

Metodología para la selección de la mejor desagregación de series de tiempo para pronóstico. Caso de aplicación: Compañía de prestación de servicios en Colombia.

Autor : Javier Alexander García Buitrago.

Director : Jorge Andrés Alvarado Valencia (en coautoría)



Pontificia Universidad Javeriana
Maestría en Ingeniería Industrial.

Facultad de Ingeniería.

Noviembre de 2012.

Tabla de contenido

1. Resumen	4
2. Introducción.	5
3. Planteamiento de la pregunta de Investigación	9
4. Estado del Arte.	9
4.1. Proceso de Jerarquía Analítica	12
4.1.1. Modelo teórico	12
4.1.2. Normalización:	13
4.1.3. Consistencia:	13
4.1.4. Variables cuantitativas.	14
5. Objetivos	15
5.1. Objetivo general	15
5.2. Objetivos específicos	15
6. Metodología de investigación	16
6.1. Metodología propuesta.	16
6.2. Metodología propuesta para la empresa objeto de estudio.	18
6.2.1. Introducción a la empresa objeto de estudio.	18
6.2.2. Conformación grupo de expertos.	19
6.2.3. Paso 1: Seleccionar variable de pronóstico y desagregación:	20
6.2.4. Paso 2: Establecer niveles de desagregación:	20
6.2.5. Paso 3: Definir criterios cualitativos y cuantitativos.	22
6.2.6. Paso 4: Definir el significado de los criterios cualitativos y cuantitativos.	22
6.2.6.1. Oportunidad:	22
6.2.6.2. Toma de decisiones:	23
6.2.6.3. Claridad:	23
6.2.6.4. Impacto:	23
6.2.6.5. Cantidad / Calidad de la información:	23
6.2.6.6. Predictibilidad:	23
6.2.7. Paso 5.1: Realizar medición de los criterios cuantitativos.	23
6.2.7.1. Cantidad de información:	23
6.2.7.2. Predictibilidad:	24
6.2.8. Tratamiento de valores perdidos:	26
6.2.9. Paso 5.3: Realizar pronóstico de series de tiempo a partir de los datos de entrenamiento de las k alternativas.	26
6.2.10. Paso 5.4: Calcular el MAPE para los datos de validación para las k alternativas.	27
6.2.11. Paso 5.5: Normalizar resultados de variables cuantitativas para las k alternativas (matriz de alternativas).	28
6.2.11.1. Mediana del valor MAPE, MdMAPE	28
6.2.11.2. Cantidad/Calidad de datos: Proporción de datos válidos (o no nulos) para cada serie de tiempo	28
6.2.11.3. Transformación variables cuantitativas:	29

6.2.12.	Estructura jerárquica del problema.	30
6.2.13.	Paso 6.1: Realizar comparaciones pareadas de criterios.	33
6.2.14.	Paso 6.1: Realizar comparaciones pareadas de las alternativas para cada criterio.	34
6.2.14.1.	Oportunidad: ¿La información en este nivel de desagregación se encuentra normalmente a tiempo?	35
6.2.14.2.	Claridad: ¿Existe comprensión de la situación a este nivel de desagregación?	35
6.2.14.3.	Toma de decisiones: ¿Se puede tomar decisiones a este nivel de desagregación?	36
6.2.14.4.	Impacto: ¿Se podrían obtener resultados considerables de la intervención a este nivel de agregación?	36
6.2.15.	Pesos de las alternativas	37
6.2.16.	Paso 6.5: Calcular el vector de resultados (Matriz de alternativas x vector de criterios).	38
6.2.17.	Paso 7: Análisis de resultados	39
6.2.17.1.	Análisis de las alternativas resultantes	39
6.2.17.2.	Análisis de los criterios resultantes	41
6.2.18.	Paso 8: Pronóstico de serie de tiempo de la alternativa k seleccionada	43
7.	Conclusiones	44
8.	Recomendaciones futuras	46

1. Resumen

Las organizaciones utilizan las técnicas de análisis de series de tiempo normalmente con datos agregados o agrupados, de otro lado utilizan las metodologías de toma de decisiones multicriterio para problemas complejos, sin embargo estas dos técnicas habitualmente no se utilizan de manera conjunta para determinar un nivel adecuado de desagregación de la información utilizada para la toma de decisiones. La metodología de utilización conjunta de estos dos paradigmas se aplica para el análisis, desagregación y pronóstico de la información de costos de una compañía que presta servicios en Colombia.

Palabras clave: Toma de decisiones multicriterio, proceso de jerarquía analítica, análisis de series de tiempo, desagregación de costos, predictibilidad.

2. Introducción.

El comportamiento de un fenómeno en función del tiempo es de suma importancia en las organizaciones para su planeación. Estimar con algún grado de certeza los posibles escenarios futuros facilita la estimación de los recursos y esfuerzos necesarios, así como la definición de metas y estrategias en un marco de mejora continua (Ghile y Schulze; 2009)¹.

El nivel de actividad de una organización se puede cuantificar de muchas maneras y una de ellas es el costo de sus actividades. El costo, expresado como serie de tiempo, es pronosticable y la interpretación resultante se puede utilizar en el proceso de planeación y toma de decisiones que realizan las organizaciones.

Una organización destina generalmente recursos importantes para la recopilación y análisis del costo de sus actividades para la toma de decisiones (R. Hansen, Maryanne M; 2009)². Estos datos son clasificados y analizados de acuerdo con los principios contables establecidos en el lugar de operación de la organización y/o las directrices establecidas por la misma con la finalidad de ser convertidos en información y generen valor agregado.

El proceso de toma de decisiones a partir de la información de costos en las organizaciones regularmente combina información (actual y/o histórica) en diferentes niveles de detalle más la experiencia del tomador de decisiones o por lo menos su entendimiento del fenómeno a evaluar (Jang TY; 2003)³. La cantidad de datos involucrados varía dependiendo del detalle que quiere lograr el tomador de decisiones en su análisis, de modo que la cantidad de datos en sí misma no es definitiva para asegurar la mejor decisión pero el nivel de detalle adecuado si lo es.

Determinar el nivel de detalle adecuado, o desagregación de la variable de interés tendría relación con el esfuerzo empleado en el proceso de toma de

decisiones y su resultado. Contar con poca o mucha información no necesariamente asegura que la salida del proceso resulte en la mejor decisión posible y puede ser que el tomador de decisiones no comprenda adecuadamente el entorno de la decisión por haber elegido un nivel de análisis inadecuado.

Dependiendo del tipo y tamaño de la actividad de una organización la elaboración y análisis de sus costos y pronósticos se realiza a un nivel de agregación/desagregación dado (Ewing y Soyta; 2007)⁴, (Man KS; 2004)⁵. y a este mismo nivel se realiza el proceso de toma de decisiones. Generalmente se utilizan los criterios de clasificación contable establecidos por la contabilidad de costos (Oliver; 2000)⁶. Y es a criterio del tomador de decisiones que se define un determinado nivel de agregación/desagregación.

Las técnicas de cuantificación de costos responden a una perspectiva contable, la cual presenta dos enfoques: la asignación directa a componentes de costo o la asignación mediante niveles de actividad. Ver figura N° 1. (Chase, Aquilano, Jacobs; 2002)⁷. Cada uno de estos enfoques genera desagregaciones distintas de los costos y la selección del nivel apropiado para la toma de decisiones queda a criterio de quien toma la decisión y no siempre es necesario tomarla en términos contables.

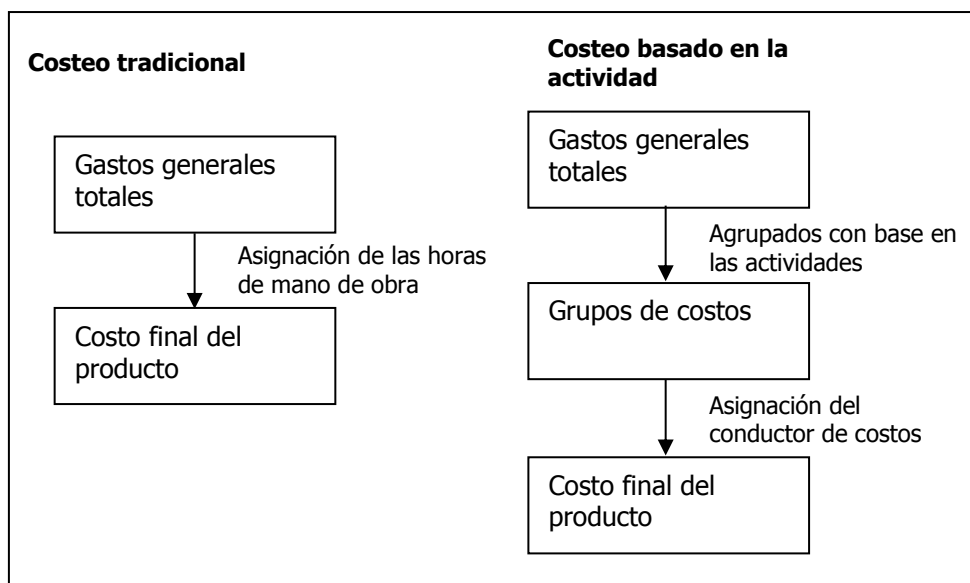


Figura N°1 enfoques tradicionales de contabilidad de costos y sus desagregaciones.

Posterior a la escogencia del nivel adecuado de detalle, el análisis de series de tiempo permite la generación de pronósticos confiables para un fenómeno en donde los datos históricos podrían explicar o influir sobre eventos futuros (Uddameri V; 2009)⁸, (Armstrong; 2006)⁹. El ejercicio de interpretación y análisis de series de tiempo arroja información muy valiosa pues la explicación de tendencia, estacionalidad y ciclicidad en función del fenómeno analizado y permite una mejor comprensión del mismo (Verderame, Elia; 2010)¹⁰.

