que anteriormente se menciona evitaba que la herramienta tuviera una mayor proyección.

Es por ello que se retoma tal proyecto, profundizando más en la información, con esto, la toma de decisiones juega un papel importante, puesto que conociendo su definición, elementos y clasificación, se podrá utilizar el Proceso de Análisis

Jerárquico (PAJ), el cual está diseñado para resolver problemas complejos que involucren multicriterios en la toma de decisiones, facilitándole al usuario la toma de decisiones para elegir la mejor Afore, según sus preferencias y necesidades. Para tales soluciones se presentará el desarrollo de la herramienta de software denominada Sistema AHP-AFORE, con el fin de optimizar el tiempo, para conocer la elección de una Afore, con base a la preferencia de 5 criterios básicos y que todas las administradoras manejan.

Lo que se piensa contestar con este trabajo de tesis es: ***Encontrar una herramienta o instrumento que facilite y minimice la toma de decisiones en la selección de una Administradora de Fondo para el Retiro.*** Dicha herramienta o instrumento, debe permitir la automatización de la toma de decisiones y que muestre la mejor Afore con base a las prioridades del cliente.

Para tal fin, el presente documento se compone de dos partes, la primera (capítulo uno y dos), comprende la descripción de conceptos de la toma de decisiones y Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) a fin de contar con las definiciones pertinentes. La segunda parte (capítulo tres y cuatro), se realiza la selección de la metodología que permitió la construcción del software, así como la puesta en marcha del Sistema AHP-AFORE, con la finalidad de ofrecer una herramienta de software que donde se pueda modelar la aplicación del método de toma de decisiones multicriterio.

El capítulo uno (Toma de decisiones), muestra la clasificación, conceptos, elementos y características de un problema de decisión, para poder entender a qué familia de toma de decisiones pertenece el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

El capítulo dos (Proceso de Análisis Jerárquico), explica y da a conocer cómo se integra el método a través de sus cuatro etapas, para que se mencionen algunos casos tipo.

El capítulo tres (Construcción del software), en él se aplica el modelo lineal secuencial o de cascada, ya que es una metodología que consta de seis fases de fácil entendimiento y aplicación que ayuda a tal realización.

El capítulo cuatro (Funcionamiento de AHP-AFORE, a través de un caso práctico), se lleva a cabo una serie de pruebas que permiten saber que la herramienta de software cumple con las mejoras para reducir el tiempo, mostrar interfaces adecuadas al momento de la evaluación.

Finalmente se presentan las conclusiones de la elaboración de la tesis y los anexos de apoyo para una mejor comprensión de éste trabajo.

OBJETIVO GENERAL

Construir un software que permita la automatización de la toma de decisiones multicriterio con base al modelado de su algoritmo, enfocado a determinar la mejor selección de una Administradora de Fondos para el Retiro con base a las preferencias del cliente.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Exponer de manera breve y simplificada la importancia de las Afores en la actualidad.
2. Presentar los conceptos teóricos fundamentales de la teoría de decisiones.
3. Mostrar la metodología PAJ, para que permita tener un mejor entendimiento de cómo se evalúa y pone en práctica ante distintos problemas tipo.
4. Desarrollar un sistema automatizado que permita tomar decisiones en cuanto a la mejor opción sobre ¿cuál Afore elegir?
5. Ofrecer a los usuarios un software cuya utilización sea sencilla y de funcionamiento confiable.
6. Implementar el software con problemas tipo arrojando resultados.
7. Realizar las conclusiones y recomendaciones que se infieren de la utilización del software.

JUSTIFICACIÓN

A partir de las modificaciones de la ley del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) vigentes a partir del mes de julio de 1997, da inicio el nuevo sistema de pensiones que para su funcionamiento se basa en tener cada asegurado una cuenta individual de ahorro para el retiro, donde se acumularán las cuotas y aportaciones que se realicen entre el patrón, el gobierno y el propio asegurado durante su vida laboral.

Por lo que cada asegurado que cotice al IMSS en el régimen obligatorio voluntario tiene derecho de registrarse libremente en una Administradora de Fondos para el Retiro (Afore) que elija, así como también se considera que tiene derecho de cambiar de Afore cada 12 meses.

Anteriormente, el IMSS se encargaba de recibir y administrar el dinero que se convertiría en una pensión en el momento de jubilarnos y debido a la reciente reestructuración del Instituto se hicieron cambios también al sistema de pensiones. Es así que surgen las Afores para ofrecer mayores ventajas y beneficios a los trabajadores.

En el nuevo sistema de pensiones, los trabajadores pueden administrar el dinero destinado a su pensión, ya que eligen la Afore que mas les conviene y pueden hacer sus aportaciones voluntarias.

Si existieran 2 o 3 Afores, la elección se hace rápida y relativamente fácil, pero actualmente existen 21 Administradoras de Fondos para el Retiro, lo que complica la mejor elección. Por otra parte el trabajador es libre de escoger aquella que ofrezca los mejores servicios, por lo cual en la actualidad aproximadamente el 90% de los clientes de las Afores, la eligieron con base a los aspectos de la mercadotecnia que maneja cada una de ellas, por recomendación de un amigo o pariente o debido a que determinada administradora ofrece los servicios directamente a la empresa.

En la actualidad las Afores han tomado gran importancia, por lo que el carecer de métodos, herramientas o instrumentos que permitan seleccionar la mejor alternativa en el menor tiempo y fácil de realizar, es una oportunidad para el desarrollo de la aplicación del conocimiento. Esto es, que existe una necesidad por satisfacer y por ende la justificación del presente proyecto de investigación aplicada. Basado en un método que permite abordar problemas de toma de decisiones no estructuradas complejas. Esta metodología ha sido probada ampliamente, se apoya básicamente en los conocimientos y experiencias que el usuario posee acerca de la problemática.

Por lo anterior y con base a un estudio denominado: “Un enfoque de sistemas de las administradoras de fondo para el retiro (AFORE), y la aplicación del método de jerarquización analítica (AHP), realizado durante el año 2001, se determinó que existe la necesidad de que los clientes seleccionen su Afore en base a la comparación de criterios tales como: saldos proyectados a un año, rendimiento de Siefore real (últimos 36 meses), tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones, comisión equivalente sobre saldo a un año y servicios más usuales que prestan las Afores, de manera que se tenga una métrica para valorar la decisión, de acuerdo a las preferencias individuales.

Al considerar modestamente que si el 50% de los clientes activos de una Afore se interesa por seleccionar de forma cualitativa y cuantitativa una de ellas, se esta hablando de que la utilización del sistema a desarrollar sería de aproximadamente 16, 850, 327 personas (según fuente CONDUSEF¹).

¹ Comisión Nacional para la Protección y Defensa de los Usuarios de Servicios Financieros.

Tabla 1. Proporción de trabajadores registrados respecto del mercado potencial (últimos doce meses)

Mes	Trabajadores registrados	Participación mercado potencial (%) ¹
Febrero 2006	35,587,016	100.2
Marzo 2006	35,632,117	100.4
Abril 2006	35,899,322	98.9
Mayo 2006	35,947,864	99.0
Junio 2006	36,284,649	99.9
Julio 2006	36,330,706	99.0
Agosto 2006	36,407,394	99.2
Septiembre 2006	36,459,023	99.4
Octubre 2006	37,037,297	99.8
Noviembre 2006	37,078,616	99.9
Diciembre 2006	37,408,828	100.8
Enero 2007	37,446,170	99.3

Fuente: Consar. Estadísticas históricas. Afiliados. Enero 2007.

METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Para el logro del objetivo planteado, se empleará la siguiente metodología de investigación: investigación documental a través de una indagación y obtención de información en fuentes primarias y secundarias como bibliográfica actualizada sobre Toma de decisiones, Ingeniería de software y Visual Basic, para fundamentar la tesis y construir la herramienta sistema AHP-AFORE. Los materiales de apoyo considerados principalmente serán documentos impresos y documentos electrónicos.

Se acudirá a centros de información como la biblioteca central de la Universidad Nacional Autónoma de México y sus periféricos, con el objeto de recabar información de tesis, ensayos, debido a la carencia de información en la entidad acerca del tema planteado.

Se seleccionará la información para posteriormente realizar fichas bibliográficas y poder asegurar las referencias completas con base a la norma de la Asociación Psicológica Americana (APA).

Se recabará información para constatar la importancia y justificación de la tesis.

Otra acción fundamental será la planeación de la construcción de la herramienta, por lo que se realizará un programa de actividades integrada por: selección de la

metodología, es decir, el modelo lineal secuencial o de cascada, que se compone de seis fases:

1. Ingeniería y análisis del sistema,
2. Análisis de los requisitos del software,
3. Diseño,
4. Codificación,
5. Prueba,
6. Mantenimiento.

Del mismo modo se dará seguimiento a las actividades planteadas en el calendario propuesto. Las actividades comprendidas en el calendario son: elección del tema, revisión bibliográfica del tema, revisión bibliográfica de la metodología, definición del problema, determinación del método, elaboración del capítulo 1, revisión del capítulo 1, elaboración del capítulo 2, revisión del capítulo 2, elaboración del capítulo 3, se realizará el algoritmo del método PAJ que permita elegir la mejor Afore, presentación del proyecto, corrección del proyecto, aprobación del proyecto, revisión del capítulo 3, elaboración del capítulo 4, revisión del capítulo 4, revisión de tesis terminada.

Una vez concluido el desarrollo del software se redactará los manuales de apoyo que lleva la herramienta. Tales como los manuales: técnico y de usuario para poder manipular de manera adecuada el Sistema AHP-AFORE.

Posteriormente, se tendrá elementos para el desarrollo de conclusiones.

CAPÍTULO 1

TOMA DE DECISIONES

El hablar de toma de decisiones, es hablar de un tema relevante, debido a que a diario se ponen en práctica, tal vez inadvertidamente, pero están ahí presentes. En éste capítulo se muestra la clasificación y concepto de éstas, para tener una idea clara a la familia a la que pertenece el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).

1.1 Introducción a la toma de decisiones. ^[2]

Decisión es una palabra popular y muy usada, al contrario de lo que ocurre con otros términos, se puede afirmar que generalmente es utilizada con propiedad y corrección. Cualquier persona conoce o da una idea de su significado y a lo mejor no es arriesgado decir que se de al hecho de que es un acto íntimamente ligado a la naturaleza de la actividad humana. Sin embargo, en este capítulo se analizará su significado y lo que conlleva con ello, porque el acto de decidir, pese a ser usual y frecuente, incorpora un conjunto de elementos que no siempre son considerados como debería ser.

Cada individuo, a lo largo de su vida, deberá tomar un gran número de decisiones. Las situaciones problemáticas aparecen continuamente y requieren de atención. Las posibles consecuencias del problema en ocasiones nos afectan en distintas maneras y por tanto, el problema acaparará en mayor o menor medida nuestro interés. Estas situaciones requieren un esfuerzo de claridad y distinción de información para definir el problema. Existen varios cursos de acción posible, toda decisión supone una elección entre alternativas. La dificultad aumenta cuando intervienen elementos de incertidumbre.

Algunos aspectos se presentan a la cuantificación mientras que otros son más difíciles de evaluar.

A veces el problema implica a otras personas porque se ven afectadas por las consecuencias de las decisiones, porque tienen capacidad de intervenir en la decisión ó porque necesitamos contar con ellas para poner en práctica cualquier curso de acción que acabemos eligiendo. En otras ocasiones los problemas requieren ser solucionados en un determinado plazo, lo que introduce presión adicional por el tiempo disponible.

La naturaleza de las situaciones problemáticas es diversa, pero las características que se han revisado se presentan en mayor o menor grado cualquiera que sea el objeto de la decisión.

1.1.1 Características y Fases del Proceso de Decisión. ^[2]

El proceso de decisión presenta las siguientes características principales:

- Existen al menos dos posibles formas de actuar, que llamaremos alternativas o acciones, excluyentes entre si, de manera que la actuación según una de ellas imposibilita a cualquiera de las restantes.
- Mediante un proceso de decisión se elige una alternativa, que es la que se lleva a cabo.
- La elección de una alternativa ha de realizarse de modo que cumpla un fin determinado.

El proceso de decisión consta de las siguientes fases fundamentales:

- Predicción de las consecuencias de cada actuación. Está predicción deberá basarse en la experiencia y se obtiene con inducción sobre un conjunto de datos.
- Valoración de las consecuencias de acuerdo con una escala de bondad o deseabilidad. Esta escala de valor dará lugar a un sistema de preferencias.
- Elección de la alternativa mediante un criterio de decisión adecuado. Este punto lleva a su vez asociado el problema de elección del criterio más adecuado para nuestra decisión, cuestión que no siempre es fácil de resolver de un modo totalmente satisfactorio. ^[2]

1.1.2 Clasificación de los Procesos de Decisión.

Los procesos de decisión se clasifican de acuerdo según el grado de conocimiento que tenga sobre el conjunto de factores o varios, no controladas por el decisor y que pueden tener influencia sobre el resultado final, Así, se dirá que: [Renault, 1992]. ^{[2], [3]}

- El ambiente es de certidumbre cuando se conoce con certeza su estado, es decir, cada acción conduce invariablemente a un resultado bien definido.
- El ambiente es de riesgo, cuando la decisión puede dar lugar a una serie de consecuencias a las que puede asignarse una distribución de probabilidad conocida.
- El ambiente es de incertidumbre, cuando cada decisión puede dar lugar a una serie de consecuencias a las que no puede asignarse una distribución de probabilidad, bien porque sea desconocida o no tenga sentido.

1.1.3 Elementos de un Problema de Decisión. ^[3]

En todo problema de decisión pueden distinguirse una serie de elementos característicos:

- **El decisor** encargado de realizar la elección de la mejor forma de actuar de acuerdo con sus intereses.
- **Las alternativas o acciones** que son las diferentes formas de actuar posibles, de entre las cuales se seleccionara una.
- **Los posibles estados de la naturaleza**, término mediante el cual se designan a todos aquellos eventos futuros que escapan al control del decisor y que influyen en el proceso.
- **Las consecuencias o resultados** que se obtienen al seleccionar las diferentes alternativas basadas en los posibles estados de la naturaleza.
- **La regla de decisión o criterio**, es la especificación de un procedimiento para identificar la mejor alternativa de un problema de decisión.

Las etapas en el proceso de toma de decisiones son:

- **Inteligencia:** búsqueda de las condiciones que necesita una decisión (estados).
- **Diseño:** Creación, desarrollo y análisis de posibles alternativas de acción.
- **Selección:** Escoger una de las alternativas de acción entre las que estén disponibles. La mejor ("la optima").

Así como también existen tipos de decisiones:

- **Estructuradas:** Las tres etapas son estructuradas, problemas rutinarios y repetitivos.
- **Semi-estructuradas:** Algunas, pero no todas las etapas son estructuradas.
- **In-estructuradas:** Ninguna de las etapas es estructurada.

En este caso solo hablaremos de los problemas estructurados, ya que el método a emplear es de este tipo.

1.1.4 Las Decisiones Multicriterio. ^[11]

En las técnicas de análisis de la decisión los términos: multicriterio, multiobjetivos, multiatributo se utilizan para describir problemas de decisión con más de una medida de efectividad, apareciendo indistintamente con un nombre u otro, no existiendo una definición universal de estos términos, se ha aceptado la definición de Multiple Criteria Decisión Maker (MCDM) que de acuerdo a la definición de varios autores es el término bajo el cual se agrupan a todos los métodos que se basan en múltiple atributos u objetivos, por lo que se divide en dos vertientes: las decisiones multiatributos (MADM) las cuales se utilizan para seleccionar "la mejor

alternativa" dentro de un conjunto explícito de ellas; y la optimización multiobjetivo (MODM) se relacionan con aquellos problemas en que el conjunto de alternativas es grande y no predeterminadas, se utiliza para diseñar la mejor alternativa considerando la interacción con las restricciones, las mismas resuelven situaciones de diferente naturaleza y contenido.

Múltiples Objetivos (MODM) se relaciona con aquellos problemas en que el conjunto de alternativas es grande y no predeterminadas, se utilizan para diseñar la " mejor " alternativa considerando la interacción con las restricciones, la solución de estos problemas se aborda mediante las técnicas clásicas de optimización.

Múltiples Atributos (MADM) se utiliza para seleccionar "la mejor alternativa" dentro de un conjunto explícito de ellas, la decisión final se conforma con la ayuda de la comparación de los atributos.

1.1.5 Características de un Problema Estructurado.

- La relación entre las partes esta dominada por el carácter general del todo.
- Puede ser dividido en partes para luego establecer relación entre las partes en base a una estructura común.
- Resueltas las partes, queda resuelto el problema

El Proceso de Jerarquización Analítica (PAJ), es un método para organizar la información y los razonamientos que se utilizan en la toma de decisiones; refleja la fuerza de la intuición, la experiencia y la lógica de los temas, para luego sintetizar estos diversos juicios en un resultado que concuerda con nuestras expectativas intuitivas. Contribuye a la solución de problemas complejos, estructurando una jerarquía de criterios, intereses en juego y resultados, extrayendo juicios para desarrollar prioridades.

1.1.6 Métodos Multicriterio Discretos. ^{[1], [13]}

Los problemas de decisión de tipo discreto tienen un número finito de soluciones, generalmente no muy elevado. Los problemas de decisión de tipo continuo se caracterizan porque el conjunto de soluciones factibles esta formado por un número infinito de puntos. La mayoría de los métodos continuos desarrollados hasta ahora también se pueden aplicar a los problemas multicriterio discretos, aunque existen algunos métodos que son específicos para este tipo de problemas:

- El método de Jerarquización Analítica (AHP).
- El método ELECTRE.
- El método axiomático de ARROW y RAYNAUP.

1.1.7 Fundamentos básicos de los Métodos de Sobreclasificación. ^[5]

- Son menos sólidos técnicamente, pero más fáciles de aplicar a problemas reales.
- Tienen un número reducido de alternativas o de elecciones posibles que deben ser evaluadas en base a varios atributos o criterios.

La alternativa A sobre clasifica a la alternativa B (o la alternativa A es preferible a la alternativa B), cuando A es igual o superior a B en una mayoría de criterios y cuando en los restantes criterios la diferencia de puntuación no es demasiado importante.

La sobre clasificación se establece en base a dos conceptos: concordancia y discordancia.

La concordancia cuantifica hasta que punto para un elevado número de atributos la alternativa A es mas preferida que la alternativa B.

La discordancia cuantifica hasta que punto no existe ningún atributo para el que B sea mucho mejor que A.

1.1.8 Método de las Jerarquías Analíticas o método PAJ. ^[8]

Este método fue propuesto por Thomas Lorie Saaty (1977, 1980) y se basa en la obtención de preferencias o pesos de importancia para los criterios y las alternativas. Para ello el decisor establece “juicios de valores” a través de la escala numérica de Saaty (del 1 al 9), comparando por parejas tanto los criterios como las alternativas.

Para la aplicación de este método es necesario que tanto los criterios como las alternativas se puedan estructurar de forma jerárquica. El primer nivel de la jerarquía corresponde al propósito general del problema, el segundo a los criterios y el tercero a las alternativas.

Las características principales de la toma de decisiones multicriterio son:

- Varias funciones objetivo a optimizar.
- Incompatibilidad de objetivos.

Por otra parte, los sujetos a considerar en el proceso de decisión son: ^[2]

- **Decisor o centro decisor:** Individuo o grupo de individuos que directa o indirectamente proporcionan la solución final del modelo.

- **Analista:** Individuo o grupo de individuos que analizan el problema y ayudan al decisor a elegir una alternativa. El sentido de flujo de información entre analista y decisor servirá como criterio de clasificación de las técnicas multiobjetivo.
- **Atributos:** Valores del centro decisor relacionados con una realidad objetiva. Ejemplos: El beneficio, el costo, el volumen de ventas.
- **Objetivos:** Afirmación general que refleja los deseos del decisor. Refleja direcciones de mejora de los atributos.
- **Metas:** Es un atributo combinado con el nivel de aspiración (nivel del logro del atributo que el decisor considere aceptable).
- **Criterios:** Medidas o reglas que guían la decisión. En el concepto más general, los criterios son todos los atributos, objetivos y metas que han sido considerados relevantes en el proceso de decisión.

Se distinguen dos tipos de criterios: los criterios cuantitativos y los criterios cualitativos. Los primeros se identifican cuando ciertos atributos corresponden a evaluaciones numéricas, como los precios, las velocidades, los costos, diversos porcentajes, etc. Los segundos corresponden a características para las cuales no existe una unidad conocida de medida, como la imagen de una marca, el riesgo social, la calidad, etc. Por último, el resultado es el paso final en el proceso de decisión, en él se pueden escoger una o varias alternativas que proporcionen una solución al problema.

El proceso de decisión puede realizarse bajo:

- Completa certeza o determinísticos;
- Riesgo o estocástico;
- Conflicto;
- Completa Incertidumbre.[Eppen, Gould y Schmidt, 1995], [Vallín, 2001]

Para el caso **Determinísticos** el grupo decisor conoce cual va a ser el estado de la naturaleza relativo a sus objetivos, por lo que selecciona aquella acción que, de acuerdo al criterio imperante logrará llevarlos más rápido a la meta preestablecida.

Para el tipo **Riesgo**, no se conoce perfectamente el estado que adoptará la naturaleza, pero se asocia a éste una distribución de probabilidad (continua o discreta), basado en esto, el grupo decisor selecciona aquella acción que maximiza la esperanza de acercarlos a la meta propuesta. Algunos problemas bajo **riesgo** se pueden resolver mediante **árboles de decisión** (ver figura 1.1),

éstos son una forma gráfica de representar el problema considerando varios factores y probabilidades asociadas a eventos que ahí se involucran.

1.1.9 Características de los Árboles de Decisión.

- Visualización gráfica del proceso de decisión;
- Utilizada para resolver problemas;
- Con un conjunto de alternativas y estados de la naturaleza;
- También se pueden usar tablas;
- Con varios conjuntos de alternativas y estados de la naturaleza (decisiones secuenciales);
- Tablas de decisión no pueden ser utilizadas. [Senn, 1992], [Vallín, 2001]

En el caso de **Conflicto** los estados de la naturaleza obligan a que el logro de las metas de un grupo de decisores reduzca, simultáneamente, las posibilidades de que otro grupo alcance las suyas. Para el último caso de **Completa Incertidumbre** se desconoce la verosimilitud asociada a la ocurrencia de los posibles estados de la naturaleza, es decir, no se tiene idea de la distribución de probabilidad asociada a los diferentes entornos.

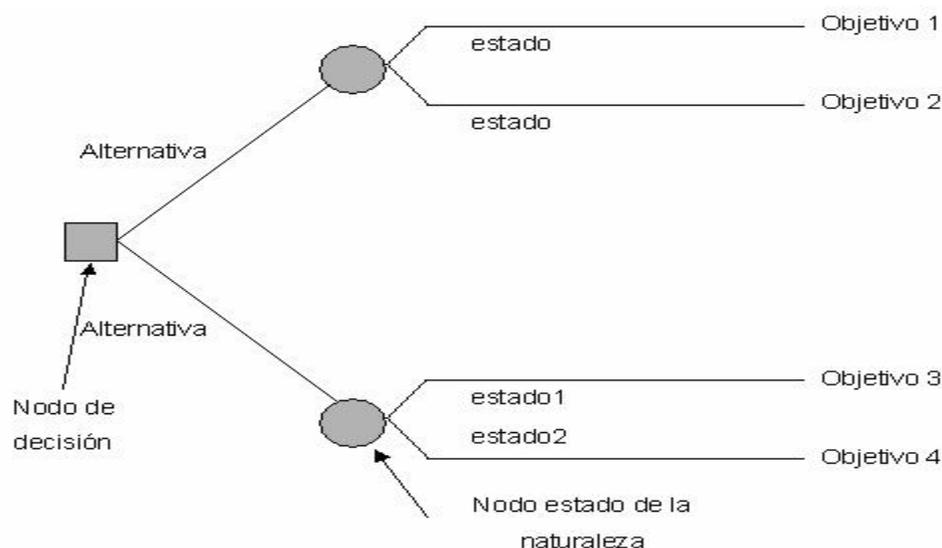


Figura 1.1 Árbol de decisión.

La teoría de decisiones es en ciertos aspectos, una teoría que se puede considerar intermedia entre la teoría de modelos formales y la correspondiente de modelos informales que se estructuran y dan solución a un problema sin recurrir a su representación matemática. En los modelos de decisiones se tratan de encontrar las ecuaciones que determinan al sistema en estudio, y se formaliza por medio de un modelo matemático, con el cuál una mente racional elige, dentro de un conjunto de alternativas que pretenden alcanzar uno o varios objetivos, la mejor

o más adecuada con base a la información disponible. En este contexto se puede decir que tomar una decisión para lograr un objetivo entre alternativas de un conjunto de elección es un proceso por el que el decisor posee varios (al menos uno) ejes de evaluación. [Senn, 1992]

1.1.10 Pasos a seguir para tomar una buena decisión.

- Definir el problema y factores de influencia;
- Establecer un criterio de decisión;
- Seleccionar un modelo como herramienta en la toma de decisiones;
- Identificar y evaluar alternativas usando un modelo para la toma de decisiones.
- Seleccionar la mejor alternativa;
- Implementar la decisión. [Vallín, 2001]

De tal forma que el proceso se puede representar a través de un esquema como se ve en la figura 1.2.

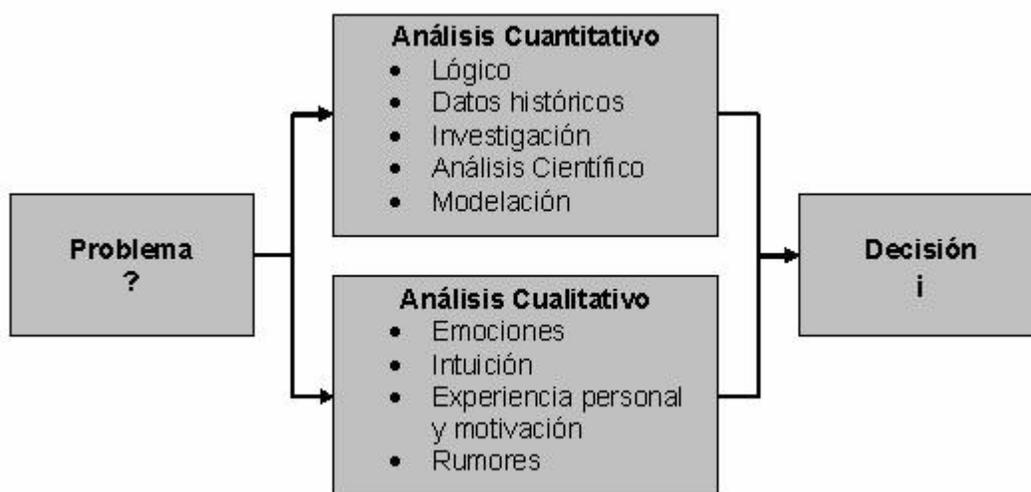


Figura 1.2 Proceso en la toma de decisiones.

1.1.11 Ventajas de manejar modelos matemáticos como herramientas de decisión.

- Son menos caros y disruptivos que experimentar con sistemas del mundo real.
- Los métodos permiten a los decisores preguntar ¿Qué pasa si?
- Son diseñados para manejar problemas y administrar nuevas condiciones.
- Los modelos propician un aprovechamiento sistemático al análisis de problemas.

- Requieren administradores para ser específicos acerca del manejo de restricciones y metas relacionadas a un problema.
- Pueden ayudar a reducir el tiempo para tomar una decisión.

Pero también existen limitaciones como son:

- Pueden llegar a ser más lentos para desarrollar una prueba.
- Son algunas veces mal usados o mal interpretados y temidos por su complejidad matemática.
- Sirven para valorizar la información que no es cuantificable.
- Siempre asumen simplificar las variables del mundo real. [Vallín, 2001]

1.1.12 Pasos para el proceso de toma de decisiones.^[1]

Un proceso de toma de decisiones comprende de manera general los siguientes pasos:

- Análisis de la situación;
- Identificación y formulación del problema;
- Identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones;
- Identificación de las posibles soluciones;
- Aplicación de un método de decisión para obtener el resultado global;
- Realización del análisis de sensibilidad.

Para abordar una situación de un problema de toma de decisiones en la que se presentan diversos objetivos o criterios que simultáneamente deben incorporarse, ha surgido la metodología multicriterio como un sistema de ayuda a la decisión del ser humano.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles. Sus principios se derivan de la teoría de matrices, teoría de grafos, teoría de las organizaciones, teoría de la medida, teoría de las decisiones colectivas, investigación de operaciones y de economía.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio no consideran la posibilidad de encontrar una solución óptima. En función de las preferencias del agente decisor y de objetivos pre-definidos (usualmente conflictivos), el problema central de los métodos multicriterio consiste en:

1. Seleccionar la(s) mejor(es) alternativas;
2. Aceptar alternativas que parecen buenas y rechazar aquellas que parecen malas;
3. Generar una ordenación de las alternativas consideradas (de la mejor, a la peor). Para ello, han surgido diversos enfoques, métodos y soluciones.

Un criterio clasificador de la decisión multicriterio corresponde al número, que puede ser finito o infinito, de las alternativas a tener en cuenta en la decisión. Dependiendo de esta decisión existen diferentes métodos. Cuando la solución es objetivo, toman un número infinito de valores distintos, que conducen a un número infinito de alternativas posibles del problema, se llama decisión multiobjetivo. Es importante que exista una gran interacción entre el decisor del problema. El decisor tiene que escoger una solución eficiente entre muchas; esta interacción puede ser útil con múltiples objetivos. El decisor puede fijar a priori algunos de los pesos, o dar algún límite inferior o superior para acotar así el campo de soluciones diferentes en el espacio de objetivos.

Aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas se denominan problemas de decisión multicriterio discreta. Son los más comunes en la realidad.

1.2 Jerarquización de decisiones.

A continuación se mostrará como es posible elegir la mejor jerarquía, esto indicando algunas formas sencillas para poder lograrlo e implementarlo si así se desea. Todo ello con el fin de enfocarlo a nuestro problema que estamos resolviendo. Para ver que existen algún procedimiento que nos llevará a la elección de la mejor de ellas, ya que es responsabilidad de uno mismo si se desea tomarlo o no. [Rodríguez, 1992]

1.2.1 Las jerarquías: una herramienta de la mente.

Los sistemas complejos pueden comprenderse mejor mediante un desmembramiento del problema en sus partes constitutivas, estructurando los elementos jerárquicamente y efectuando la combinación de juicios en base a la importancia relativa de los elementos de cada nivel, para obtener un conjunto de prioridades globales.

Las jerarquías son una herramienta fundamental de la mente humana. Esto implica identificar los elementos que intervienen en un problema, formando grupos homogéneos con los elementos y reorganizando estos elementos en diferentes niveles. Las jerarquías más simples son las lineales, que ascienden o descienden de un nivel a otro, tal como sucede en las jerarquías de la física, por ejemplo los átomos en moléculas, las moléculas en materia y así en forma sucesiva; las más complejas son las jerarquías de redes, que poseen elementos ínter actuantes, tal como los sistemas que representan el proceso de aprendizaje de un niño.

1.2.2 Clasificación de las jerarquías.

Las jerarquías pueden dividirse en dos clases: estructural y funcional. En las jerarquías estructurales los sistemas complejos se estructuran por sus partes constitutivas, en orden ascendente, según sus prioridades estructurales, tal como el tamaño, forma, color o edad. Una jerarquía estructural del universo podría ser el concebir a éste como compuesto de galaxias, estas a su vez de constelaciones, sistemas solares, planetas y así hasta llegar a átomos, protones. Las jerarquías estructurales están íntimamente ligadas con la forma en que nuestro cerebro analiza lo complejo, el particionar los objetos que percibimos a través de nuestros sentidos en racimos, subracimos y así hasta pequeños subracimos.

En contraste, las jerarquías funcionales dividen al problema complejo en sus partes constitutivas, acorde a una relación esencial. Cada conjunto de elementos en una jerarquía funcional ocupan un nivel en la jerarquía. El nivel superior, al que denominaremos foco, consta de un único elemento: que es el objetivo general. Los niveles subsecuentes pueden tener diversos elementos, aunque su número es por lo general entre cinco y nueve.

Como los elementos de un nivel se comparan entre sí, por pares de acuerdo al criterio que se encuentra en nivel superior, los elementos de un nivel son del mismo orden de magnitud o importancia; si surge una disparidad entre ellos y ésta es grande, entonces los elementos pertenecen a niveles diferentes; por ejemplo no podemos efectuar una comparación precisa entre dos tipos de trabajo, cuya realización difiere en dificultad por un factor de cien, pues nuestros juicios subjetivos pueden conducirnos a errores significativos.

1.2.3 Desarrollo de las jerarquías.

No existe una regla general para la construcción de jerarquías; lo que se brinda a continuación no constituye un marco predefinido, es más bien un estímulo al pensamiento acerca de qué jerarquía seleccionar, cuántos niveles y tipo de elementos a incluir en los niveles.

El enfoque para construir jerarquías depende del tipo de decisión a efectuar; por ejemplo, si se trata de escoger entre alternativas, debemos partir del nivel inferior, listando las alternativas; el nivel próximo podría consistir de los criterios para juzgar las alternativas. Obsérvese que una vez desarrollada la jerarquía, no significa que esta sea la definitiva, pues puede variar con miras a incorporar nuevos criterios, que con anterioridad no habían sido considerados como importantes. Después de jerarquizar los criterios y se calculen las prioridades globales, podríamos aun tener dudas acerca de la decisión final, en este caso podría acudir nuevamente al PAJ para efectuar, si se desea, algunos cambios en nuestros juicios acerca de la importancia relativa de los criterios. Con esto y si la alternativa que se tiene previamente, aún resulta ir de repunte en las prioridades globales, se puede decir que ésta sería la elección correcta.

En ocasiones los criterios mismos deben ser examinados a detalle, esto es posible si se inserta un subcriterio entre los criterios y las alternativas. En estos casos los subcriterios deben ser comparados en términos del conjunto al cual pertenecen y no con algún otro criterio. En tal caso la jerarquía se le denomina incompleta, debido a que los subcriterios no se comparan en términos de todos los criterios del nivel superior.

1.2.4 Diseño de la jerarquía.

Esta fase de la implementación del PAJ, involucra tres procesos interrelacionados no secuenciales: Nivel e identificación del elemento, definición de concepto y realizar la formulación, (figura 1.3).

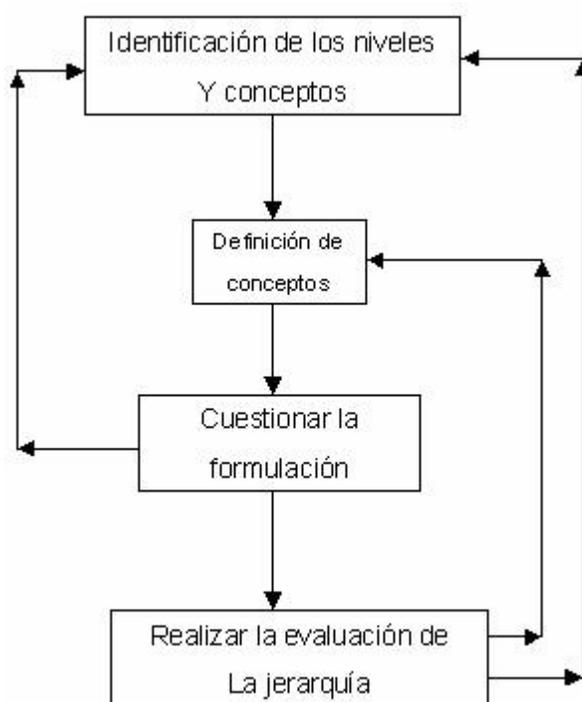


Figura 1.3 Diseño de la jerarquía.⁴

Se conjunta la relación entre estos tres componentes del diseño de jerarquías. En un primer paso los niveles y elementos dentro de los niveles son identificados. Estos son entonces identificados y usados en la fase de cuestionar la formulación; si el decisor tiene problemas en contestar a las preguntas; entonces los niveles de elementos deberán ser revisados y modificados. El diseño de la jerarquía es un proceso iterativo donde los conceptos, las preguntas a ser contestadas y las respuestas asociadas con las preguntas, determinan los elementos y los niveles de la jerarquía. Las ambigüedades en el proceso de cuestionamiento pueden conducir al decisor a seleccionar el criterio equivocado o la alternativa incorrecta.

⁴ Fuente: (Ibiden).

Todas las preguntas deberán ser respondidas y consistentes con información existente.

Las jerarquías son una herramienta fundamental de la mente humana. Esto implica identificar los elementos que intervienen en un problema, formando grupos homogéneos con los elementos y reorganizando estos elementos en diferentes niveles. Los más simples son los lineales, que van de un nivel a otro, tal como pasa en la física, por ejemplo, los átomos en moléculas, las moléculas en materia y así de forma sucesiva; los más complejos son las jerarquías de redes con elementos ínter actuantes tal como los sistemas que representan el proceso de aprendizaje en un niño.

1.2.5 Evaluación de la jerarquía.

El próximo paso es la evaluación de las jerarquías. Aquí el decisor lleva la información existente en la comparación por pares respondiendo a preguntas; los resultados son una matriz de pares comparados. Este procedimiento es repetitivo para los elementos en un nivel con respecto a todos los elementos del nivel superior. Las comparaciones por pares son utilizadas para estimar la siguiente dimensión en la cual los elementos en un nivel son medidos. Esto puede ser realizado usando el principal vector característico de la matriz de comparación por pares. Los axiomas teóricos son transparentes a este nivel. Si el decisor no puede proveer una respuesta, entonces la pregunta no es significativa de las alternativas no puede darse la comparación.

1.2.6 Clasificación de los Modelos Multicriterio Analíticos.

- Modelos de programación matemática multiobjetivo:
 - Programación por metas.
 - Programación entera de metas.
- Métodos de comparación por pares (Técnicas SMART: **S**imple **M**ulti-**A**tribute **R**ating **T**echnique)
 - Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ).
 - Método Rembrant.
 - Modelo de Leontief.
- Técnicas de simulación.
- Modelos multicriterio basados en funciones de utilidad:
 - Método UTA.
- Modelos basados en relaciones de sobre clasificación:
 - Método ELECTRE.
 - Método PROMETE.
- Modelos basados en las preferencias de un decisor sobre el conjunto de alternativas, en relación de una sobre otra, y se crea una escala cardinal:
 - Método MACHBETH. [Vallín, 2001]

1.2.7 Métodos de Decisión Multicriterio Discretos. ^[3]

Los métodos de decisión multicriterio discretos se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

1. Un conjunto de alternativas estable, generalmente finito; se asume que cada una de ellas es perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa, todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas;
2. Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio;
3. Una matriz de decisión o de impactos que resume la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios; la escala de medida de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y las medidas pueden expresarse en escala cardinal (razón o intervalo), ordinal, nominal y probabilística;
4. Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones;
5. Un proceso de toma de decisiones en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (analista – “experto” -, decisor y usuario).

Los principales métodos de evaluación y decisión multicriterio discreto son: Ponderación Lineal (scoring), Utilidad Multiatributo (MAUT), Relaciones de Superación y Análisis Jerárquico. ^[1]

Ponderación Lineal (scoring): Método que permite abordar situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información. En este método se construye una función de valor para cada una de las alternativas; supone la transitividad de preferencias o de comparabilidad, es un método compensatorio, y puede resultar dependiente, manipulable de la asignación de pesos a los criterios.

Utilidad Multiatributo (MUAT): Para cada atributo se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Al determinarse la utilidad de cada una de las alternativas se consigue una ordenación completa del conjunto finito de alternativas. Supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad, utiliza escalas de intervalo y acepta, el principio de preservación de orden. El rigor

y rigidez de los supuestos teóricos de este método usualmente controvertidos y difíciles de contrastar en la práctica, lo que obliga a relajarlos, requiere un elevado nivel de información del agente decisor para la construcción de funciones de utilidad multiatributo, aunque permiten abordar fluidamente cuestiones de incertidumbre y riesgo.

Relaciones de Superación: Estos métodos usan como mecanismo básico el de las comparaciones binarias de alternativas (comparaciones 2 a 2 de la alternativa), criterio por criterio. De esta forma puede construirse un coeficiente de concordancia asociado con cada una de las alternativas. Estos métodos son: ELECTRE y PROMETE.

Análisis Jerárquico: Este método fue desarrollado por el matemático Thomas Lorie Saaty y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de los problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que consta de tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones a pares entre dichos elementos y se atribuyen valores numéricos a la preferencia señaladas por las personas, otorgando una síntesis de ellas mediante la agregación de esos juicios parciales.

En la actualidad para facilitar este análisis, existen varios paquetes informáticos como: [Vallín, 2001].^[1]

- Decisión PAD.
- Ppromcalc.
- Expert Choice.
- Microqualifex.
- Definite.

1.2.8 Escalas de medición.

Un objeto puede tener como parte de los elementos que lo caracterizan un conjunto de cualidades que pueden ser susceptibles de medirse con mayor o menor precisión, y una vez establecidas las unidades de medidas de longitud son relativamente fáciles de conocer las dimensiones físicas de los objetos, aun cuando estas no sean exactas. [Vallín, 2001]

En la teoría de decisiones se ha generado el concepto de utilidad como una medida personal o de grupo que expresa el valor que tienen diversas alternativas al que realiza o toma las decisiones. Debido a la diversidad de características que

en particular posee el ser humano se han generado diversas técnicas para medirlas, por lo tanto se comienza por definir los conceptos de medida y escalas de medición.

Una primera definición de medición o medida es el acto de asignar números a las cosas, objetos, acontecimientos o variables, de acuerdo con una serie de normas.

Una segunda definición se entiende como la asociación de símbolos a las propiedades de interés de un objeto de tal manera que dichos símbolos guardan las mismas relaciones que las que poseen los atributos del objeto de estudio. La relación entre las propiedades del objeto a medir y las características de la medición se establecen por medio de las escalas.

Una escala puede definirse como una representación alfanumérica ordenada a lo largo de un eje, junto con las reglas que permiten manejar a los símbolos o medidas representados en ella. [Mercado, 1991], [Vallín, 2001]

1. **Nominal:** Se utiliza para identificar y clasificar un conjunto de objetos a las propiedades de un objeto, por ejemplo: la asignación de números a un equipo de jugadores. Esta escala es de las más simples y su intensidad de medición es débil así como el tipo de inferencias que puede obtenerse del análisis de sus datos. Las escalas nominales son esencialmente cualitativas y no se puede emplear más que para efectuar ciertas operaciones estadísticas elementales, como efectuar frecuencia de ocurrencia.
2. **Ordinal:** Con esta se conoce cuál va en primer lugar, cuál en segundo y así sucesivamente. En esta medida, en general no se posee un origen único, y no existe una unidad de medida a través de la cuál se puedan establecer distancias entre las posiciones correspondientes a dos objetos. Esta escala se caracteriza por transformaciones monótonas crecientes.
3. **Intervalo o Graduadas:** Además de preservar el orden, se posee un origen, aunque esto no es único. El aspecto más relevante que caracteriza a esta escala es de poseer una unidad de medida, razón por lo cuál se asemeja más a lo que la gente concibe como medida. En esta la diferencia entre dos puntos de ella representa diferencias entre los atributos del objeto de estudio. Dicha distancia se mide en la escala en cuestión ya que, aunque se posee una unidad de medida, esta es arbitraria. La escala del intervalo se caracteriza por transformaciones lineales de la forma $y = ax + b$, con $a \neq 0$. Esto significa que si la característica de un objeto se mide en la escala x , entonces las mismas propiedades del objeto se pueden medir usando una nueva escala (y) generada de la original.