Los modelos de pronóstico han sido ampliamente estudiados y desarrollados y han tenido un papel importante en la industria gracias a la posibilidad de obtener una amplia gama de software específico. Sin embargo múltiples investigaciones en los últimos 25 años se han concentrado en tratar de utilizar técnicas que permitan mejorar la exactitud de los resultados de pronóstico, disminuir la volatilidad de éstos, o por lo menos lograr mejores resultados que predicciones ingenuas (Ulu Y; 2007)¹¹.

Los avances tecnológicos permiten hoy en día el procesamiento de series de tiempo para miles de variables simultáneamente y los métodos cuantitativos que soportan estas técnicas fueron desarrollados y refinados a lo largo del siglo XX. Sin embargo muchas organizaciones perciben estas técnicas como una caja negra (Chase; 2009)¹². Como consecuencia, el análisis de esta información como entrada para la toma de decisiones es utilizado a juicio de quien realiza el análisis.

La cantidad de series de tiempo a pronosticar no representa una limitante para su uso, por tanto la posibilidad de trabajar a múltiples niveles de desagregación para un mismo problema es operativa y técnicamente posible, sin embargo el proceso de interpretación y análisis de un gran de un número de series de tiempo resulta dispendioso y poco productivo si el nivel de detalle (desagregación) no es el adecuado para la toma de decisiones.

Los resultados de las predicciones hechos a partir del análisis de una serie de tiempo a un nivel de desagregación dado pueden utilizarse como insumo para la selección misma del nivel de desagregación que mejor se adecúe a las necesidades del tomador de decisiones, pues proporcionan información sobre la predictibilidad de las series y la calidad de la información en cada nivel de detalle.

Dados estos antecedentes, la toma de decisiones multicriterio basada en criterios subjetivos o cualitativos, combinadas con criterios que surjan de la incertidumbre de las series de tiempo, o cuantitativos resultan clave para la selección del nivel adecuado de agregación o desagregación para la toma de decisiones requerida por la empresa. Así mismo, el uso de las herramientas automatizadas para la generación de pronósticos en el nivel apropiado de toma de decisiones alivia el trabajo sin perder precisión.

La aplicación conjunta de estas dos técnicas:

- Toma de decisiones multicriterio y,
- Pronóstico de series de tiempo.

Representa el aporte fundamental de este escrito que consiste en la propuesta y desarrollo de una metodología de toma de decisiones multicriterio para determinar un nivel adecuado de agregación/ desagregación de una variable de costo que posteriormente será pronosticada como entrada en el proceso de toma de decisiones de una organización que presta servicios en Colombia.

En la revisión de literatura, se encontraron múltiples aplicaciones de técnicas multicriterio (Caputo, Costa; 2010)¹³, (Sporcic, Landekic, Lovric; 2010)¹⁴ y pronóstico de variables (Giot, Petitjean; 2010)¹⁵, sin embargo en ninguno de ellos se encuentra aplicación conjunta o en serie de estas técnicas.

3. Planteamiento de la pregunta de Investigación

¿Cómo realizar la desagregación de un conjunto de series de tiempo de costo de manera adecuada para las necesidades de toma de decisiones de una organización a partir de las ponderaciones de un grupo de expertos y la información cuantitativa de pronóstico y calidad de los datos utilizados para el proceso de toma de decisiones?

4. Estado del Arte.

La toma de decisiones multicriterio o análisis multicriterio es un conjunto de técnicas que contienen:

- Un conjunto de opciones de decisión que deben ser ponderadas.
- Un conjunto de criterios típicamente medidos en diferentes unidades.
- Un conjunto de medidas de desempeño para cada opción de decisión contra cada criterio.

Estas técnicas reciben un amplio abanico de nombres: Multi-Criteria Analysis (MCA), Multiple Objective Decision Support (MODS), Multi-Attribute Decision Making (MADM) y Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA).

Existen múltiples técnicas para solucionar los problemas de toma de decisiones multicriterio (En adelante MCA). Los principales algoritmos que se utilizan son: Valor de funciones multicriterio, aproximaciones a valores superiores, análisis de distancias, comparaciones pareadas, análisis difuso de conjuntos, métodos de medida, y suma de ponderaciones.

Los problemas a analizar mediante técnicas MCA se pueden clasificar en dos grupos dependiendo si la información sobre la cual se toman las decisiones presenta o no incertidumbre. Si presenta certidumbre el modelo es

determinístico, pero si presenta incertidumbre puede ser por información limitada o información imprecisa. Para corregir los problemas de asimetría de información o imputación de datos se primero se utilizan técnicas probabilísticas para el primero y técnicas difusas para el segundo (Malczewski; 2006)¹⁶.

Las investigaciones realizadas para mejorar los resultados y los métodos de los algoritmos de solución se enfocan principalmente a (Hajkowicz, Collins; 2006)¹⁷:

- Mejorar la interacción del tomador de decisiones para ponderar sus preferencias.
- Integrar mejores medios para incorporar varias entradas a una única decisión para la resolución de conflictos.
- Mejorar los métodos de selección inicial de criterios y opciones de decisión.
- Incorporación de variables que permitan analizar componentes de riesgo e incertidumbre.

Un aspecto fundamental en los modelos MCA, es el análisis de interacciones entre los criterios definidos, para ello se utiliza el análisis de componentes, que bien sea mediante agregación o desagregación busca combinar todos los criterios en el mejor modelo global que brinde el correcto soporte al tomador de decisiones (Jacquet-Lagrange, Siskos; 2001)¹⁸.

Entre las diversas técnicas MCA, el Proceso de Jerarquía Analítica, en adelante AHP (Analytic Hierarchy Process) es una de las más utilizadas en su aplicación práctica. Ha sido empleada en variedad de áreas, incluyendo planeación, asignación de recursos y resolución de conflictos. (Nachiappan S, Ramakrishnan R; 2012)¹⁹

AHP permite determinar una jerarquía entre los criterios adoptados por el tomador o tomadores de decisiones. Esta técnica permite encontrar un balance o "trade off" entre los factores o variables que afectan el fenómeno a evaluar y

los criterios que determinan la desagregación de estos factores al nivel de toma de decisiones requerido y a partir de este nivel realizar la estimación o pronóstico de las variables desagregadas.

AHP es un procedimiento sistemático para la representación de los elementos de cualquier problema de forma jerárquica. Organiza la racionalidad descomponiendo un problema en sus partes constitutivas más pequeñas y luego guía a los tomadores de decisiones a través de una serie de juicios de comparación por pares para expresar la fuerza relativa o la intensidad del impacto de los elementos dentro de la jerarquía. Estos juicios son convertidos a una escala numérica que facilita su interpretación (Saaty, Vargas; 1985)²⁰.

Las técnicas de minería de datos se han enfocado hacia el desarrollo de modelos generalizados de predicción mientras que las técnicas AHP se han enfocado principalmente a desarrollar modelos comprensibles de toma de decisiones a través de modelos interactivos de calibración y ajuste en donde el objetivo es descomponer las partes de un problema de forma jerárquica.

Descartando las diferencias conceptuales de modelamiento de estos dos paradigmas (AHP y Minería de datos) se encuentran conexiones clave, las cuales ya han sido exploradas por (Doumpos, Zopounidis; 2011)²¹ para técnicas de regresión y clasificación y por (Barfod, Salling y Leleur; 2011)²² para análisis de costo-beneficio los cuales resultan aproximaciones a la utilización conjunta de estas dos técnicas.

En el caso de la metodología propuesta se busca que la minería de datos (análisis de series de tiempo) arroje información valiosa que pueda ser utilizada de manera conjunta con AHP en el proceso de selección de un nivel de detalle o desagregación para el análisis de un problema, y una vez escogido el nivel de detalle, permita desarrollar de manera automática o semiautomática la predicción.

Una integración práctica de estos dos técnicas es el pronóstico de componentes agregados/desagregados resultantes de un análisis MCA para lo cual no se encontraron aun estudios que combinen estos dos métodos a pesar de encontrar infinidad de casos aplicados de AHP y casos exitosos de pronóstico de variables.

La gran oportunidad radica en que no se han aplicado metodologías para determinar cuál nivel de desagregación resulta satisfactorio de entre el total de posibles niveles de desagregación y que actualmente existe una brecha significativa en la investigación y aplicación de AHP en las áreas de pronóstico (Nachiappan S, Ramakrishnan R; 2012).

4.1. Proceso de Jerarquía Analítica

4.1.1. Modelo teórico

Existen n criterios a comparar. Sea $w_i = \text{peso dado al criterio } i$. Entonces la matriz de comparación por pares es:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

La matriz solo admite valores positivos y satisface la propiedad de reciprocidad:

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (2)$$

Considere el sistema de n ecuaciones:

$$Aw^T = \Delta w^T \quad (3)$$

Donde Δ es un número desconocido y w^T es un vector columna n-dimensional. Para cualquier número Δ , (1) siempre se tiene la solución trivial $w=[0 \ 0 \ \dots \ 0]$.

Si A es la matriz de comparación por pares de una persona consistente que toma decisiones, entonces la única solución no trivial para (1) es:

$$\Delta = n \text{ y } w = [w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n] \quad (4)$$

Esto demuestra que para una persona consistente que toma decisiones, las ponderaciones w_i se pueden obtener de la única solución no trivial para (1).

Ahora, si quien toma la decisión no es perfectamente consistente. Sea Δ_{max} el número más grande para el cual (1) tiene una solución no trivial (llámese esta solución w_{max}). Si las comparaciones de quien toma la decisión no se desvían mucho de la consistencia perfecta, se esperaría que Δ_{max} estuviera cerca de n y w_{max} estuviera cerca de w .

4.1.2. Normalización:

La normalización de la matriz de comparaciones pareadas A se realiza dividiendo cada elemento de la matriz entre la suma de todos los elementos de la columna j de la matriz A .