4. **Razón o Proporcionalidad:** La intensidad de la medición es mayor que en cualquiera de las anteriores, ya que en ella el orden, las diferencias y las razones (cocientes) entre medidas de un atributo corresponden al orden, diferencias y razones entre las propiedades del objeto. Existe un origen único (el cero es el mismo en la misma escala equivalente) y una cantidad de medida arbitraria. El tipo de transformación que caracteriza estas escalas es la forma $y = ax$, con $a \neq 0$. Una característica importante de éste tipo de escala es la suma de sus cualesquiera de sus elementos, también pertenece a dicha escala. Estas escalas, los números que representan el atributo que están midiendo cumplen axiomas. Con estas escalas cumplen con los axiomas de aditividad.

1.2.9 Relaciones Binarias de Sobreclasificación. ^[5]

Las relaciones binarias de sobre clasificación se basan en construir una relación binaria a partir de la comparación de pares de alternativas conforme a las relaciones binarias (P , Q , R o I) y a la explotación de estas para construir un ordenamiento, en este enfoque las escalas de cada criterio se respetan, pudiendo no ser del mismo tipo, por ejemplo unas pueden ser ordinales y otras cardinales.

Sea A un conjunto de alternativas y F un conjunto de n criterios. A cada criterio g_j se le asocia una relación de sobre clasificación parcial S_j . Ésta es una relación binaria tal que aS_jb se verifica sí y solo sí “respecto al j -ésimo criterio, a es al menos tan buena como b ”.

La relación de sobre clasificación S_j se escribe en términos de un umbral de indiferencia g_j asociado con g_j , es decir:

$$AS_jb \Leftrightarrow (a) \geq g_j \quad (b) - g_j$$

Una relación de sobre clasificación S es una relación binaria, tal que aSb se verifica si los valores $g(a)$ y $g(b)$ proporcionan argumentos suficientes para admitir la información: “ a es al menos tan bueno como b con respecto a los n criterios”, y no existen razones importantes para efectuar esta afirmación.

1.3 Método para la jerarquización de decisiones.

El proceso de análisis jerárquico PAJ ha probado ser una técnica popular para ayudar en problemas de selección de criterios múltiples. De cualquier manera ha habido un número de críticos de la técnica y una cantidad de problemas bien identificados en los que se invierte la jerarquía, se desvirtúa la agregación y se altera la escala.

Un grupo de investigadores de los países bajos, ha desarrollado un sistema que estima las razones en magnitudes o decibeles con el propósito de valorar alternativas que no son dominadas, llamado método Rembrandt. Este sistema se creó para mejorar tres defectos contenidos en el sistema PAJ:

1. La estimación directa es sobre una escala logarítmica la cual reemplaza la escala fundamental del 1 al 9 presentada por Saaty.
2. El método Perron-Frobenius para el cálculo de pesos, es reemplazado por un método geométrico que evita que se originen potenciales desordenes en la clasificación.
3. La agrupación de resultados por medios aritméticos es reemplazada por resultados alternativos que son valuados por la influencia de pesos obtenidos por el análisis de elementos jerárquicos.

1.3.1 ¿Qué es el Proceso de Análisis Jerárquico?

Es una teoría de medición que conviene en cuantificar o no, criterios intangibles que han encontrado ricas aplicaciones en la teoría de decisiones, resolución de conflictos. Se basa en el principio de que, para realizar decisiones, la experiencia y el conocimiento de la gente es tomada en cuenta en los datos que se usen. [Vallín, 2001]

El diseño de jerarquías requiere de experiencia y conocimiento en el área. Dos decisores normalmente otorgarían diferentes jerarquías al mismo problema, de este modo la jerarquía no es la misma. Por otro lado aún cuando dos personas diseñan la misma jerarquía, sus preferencias serán diferentes cursos de acción. Sin embargo, un grupo de personas pueden trabajar juntas y alcanzar un consenso en el diseño de la jerarquía, en los juicios y su evaluación.

La fase de evaluación se basa en el concepto de comparación por pares; Los elementos en un nivel de la jerarquía son comparados en términos relativos a la importancia o contribución para un criterio de evaluación, que ocupa el nivel superior inmediato en donde los elementos están siendo comparados. Este proceso de comparación produce una escala de medición de las prioridades o pesos de los elementos. Es decir, la escala mide el valor relativo de los elementos con respecto a un criterio independientemente de otro criterio o elemento que pueda ser usado en la comparación. Estos pesos relativos suman la unidad; las comparaciones son realizadas por los elementos en un nivel con respecto a todos los elementos en el nivel superior. Los pesos finales de los elementos en el último nivel de la jerarquía son obtenidos sumando todas las contribuciones de los elementos en un nivel con respecto a todos los elementos en el nivel superior. Esto se conoce como el principio de la composición de la jerarquía; mientras que haya un número infinito de caminos para sintetizar los pesos de las alternativas y los pesos de los criterios, la regla de adición aditiva de PAJ tiene la ventaja de ser

entendida de manera intuitiva en el prorrateo de un todo en sus partes. Una característica útil del PAJ, es que puede ser usado para evaluar criterios intangibles junto con tangibles en radios de escala. Además divide un problema en sus partes que lo forman y los relaciona de manera lógica, desde una forma entera, descendiendo en pasos graduales cada vez más pequeños y son entonces aptos para tener juicios y ser comparados por pares.

El PAJ es una herramienta poderosa que ha encontrado extensas e interesantes áreas de aplicación, que va desde lo simple, hasta complejas decisiones de inversiones. El éxito de este método es que es simple y robusto al mismo tiempo. Se basa en cuatro axiomas, los cuales son enunciados a continuación:

1. Comparación recíproca: El decisor deberá estar dispuesto a realizar las comparaciones y afirmar sus preferencias. Las intensidades de estas preferencias deben satisfacer la condición recíproca: Si A es x veces preferida que B , entonces B es $1/x$ veces más preferida que A .
2. Homogeneidad: Las preferencias son representadas en términos de escalas semejantes.
3. Independencia: Cuando se expresan preferencias, los criterios se asumen independientes de las propiedades de las alternativas.
4. Expectativas: Para el propósito de tomar decisiones, la estructura jerárquica se supone completa.

El axioma uno indica que la pregunta usada para obtener los juicios de las comparaciones por pares, no es clara o no correctamente enunciada. Si el axioma dos no se satisfacen, entonces los elementos que están siendo comparados no son homogéneos y será necesario formar grupos. El axioma tres implica que los pesos de un criterio deben ser independientes de las alternativas consideradas. Un camino para convenir con la violación de este axioma es usar una generalización del PAJ conocida como el aprovechamiento de la súper matriz. Finalmente, si el axioma cuatro no se satisfacen, entonces el decisor no está usando todos los criterios y/o todas las alternativas disponibles o necesarias para encontrar sus expectativas razonables y por lo tanto la decisión está incompleta.

Hasta este momento, se ha hecho una remembranza del marco teórico general de la toma de decisiones, y se han explicado los algoritmos que permiten ver la eficiencia y consistencia del aspecto matemático de la toma de decisiones. Por lo que en el capítulo 2, se enfocará a describir el marco teórico particular de la toma de decisiones multicriterio, propuesto por Thomas Lorie Saaty, conocido como método AHP de Saaty.

1.4 Referencia de las Afores y la Toma de Decisiones Multicriterio.

En julio de 1997 se pone en marcha el nuevo sistema de pensiones mexicano SAR-97, una de las últimas reformas estructurales llevadas a cabo en Latinoamérica. Con ella, se pone fin a un sistema tradicional de reparto y se opta por un sistema de capitalización individual en el que los trabajadores realicen aportaciones bimestrales en entidades financieras privadas, Administradoras de fondo para el retiro (Afores), que se encarguen de la custodia en inversión de dichos fondos, a través de sociedades de inversión propias (Siefores), con el fin de dotar a cada afiliado de la mejor financiación posible de su retiro.

El nuevo sistema, como se dijo, basa su funcionamiento en la activación de entidades privadas en régimen de competencia dentro del mercado. Cada Administradora compite con las demás en la atracción de afiliados a través de la oferta de mejores rendimientos por las imposiciones y mejores comisiones por los servicios financieros prestados.

El objetivo según se expone es “proporcionar a la ciudadanía un sistema de pensiones, eficiente y financieramente sustentable, que garantice de manera transparente y justa el otorgamiento de una pensión para los trabajadores al momento de su retiro, en los casos de incapacidad o en los casos de muerte”⁵.

La operatividad de la reforma es a través de un sistema de capitalización individual, o que significa que cada trabajador tendrá su cuenta en la cual se abonarán las aportaciones que hagan el gobierno y los patrones, así como las que realice el propio trabajador, que pueden ser tanto establecidas por la ley como las aportaciones voluntarias.

Dentro de las ventajas de este nuevo sistema de ahorro para el retiro, se encuentran que el trabajador no pierde sus derechos, sobre las aportaciones realizadas, aún cuando este deje de cotizar al seguro social. Así se pone fin a una práctica injusta en que los trabajadores que no cumplan los requisitos mínimos para pensionarse, perdían el derecho a reclamar las aportaciones realizadas durante su vida laboral.

Otra ventaja de la iniciativa se refiere a que el trabajador podrá conocer la cuantía de sus recursos, quien los administra y en que están invertidos. Se contempla que los recursos de las cuentas individuales son administrados por entidades financieras especializadas, denominadas Administradoras de fondo de ahorro para el retiro, mismas que serán elegidas libremente por el trabajador.

⁵Zedillo, Ernesto 1996.

Para evitar una desvalorización de los títulos en una caída de la actividad económica, surge también la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar) quien realiza una estricta regulación y supervisión por parte del Gobierno Federal.

La composición del capital social de las administradoras estará constituido por un 51% (acciones serie "A"), aportado por personas físicas mexicanas y personas morales mexicanas, que tengan mayoría en la propiedad y cantidad real de las empresas. El otro 49% (acciones serie "B"), es de libre suscripción, este sería de acuerdo con la ley, el límite a la inversión extranjera dentro de las administradoras.

Respecto de la concentración de capital social en una sola persona física o moral, no podrá tener más del 10% del control de acciones de ambas series.

A fin de mantener "condiciones adecuadas de competencia y eficiencia entre las diversas Afores, ninguna podrá tener más del 20% del control del mercado de fondos para el retiro".^[12]

En las últimas cinco décadas, los problemas en las toma de decisión, se han resuelto en casi todos los casos con el enfoque llamado Toma de Decisiones Multicriterio. El cual se basa en tres supuestos: A) Se cuenta con un grupo bien definido de alternativas factible, B) Es posible encontrar un modelo de preferencias lo suficientemente claras para el decisor y C) La optima decisión es aquel que se encuentra resolviendo un problema matemático bien definido. Sin embargo, esta área de la Investigación de Operaciones tiene algunas limitaciones en objetividad, como el hecho de suponer al decisor como un experto y hábil para tomar decisiones, las preferencias del decisor deben estar bien definidas; con lo anterior será imposible decir que la decisión que se tomo fue buena o no, solo por estar basada en un modelo matemático, ya que en realidad son varios los aspectos que influyen cuando se toma una decisión. El tener una ayuda real para poder decidir en un problema multicriterio, nos llevan a crear métodos que apoyen a las personas involucradas en estos procesos a modelar, argumentar o transformar sus preferencias, y a tomar una decisión de acuerdo con los objetivos y metas. Además su preocupación radica en que los esfuerzos de los investigadores estén orientados hacia conceptos, propiedades y procedimientos que se pueden utilizar en la obtención de información significativa que ayude a la solución de problemas. [Vallín, 2001]

En éste método, una o mas personas seleccionan una alternativa de entre un conjunto para, de acuerdo a ciertos criterios, alcanzar una serie de objetivos y metas preestablecidas; todo lo anterior, dentro del entorno de los posibles estados que pueda guardar la naturaleza del problema y con apego a la metodología científica. Debido a la importancia que tiene el proceso de toma de decisiones en problemas donde están involucrados altos costos y complejidad, se han desarrollado diversos métodos que tratan de dar solución a los problemas de

elección, y saber tomar todas las consideraciones y alternativas es de vital importancia. Uno de estos métodos es el PAJ propuesto en 1979 por el investigador Thomas Lorie Saaty.

Este método logró en poco tiempo una gran aceptación por su fácil uso y entendimiento para el decisor. Este algoritmo llamado PAJ (Proceso de Análisis Jerárquico), brinda una forma efectiva de la toma de decisiones en grupo, mediante la inducción de una disciplina en el proceso de pensamiento grupal. [Vallín, 2001]

Sin embargo, especialistas en la materia en todo el mundo han hecho duras críticas en lo referente a la escala que emplea, y el incumplimiento del axioma de la alternativa irrelevante, entre otras cosas. En ocasiones los problemas de decisión pueden ser tan complejos que pueden abrumar el proceso de decisión, ya que nos demanda una manera difícil y compleja de pensar; cuando se abordan problemas complicados que implican gran cantidad de factores. Por tanto se necesita ver los problemas de manera estructurada, a través de una configuración que refleje la interacción e interdependencia de los factores y que nos permita pensar de manera simple. Esto debe ser accesible y confiable. Cuando se piense utilizar el método PAJ se recomienda tener especial cuidado en la estructuración del problema de manera jerárquica y la asignación de prioridades. [Vallín, 2001]

El método necesita de la comparación por pares entre cada una de las alternativas, y el decisor no solo debe decidir cual de ellas prefiere, sino además evaluar en que magnitud es preferida, de acuerdo con una escala previamente especificada.

En cuanto al problema, se asume que las alternativas y objetivos forman un conjunto que puede dividirse en subconjuntos separados entre si, y que existe un orden o prioridad entre estos, de tal manera que los elementos de un conjunto tienen mayor o menor prioridad que los del otro; lo cual se conoce como jerarquía.

El problema de decisión consiste en conocer cuál es la prioridad de cada una de los elementos de cada estrato o jerarquía. El método de análisis jerárquico pertenece a una familia de técnicas conocidas colectivamente como programación multiobjetivo o programación multicriterio, las cuales son consideradas a su vez como enfoques no bayesianos. [Garnica y Niccolás, 1998]

Los métodos o técnicas de programación multiobjetivo son principalmente aplicables en circunstancias de certidumbre. La variedad de posibles aplicaciones de los métodos de programación multiobjetivo es amplia, siendo casi similar a las de programación lineal y no lineal.

El proceso de análisis jerárquico está diseñado para resolver problemas complejos que involucran multicriterios en la toma de decisiones. El proceso requiere que el decisor emita juicios acerca de la importancia relativa de cada criterio para cada alternativa de decisión. [Vallín, 2001] El resultado del PAJ es un ordenamiento priorizado indicando todas las preferencias para cada alternativa de decisión. Así mismo se dice que el PAJ es una técnica que está dentro de la clase de escalas de razón o proporción, ya que siempre se estima el valor del estímulo, alternativa u objetivo en razón o comparación con otros. De esta manera, la decisión se apoya siempre en el estímulo y se compara con los demás. [Zarate, 1989]

La estructuración de las jerarquías, es quizá la tarea más creativa al decidir que factores considerar en la misma para realizar la toma de decisiones.

La forma más simple acostumbrada al estructurar un problema de decisiones, es una jerarquía de tres niveles. [Garnica y Niccolás, 1998]

Por lo anterior, se describe en el capítulo siguiente, el marco teórico que permita entender el algoritmo a utilizar para la selección de la mejor alternativa y así realizar una comparación por pares de forma múltiple y se mencionarán otros métodos de toma de decisiones que es importante tener de referencia.

CAPÍTULO 2

PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (PAJ)

Desde que Thomas Lorie Saaty (figura 2.1) dio a conocer el AHP ó Proceso de Análisis Jerárquico (traducción al español), tuvo una gran aceptación por ser un método flexible, de fácil entendimiento, pero sobre todo que se puede aplicar en diferentes áreas. Por consiguiente se explica y da a conocer como se resuelve paso a paso, primero de manera exclusiva y posteriormente aplicándolo a algunos ejemplos.

2.1 INTRODUCCIÓN.

En este apartado se especificará en que consiste el proceso de jerarquización analítica (**Analytic Hierarchy Process**), conocido como método AHP de Saaty, partiendo de los antecedentes, seguido por el procedimiento en la descripción de sus cuatro etapas y por ultimo se enunciarán sugerencias y recomendaciones para su uso, así como ilustrar este método a través de ejemplos.

“El **Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)** es una técnica de toma de decisiones con multiatributos enfocado a problemas no estructurados, que le dan gran importancia a la experiencia y opinión del o los decisores”.

La metodología del análisis jerárquico permite efectuar decisiones considerando el entendimiento de lo precasual, esto es, según los sentimientos y juicios que tenemos sobre las variables o factores que afectan la problemática. Es por ello que cuando se elabora una jerarquía de la problemática, habrá que incluir los suficientes detalles relevantes, que permiten describir el problema como un todo; se deben considerar las condiciones que rodean al problema, identificar los atributos que contribuyen a la solución, identificar a los participantes del problema. Los atributos, supuestos e implicaciones de una jerarquía sirven para reordenar las metas, dos propósitos: a) Proporciona un punto de vista general de las relaciones complejas inherentes en la problemática y b) permite a los tomadores de decisiones valorar si las personas están comparando supuestos del mismo orden de magnitud. [Rodríguez, 1992]



Figura 2.1 T. L. Saaty

Se aplica principalmente a problemas sociales, económicos, políticos y de planeación.

El Procedimiento de Análisis Jerárquico (PAJ) proporciona los medios requeridos para pensar de forma diferente ante la solución de problemas, habilitándolos para tomar decisiones efectivas ante supuestos complejos, al simplificar y motivar nuestro procedimiento natural de toma de decisiones. Básicamente el PAJ es un método que divide a los problemas complejos de situaciones no estructuradas en sus diversos componentes, rearrreglándolos en un orden jerárquico y asignando valores numéricos acorde a la importancia relativa, para después aplicar un proceso de cálculo que sintetiza los juicios; el propósito es determinar qué variables de la problemática poseen mayor prioridad, para de esta forma ejercer las acciones que nos permitan la consecución de situaciones o resultados deseados.

La necesidad de asignar valores numéricos a las variables del problema permite a los tomadores de decisiones mantener patrones de pensamiento coherentes, para de esta forma alcanzar una conclusión. El PAJ también brinda una forma efectiva de toma de decisiones en grupo, mediante la imposición de una disciplina en el proceso de pensamiento grupal.

En las últimas décadas la toma de decisiones, que cotidianamente presenta una organización, se ha vuelto más compleja, debido a la multiplicidad de factores involucrados, tanto cualitativos como cuantitativos, así como la necesidad de mantener consistencia en las decisiones que se emiten. Por otra parte, el juicio empleado en cada situación problemática depende de la totalidad de experiencias e impresiones del problema, aunque existen aspectos que son difíciles de ajustar lógica y rigurosamente.

Los tomadores de decisiones suelen llegar a confundirse ante la diversidad de información que se le proporciona y a la diferencia de opiniones o hechos contradictorios que suelen surgir, lo que hace difícil lograr un compromiso. También se ha observado que el proceso de pensamiento intuitivo, tan útil en las rutinas de la vida diaria, puede conducirnos a resultados equivocados ante situaciones complejas, donde la fuente de recursos y opiniones son diversas. De ahí la necesidad de articular y poner en claro las suposiciones, para ver si lo que pensamos y sentimos nos conduce a los resultados que deseamos.

2.2 ANTECEDENTES.

- La gran mayoría de los secretarios de E.U. esquivaban la decisión de rescatar a los rehenes en Irán. El 28 de abril de 1980 se tomó la decisión de rescatar a los 53 rehenes americanos retenidos en Teherán, donde habían permanecido desde Noviembre de 1979. La misión consistió en un plan complicado que involucraban tropas, aviación y helicópteros; para hacer

una larga travesía, aterrizar en el desierto, marchar a Teherán, rescatar a los rehenes y regresar a salvo. [Rodríguez, 2001]

Según informes, las altas esferas de seguridad no estuvieron informados de cómo había sido tomada la decisión. Se dijo que Carter reunió a asesores expertos para formular un plan con diferentes opciones, discutió dicho plan con sus consejeros íntimos, a quienes los consultó con el propósito de poner en claro sus ideas, pero la decisión final fue tomada por él.

- 1971: El PAJ surge como un método para dar solución a problemas de planeación de contingencias militares.
- 1980: Libro: “The Analytic Hierarchy Process”.
- 1988: Mismo libro, revisado y ampliado.

2.2.1 Cinco características principales del PAJ.

- Es conceptualmente simple.
- Se lleva a cabo una descomposición del problema en sus principales elementos.
- Incorporación de los elementos cualitativos y cuantitativos del pensamiento humano.
- Provee un marco para la integración y participación de los diferentes decisores de grupo.
- Conduce a un estimado global de la bondad de las alternativas. [Rodríguez, 2001]

El PAJ⁶ trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los subproblemas en una conclusión.

El PAJ se fundamenta en: ^[1]

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de la meta, criterios, subcriterios y alternativas);
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- Comparaciones binarias entre los elementos;
- Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos;
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- Síntesis;
- Análisis de sensibilidad.

⁶ El PAJ fue desarrollado por Thomas L. Saaty a fines de los 80's para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre Estados Unidos y la Ex URSS.

Dentro de las posibilidades de aplicación de la herramienta están entre otras:

- Formulación de políticas;
- Priorización cartera de proyectos;
- Gestión ambiental;
- Análisis costo beneficio;
- Formulación de estrategias de mercado.

2.2.2 Ventajas del PAJ frente a otros Métodos de Decisión Multicriterio.

- Presentar un sustento matemático;
- Permitir desglosar y analizar un problema por partes;
- Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso;
- Permitir verificar el índice de consistencia y hacer correcciones, si es el caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad;
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización. ^[1]

2.2.3 El proceso de análisis jerárquico (PAJ) original.

Las comparaciones por pares han sido conocidas desde varias décadas, la idea original fue desarrollada por primera vez por Thurstone (1927). El método de Bradley y Terry en (1952). El PAJ original de Saaty (1977, 1980) ha sido muy popular desde el principio, pero también ha sido criticado por varias razones:

- La escala fundamental que usa para cuantificar juicios comparativos produce inconsistencias que no están necesariamente presentes en la mente del decisor.
- Ésta, estima los escores de impactos de las alternativas por el vector característico de Perron-Frobenius de la matriz de comparación por pares pero no especifica si el vector izquierdo o derecho debe ser utilizado.
- Ésta, calcula los escores finales de las alternativas por la regla de agregación de promedio geométrico, por lo que los resultados dependen del orden de los cálculos. El PAJ original se basa en la tasa de información lo que provoca operaciones logarítmicas que son inapropiadas. [Vallín, 2001]

2.3 PROCEDIMIENTO.

El método se integra de cuatro etapas, como se muestra en la figura 2.2:

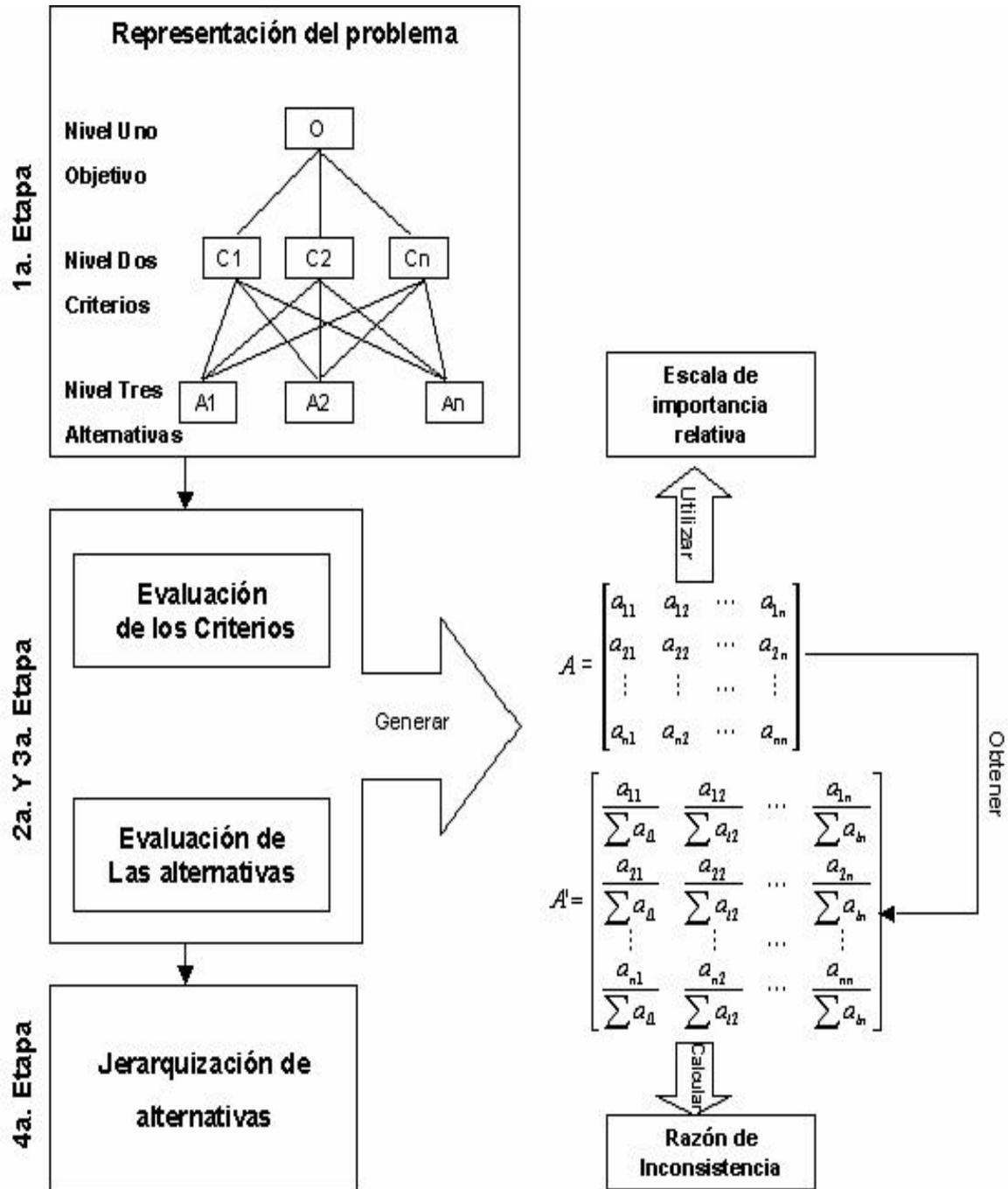


Figura 2.2 Modelo conceptual del procedimiento de Jerarquización Analítica.

2.3.1 PRIMERA ETAPA: Representación del problema. ^{[1], [4]}

Una de las partes más relevantes del PAJ, consiste en la estructuración de la jerarquía del problema, etapa en la cual el grupo decisor involucrado debe desglosar el problema en sus componentes relevantes. En esta parte el decisor o el grupo de decisores deberán de manera específica indicar cada uno de los elementos integrantes en la estructuración del modelo jerárquico, iniciando con la meta u objetivo, posteriormente los criterios (subcriterios si existen) y finalmente las alternativas de las que se compone el modelo.

La jerarquía básica esta conformada por: meta u objetivo general, criterios y alternativas.

Los pasos a seguir para la estructuración del modelo jerárquico son:

- 1.- Identificación del problema;
- 2.- Definición del objetivo;
- 3.- Identificación de criterios;
- 4.- Identificación de alternativas.

Una vez obtenidos cada uno de los pasos anteriores, el siguiente paso es la creación del modelo jerárquico.

El modelo jerárquico para la toma de decisiones con el Proceso de Análisis Jerárquico es el siguiente (ver figura 2.3): ^[4]

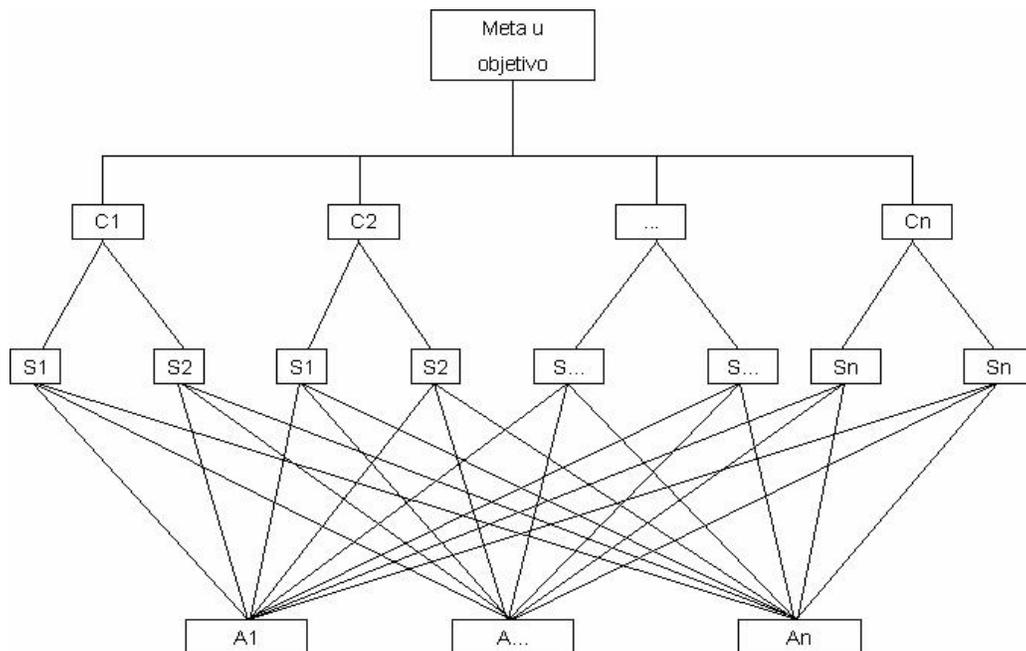


Figura 2.3 Modelo Jerárquico para la toma de decisiones con el PAJ.

Dónde:

- C: Criterios.
- S: Subcriterios.
- A: Alternativas.

La jerarquía es una clasificación ordinal donde los niveles están subordinados entre sí, mediante alguna fase definida.

Este arreglo arbóreo se forma con los tres factores básicos para la toma de decisiones: las alternativas que serán sujetas de valoración (llámense actividades, estrategias, proyectos, cursos de acción, etc.), el objetivo que se pretende alcanzar y los criterios de valoración con los que se habrán de valorar las alternativas.

El árbol no se limita a un número de niveles ni de elementos por nivel, sin embargo se sugiere un máximo de cuatro niveles y siete elementos por nivel.

Conviene vigilar que tanto las alternativas como los criterios procuren ser homogéneos y mutuamente excluyentes, de lo contrario se pueden producir problemas de consistencia. [Sánchez, 2003]

2.3.1.1 Identificación del Problema.

Es la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone o la priorización (ranking) de ellas. Dichas alternativas serán comparadas unas con otras mediante la evaluación de criterios establecidos que permiten conocer el pro y el contra incorporados en cada uno de ellas.

2.3.1.2 Definición del Objetivo.

Un objetivo es una dirección identificada para mejorar una situación existente. El objetivo está en un nivel independiente y los otros elementos de la jerarquía que serán los subobjetivos o criterios, subcriterios y alternativas apuntan en conjunto a la consecución del mismo.

Hay objetivos de largo, mediano y corto plazo y esta diferenciación influirá directamente en la construcción del modelo jerárquico. El objetivo u objetivos serán establecidos por el grupo decisor involucrado.

2.3.1.3 Identificación de Criterios.

Son las dimensiones relevantes que afectan significativamente al objetivo y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión.

Se deben incluir aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de decisión. Normalmente hay aspectos cualitativos que pueden incidir fuertemente en la decisión, pero que no son incorporados debido a su complejidad para definirles algún esquema de medición que revele su grado de aporte en el proceso de toma de decisión.

2.3.1.4 Identificación de Alternativas.

Corresponden a propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general. Cada una de las alternativas presenta características con pro y contra.

Cada una de las alternativas tiene un peso específico, el cuál nos dará una idea de la importancia que ella establece sobre las demás que existen, ya se explicó que el número de alternativas es variable, acorde al problema con que se este trabajando e intente saber cual es la más conveniente a considerar para llegar a nuestro fin determinado como individuo, empresa.

Iniciemos con el problema de decidir qué destino turístico es el mejor para disfrutar unas vacaciones navideñas. [Sánchez, 2003] Después de analizar la situación, se ha representado el problema como lo muestra la figura 2.4.

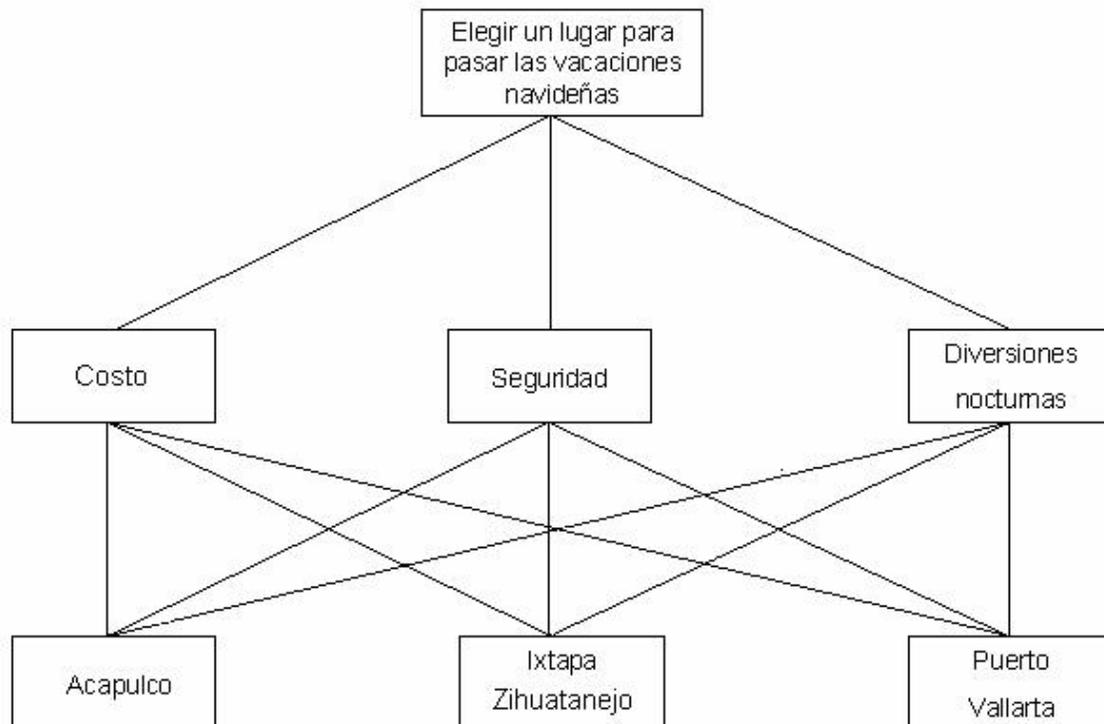


Figura 2.4 Representación jerárquica para elegir el mejor destino turístico.

Supongamos que se consideran como criterios el costo, la seguridad y el costo en diversiones y que las alternativas fueran Acapulco, Ixtapa–Zihuatanejo y acampar en Puerto Vallarta. Es claro que el criterio del costo en diversiones no es excluyente y que acampar en Puerto Vallarta es una alternativa de otras características y otro nivel.

2.3.2 SEGUNDA ETAPA: Evaluación de los Criterios de Valoración. ^[4]

Para determinar las prioridades de los criterios, se necesita construir una **matriz de comparación por pares**. Cada uno de los valores numéricos obtenidos deberán ser proporcionados a la matriz de comparación. De manera general, los datos de la columna, criterio más importante, que renglón de la comparación matricial y los valores numéricos, deben ser puestos. De la matriz, en la diagonal principal cada criterio se compara con si mismo, por lo que tienen el valor 1 de igual importancia. Ahora, todo lo que queda es completar la matriz llenando los valores pendientes. [Trejo, 1991]

En resumen, el método PAJ completo consistirá en los siguientes tres pasos:

1. Se obtiene del decisor la matriz A de comparaciones binarias.
2. Se calculan su auto vector dominante W y su radio de inconsistencia $R.I.$
3. Si $R.I. < 10\%$ se acepta W . Si no, se le pide al decisor que re-estime algunos o todos los a_{ij} .

La información requerida es un elemento básico para la toma de decisiones. Es necesario identificar la cantidad y calidad de información requerida para el proceso. Esta información puede ser de índole científica, técnica y la dada por la experiencia y conocimientos de los participantes. Puede darse el caso que en los procesos de aplicación del PAJ surja la necesidad o interés por parte de los participantes de disponer de información nueva.

En esta etapa se construye una matriz A a partir de la comparación de los diferentes criterios con el propósito de estimar el peso relativo de cada uno de ellos.

La matriz A tiene la forma:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

y presenta la propiedad de que $a_{ij} = 1/a_{ji}$ y $a_{ii} = 1$.

2.3.2.1 Evaluación del problema.

Se examinan los elementos del problema aisladamente por medio de comparaciones de a pares. Las evaluaciones o juicios son emitidos por cada analista o grupo de interés.

El éxito de esta etapa dependerá de la inclusión de los grupos de interés o decisores que se verán representados en el modelo construido y podrán evaluar el modelo consensado de acuerdo con sus intereses y necesidades propias.

Los pasos a seguir para la evaluación de los componentes del modelo jerárquico son:

- Establecimiento de las prioridades.
- Emisión de juicios y evaluaciones.

2.3.2.2 Establecimiento de las Prioridades.

Una vez definido el modelo jerárquico se determina la importancia relativa de sus partes. Para facilitar el proceso de asignación de juicios y evaluaciones se recomienda priorizar previamente los elementos del modelo.

2.3.2.3 Emisión de juicios y las evaluaciones. ^[1]

Los juicios son la base del proceso llevado a cabo por PAJ. Los juicios pueden estar guiados por información científica, técnica, etc. En esta situación lo que hace el AHP diferente a otros métodos, puesto que en la evaluación del modelo se toman en cuenta los juicios, que en este caso son las opiniones de cada uno de los individuos y/o grupos de interés involucrados en la toma de decisión.

Esta evaluación se realiza por medio de comparaciones binarias (de a pares) frente a un tercer elemento; permite conocer y medir las preferencias de los individuos o grupos de interés (actores)⁷ respecto a los diferentes componentes del modelo (criterios, subcriterios, alternativas).

Cada persona expresa su preferencia haciendo la pregunta apropiada mediante los términos “Importancia, Preferencia o Probabilidad”, asignando un valor numérico, el cuál mide la intensidad de su preferencia. El PAJ dispone de una

⁷ Un actor será entendido como una persona natural o una persona que representa una institución, instancia u organización, quienes están interesados o son afectados directa o indirectamente, por una actividad o aspecto de una situación en cuestión, y por ende, tienen derecho a participar en decisiones relacionadas con la misma.

escala creada por el propio Saaty que mide los juicios emitidos por un grupo decisor.

Este paso de la emisión de juicios consiste en que: para cada elemento “e” de un nivel de la jerarquía, se compara de a pares los elementos del nivel inmediatamente inferior, con respecto a su influencia en “e”. Luego se debe encontrar el vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz de comparación por pares: Ranking u orden de prioridad (vector propio) y Medida de la consistencia del juicio (valor propio).

Tabla 2.1 Escala de Saaty.

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1.0	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen con la propiedad en igual forma.
3.0	Moderada importancia de un elemento sobre el otro.	La experiencia y el juicio favorecen a un elemento por sobre el otro.
5.0	Fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7.0	Muy fuerte importancia de un elemento sobre el otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9.0	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2.0, 4.0, 6.0, 8.0	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Incrementos de 0.1	Valor intermedio en la graduación más fina de 0.1	Usados para graduaciones más finas.

Fuente: Sánchez Guerrero(2003).

<i>Criterios</i>	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	$\frac{C_1}{C_1}$	$\frac{C_1}{C_2}$	$\frac{C_1}{C_3}$	$\frac{C_1}{C_4}$
C_2	$\frac{C_2}{C_1}$	$\frac{C_2}{C_2}$	$\frac{C_2}{C_3}$	$\frac{C_2}{C_4}$
C_3	$\frac{C_3}{C_1}$	$\frac{C_3}{C_2}$	$\frac{C_3}{C_3}$	$\frac{C_3}{C_4}$
C_4	$\frac{C_4}{C_1}$	$\frac{C_4}{C_2}$	$\frac{C_4}{C_3}$	$\frac{C_4}{C_4}$

En la matriz presentada arriba se encuentra la tabla de preferencias para el nivel de modelo referente a criterios. Se muestra el total de comparaciones que deben realizarse (con el supuesto de que el modelo tiene cuatro criterios).

Por lo tanto a cada posición (celda) de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty.

Las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de las sombreadas, tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de las sombreadas⁸.

El proceso se repite hasta agotar todas las comparaciones de los componentes del modelo (criterios, subcriterios y alternativas).

Las prioridades se ubican en la parte derecha de la matriz. Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón.

Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números y un número arbitrario positivo. El objetivo es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia.

Adicionalmente el PAJ muestra las inconsistencias⁹ resultantes de los juicios y el valor máximo que las mejoraría.

La calidad del resultado final dependerá de la fidelidad y rigurosidad en la cual el modelo represente la complejidad del problema en cuestión.

⁸ Axioma número uno PAJ, referente a la Reciprocidad.

⁹ Se considera que un índice de inconsistencia es alto, cuando supera el 0.10.

2.3.2.4 Resultado final.

Una vez realizada la totalidad de comparaciones se obtiene el resultado final consensado: ordenamiento de las alternativas. Este resultado esta basado entonces, en las prioridades, en la emisión de juicios y en la evaluación hecha a través de las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, llevada a cabo por los actores.

2.3.2.5 Síntesis.

El PAJ logra combinar todos los juicios u opiniones en un todo en el cual las alternativas quedan organizadas desde la mejor hasta la peor.

El PAJ permite entonces, deducir los pesos que reflejan las percepciones y valores propuestos con mucha precisión. Las prioridades deducidas para cada faceta del complejo problema que esta en estudio serán sintetizadas para obtener prioridades generales y una ordenación de las alternativas.

Se harán una serie de preguntas al decisor para generar el modo de síntesis conveniente al problema en cuestión: ideal o distributivo.

El modo de síntesis distributivo se utiliza en situaciones de decisión en las que se quieren priorizar las alternativas. El modo de síntesis ideal se utiliza si se requiere seleccionar la mejor.

2.3.2.6 Análisis de Sensibilidad.

Permite visualizar y analizar, la sensibilidad del resultado (ordenación de las alternativas) respecto de posibles cambios en la importancia de criterios (supuestos).

Por ejemplo: ¿Qué pasaría si, al criterio uno le damos mas / menos importancia que la dada en la evaluación?, ¿Esta situación modifica el ordenamiento de las alternativas obtenido en el resultado final?