4.1.3. Consistencia:

La consistencia es el grado de equilibrio resultante entre las comparaciones pareadas, no siempre puede existir una consistencia perfecta, el modelo AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia de cada una de las matrices de comparaciones pareadas (R.C: Razón de consistencia), el cual consiste en:

$$R.C. = \frac{I.C.}{I.A.} \quad (5)$$

Donde I.C. es el índice de consistencia de A y se calcula:

$$I.C. = \frac{n_{max} - 1}{n - 1} \quad (6)$$

El valor de n_{max} se calcula:

$$A\bar{W}^T \quad (7)$$

Y luego, se calcula a partir de (7)

$$n_{max} \sum_{i=1}^n \bar{w}_i = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{w}_j \right) \quad (8)$$

El Índice de Consistencia Aleatoria (I.A.) a utilizar en (5) depende del número de elementos a comparar, y asume los siguientes valores:

Tamaño de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I.A.	.00	.00	.58	.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tabla N° 1: Índice de consistencia aleatoria.

Los Índices de consistencia aleatorios a utilizar son el de seis elementos (1,24) para la evaluación de criterios y el de nueve elementos (1,45) para la evaluación de alternativas.

4.1.4. Variables cuantitativas.

Cuando los criterios disponen de mediciones diferentes a las comparaciones pareadas, el mismo proceso de comparación de los criterios con respecto a la meta se aplica a todos los criterios si, a pesar de la presencia de una magnitud física (Saaty, Vargas; 2001)²³.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Diseñar una metodología que facilite la selección de un nivel de agregación/desagregación de componentes de una serie de tiempo mediante la utilización de AHP (Proceso de Jerarquía Analítica).

5.2. Objetivos específicos

- 5.2.1. Establecer niveles de desagregación de una serie de tiempo de costo para una empresa de servicios en Colombia.

Desarrollo en el numeral: 6.2.2. y 6.2.4

- 5.2.2. Determinar los criterios cualitativos y cuantitativos que permitirán la selección del mejor nivel de agregación o desagregación de costos.

Desarrollo en los numerales: 6.2.2, 6.2.5, 6.2.6, 6.2.7, 6.2.8 y 6.2.9

- 5.2.3. Seleccionar una estructura de costos desagregada mediante técnicas de decisiones multicriterio.

Desarrollo en el numeral: 6.2.17

- 5.2.4. Presentar el conjunto de predicciones al nivel de desagregación seleccionado como la mejor alternativa de análisis para el proceso de toma decisiones.

Desarrollo en el numeral: 6.2.18

6. Metodología de investigación

6.1. Metodología propuesta.

La metodología propuesta utiliza elementos de los modelos de toma de decisiones multicriterio y los modelos generalizados de predicción para realizar una evaluación de componentes de costo desagregados con el fin de mejorar la planeación de recursos económicos tal como se aprecia en la figura N° 2.

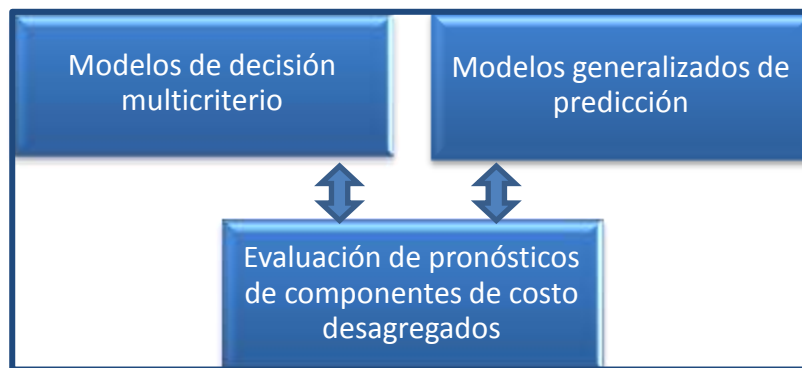


Figura N°2: Descripción general.

Se ha demostrado que el enfoque del Proceso de Jerarquía Analítica puede ser utilizado para planificar futuros posibles y deseados de forma adaptativa a los cambios del entorno (Saaty, Kearns)²⁴. De otro lado, las técnicas de pronóstico de series de tiempo en un marco estable son una excelente herramienta de predicción. Normalmente este análisis se realiza con datos agrupados de la variable de interés. Particularmente: costo por unidad de tiempo.

La secuencia detallada de pasos de la metodología propuesta y **que puede aplicarse de manera general a cualquier organización** se plantea en la figura N°3.

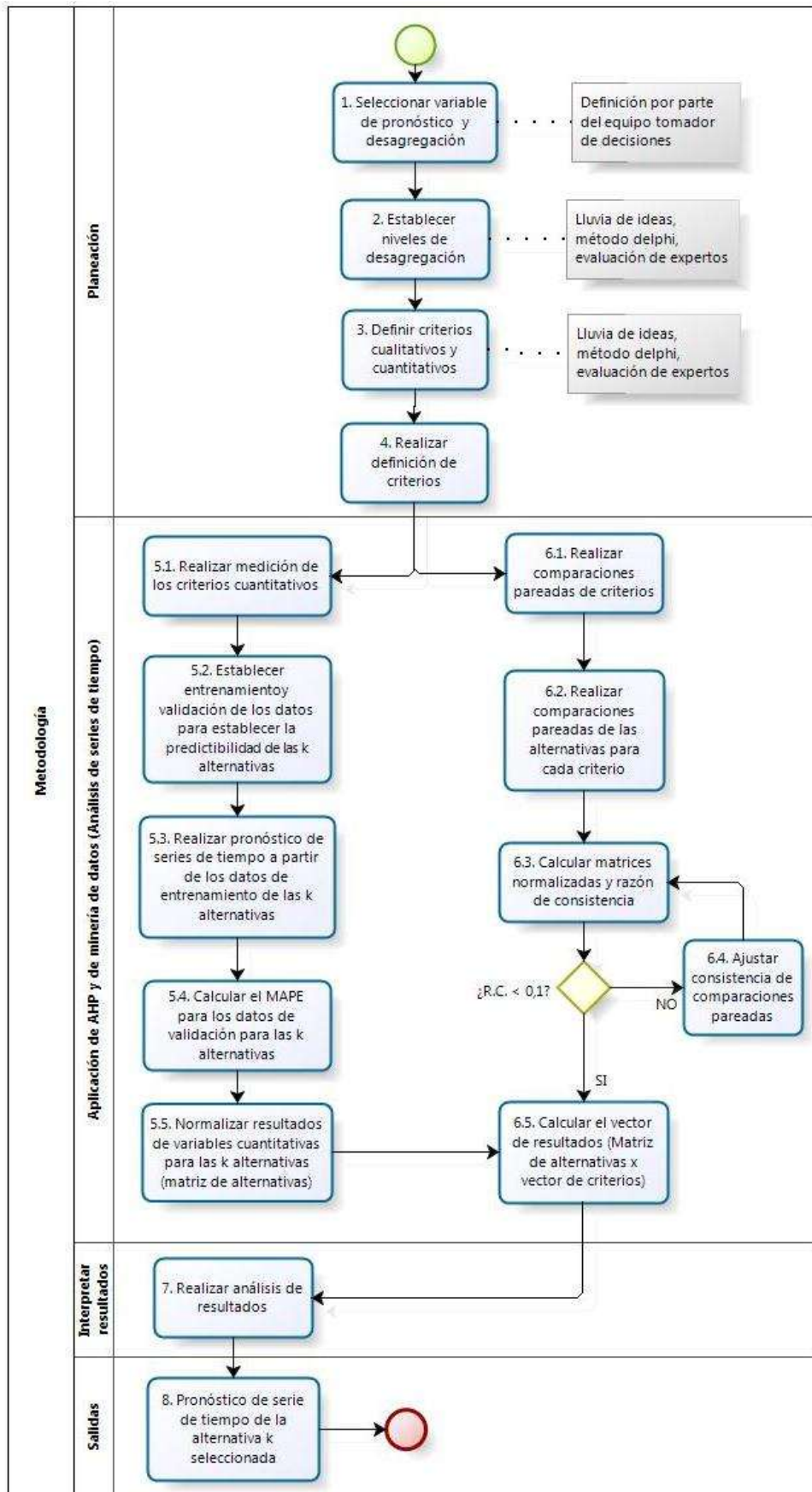


Figura N°3: Metodología generalizada propuesta.

6.2. Metodología propuesta para la empresa objeto de estudio.

6.2.1. Introducción a la empresa objeto de estudio.

La empresa objeto de estudio en Colombia es una compañía con más de 25 años en el mercado, presta servicios de forma directa y a través de una red de terceros en todo el territorio nacional y cuenta con más de 8.000 empleados. De los servicios que presta posee el 60% del mercado y es reconocida como pionera en la prestación de estos servicios en el país y de ofrecerlo con los más altos estándares de calidad.

El servicio que presta se define como pre-pago, es decir que el usuario realiza un pago mensual por los servicios que contrata y puede o no utilizarlos en el mes, éste es libre de utilizar el servicio cuantas veces lo requiera y por lo mismo, el costo del servicio puede tener fluctuaciones marcadas por usuario.

A pesar de lo anterior, el comportamiento del costo de los servicios presenta un comportamiento estable en el tiempo dado que la gran mayoría de los usuarios presentan baja utilización del servicio. El comportamiento del costo total presenta estacionalidad y su tendencia durante los últimos tres años ha tenido un comportamiento similar al de la inflación del país y la del sector al que pertenece.

El proceso de toma de decisiones a partir de la información de costos utilizado actualmente podría no ser satisfactorio pues se tiene incertidumbre sobre el método de desagregación utilizado, pues los diferentes niveles de detalle podrían tener dinámicas diferentes a las pronosticadas a partir de los datos agrupados; al revisar metodologías existentes para determinar el nivel de desagregación adecuado no se encontraron metodologías apropiadas.

Se utiliza el pronóstico de series de tiempo del valor agregado (País) y luego, mediante criterios contables realiza la desagregación mediante:

- Ponderación de las participaciones de períodos contables anteriores y,
- Criterio de los expertos que toman decisiones, quienes realizan cambios a las ponderaciones resultantes.
- Plan estratégico para el siguiente período.

Como resultado de este ejercicio se obtiene el presupuesto de costo para el siguiente período.

6.2.2. Conformación grupo de expertos.

Para desarrollar la metodología propuesta, se conformó un grupo de expertos que conocen el problema de estudio y quienes normalmente toman decisiones sobre el proceso a nivel estratégico y táctico, sus características se aprecian en la tabla N° 2.

Cargo	Género	Edad	Rol
Subgerente	Femenino	39	Toma decisiones administrativas y de servicio sobre regionales, proveedores y ciudades.
Subgerente	Masculino	34	Tiene injerencia nacional sobre el costo de regionales, proveedores y ciudades.
Coordinador	Masculino	38	Realiza el presupuesto de costos a nivel nacional

Tabla N°2: Características de los evaluadores

Este grupo de expertos desarrollaron la metodología como trabajo en equipo, es decir que las evaluaciones y análisis se lograron mediante lluvia de ideas (para las definiciones de criterios y alternativas) y mediante consenso (para las comparaciones pareadas de criterios, alternativas y análisis de resultados).

6.2.3. Paso 1: Seleccionar variable de pronóstico y desagregación:

La variable de pronóstico y de desagregación a utilizar es el costo de los servicios prestados

6.2.4. Paso 2: Establecer niveles de desagregación:

El costo total es el resultante de la suma (o agregación) de otras variables, que para una empresa de servicios en Colombia para el caso específico es:

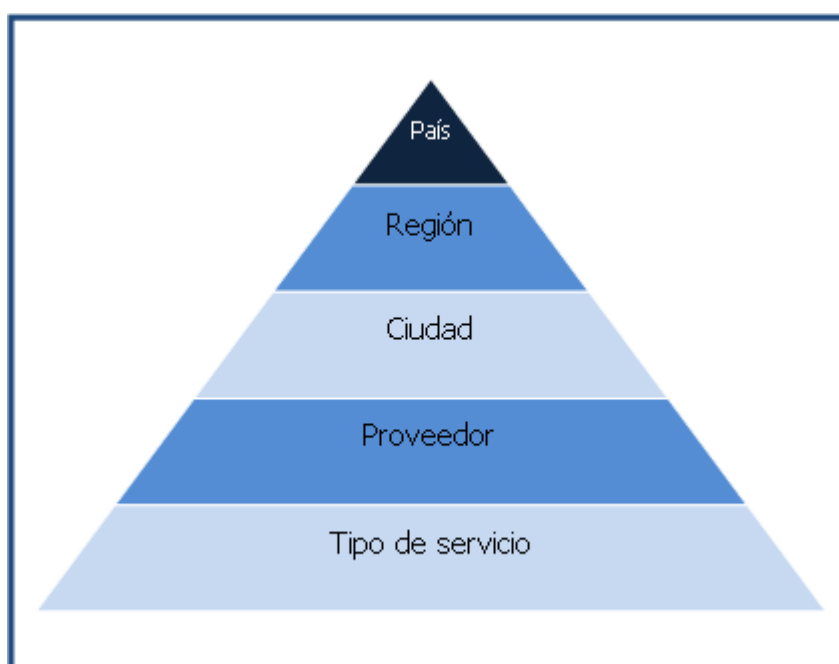


Figura 4: capas de desagregación

O una combinación de estas.

Las capas de desagregación seleccionadas surgieron como resultado de la revisión de la forma como es analizada la información de costo tradicionalmente, que de acuerdo a la empresa de estudio.

Para la propuesta de 4 capas de desagregación de la figura 4, existen 9 posibles desagregaciones o niveles de detalle sobre los que se puede realizar la estimación o pronóstico de costos, los cuales se presentan en la tabla No 3.

Tipo	Combinación	Número de series de tiempo (k)
Agregada	País	1
Pura	Regional	5
	Ciudad	39
	Proveedor	6.000
	Tipo	10
Combinada	Regional x Tipo de servicio	58
	Ciudad x Proveedor	6.111
	ciudad x Tipo de servicio	310
	Ciudad x Proveedor x Tipo de servicio	14.791

Tabla N° 3: Número de series de tiempo por capa de desagregación.

Es así que de una (1) sola serie de tiempo se pasa a un máximo de 14.791 para el máximo nivel de desagregación (Ciudad x Proveedor x tipo de servicio).

Se incluyó la variable agregada (País) dado que es perfectamente válido que como resultado del análisis la opción resultante sea la de no realizar desagregación alguna.

La investigación se centra en seleccionar la capa de desagregación que permita un mejor entendimiento de la variable de interés utilizando para ello el Proceso de Jerarquía Analítica utilizando para ello variables cualitativas y cuantitativas.

6.2.5. Paso 3: Definir criterios cualitativos y cuantitativos.

El modelo AHP requiere establecer la jerarquía de criterios y alternativas a utilizar para la selección de la mejor alternativa, los criterios seleccionados se presentan en la tabla N° 4.

<i>Tipo</i>	<i>N°</i>	<i>Criterio</i>
Cualitativo	1	Oportunidad
	2	Toma de decisiones
	3	Claridad
	4	Impacto
Cuantitativo	5	Cantidad de información
	6	Predictibilidad

Tabla N° 4: Criterios a utilizar para la decisión.

Estos criterios son de dos tipos: cualitativos y cuantitativos; los cualitativos serán evaluados por los tomadores de decisiones, mientras que los cuantitativos son parámetros que describen propiedades de los datos que surgirán de un análisis de las series de tiempo k , para cada nivel de detalle/desagregación y que son de interés dada la naturaleza del estudio.

6.2.6. Paso 4: Definir el significado de los criterios cualitativos y cuantitativos.

La definición utilizada, de acuerdo con los conceptos del grupo de expertos (Numeral 6.2.2) para cada criterio es la siguiente:

6.2.6.1. Oportunidad:

Corresponde al intervalo de tiempo existente entre el análisis de la información y el momento de materializar la decisión resultante del análisis de los datos a este nivel de desagregación.

6.2.6.2. Toma de decisiones:

Determina si la gestión del proceso normalmente permite la intervención a este nivel de desagregación.

6.2.6.3. Claridad:

Determina si a este nivel de desagregación se mantiene el entendimiento y la comprensión global de lo que está sucediendo en el proceso.

6.2.6.4. Impacto:

Determina si realizar el análisis a este nivel de desagregación para tomar decisiones implica una cantidad (monetaria, horas, recursos) que amerite realizar el análisis sin limitar la capacidad para tomar decisiones.

6.2.6.5. Cantidad / Calidad de la información:

Se define como la Proporción de datos nulos dado el nivel de desagregación de la alternativa k

6.2.6.6. Predictibilidad:

Se define como la medida del error de un pronóstico de línea base al nivel de desagregación de la alternativa k.

6.2.7. Paso 5.1: Realizar medición de los criterios cuantitativos.

6.2.7.1. Cantidad de información:

Se calcula como la proporción de datos nulos (o faltantes) sobre el total de datos para cada serie de tiempo.

$$\left(\frac{\sum_{t=1}^n \text{nulos}_k}{n_k} \right)$$

Dónde:

nulos: Cantidad de datos nulos en cada serie de tiempo k.

$k=1,2,\dots,K$ (Número total de series de tiempo)

$t=1,2,\dots,36$ (Número de datos por cada serie de tiempo, 36 meses (n, los cuales pueden ser nulos o faltantes por asimetrías de la información))

6.2.7.2. Predictibilidad:

Cada serie de tiempo cuenta con información de 36 meses (3 años), sin embargo se realizó división de cada una de estas para obtener una serie de tiempo de entrenamiento y otra de validación. El tamaño de la serie de tiempo de entrenamiento es de 24 meses y la de validación de 12 meses. Ver figura N° 5.

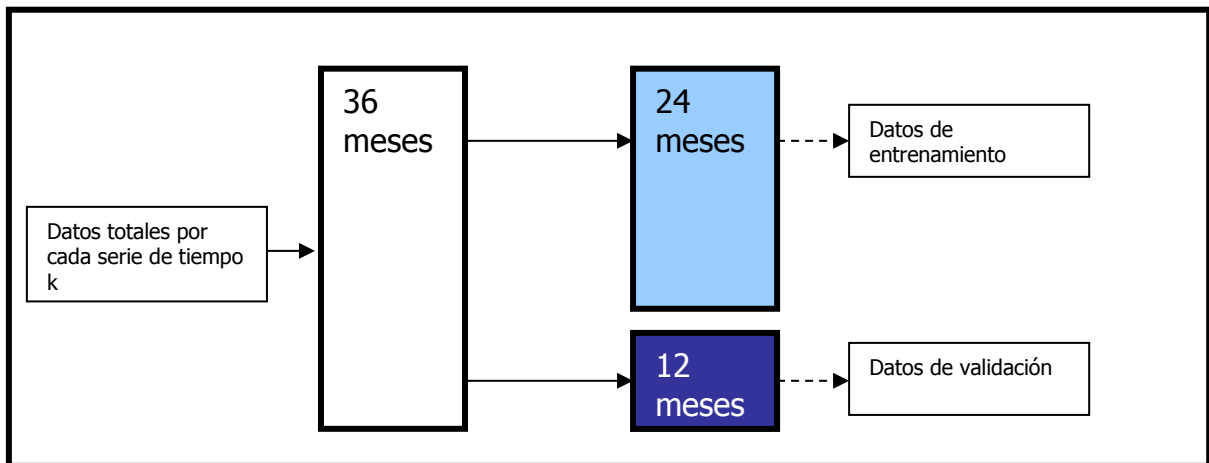


Figura N°5 Segmentación de los datos.

- Con la serie de tiempo de entrenamiento se realiza la construcción del modelo de serie de tiempo para cada uno de los niveles detallados k de desagregación, utilizando el programa SPSS versión 20.

La selección del parámetro de predictibilidad se basó en un análisis exploratorio de las series de tiempo, donde se detectaron altas asimetrías de los resultados de error de las series de tiempo. Para ello se tomaron los datos de los 36 meses para todos los niveles de desagregación y se realizaron predicciones con el modelador experto del paquete estadístico utilizado. Posteriormente se obtuvo

la mediana de los MAPE y se calcularon los coeficientes de asimetría y curtosis. Estos resultados se aprecian en la tabla N° 5.