Habrán procesos de toma de decisiones en los que se requiere volver a aplicar el PAJ en un corto o mediano plazo porque son procesos dinámicos que requieren ser revisados y ajustados en el tiempo porque su entorno está en continuo cambio.

El término importancia se utiliza normalmente cuando se comparan criterios, el término preferencia se utiliza cuando se comparan alternativas y el término probabilidad se utiliza cuando se comparan eventos.

En este mismo sentido, se debe escoger entre tres posibles maneras para que el grupo decisor o analista emita su juicio:

- Verbal: por medio de palabras como moderado, fuerte, etc.
- Numérica: (desde 1 hasta 9). Escala de Saaty.

2.3.2.7 Base Matemática del PAJ. ^[1]

Trata directamente con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo o criterio común representado en la jerarquía de decisión.

El PAJ hace posible la toma de decisiones grupal mediante el agregado de opiniones, de tal manera que satisfaga la relación recíproca al comparar dos elementos. Luego toma el promedio geométrico de las opiniones.

Como ya se menciona anteriormente, el AHP ó PAJ cuenta con cuatro axiomas que a continuación se enuncian:

- Axioma 1: Referente a la condición de juicios recíprocos, la intensidad de preferencia de A_i/A_j es inversa a la preferencia A_j/A_i .
- Axioma 2: Referente a la condición de homogeneidad de los elementos, los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.
- Axioma 3: Referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento, dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
- Axioma 4: Referente a la condición de expectativas de orden de rango, las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

Suponga que se tienen “ n ” piedras, A_1, \dots, A_n , con ponderaciones conocidas W_1, \dots, W_n , respectivamente y suponga que se forma una matriz de relaciones paralelas cuyas filas dan la relación de ponderaciones de cada piedra con respecto a todas las otras. Por lo tanto se tiene la ecuación:

$$A_W = \begin{matrix} & A_1 & & & \\ & \vdots & & & \\ & A_n & & & \end{matrix} \begin{bmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \frac{W_1}{W_1} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \dots & \frac{W_n}{W_n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = n \quad \begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = nw$$

Dónde A ha sido multiplicado a la derecha por el vector de ponderaciones W . El resultado es nw . Por lo tanto, para recobrar la escala de la matriz de relaciones se debe resolver el problema

$$A_w = nw \quad \text{o} \quad (A - nl)w = 0$$

Este es un sistema homogéneo de ecuaciones. Tiene una solución no trivial¹⁰, si y solo si, el determinante de $A - nl$ es nulo, o sea, n es un valor propio de A . Ahora A tiene rango unitario ya que cada fila es un cero. La suma de los valores propios de una matriz es igual a su traza¹¹, la suma de sus elementos diagonales, y en este caso la traza de A es igual a n . Por lo tanto n es un valor propio de A , y no tiene una solución no trivial. La solución consiste en entradas positivas y es única dentro de una constante multiplicativa.

Ya se mencionó que las calificaciones de la diagonal principal de la matriz tienen valor 1, esto es, al compararse un elemento por si mismo mantiene igual importancia.

También es importante señalar la conveniencia de ser consistentes al establecer relaciones entre los elementos de cada nivel. Por ejemplo, si el criterio es “la dureza” y se dice que el diamante es tres veces más duro que el cuarzo y que el cuarzo es cinco más duro que el yeso; entonces, para ser consistentes, el diamante es ocho veces más duro que el yeso. Si se dice que el diamante es cinco veces más duro que el yeso, se estará cayendo en inconsistencia; por lo que habrá necesidad de repetir el proceso, si se desea obtener mayor exactitud.

El grado de consistencia se calcula para cada matriz A de comparaciones, y se expresa mediante la razón de inconsistencia RI , que es común colocarla en la parte inferior de la matriz A . Su cálculo se presenta a detalle más adelante. Una vez llena la matriz A con las respectivas calificaciones, se procede a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios W . Los pesos relativos es el

¹⁰ Si un sistema tiene soluciones distintas de cero, la denominaremos solución no trivial. La solución trivial es $X = 0, Y = 0$ y $z = 0$.

¹¹ Si todos los términos constantes son cero.

vector característico de la matriz. Una estimación para su cálculo se presenta a continuación.

Primero, se normaliza la matriz A , obteniéndose A'

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

Después se calcula el promedio del renglón 1 hasta el renglón n , y se obtiene la matriz W de los pesos relativos o eigenvector, que con frecuencia se coloca al lado derecho de la matriz A .

$$W = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_n \end{bmatrix}$$

2.3.2.8 Cálculo de la Razón de Inconsistencia. ^[1]

En un problema de toma de decisiones es importante saber que tan buena es nuestra consistencia, pues no es deseable que las decisiones estén en juicios de poca consistencia; esto hace que nuestros juicios tengan un carácter ambiguo o aleatorio. Por ejemplo, si usted prefiere las manzanas a las naranjas, pero las naranjas las prefiere a los plátanos, entonces es consistente que se diga que usted prefiere las naranjas a los plátanos. Sin embargo, resulta que las preferencias de los individuos suele cambiar según la hora del día, estación del año u otras circunstancias.

¿Qué tanto daño puede causar la inconsistencia? En cierto grado es natural que no seamos perfectamente consistentes; ya que al integrar nuevas experiencias, nuestras relaciones previas pueden cambiar. Pero si fuésemos capaces de programarnos a nunca cambiar, estaríamos renuentes a aceptar nuevas ideas; sin embargo, todo el conocimiento que el hombre ha obtenido se apoya en una consistencia perfecta y una consistencia tolerable.

Como suele ocurrir, existen actividades en la que la asignación de prioridades debe mantener cierta consistencia, para de esta forma generar respuestas válidas en el mundo real. El PAJ mide la inconsistencia global de los juicios asignados, mediante una relación de consistencia.

Una medida del grado de inconsistencia en el que se incurre al momento de asignar calificaciones es la razón de inconsistencia RI , la cual indica el grado de incoherencia que se comete al agrupar los criterios y alternativas de un problema. Una práctica común es colocarla en el parte inferior de cada matriz de comparaciones A con el propósito de vigilar la consistencia en las calificaciones.

Para su cálculo se multiplica AW obteniéndose una estimación de $\lambda_{\max}W$ esto es, $AW = \lambda_{\max}W$

Posteriormente se divide cada componente de $\lambda_{\max}W$ por el componente correspondiente de W , obteniéndose λ_{\max} ; se puede promediar esta estimación para encontrar una estimación total de λ_{\max} .

A continuación se calcula el índice de consistencia mediante la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Este índice se compara con los valores de la consistencia aleatoria **CA** que Saaty propone, de acuerdo al tamaño n de la matriz, que son el número de criterios o alternativas analizadas.

n Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA Consistencia aleatoria	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Por último, se calcula la razón de inconsistencia RI dividiendo el índice de consistencia entre la consistencia aleatoria, que es el número que se obtiene de la tabla anterior.

$$RI = \frac{IC}{CA}$$

Si la razón es considerablemente mayor a un 10%, se recomienda una revisión de las calificaciones.

2.3.3 TERCERA ETAPA: Evaluación de las alternativas. ^{[1], [4]}

Ahora, en esta etapa se construyen tres matrices, una para cada criterio. En cada matriz se van a comparar entre si las tres alternativas de acuerdo al correspondiente criterio. El llenado de las matrices y el cálculo de los pesos relativos son similares a la etapa anterior.

2.3.3.1 Selección de la Medida.

Los seres humanos utilizan en su vida diaria una serie de escalas de medición con unidades como: kilómetros, litros, horas, grados, kilos, etc., además por la percepción se pueden reconocer otras características de las cosas que nos rodean: olor, textura, etc.

El PAJ permite justamente incorporar factores cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta para dar solución a un problema, para que luego las personas determinen sus preferencias por medio de juicios. El PAJ representa esos juicios por medio de números, generando una escala de medida.

A través de una secuencia matemática, el PAJ sintetiza los juicios y entrega un resultado.

Las dos clases de medida que se pueden utilizar en el PAJ son la medida relativa y la medida absoluta. Inclusive se pueden combinar.

2.3.3.2 La Medida Relativa.

Esta se utiliza cuando el número de alternativas es hasta de 7. El modelo se evalúa por medio de la evaluación entre criterios, subcriterios y las alternativas. Estas últimas se comparan frente a un tercer elemento común para ambas.

Una vez evaluado todo el modelo, la medida relativa entrega las alternativas priorizadas de la mejor a la peor.

2.3.3.3 La Medida Absoluta.

Se pueden manejar decenas y/o cientos de alternativas. Consiste en comparar alternativas contra un estándar. Esta escala suele usarse cuando se está resolviendo problemas de selección de personal, entre otros.

Cuando se utiliza el modulo ratings, el modulo se construye igual que en la medida relativa: meta, criterios, subcriterios.

La diferencia consiste en que no se incluyen las alternativas en el modelo. En lugar de las alternativas escalas (cuantitativas o cualitativas) para cada uno de los criterios. Seguidamente se inician las comparaciones de a pares para conocer las preferencias (los pesos) entre los criterios, subcriterios y las escalas.

De esta forma se obtiene un estándar, contra el cuál se evaluará de forma independiente cada una de las alternativas.

A cada alternativa le corresponde un puntaje, el cuál generará al final un ranking para el total de ellas, mostrando una lista de la mejor hasta la peor.

Vale la pena aclarar que no debe escogerse obligatoriamente el uso de este enfoque solamente el problema incluye una gran cantidad de alternativas.

2.3.4 CUARTA ETAPA: Jerarquización de alternativas.

Finalmente, para conocer qué alternativa es la más importante de acuerdo a los criterios establecidos se realizan algunos cálculos sencillos.

Se multiplica cada una de las componentes de la matriz de pesos de los criterios por la correspondiente matriz de pesos de cada una de las matrices de las alternativas. [Rodríguez, 1992].^[4]

2.3.4.1 Principios de un Pensamiento Analítico.

En la solución de problemas mediante el análisis lógico se distinguen tres principios: principio de desarrollo de jerarquías, asignación de prioridades y consistencia lógica. Estos están presentes en el proceso de análisis jerárquico y una descripción de los mismos se da a continuación.

2.3.4.2 Desarrollo de Jerarquías.

El hombre es capaz de percibir cosas e ideas, los identifica para después comunicarlas; para un conocimiento detallado, la mente estructura las realidades complejas en sus partes constitutivas y estas a su vez en otras partes, y así sucesivamente en la estructura jerárquica. El número de partes en una estructura jerárquica variará entre cinco y nueve.

2.3.4.3 Asignación de Prioridades.

También el hombre posee la habilidad de percibir las relaciones que existen entre las cosas que observa, compara por pares cuestiones similares de acuerdo a ciertos criterios, para así discriminar según una intensidad de preferencias. Después sintetiza sus juicios, ya sea a través de la imaginación o con el empleo del PAJ, para generar el conocimiento del sistema como un todo.

2.3.4.4 Consistencia Lógica.

El hombre tiene la habilidad de establecer relaciones entre objetivos e ideas que resulten coherentes. Consistencia significa dos cosas, la primera es que las ideas u objetos similares sean agrupados acorde a su homogeneidad y relevancia; por ejemplo, el mármol y la uva pueden ser agrupados por su tersura, pero no por su sabor.

El segundo es lo relacionado con la intensidad de las relaciones que guardan las ideas u objetos; así por ejemplo, si el criterio es lo dulce y se dice que la miel es cinco veces más dulce que el azúcar y que el azúcar es dos veces más dulce que la melaza; entonces, para ser consistentes, la miel es diez veces más dulce que la melaza; por otra parte, se dice que la miel es cuatro veces más dulce que la melaza estará cayendo en inconsistencia, por lo que habrá necesidad de repetir el proceso, si es que desea obtener mayor exactitud.

Al hacer uso de los principios anteriormente descritos, el AHP incorpora los aspectos cualitativo y cuantitativo; lo cualitativo para definir el problema y su jerarquía, y lo cuantitativo para expresar juicios y preferencias consistentemente; el proceso está diseñado para integrar estas propiedades duales de manera coherente.

2.3.4.5 Metodología Numérica del PAJ.

Los teóricos en sistemas resaltan que las relaciones que se dan entre problemas pueden siempre ser analizadas si se toma a pares, para relacionarlos entre si acorde a ciertos atributos que tengan en común. El objetivo es encontrar diversas características que tengan una conexión. Este enfoque causal para entender lo complejo se complementa con el enfoque de sistemas, cuyos objetivos son determinar los subsistemas en los que las partes se vean conectadas. Como puede verificarse el PAJ, trata con ambos enfoques simultáneamente. El pensamiento sistemático está orientado a la estructuración de las ideas jerárquicamente y el enfoque causal (o explicativo) está orientado a la comparación a pares de los elementos en una jerarquía, para así permitirnos obtener una síntesis. Los juicios que solemos aplicar al proceso de comparación de a pares, combinan el pensamiento lógico con el sentir, que se desarrollan de la experiencia. El procedimiento matemático es uno de los más eficientes para llegar

a una solución, en comparación con lo que se obtiene en forma intuitiva; aunque el resultado final no sea precisamente el más exacto. Si los resultados que se alcanzan a través del PAJ no satisfacen el juicio lógico de la experiencia, de aquellos tomadores de decisiones bien informados y experimentados, se hace necesario repetir el proceso reestructurando la jerarquía y mejorando los juicios.

2.3.4.6 Asignación de valores y Síntesis de Prioridades.

El primer paso en la asignación de prioridades es efectuar una comparación por pares que consiste en comparar los elementos de un nivel mismo en base a criterios. El proceso de comparación se genera una matriz que resume nuestras preferencias, cuya estructura permite calcular prioridades relativas, efectuar una prueba de consistencia y obtener información adicional.

2.3.4.7 Obtención de Prioridades Relativas.

Obtener el conjunto de prioridades relativas en un problema de decisiones se deben tomar en consideración las prioridades asignadas a los elementos, en forma simultánea, para de esta forma aplicar un procedimiento de calculo que sintetiza los juicios. Con ello se obtienen un número que indicará la prioridad relativa del elemento asociado.

El procedimiento es como sigue: dada la matriz de comparaciones por pares se obtiene la suma de cada columna y se divide cada elemento por la respectiva suma. Finalmente, se suman los valores de los elementos por renglón y se dividen entre el número de elementos. Los valores así obtenidos representan una medida de las preferencias de cada alternativa. Por ejemplo:

<i>Comodidad</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
<i>C</i>	1	1/2	1/4
<i>T</i>	2	1	1/2
<i>L</i>	4	2	1
<i>Total/Columna</i>	7	3.5	1.75

Sintetización de juicios

<i>Comodidad</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>L</i>
<i>C</i>	1/7	1/7	1/7
<i>T</i>	2/7	2/7	2/7
<i>L</i>	4/7	4/7	4/7

Matriz normalizada

Por último, se suman los valores por renglón y se divide entre el número de elementos que se sumen, es decir:

$$\frac{1/7 + 1/7 + 1/7}{3} = \frac{1}{7} = 0.14$$

$$\frac{2/7 + 2/7 + 2/7}{3} = \frac{2}{7} = 0.29$$

$$\frac{4/7 + 4/7 + 4/7}{3} = \frac{4}{7} = 0.57$$

Estos valores fraccionarios, que al sumarse dan la unidad, es lo que denominamos prioridad relativa, y en este ejemplo por no tener más niveles representa la medida total de nuestras preferencias hacia las alternativas, según los juicios individuales que se asignaron a las mismas.

2.4 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES.

El Proceso de Análisis Jerárquico es un modelo flexible que permite a los individuos o grupo de individuos compartir ideas para definir un problema, así como la ponderación de la solución deseada. También prueba la sensibilidad de la solución o resultados, ante cambios en la información. El método está diseñado para manejar la naturaleza humana, por lo que no fuerza a una forma de pensamiento, que podría violar nuestros mejores juicios. El PAJ es una herramienta poderosa, pues permite abordar problemas tan complejos como los de tipo político y socioeconómico.

El PAJ incorpora los juicios y valores de las personas en una forma lógica. Para ello depende de la imaginación, experiencia y conocimiento, para estructurar la jerarquía de un problema en base a la lógica, intuición y experiencia, para así generar juicios. El PAJ muestra como conectar los elementos con aquellas partes del problema, para la obtención de resultados que contemple los aspectos como un todo; es un proceso para identificar, entender y establecer la interacción de los componentes de un sistema en forma global.

Para definir problemas complejos y desarrollar juicios sensatos, el PAJ debe ser un procesos repetitivo o iterativo en el tiempo; pues, difícilmente podría esperarse soluciones instantáneas ante problemas complejos, en donde interviene un largo período de tiempo. El método es lo suficientemente flexible como para permitir revisiones ya sea para expandir los elementos de la jerarquía o efectuar cambios en los juicios. Cada iteración considera el surgimiento de una hipótesis y su respectiva valuación; donde los refinamientos progresivos de hipótesis conducen a un mejor entendimiento del sistema.

Como característica relevante, el PAJ proporciona una estructura de participación en grupo, ante la toma de decisiones o solución de problemas. Como es de esperarse, las ideas y juicios pueden ser cuestionados para su fortalecimiento o debilitamiento, mediante las evidencias que otras personas presentan. La manera de dar forma a realidades no estructuradas es a través de una participación, transacción y compromiso. En otras palabras, la conceptualización de cualquier problema mediante un proceso de análisis jerárquico requiere que uno considere ideas, juicios y hechos aceptados por otros, como aspectos esenciales de un problema. Una participación en grupo puede contribuir a la validación global de los resultados, aunque quizá no sea fácil su implementación, si los puntos de vista divergen ampliamente.

Es importante señalar que como todas las técnicas, son sólo apoyos a la toma de decisiones, por lo que además de combinarse con otros instrumentos similares, deberán seguir un proceso metodológico de toma de decisiones.

La escala de importancia relativa propuesta por Saaty puede ser modificada de acuerdo a los intereses y necesidades del decisor y a las circunstancias particulares durante su aplicación.

Deben vigilarse los resultados cuando únicamente se comparan dos elementos en total, ya que se produce una gran inconsistencia.

El método PAJ es utilizado para determinar valores proporcionales de comparación por pares, las cuales pueden ser tomadas de las mediciones actuales o de las escalas fundamentales que reflejan la intensidad de las preferencias y sentimientos del decisor.

El método ayuda a la toma de decisiones en problemas complejos, simplificando el proceso por medio de tres principios que se aplican en la solución de problemas:

- **Principio de descomposición:** Conduce a la estructuración de una jerarquía que contiene los elementos básicos del programa.
- **Principio de opiniones comparadas:** Se manejan matrices de evaluaciones por pares de cada uno de los atributos en cuestión.
- **Principio de síntesis de prioridades:** Usado para generar la prioridad compuesta de los elementos.

Los requisitos para la aplicación del PAJ es un conocimiento profundo de la problemática a analizar y desarrollar las habilidades para estructurar el problema, para la ponderación a pares de factores (o actores) involucrados, así como su correspondiente síntesis. Las aplicaciones del PAJ a problemas de envergadura nacional como la liberación de rehenes en Irán y la mejor elección de un equipo de cómputo son ejemplos de la versatilidad del método y su pronta aceptación a problemas reales.

2.5 EJEMPLOS.

Retomando la metodología tenemos como primer paso, el efectuar una comparación por pares, que como ya se explicó, consiste en comparar los elementos de un mismo nivel en base a criterios. Se crea una matriz donde se reflejarán nuestras preferencias, lo que nos lleva a calcular las prioridades relativas, efectuar la prueba de resistencia. [Rodríguez, 1992]

Considérese el proceso de comparación por pares para un nivel X de una jerarquía. Si el criterio C, el cual es empleado para la comparación por pares, suponga que los elementos a comparar son: A_1, A_2, \dots, A_7 ; esto es, supóngase que se tienen siete elementos. Rearreglando a tales elementos en forma matricial respecto al criterio C podemos escribir:

C	A_1	A_2	...	A_7
A_1	1			
A_2		1		
⋮			⋮	
A_7				1

Matriz ejemplo de comparación a pares.

El proceso consiste en comparar el elemento A_1 de la columna izquierda de la matriz con los elementos A_1, A_2, \dots, A_7 del renglón de la parte superior con respecto a la propiedad C; se efectúa el mismo procedimiento para el elemento A_2 , hasta el elemento A_7 , de la columna izquierda. Para comparar los elementos pregúntese: ¿qué tan fuerte es ese elemento o actividad (para contribuir, dominar, influenciar, satisfacer o beneficiar) con respecto a la propiedad del elemento que está siendo comparado? Si el criterio que se está empleando para comparar es de carácter probabilístico puede hacerse la pregunta: ¿qué tan probable o deseable es un elemento con respecto al otro? Si los elementos son comparados por su preferencia entonces pregúntese: ¿con qué cantidad se encuentra, domina, afecta entre otros, esta propiedad? Al estarse haciendo la proyección de resultados deseables pregúntese: ¿qué elemento es más probable que influya en los resultados?

Para llenar numéricamente la matriz se emplea un dígito que representa la importancia relativa de un elemento sobre el otro, respecto a la propiedad o criterio C. En la Escala de Saaty se muestra la escala de comparación a pares de la que se hará uso, en ella se define y explica el significado al asignar valores entre el 1 y el 9 de nuestros juicios, en el proceso de comparar a pares. La experiencia ha

demostrado que una escala de nueve elementos es razonablemente exacta para reflejar el grado con que podemos discriminar la intensidad de las relaciones existentes entre elementos. Cuando se emplea la escala en áreas sociales, psicología o contexto político, exprese primeramente los juicios en forma verbal y posteriormente tradúzcase a valores numéricos; su validez podrá ser probada a través de una prueba de consistencia, que será descrita posteriormente, por comparación con los buenos resultados arrojados por otros métodos que ya se hayan aplicados.

2.5.1 EJEMPLO 1: Elegir un tipo de automóvil.

Supóngase que se desea decidir cual de tres carros nuevos (Chevrolet, Thunderbird y Passat) comprar, según el criterio comodidad. La matriz de comparación por pares, según apreciaciones de X persona que resulta para el criterio comodidad es:

<i>Comodidad</i>		<i>C</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>Chevrolet</i>	(<i>C</i>)	1	1/2	1/4
<i>Thunderbird</i>	(<i>T</i>)	2	1	1/2
<i>Passat</i>	(<i>P</i>)	4	2	1

Matriz de comparación para tres tipos de carro.

En dicha matriz se tienen nueve entradas, tres de las cuales son unos, tres son valores recíprocos, lo cual nos deja libre tres entradas que son los juicios que tenemos que hacer. En general, si la matriz tiene n elementos, entonces los juicios que se tienen que hacer son $(n \times n - n) / 2$. Es por ello que en nuestro ejemplo se tiene: $((3 \times 3) - 3) / 2 = (6) / 2 = 3$

La matriz se lleno de la siguiente forma. Se preguntó: ¿qué tan cómodo es el Chevrolet con relación a un Thunderbird?, ¿qué tan cómodo es el Chevrolet con relación al Passat? y ¿qué tan cómodo es el Thunderbird con relación al Passat?, en base a la experiencia se tiene que el Chevrolet es 0.5 de cómodo respecto al Thunderbird y 0.25 de cómodo respecto al Passat, y el Thunderbird es 0.5 de cómodo respecto al Passat. Para éste ejemplo solo son necesarias tres comparaciones, pues las tres restantes son valores recíprocos; por ejemplo, al comparar el Thunderbird con el Chevrolet resulta que el Thunderbird es dos veces más cómodo que el Chevrolet; al comparar el Passat con el Chevrolet da que es cuatro veces más cómodo y el Passat contra el Thunderbird dos veces más cómodo; aquí puede verse que estos valores son recíprocos.

Existen varias formas de calcular las prioridades relativas, lo que a continuación se muestra es un método manual; el procedimiento es como sigue: dada la matriz de comparación por pares se obtiene la suma de cada columna y se divide cada elemento por la respectiva suma. Finalmente, se suman los valores de los elementos por renglón y se dividen entre el número de elementos. Los valores así obtenidos representan una medida de las preferencias de cada alternativa.

Para el problema de carros, descrito anteriormente, el proceso de síntesis de prioridades relativas reduce a:

<i>Comodidad</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>C</i>	1	1/2	1/4
<i>T</i>	2	1	1/2
<i>P</i>	4	2	1
<i>Total / columna</i>	7	3.5	1.75

<i>Comodidad</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>C</i>	1/7	1/7	1/7
<i>T</i>	2/7	2/7	2/7
<i>P</i>	4/7	4/7	4/7

Sintetización de juicios

Matriz normalizada

Por ultimo se suman los valores por renglón y se divide entre el número de elementos que se suman, es decir:

$$\frac{1/7 + 1/7 + 1/7}{3} = \frac{1}{7} = 0.14$$

$$\frac{2/7 + 2/7 + 2/7}{3} = \frac{2}{7} = 0.29$$

$$\frac{4/7 + 4/7 + 4/7}{3} = \frac{4}{7} = 0.57$$

Estos valores fraccionarios, que al sumarse dan la unidad, es lo que denominamos prioridad relativa, y en este ejemplo sencillo por no tener más niveles representan la medida total de nuestras preferencias hacia las alternativas, según los juicios individuales que se asignaron a las mismas. De los resultados anteriores, la prioridad relativa asociada al Chevrolet, Thunderbird y Passat son: 0.14, 0.29 y 0.57 respectivamente. Como puede verse el carro de mayor prioridad (preferencia) es el Passat, le sigue el Thunderbird; en este caso el Passat es cuatro veces más preferido que el Chevrolet y dos veces con relación al Thunderbird.

Retomando el ejemplo anterior según el criterio comodidad. Supóngase que durante la asignación de prioridades y al comparar el Chevrolet con los demás carros se mantienen los mismos valores, pero al comparar el Thunderbird con el

Passat se comete el error de asignar el valor de 0.25, por lo que el valor recíproco (tercer renglón, segunda columna) será de 4.

Siguiendo los pasos descritos anteriormente para calcular la consistencia se tiene:

<i>Comodidad</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>Suma / renglón</i>	<i>Suma promedio / renglón</i>
<i>C</i>	1/7	1/11	1/6	0.40	0.40/3 = 0.13
<i>T</i>	2/7	2/11	1/6	0.63	0.63/3 = 0.21
<i>P</i>	4/7	8/11	4/6	1.97	1.97/3 = 0.66

Matriz normalizada, suma por renglones y prioridades relativas.

El vector de prioridades resultantes es de 13, 21 y 66 por ciento. Según se puede apreciar, el vector de prioridades es aproximadamente igual al obtenido en el juicio previo; no obstante existen pequeñas diferencias, y la situación se complica. Cuando los juicios resultan perfectamente consistentes, los valores del vector de prioridades deben ser idénticos. Un comentario de esto es que aunque la preferencia hacia el Chevrolet no ha cambiado mucho, no sucede lo mismo al comparar el Thunderbird con respecto al Passat.

Cuando se tiene inconsistencia, según se observa, el valor de preferencias cambia. La pregunta es ¿qué tan significativo es éste cambio?. Una forma de verificar la inconsistencia es multiplicar la matriz inconsistente por su vector de prioridades y sumar los componentes de este producto, según se muestra a continuación:

<i>Comodidad</i>	<i>C(0.13)</i>	<i>T(0.21)</i>	<i>P(0.66)</i>
<i>C</i>	1	0.5	0.25
<i>T</i>	2	1	0.25
<i>P</i>	4	4	1

<i>Comodidad</i>	<i>C(0.13)</i>	<i>T(0.21)</i>	<i>P(0.66)</i>	<i>Suma / renglón</i>
<i>C</i>	0.13	0.11	0.17	0.41
<i>T</i>	0.26	0.21	0.17	0.64
<i>P</i>	0.52	0.84	0.66	2.02

Totalización de entradas.

Ahora dividiendo:

$$\begin{bmatrix} 0.41 \\ 0.64 \\ 2.02 \end{bmatrix} \text{ entre } \begin{bmatrix} 0.13 \\ 0.21 \\ 0.66 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.15 \\ 3.05 \\ 3.06 \end{bmatrix}$$

Sumando los elementos del vector columna resultante y dividiéndolo entre el número de elementos que entran en la suma, se obtiene:

$$\frac{3.15 + 3.05 + 3.06}{3} = \frac{9.26}{3} = 3.09$$

Por convención, al valor resultante lo denominaremos λ_{\max} (valor característico principal o raíz de Perron); a lo que corresponderá un índice de consistencia (IC) calculado como:

$$\left(\frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \right) = \frac{3.09 - 3}{2} = \frac{0.09}{2} = 0.045$$

Este valor resultante lo comparamos; donde se obtiene que el valor de índice de consistencia para $n = 3$ es 0.58 y la relación $0.045/0.58 = 0.08$ es un valor menor de 10%, lo que indica un valor de consistencia bueno. Mientras más cerca esté λ_{\max} de n , mayor será la consistencia del decisor.

2.5.2 Ejemplo 2: Bienestar total (Psicológico).

Supóngase que se desea determinar los elementos que tienen mayor influencia en el bienestar total de un individuo. La persona analizada fue cuestionada únicamente acerca de sus experiencias en la niñez, en relación a los siguientes elementos para cada nivel (claro está que un historial psicológico más completo podría incluir mayor número de aspectos en cada nivel).

- Nivel 1: Bienestar total (BT)
- Nivel 2: Respeto propio (R)
Sentido de seguridad (S)
Habilidad de adaptación (H)
- Nivel 3: Muestra de afecto a personas (M)
Ideas de severidad y éxito (I)
Disciplina actual (D)
Énfasis de adaptación personal con otros (E)

Nivel 4: Influencia de la madre (IM)
 Influencia del padre (IP)
 Influencia de ambos (IA)

La estructura jerárquica asociada al ejemplo se muestra en la figura 2.5:

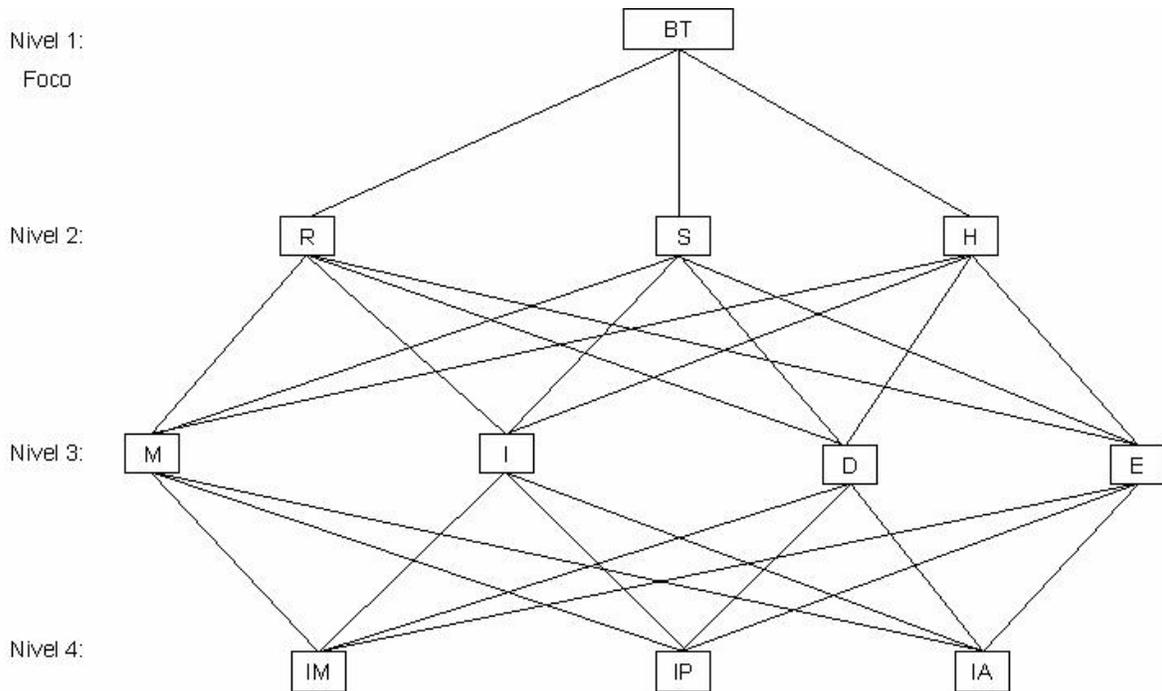


Figura 2.5 Jerarquía de bienestar total psicológico.

Las respuestas de una comparación a pares, dispuesta en forma matricial, y sus correspondientes vectores de prioridades y valores característicos se dan a continuación:

Para el nivel 2:

<i>BT</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>H</i>
<i>R</i>	1	6	4
<i>S</i>	1/6	1	3
<i>H</i>	1/4	1/3	1

de donde $\alpha = (WR, WS, WH) = (0.701, 0.193, 0.106)$ y $\lambda_{\max} = 3.26$

Para el nivel 3:

<i>R</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>E</i>		<i>S</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>E</i>		<i>M</i>	<i>M</i>	<i>I</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
<i>M</i>	1	6	6	3		<i>M</i>	1	6	6	3		<i>M</i>	1	6	6	3
<i>I</i>	1/6	1	4	3		<i>I</i>	1/6	1	4	3		<i>M</i>	1	6	6	3
<i>D</i>	1/6	1/4	1	1/2		<i>D</i>	1/6	1/4	1	1/2		<i>M</i>	1	6	6	3
<i>E</i>	1/3	1/3	2	1		<i>E</i>	1/3	1/3	2	1		<i>M</i>	1	6	6	3
(0.604,0.213,0.064,0.119)						(0.604,0.213,0.064,0.119)						(0.127,0.281,0.128,0.483)				

Con lo que

$$\beta = \begin{matrix} & R & S & H \\ WM & \begin{bmatrix} .604 & .604 & .127 \end{bmatrix} \\ WI & \begin{bmatrix} .213 & .213 & .281 \end{bmatrix} \\ WD & \begin{bmatrix} .064 & .064 & .128 \end{bmatrix} \\ WE & \begin{bmatrix} .119 & .119 & .463 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Para el nivel 4:

<i>M</i>	<i>IM</i>	<i>IP</i>	<i>LA</i>		<i>I</i>	<i>IM</i>	<i>IP</i>	<i>LA</i>		<i>D</i>	<i>IM</i>	<i>IP</i>	<i>LA</i>		<i>E</i>	<i>IM</i>	<i>IP</i>	<i>LA</i>
<i>IM</i>	1	9	4		<i>IM</i>	1	1	1		<i>IM</i>	1	9	4		<i>IM</i>	1	5	5
<i>IP</i>	1/9	1	8		<i>IP</i>	1	1	1		<i>IP</i>	1/9	1	1/4		<i>IP</i>	1/5	1	1/3
<i>LA</i>	1/4	1/8	1		<i>LA</i>	1	1	1		<i>LA</i>	1/4	4	1		<i>LA</i>	1/5	3	1
(0.721,0.210,0.069)					(0.333,0.333,0.333)					(0.713,0.061,0.175)					(0.701,0.097,0.202)			

Con lo que

$$\mu = \begin{matrix} WIM & \begin{bmatrix} .721 & .333 & .713 & .701 \end{bmatrix} \\ WIP & \begin{bmatrix} .210 & .333 & .061 & .097 \end{bmatrix} \\ WLA & \begin{bmatrix} .069 & .333 & .176 & .202 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Las prioridades relativas finales se determinan al efectuar el producto $\alpha \beta \mu$; es decir:

$$\begin{aligned} \text{Madre} & : .635 \\ \text{Padre} & : .209 \\ \text{Ambos} & : .156 \end{aligned}$$

Que representa el grado con que tales factores influyen en el bienestar del individuo estudiado. Vale la pena mencionar que si alguna terapia habrá de aplicarse, esto deberá incluir el que se le aconseje ver más a su padre, para balancear la fuerte influencia maternal.

2.5.3 Ejemplo 3: Selección de una Afore. [Martínez, 2001]

Paso 1. Jerarquización.

En éste paso el objetivo es seleccionar la mejor Afore, los criterios a considerar son:

- 1) Cobro de comisión
- 2) Rendimientos
- 3) Rentabilidad
- 4) Envío de estado de cuenta

Y las alternativas a evaluar son las diferentes Afores que se tienen actualmente como: Bancomer, Banamex, Inbursa, Garante, Bital, Santander, Principal, Profuturo, Bancrecer, Banorte, XXI, Tepeyac y Zurich.

La representación gráfica de la jerarquización se muestra en la figura 2.6.

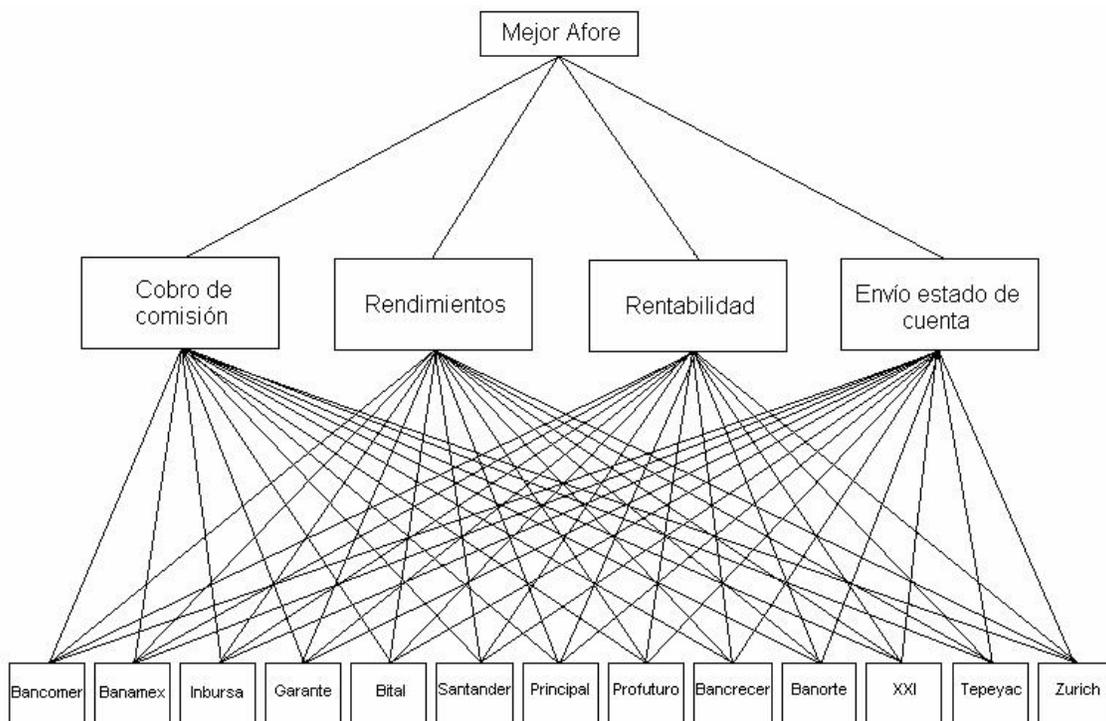


Figura 2.6 Jerarquización analítica del estudio de caso.

Paso2. Construcción de las matrices de comparación por pares.

Para la construcción de dichas matrices, se diseñó un formato que permitiera obtener la información requerida de ir comparando por pares. Siguiendo con la construcción de matrices de comparación por pares para cada uno de los criterios con relación a las alternativas, estas se muestran en las tablas 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5.

Tabla 2.2 Matriz de comparación por pares del cobro de comisión.

Comisión	Bancomer 0%	Banames 0%	Inbursa 0%	Garante .50%	Bital 0%	Santander 1%	Principal 75%	Profinturo 70%	Bancrecer 50%	Banorte 1%	XXI 20%	Tepeyac 15%	Zunich 50%
Bancomer 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Banames 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Inbursa 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Garante .50%	1/5	1/5	1/5	1	1/5	7	5	3	1	5	1/5	1/5	1
Bital 0%	1	1	1	5	1	7	7	5	7	7	5	3	3
Santander 1%	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1	1/7	1/5	1/7	1	1/7	1/7	1/5
Principal 75%	1/7	1/7	1/7	1/5	1/7	7	1	1/3	1/3	3	1/5	1/7	1/3
Profinturo 70%	1/5	1/5	1/5	1/3	1/5	5	3	1	1/3	3	1/5	1/7	1/3
Bancrecer 50%	1/7	1/7	1/7	1	1/7	7	3	3	1	3	1/3	1/5	1
Banorte 1%	1/7	1/7	1/7	1/5	1/7	1	1/3	1/3	1/3	1	1/7	1/7	1/3
XXI 20%	1/3	1/3	1/3	5	1/5	7	5	5	3	7	1	1/3	3
Tepeyac 15%	1/3	1/3	1/3	5	1/3	7	7	7	5	7	3	1	3
Zunich 50%	1/5	1/5	1/5	1	1/3	5	3	3	1	3	1/3	1/3	1

Tabla 2.3 Matriz de comparación por pares, muestra el rendimiento nominal.

Rendimiento	Bancomer 27.31	Banames 27.85	Inbursa 22.46	Garante 27.72	Bital 27.55	Santander 26.12	Principal 26.82	Profinturo 27.05	Bancrecer 27.02	Banorte 26.44	XXI 27.4	Tepeyac 25.97	Zunich 26.49
Bancomer 27.31	1	1/3	9	1/3	1/3	5	3	3	3	3	1/3	5	3
Banames 27.85	3	1	9	3	3	7	3	3	3	5	3	7	3
Inbursa 22.46	1/9	1/9	1	1/9	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9	1/3	1/7
Garante 27.72	3	1/3	9	1	3	5	5	3	3	3	3	7	3
Bital 27.55	3	1/3	9	1/3	1	5	3	3	3	5	3	7	3
Santander 26.12	1/5	1/7	7	1/5	1/5	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	3	1/3
Principal 26.82	1/3	1/3	7	1/5	1/3	3	1	1/3	1/3	3	1/5	3	3
Profinturo 27.05	1/3	1/3	7	1/3	1/3	3	3	1	1	3	1/3	5	3
Bancrecer 27.02	1/3	1/3	9	1/3	1/3	3	3	1	1	3	1/3	5	5
Banorte 26.44	1/3	1/5	9	1/3	1/5	3	1/3	1/3	1/3	1	1/5	5	1/3
XXI 27.4	3	1/3	9	1/3	1/3	5	5	3	3	5	1	7	5
Tepeyac 25.97	1/5	1/7	3	1/7	1/7	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/7	1	1/3
Zunich 26.49	1/3	1/3	7	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1/5	3	1/3	3	1

Tabla 2.4 Matriz de comparación por, muestra rentabilidad acumulada.

Rentabilidad	Bancomer 23%	Banamex 5%	Inbursa 5%	Garante 24%	Bital 6%	Santander 21%	Principal 3%	Profuturo 4%	Bancrecer 23%	Banorte 23%	XXI 75%	Tepeyac 36%	Zulich 71%
Bancomer 23%	1	3	5	5	3	5	5	5	5	3	3	5	5
Banamex 5%	1/3	1	3	3	1/3	3	3	3	3	1	1	3	3
Inbursa 5%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	3	1	1	1/5	1/5	1	3
Garante 24%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	1	1/5	1/5	1	1
Bital 6%	1/3	3	5	5	1	5	5	5	5	1	1/3	5	3
Santander 21%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	6	1/5	1/5	1	1
Principal 3%	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1
Profuturo 4%	1/5	1/3	1	3	1/5	3	3	1	3	1/5	1/5	3	3
Bancrecer 23%	1/5	1/3	1	1	1/5	1/3	3	1/3	1	1/5	1/3	1	1
Banorte 23%	1/3	1	5	5	1	5	5	5	5	1	1/3	3	3
XXI 75%	1/3	1	5	5	3	5	5	5	5	3	1	5	5
Tepeyac 36%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	1	1/3	1/5	1	1
Zulich 71%	1/5	1/3	1/3	1	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/5	1	1

Tabla 2.5 Matriz de comparación por pares, muestra envío de estado de cuenta.