Nivel de desagregación	Número de series de tiempo (k)	Mediana de los MAPE	Coficiente de asimetría	Curtosis
País	1	2,02	N.A.	N.A.
Regional	5	5,85	-1,52	2,01
Ciudad	39	26,62	5,66	33,64
Proveedor	6.000	42,66	18,44	533,34
Tipo	10	3,93	3,14	9,91
Regional x Tipo de servicio	58	8,09	3,71	12,91
Ciudad x Proveedor	6.111	9,73	4,55	20,77
Ciudad x Tipo de servicio	310	51,84	6,22	47,02
Ciudad x Proveedor x Tipo de servicio	14.791	45,46	33,03	1422,21

Tabla 5: Mediana, asimetría y curtosis de la base de datos de entrenamiento y validación (36 meses)

La mediana de los MAPE presenta valores superiores a 5% en 6 de los 9 niveles de desagregación, y su coeficiente de asimetría indica que su distribución es asimétrica en todos los niveles desagregados, lo cual indica que algunas series de tiempo presentan valores extremadamente altos en su MAPE, lo mismo sucede con la curtosis, señal de una cola larga de frecuencias debido a la amplia gama de resultados.

Se decide utilizar la mediana de los MAPE o (MdMAPE) por las siguientes razones:

- Expresa porcentualmente el error; de ese modo es posible comparar series de tiempo a diferentes niveles de desagregación
- No se ve afectada por valores extremos.

El parámetro seleccionado es la Mediana de los errores absolutos promedios, que para efectos de este estudio, se denomina MdMAPE, pues es la resultante de la mediana de los MAPES de las series de tiempo para el nivel de detalle k, tiempo.

$$MdMAPE = \frac{100\%}{n_k} \sum_{t=1}^{n_k} \frac{(A_{t_k} - F_{t_k})}{A_{t_k}}$$

Donde,

A es el valor actual para el período t

F es el valor pronosticado para el período t

$t=1,2,\dots,N$ (Número total de períodos de la serie de tiempo)

$k=1,2,\dots,K$ (Número de series de tiempo al nivel de desagregación)

6.2.8. Tratamiento de valores perdidos:

En la medida que aumenta el nivel de desagregación, se incrementa la cantidad de valores nulos y esto tiene sentido en términos del servicio prestado por la compañía objeto de estudio, por ejemplo: en una ciudad pequeña no se prestan todos los servicios, por tal razón el valor de los servicios no prestados se toma como valor nulo.

6.2.9. Paso 5.3: Realizar pronóstico de series de tiempo a partir de los datos de entrenamiento de las k alternativas.

Las series de tiempo de las k alternativas fueron procesadas en el programa SPSS versión 20 y se utilizaron los siguientes criterios:

- Modelizador experto, que incluye modelos estacionales y modelos ARIMA.
- La identificación de puntos atípicos no se utiliza.
- No se realiza Transformación de los datos.
- El Modelo se construye con los datos de entrenamiento (24) meses y se realiza la predicción para un $t+12$ meses, de modo que se obtengan valores para 36 meses.

6.2.10. Paso 5.4: Calcular el MAPE para los datos de validación para las k alternativas.

Para la matriz de predictibilidad se utilizó el MdMAPE calculado con el conjunto de series de tiempo de la base de validación (12 meses) dado que resulta más exigente construir el modelo con la base de entrenamiento y probar el modelo con datos reales, de modo que se evite el sobre ajuste del modelo (overfitting). Los resultados son los siguientes. Tabla N° 6:

Parámetro	País	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo	Regional x Tipo de servicio	Ciudad x Proveedor	Ciudad x Tipo de servicio	Ciudad x Proveedor x Tipo de servicio
Mediana	3,550	7,453	29,314	42,046	7,511	10,871	42,664	39,934	51,513
Asimetría	0,974	-0,032	3,597	21,838	1,444	6,006	20,687	7,874	100,227
Curtosis	0,771	-2,306	13,160	712,104	0,797	40,389	624,348	71,276	10532,444
Percentil 10	1,276	2,975	9,995	16,029	3,095	3,766	16,395	9,755	17,586
Percentil 20	1,655	3,283	14,910	22,365	3,697	4,433	23,005	16,738	25,820
Percentil 30	1,707	4,240	19,281	28,667	3,839	6,913	29,509	23,874	33,479
Percentil 40	2,654	5,846	24,697	35,302	4,372	8,863	35,892	31,602	41,565
Percentil 50	3,550	7,453	29,314	42,046	7,511	10,871	42,664	39,934	51,513
Percentil 60	3,977	8,247	35,148	50,994	13,147	17,419	51,824	48,799	64,379
Percentil 70	4,383	9,040	45,140	62,671	18,227	21,549	62,751	64,700	85,003
Percentil 80	5,749	9,844	56,733	78,786	25,842	51,611	79,065	81,313	100,000
Percentil 90	7,801	10,658	107,525	127,724	49,620	70,219	128,886	126,319	112,504

Tabla 6: Mediana, asimetría, curtosis y percentiles del MdMAPE de la base de datos de validación (12 meses)

Al comparar los resultados del MdMAPE de la base total (Entrenamiento + Validación) y los resultados de sólo validación se encuentra que un nivel de desagregación presenta un gran incremento (Ciudad por Proveedor), 6 niveles de desagregación presentan un incremento leve (País, Regional, Ciudad, Tipo de servicio, Regional por tipo de servicio, ciudad por Proveedor por tipo de servicio). 1 nivel se mantiene estable (Proveedor) y 1 nivel disminuye (Regional por tipo de servicio). Esto hace que los modelos de series de tiempo sean posiblemente buenos predictores y que los pronósticos sean útiles como información de entrada para el proceso de toma de decisiones.

6.2.11. Paso 5.5: Normalizar resultados de variables cuantitativas para las k alternativas (matriz de alternativas).

6.2.11.1. Mediana del valor MAPE, MdMAPE

El resultado del MdMAPE utilizado como criterio de predictibilidad para cada uno de las series de tiempo k y los 12 meses de validación se aprecian en la tabla N°6. También se escribió un programa para automatizar el procesamiento de las distintas series de tiempo, el cual se aprecia en el anexo II.

5- Predictibilidad: MdMAPE Después de correr un análisis de series de tiempo dado, que tanta variabilidad existe para toma de decisiones de acuerdo con atributos estadísticos?	Resultado Mediana del error porcentual (Variación porcentual de los errores de pronóstico en el percentil 50)
País	3,550224355
Regional	7,45300068
Ciudad	29,31442165
Proveedor	42,0461558
Tipo de servicio	7,510529345
Regional por Tipo de Servicio	10,87140129
Ciudad por Proveedor	42,66379276
Ciudad por Tipo de servicio	39,93425
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	51,51321903

Tabla N° 7: Resultados del MdMAPE para los datos de validación (12 meses).

6.2.11.2. Cantidad/Calidad de datos: Proporción de datos válidos (o no nulos) para cada serie de tiempo

El resultado del conteo de los datos nulos explicados en el numeral 6.2.7.1 se aprecia en la tabla N° 8.

6- Cantidad/Calidad de los datos: Indica la disponibilidad de datos confiables y de calidad y que, a la luz del método de pronóstico permita obtener resultados confiables.	Proporción de datos nulos dado el nivel de desagregación
País	0,00%
Regional	0,00%
Ciudad	1,57%
Proveedor	46,31%
Tipo de servicio	5,28%
Regional por Tipo de Servicio	7,23%
Ciudad por Proveedor	46,76%
Ciudad por Tipo de servicio	26,47%
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	50,56%

Tabla N° 8: % de datos nulos para el criterio Cantidad/Calidad de los datos.

6.2.11.3. Transformación variables cuantitativas:

Los valores obtenidos para el criterio Predictibilidad y Cantidad/Calidad de la información son mediciones de error (MdMAPE para predictibilidad y % Nulos para Cantidad de información) estos resultados se transformaron para que fuesen interpretados como sus valores contrarios, es decir (1-error) de modo que se premie un valor alto sobre uno bajo en los cálculos pareados de la metodología AHP considerando también que la lógica de la comparación pareada de las variables cualitativas representa un vector que apunta en la misma dirección, es decir que premia un valor alto sobre uno bajo (Tablas 9 y 10).

Predictibilidad

Alternativas	MdMAPE	Transformación	Normalización
País	3,55	96,45	0,1450
Regional	7,45	92,55	0,1391
Ciudad	29,31	70,69	0,1063
Proveedor	42,05	57,95	0,0871
Tipo de servicio	7,51	92,49	0,1390
Regional por Tipo de servicio	10,87	89,13	0,1340
Ciudad por Proveedor	42,66	57,34	0,0862
Ciudad por Tipo de servicio	39,93	60,07	0,0903
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	51,51	48,49	0,0729

Tabla N° 9: MdMAPE y su transformación.

Cantidad de datos nulos (% Nulos)

Alternativas	% Nulos	Transformación % Nulos	Normalización
País	0,00%	100,0%	0,1397
Regional	0,00%	100,0%	0,1397
Ciudad	1,57%	98,4%	0,1375
Proveedor	46,31%	53,7%	0,0750
Tipo de servicio	5,28%	94,7%	0,1323
Regional por Tipo de servicio	7,23%	92,8%	0,1297
Ciudad por Proveedor	46,76%	53,2%	0,0743
Ciudad por Tipo de servicio	26,47%	73,5%	0,1027
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	50,56%	49,4%	0,0690

Tabla N° 10: Cantidad de datos nulos y su transformación

6.2.12. Estructura jerárquica del problema.

La estructura de jerarquías es importante porque permite establecer criterios o factores que afectan el logro de un objetivo, luego estos criterios permiten el análisis de las alternativas para finalmente seleccionar una que a criterio del tomador de decisiones logrará cumplir el objetivo. La jerarquía para este estudio se aprecia en la figura N° 6.

Las alternativas que serán evaluadas mediante los criterios descritos anteriormente corresponden a los mencionados en la tabla N° 3.

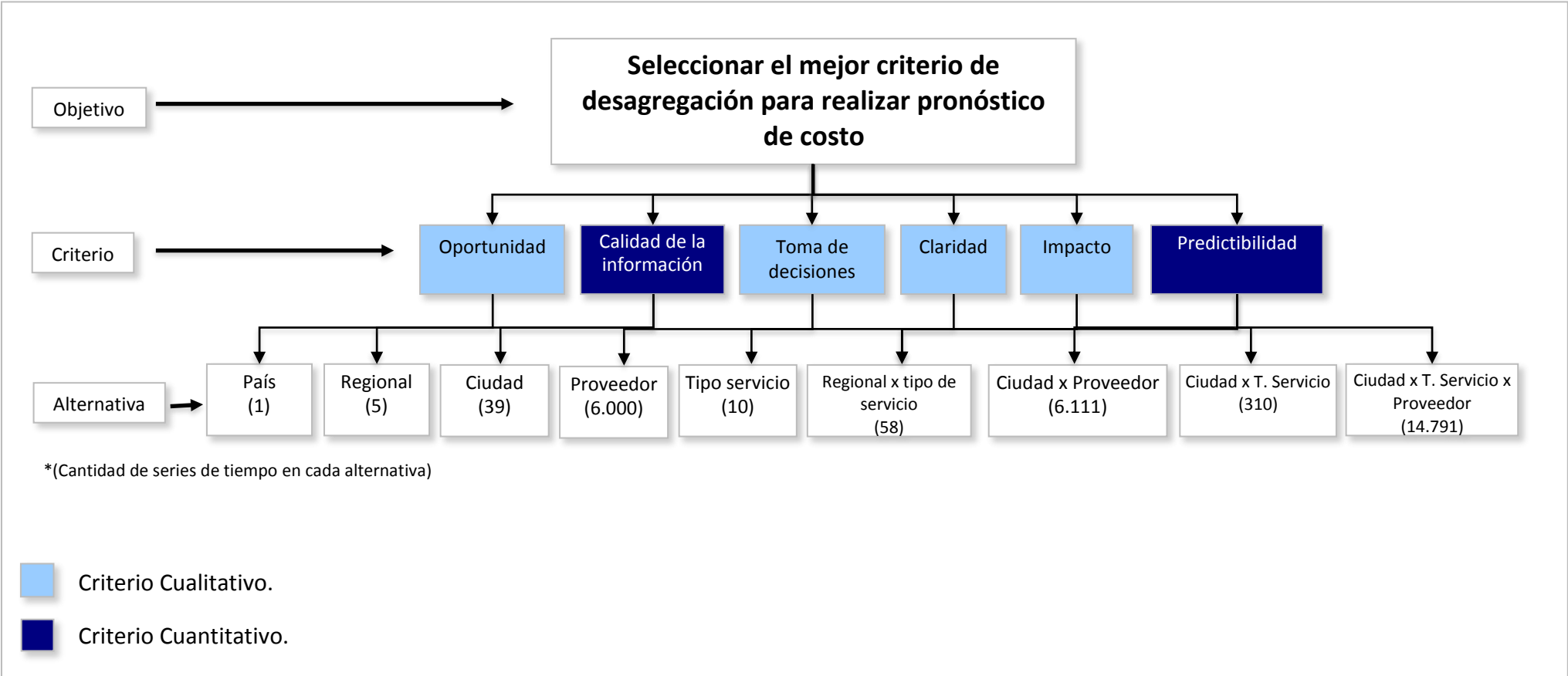


Figura N° 6 Jerarquía del problema.

De acuerdo con la metodología AHP, una vez establecidos los criterios y las alternativas, se debe realizar comparaciones pareadas entre:

- Criterios.
- Alternativas para cada criterio.

Posteriormente, es necesario establecer sus pesos relativos teniendo en cuenta la normalización y consistencia, explicadas anteriormente. El grupo de expertos realizó las combinaciones pareadas de acuerdo con los lineamientos descritos en el numeral 6.2.2.

Una combinación pareada consiste en determinar la importancia relativa de un factor sobre otro, utilizando la escala que se aprecia en la tabla N° 11:

a_{ij}	Interpretación
1	El factor i y el j son de igual importancia
3	El factor i es débilmente más importante que el factor j La experiencia y el juicio indican que el factor i es fuertemente más importante
5	que el factor j
7	El factor i es fuerte o demostrablemente más importante que el factor j
9	El factor i es absolutamente más importante que el factor j
2,4,6,8	Valores intermedios

Tabla N° 11: Escala de evaluación.

Durante la realización de las comparaciones se calculó la razón de consistencia de cada matriz, de modo que éste fuese siempre menor a 0,1.

Una vez se tiene la matriz de pesos normalizados tanto de criterios como de alternativas para cada criterio, se calcula mediante multiplicación de matrices la mejor alternativa.

6.2.13. Paso 6.1: Realizar comparaciones pareadas de criterios.

La calificación otorgada por el grupo de expertos y el detalle de los cálculos se aprecia en el anexo I.

Los criterios (tanto cualitativos como cuantitativos) fueron valorados mediante comparaciones pareadas de acuerdo con la escala de calificación mencionada en la tabla N° 12. El resultado de esta valoración es el siguiente:

Criterios	Oportunidad	Cantidad/Calidad de la información	Toma de decisiones	Impacto	Predictibilidad	Claridad
Oportunidad	1	1/5	1/4	1/3	1/4	1/2
Cantidad/Calidad de la información	5	1	4	3	3	2
Toma de decisiones	4	1/4	1	2	1	1
Impacto	3	1/3	1/2	1	1/2	1
Predictibilidad	4	1/3	1	2	1	2
Claridad	2	1/2	1	1	1/2	1

Tabla N° 12: Comparaciones pareadas de los criterios

Esta tabla de criterios presenta un valor de consistencia de 0,0352 y luego se normaliza, el resultado de esta normalización es el siguiente (Tabla N° 13):

0,05	0,08	0,03	0,04	0,04	0,07
0,26	0,38	0,52	0,32	0,48	0,27
0,21	0,10	0,13	0,21	0,16	0,13
0,16	0,13	0,06	0,11	0,08	0,13
0,21	0,13	0,13	0,21	0,16	0,27
0,11	0,19	0,13	0,11	0,08	0,13

Tabla N° 13: Matriz normalizada de criterios

El promedio por fila i de la matriz contenida en la tabla N° 14 representa las ponderaciones de cada criterio:

0,0506	→ Oportunidad
0,3716	→ Cantidad/Calidad de la información
0,1571	→ Toma de decisiones
0,1117	→ Impacto
0,1846	→ Predictibilidad
0,1243	→ Claridad

Tabla N° 14: Vector de pesos de criterios

De la tabla 14 se afirma que el criterio con mayor peso es <Cantidad/Calidad de la información>, seguido de <Predictibilidad> mientras que el criterio con menor peso es <Oportunidad de la información>.

De este ejercicio se concluye que en el proceso de toma decisiones se valora más la calidad y predictibilidad de los datos para un buen proceso de toma de decisiones que contar con dicha información a tiempo; esto quiere decir que resulta más importante, en el caso de estudio, que las decisiones se toman a partir de información confiable y menos importante el hecho de tener que tomar una decisión apresurada.

6.2.14. Paso 6.1: Realizar comparaciones pareadas de las alternativas para cada criterio.

Para cada criterio se realizó una comparación de alternativas para determinar su grado de importancia. Las tablas de comparaciones pareadas son las siguientes:

6.2.14.1. **Oportunidad:** ¿La información en este nivel de desagregación se encuentra normalmente a tiempo?

1- Oportunidad: ¿Qué tan oportuno es en el nivel desagregado?		Corresponde al intervalo de tiempo existente entre el análisis de la información y el momento de materializar la decisión resultante del análisis de los datos a este nivel de desagregación								
Alternativa		País	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de Servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor
		País	1	1/3	1/4	1/5	1/4	1/5	1/6	1/6
Regional	3	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1/4	1/4	1/7	
Ciudad	4	2	1	1/3	1/2	1/4	1/5	1/4	1/6	
Proveedor	5	3	3	1	3	1	1/2	1/3	1/5	
Tipo de servicio	4	2	2	1/3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	
Regional por Tipo de Servicio	5	2	4	1	2	1	1/2	1/3	1/5	
Ciudad por Proveedor	6	4	5	2	3	2	1	2	1/3	
Ciudad por Tipo de servicio	6	4	4	3	3	3	1/2	1	1/4	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	8	7	6	5	6	5	3	4	1	

Tabla N° 15: Comparaciones pareadas de alternativas para el criterio Oportunidad.

Esta tabla de criterios presenta un valor de consistencia de 0,0595.

6.2.14.2. **Claridad:** ¿Existe comprensión de la situación a este nivel de desagregación?

2- Claridad: ¿Existe comprensión de la situación a este nivel de desagregación?		Determina si a este nivel de desagregación se mantiene el entendimiento y la comprensión global de lo que está sucediendo en el proceso								
Alternativas		País	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de Servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor
		País	1	1/2	1	2	1/2	2	3	3
Regional	2	1	2	3	1	3	4	4	5	
Ciudad	1	1/2	1	3	1	3	4	4	5	
Proveedor	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2	2	3	
Tipo de servicio	2	1	1	3	1	2	4	3	5	
Regional por Tipo de Servicio	1/2	1/3	1/3	2	1/2	1	3	2	4	
Ciudad por Proveedor	1/3	1/4	1/4	1/2	1/4	1/3	1	1/3	2	
Ciudad por Tipo de servicio	1/3	1/4	1/4	1/2	1/3	1/2	3	1	2	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/4	1/5	1/5	1/3	1/5	1/4	1/2	1/2	1	

Tabla N° 16: Comparaciones pareadas de alternativas para el criterio Claridad.

Esta tabla de criterios presenta un valor de consistencia de 0,0293.