Edos. Cta.	Bancomer 4	Banamex 6	Inbursa 3	Garante 6	Bital 5	Santander 3	Principal 3	Profuturo 1	Bancrecer 0	Banorte 3	XXI 5	Tepeyac 0	Zulich 4
Bancomer 4	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	3	5	1	1	5	1
Banamex 6	3	1	5	1	1	5	5	7	7	5	1	7	5
Inbursa 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	5	5	1	1/3	5	1
Garante 6	3	1	5	1	3	5	5	7	7	5	1	7	3
Bital 5	3	1	3	1/3	1	3	3	5	5	3	1	5	1
Santander 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	5	5	1	1/3	5	1
Principal 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	1	5	1	1/3	5	1
Profuturo 1	1/3	1/7	1	1/7	1/5	1/5	1	1	3	1	1/5	3	1
Bancrecer 0	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/7	1	1/7
Banorte 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	1	5	1	1/3	5	1
XXI 5	1	1	3	1	1	3	3	5	7	3	1	7	1
Tepeyac 0	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/7	1	1/7
Zulich 4	1	1/5	1	1/3	1	1	1	1	7	1	1	7	1

Paso 3. Procedimiento para sintetizar juicios.

La sintetización de los juicios se presenta a continuación, tanto para criterios como para alternativas en las tablas 2.6 a la 2.15.

Tabla 2.6 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios.

Alternativas Criterios	Cobro	Rendimiento	Rentabilidad	Estados de cuenta
Comisión	1	1/5	1/5	1
Rendimiento	5	1	1/3	5
Rentabilidad	5	3	1	5
Estados de Cuenta	1	1/5	1/5	1
sumatoria	12.000	4.400	1.733	12.000

Tabla 2.7 Prioridades para cada matriz de comparación por pares.

Alternativas Criterios	Cobro	Rendimiento	Rentabilidad	Estados de cuenta	Prioridades relativas
Comisión	0.083	0.045	0.115	0.083	0.082
Rendimiento	0.417	0.227	0.192	3/7	0.313
Rentabilidad	0.417	0.682	0.577	0.417	0.523
Estados de Cuenta	0.083	0.045	0.115	0.083	0.082

Tabla 2.8 Matriz de comparación por pares normalizada del cobro de comisión.

Comisión	Bancomer 0%	Banamex 0%	Inbursa 0%	Garante .50%	Bital 0%	Santander 1%	Principal .75%	Profinturo .70%	Bancoceer .50%	Banorte 1%	XXI 20%	Tepeyac .15%	Zunich .50%
Bancomer 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Banamex 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Inbursa 0%	1	1	1	5	1	9	7	5	7	7	3	3	5
Garante .50%	1/5	1/5	1/5	1	1/5	7	5	3	1	5	1/5	1/5	1
Bital 0%	1	1	1	5	1	7	7	5	7	7	5	3	3
Santander 1%	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1	1/7	1/5	1/7	1	1/7	1/7	1/5
Principal .75%	1/7	1/7	1/7	1/5	1/7	7	1	1/3	1/3	3	1/5	1/7	1/3
Profinturo .70%	1/5	1/5	1/5	1/3	1/5	5	3	1	1/3	3	1/5	1/7	1/3
Bancoceer .50%	1/7	1/7	1/7	1	1/7	7	3	3	1	3	1/3	1/5	1
Banorte 1%	1/7	1/7	1/7	1/5	1/7	1	1/3	1/3	1/3	1	1/7	1/7	1/3
XXI 20%	1/3	1/3	1/3	5	1/5	7	5	5	3	7	1	1/3	3
Tepeyac .15%	1/3	1/3	1/3	5	1/3	7	7	7	5	7	3	1	3
Zunich .50%	1/5	1/5	1/5	1	1/3	5	3	3	1	3	1/3	1/3	1
sumatoria	5.806	5.806	5.806	33.876	5.838	81	55.476	42.867	40.143	61	19.552	14.638	28.2

Tabla 2.9 Prioridades para cada matriz de comparación por pares.

Comisión	Bancomer 0%	Banamex 0%	Inbursa 0%	Garante .50%	Bital 0%	Santander 1%	Principal .75%	Profinturo .70%	Bancoceer .50%	Banorte 1%	XXI 20%	Tepeyac .15%	Zunich .50%	Prioridades Relativas
Bancomer 0%	0.172	0.172	0.172	0.146	0.171	0.111	0.126	0.117	0.174	0.115	0.153	0.205	0.177	0.155
Banamex 0%	0.172	0.172	0.172	0.146	0.171	0.111	0.126	0.117	0.174	0.115	0.153	0.205	0.177	0.155
Inbursa 0%	0.172	0.172	0.172	0.146	0.171	0.111	0.126	0.117	0.174	0.115	0.153	0.205	0.177	0.155
Garante .50%	0.034	0.034	0.034	0.030	0.034	0.086	0.090	0.070	0.025	0.082	0.010	0.014	0.035	0.045
Bital 0%	0.172	0.172	0.172	0.146	0.171	0.086	0.126	0.117	0.174	0.115	0.256	0.205	0.106	0.155
Santander 1%	0.019	0.019	0.019	0.004	0.024	0.012	0.003	0.005	0.004	0.016	0.007	0.010	0.007	0.012
Principal .75%	0.025	0.025	0.025	0.006	0.024	0.086	0.018	0.008	0.008	0.049	0.010	0.010	0.012	0.024
Profinturo .70%	0.034	0.034	0.034	0.010	0.034	0.062	0.054	0.023	0.008	0.049	0.010	0.010	0.012	0.029
Bancoceer .50%	0.025	0.025	0.025	0.030	0.024	0.086	0.054	0.070	0.025	0.049	0.017	0.014	0.035	0.037
Banorte 1%	0.025	0.025	0.025	0.006	0.024	0.012	0.006	0.008	0.008	0.016	0.007	0.010	0.012	0.014
XXI 20%	0.057	0.057	0.057	0.146	0.034	0.086	0.090	0.117	0.075	0.115	0.051	0.023	0.106	0.078
Tepeyac .15%	0.057	0.057	0.057	0.146	0.057	0.086	0.126	0.163	0.125	0.115	0.153	0.068	0.106	0.102
Zunich .50%	0.034	0.034	0.034	0.030	0.057	0.062	0.054	0.070	0.025	0.049	0.017	0.023	0.035	0.040

Tabla 2.10 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra el rendimiento nominal.

Rendimiento	Bancomer 27.31	Bancomer 27.85	Indusaa 22.46	Garante 27.72	Bital 27.55	Santander 26.12	Principal 26.82	Profinam 27.05	Bancrecer 27.02	Banorte 26.44	XXI 27.4	Tepayac 25.97	Zanich 26.49
Bancomer 27.31%	1	1/3	9	1/3	1/3	5	3	3	3	3	1/3	5	3
Bancomer 25.85%	3	1	9	3	3	7	3	3	3	5	3	7	3
Indusaa 22.46%	1/9	1/9	1	1/9	1/9	1/7	1/7	1/9	1/9	1/9	1/9	1/3	1/7
Garante 27.72%	3	1/3	9	1	3	5	5	3	3	3	3	7	3
Bital 27.54%	3	1/3	9	1/3	1	5	3	3	3	5	3	7	3
Santander 26.12%	1/5	1/7	7	1/5	1/5	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/5	3	1/3
Principal 26.82%	1/3	1/3	7	1/3	1/3	3	1	1/3	1/3	3	1/5	3	3
Profinam 27.05%	1/3	1/3	7	1/3	1/3	3	3	1	1	3	1/3	5	3
Bancrecer 27.02%	1/3	1/3	9	1/3	1/3	3	3	1	1	3	1/3	5	5
Banorte 26.44%	1/3	1/5	9	1/3	1/5	3	1/3	1/3	1/3	1	1/5	5	1/3
XXI 27.4%	3	1/3	9	1/3	1/3	5	5	3	3	5	1	7	5
Tepayac 25.97%	1/5	1/7	3	1/7	1/7	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	1/7	1	1/3
Zanich 26.49%	1/3	1/3	7	1/3	1/3	3	1/3	1/3	1/5	3	1/5	3	1
sumatoria	15.178	4.263	95	7.121	9.654	48.476	27.476	18.644	19.511	34.644	12.054	58.338	30.1

Tabla 2.11 Prioridades para cada matriz de comparación por pares.

Rendimiento	Bancomer 27.31	Bancomer 27.85	Indusaa 22.46	Garante 27.72	Bital 27.55	Santander 26.12	Principal 26.82	Profinam 27.05	Bancrecer 27.02	Banorte 26.44	XXI 27.4	Tepayac 25.97	Zanich 26.49	Prioridades Relativas
Bancomer 27.31%	0.066	0.078	0.095	0.047	0.085	0.115	0.109	0.161	0.162	0.087	0.023	0.086	0.100	0.090
Bancomer 25.85%	0.198	0.235	0.095	0.421	0.311	0.161	0.109	0.161	0.162	0.144	0.249	0.120	0.100	0.190
Indusaa 22.46%	0.007	0.026	0.011	0.016	0.012	0.009	0.005	0.006	0.006	0.003	0.009	0.006	0.005	0.009
Garante 27.72%	0.198	0.078	0.095	0.140	0.311	0.115	0.182	0.161	0.162	0.087	0.249	0.120	0.100	0.154
Bital 27.54%	0.198	0.078	0.095	0.047	0.104	0.115	0.109	0.161	0.162	0.144	0.249	0.120	0.100	0.129
Santander 26.12%	0.013	0.034	0.074	0.028	0.021	0.023	0.012	0.018	0.018	0.010	0.017	0.051	0.011	0.025
Principal 26.82%	0.022	0.078	0.074	0.047	0.085	0.069	0.036	0.018	0.018	0.087	0.017	0.051	0.100	0.050
Profinam 27.05%	0.022	0.078	0.074	0.047	0.085	0.069	0.109	0.054	0.054	0.087	0.023	0.086	0.100	0.065
Bancrecer 27.02%	0.022	0.078	0.095	0.047	0.085	0.069	0.109	0.054	0.054	0.087	0.023	0.086	0.166	0.071
Banorte 26.44%	0.022	0.047	0.095	0.047	0.021	0.069	0.012	0.018	0.018	0.029	0.017	0.086	0.011	0.028
XXI 27.4%	0.198	0.078	0.095	0.047	0.085	0.115	0.182	0.161	0.162	0.144	0.049	0.120	0.166	0.122
Tepayac 25.97%	0.013	0.034	0.032	0.020	0.015	0.008	0.012	0.011	0.011	0.006	0.012	0.017	0.011	0.015
Zanich 26.49%	0.022	0.078	0.074	0.047	0.085	0.069	0.012	0.018	0.011	0.087	0.017	0.051	0.033	0.043

Tabla 2.12 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra la rentabilidad acumulada.

Rentabilidad	Bancomer 22%	Banames 58%	Inbursa 5%	Garante 24%	Bital 63%	Santander 21%	Principal 38%	Profimoro 4%	Bancover 23%	Banorte 23%	XII 75%	Tepeyac 36%	Zanich 71%
Bancomer 22%	1	3	5	5	3	5	5	5	5	3	3	5	5
Banames 58%	1/3	1	3	3	1/3	3	3	3	3	1	1	3	3
Inbursa 5%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	3	1	1	1/5	1/5	1	3
Garante 24%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	1	1/5	1/5	1	1
Bital 63%	1/3	3	5	5	1	5	5	5	5	1	1/3	5	3
Santander 21%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	6	1/5	1/5	1	1
Principal 38%	1/5	1/3	1/3	1	1/5	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1
Profimoro 4%	1/5	1/3	1	3	1/5	3	3	1	3	1/5	1/5	3	3
Bancover 23%	1/5	1/3	1	1	1/5	1/6	3	1/3	1	1/5	1/5	1	1
Banorte 23%	1/3	1	5	5	1	5	5	5	5	1	1/3	3	3
XII 75%	1/3	1	5	5	3	5	5	5	5	3	1	5	5
Tepeyac 36%	1/5	1/3	1	1	1/5	1	1	1/3	1	1/3	1/5	1	1
Zanich 71%	1/5	1/3	1/3	1	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/5	1	1
sumatoria	3.983	11.667	30	33.000	10.067	32.167	42.000	27.000	37.125	10.367	7.267	31.000	31.0

Tabla 2.13 Prioridades para cada matriz de comparación por pares.

Rentabilidad	Bancomer 22%	Banames 58%	Inbursa 5%	Garante 24%	Bital 63%	Santander 21%	Principal 38%	Profimoro 4%	Bancover 23%	Banorte 23%	XII 75%	Tepeyac 36%	Zanich 71%	Prioridades Relativas
Bancomer 22%	0.254	0.257	0.169	0.152	0.209	0.155	0.119	0.195	0.155	0.276	0.413	0.161	0.161	0.210
Banames 58%	0.085	0.086	0.101	0.091	0.093	0.093	0.071	0.111	0.081	0.092	0.138	0.097	0.097	0.090
Inbursa 5%	0.051	0.029	0.034	0.030	0.020	0.031	0.071	0.037	0.027	0.018	0.028	0.032	0.097	0.039
Garante 24%	0.051	0.029	0.034	0.030	0.020	0.031	0.024	0.012	0.027	0.018	0.028	0.032	0.032	0.028
Bital 63%	0.095	0.257	0.169	0.152	0.099	0.155	0.119	0.195	0.135	0.092	0.046	0.161	0.097	0.135
Santander 21%	0.051	0.029	0.034	0.030	0.020	0.031	0.024	0.012	0.162	0.018	0.028	0.032	0.032	0.039
Principal 38%	0.051	0.029	0.011	0.030	0.020	0.031	0.024	0.012	0.003	0.018	0.028	0.032	0.032	0.025
Profimoro 4%	0.051	0.029	0.034	0.091	0.020	0.093	0.071	0.037	0.031	0.018	0.028	0.097	0.097	0.057
Bancover 23%	0.051	0.029	0.034	0.030	0.020	0.005	0.190	0.012	0.027	0.018	0.028	0.032	0.032	0.039
Banorte 23%	0.085	0.086	0.169	0.152	0.099	0.155	0.119	0.195	0.135	0.092	0.046	0.097	0.097	0.117
XII 75%	0.085	0.086	0.169	0.152	0.209	0.155	0.119	0.195	0.135	0.276	0.138	0.161	0.161	0.163
Tepeyac 36%	0.051	0.029	0.034	0.030	0.020	0.031	0.024	0.012	0.027	0.031	0.028	0.032	0.032	0.029
Zanich 26.71%	0.051	0.029	0.011	0.030	0.033	0.031	0.024	0.012	0.027	0.031	0.028	0.032	0.032	0.029

Tabla 2.14 Matriz de comparación por pares normalizada, muestra envío de estado de cuenta.

Edos. Oz.	Bancomer 4	Banames 6	Indusys 3	Garante 6	Bital 5	Santander 3	Principal 3	Profinno 1	Banaveer 0	Banorte 3	XVI 5	Tepeyac 0	Zanich 4
Bancomer 4	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	3	5	1	1	5	1
Banames 6	3	1	5	1	1	5	5	7	7	5	1	7	5
Indusys 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	5	5	1	1/3	5	1
Garante 6	3	1	5	1	3	5	5	7	7	5	1	7	3
Bital 5	3	1	3	1/3	1	3	3	5	5	3	1	5	1
Santander 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	5	5	1	1/3	5	1
Principal 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	1	5	1	1/3	5	1
Profinno 1	1/3	1/7	1	1/7	1/5	1/5	1	1	3	1	1/5	3	1
Banaveer 0	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/7	1	1/7
Banorte 3	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1	1	5	1	1/3	5	1
XVI 5	1	1	3	1	1	3	3	5	7	3	1	7	1
Tepeyac 0	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/5	1/7	1	1/7
Zanich 4	1	1/5	1	1/3	1	1	1	1	7	1	1	7	1
sumatoria	16.738	5.762	23.400	5.229	9.267	22.600	23.400	41.667	63	23.400	7.819	63	17.206

Tabla 2.15 Prioridades para cada matriz de comparación por pares.

Edos. Oz.	Bancomer 4	Banames 6	Indusys 3	Garante 6	Bital 5	Santander 3	Principal 3	Profinno 1	Banaveer 0	Banorte 3	XVI 5	Tepeyac 0	Zanich 4	Prioridades Relativas
Bancomer 4	0.060	0.058	0.043	0.064	0.036	0.044	0.043	0.072	0.079	0.043	0.123	0.079	0.058	0.062
Banames 6	0.179	0.174	0.214	0.191	0.100	0.221	0.214	0.160	0.111	0.214	0.123	0.111	0.209	0.179
Indusys 3	0.060	0.035	0.043	0.038	0.036	0.044	0.043	0.120	0.079	0.043	0.043	0.079	0.058	0.055
Garante 6	0.179	0.174	0.214	0.191	0.324	0.221	0.214	0.160	0.111	0.214	0.123	0.111	0.174	0.186
Bital 5	0.179	0.174	0.123	0.064	0.100	0.133	0.123	0.120	0.079	0.123	0.123	0.079	0.058	0.116
Santander 3	0.060	0.035	0.043	0.038	0.036	0.044	0.043	0.120	0.079	0.043	0.043	0.079	0.058	0.055
Principal 3	0.060	0.035	0.043	0.038	0.036	0.044	0.043	0.024	0.079	0.043	0.043	0.079	0.058	0.049
Profinno 1	0.020	0.025	0.043	0.027	0.022	0.009	0.043	0.024	0.040	0.043	0.026	0.043	0.058	0.033
Banaveer 0	0.012	0.025	0.009	0.027	0.022	0.009	0.009	0.008	0.016	0.009	0.013	0.016	0.008	0.014
Banorte 3	0.060	0.035	0.043	0.038	0.036	0.044	0.043	0.024	0.079	0.043	0.043	0.079	0.058	0.049
XVI 5	0.060	0.174	0.123	0.191	0.100	0.133	0.123	0.120	0.111	0.123	0.123	0.111	0.058	0.121
Tepeyac 0	0.012	0.025	0.009	0.027	0.022	0.009	0.009	0.008	0.016	0.009	0.013	0.016	0.008	0.014
Zanich 4	0.060	0.035	0.043	0.064	0.100	0.044	0.043	0.024	0.111	0.043	0.123	0.111	0.058	0.067

Paso 4. Verificación de consistencia.

La estimación de los radios para criterios y alternativas se presenta de la figura 2.7 a 2.11.

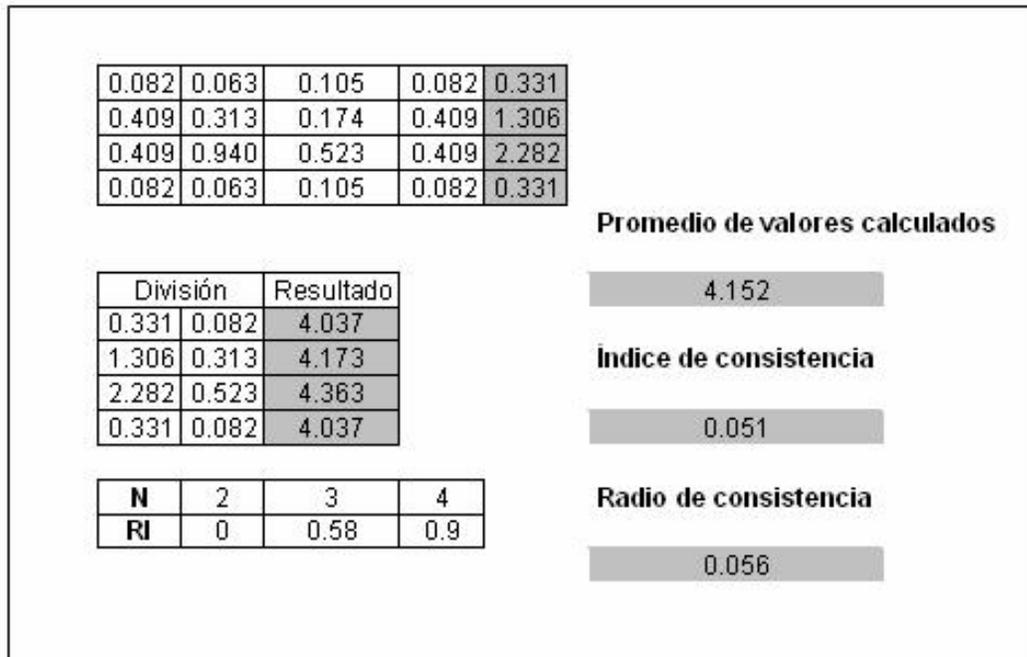


Figura 2.7 Estimación de verificación del radio de consistencia para los criterios.

1.155	1.155	1.155	1.223	1.155	1.104	1.165	1.145	1.251	1.099	1.235	1.305	1.202	2.354
1.155	1.155	1.155	1.223	1.155	1.104	1.165	1.145	1.251	1.099	1.235	1.305	1.202	2.354
1.155	1.155	1.155	1.223	1.155	1.104	1.165	1.145	1.251	1.099	1.235	1.305	1.202	2.354
1.031	1.031	1.031	1.045	1.031	1.051	1.112	1.037	1.037	1.071	1.016	1.020	1.040	1.439
1.155	1.155	1.155	1.223	1.155	1.051	1.165	1.145	1.251	1.099	1.391	1.305	1.121	2.402
1.017	1.017	1.017	1.016	1.022	1.012	1.003	1.016	1.005	1.014	1.011	1.015	1.002	1.153
1.022	1.022	1.022	1.009	1.022	1.051	1.024	1.010	1.012	1.042	1.016	1.015	1.013	1.310
1.031	1.031	1.031	1.015	1.031	1.051	1.071	1.029	1.012	1.042	1.016	1.015	1.013	1.395
1.022	1.022	1.022	1.045	1.022	1.051	1.071	1.037	1.037	1.042	1.026	1.020	1.040	1.537
1.022	1.022	1.022	1.009	1.022	1.012	1.002	1.010	1.012	1.014	1.011	1.015	1.013	1.192
1.052	1.052	1.052	1.223	1.031	1.051	1.112	1.145	1.110	1.099	1.071	1.034	1.121	1.194
1.052	1.052	1.052	1.223	1.052	1.051	1.165	1.202	1.124	1.099	1.235	1.102	1.121	1.620
1.031	1.031	1.031	1.045	1.052	1.051	1.071	1.037	1.037	1.042	1.026	1.034	1.040	1.522

División	Resultado	
2.354	1.155	15.214
2.354	1.155	15.215
2.354	1.155	15.215
1.439	1.045	14.325
2.402	1.155	15.449
1.153	1.012	13.272
1.310	1.024	13.143
1.395	1.029	13.642
1.537	1.037	14.522
1.192	1.014	13.573
1.194	1.071	15.237
1.620	1.102	15.951
1.522	1.041	14.557

Promedio de valores calculados

14.578

Índice de consistencia

0.131

Radio de consistencia

0.084

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0.51	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.48	1.51	1.48	1.54

Figura 2.8 Las alternativas en el criterio de comisión.

1.091	1.163	1.079	1.051	1.043	1.127	1.146	1.194	1.214	1.113	1.141	1.077	1.125	1.366
1.269	1.191	1.079	1.461	1.322	1.127	1.146	1.194	1.214	1.113	1.366	1.105	1.125	2.909
1.010	1.021	1.109	1.012	1.014	1.004	1.007	1.007	1.005	1.004	1.014	1.005	1.006	1.126
1.269	1.163	1.079	1.154	1.322	1.127	1.243	1.194	1.214	1.113	1.366	1.105	1.125	2.446
1.269	1.163	1.079	1.051	1.129	1.127	1.146	1.194	1.214	1.113	1.366	1.105	1.125	2.063
1.012	1.027	1.100	1.031	1.024	1.025	1.016	1.022	1.024	1.013	1.024	1.014	1.014	1.348
1.031	1.163	1.162	1.031	1.043	1.074	1.149	1.022	1.024	1.113	1.024	1.014	1.125	1.711
1.031	1.163	1.162	1.051	1.043	1.074	1.146	1.045	1.071	1.113	1.041	1.077	1.125	1.966
1.031	1.163	1.079	1.051	1.043	1.074	1.146	1.045	1.071	1.113	1.041	1.077	1.125	1.063
1.031	1.031	1.079	1.051	1.024	1.074	1.016	1.022	1.024	1.013	1.024	1.077	1.014	1.515
1.269	1.163	1.079	1.051	1.043	1.127	1.243	1.194	1.214	1.113	1.122	1.105	1.125	1.915
1.012	1.027	1.024	1.022	1.012	1.002	1.016	1.013	1.014	1.002	1.012	1.015	1.014	1.216
1.031	1.163	1.162	1.051	1.043	1.074	1.016	1.022	1.014	1.113	1.024	1.014	1.043	1.603

División	Resultado	
1.366	0.090	15.219
2.909	0.190	15.342
0.126	0.009	14.325
2.446	0.154	15.925
2.063	0.129	15.955
0.348	0.025	13.755
0.711	0.050	14.207
0.966	0.065	14.941
1.068	0.071	14.963
0.515	0.038	13.652
1.915	0.122	15.706
0.216	0.015	14.020
0.603	0.042	14.101

Promedio de valores calculados

14.784

Índice de consistencia

0.149

Radio de consistencia

0.095

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R1	1	1.51	1.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.46	1.56

Figura 2.9 Las alternativas en el criterio de rendimiento.

1.210	1.631	1.152	1.152	1.631	1.152	1.152	1.152	1.152	1.631	1.631	1.152	1.152	11.152
1.130	1.190	1.271	1.271	1.190	1.271	1.271	1.271	1.271	1.190	1.190	1.271	1.271	2.502
1.105	1.125	1.139	1.139	1.105	1.139	1.116	1.139	1.139	1.105	1.105	1.139	1.116	1.518
1.106	1.119	1.128	1.128	1.106	1.128	1.125	1.119	1.128	1.106	1.106	1.128	1.128	1.248
1.145	1.404	1.674	1.674	1.135	1.674	1.674	1.674	1.674	1.135	1.145	1.674	1.404	5.324
1.105	1.125	1.139	1.139	1.105	1.139	1.139	1.125	1.252	1.105	1.105	1.139	1.139	1.521
1.105	1.105	1.105	1.125	1.105	1.125	1.125	1.105	1.105	1.105	1.105	1.125	1.125	1.121
1.111	1.119	1.157	1.172	1.111	1.172	1.172	1.157	1.172	1.111	1.111	1.172	1.172	1.213
1.105	1.125	1.139	1.139	1.105	1.117	1.313	1.125	1.139	1.105	1.105	1.139	1.139	1.573
1.139	1.117	1.513	1.513	1.117	1.513	1.513	1.513	1.513	1.117	1.139	1.350	1.350	4.625
1.154	1.163	1.215	1.215	1.154	1.215	1.215	1.215	1.215	1.154	1.163	1.215	1.215	2.579
1.116	1.111	1.129	1.129	1.116	1.129	1.129	1.111	1.129	1.116	1.116	1.129	1.129	1.252
1.116	1.111	1.111	1.129	1.111	1.129	1.129	1.111	1.129	1.111	1.116	1.129	1.129	1.281

División	Resultado	
3.1434	1.211	14.9655
1.3394	1.191	14.5152
1.5466	1.139	14.1755
1.4112	1.125	14.1926
1.1142	1.135	14.9422
1.5973	1.139	15.45
1.3416	1.125	13.7945
1.5172	1.157	14.2422
1.5422	1.139	13.5714
1.7748	1.117	15.2232
2.5112	1.163	15.347
1.4172	1.129	14.2461
1.4193	1.129	14.3434

Promedio de valores calculados

14.5797

Índice de consistencia

0.1316

Radio de consistencia

0.084

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	1	1.52	1.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.54

Figura 2.10 Las alternativas en el criterio de rentabilidad.

1.162	1.161	1.155	1.162	1.139	1.165	1.146	1.111	1.172	1.146	1.121	1.172	1.167	1.161
1.126	1.179	1.277	1.126	1.116	1.177	1.148	1.233	1.111	1.148	1.121	1.111	1.135	1.191
1.162	1.134	1.155	1.137	1.139	1.165	1.146	1.167	1.172	1.146	1.148	1.172	1.167	1.195
1.126	1.179	1.277	1.126	1.146	1.177	1.148	1.233	1.111	1.148	1.121	1.111	1.211	1.432
1.126	1.179	1.166	1.162	1.116	1.166	1.144	1.167	1.172	1.144	1.121	1.172	1.167	1.662
1.162	1.134	1.155	1.137	1.139	1.165	1.146	1.167	1.172	1.146	1.148	1.172	1.167	1.795
1.162	1.134	1.155	1.137	1.139	1.165	1.146	1.133	1.172	1.146	1.148	1.172	1.167	1.664
1.121	1.126	1.155	1.127	1.123	1.121	1.146	1.133	1.163	1.146	1.124	1.167	1.167	1.473
1.112	1.126	1.111	1.127	1.123	1.121	1.111	1.111	1.114	1.111	1.117	1.114	1.111	1.196
1.162	1.134	1.155	1.137	1.139	1.165	1.146	1.133	1.172	1.146	1.148	1.172	1.167	1.664
1.162	1.179	1.166	1.126	1.116	1.166	1.144	1.167	1.111	1.144	1.121	1.111	1.167	1.712
1.112	1.126	1.111	1.127	1.123	1.121	1.111	1.111	1.114	1.111	1.117	1.114	1.111	1.196
1.162	1.134	1.155	1.162	1.116	1.165	1.146	1.133	1.111	1.146	1.121	1.111	1.167	1.193

División		Resultado
0.861	0.062	13.883
2.590	0.179	14.503
0.798	0.055	14.401
2.688	0.186	14.429
1.662	0.116	14.343
0.798	0.055	14.401
0.664	0.048	13.825
0.473	0.033	14.199
0.196	0.014	13.668
0.664	0.048	13.825
1.718	0.121	14.155
0.196	0.014	13.668
0.903	0.067	13.484

Promedio de valores calculados

14.060

Índice de consistencia

0.088

Radio de consistencia

0.057

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	1	1.51	1.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.48	1.51	1.48	1.54

Figura 2.11 Las alternativas en el criterio de estado de cuenta.

Paso 5. Jerarquización de las alternativas.

La elección de las alternativas se presenta a través de la tabla 2.16.

Tabla 2.16 Jerarquización de las alternativas.

Bancomer	0.0127	0.0281	0.1100	0.0051	15.593
Banamex	0.0127	0.0593	0.0473	0.0146	13.398
Inbursa	0.0127	0.0028	0.0203	0.0045	4.031
Garante	0.0037	0.0481	0.0148	0.0153	8.181
Bitel	0.0127	0.0405	0.0705	0.0095	13.319
Santander	0.0009	0.0079	0.0202	0.0045	3.363
Principal	0.0019	0.0157	0.0129	0.0039	3.448
Profuturo	0.0024	0.0202	0.0300	0.0027	5.535
Bancrecer	0.0030	0.0223	0.0205	0.0012	4.700
Banorte	0.0012	0.0118	0.0610	0.0039	7.788
XXI	0.0064	0.0382	0.0853	0.0100	13.979
Tepeyac	0.0083	0.0048	0.0153	0.0012	2.962
Zurich	0.0033	0.0133	0.0149	0.0055	3.704

Mejor Opción

La conclusión de éste ejemplo es que, conforme a las preferencias del cliente, su opción preferente es la Afore Bancomer con un 15.59%, en segundo lugar, su preferencia es por la Afore XXI con un 13.97%, en tercer lugar Afore Banamex con un 13.39% y así sucesivamente hasta llegar al último lugar que ocupa Afore Tepeyac con un 2.96%.

Con estos ejemplos, se pretende ilustrar como es el proceso del método PAJ para la toma de decisiones, por lo que se puede concluir que la metodología utilizada por el método Saaty, se puede utilizar en la selección de las Afores en México. Debido a que es una selección de múltiples alternativas, que serán evaluadas con diferentes criterios aplicables a todas las alternativas.

Se visualiza que al realizar el cálculo de la selección de alternativas de las 21 afores de forma manual, representaría complicado, por la cantidad de alternativas que se tienen, aunque el número de criterios a evaluar sean 5. Esto es debido a que matemáticamente se tienen que resolver 5 matrices de tamaño 21x21 y una más de 5x5, lo que dificulta tener un resultado en poco tiempo.

Por lo que en el Capítulo 4, se presentará el desarrollo de un sistema de computación para facilitar la toma de decisiones de las Afores con base a las preferencias del usuario, permitiendo que el resultado sea correcto y con un tiempo mínimo. Para la identificación del sistema antes descrito y que se construirá, se le denominará “Sistema AHP-AFORE”.

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE

La Ingeniería de Software nos permite tener una idea más concreta sobre que modelo utilizar para la construcción del software, ya que se encuentran con algunos otros que se pueden utilizar para desarrollar el software. Nos enfocaremos al Modelo Lineal Secuencial o de Cascada, puesto que es un modelo de fácil uso y entendimiento, por lo cual lo aplicaremos para la creación del sistema.

3.1 EL SOFTWARE. [Pressman, 2005]

Hace 20 años, menos del 1 por 100 de la gente podía describir de forma inteligente lo que significaba el software de computadora. Hoy, la mayoría de los profesionales y muchas personas en general creen que entienden el software.

Una descripción del software de un libro de texto puede tener la siguiente forma: “Software (1) instrucciones (programas de computadora) que cuando se ejecutan proporcionan la función y el comportamiento deseado, (2) estructuras de datos que facilitan a los programas manipular adecuadamente la información, y (3) documentos que describen la operación y el uso de los programas”.

3.1.1 Características del software.

Para poder comprender lo que es software, es importante examinar sus características del programa AHP-AFORE que lo diferencian de otras cosas que los hombres pueden construir. Cuando se construye hardware, el proceso creativo humano (análisis, diseño, construcción, prueba) se traduce finalmente en una forma física. Si construimos una nueva computadora, nuestro boceto inicial, diagramas formales de diseño y prototipo de prueba, evolucionan hacia un producto físico (tarjetas de circuitos impresos, fuentes de potencia, etc.).

El software es un elemento del sistema que es lógico, en lugar de físico. Por tanto, tiene unas características considerablemente distintas a las del hardware:

1.- El software se desarrolla, no se fabrica en un sentido clásico.

Aunque existen algunas similitudes entre el desarrollo del software y la construcción del hardware, ambas son diferentes. En ambas actividades se adquiere mediante un buen diseño, pero la fase de construcción del hardware puede introducir problemas de calidad que no existen en el software. Ambas actividades requieren de la construcción de un producto, pero los métodos son diferentes.

Los costes del software se encuentran en la ingeniería. Esto indica que los proyectos de software no se pueden gestionar como si fueran proyectos de fabricación.

2.- El software no se estropea.

El hardware exhibe relativamente muchos fallos al principio de su vida (estos fallos son atribuibles normalmente a defectos del diseño o de la fabricación); una vez corregidos los defectos, la tasa de fallos cae hasta un nivel estacionario (bastante bajo) durante un cierto período de tiempo. Sin embargo, como pasa el tiempo los fallos vuelven a presentarse a medida que los componentes del hardware sufren los efectos acumulativos de la suciedad, la vibración, los malos tratos, las temperaturas extremas y muchas otros males externos. Sencillamente el hardware comienza a estropearse.

El software no es susceptible a los males del entorno que hacen que el hardware se estropee. Los defectos no detectados harán que falle el programa durante las primeras etapas de su vida. Sin embargo, una vez que se corrigen quedan casi obsoletos. El software no se estropea pero se deteriora. Esto que parece una contradicción es porque el software sufre cambios (mantenimiento); conforme se hacen los cambios, es bastante probable que se introduzcan defectos.

3.- La mayoría del software se construye a medida, en vez de ensamblar componentes existentes.

Considerando la forma en que se diseña y se construye el hardware de control para un producto basado en microprocesador. El ingeniero de diseño construye un sencillo esquema de la circuitería digital, hace algún análisis fundamental para asegurar que se realiza la función adecuada y va al catálogo de ventas de componentes digitales existentes. Cada circuito integrado tiene un número de pieza, una función definida y válida, una interfaz bien definida y un conjunto estándar de criterios de integración. Después de seleccionar cada componente, puede solicitarse la compra.

Por desgracia, los diseñadores del software no disponen de esa comodidad que acabamos de describir. Con unas pocas excepciones, no existen catálogos de componentes de software. Se puede comprar software ya desarrollado, pero sólo

como una unidad completa, no como componentes que puedan reensamblarse en nuevos programas¹⁸.

3.1.2 Componentes del software.

El software de computadora es información que existe en dos formas básicas: componentes no ejecutables en la máquina y componentes ejecutables en la máquina. Los componentes de software se crean mediante una serie de traducciones que hacen corresponder los requisitos del cliente con un código ejecutable en la máquina. Se traduce un modelo (prototipo) de requisitos a un diseño, se traduce el diseño del software a una forma en un lenguaje que especifica las estructuras de datos, los atributos procedí mentales y los requisitos que atañen al software. La forma en lenguaje es procesada por un traductor que las convierte en instrucciones ejecutables en la máquina.

La reusabilidad es una característica importante para un componente de software de alta calidad. Es decir, el componente debe diseñarse e implementarse para que pueda volver a usarse en muchos programas diferentes. Un componente reusable de los años noventa encapsula tanto datos como procesos en un único paquete, permitiendo al ingeniero de software crear nuevas aplicaciones a partir de trozos reusables.

3.1.3 Aplicaciones del software.

El software puede aplicarse en cualquier situación en la que se haya definido previamente un conjunto específico de pasos procedí mentales. Para determinar la naturaleza de una aplicación de software, hay dos factores importantes que se deben de considerar: el contenido y el determinismo de la información. El contenido se refiere al significado y a la forma de la información de entrada y de salida. El determinismo de la información se refiere a la predecibilidad del orden y del tiempo de llegada de los datos. Un programa de ingeniería acepta datos que están en un orden predefinido, ejecuta el algoritmo sin interrupción y produce los datos resultantes en un informe. Se dice que tales aplicaciones son determinadas.

Algunas veces es difícil establecer categorías genéricas para las aplicaciones del software que sean significativas. Conforme aumenta la complejidad del software, es más difícil establecer comportamientos nítidamente separados. Las siguientes son áreas del software:

- Software de sistemas

¹⁸ Esta situación esta cambiando rápidamente. El uso cada vez más extendido de la programación orientada a objetos ha dado como resultado la creación de pastillas de software.

- Software de tiempo real
- Software de gestión
- Software de ingeniería y científico
- Software empotrado
- Software de computadoras personales
- Software de inteligencia artificial

3.2 DESARROLLO DEL SOFTWARE.

Gracias a la rueda el ser humano comenzó a hacer productiva su racionalidad. La rueda, con la polémica de que si es un descubrimiento o un invento, es un objeto que ha incursionado en la tecnología hasta la creación de la computadora.

La computadora es el reflejo de la inteligencia humana, ella potencia enormemente las capacidades intelectuales del hombre, simplifica las tareas, disminuye los esfuerzos del trabajo humano y amplía la eficiencia de cada persona.

Actualmente las computadoras mueven al mundo gracias a sus avances.

La computadora fue diseñada para tener la capacidad de realizar cualquier tarea que pueda reducirse a un conjunto adecuado de instrucciones comprensibles y ejecutables por el microprocesador, por lo que ahora el reto es crear sistemas adecuados a las necesidades.

Para la correcta creación de sistemas computacionales es necesario emplear un enfoque metódico y disciplinado que ayude a obtener resultados óptimos que conlleven a una oportuna y veraz operación.

3.2.1 Definición del Problema.

Teniendo como base un estudio realizado en el año 2001 y conscientes de la importancia tan relevante de las Administradoras de fondos para el retiro (Afore), se implementará un software que permita la automatización de la toma de decisiones, que nos permita obtener la mejor selección de una Afore con base a las preferencias del cliente.

Los criterios a evaluar son: Saldos proyectados a un año, rendimiento de siefore real (últimos 36 meses), tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones, comisiones equivalentes a un año y servicios más usuales que ofrecen las diferentes Afores. Estos criterios fueron considerados, puesto que pueden ser comparados en base a una tabla que en la página de la CONSAR se muestra.

El estudio que se realizó en el año 2001 sirve de referencia para que el nuevo software sea más moderno, ya que anteriormente se encontraba realizado en

Excel, además de que requería una persona, quien arrojaba los datos al sistema, lo que llevaba a un mayor gasto de tiempo e impaciencia del usuario. Así mismo, el estar respondiendo a cada una de las preguntas del cuestionario era abochornador; después de haber respondido al cuestionario, venía la difícil tarea de arrojar los datos a las diferentes matrices.

Por todo lo anterior es que se pensó, que debía ser factible una mejora al sistema con interfaces visuales que no acapararan demasiado tiempo para el evaluador, además de dar una mejor estética. El principal factor “tiempo”, que hasta nuestros días, es lo que rige nuestro ritmo de vida y para la mayoría de nosotros de vital importancia.

3.2.2 Metas y Requisitos.

- Desarrollar un sistema automatizado que permita al evaluador, tomar decisiones en cuanto a que Afore elegir.
- Obtener un software para el usuario que sea sencillo y de funcionamiento confiable.
- Estructurar elementos necesarios para su fácil manejo.
- Desarrollar herramientas de reportes, de impresión.
- Realizar pruebas al software con problemas tipo.

3.2.3 Planeación del Proceso de Desarrollo.

La metodología utilizada para el desarrollo de los Sistemas está basada en las fases fundamentales del ciclo de vida de un sistema, que son: análisis, diseño, desarrollo, pruebas, elaboración de manuales, implementación y capacitación.

Para crear estos Sistemas se estudiaron y aplicaron procedimientos, técnicas, herramientas y soporte documental orientados a cada una de las fases del ciclo de vida.

La Toma de decisiones multicriterio en las afores utilizando un sistema computarizado, se describen a través de sus fases de su ciclo de vida:

- Fase 1: Análisis
- Fase 2: Diseño
- Fase 3: Desarrollo
- Fase 4: Pruebas
- Fase 5: Elaboración de manuales
- Fase 6: Implementación y capacitación

3.3 CICLO DE VIDA DE LOS SISTEMAS.

3.3.1 FASE I

En esta fase de ciclo de vida del sistema se estudio la tesis anterior para profundizar en las actividades y requerimientos a satisfacer. Las tareas realizadas durante esta fase son:

I. Estudio de las necesidades: Para determinar con precisión lo que el sistema realizaría, se estudio la tesis anterior, ya que con la ayuda de su cuestionario se logro la identificación del problema, encontrándose la siguiente situación:

- Llenado de datos tedioso, laborioso y tardado.
- Impresión de resultados en forma poco funcional.
- Falta de información para una correcta decisión.

Para solucionar el problema identificado, se concurre en el desarrollo del sistema denominado:

“Desarrollo de un Sistema Computarizado para la Toma de Decisiones Multicriterio (AHP-AFORE)”.

Que es el que se encargará de decirnos que Afore nos conviene más, acorde a nuestras preferencias, de entre las 21 posibles que en la actualidad se encuentran en el mercado.

II. Estudio de factibilidad: Mediante este estudio se observa la diferencia entre el método desordenado e incompleto existente, con el AHP-AFORE, mostrando así las ventajas y desventajas de ambos ante el usuario.

a) Factibilidad técnica

Tabla 3.1 Factibilidad técnica.

	Ventajas	Desventajas
Antes	Método realizable con el equipo y personal existente.	Método que no contaba con interfaces visuales adecuadas.
Ahora	Sistema ejecutable en el equipo y con personal existente.	Sistema que era inapropiado, ya que el evaluador no tenía contacto directo con el sistema.

b) Factibilidad económica

Por ser este sistema elaborado sin fin de lucro, se analizará la factibilidad económica, con respecto a los ahorros que brinda.

Tabla 3.2 Factibilidad económica.

	Ventajas	Desventajas
Antes	Ninguna	Método que propicia: perdida de tiempo al evaluar. perdida de resultados.
Ahora	Sistemas que: Ahorran tiempo al realizar la evaluación, tanto para el usuario como para la persona que arrojaba la información. Muestra el resultado final impreso si así se desea.	Ninguna

c) Factibilidad operacional

Tabla 3.3 Factibilidad operacional.

	Ventajas	Desventajas
Antes	Método que cuenta con: . experiencia del personal. . datos capturados.	Método con: . información segregada e incompleta. . Arrojamiento de la información laboriosa y tardada. . No se imprimía el resultado (mejor alternativa)
Ahora	Sistemas que cuentan con: . Información unificada y completa. . Recabado de la información automática, veraz y oportuna. . impresión de resultados si así lo requiere el evaluador. . interfaces amigables al usuario, sencillas de manejar.	Sistemas que requieren: . adaptación de los usuarios. . captura de datos nuevos.

A continuación se describirán la fase: Diseño y Desarrollo del Sistema de Control de Promoción.

3.3.2 FASE II

En esta fase del ciclo de vida se desarrollan los elementos necesarios y su interacción para integrar el Sistema. Inicialmente se establecen los puntos a satisfacer por dichos elementos:

- Interfaz amigable y práctica al usuario.
- Restricción de acceso.
- Proporcionar información necesaria, veraz y oportuna para la toma de decisiones.
- Impresión del resultado, si así lo desea el evaluador.

Puesto que el sistema esta enfocado al Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), los criterios para satisfacer los puntos anteriores son:

- Saldos proyectados a un año.
- Rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).
- Tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.
- Comisión equivalente sobre saldo a un año.
- Servicios más usuales que prestan las Afores.

Y las alternativas que actualmente se encuentran en el mercado son:

- Actinver
- Afirme Bajío
- Ahorra Ahora
- Argos
- Azteca
- Banamex
- Bancomer
- Banorte Generali
- Coppel
- De la gente
- HSBC
- Inbursa
- ING
- Invercap
- Ixe
- Metlife
- Principal
- Profuturo GNP
- Scotia

- Santander
- XXI

Es importante mencionar que para nuestro caso de estudio se están considerando cinco criterios, los cuales pueden aumentar o disminuir, si así lo desea el evaluador. Así mismo las alternativas en el mercado son las 21 diferentes Afores. Al igual que los criterios se pueden evaluar todas o reducirlas a las que más nos interese conocer en ese momento.

Las alternativas hasta hoy no pueden aumentar, a menos que, la CONSAR apruebe alguna(s) otras, de las 21 que se encuentran actualmente las más recientes son Coppel, Afirme Bajío, Ixe, Invercap, Metlife, Ahorra Ahora, De la gente, Scotia y Argos. Si fuese necesario aumentar más criterios o alternativas en su caso, el sistema AHP-AFORE esta diseñado para realizar estos cambios.

En la tabla de Estadísticas para publicidad y promoción para trabajadores afiliados al IMSS, se encuentra los datos que pueden ser comparados uno a uno.

I. Elementos:

a) Restricción de acceso

El sistema AHP-AFORE, puede ser utilizado por el usuario:

Como Usuario

Esta persona tiene acceso a todo el sistema: Método, Herramientas, Utililerías, Ayuda, Acerca _ de... y tiene el poder de agregar o quitar criterios, agregar o quitar alternativas. Además puede ver como se realiza el llenado de las matrices, si así lo desea. Además selecciona los criterios y alternativas a evaluar.

Lo primero que se debe hacer para entrar al sistema es dar un clic en el botón avanzar.

b) Módulos

Método: Módulo encargado de mostrar al usuario ventanas amigables que permitan agregar o quitar criterios y agregar o quitar alternativas, así como la aplicación del método que en este caso es el Proceso de Análisis Jerárquico.

Herramientas: Módulo que nos muestra el resultado de nuestra evaluación, que en este caso se trata de la mejor alternativa (Afore), así como imprimirlo, si es el caso.

Utilerías: Este módulo muestra las propiedades necesarias para la configuración de la impresora.

Ayuda: Módulo que nos muestra el árbol jerárquico, que corresponde a la primera parte de la aplicación del PAJ, también nos muestra la tabla guía que sirve como referencia para la correcta elección de las preferencias del cliente, en este caso la persona que evalúa el método PAJ.

Acerca de: Módulo que nos muestra de manera sintetizada las características del sistema.

Salir: Nos permite abandonar el sistema, si es que así se desea.

II. Interacción: para ilustrar el conjunto de interacciones, se hará uso de los diagramas correspondientes, mostrados de la figura 3.1 a la 3.6

a) Diagrama de especificación modular

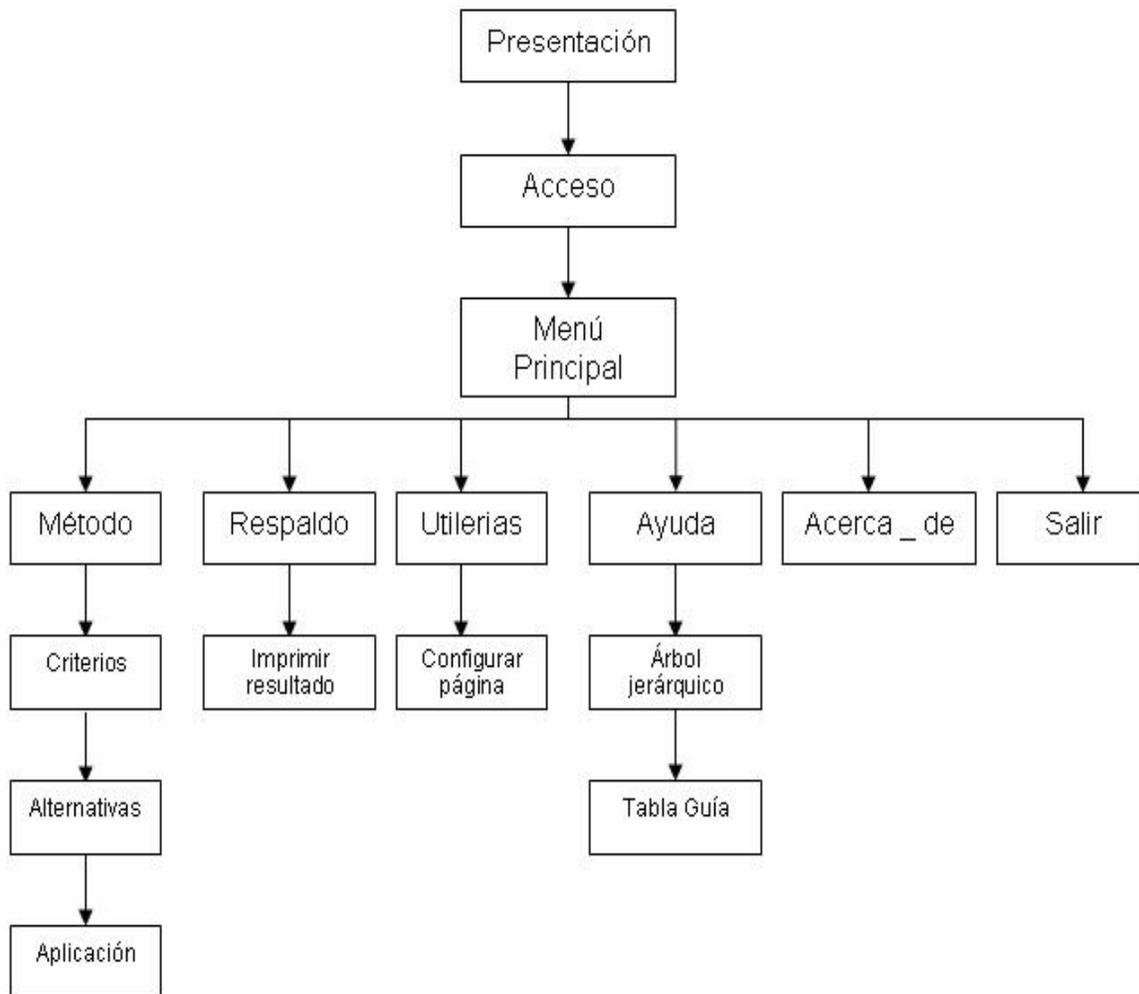


Figura 3.1 Diagrama de especificación modular.

b) Diagramas de Flujo

➤ **Módulo Método**

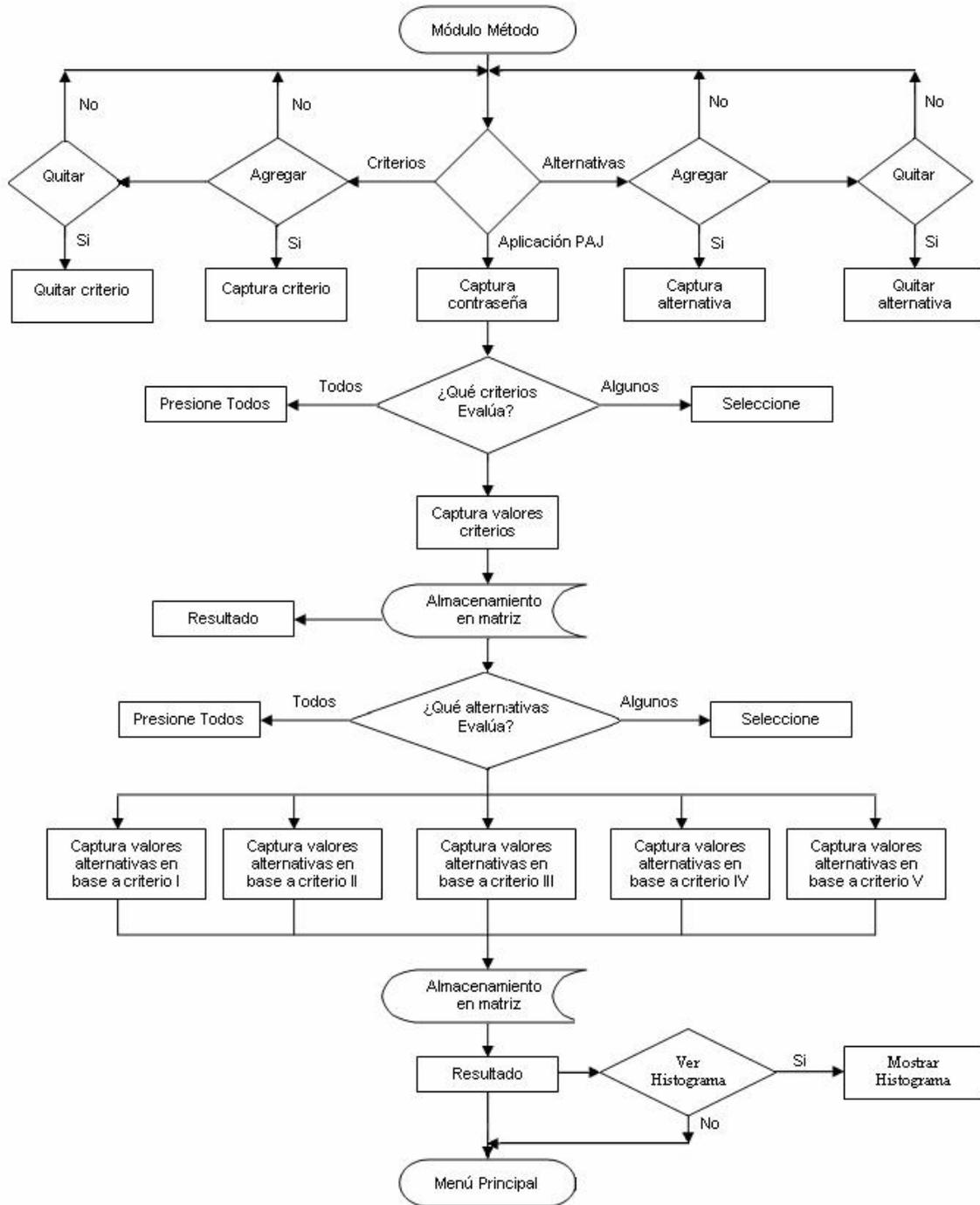


Figura 3.2 Diagrama de flujo para el módulo método.

➤ **Módulo Herramientas**

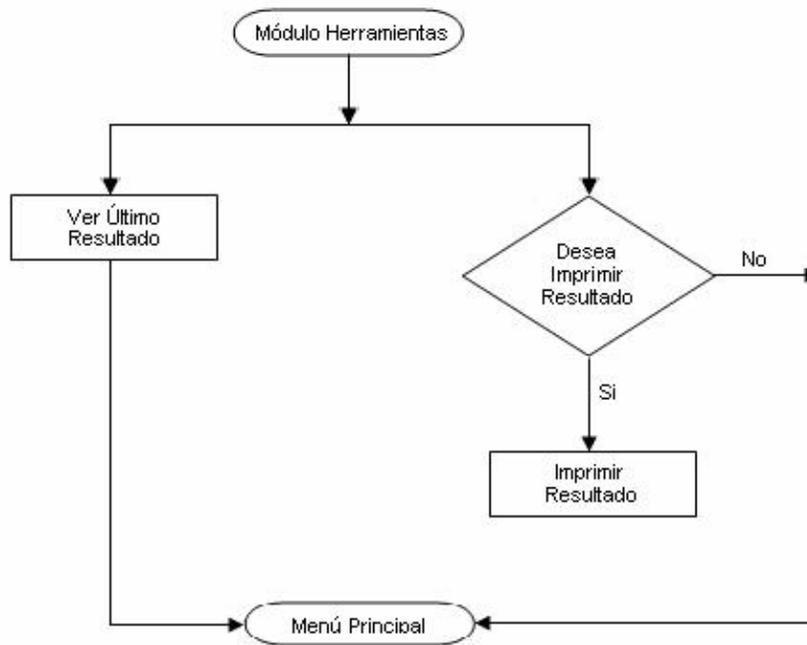


Figura 3.3 Diagrama de flujo para el módulo herramientas.

➤ **Módulo Utilerías**

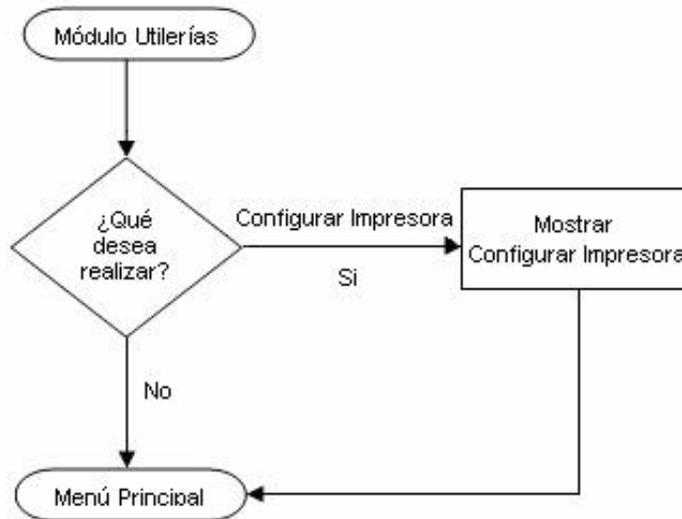


Figura 3.4 Diagrama de flujo para el módulo utilerías.

➤ **Módulo Ayuda**

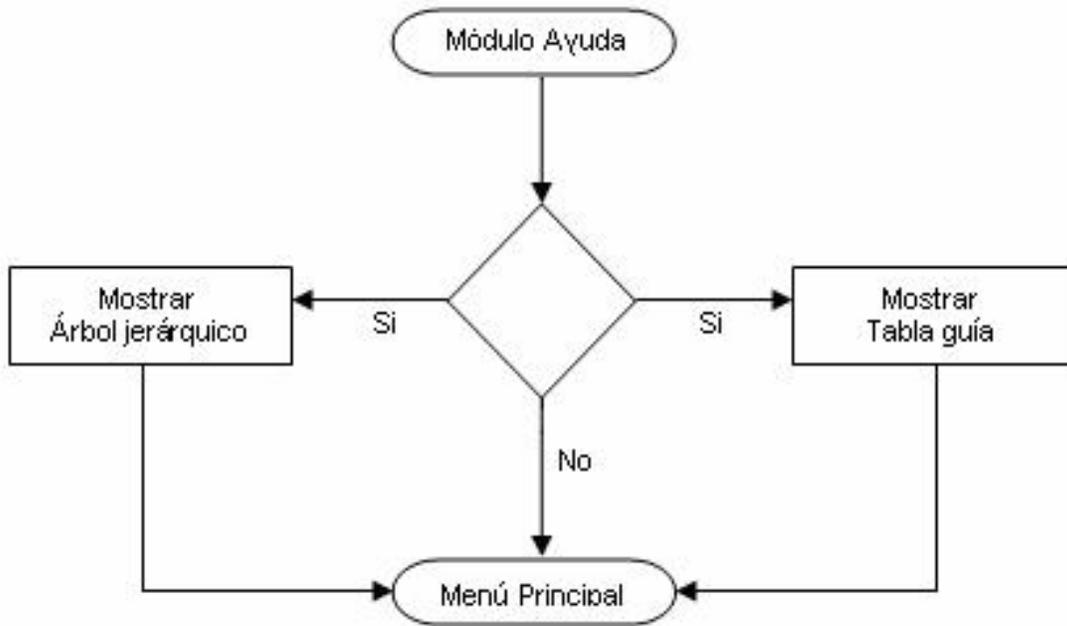


Figura 3.5 Diagrama de flujo para el módulo ayuda.

➤ **Módulo Acerca de...**

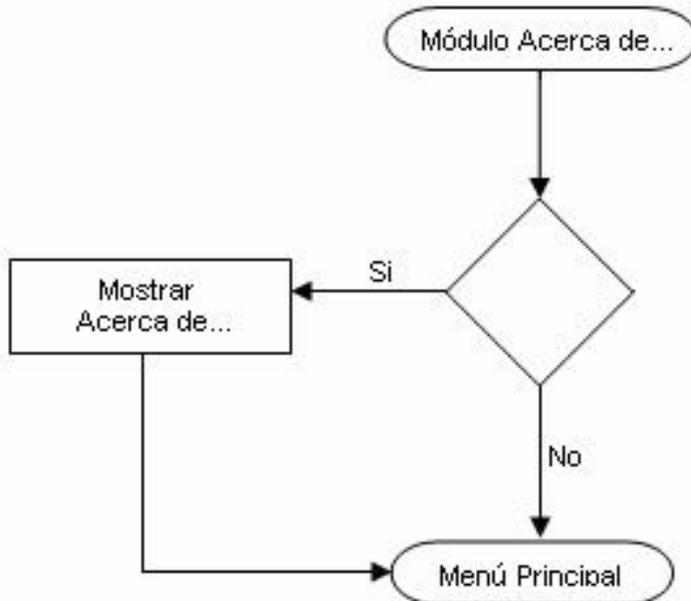


Figura 3.6 Diagrama de flujo para el módulo acerca de.

3.3.3 FASE III

En esta fase se realizaron las interfaces y la traducción del diseño a lenguaje de programación.

3.3.3.1 Plataforma.

El Sistema: Desarrollo de un Sistema Computarizado para la Toma de Decisiones Multicriterio en las Afores, denominado AHP-AFORE, fue creado en Microsoft Visual Basic 6.0.

3.3.3.2 Especificación de Requisitos de Hardware y Software.

El equipo requerido para que el sistema trabaje en óptimas condiciones es:

- 128 Mb en RAM.
- Tarjeta de video 8 Mb.
- Disco duro 20 Mb.
- Sistema operativo, es necesario al menos: Windows 98, ideal: Millenium, 2000 o XP.
- Office 2000 versión profesional u office 2003, instalación completa.

3.3.3.3 Descripción General del Sistema.

a) Acceso al sistema

Descripción

El Sistema AHP-AFORE es restrictivo en su acceso para evitar el robo o el mal uso de la información. En él existe un nivel de acceso: permite al usuario la entrada para ir observando la evaluación del método PAJ paso a paso.

Flujo de eventos

Es nuestra primera pantalla que se muestra una vez que le usuario decida evaluar el Sistema AHP-AFORE.

Es aquí donde inicia nuestra aventura en el Sistema, para aquellas personas interesadas en las Afores.



Figura 3.7 Pantalla Acceso al sistema.

Descripción

Una vez pulsado el botón avanzar, nos aparecerá esta pantalla, en la cual debemos introducir tanto el usuario como la clave para poder utilizar el sistema sin problema alguno. Una vez introducidos ambos campos, presionamos enter.

Flujo de eventos



Figura 3.8 Pantalla Inicio de sesión.

Si en alguno de los dos casos cayéramos en un error, automáticamente el sistema nos mandara un aviso de error.

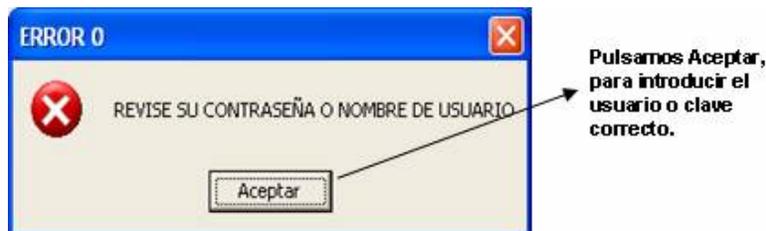
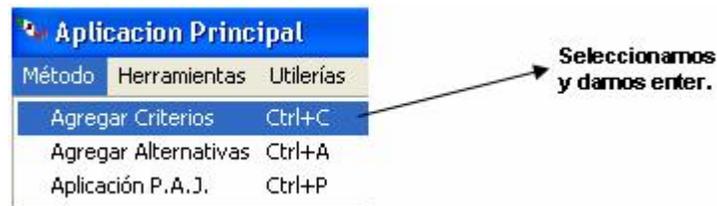


Figura 3.9 Pantalla Error de contraseña.

b) Agregar o quitar criterios

Descripción

Una vez que hemos accedido al sistema, nos encontraremos con la aplicación principal, dentro de la cual existen submenús, Para poder agregar o quitar criterios damos un clic en el menú Método, si deseamos un acceso más rápido pulsamos Ctrl seguida de la tecla C, en ese momento se desplegara lo siguiente:



Figuran 3.10 Pantalla submenú agregar criterios.

Flujo de eventos

Ya que hemos seleccionado Agregar criterios, pulsamos la tecla enter para poder visualizar la ventana Criterios.



Figura 3.11 Pantalla criterios.

Para quitar uno o mas criterios, primero tendrá que seleccionar el criterio y posteriormente pulsamos el botón quitar para llevar a cabo dicha operación. Para agregar un criterio se posiciona con el mouse en el cuadro en blanco y comienza a escribir.

c) Agregar o quitar alternativas

Descripción

Esta operación es parecida a la de criterios, con la diferencia que hay que seleccionar Agregar alternativas, en ese momento aparecerá la ventana Alternativas, en la cual de igual forma se podrán realizar las mismas tareas que en los criterios.

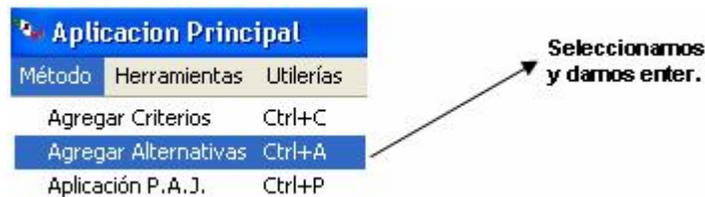


Figura 3.12 Pantalla submenú agregar alternativas.

Es importante mencionar que la tecla rápida para visualizar la ventana Alternativas es presionando Ctrl seguida de la tecla A del teclado, es por ello que en la ventana visualizamos Ctrl+A en su caso, para así poder visualizar la ventana Alternativas, que es la que estamos tratando en este momento.

Flujo de eventos

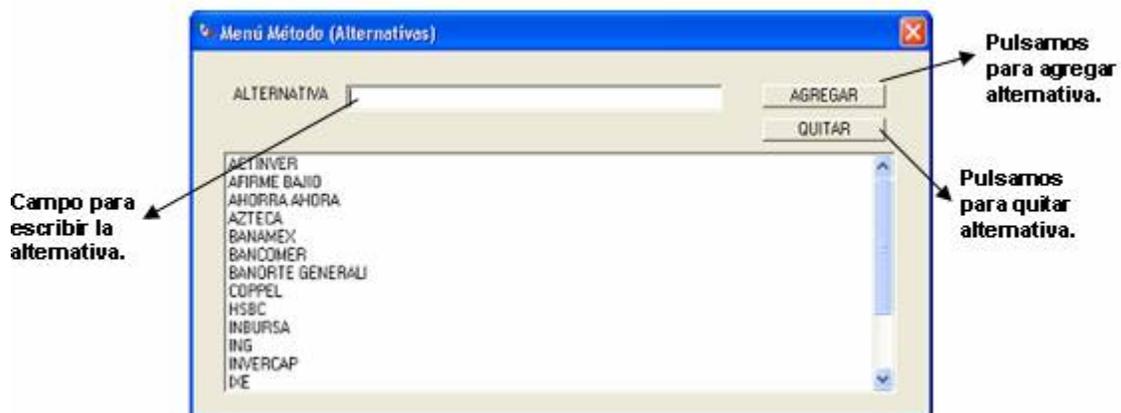


Figura 3.13 Pantalla alternativas.

Para quitar una o más alternativas, primero tendrá que seleccionar la alternativa y posteriormente pulsamos el botón quitar para llevar a cabo dicha operación.

d) Aplicación P.A.J

Descripción

Parte más importante del sistema AHP-AFORE, ya que es aquí donde se aplica el Proceso de Análisis Jerárquico, por ello las siglas PAJ, para poder emplear este método de toma de decisiones, es necesario su correcta interpretación, ya que se desarrolló a través de una serie de fases que hay que ir resolviendo, ya que una conlleva a otra. Para iniciar la aplicación seleccionamos Aplicación P.A.J y pulsamos la tecla enter.

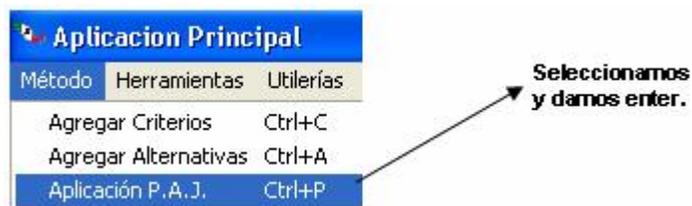


Figura 3.14 Pantalla submenú aplicación PAJ.

Al igual que en los casos anteriores se cuenta con las teclas rápidas Ctrl. seguida de la tecla H del teclado. Una vez hecho lo anterior aparece una ventana de Advertencia del Método, ya que si no se cumple no podrá avanzar a la siguiente fase del método PAJ, esta es una restricción que nos da Saaty, creador del método PAJ, para que nuestros valores arrojados cumplan con los requisitos.

La pantalla es la siguiente:

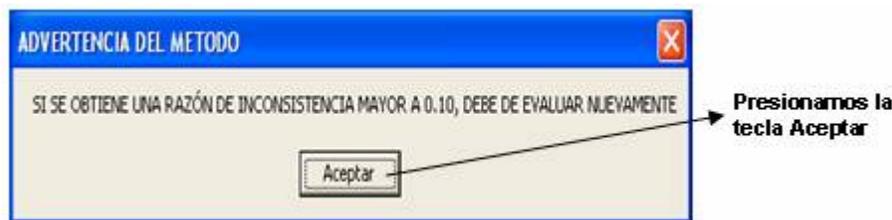
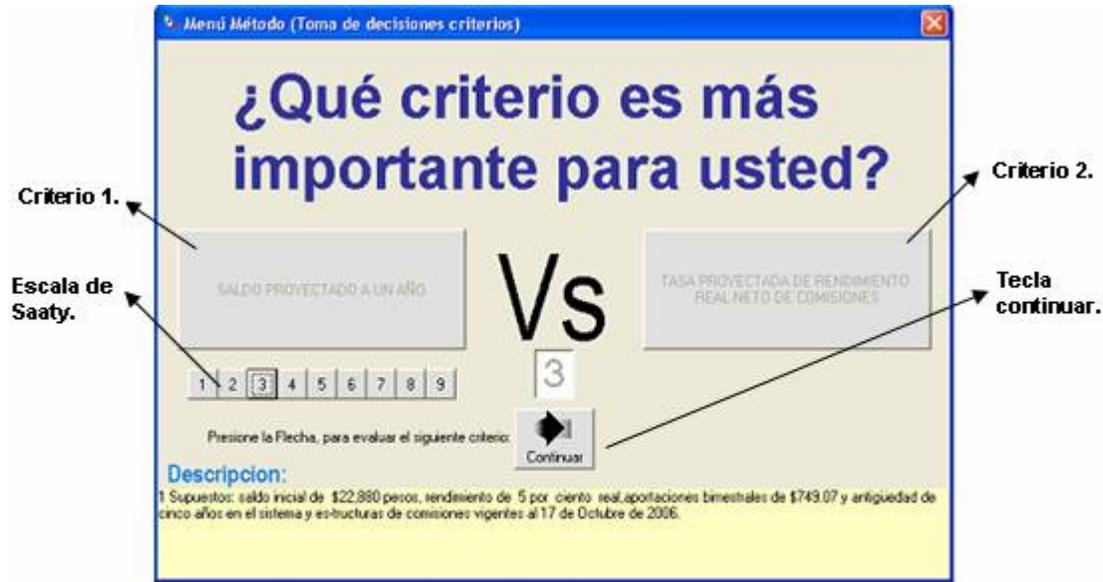


Figura 3.15 Pantalla razón de inconsistencia.

Flujo de eventos

En esta parte nos aparecerá la ventana Toma de decisiones de criterios, en la cual vamos a evaluar primeramente los criterios.



Seleccionamos ya sea Saldo proyectado a un año ó Tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones, dependiendo el que seleccionemos aparecerá una escala que va del 1 al 9, esta es para dar el valor que nosotros consideremos en base a nuestras preferencias, este valor se va ir almacenando en una matriz, que al estar completa se evalúa en base al PAJ.

Figura 3.16 Pantalla comparación de criterios.

Es importante mencionar que las comparaciones es uno contra todos, es decir, si elegimos Saldo proyectado a un año, lo tendremos que evaluar contra cada uno de los criterios que hallamos elegido al momento de comenzar con la aplicación del método PAJ, de manera que en la pantalla va a cambiar al siguiente criterio una vez llena la matriz.

Al posicionarnos con en el cursor encima del botón criterio 1 ó criterio 2, automáticamente nos muestra la Descripción de dicho criterio, ello para un mejor entendimiento de los mismos, así que al momento de ir evaluando podremos tener de manera breve lo que es ese criterio.

Estas descripciones, se han tomado de la página de la CONSAR, para un mejor entendimiento.

e) Ver Últimos Resultados

Descripción

Parte importante del sistema, puesto que es aquí donde se logra visualizar de manera clara, nuestro resultado, producto de la aplicación PAJ, una vez que hemos llevado a cabo las operaciones se plasmará en esta parte del sistema, una vez que nosotros deseemos guardar dicho resultado.

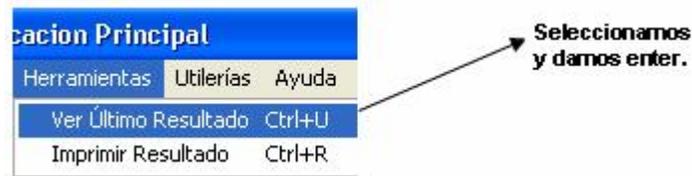


Figura 3.17 Pantalla submenú ver último resultado.

Las teclas rápidas en esta ocasión son las teclas Ctrl seguida de la tecla U, para que de esta manera visualicemos la ventana de nuestro Último Resultado, el cual se ha guardado por la persona que lo indico, si así lo llevo a cabo.

Flujo de Eventos

Tendremos una ventana como es la siguiente:



Figura 3.18 Pantalla último resultado.

Ya conocemos nuestro resultado, lo cuál nos dará una mejor visión sobre las Afores y ver si es el caso, si nos conviene la que actualmente tiene o cambia a otra. Para cerrar esta ventana, basta con pulsar en el botón naranja donde se encuentra la X. Si deseamos volver a verla, comenzar de nuevo.

f) Imprimir Resultado

Descripción

Ya que se ha guardado el resultado de la Aplicación PAJ, se tiene la opción de imprimir éste. Esta herramienta es útil puesto que nos permite llevar un cotejo de información que a través del tiempo nos puede ser de gran utilidad.

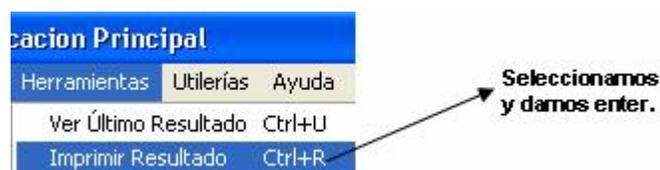


Figura 3.19 Pantalla submenú imprimir resultado.

La tecla Ctrl seguida de la tecla P, son nuestras teclas rápidas para llevar a cabo esta operación. Una vez que hemos presionado las teclas rápidas o lo hemos hecho desde nuestro módulo correspondiente, tendremos una pantalla así:

Flujo de Eventos

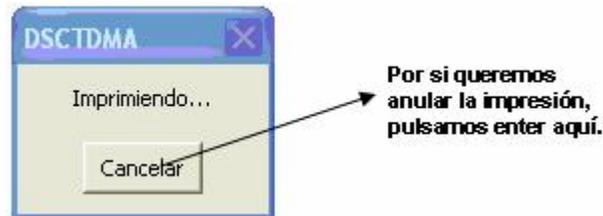
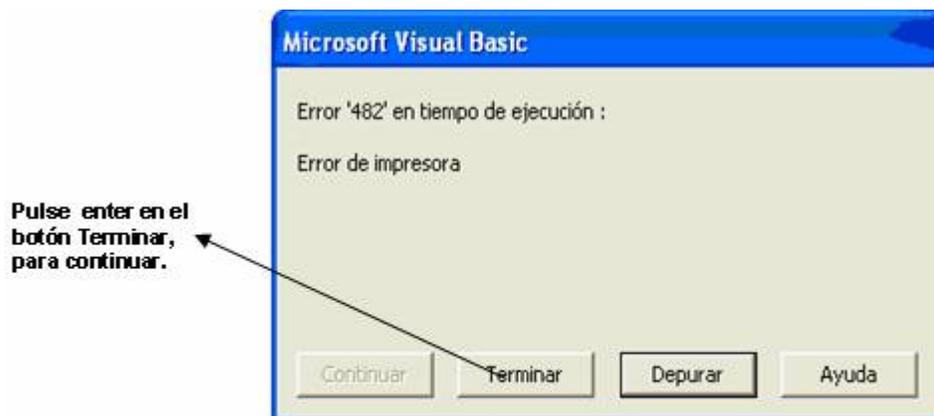


Figura 3.20 Pantalla aviso de impresión.

Ahora solo es cuestión de esperar unos segundos, para tener en nuestras manos nuestro resultado. Para llevar a cabo la Impresión del Resultado, primero hay que verificar que efectivamente en la PC se encuentra instalada una Impresora o de lo contrario el sistema mandará un mensaje como el que a continuación se muestra:



Si damos enter en Depurar, automáticamente el sistema nos llevara a la parte donde se origino tal error, y si seleccionamos Ayuda, el sistema tratara de darnos algunas recomendaciones que si es el caso nos podrán auxiliar ante este mensaje de error ocasionado por la falta de impresora instalada en nuestra PC.

Figura 3.21 Pantalla error de impresora.

Esto es debido a que en nuestra PC, hasta el momento no se encuentra instalada alguna impresora, por lo que se recomienda agregarla, para que este mensaje no vuelva a aparecer cuando alguien desee llevar a cabo esta operación.

g) Configurar Impresora

Descripción

Si se diera el caso de que nuestra impresora no se encuentra instalada en nuestra PC, primeramente se recomienda instalar y posteriormente podremos ver que características presenta o si la deseamos cambiar.



Figura 3.22 Pantalla submenú configurar impresora.

El sistema nos muestra una ventana en la cual podemos realizar diferentes operaciones, pero ya son dependiendo las características que uno desee asignarle en ese momento. La pantalla que se muestra también se puede invocar a través de las teclas rápidas Ctrl seguida de la tecla I.

Flujo de Eventos

La pantalla es la siguiente:



Figura 3.23 Pantalla configurar impresión.

Por lo que concierne a la orientación, para cambiar a Horizontal, primeramente debemos dar doble clic en el botón Propiedades y ahí seleccionar, además cuenta con otras características que se adaptan a nuestras preferencias, solo seleccionando la que mas nos agrada.

h) Árbol Jerárquico

Descripción

En esta parte el usuario podrá ver como es la jerarquización, correspondiente al paso uno del método AHP ó PAJ; aquí es donde se ubica nuestro objetivo o meta, nuestros criterios o subobjetivos y nuestras alternativas o características, esto se lleva a cabo para tener una idea más clara de lo que se busca (mejor alternativa) y con que se busca (criterios).

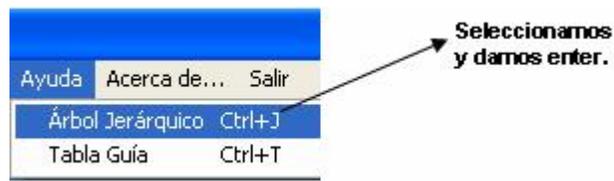


Figura 3.24 Pantalla submenú árbol jerárquico.

Ahora tenemos las teclas rápidas Ctrl. seguida de la tecla J, al igual que en las anteriores ocasiones se hace para darle mayor funcionamiento al sistema con ello evitar demoras que hacen se consuma más tiempo de lo normal.

Flujo de Eventos

Tendremos la siguiente pantalla:

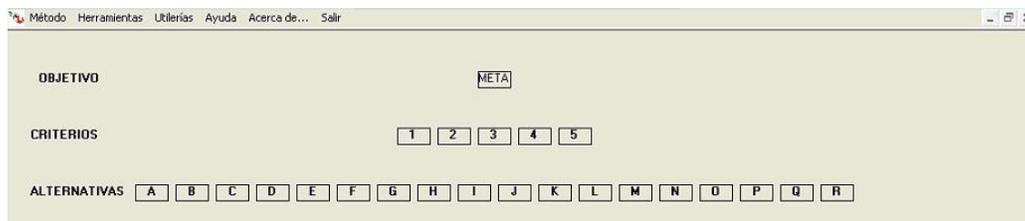


Figura 3.25 Pantalla árbol jerárquico.

Si deseamos cerrar la ventana del Árbol Jerárquico, únicamente damos clic en la X, que se encuentra en la parte superior derecha, como podemos observar, nos muestra el árbol jerárquico, que en este caso sería para nuestro ejemplo, tenemos una meta, 5 criterios y 21 alternativas.

i) Tabla Guía

Descripción

Submenú del sistema que nos permite visualizar la tabla donde se encuentran los datos que se van a comparar uno a uno (si así lo desea el usuario), y que sirven como base para el correcto funcionamiento del sistema, puesto que con estos datos es como se va realizando la comparación a pares.

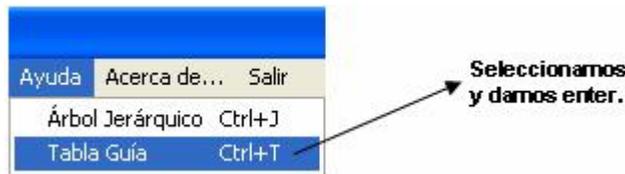


Figura 3.26 Pantalla submenú tabla guía.

Como se ha venido mencionado, como casi todos los casos del sistema AHP-AFORE se cuenta con teclas rápidas, en esta ocasión toca a las teclas Ctrl. seguida de la tecla T, que nos ayudarán de manera importante.

Flujo de Eventos

Se mostrará una pantalla como a continuación se muestra:

AFORE	Saldos Proyectados a 1 año ¹ (pesos)	Rendimiento de Siefore ² (últimos 36 meses)				Tasa Proyectada de Rendimiento Real Neto de Comisiones ³		Comisión equivalente sobre saldo a 1 año ⁴
		Nominales		Reales		Siefore Básica 1	Siefore Básica 2	
		Siefore Básica 1	Siefore Básica 2	Siefore Básica 1	Siefore Básica 2			
Actinver	29,208.6	9.43%	10.44%	5.08%	6.06%	4.72%	5.71%	1.94%
Afirme Bajo	29,325.4	9.42%	10.00%	5.08%	5.63%	4.81%	5.35%	1.51%
Ahorra Ahora	29,202.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.96%
Argos	29,110.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.30%
Azteca	29,205.4	9.03%	9.67%	4.70%	5.32%	4.32%	4.93%	1.95%
Banamex	29,083.8	10.11%	11.33%	5.74%	6.91%	5.32%	6.49%	2.40%
Bancomer	29,198.0	9.32%	9.68%	4.98%	5.33%	4.38%	4.73%	1.98%
Banorte Generali	29,093.6	9.09%	9.19%	4.76%	4.85%	4.43%	4.53%	2.36%
Coppel	29,136.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.21%
De la Gente	29,144.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.18%
HSBC	29,103.4	9.36%	9.70%	5.02%	5.34%	4.72%	5.06%	2.33%
Inbursa	29,319.8	8.28%	8.50%	3.98%	4.19%	3.79%	4.00%	1.54%
ING	28,928.2	9.86%	10.63%	5.50%	6.24%	4.75%	5.48%	2.97%
Invercap	29,146.2	11.31%	12.88%	6.89%	8.40%	6.50%	8.04%	2.17%
Ixe	29,084.3	9.94%	9.99%	5.57%	5.62%	5.25%	5.30%	2.40%
Melife	29,008.0	10.94%	10.77%	6.53%	6.37%	6.12%	5.96%	2.68%
Principal	28,788.3	9.58%	10.33%	5.23%	5.95%	4.72%	5.46%	3.48%
Profuturo GNP	29,095.5	9.91%	11.37%	5.55%	6.95%	5.07%	6.51%	2.36%
Santander	29,206.6	9.70%	10.22%	5.34%	5.85%	5.24%	5.75%	1.95%
Scotia	29,010.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.66%
XXI	28,947.8	9.62%	10.94%	5.27%	6.54%	4.66%	5.95%	2.90%
Promedio	29,111.8	9.43%	10.28%	5.09%	5.90%	4.66%	5.47%	2.30%

Figura 3.27 Pantalla tabla guía. [6]

Como se puede observar en la tabla se muestran cantidades y porcentajes, que son los que nos van a servir de referencia para llevar a cabo la evaluación del sistema AHP-AFORE. Cuando el usuario ya no desee seguir viendo la tabla, basta con dar un clic en la X que se encuentra en la parte superior derecha de la

pantalla. De esta tabla es dónde se desprenden las alternativas y los criterios que se consideran en el sistema.

j) Acerca De...