6.2.14.3. Toma de decisiones: ¿Se puede tomar decisiones a este nivel de desagregación?

3- Toma de decisiones: ¿Se puede tomar decisiones a este nivel de desagregación?		Determina si la gestión del proceso normalmente permite la intervención a este nivel de desagregación									
Alternativas		Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de Servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	
		Pais	1	1/3	2	3	1/2	1	3	3	4
Regional	3	1	2	3	1	2	4	5	5		
Ciudad	1/2	1/2	1	3	1/3	2	3	3	5		
Proveedor	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2	1	4		
Tipo de servicio	2	1	3	3	1	3	4	5	6		
Regional por Tipo de Servicio	1	1/2	1/2	2	1/3	1	2	3	5		
Ciudad por Proveedor	1/3	1/4	1/3	1/2	1/4	1/2	1	1/2	2		
Ciudad por Tipo de servicio	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1/3	2	1	2		
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/4	1/5	1/5	1/4	1/6	1/5	1/2	1/2	1		

Tabla N° 17: Comparaciones pareadas de alternativas para el criterio Toma de decisiones.

Esta tabla de criterios presenta un valor de consistencia de 0,0372.

6.2.14.4. Impacto: ¿Se podrían obtener resultados considerables de la intervención a este nivel de agregación?

4- Impacto: ¿Se podrían obtener resultados considerables de la intervención a este nivel de agregación?		Determina si realizar el análisis a este nivel de desagregación para tomar decisiones implica una cantidad (monetaria, horas, recursos) que amerite realizar el análisis sin limitar la capacidad para tomar decisiones									
Alternativas		Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de Servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	
		Pais	1	1/2	2	3	1/2	4	5	5	6
Regional	2	1	2	3	1	3	4	5	6		
Ciudad	1/2	1/2	1	2	1/3	2	4	4	5		
Proveedor	1/3	1/3	1/2	1	1/4	1	3	1	4		
Tipo de servicio	2	1	3	4	1	3	4	4	6		
Regional por Tipo de Servicio	1/4	1/3	1/2	1	1/3	1	2	3	4		
Ciudad por Proveedor	1/5	1/4	1/4	1/3	1/4	1/2	1	1/3	3		
Ciudad por Tipo de servicio	1/5	1/5	1/4	1	1/4	1/3	3	1	3		
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/6	1/6	1/5	1/4	1/6	1/4	1/3	1/3	1		

Tabla N° 18: Comparaciones pareadas de alternativas para el criterio Impacto.

Esta tabla de criterios presenta un valor de consistencia de 0,0477.

6.2.15. Pesos de las alternativas

Los resultados normalizados conforman la matriz de alternativas que describen los pesos de cada una de estas.

Las matrices normalizadas de criterios y alternativas se presenta en la tabla N° 19:

	Oportunidad	Cantidad/Calidad de la información	Toma de decisiones	Impacto	Predictibilidad	Claridad
País	0,0153	0,1397	0,1364	0,1822	0,1450	0,1302
Regional	0,0310	0,1397	0,2060	0,2046	0,1391	0,2227
Ciudad	0,0364	0,1375	0,1347	0,1190	0,1063	0,1774
Proveedor	0,1031	0,0750	0,0655	0,0725	0,0871	0,0634
Tipo de servicio	0,0538	0,1323	0,2390	0,2325	0,1391	0,1832
Regional por Tipo de Servicio	0,0943	0,1296	0,0926	0,0696	0,1340	0,0931
Ciudad por Proveedor	0,1605	0,0744	0,0461	0,0396	0,0862	0,0409
Ciudad por Tipo de servicio	0,1662	0,1027	0,0523	0,0556	0,0903	0,0594
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	0,3394	0,0691	0,0274	0,0243	0,0729	0,0297

Tabla N° 19: Matrices normalizadas de criterios y alternativas.

6.2.16. Paso 6.5: Calcular el vector de resultados (Matriz de alternativas x vector de criterios).

La valoración final de las alternativas es el vector resultante de la multiplicación de la matriz de alternativas y el vector de criterios (Tabla N° 20).

Alternativas (i) y criterios (j)	Oportunidad	Cantidad/Calidad de la información	Toma de decisiones	Impacto	Predictibilidad	Claridad	Criterios
País	0,0153	0,1397	0,1364	0,1822	0,1450	0,1302	Oportunidad
Regional	0,0310	0,1397	0,2060	0,2046	0,1391	0,2227	Cantidad/Calidad de la información
Ciudad	0,0364	0,1375	0,1347	0,1190	0,1063	0,1774	Toma de decisiones
Proveedor	0,1031	0,0750	0,0655	0,0725	0,0871	0,0634	Impacto
Tipo de servicio	0,0538	0,1323	0,2390	0,2325	0,1391	0,1832	Predictibilidad
Regional por Tipo de Servicio	0,0943	0,1296	0,0926	0,0696	0,1340	0,0931	Claridad
Ciudad por Proveedor	0,1605	0,0744	0,0461	0,0396	0,0862	0,0409	
Ciudad por Tipo de servicio	0,1662	0,1027	0,0523	0,0556	0,0903	0,0594	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	0,3394	0,0691	0,0274	0,0243	0,0729	0,0297	

X

0,0506
0,3716
0,1571
0,1117
0,1846
0,1243

Oportunidad
Cantidad/Calidad de la información
Toma de decisiones
Impacto
Predictibilidad
Claridad

Tabla N° 20: Multiplicación de matrices para obtener el resultado final

Luego de la multiplicación de matrices de alternativas (tamaño [9 x 6]) y de criterios (tamaño [6 x 1]), se obtiene un vector (de tamaño [9 x 1]) con los resultados finales para cada una de las alternativas.

El vector de resultados es el siguiente (Tabla N° 21):

Tipo	Alternativa	Puntuación	Jerarquía
Agregada	País	0,1374	3
Desagregación pura	Regional	0,1621	2
	Ciudad	0,1291	4
	Proveedor	0,0754	7
	Tipo de servicio	0,1639	1
Desagregación combinada	Regional por Tipo de servicio	0,1116	5
	Ciudad por Proveedor	0,0684	8
	Ciudad por Tipo de servicio	0,0851	6
	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	0,0670	9

Tabla N° 21 vector de resultados para las alternativas planteadas.

6.2.17. Paso 7: Análisis de resultados

6.2.17.1. Análisis de las alternativas resultantes

Los resultados organizados por peso desde el mayor hasta el menor es el siguiente (Tabla N° 22):

Alternativa	Tipo desagregación	Puntuación	Jerarquía
Tipo de servicio	Pura	0,1639	1
Regional	Pura	0,1621	2
País	No desagregada	0,1374	3
Ciudad	Pura	0,1291	4
Regional por Tipo de servicio	Combinada	0,1116	5
Ciudad por Tipo de servicio	Combinada	0,0851	6
Proveedor	Pura	0,0754	7
Ciudad por Proveedor	Combinada	0,0684	8
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Combinada	0,0670	9

Tabla N° 22. vector de resultados para las alternativas planteadas (Organizado de mayor a menor).

La mejor alternativa de desagregación es Tipo de servicio (conformada por 10 series de tiempo), la cual obtuvo una puntuación de 0.1639. Lo anterior indica que la diferenciación por naturaleza del servicio es importante para tomar decisiones. Esto es relevante porque para la empresa objeto de estudio, el servicio en su gran mayoría tiene un comportamiento que es uniforme independientemente de los otros niveles de desagregación como la geografía o el Proveedor.

Las distancias entre las puntuaciones resultantes se aprecian en la tabla N° 23:

Alternativa	Tipo Desagregación	Distancia frente al mayor	
		Valor absoluto	% Distancia
Tipo de servicio	Pura	0,0000	0,00%
Regional	Pura	0,0021	0,00%
País	No desagregada	0,0267	0,03%
Ciudad	Pura	0,0350	0,03%
Regional por Tipo de servicio	Combinada	0,0524	0,05%
Ciudad por Tipo de servicio	Combinada	0,0786	0,08%
Proveedor	Combinada	0,0884	0,09%
Ciudad por Proveedor	Pura	0,0954	0,10%
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Combinada	0,0968	0,10%

Tabla N° 23: vector de resultados para las alternativas planteadas (Distancia frente a la alternativa de mayor valor).

La segunda mejor alternativa de desagregación es la regional (Conformada por 5 series de tiempo), la cual obtuvo una puntuación de 0.1619, tan solo (0.003%) después de la primer alternativa, lo cual indica que también es interesante realizar la desagregación por regional. Adicionalmente, la empresa objeto de estudio define directrices nacionales con algunas variaciones por región e incluso por ciudad sobre todo para las ciudades cabeceras de regional.

La tercer mejor alternativa de desagregación es la no desagregación, es decir trabajar con los datos agregados de país (Una sola serie de tiempo) el cual representa el enfoque tradicionalmente utilizado. Sin embargo la distancia frente a la primer alternativa es amplia, lo cual indica que efectivamente

cualquiera de los dos primeros criterios resultaría más aconsejable que la situación actual.

Las cinco primeras alternativas obtuvieron un puntaje superior a 0,10, entre estas se encuentran tres alternativas de desagregación puras (Tipo de servicio y regional), la alternativa de no desagregación (País) y solo una alternativa de desagregación combinada (Regional por tipo de servicio). De lo anterior se puede observar que:

- Las alternativas desagregadas (que cuentan con mayor cantidad de series de tiempo) obtuvieron en general bajos puntajes.
- La única alternativa de desagregación combinada con un puntaje mayor a 0,10 es precisamente la resultante de la interacción de las dos primeras alternativas con mayores puntajes (Regional por tipo de servicio).

La alternativa Regional por tipo de servicio (Conformada por 58 series de tiempo) podría utilizarse como desagregación de soporte para ayudar a interpretar los resultados obtenidos por el nivel de desagregación preferido (Tipo de servicio) de modo que complemente el análisis.