Descripción

Submenú del sistema en el cuál se podrá visualizar de manera general los datos más importantes del sistema AHP-AFORE, los cuales servirán de referencia para el usuario que este interesado en conocerlos.



Figura 3.28 Pantalla submenú acerca de.

En esta ocasión no se cuenta con teclas rápidas, puesto que solo se mostrará información (detalles relevantes del sistema), como ya se menciona en el párrafo anterior.

Flujo de Eventos

La pantalla será la siguiente:

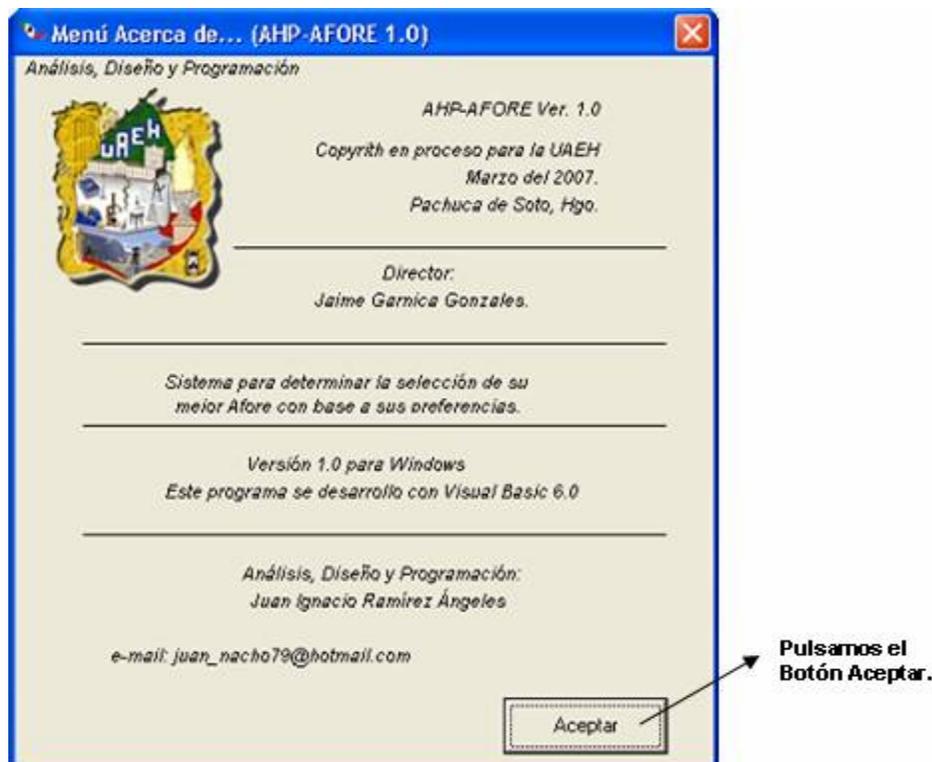


Figura 3.29 Pantalla acerca de.

Como se puede observar debemos dar clic en el botón Aceptar, de esta manera se podrá cerrar la pantalla, ó también al pulsar la X que se encuentra en la parte superior derecha si así lo desea el usuario, pero es conveniente que lo haga desde el botón. Como se observa solo se mostrará información relevante del sistema AHP-AFORE.

k) Salir

Descripción

Ya que se ha conocido el sistema AHP-AFORE, dependerá del usuario si desea (evaluarlo) o no, para abortar, bastará con dar un clic en Salir y abandonaremos la aplicación.



Figura 3.30 Pantalla submenú salir.

Como se puede observar se ha dado, de manera breve, una pequeña introducción a lo que nos podrá mostrar el sistema AHP-AFORE, solo dependerá del usuario, si lo conoce a fondo o no.

3.3.4 FASE IV

La prueba del software contabiliza el mayor porcentaje del esfuerzo técnico del proceso de desarrollo de software. Todavía estamos comenzando a comprender las sutilezas de la planificación sistemática de la prueba, de su ejecución y de su control.

Una estrategia de prueba de software integra las técnicas de diseño de casos de prueba en una serie de pasos bien planificados que dan como resultado una correcta construcción del software. Y lo que es más importante, una estrategia de prueba del software proporciona un mapa a seguir para el responsable del desarrollo de software: Un mapa que describe los pasos que hay que llevar a cabo como parte de la prueba, cuándo se deben planificar y realizar esos pasos, y cuánto esfuerzo, tiempo y recursos se van a requerir.

Una estrategia de prueba de software debe ser suficientemente flexible para promover la creatividad y la adaptabilidad necesarias para adecuar la prueba a todos los grandes sistemas basados en software.

El objetivo de la prueba de software es descubrir errores. Para conseguir este objetivo, se planifica y se ejecutan una serie de pasos: pruebas de unidad, de integración, de validación y del sistema.

En esta fase los Sistemas se probaron por unidad (por módulos), por integración, por validación y por la prueba del sistema.

Las pruebas por unidad comprobaron que cada módulo trabajará independientemente, es decir, sin tener que utilizar otras unidades para su operación, posteriormente se estructuró el programa incorporando dichos módulos. Así mismo, se probaron las condiciones límite (restricciones). Se ejercitan todos los caminos independientes a fin de asegurar que todas las sentencias del módulo se ejecutan.

En las pruebas por integración, se comprobó que los módulos interactuaran con otros, según las especificaciones, para verificar que trabajaran bien en conjunto. En esta parte se construye la estructura del programa, es decir, esto nos sirve para detectar errores asociados con la interacción. Se utilizó la integración descendente, por que en la integración ascendente el programa como entidad nunca se tiene hasta añadir el último módulo, es preferible la necesidad de resguardos¹⁹ y las dificultades de prueba que puedan estar asociados con ellos.

Una vez que se realizó la prueba de integración, el software se encuentra completamente ensamblado en un paquete, se han encontrado y corregido errores de interfaz y puede comenzar la prueba de validación, se puede decir que la validación se consigue cuando el software funciona de acuerdo con las expectativas razonables del cliente. Es importante mencionar que una de las partes vitales en el proceso de la validación, es la revisión de la configuración. Con ello nos aseguramos de que todos los elementos de la configuración del software se han desarrollado apropiadamente y está suficientemente detallado para soportar la fase de mantenimiento durante el ciclo de vida del software.

En la prueba del sistema, se valida el software una vez que se ha incorporado en un sistema superior. La prueba del sistema esta constituida por una serie de pruebas diferentes cuyo propósito primordial es ejercitar profundamente el sistema basado en computadora. Existe la prueba de recuperación en la cual se probó que el sistema se recuperará apropiadamente, por lo que respecta a la prueba de seguridad, aunque exista tal, siempre se va a encontrar vulnerable el sistema a ataques de personas disgustadas o que simplemente atacan por placer. Por lo que respecta a la prueba de resistencia se, puede decir, que el sistema trabaja adecuadamente a los requerimientos para su configuración y finalmente en la prueba de rendimiento se da durante todos los pasos del proceso de la prueba. Incluso a nivel de la unidad, se debe de asegurar el rendimiento de los módulos individuales.

¹⁹ Los resguardos sirven para reemplazar módulos que están subordinados al módulo que hay que probar. Un resguardo o un subprograma simulado usa la interfaz del módulo subordinado, lleva a cabo una mínima manipulación de datos, imprime una verificación de entrada y vuelve.

Las pruebas fueron planificadas estratégicamente con casos de uso ejemplo para verificar que no existieran errores de análisis, de diseño, o errores de programación y así lograr que los sistemas funcionaran de acuerdo a las especificaciones de los usuarios.

Con esta fase el sistema fue validado, ya que las pruebas confirmaron que actúan correctamente y de acuerdo a las especificaciones.

3.3.5 FASE V

La documentación de sistemas es el conjunto de información que nos dice qué hacen los sistemas, cómo lo hacen y para quién lo hacen.

La documentación consiste en material que explica las características técnicas y la operación de un sistema. Es esencial para proporcionar entendimiento de un sistema a quien lo vaya a usar para mantenerlo, para permitir auditoria del sistema y para enseñar a los usuarios como interactuar con el sistema y a los operandos como hacerlo funcionar.

Existen varios tipos de documentación. La de programas, que explica la lógica de un programa e incluye descripciones, diagramas de flujo, listados de programas y otros documentos; la de usuarios que muestra en forma general, la naturaleza y capacidades del sistema, también nos da una introducción de cómo manipular el sistema.

Muchas organizaciones tienen lo que se conoce como un "programa de documentación", el cual consiste en una política formal cuya documentación se muestra como algo que debe prepararse en forma rutinaria para cada programa de cómputo, archivo y nuevos sistemas.

La importancia de la documentación bien podría ser comparada con la importancia de la existencia de una Póliza de Seguro; mientras todo va bien no existe la precaución de confirmar si nuestra Póliza de Seguros está o no vigente.

La documentación adecuada y completa, de una aplicación que se desea implantar, mantener y actualizar en forma satisfactoria, es esencial en cualquier Sistema de Información, sin embargo, frecuentemente es la parte a la cual se dedica el menor tiempo y se le presta menos atención.

Siempre se debe documentar un sistema como si estuviera a punto de irse el siguiente mes, para nunca volver. Si la documentación del sistema es incompleta el diseñador continuamente estará involucrado y no podrá moverse a otra asignación.

Toda documentación que se relacione con un sistema, ya sea manual o por computadora, sencillo o complejo debe reunir los siguientes requisitos básicos:

- Debe ser rotulada con claridad y bien organizada, con secciones claramente indicadas.
- Los diagramas deberán ser claros, no aglomerados y la escritura deberá ser legible.
- La documentación deberá ser completa.
- La documentación siempre se conserva actualizada.

Durante el desarrollo de un sistema, desde su concepción hasta su puesta en marcha se ha generado gran cantidad de documentos, que en muchas ocasiones se han visto modificados por documentos posteriores debido a cambios en el sistema.

Para evitar confusiones en las revisiones de la documentación se desarrollan diferentes tipos de documentos dirigidos a las personas que trabajarán con el sistema y para facilitar el mantenimiento del mismo. La documentación de un sistema debe ser marcada adecuadamente, bien organizada actualizada y completa; todos los términos utilizados deben explicarse. La documentación se hará disponible a todos los usuarios de acuerdo a sus necesidades.

El Sistema AHP-AFORE cuentan con dos manuales, los cuales son: Manual Técnico y Manual de Usuario.

Manual Técnico²⁰

Este manual tiene el objetivo de facilitar el mantenimiento y el soporte del Sistema, en él se muestran los componentes internos del Sistema y su forma de actuar. Un manual técnico es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de una unidad administrativa, o de dos ó más de ellas. El manual incluye además los puestos o unidades administrativas que intervienen precisando su responsabilidad y participación.

Suelen contener información y ejemplos de formularios, autorizaciones o documentos necesarios, máquinas o equipo de oficina a utilizar y cualquier otro dato que pueda auxiliar al correcto desarrollo de las actividades.

En el se encuentra registrada y transmitida sin distorsión la información básica referente al funcionamiento de todas las unidades administrativas, facilita las labores de auditoria, la evaluación y control interno y su vigilancia, la conciencia en los empleados y en sus jefes de que el trabajo se está realizando o no adecuadamente.

²⁰ Ver Anexo Manual Técnico [Disponible en CD]

Permite conocer el funcionamiento interno por lo que respecta a descripción de tareas, ubicación, requerimientos y a los puestos responsables de su ejecución. Auxilian en la inducción del puesto y al adiestramiento y capacitación del personal ya que describen en forma detallada las actividades de cada puesto. Sirve para el análisis o revisión de los procedimientos de un sistema.

- Interviene en la consulta de todo el personal.
- Que se desee emprender, tareas de simplificación, de trabajo, como análisis de tiempos, delegación de autoridad, etc.
- Para establecer un sistema de información o bien modificar el ya existente.
- Para uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar su alteración arbitraria.
- Determina en forma más sencilla las responsabilidades por fallas o errores.
- Facilita las labores de auditoria, evaluación del control interno y su evaluación.
- Aumenta la eficiencia de los empleados, indicándoles lo que deben hacer y como deben hacerlo.
- Ayuda a la coordinación de actividades y evitar duplicidades.
- Construye una base para el análisis posterior del trabajo y el mejoramiento de los sistemas, procedimientos y métodos.

Manual de Usuario²¹

Expone los procesos que el usuario puede realizar con el sistema implantado. Para lograr esto, es necesario que se detallen todas y cada una de las características que tienen los programas y la forma de acceder e introducir información.

Permite a los usuarios conocer el detalle de qué actividades ellos deberán desarrollar para la consecución de los objetivos del sistema. Reúne la información, normas y documentación necesaria para que el usuario conozca y utilice adecuadamente la aplicación desarrollada.

El manual de usuario facilita el conocimiento de:

- Los documentos a los que se pueden dar entrada por computadora.
- Los formatos de los documentos.
- Las operaciones que utiliza de entrada y salida de los datos.
- El orden del tratamiento de la computadora con los datos introducidos.
- El momento en que se debe solicitar una operación deseada.

²¹ Ver Anexo Manual del usuario [Disponible en CD]

- Los resultados de las operaciones realizadas a partir de los datos introducidos.

Al elaborar el Manual de Usuario, hay que tener en cuenta a quién va dirigido, es decir, el manual puede ser manejado desde el director de la empresa hasta el introductor de datos. Por consiguiente, debe redactarse de forma clara y sencilla para que lo entienda cualquier tipo de usuario.

3.3.6 FASE VI

La implantación del manual representa el momento crucial para traducir en forma tangible las propuestas y recomendaciones en acciones específicas para elevar la productividad, mejorar la coordinación, agilizar el trabajo y homogeneizar el conocimiento de la dinámica y componentes organizacionales.

Para dar a conocer el manual es conveniente definir un programa para su presentación y que, con base en las acciones que para este efecto se establezcan, se proceda a celebrar pláticas, seminarios, foros de decisión y cualquier otro tipo de evento de esta naturaleza.

También se pueden llevar a cabo reuniones de sensibilización, por medio de las cuales se puede incrementar la confianza y colaboración del personal, ya que a través de ellas se les comunican los objetivos propuestos y las bondades que de ello puede resultar.

La utilidad de los manuales administrativos radica en la veracidad de la información que contienen, por lo que se hace necesario mantenerlos permanentemente actualizados por medio de revisiones periódicas.

En esta fase se instaló el sistema y los usuarios se instruyeron para manejarlo correctamente.

El sistema fue entregado por separado junto con sus dos manuales cada uno. El sistema cuenta con un programa de instalación. A esté programa de instalación, sólo tendrá acceso el administrador del sistema con el fin de lograr la restricción especificada.

Mediante las capacitaciones y mediante los manuales: Manual Técnico del sistema y Manual de Usuario del sistema, el administrador del sistema deberá aprender a instalar el sistema correctamente, y a manejar los cinco módulos del sistema, lógicamente el saber utilizar la Aplicación P.A.J.

Ya se dio a conocer y se utilizó el sistema por algunos usuarios interesados sin mostrar resistencia al cambio.

Aquí el Sistema fue aceptado definitivamente revelando el rendimiento y la funcionalidad prevista.

Debemos mencionar que el Manual de Usuario, se encuentra disponible, ya que se pretende que el sistema tenga una demanda importante a considerar, de ello estamos conscientes, el sistema se encontrará accesible para la persona que desee consultarlo; en tal caso siendo más específicos para las personas que se encuentran afiliadas a alguna Afore ó personas que deseen cambiar de Afore.

La importancia de las Afores es evidente y aunado a ellas se encuentran los 36 millones de personas afiliadas, que en algún lapso de tiempo podrán utilizar dicha aplicación, que les será de gran ayuda para obtener decisiones y que mejor que el AHP-AFORE para apoyarse en tal tarea.

Una vez, que se halla concluido la fase VI el usuario podrá evaluar el Sistema AHP-AFORE, para conocerlo a fondo, realizar las diferentes operaciones al utilizar las herramientas con cuenta el sistema para obtener información, que le será de gran ayuda para casos posteriores.

CAPÍTULO 4

FUNCIONAMIENTO DE AHP-AFORE, A TRAVÉS DE UN CASO PRÁCTICO

Ahora solo es cuestión de poner en marcha el sistema, puesto que, esta listo para utilizarse. Por tal motivo se llevarán a cabo una serie de pruebas que permitan ver si el sistema cumple con los requerimientos inherentes al caso de estudio (Afores en México). Una vez superadas las pruebas, concluye el desarrollo del Sistema AHP-AFORE.

4.1 INTRODUCCIÓN.

A pesar de la creciente aplicación de las técnicas matemáticas en el ámbito empresarial internacional, aun existen limitaciones en la introducción de dichas técnicas. Esto está motivado inicialmente por la imposibilidad de contar con infraestructura tecnológica potente y software especializados, que por su alto costo no era posible adquirir, además de la poca cultura y formación de los decisores, realizándose el proceso de toma de decisiones empíricamente, basado en la experiencia del factor humano que participa en la tarea.

Sin embargo, con todos los acontecimientos ocurridos en los últimos años, la urgente necesidad de hacer organizaciones eficientes, la responsabilidad de ahorrar recursos energéticos, la necesidad de utilizar racionalmente los recursos, para dar satisfacción a un cliente cada vez más exigente, consciente y preparado, ha provocado la necesidad de cambiar el paradigma decisional de un enfoque de optimización a un enfoque multicriterio donde se obtienen soluciones que modelan racionalmente la forma de actuar del decisor, ya que lo fundamental no es abordar técnicas ó herramientas que permitan obtener un ahorro en cualquier dirección, sino buscar una solución en la que se reduzcan los costos totales y se mejore el servicio, de lo que se deduce que no se puede mantener como un objetivo del diseño de rutas de distribución minimizar los costos, sino también elevar la calidad del servicio al cliente, aspecto que no se ha tenido en cuenta hasta el momento.

La actividad de las empresas se desarrolla en el seno de la realidad circundante que es el entorno en el cual se insertan las mismas, este entorno influye de forma decisiva en su funcionamiento, ya que en gran medida el mayor o menor éxito de estas dependerá de su acierto en relacionarse adecuadamente con el conjunto de elementos externos.

Parte de la esencia de la Investigación de Operaciones, es servir al decidor en el proceso de la toma de decisiones; el PAJ por su facilidad de aplicación y sistematización se ha convertido en una de las principales herramientas de decisión, por esto la importancia del estudio de este método.

Se muestran las bondades del método como herramienta para la toma de decisiones multicriterio, en los problemas que requieren incluir juicios y evaluaciones subjetivas de los criterios de decisión. Como caso práctico se presenta una aplicación del método en la selección de la mejor Afore (alternativa) de las 21 que actualmente existen en México.

La toma de decisiones es algo muy importante en todas las áreas del conocimiento, ya que es la que nos da una manera de elegir entre una o varias alternativas para dar solución a un problema dentro del sistema.

Es importante mencionar que la toma de decisiones que se lleva a cabo dentro de las organizaciones debe cumplir con ciertas características como son: ser rápida, oportuna, fundamentada en información concreta, que permita tomar decisiones eficientes, efectivas y con un bajo costo; pues de ello dependerá el éxito o fracaso de una organización.

Dadas las características anteriormente descritas que debe cumplir el ejecutivo en la toma de decisiones, hace que sus requerimientos para el análisis de información sean muy exigentes; pues el número de alternativas disponibles es mayor, el costo de los errores administrativos puede ser muy grande, el acceso a la información necesaria para la toma de decisiones puede ser compleja, además; que el ejecutivo tiene que realizar una infinidad de operaciones para acceder a esta. Es aquí donde surge la necesidad del soporte de sistemas como una herramienta para la toma de decisiones acorde a los objetivos estratégicos planteados por la organización.

La toma de decisiones se presenta en nuestras vidas a todo momento en el que necesitemos escoger el mejor camino en el tema o actividad que estemos desarrollando, ya que se basa en el análisis de varias alternativas que se nos van presentando durante el proceso, y estas posibilidades pueden llevarnos a terminar el proceso ya sea de la mejor manera o conducirnos al error.

Como todo proceso, la toma de decisiones tiene unos pasos o recomendaciones que se podrían tener en cuenta, como lo es el analizar y tener un buen conocimiento del problema o incógnita que se tiene para saber de verdad cual es la mejor manera de resolverlo; y también sería importante evaluar cada una de las alternativas que se irán a presentar, ya que así se sabrá escoger la que más le convenga al problema en análisis.

Este proceso, aplicado al análisis de los sistemas, siempre se va a presentar, quizá más frecuente de lo que uno piensa, ya que, primero que todo, al tratar de resolver alguna entropía o problema que presente el sistema, se van a presentar de seguro, varias alternativas o vías, que pueden ser viables o no, de acuerdo a las características del proceso, y analizar cada una puede tomar un buen tiempo, porque se debe optar por lo que mas le convenga a todas las partes que tengan relación con dicha entropía.

Un sistema, para que sea exitoso, debe tener varias relaciones de acuerdo al medio en el que se encuentre, por consiguiente, va a tener entradas de información o energía, que pueden ser, tanto de gran utilidad para todas sus partes, como también pueden ser perjudiciales para el proceso que se tenga en desarrollo, y en algunos sistemas se puede presentar que a varias de sus partes (subsistemas) estos datos pueden ser muy provechosos, pero para otras, puede incluso, llevar a la destrucción. Por eso, es importante usar la toma de decisiones para saber cual es la información que le va a servir, y le va ayudar a tener una regularidad, no constante pero si a menudo estable a todo el sistema en general, teniendo en cuenta las necesidades de cada una de sus partes.

En un sistema social, se puede demostrar como interviene el proceso de toma de decisiones en el trabajo grupal, que en muchas ocasiones puede resultar más beneficioso que el trabajo individual, ya que se puede experimentar con las diferentes opciones que den cada uno de los miembros de dicha organización, y así llegar a una unanimidad, que va a llevar al sistema por el mejor camino.

Pero si cuando el trabajo lo realiza uno, se toma un determinado tiempo, en una organización se incrementa mucho más, por las teorías o desiciones que tengan cada una de las personas, y por supuesto, en este tipo de sistemas se debe tener muy en cuenta la posición en la que se encuentre cada uno.

La toma de decisiones se presenta en todo momento en nuestras vidas, cuando debemos seleccionar entre varias opciones o caminos, y este proceso se va a presentar mucho más para un analista de sistemas, ya que para realizar un sistema, o modificar errores que encuentre en estos, va a tener que optar por la forma mas eficaz de resolverlo, teniendo en cuenta, tanto las necesidades que tenga, como todas las partes que lo constituyen.

Además, la eficacia y eficiencia en tomar la decisión que al final va a ser la acertada, ya sea en un sistema, o cualquier problema que se nos presente, se forma en la objetividad y claridad que nos puedan mostrar los datos o la información que se tiene, porque si se conoce bien lo que se esta realizando, no vamos a tener inconvenientes que sean perjudiciales.

4.2 Evaluación del Sistema AHP-AFORE.

Paso 1.- Jerarquización: El objetivo es seleccionar la mejor Afore, los criterios a considerar para este caso son:

1. Rendimiento de Siefore real (últimos 36 meses).
2. Tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.
3. Comisión equivalente sobre saldo a un año.
4. Servicios que ofrece.

Las alternativas a evaluar para este caso, son algunas de las Afores que se tienen actualmente en México:

Bancomer, Banorte Generali, Hsbc, Inbursa, Ing, Invercap, Ixe, Metlife, Principal, Profuturo GNP, Scotia, Santander, XXI.

La representación gráfica de la jerarquización se muestra en la figura 4.1.

Paso 2.- Construcción de matrices de comparación por pares.

Para mostrar las matrices, en el Sistema AHP-AFORE se realiza la comparación por pares, primero se realiza entre criterios y posteriormente entre alternativas pero considerando los criterios seleccionados por el usuario. (Ver Figuras 4.2 a 4.13)

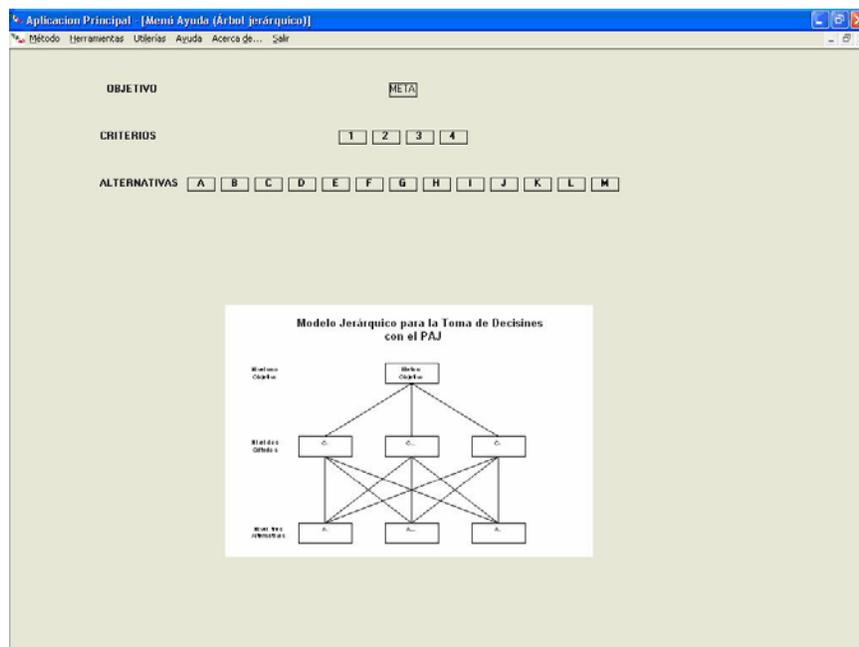


Figura 4.1 Jerarquización.

En el Sistema AHP-AFORE se muestra el paso número uno para esta prueba.

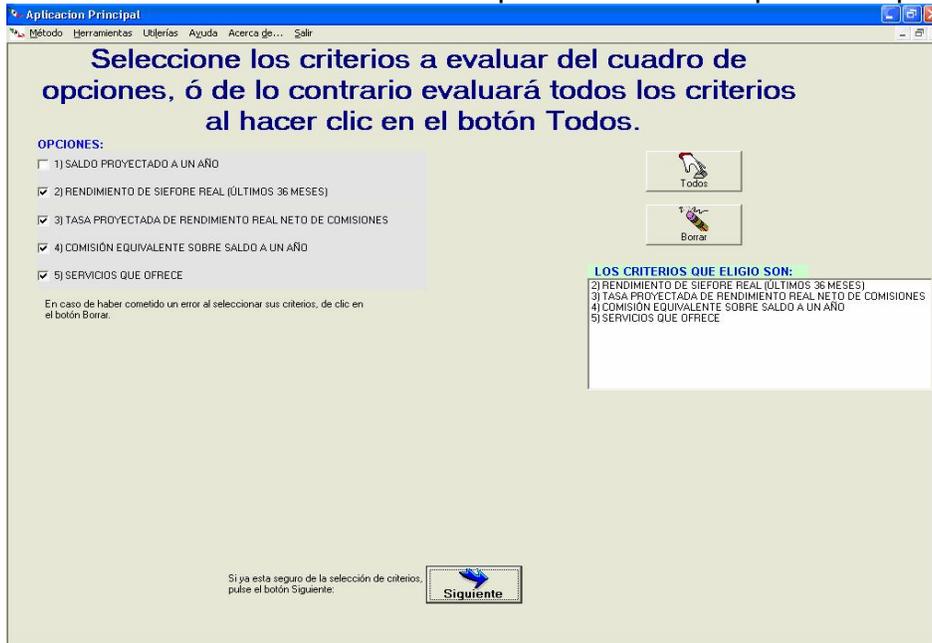


Figura 4.2 Selección de criterios.

De los cinco criterios que nos muestra el Sistema AHP-AFORE, se seleccionaron cuatro.



Figura 4.3 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios.

Para realizar las comparaciones a pares entre los criterios seleccionados se utilizó el formato con la siguiente pregunta dentro del Sistema AHP-AFORE:

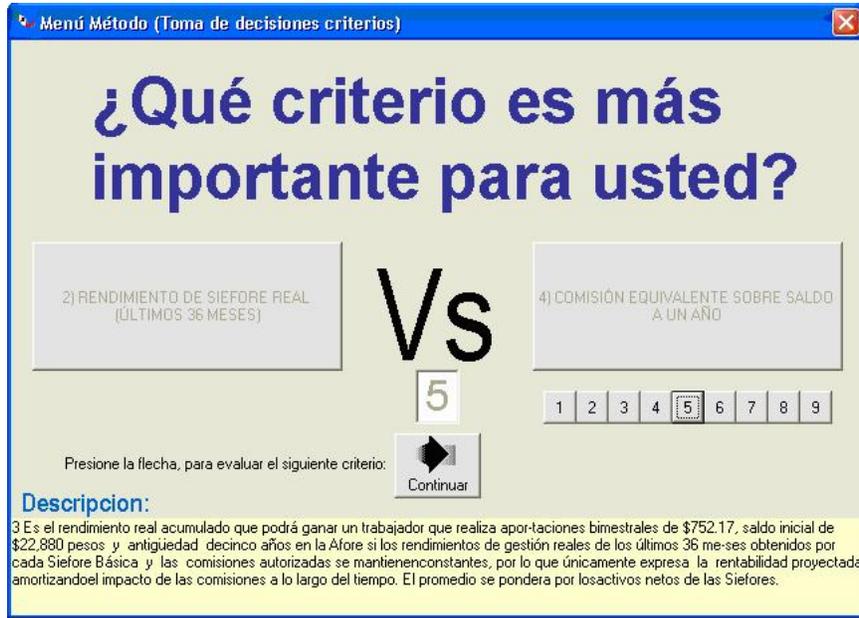


Figura 4.4 Comparación de criterios.

Se van realizando las comparaciones, Rendimiento de Siefore real (últimos 36 meses) contra todos los criterios seleccionados por el usuario, y terminando pasa a evaluar al siguiente criterio, consulte manual de usuario para información más detallada.

Ya que hemos comparado los criterios, toca el turno a las alternativas.

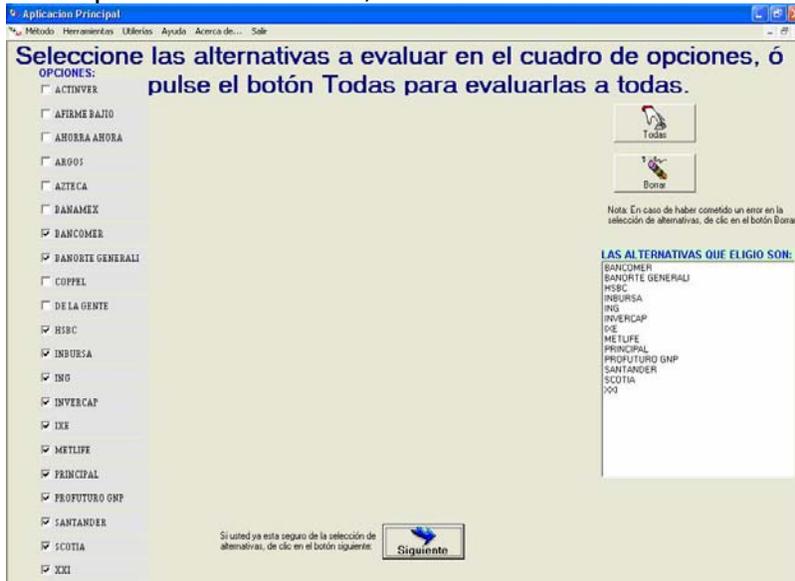


Figura 4.5 Selección de alternativas.

De las 21 alternativas solo se seleccionaron 13 para esta prueba.

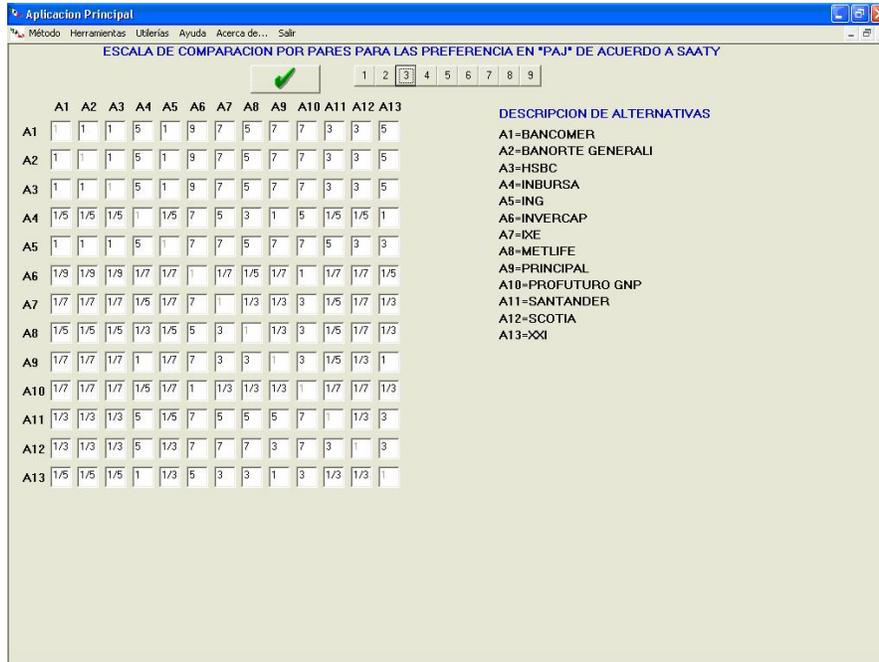


Figura 4.6 Matriz de comparación por pares normalizada de rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).

Para el llenado de esta matriz se utilizó la pregunta siguiente:

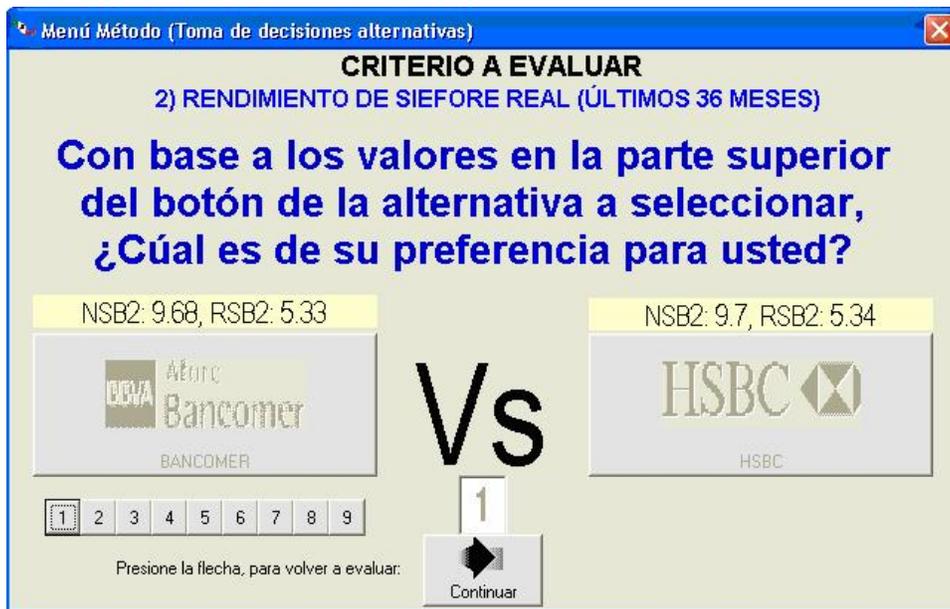


Figura 4.7 Comparación de alternativas en base al criterio rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).

Se evaluó la primera matriz de cuatro, que para esta prueba hay que evaluar.

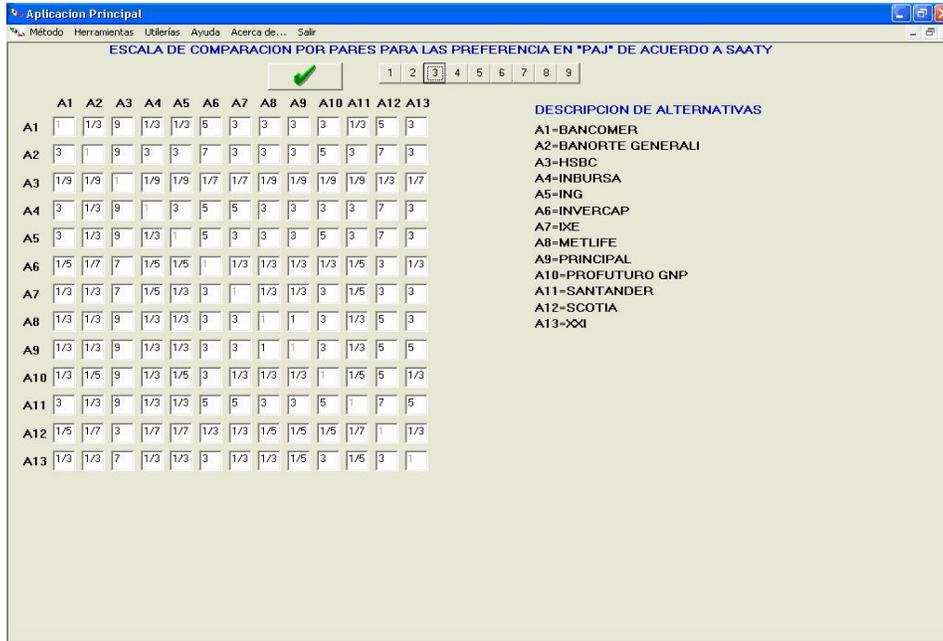


Figura 4.8 Matriz de comparación por pares normalizada de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.

Para el llenado de esta matriz se utilizó la pregunta siguiente:

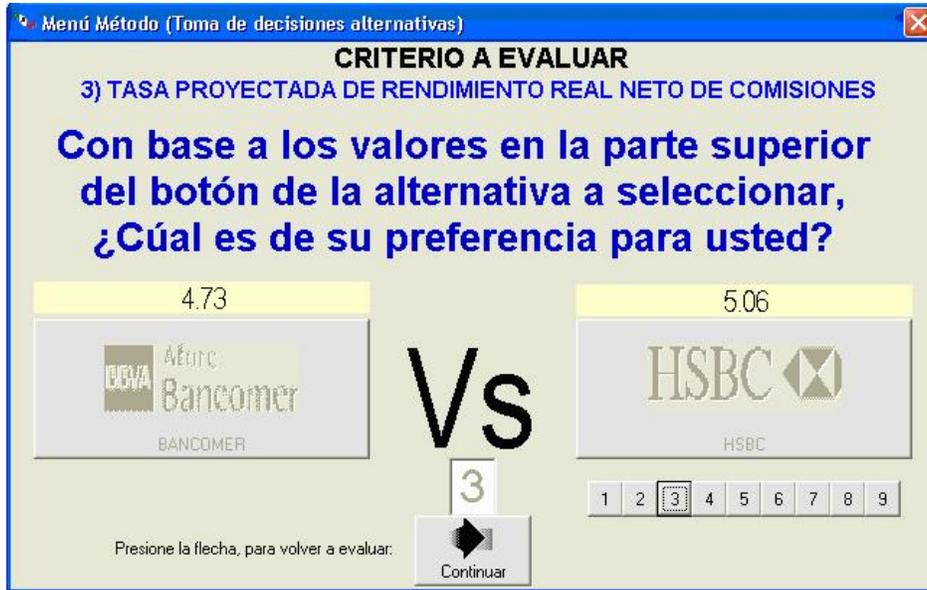


Figura 4.9 Comparación de alternativas en base al criterio tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.

Se evaluó la segunda matriz de cuatro, que para esta prueba hay que evaluar.



Figura 4.10 Matriz de comparación por pares normalizada de comisión equivalente sobre saldo a un año.

Para el llenado de esta matriz, se utilizó la pregunta siguiente:

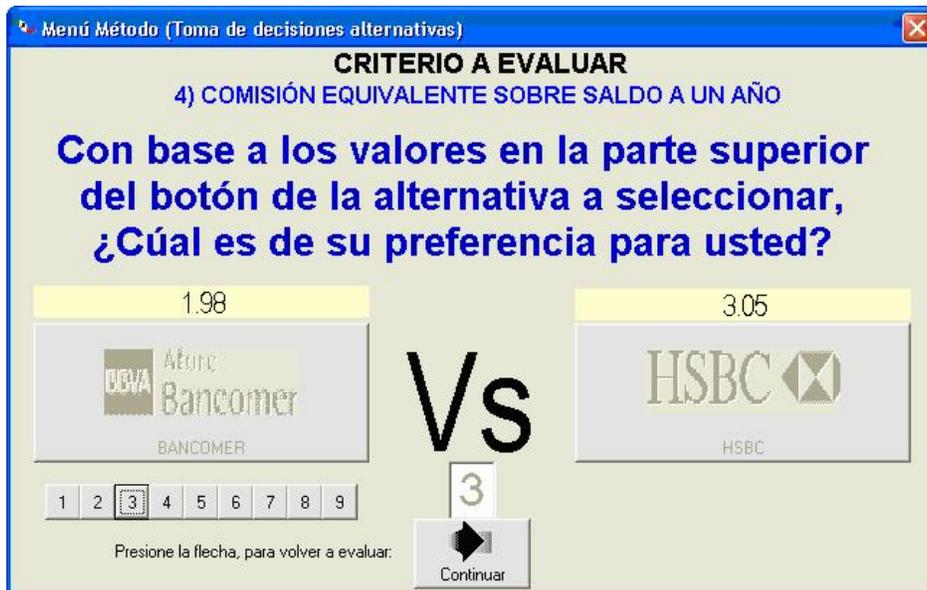


Figura 4.11 Comparación de alternativas en base al criterio comisión equivalente sobre saldo a un año.

Se evaluó la tercer matriz de cuatro, que para esta prueba hay que evaluar.



Figura 4.12 Matriz de comparación por pares normalizada de servicios que ofrece.

Para el llenado de esta matriz, se utilizó la pregunta siguiente:

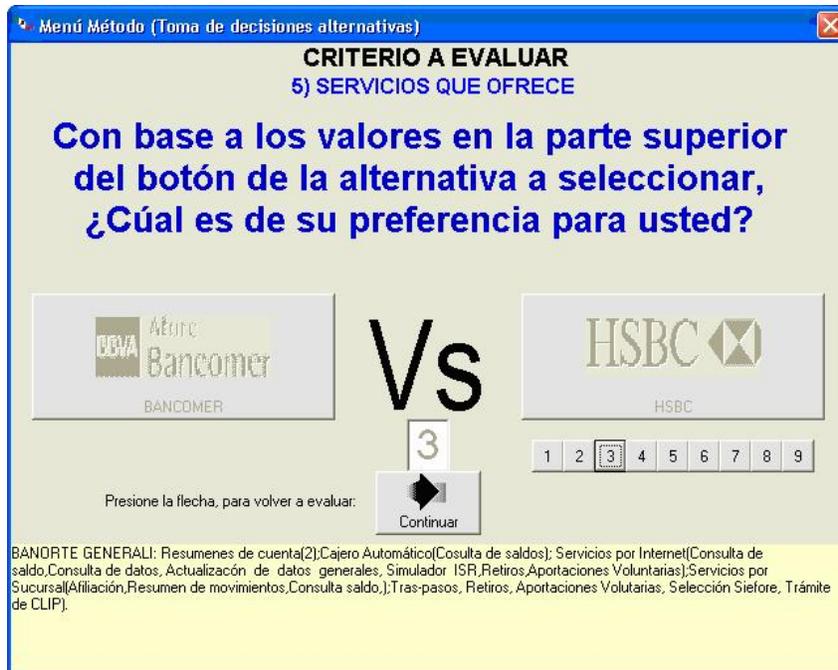


Figura 4.13 Comparación de alternativas en base al criterio servicios que ofrece.

Se evaluó la cuarta matriz (última), que para esta prueba hay que evaluar.

Hasta éste momento se evaluó el paso 2 del Proceso de Análisis Jerárquico, es éste paso donde el usuario del sistema debe tener completa concentración, pero sobre todo entender la pregunta en base al criterio que se muestra en cada una de las diferentes preguntas que para el llenado de la matriz de comparación por pares se requiere. El valor que le usuario le atribuirá a las diferentes casillas de la matriz depende de las preferencias que en ese momento el usuario considere, tomando como referencia la tabla que se muestra en el menú ayuda del sistema AHP-AFORE.

Para continuar con el Proceso de Análisis Jerárquico, se retomarán las matrices de comparación por pares, para que de éste modo se pase al siguiente paso, que es el número 3 (sintetización de juicios).

Paso.- 3 Procedimiento para sintetizar juicios.

La sintetización de los juicios se presenta a continuación, tanto para criterios como para alternativas en las figuras 4.14 a la 4.23.

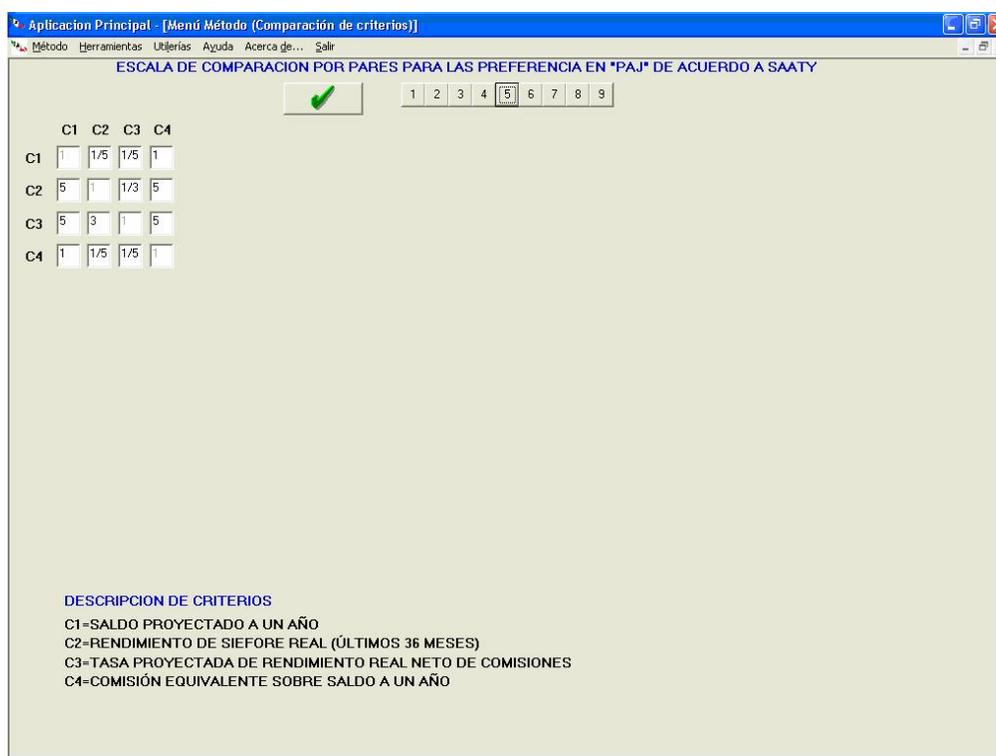


Figura 4.14 Matriz de comparación por pares normalizada de los criterios.

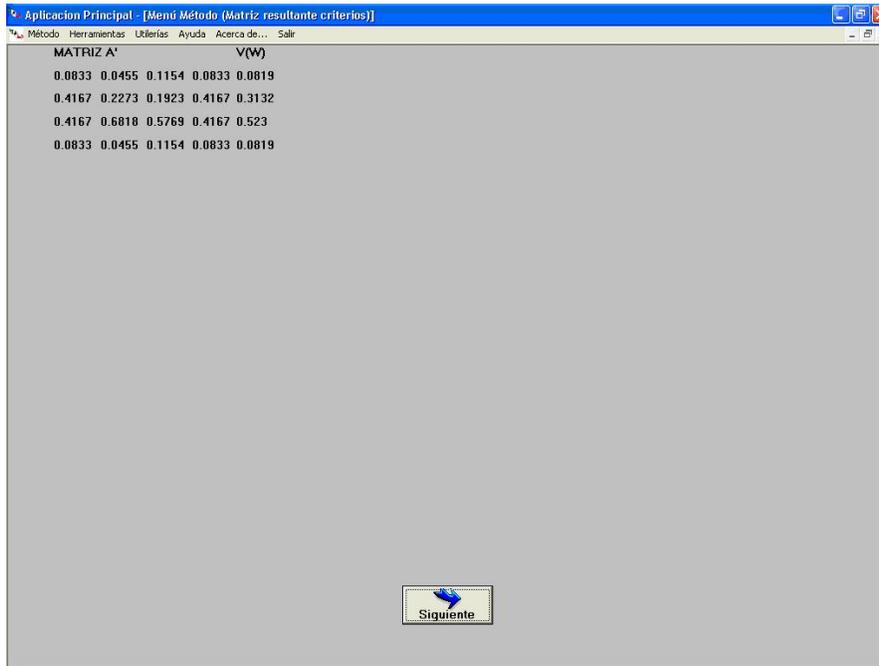


Figura 4.15 Prioridades de comparación por pares de criterios.

A continuación se muestran las prioridades de cada criterio con base en las alternativas, que para éste caso, como ya se comentó son trece de veintiún (Afores), que actualmente existen en México.

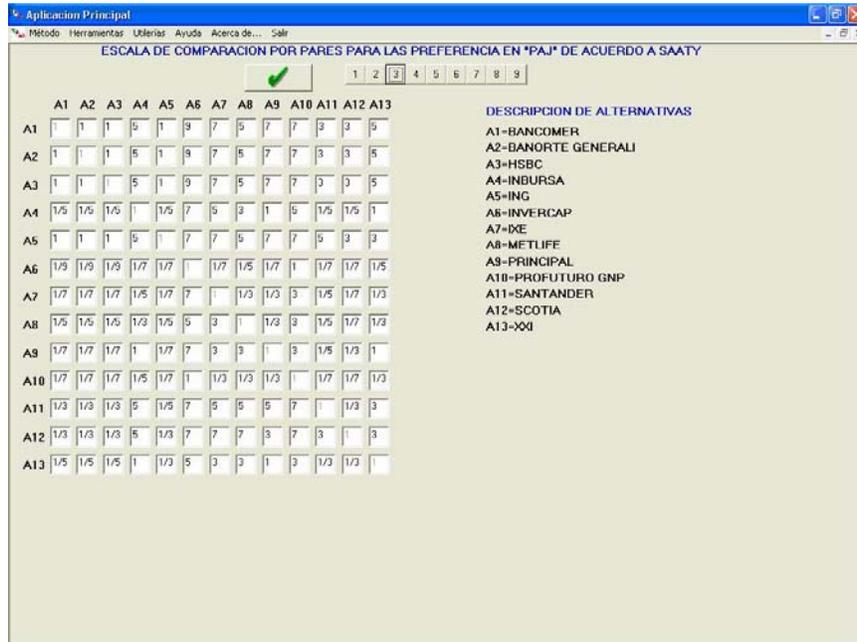


Figura 4.16 Matriz de comparación por pares normalizada de rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).

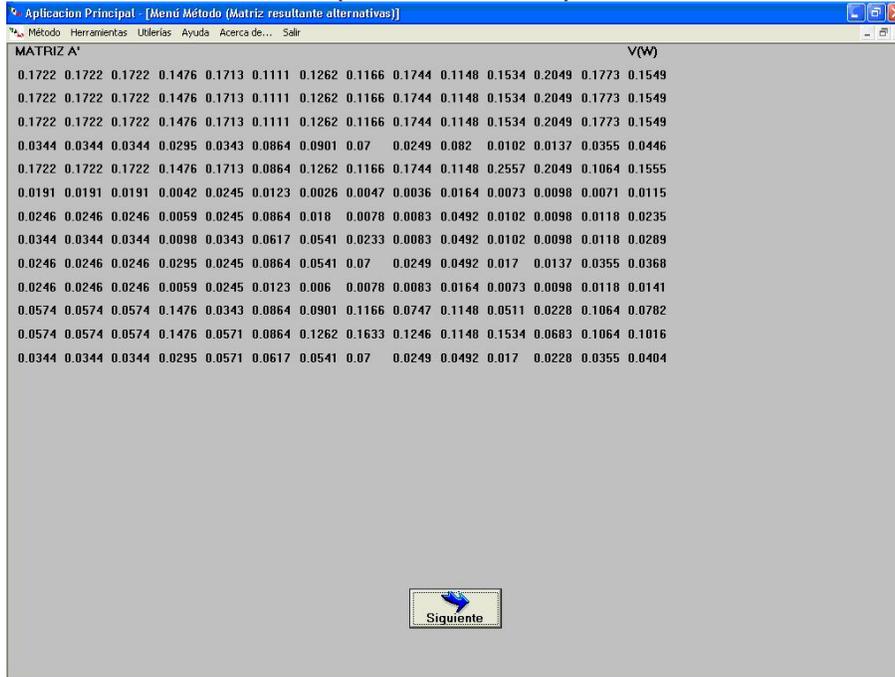


Figura 4.17 Prioridades de comparación por pares de rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).

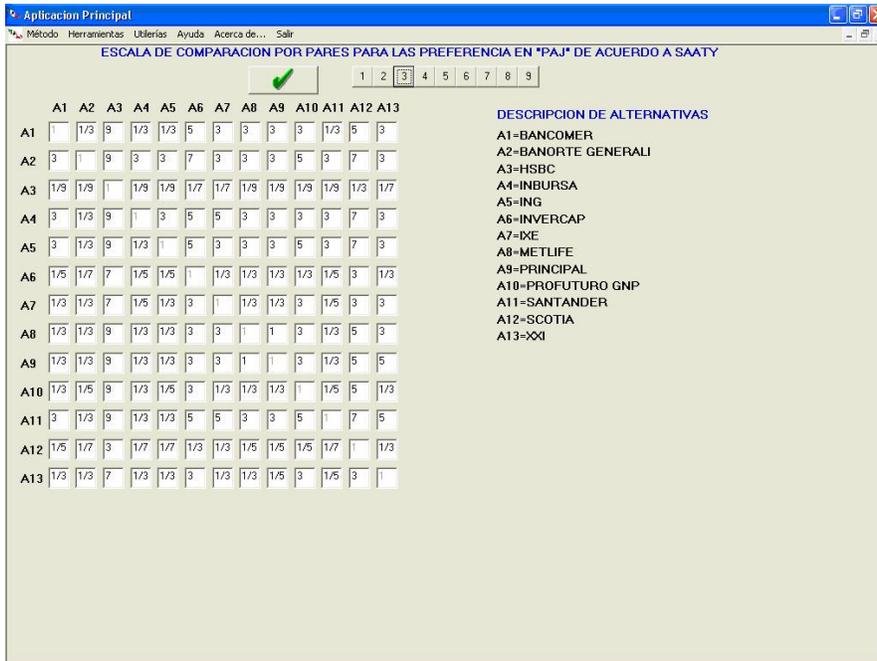


Figura 4.18 Matriz de comparación por pares normalizada de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.

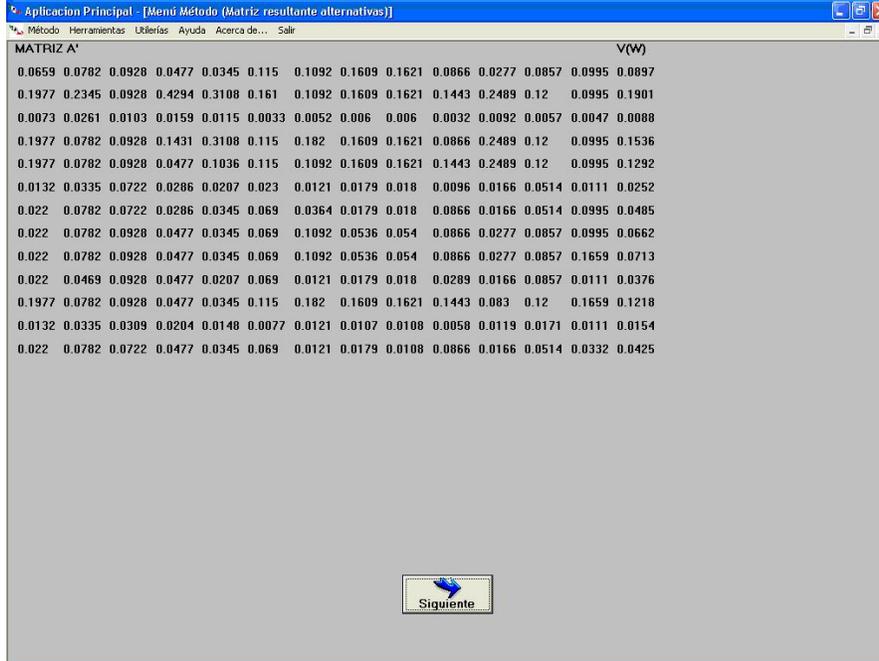


Figura 4.19 Prioridades de comparación por pares de tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.

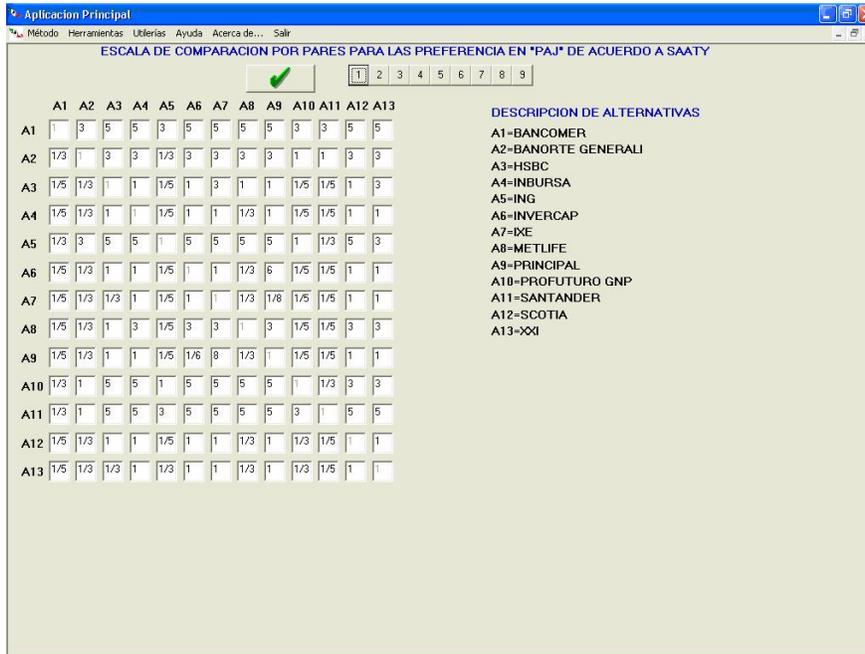


Figura 4.20 Matriz de comparación por pares normalizada de comisión equivalente sobre saldo a un año.

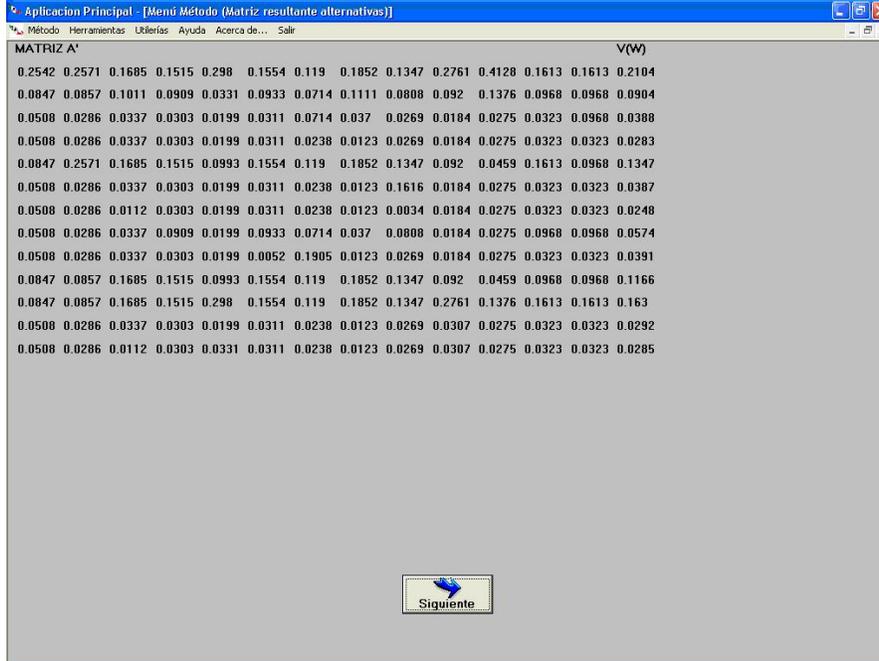


Figura 4.21 Prioridades de comparación por pares de comisión equivalente sobre saldo a un año.

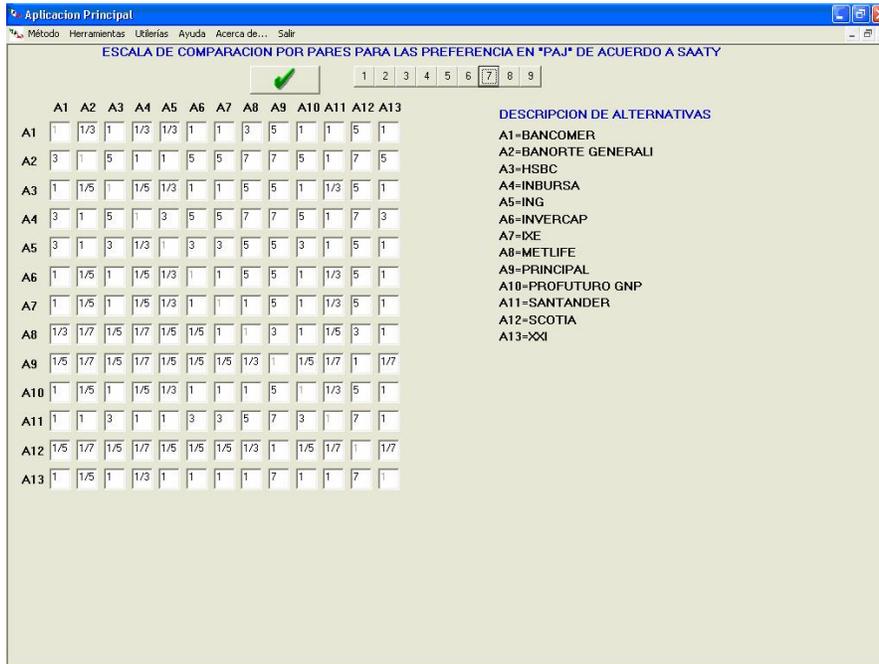


Figura 4.22 Matriz de comparación por pares normalizada de servicios que ofrece.

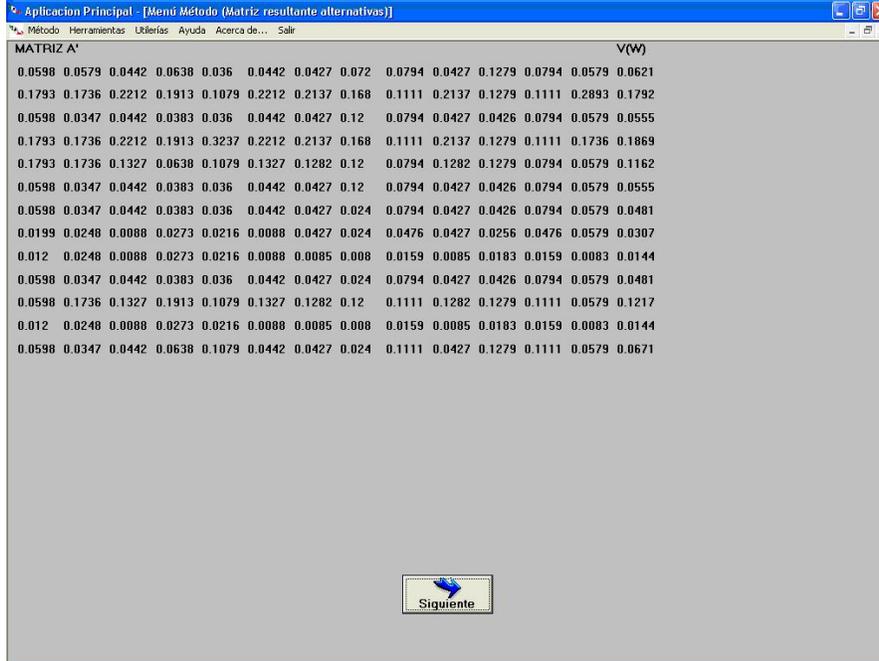


Figura 4.23 Prioridades de comparación por pares de servicios que ofrece.

Paso 4.- La estimación de los radios para criterios y alternativas se presenta de la figura 4.24 a 4.28.

Verificación de consistencia:

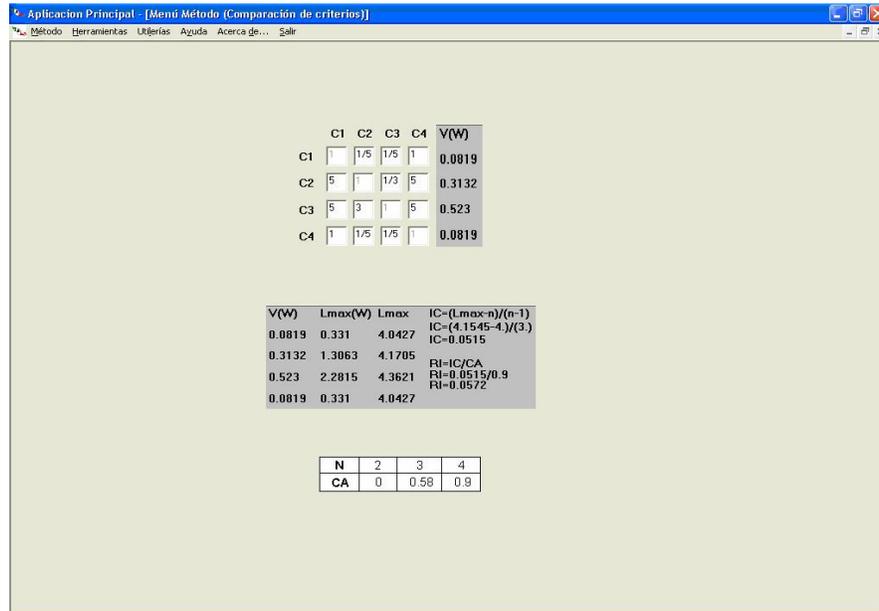


Figura 4.24 Estimación de verificación del radio de consistencia para los criterios.

Se puede observar en la figura anterior el promedio de valores calculados de λ_{max} , el cual es: 4.1545 tomando cuatro decimales, el índice de consistencia es: .00515 considerando cuatro decimales y el radio de consistencia es: 0.0572 considerando cuatro decimales. Por consiguiente toca el turno a las alternativas en base a los criterios, que para esta prueba son cuatro y que a continuación se muestra de igual forma la verificación del radio de consistencia.

Es importante recordar, que si el radio de consistencia excede el 0.10, habrá que hacer una revisión de la matriz de comparación por pares, ya que de lo contrario el sistema no dejará avanzar a evaluar el siguiente criterio, según sea el caso.

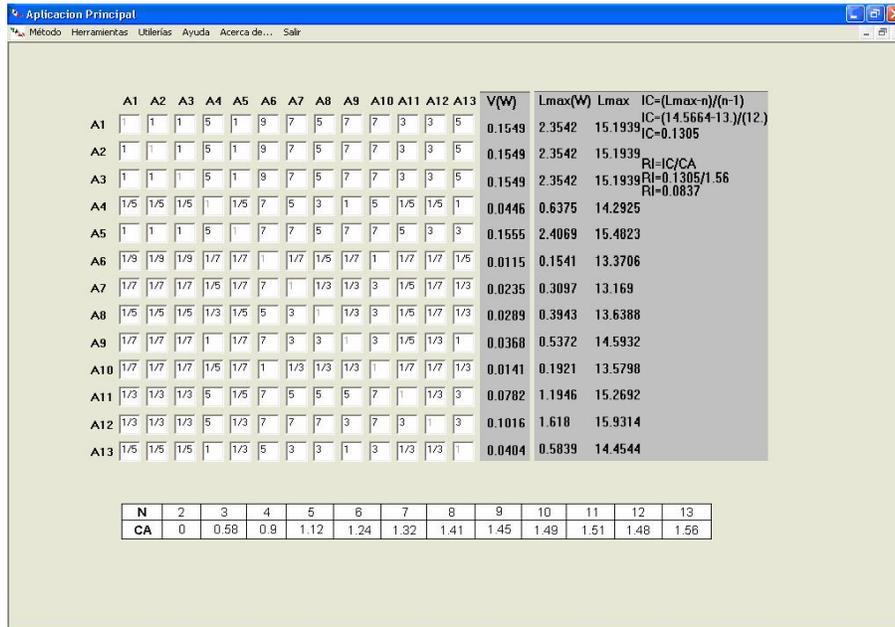


Figura 4.25 Estimación de verificación del radio de consistencia para rendimiento de siefore real (últimos 36 meses).

En la matriz que se muestra en la figura 4.25 :

El promedio de valores calculados es:

14.566

El índice consistencia es:

0.1305

El radio de consistencia es:

0.0837

Considerando cuatro decimales para cada uno de los resultados mostrados en el sistema AHP-AFORE.

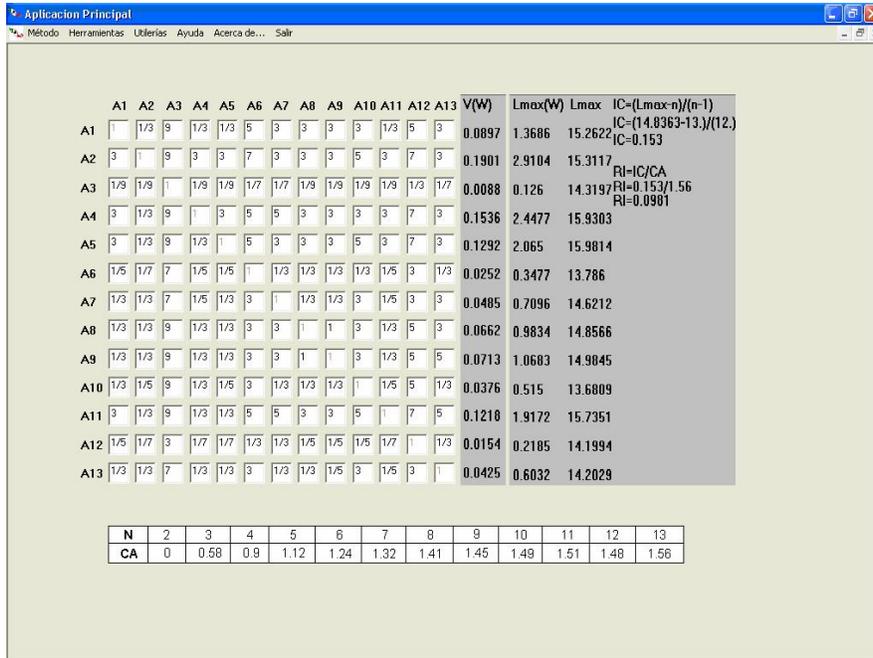


Figura 4.26 Estimación de verificación del radio de consistencia para tasa proyectada de rendimiento real neto de comisiones.

En la matriz que se muestra en la figura 4.26:

El promedio de valores calculados es:
14.8363

El índice consistencia es:
0.153

El radio de consistencia es:
0.0981

Considerando cuatro decimales para cada uno de los resultados mostrados en el sistema AHP-AFORE.

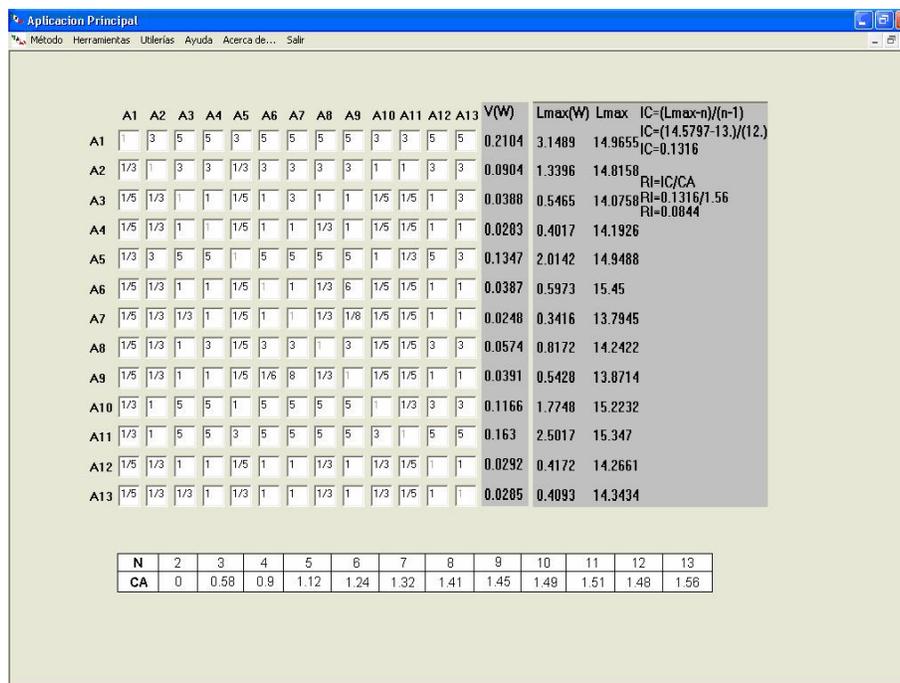


Figura 4.27 Estimación de verificación de radio de consistencia para comisión equivalente sobre saldo a un año.

En la matriz que se muestra en la figura 4.27:

El promedio de valores calculados es:
14.5797

El índice consistencia es:
0.1316

El radio de consistencia es:
0.0844

Considerando cuatro decimales para cada uno de los resultados mostrados en el sistema AHP-AFORE.

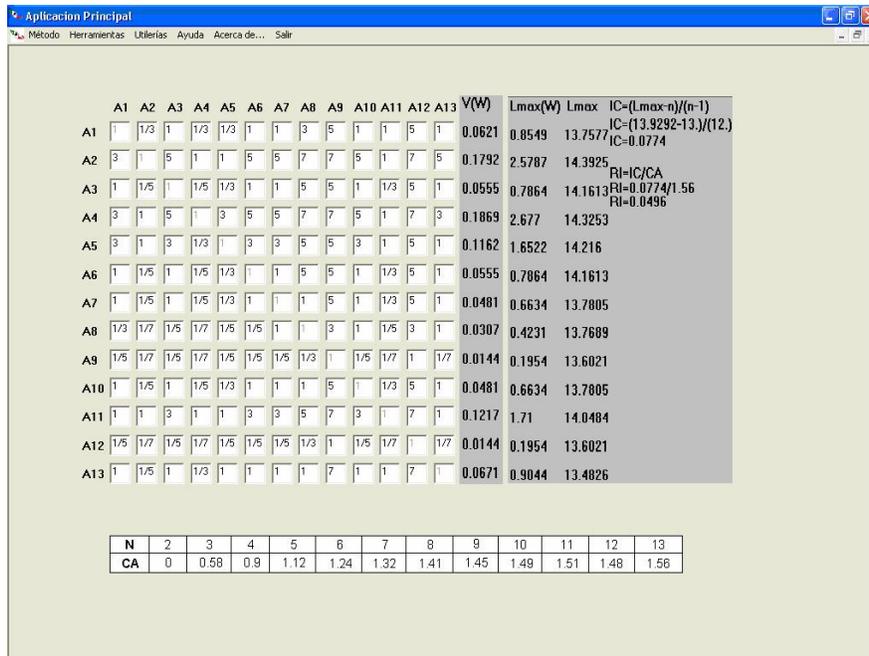


Figura 4.28 Estimación de verificación de radio de consistencia para servicios que ofrece.

En la matriz que se muestra en la figura 4.28:

El promedio de valores calculados es:
13.9292

El índice consistencia es:
0.0774

El radio de consistencia es:
0.0496

Considerando cuatro decimales para cada uno de los resultados mostrados en el sistema AHP-AFORE.

Paso 5.- La elección de las alternativas se presenta a través de la figura 4.29.

Jerarquización de las alternativas

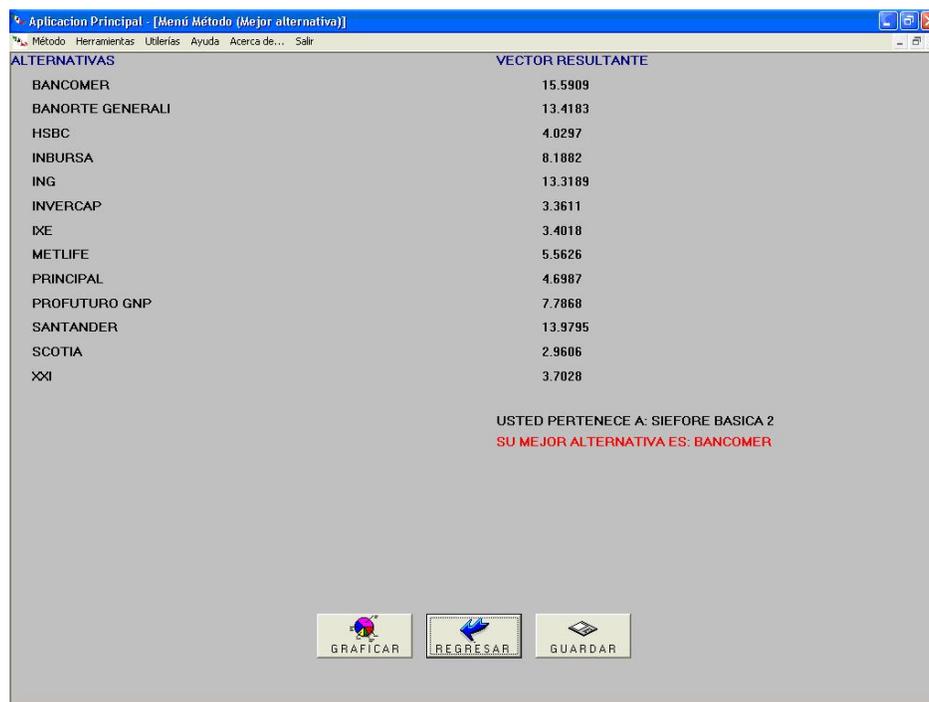


Figura 4.29 Jerarquización de las alternativas.

Para esta prueba se concluye que, conforme a las preferencias del cliente, su mejor alternativa es Afore Bancomer con un 15.5909%, en segundo lugar su preferencia es por Afore Santander con 13.9795, en tercer lugar Afore Banorte Generali con 13.4183, en cuarto lugar Afore Ing con 13.3189, en quinto lugar Afore Inbursa con 8.1882, y así sucesivamente hasta llegar al último lugar que ocupa Afore Scotia con un 2.9606%.

Como ya se menciona en el manual de usuario, se puede guardar el resultado, si así se desea, en caso de realizar una nueva evaluación con el sistema AHP-AFORE, para que de esta manera haga las comparaciones pertinentes y decida si cambia de Afore o continúa con la misma. Así mismo, se muestra el resultado final de la evaluación con el sistema AHP-AFORE, se puede visualizar la grafica de las alternativas de la evaluación que el usuario ha realizado (ver figura 4.30).

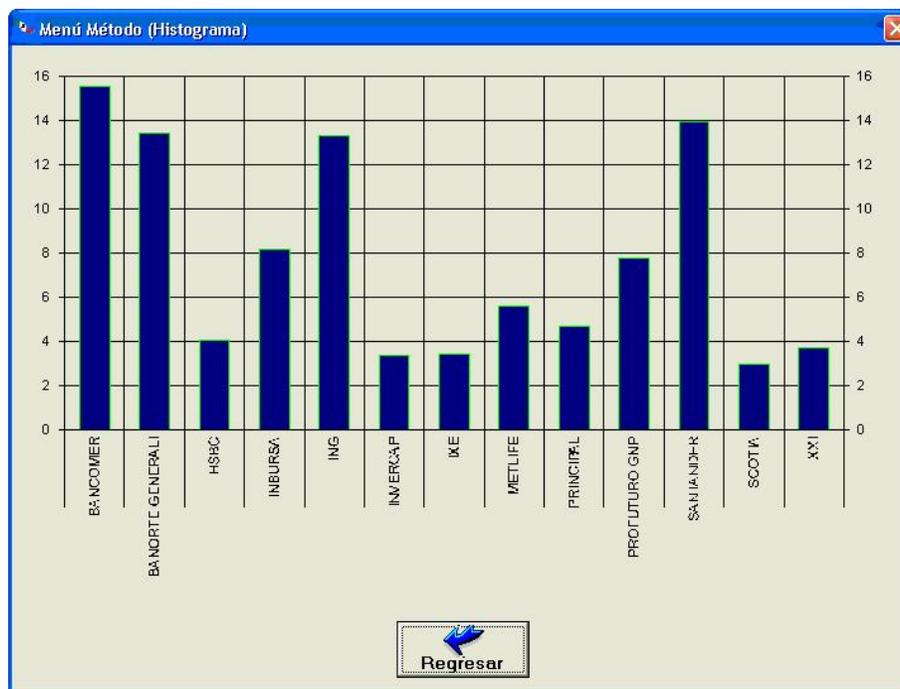


Figura 4.30 Gráfica de alternativas, que muestra la mejor opción de las diferentes Afores evaluadas por el usuario para esta prueba.

Se puede observar en esta gráfica que nuestra mejor Afore es Bancomer, posteriormente Santander, en el tercer sitio tenemos a Banorte Generali, en el cuarto lugar tenemos a ING, en quinto lugar a Inbursa, en sexto lugar a Profuturo GNP, en séptimo lugar a Metlife con 5.5626, en octavo lugar a Principal con 4.6987, en noveno lugar a Hsbc con 4.0296, en décimo lugar a XXI con 3.7028, en onceavo lugar a Ixe con 3.4018, en doceavo lugar a Invercap con 3.3611 y en último lugar Scotia con 2.9606.

Se puede observar que el primer lugar indiscutiblemente es Bancomer, pero lo que concierne a los lugares dos a cuatro, es muy cerrada la preferencia, ya que es mínima la diferencia entre una y otra Afore, pero ya que el usuario utiliza el sistema AHP-AFORE, puede darse cuenta que Afore es la más óptima para él de acuerdo a sus preferencias.

CONCLUSIONES

Una persona adulta con trabajo ó en el mejor de los casos joven con trabajo puede contar con su Afore, a sabiendas que cuando tenga una edad avanzada, alguna enfermedad que le impida realizar su trabajo, podrá estar tranquilo, puesto que su Afore le reedituará una compensación económica para poder vivir. Además de que cuenta con la posibilidad de que, si su Afore no le convence, puede cambiarla, una vez que ha cumplido 12 meses en ella, así mismo, se menciona que entre más tiempo conserve su Afore será mejor, debido a que puede llegar a alcanzar mayores beneficios por antigüedad en su Afore.

Desde el surgimiento de las primeras Afores, es evidente que la relevancia ha ido creciendo día con día, la apertura de las Administradoras de Fondo para el Retiro fue de tan solo 12, tan solo en 2005 surgieron (Ahorra Ahora y Coppel) y para el año 2006 (Scotia, De la Gente y Argos), actualmente en México son 21.

Se han vislumbrado altibajos que el mismo Gobierno Federal ha corregido puesto que sus inversiones en las Afores son mayores.

Para ello cabe resaltar que la toma de decisiones juega un papel importante, ya que utilizándolas es como podemos tener mejores resultados, hay que emplear buenos juicios para poder elegir el mejor camino según las diferentes alternativas, que en este caso de estudio son las Afores.

Hablando de las Afores, cabe mencionar que las comisiones, los rendimientos y los servicios son los juicios que más le interesa conocer a la(s) persona(s) que se encuentran registrados en las Afores, puesto que su inversión es la que esta en juego. Por tal motivo hasta el momento, el continuar con la investigación presente, es debido a que se sigue usando una lista de 10 recomendaciones para la selección de la Afore, así como del primer resultado que fue el incorporar la decisión con base a comparaciones basado en el método AHP, utilizando hojas dinámicas en Excel.

Aunque se conocen algunos métodos para la toma de decisiones multicriterio discreta, de los diferentes métodos el que se aplicará es el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), debido a que sus características son las que más se ajustan a éste caso de estudio.

El Proceso de Análisis Jerárquico aborda problemas de toma de decisiones en situaciones no estructuradas complejas, así mismo, ha generado popularidad en las últimas décadas como método para el análisis y toma de decisiones en situaciones complicadas y de carácter difícil. La literatura sobre éste tema ha crecido sorprendentemente, tanto en aplicaciones como en resultados teóricos.

La aportación de automatizar el método, esta basado en ser más rápido y de fácil uso para el cliente final, el decisor de la Afore. Para tal fin, se considero estructurar el problema con cinco criterios y 21 alternativas, ya que para poder modelar el Sistema AHP-AFORE se utilizó el lenguaje Visual Basic 6.0, puesto que es un lenguaje de fácil aprendizaje y uso; con la utilización de este lenguaje las restricciones se incorporaron paso a paso. El empleo de Visual Basic 6.0 permitió al Sistema AHP-AFORE tener versatilidad, ser confiable y de fácil entendimiento para los usuarios.

Una vez concluido el Sistema AHP-AFORE, se generaron los manuales de usuario y técnico para que el usuario pueda manipular de manera sencilla y apropiada el Sistema. Respecto a la representación de la herramienta a través de un software fue importante darle una imagen amigable, no tan seria, para que al usuario no se le haga aburrido realizar éste tipo de evaluación.

La implementación de dichos manuales se integro con una metodología adecuada que permita al usuario tener una concepción exacta de cada uno de los elementos del Sistema AHP-AFORE, con el fin de difundir su aplicación y uso en las personas que se encuentran afiliadas a las Afores.

Una vez que la construcción del Sistema AHP-AFORE concluyó, se realizaron las pruebas pertinentes que demostraron la completa funcionalidad del Sistema, lo que da confianza de poder consultarlo, ya que se ajusta en gran medida a las demandas que más les interesa conocer a los afiliados a las Afores.

Cabe mencionar que en cada ejemplar de éste trabajo de investigación, se incluye una copia del sistema AHP-AFORE, del manual de usuario y el manual técnico en un disco compacto con la finalidad de que pueda ser utilizado para realizar pruebas o para generar una mejora del mismo.

Durante la evaluación de la herramienta de software denominado Sistema AHP-AFORE, se logró reducir el tiempo al momento de la ejecución, puesto que anteriormente era mayor el consumo; así mismo, el Sistema AHP-AFORE muestra interfaces amigables y dinámicas que permiten tener un mejor entendimiento durante su ejecución.

De la misma manera se instrumento el método de toma de decisiones multicriterios discretas (Proceso de Análisis Jerárquico) por medio de la utilización del lenguaje Visual Basic 6.0, para obtener una métrica de acuerdo a las preferencias de las diferentes Afores en México.

Se comprobó, que el Proceso de Análisis Jerárquico, es fácil de comprender y manejar para llegar a la meta planteada, que en éste caso específico es seleccionar la mejor Afore en base a las prioridades.

Se redujo la captura de información que en ocasiones evitaba dar a conocer la herramienta por lo cansado y fastidioso que era llevar a cabo esta tarea.

El concluir esta investigación me deja una experiencia importante, la cual me es grato compartir, ya que pese a las limitaciones y problemas que muchas veces se presentan, siempre se debe de mantener y no perder la perseverancia. Hay que ser tenaz e insistir, para alcanzar los propósitos que se fijan, para tener la satisfacción de haberlo logrado.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

DOCUMENTOS IMPRESOS.

Aguilar Joyanes, Luís y Muñoz Clemente, Antonio. (1999). "Microsoft Visual Basic 6.0". Editorial Mc Graw Hill, México. P.p. 3 - 34.

Cornell Gary y Strain Troy. (1997). "Visual Basic 4 para programadores". Editorial Mc Graw Hill, México.

Ceballos, Francisco Javier. (2005). "Visual Basic 6 curso de programación". Editorial Alfaomega-Rama, México.

Eppen, Gould y Schmidt. (1995). "Investigación de operaciones en la ciencia administrativa". Editorial Prentice Hall, México. P.p. 604 - 659, 698 -704.

Grupo EIDOS. (1999). "Visual Basic 5 técnicas y aplicaciones". Editorial Alfaomega-Rama, México.

Jung, David y G. Kent, Jeff. (2001). "Visual Basic sin errores". Editorial Mc Graw Hill, México.

Martínez Borbolla, Ibeth Verónica. (2001). "Un enfoque de sistemas de las Administradoras de fondo para el retiro (AFORE), y la aplicación del método de jerarquización analítica (ahp)". UAEH, México.

Mercado Ramírez, Ernesto. (1991). "Técnicas para la toma de decisiones". Editorial Limusa, México. P.p. 28 - 37, 85 - 115.

Renault, Jean Paul. (1992). "Introducción a la teoría de decisiones". Editorial Limusa, México. P.p. 15 - 166.

Pressman, Roger. (2005). "Ingeniería de software un enfoque práctico". Editorial Mc Graw Hill, México. P.p. 48 - 71, 133 - 147, 155 - 306, 350 - 372, 382 - 414.

Sánchez Guerrero, Gabriel. (2003). "Técnicas participativas para la planeación". Editado por: Fundación ICA, A.C. Colaboradores: M. en I. Heriberto Niccolas Morales, M. en I. Jaime Garnica González y M. en I. Sergio Macuil Robles. México.

Senn, James. (1992). "Análisis y Diseño de sistemas de información". Editorial Mc Graw Hill, México. P.p. 28 - 50, 120 - 166, 283 - 298, 815 - 848.

Tiznado, Marco Antonio. (2004). "Visual Basic 6.0 serie azul". Editorial Mc Graw Hill, México.

Trejo de Lebrija, Mayra. (1991). "Toma de decisiones multicriterio". UNAM, México.

Vallín Manrique, Eduardo. (2001). "Análisis de los métodos: proceso de análisis jerárquico y Rembrandt en la toma de decisiones ". México.

Zarate Ramírez, Víctor M. (1989). "El enfoque de sistemas ideas complementarias para la planeación de suministros de petróleos mexicanos". DELFI. UNAM, México.

Rodríguez Rosas, Arturo. (1992). "Proceso de Jerarquización analítica de Saaty". México, D.F. Facultad de Ingeniería UNAM, División de educación continua. (V curso internacional de gestión de proyectos de inversión, módulo II: evaluación económica y social de proyectos de inversión.) 84 p.

Garnica González, Jaime y Niccolás Morales, Heriberto. (1998). "Modelos de jerarquización analítica". [Ensayo inédito]. México D.F. UNAM. DEPEFI. 15 p.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS.

[1] Ávila Mogollón, Ruth M. (2000). El AHP (proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras. El caso de Brasil. [En línea]. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/3dctos/sirtplan/infotec/2ahptx.pdf> [2006, Agosto]

[2] Blanquero Bravo, Rafael. (2000). Tablas de Decisión. [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99.0191-03/ed99-0191-03.html>. [2006, Agosto]

[3] Bruno Gerard y Hurtado Toskano. El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Capítulo II Análisis de decisiones. En UNMSM. [En línea]. Disponible en: http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/cap2.pdf [2006, Agosto]

[4] Bruno Gerard y Hurtado Toskano. El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Capítulo III Proceso DE análisis jerárquico (AHP). En UNMSM. [En línea]. Disponible en: http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/cap3.pdf [2006, Agosto]

- [5] Bustos Farias, Eduardo. Métodos multicriterio discretos de ayuda a la decisión. [En línea]. Disponible en: <http://www.angelfire.com/ak6/ilb/4_4.pdf> [2006, Septiembre]
- [6] Condusef. Cuadros comparativos y comisiones. Número de trabajadores registrados. [En línea]. Disponible en: <<http://www.condusef.gob.mx>> [2007, Marzo]
- [7] Consar. Información de Afores. Estadísticas para publicidad y promociones. [En línea]. Disponible en: <<http://www.consar.gob.mx>> [2007, Febrero]
- [8] Cortes Rodríguez, Concepción. Métodos multicriterio discretos (II). [En línea]. Disponible en: <[http://www.uhu.es/24057/ficheros_datos/curso05-06/ahpyarrow\(tema8\).pdf](http://www.uhu.es/24057/ficheros_datos/curso05-06/ahpyarrow(tema8).pdf)> [2006, Septiembre]
- [9] Cortes Rodríguez, Concepción. Tema 7: Métodos discretos [Diapositivas]. DEGE, Unidad Docente de Estadística y Econometría. Universidad de Huelva. España. 37 diapositivas, col.
- [10] Flament, Michel. (1999). Glosario Multicriterio. [En línea]. Red Iberoamericana de evaluación y decisión multicriterio. UNESCO. Disponible en: <<http://www.unesco.org.uy/red-m/glosariom.htm>>
- [11] Garza Ríos, Rosario. Las decisiones multicriterio. [En línea]. Disponible en: <http://www.wikilerning.com/las_direcciones_multicriterio-wkccp-11864-4.htm> [2006, Septiembre]
- [12] Ladrón de Guevara Domínguez, Rogelio. La gran incertidumbre de las Afores (Administradoras de los fondos de retiro). En IIESCA. [En línea]. Disponible en: <<http://www.uv.mx/iiesca/revista/SUMA294.html>> [2006, Septiembre]
- [13] Romero, Carlos. (2006). Análisis de las decisiones multicriterio. En Isdefe su mejor aliado. [En línea]. Disponible en: <<http://www.isdefe.es/website.nsf/0/11E702A2AC9B54C612570F90036CF81?Opendocument>> [2006, Septiembre]

GLOSARIO

A

Alternativa: Opción entre dos cosas o mas.

Ambigüedad: Posibilidad de que algo pueda entenderse de varios modos ó de que admita distintas interpretaciones.

Arrow y Raynaup: Propuesto en 1986 por Arrow y Raynaup y se basa en la utilización de un algoritmo de clasificación compatible con cinco axiomas de la teoría de la elección social. Se utiliza para obtener una escala de clasificación de alternativas. ^{[7], [9]}

Axioma: Proposición clara y evidente que no necesita demostración.

C

Capacidad heurística: Es un rasgo característico de los humanos, desde cuyo punto de vista puede describirse como el arte y la ciencia *del* descubrimiento y *de la* invención o de resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o pensamiento_divergente

Carter, James Earl: Ingresa en la Academia Naval de Estados Unidos y continúa su carrera en el ejército hasta 1953, fecha en la que se retira de este ámbito. A partir de entonces dedica su tiempo a las plantaciones de cacahuetes que tenía su familia. En la década de los setenta inicia su carrera política como Gobernador de Georgia. Desde este cargo conquistó a la población afro americana negra y a las mujeres, dos sectores a los que defendió. En 1976 presenta su candidatura a la presidencia de los Estados Unidos, imponiéndose en los resultados a Gerald Ford.

Criterio: Son los puntos de vista considerados relevantes para el análisis y/o resolución de un problema. Constituyen la base para la toma de decisiones, base que puede ser medida y evaluada. Es la evidencia sobre la cual se basa una decisión, o dicho de otro modo es un aspecto medible de un juicio, por el cual puede ser caracterizada una dimensión de las alternativas bajo análisis.

Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la teología: objetivo, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad. En el planteo de la matriz de decisión o en la caracterización de un problema, la identificación de los criterios pertinentes al mismo es de gran importancia para el logro de los objetivos. ^[5]

D

Disruptivo: Que produce ruptura grave.

Decisión: Resolución o determinación de algo dudoso.

E

Ecuación: Es un planteamiento de igualdad escrito en términos de variables y constantes.

Electre: (Eliminación y elección de la traducción de la realidad). Es el método multicriterio más conocido y a la vez más utilizado en la práctica desde finales de los 60. Fue inicialmente propuesto por Benayoun, Roy y Sussman (1966) y mejorado por Roy (1971). Se utiliza para reducir el tamaño del conjunto de las soluciones eficientes; Funciona por bipartición, es decir, intenta dividir el conjunto eficiente en dos subconjuntos: el de las alternativas más favorables para el decidor (el núcleo) y el de las alternativas menos favorables (las peores). Para ello utiliza el concepto de “relación de sobreclasificación”.^[10]

Empírico: Que esta basado en la experiencia. Que depende de la experiencia, que se funda en la experiencia, ó que se refiere a la experiencia.

Escala: Representación alfanumérica ordenada a lo largo de un eje, junto con las reglas que permiten manejar los símbolos o medidas representados en ella.

H

Heurística: Capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines. [Eppen, Gould y Schmidt, 1995]

M

Meta: Finalidad u objetivo que alguien se traza.

O

Objetivo: Es el conjunto de resultados cualitativos que el programa se propone alcanzar a través de determinadas acciones.^[4]

P

Pensamiento divergente: Pensamiento que se caracteriza por un proceso de alejarse en varias direcciones, una separación de ideas para abarcar una variedad de aspectos relevantes. Este tipo de pensamiento es frecuentemente asociado con la creatividad puesto que produce ideas y soluciones nuevas.

Problema: Un problema suele ser un asunto del que se espera una solución.

Problema de decisión: Es la selección de una acción o alternativa dentro de un conjunto de acciones posibles, la cual produzca el mejor resultado bajo cierto criterio de optimización.

Promethee: (Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles). Consiste, como en Electre III, en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna interpretación física o económica fácilmente comprensibles por el decisor. Promethee hace uso abundante del concepto de pseudocriterio ya que construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas a y b , $\pi(a,b)$, tomando en cuenta la diferencia de puntuación que esas acciones poseen respecto a cada atributo. ^[10] La valuación de esas diferencias puede realizarse mediante 6 funciones de valor posibles y que son utilizadas de acuerdo a las preferencias del decisor, quien además debe proporcionar los umbrales de indiferencia y de preferencia asociados a estos pseudocriterios.

Prorrateo: Reparto proporcional de una cantidad.

R

Restricción: Cualquier limitación, ya sea que se haga efectiva a través de cuotas, licencias, permisos, requisitos de precios mínimos o máximos, o por cualquier otro medio.

S

Solución Factible: Es también llamada solución óptima. Una solución o punto en el espacio es factible si satisface todas las restricciones.

T

Toma de decisiones: Se considera como el acto creador de la elección, a partir de un conjunto de decisiones posibles, en el cual los factores cuantitativos se combinan con las capacidades heurísticas de los hombres que toman las decisiones. ^[10]

V

Valor característico: En álgebra_lineal, los autovectores, vectores propios o eigenvectores de un operador_lineal son los vectores no nulos que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección. Este escalar λ recibe el nombre autovalor, valor propio o valor característico o eigenvalor. A menudo, una transformación queda completamente determinada por sus autovectores y autovalores. Un autoespacio o eigenespacio es el conjunto de autovectores con un autovalor común.

Verosimilitud: Apariencia de verdadero o con posibilidad de ser creído.

ANEXO A

PLANEACIÓN DE UN PROYECTO DE PROGRAMACIÓN

INTRODUCCIÓN.

La falta de planeación es la causa principal de retrasos en programación, incremento de costos, poca calidad, y altos costos de mantenimiento en los desarrollos de productos de programación. Para evitar estos problemas se requiere de una planeación cuidadosa, tanto en el proceso de desarrollo como en la operación del producto. Con frecuencia, se dice que es imposible una planeación inicial, porque la información precisa sobre las metas del proyecto, necesidades del cliente y restricciones del producto no se conocen al comenzar el proyecto de desarrollo; sin embargo, uno de los principales propósitos de esta fase es aclarar los objetivos, las necesidades y restricciones. La dificultad de la planeación no debe desalentar tan importante actividad.

Un producto de programación se entiende mejor según se desarrollan el análisis, el diseño y la instrumentación; sin embargo, el proyecto de desarrollo no debe estar supeditado a la disponibilidad de suficiente información para iniciar la planificación preliminar. Se debe reconocer que los planes preliminares se modificarán según vayan evolucionando los productos; la planeación para el cambio es uno de los aspectos clave con los que se logra el éxito.

Los pasos requeridos para planear un proyecto de programación se listan a continuación:

Para definir el problema es necesario:

1. Desarrollar un enunciado definitivo del problema por resolver. Incluir una descripción de la situación actual, restricciones del problema y de las metas que se lograrán. El enunciado del problema debe realizarse empleando terminología del cliente.
2. Justificar una estrategia de solución computarizada para el problema.
3. Identificar las funciones por realizar, las restricciones, el subsistema de producto de programación.

4. Determinar los objetivos y requisitos en el nivel del sistema para el proceso de desarrollo y los productos finales.
5. Establecer criterios de alto nivel para la aceptación del sistema.

Para el desarrollo de una estrategia de solución es deseable:

6. Esbozar varias estrategias de solución, sin considerar las restricciones.
7. Realizar un estudio de factibilidad para cada estrategia.
8. Recomendar una estrategia de solución, indicando por qué se rechazan las otras.
9. Desarrollar una lista de prioridades para las características del producto.

En la planeación del proceso de desarrollo sería adecuado:

10. Definir un modelo de ciclo de vida y una estructura organizacional para el proyecto.
11. Planear las actividades de administración de la configuración, control de calidad y validación.
12. Determinar las herramientas por fase, técnicas y notación por utilizar.
13. Establecer estimados preliminares de costo para el desarrollo del sistema.
14. Establecer un programa preliminar para el desarrollo.
15. Establecer estimados preliminares de personal.
16. Desarrollar estimados preliminares de recursos de cómputo necesarios para operar y mantener el sistema.
17. Preparar un glosario de términos.
18. Identificar fuentes de información, y referirse a ellas a lo largo del plan del proyecto.

Definición del problema. [Pressman, 2005]

Todo elemento desarrollado por el hombre es una idea en su mente. Los sistemas computacionales, como otros productos de la tecnología, se desarrollan en respuesta a requerimientos detectados. Las fuentes que producen las ideas de productos de programación incluyen las necesidades del cliente generadas externamente, las necesidades internas de la organización, planes de mercadotecnia, y los planes o misiones organizacionales. La decisión de llevar a cabo el proyecto se basa, generalmente, en el resultado de un estudio de factibilidad.

El primer paso en la planeación de un proyecto de programación es preparar, en la terminología del cliente, un enunciado breve del problema que se solucionará y de las restricciones que existen en la solución. El enunciado definitivo del problema debe de incluir una descripción de la situación actual y de las metas que debe lograr el nuevo sistema.

La definición del problema requiere de un entendimiento cabal del dominio del problema y del entorno de éste. Las técnicas para obtener este conocimiento, son parte del planeador, son entrevistas con el cliente, observación de las tareas problemáticas, y desarrollo de las reales.

El segundo paso en la planeación de un proyecto de programación, es determinar lo apropiado de una solución computacional. Además de ser eficaz en términos de costo, un sistema computacional debe de aceptarse social y políticamente. Un sistema que desplace muchos trabajadores puede ser económica y técnicamente posible, pero inaceptable social o políticamente para el usuario.

Un sistema computacional está formado por los subsistemas de personal, equipo y de productos de programación, más las interconexiones entre ellos. El primer subsistema incluye operadores, personal de mantenimiento y usuarios finales. El segundo comprende el equipo de cómputo y los dispositivos periféricos, y puede tener otros dispositivos como sensores y accionadores para control de proceso, o radares. El tercer subsistema contiene programas que deben desarrollarse, más programas que ya existen y que pueden emplearse como están o modificándolos.

Metas Y Requisitos.

Dado el enunciado preciso del problema y la indicación de las restricciones que existen para su solución, se pueden formular metas y requisitos preliminares. Las metas son logros por alcanzar; sirven para establecer el marco de referencia para el proyecto de desarrollo del producto de programación. Éstas se aplican tanto para el proceso de desarrollo como para los productos finales, y pueden ser cualitativas o cuantitativas.

Meta cualitativa para el proceso: el proceso de desarrollo debe de mejorar las habilidades profesionales del personal de control de calidad.

Meta cuantitativa para el proceso: el sistema se debe de entregar en un plazo máximo de 12 meses.

Meta cualitativa para el producto: el sistema debe de hacer más interesante el trabajo de los usuarios.

Meta cuantitativas para el producto: el sistema debe reducir el costo de una transacción en un 25%.

Algunas metas se aplican a todos los proyectos y productos. Otras metas como transportabilidad, entrega anticipada de subsistemas, y facilidad de uso para los no programadores, dependerá de la situación particular.

Los requisitos especifican las capacidades que debe de tener un sistema para la solución del problema. Éstos se establecen para la funcionalidad, el rendimiento, el equipo, la programación en el equipo, la programación y las

interfaces con el usuario. Los requisitos pueden establecer también estándares de desarrollo y de control de calidad tanto para el desarrollo como para el producto; deben de ser cuantificados siempre que sea posible.

Las metas y los requisitos de alto nivel se pueden expresar en términos de atributos de calidad que el sistema deberá poseer. Estos atributos de calidad de alto nivel pueden, a su vez, expresarse en términos de atributos que se pueden obtener en los productos finales.

Desarrollo de una estrategia de solución.

La tendencia de utilizar la primera solución que aparece es un problema importante en la ingeniería de software. Una manera de evitarlo es al desarrollar primero una estrategia de solución. Esta no es un plan detallado de solución, sino un enunciado general sobre la naturaleza de las posibles soluciones. Los factores estratégicos incluyen procesamiento por lote o tiempo compartido.; gráficas o texto y procesamiento en tiempo real o en línea. Una estrategia de solución debe de considerar todos los factores externos que son visibles para el usuario del producto, y debe redactarse de tal manera que permita caminos alternos para el diseño del producto.

Se deben considerar varias estrategias de solución antes de elegir alguna, aunque los planificadores deben de escoger una o más para poder realizar estudios de factibilidad y estimados de costo preliminares. La estrategia seleccionada proporciona un marco de referencia para el diseño y la instrumentación del producto de programación.

La factibilidad de cada estrategia de solución propuesta se puede establecer por el análisis de las restricciones de la solución. Éstas establecen las fronteras del espacio de soluciones; el análisis de factibilidad determina si una estrategia propuesta es posible dentro de dichas fronteras. Una estrategia de solución es factible si las metas y requisitos del proyecto se pueden satisfacer dentro de las restricciones de tiempo disponible, recursos y tecnología por medio de esa estrategia.

Las técnicas para determinar la factibilidad de una estrategia de solución comprende el estudio de casos, análisis del peor caso, simulación y construcción de prototipos. Un prototipo difiere de un modelo de simulación en el que aquél incorpora algunos componentes del sistema real. Los prototipos se construyen durante la fase de planeación para examinar aspectos técnicos y para simular despliegues al usuario, formatos de informes y diálogos.

Planeación del proceso de desarrollo.

La planeación del proceso de desarrollo de un producto de programación comprende varias consideraciones importantes. La primera es definir un modelo para el ciclo de vida del producto. Este ciclo incluye todas las actividades requeridas para definirlo, desarrollarlo, probarlo, entregarlo, operarlo y mantenerlo. Es esencial definir un modelo de ciclo de vida para cada proyecto de programación, puesto que permite clasificar y controlar las diferentes actividades necesarias para el desarrollo y mantenimiento del producto. Un modelo de ciclo de vida entendido y aceptado por las partes interesadas en el proyecto mejora comunicación, permitiendo así una mejor administración, asignación de recursos, control de costos y calidad del producto.

Modelo de las fases del ciclo de vida.

El modelo de fases divide el ciclo de vida del producto de programación en una serie de actividades sucesivas, cada fase requiere información de entrada, procesos y resultados, todos ellos bien definidos. Se necesitan recursos para terminar los procesos de cada fase, y cada una de ellas se efectúa mediante la aplicación de métodos explícitos, herramientas y técnicas.

Se considera el modelo de fases compuesto por las siguientes: análisis, diseño, instrumentación (codificación), pruebas y mantenimiento. En ocasiones se denomina de cascada porque los productos pasan de un nivel a otro con suavidad. Ver figura 1.

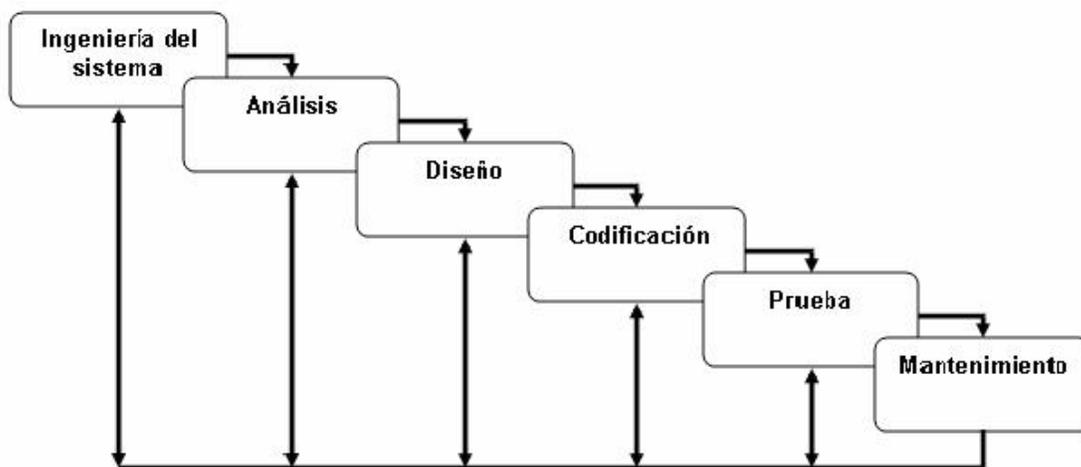


Figura 1. Modelo ciclo de vida clásico.

Ingeniería y análisis del sistema: Debido a que el software es siempre parte de un sistema mayor, el trabajo comienza estableciendo los requisitos de todos los elementos del sistema y luego asignando algún subconjunto de estos requisitos al software. Este planteamiento del sistema es esencial cuando el software debe interrelacionarse con otros elementos, tales como hardware, personas y bases de datos.

Análisis de los requisitos del software: Se centra e intensifica especialmente para el software. Para comprender la naturaleza de los programas que hay que construir, el ingeniero de software debe comprender el ámbito de la información del software, así como la función, el rendimiento y las interfaces requeridas.

Diseño: Es realmente un proceso multipaso que se enfoca sobre cuatro atributos distintos del programa la estructura de los datos, la arquitectura del software, el detalle procedimental y la caracterización de la interfaz. El proceso del diseño traduce los requisitos en una representación del software que pueda ser establecida de forma que obtenga la calidad requerida antes de que comience la codificación.

Codificación: El diseño debe traducirse en una forma legible para la máquina. El paso de codificación realiza esta tarea. Si el diseño se realiza de una manera detallada, la codificación puede realizarse mecánicamente.

Prueba: Se centra en la lógica interna del software, asegurando que todas las sentencias se han probado, y en las funciones externas, realizando pruebas que aseguren que la entrada definida produce los resultados que realmente se requieren.

Mantenimiento: El software, indudablemente, sufrirá cambios después de que se entregue al cliente. Los cambios ocurrirán debido a que se hayan encontrado errores, a que el software debe adaptarse a cambios del entorno externo, o debido a que el cliente requiere ampliaciones funcionales o del rendimiento.

El análisis consta, de dos subfases: planeación y definición de requisitos. Las actividades principales durante la planeación ya se han mencionado, e incluyen la comprensión del problema del cliente, estudio de factibilidad, desarrollo de la estrategia de solución recomendada, determinación de los criterios de aceptación y planeación del proceso de desarrollo. Los productos de la planeación son la definición del sistema y el plan de proyecto. La definición, por lo regular, se expresa en español o en algún otro lenguaje natural, y puede contener cuadros, figuras, gráficas. La notación exacta empleada en la definición depende mucho del área del problema.

El plan de proyecto contiene el modelo de ciclo de vida que se utilizará, la estructura organizacional del proyecto, la programación preliminar del

desarrollo, estimados preliminares de costos y recursos, así como de personal, herramientas y técnicas que se emplearán, y estándares que se seguirán.

La planeación, los estimados de costos y la programación del trabajo serán preliminares, puesto que no es posible realizar estimaciones precisas sin haber realizado algo del diseño. Los estimadores preliminares se preparan durante la fase de la planeación, su redefinición se presenta en la revisión preliminar del diseño; el costo y la programación finales se establecen en la revisión final del diseño.

En el modelo de fases, el diseño de la programación viene después del análisis. El diseño se refiere a la identificación de los componentes de la programación, especificando las relaciones entre ellos, la estructura de la programación y manteniendo un registro de las decisiones, proporcionando un documento base para la instrumentación. El diseño se divide en estructural y detallado.

El diseño estructural comprende la identificación de los componentes de la programación, su desacoplamiento y descomposición en módulos de procesamiento y estructuras de datos conceptuales, y la especificación de las interconexiones entre componentes. El diseño detallado se refiere a detalles de cómo: cómo empacar módulos de procesamiento, y como instrumentar los algoritmos, las estructuras de datos y sus interconexiones.

La fase de la instrumentación en el desarrollo del producto incluye la traducción de las especificaciones del diseño en código fuente, así como su depuración, documentación y pruebas. Los lenguajes de programación modernos proporcionan muchas características para mejorar la calidad del código fuente, como elementos estructurados, tipos de datos predefinidos, verificación de tipos, mecanismos para manejo de excepciones, elementos concurrentes, módulos con compilación separada.

Las pruebas del sistema comprende dos tipos de actividades: pruebas de integración y de aceptación. El desarrollo de una estrategia para integrar los componentes de un sistema de programación, en una unidad funcional, requiere una planeación cuidadosa de modo que se disponga de los módulos cuando éstos se necesiten. Las pruebas de aceptación se relacionan con la planeación y ejecución de varios tipos de pruebas para demostrar que el sistema de programación instrumentado satisface las necesidades establecidas en el documento de requisitos.

Una vez aceptado por el cliente, el sistema de programación se entrega para operación y se inicia la fase de mantenimiento del modelo de ciclo de vida por fases. Las actividades de mantenimiento incluyen mejoras de las capacidades, adaptación de nuevos ambientes de procesamiento, y corrección de fallas en el sistema.

Durante la evolución de un producto de programación por su ciclo de vida, es frecuentemente difícil, sino imposible, que los administradores y equipo del proyecto evalúen el progreso, determinen recursos empleados, predigan retrasos en la programación o anticipen áreas de problemas. El establecimiento de logros, puntos de revisión, documentos estandarizados y puntos de control administrativos permiten mejorar la claridad del desarrollo del producto.

Modelo de costo de un proyecto.

El costo de un proyecto es la suma de los costos incurridos en cada fase, y éstos, a su vez, incluyen los costos de la realización de los procesos y preparación de los documentos de esa fase, más los costos de la verificación de la consistencia de estos productos con los de las fases previas.

El costo de producción de la definición del sistema y el plan del proyecto es el mismo de realizar la planeación y preparación de los documentos, más el costo de verificación de que la definición del sistema y el plan de proyecto, más el costo de verificación de que la especificación esté completa y sea consistente con respecto a la definición del sistema y las necesidades del cliente.

El costo de la preparación de la especificación de requisitos para la producción de software incluye el costo de definir requisitos y preparar documentos, más costo de modificar y corregir la definición del sistema y las necesidades del cliente...

De la misma manera, el costo de diseño es el costo de las actividades propias y la generación de los documentos, más el costo de modificar y corregir la definición del sistema, el plan de proyecto, y la especificación de requisitos para la producción del software, más el costo de verificación de diseño contra los requisitos, la definición del sistema y el plan de proyecto.

El costo de instrumentación del producto es el costo de la conversión, documentación, depuración y pruebas del código fuente, más el costo de la terminación del manual de usuario, el plan de verificación, los procedimientos de mantenimiento, y las instrucciones de instalación y entrenamiento, más el costo de modificar y corregir la definición del sistema, el plan de proyecto, la especificación de requisitos para la producción del software, la especificación del diseño, y el plan de verificación; más el costo de verificación; más el costo de verificación de que la instrumentación esté completa y sea consistente con respecto a la definición del sistema, la especificación de requisitos para la producción de software y los documentos del diseño.

El costo de pruebas del sistema incluye el costo de planear y llevar a cabo las pruebas, más el costo de modificaciones al código fuente y a los

documentos externos durante ellas, más el costo de verificación de que las pruebas validan adecuadamente al producto.

Por último, el costo de mantenimiento es la suma de los costos de llevar a cabo mejoras al sistema, hacer adaptaciones para nuevas condiciones de operación y encontrar fallas. Cada una de estas actividades puede comprender la modificación de alguno o de todos los documentos y la ejecución de un gran número de casos de prueba para verificar la corrección de la modificación.

Modelo de prototipo para el ciclo de vida.

Este modelo subraya las fuentes de requisitos para el producto, puntos decisivos de continuar/detenerse, y el uso de prototipos. Un prototipo es una representación o modelo del producto de programación, que a diferencia de un modelo de simulación, incorpora componentes del producto real. Por lo regular un prototipo tiene un funcionamiento limitado en cuanto a capacidades, confiabilidad o eficiencia.

Hay varias razones para desarrollar un prototipo; una de ellas es ilustrar los formatos de datos de entrada, mensajes, informes y diálogos al cliente, este es un mecanismo adecuado para explicar opciones de procesamiento y tener un mejor entendimiento de las necesidades de él.

La segunda razón es para explorar aspectos técnicos del producto propuesto. Con frecuencia, una decisión importante del diseño dependerá, por ejemplo, del tiempo de respuesta del controlador de un dispositivo o de la eficiencia de un algoritmo de clasificación; en tales casos, un prototipo puede ser la mejor o única manera de resolver el problema.

La tercera razón para desarrollar un prototipo se da cuando el modelo de la fase de análisis, diseño, instrumentación es inapropiado. El modelo de fases se aplica cuando se puede redactar un conjunto razonablemente completo de especificaciones del ciclo de vida. Algunas veces no es posible definir el producto sin un desarrollo exploratorio, y en ocasiones no es claro cómo proceder a la mejora del sistema hasta que no se instrumenta y evalúa una versión. El desarrollo exploratorio se utiliza para desarrollar algoritmos para jugar ajedrez, para resolver problemas confusos, y para llevar a cabo tareas que requieren la simulación del comportamiento humano.

La naturaleza y extensión del prototipo por desarrollar en un proyecto de programación depende de la naturaleza del producto. Se pueden desarrollar nuevas versiones de un producto ya existente con el modelo de fases y sin ningún prototipo. El avance de un producto totalmente nuevo, tal vez requiera de prototipo durante las fases de planeación y análisis, o el producto se puede desarrollar como una serie de instrumentaciones y diseños.

Versiones sucesivas.

El desarrollo de productos mediante el método de versiones sucesivas es una extensión del método de prototipos en el que se refina un esqueleto inicial del producto obtenido así, cada vez más capacidades. En dicho método, cada versión es un sistema funcional y capaz de realizar trabajo útil.

En realidad, el ciclo de desarrollo de un producto de programación es una combinación de los distintos modelos presentados. Las organizaciones y proyectos especiales pueden adoptar alguno de estos modelos en particular; sin embargo, ciertos elementos de ellos se encuentran en todo proyecto de programación.

En resumen, hay varios modelos posibles para el ciclo de vida; Se presentaron los documentos que suelen generarse durante el desarrollo; aunque no todos los documentos descritos se necesitan en ciertos proyectos, todos requieren de documentación independientemente del modelo empleado. El conjunto mínimo de documentos incluye una definición de requisitos, especificación del diseño, plan de pruebas y manual de usuario. La definición de la documentación, programación del desarrollo, logros y revisiones se debe realizar durante la fase de planeación. La adopción de un modelo para el desarrollo de un producto proporciona una terminología estándar para el proyecto y aumenta la claridad de los productos, lo cual redundará en calidad, productividad, mejor administración y, en general, mejor ambiente de desarrollo. Contar con un modelo, aunque sea inadecuado o simplista, es mejor que no tener alguno.

Planeación de una estructura organizacional.

Durante el tiempo de vida de un producto, se deben realizar varias actividades, que comprenden planeación, desarrollo, servicios, publicaciones, control de calidad, apoyo y mantenimiento. La planeación identifica clientes externos y necesidades, lleva a cabo estudios de factibilidad y supervisa el desarrollo de principio a fin. El desarrollo especifica, diseña, instrumenta depura prueba e integra el producto. Los servicios proporcionan herramientas automatizadas y recursos computacionales para todas las actividades y efectúa la administración de la configuración, distribución del producto y distintos apoyos administrativos. La publicación elabora los manuales de usuario, instrucciones de instalación, principios de operación y otros documentos de apoyo. El control de calidad se encarga de la evaluación del código fuente y de las publicaciones antes de su entrega a los clientes. El apoyo promueve el producto, entrena a los usuarios, instala el producto y favorece la relación permanente entre los usuarios y las demás tareas. El mantenimiento corrige errores y hace mejor ligeras durante la vida del producto; las mejoras mayores y las adaptaciones a nuevos ambientes de procesamiento se consideran como nuevas actividades de desarrollo, Los

métodos para organizar estas tareas pueden ser los formatos de proyecto, el funcional y el matricial.

Formato de proyecto: El uso de este formato implica la integración de un equipo de programadores, que llevan a cabo el proyecto de principio a fin y que realizan la definición, diseño, instrumentación, prueba y revisiones del producto, así como el desarrollo de los documentos de apoyo. Algunos miembros del equipo pueden permanecer durante la instalación y el mantenimiento, mientras otros pueden ir a nuevos proyectos sin dejar la responsabilidad del mantenimiento del producto entregado. Los miembros del equipo, por lo general, trabajan en él de uno a tres años y se asignan a nuevos proyectos cuando se finaliza.

Formato funcional: En este esquema un equipo distinto de programadores realiza cada fase del proyecto, y los productos, pasan de un equipo a otro conforme el producto va evolucionando. Así un equipo de planeación y análisis desarrolla la definición del sistema y el plan de proyecto, además turna estos documentos al equipo de definición del producto, el cual desarrolla el análisis de los requisitos de la programación y prepara la especificación de requisitos para la producción del software. Tal especificación se turna al equipo de diseño que planea el producto de acuerdo con ésta y con la definición del sistema. El equipo de instrumentación estructura, depura y prueba el producto mandándolo al equipo de prueba del sistema. El equipo de control de calidad certifica la calidad del producto; se forma un equipo independiente de mantenimiento para el resto de la vida del producto.

Formato matricial: En organizaciones matriciales, cada función de las descritas tiene su propia administración y un equipo de gente dedicada exclusivamente a dicha función. Cada proyecto de desarrollo tiene un administrador, que organizacionalmente es miembro de la planeación o del desarrollo, y que genera y revisa los documentos y puede participar en el diseño, instrumentación y pruebas del producto. Cada grupo funcional participa en todo proyecto.

En las organizaciones matriciales cada quien tiene, por lo menos, dos jefes, y la necesidad de resolución de esta ambigüedad es el precio que hay que pagar por tener un proyecto más controlado. A pesar de los problemas creados por una organización matricial, ésta es cada vez más popular, puesto que la experiencia especializada, puede concentrarse en funciones específicas, lo que produce una utilización eficaz y eficiente del personal. Además, el personal para un proyecto puede integrarse con facilidad cuando sea necesario y liberarse cuando ya no lo sea. En una organización bien administrada, la carga de trabajo es balanceada de tal manera, que los individuos que regresan a sus funciones se asignan a otros proyectos, o pueden permanecer en su unidad funcional en entrenamiento o en la adquisición de nuevas habilidades.

Otras actividades en la planeación.

Comprenden la administración de la configuración y el control de calidad, la validación y verificación y las herramientas y técnicas de cada fase. A continuación se analiza cada una de estas actividades:

Planeación para la administración de la configuración y el control de calidad: Se refiere al control de cambios en los productos finales, registro y control de su situación, y mantenimiento de la biblioteca de programas, que es el depósito central de la información del proyecto. El control de calidad desarrolla los estándares del proyecto y supervisa que se respeten, llevan cabo auditorias de los procesos y productos, y realiza las pruebas de aceptación, a veces con participación del usuario.

Durante la fase de planeación, se especifican los procedimientos de administración de la configuración y de control de calidad que se emplearán, y se identifican y adquieren, en su caso, las herramientas necesarias para efectuarlos. Durante la fase del diseño, estos procedimientos se emplean para controlar y supervisar los requisitos y las especificaciones de diseño, así como para verificar el cumplimiento de estándares. Durante la fase de instrumentación y pruebas se supervisan los requisitos, las especificaciones de diseño y el código fuente, y en la fase de pruebas, se realizan las pruebas de aceptación. Mientras sucede la fase de planeación, estas actividades se deben considerar y asignarles los recursos necesarios para que se realicen con éxito.

Planeación para verificación y validación externas: En los proyectos de programación críticos se puede requerir que una organización externa lleve a cabo la verificación y validación de los productos, La verificación asegura que los productos estén completos y sean consistentes con otros y con las necesidades del cliente. Así, una organización externa puede verificar que las especificaciones del diseño estén completas y que sean consistentes con la definición del sistema y las especificaciones del software, que el código fuente sea consistente con el diseño y los requisitos. La validación se relaciona con probar la calidad del software en su medio de operación, y suele consistir en la planeación y realización de casos de prueba.

Planeación de las herramientas y técnicas específicas de cada fase: Para el desarrollo de la especificación de requisitos, el diseño estructural y detallado, y el código fuente, se pueden emplear herramientas automatizadas, notaciones especializadas y técnicas modernas. Además, en las pruebas de módulos, sistema y de aceptación también pueden ocuparse herramientas automatizadas. Para controlar el desarrollo se utilizan herramientas de administración como el método PERT, gráficas de Gantt, estructuras de división de trabajo, gráficas de personal, etc.

ANEXO B VARIOS

CONSISTENCIA.

La consistencia involucra dos aspectos. El primero se refiere a la agrupación de ideas u objetos, de acuerdo a su homogeneidad y relevancia. El segundo es la forma lógica de justificar la intensidad de relación entre objetos o ideas en un criterio particular.

Se dice que A es una matriz consistente si para todo $i, j, k=1, \dots, n$, se satisface que

$$a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$$

en cuyo caso es suficiente conocer una de sus filas para determinar las entradas restantes.

Puesto que $\lambda_{\max} \geq n$, la desviación de la consistencia se puede representar por $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, llamado el índice de consistencia (IC). Similarmente, Saaty define el índice aleatorio promedio (IAP) de matrices recíprocas generadas aleatoriamente con escala de 1 a 9.

El Laboratorio Nacional de Oak Ridge generó índices promedios IAP para matrices de orden 1 al 15 usando una muestra de tamaño 100 y como se esperaba, IAP aumentó conforme aumentó el orden de la matriz. Esta experiencia se repitió en el Colegio Wharton con una muestra de tamaño 500 para matrices de orden de 1 a 11, La siguiente tabla presenta los resultados del colegio para las matrices de orden 1 al 11 y los del Laboratorio Nacional para las de orden 12 a 15.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IAP	0	0	.58	.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

La razón del índice de consistencia (IC) y el promedio (IAP) corresponde según el orden de la matriz, es llamada la razón de consistencia (RC), $RC = IC / IAP$. Una razón de consistencia de .10 ó menos es considerada aceptable, en caso contrario, se hace necesaria una revisión del problema y de las opiniones.

Justificación de la escala de 1 al 9.

Los nombres de Ernest Heinrich Weber y Gustav Theodor Fechner están ligados a experiencias sobre estímulos y respuestas. La justificación de la escala que utiliza el PAJ está en la ley psicofísica de Weber-Fechner formuladas en 1846, la cual lleva a la conclusión de que, para una secuencia de estímulos crecientes (como la secuencia de comparaciones por pares), las respuestas son de 1, 2, 3,...

Por un lado, se requiere que el decisor maneje todos los valores de la escala al mismo tiempo, pero experimentos psicológicos (Miller) han mostrado que simultáneamente, un individuo no puede comparar más de 7 ± 2 objetos sin llegar a confundirse. Esto induce a que la escala no tenga más de 9 valores. Por otro lado, la habilidad para hacer distinciones cualitativas está bien representada por cinco atributos: igual, débil, fuerte, muy fuerte y absoluto y, para mayor precisión se puede hacer uso de los cuatro atributos intermedios, lo cual hace que se requieran 9 valores. Este resultado, y el obtenido al aplicar la ley de Weber-Fechner, justifican que la escala de valores propuesta por Saaty sea de 1 a 9.

La escala Saaty (1977 – 1980).

Las opiniones emitidas por cualquier persona se toman cualitativamente y se traducen a valores numéricos absolutos de acuerdo a una escala. No se puede esperar consistencia "cardinal" pues los sentimientos y preferencias no se producen conforme a una fórmula, ni se puede esperar consistencia "ordinal" pues las opiniones personales no necesariamente son transitivas. Sin embargo, para beneficio de la consistencia en las opiniones, si se asigna el valor a_{ij} al comparar la actividad i con la j , se asigna el valor recíproco $a_{ji}=1/a_{ij}$ al comparar la j con la i .