6.2.17.2. Análisis de los criterios resultantes

Los resultados de los criterios son (Tabla N° 24):

Criterio	Ponderación
Oportunidad	0,0506
Cantidad/Calidad de la información	0,3716
Toma de decisiones	0,1571
Impacto	0,1117
Predictibilidad	0,1846
Claridad	0,1243

Tabla N° 24: vector de resultados para los criterios

Los criterios cuantitativos obtuvieron pesos mayores que los criterios cualitativos, siendo el criterio <Cantidad/Calidad de la información> el primero con un peso de 0,3716 (Casi dos veces el valor del segundo).

Para el criterio Cantidad/Calidad de la información, la alternativa <tipo de servicio> tiene un resultado de 95,23% mientras que la alternativa <Regional> tiene un resultado de 100%. Es decir que para este criterio la alternativa con mayor puntuación final (Tipo de servicio) tiene un menor resultado.

Para el criterio Predictibilidad, la alternativa <Tipo de servicio> tiene un resultado de 92.49 mientras que la alternativa <Regional> tiene un resultado de 92.55. Resultados muy similares.

A pesar que la alternativa <Regional> tenía el mayor valor para el criterio de mayor peso <Cantidad/Calidad de Información> y que, estaba muy de cerca del primero en la matriz del segundo criterio (Predictibilidad) no resultó en primer lugar en la valoración final.

Lo anterior es debido a que en la evaluación de los demás criterios, siempre le fue mejor a la alternativa <Tipo de servicio>, esto explica la diferencia tan pequeña entre las dos primeras alternativas resultantes. De esto se puede concluir:

- El criterio de mayor ponderación es importante pero no necesariamente es el único relevante.
- Los criterios con menor ponderación son igualmente importantes para el análisis de resultados.

6.2.18. Paso 8: Pronóstico de serie de tiempo de la alternativa k seleccionada

La alternativa seleccionada: Tipo de servicio, consta de 10 series de tiempo y una vez seleccionada se realiza el pronóstico de línea base de acuerdo con las especificaciones establecidas en el numeral 6.2.9. Los resultados para los datos de validación (12 meses) se presentan en la tabla N° 25.

Resultados del modelo

Tipo de servicio	Tipo de modelo
Tipo de servicio 1	Estacional simple
Tipo de servicio 2	Multiplicativo de Winters
Tipo de servicio 3	Aditivo de Winters
Tipo de servicio 4	Aditivo de Winters
Tipo de servicio 5	Aditivo de Winters
Tipo de servicio 6	Aditivo de Winters
Tipo de servicio 7	Aditivo de Winters
Tipo de servicio 8	Estacional simple
Tipo de servicio 9	Simple
Tipo de servicio 10	Aditivo de Winters

Tabla N° 25 Modelos de pronóstico de línea base.

Los estadísticos de ajuste de los modelos presentados en la tabla N° 25 obtenidos para la línea base se aprecian en la tabla N° 26.

Estadístico de ajuste	Percentil
	50
R-cuadrado estacionaria	,823
R-cuadrado	,893
RMSE	150681088
MAPE	7,51
MaxAPE	10,754
BIC normalizado	38,052

Tabla N° 26 Percentiles 50 para los datos de validación de línea base para el nivel de desagregación seleccionado

Todos los modelos de línea base son de tipo estacional, presentan buenos resultados de correlación (R) y lo más importante: pueden ser mejorados a partir de este resultado mediante las técnicas tradicionales de minería de datos (Análisis de series de tiempo).

7. Conclusiones

La adopción de criterios cualitativos y cuantitativos permite la selección de un nivel adecuado para la organización de un nivel de desagregación de datos para efectuar predicciones, la utilización de estas dos técnicas (AHP y modelos de series de tiempo) facilita la priorización de recursos de análisis al permitirle a los tomadores de decisiones concentrarse un en conjunto de datos sobre otro bajo un criterio técnico. El análisis de la serie de tiempo seleccionada asegura un balance entre los criterios (Cualitativos y Cuantitativos) que son entendidos como importantes dentro de la organización para la toma de decisiones.

Con los resultados obtenidos se evidencia que la consideración de más de un criterio en la toma de decisiones es relevante; normalmente los tomadores de decisiones en el día a día solo consideran uno (el que es más importante para ellos). En el caso de aplicación, de haberse hecho esto (Utilizar solamente el criterio que a priori resulta más relevante) se habrá escogido como criterio la Calidad/Cantidad de información y a continuación, la alternativa con mayores posibilidades de ser seleccionada sería País o Regional que tienen un valor de datos nulos de 0%. Con la combinación de criterios, la alternativa seleccionada fue Tipo de servicio, la cual tiene un porcentaje de datos nulos de 5,28%.

De los 6 criterios definidos, dos son variables cuantitativas. Su comportamiento se extrae de los mismos datos disponibles para análisis en vez de la apreciación del tomador de decisiones. Estas dos variables resultaron siendo los criterios más importantes a tener en cuenta en la toma de decisiones, luego de la valoración de los tomadores de decisiones, esto podría deberse a la naturaleza del problema y a la idiosincrasia de la organización, sin embargo el comportamiento de las variables cualitativas resultó determinante en la selección de la mejor alternativa de desagregación. Esto refuerza la conclusión anterior, donde se menciona la importancia de utilizar la totalidad de criterios.

La opción de no realizar desagregación (alternativa País) se incluyó como alternativa porque perfectamente es una opción válida seleccionar el proceso actual de toma de decisiones, dado que no presenta datos nulos y su predictibilidad (Valor de MdMAPE) es alto, al igual que la calidad/cantidad de datos, se posicionó como tercer alternativa. Esto se puede interpretar como que si es bueno realizar una desagregación, o así lo perciben los tomadores de decisiones, sin dejar de lado el análisis de la variable general como un todo.

Las dos primeras alternativas seleccionadas (Tipo de servicio y Regional) son alternativas de desagregación puras, sin embargo la alternativa que combina a estas dos (Regional por tipo de servicio) obtuvo un puntaje alto que la posicionó en quinto lugar, de hecho es la única alternativa combinada con un valor final mayor a 0,10. La organización podría utilizar el análisis de los datos a este nivel de desagregación como una alternativa que complemente las decisiones que se tomen al nivel de desagregación seleccionado.

La utilización del modelador automático del paquete estadístico para obtener los pronósticos de series de tiempo origina una línea base de éstas predicciones, es decir, al nivel de desagregación finalmente seleccionado es posible obtener una estimación suficientemente buena mediante un procesamiento estadístico riguroso de los datos que componen las series. Esto da libertad al tomador de decisiones para escoger el nivel de desagregación adecuada sin considerar el trabajo que se requeriría para generar las líneas bases en alternativas con gran cantidad de series de tiempo. El proceso de selección de la mejor alternativa se hizo con líneas base de todas las alternativas; sin embargo un paso recomendable a realizar, una vez se ha hecho la selección, es intentar mejorar esta línea base, es decir, reducir el MdMAPE para los datos de validación de acuerdo con la naturaleza de los datos seleccionados.

8. Recomendaciones futuras

Cada organización es única, por tal razón la selección de criterios debe ajustarse a las necesidades de ésta y a su proceso de toma de decisiones, al igual que la selección de alternativas. No existe un conjunto de elementos (Criterios, Alternativas) único y estandarizado de selección, el estudio de los resultados de toma de decisiones para un mismo proceso ante variaciones de criterios y alternativas representan un caso de desarrollo con gran potencial.

Dada la relevancia que los criterios cuantitativos tuvieron sobre la decisión final, valdría la pena analizar el impacto que tendría la selección de criterios con una distribución distinta de variables cualitativas y cuantitativas y los efectos que esta variación tendría en diferentes resultados para un mismo problema.

El tratamiento de los datos nulos dentro del procesamiento de las series de tiempo podría realimentar el proceso de toma de decisiones, dado que en la medida que se profundiza un nivel de desagregación, aumenta la posibilidad de encontrar datos nulos. El análisis de este comportamiento intermitente o no y los modelos seleccionados para describir su comportamiento podría reforzar el entendimiento de los datos como una nueva variable cuantitativa.

Referencias

- ¹ Ghile YB, Schulze RE. Use of an Ensemble Re-ordering Method for disaggregation of seasonal categorical rainfall forecasts into conditioned ensembles of daily rainfall for hydrological forecasting. JOURNAL OF HYDROLOGY Volume: 371 Issue: 1-4 Pages: 85-97 Published: JUN 5 2009
- ² Don R. Hansen, Maryanne M. Cost Management accounting & control. South Western Cengage Learning, 2009, page 5, 431.
- ³ Jang TY. Causal Relationship Among Travel Mode, Activity, and Travel Patterns; JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING-ASCE Volume: 129 Issue: 1 Pages: 16-22 Published: JAN-FEB 2003
- ⁴ Ewing BT, Sari R, Soytas U. Disaggregate energy consumption and industrial output in the United States. ENERGY POLICY Volume: 35 Issue: 2 Pages: 1274-1281 Published: FEB 2007
- ⁵ Man KS. Linear prediction of temporal aggregates under model misspecification: INTERNATIONAL JOURNAL OF FORECASTING Volume: 20 Issue: 4 Pages: 659-670 Published: OCT-DEC 2004
- ⁶ Lianabel Oliver. The cost management toolbox: a manager's guide to controlling costs and boosting profit. AMACOM Div American Mgmt Assn, 2000, Page 16.
- ⁷ Chase, Aquilano, Jacobs. Operations and supply Management. Ed. McGraw Hill. Pages 839-841. ISBN 958-41-0071-8. Published: 2002.
- ⁸ Uddameri V. Using statistical and artificial neural network models to forecast; ENVIRONMENTAL GEOLOGY Volume: 51 Issue: 6 Pages: 885-895 Published: JAN 2009
- ⁹ Armstrong JS. Findings from evidence-based forecasting: Methods for reducing forecast error. INTERNATIONAL JOURNAL OF FORECASTING Volume: 22 Issue: 3 Pages: 583-598 Published: 2006
- ¹⁰ Verderame, Elia. Planning and Scheduling under Uncertainty: A Review Across Multiple Sectors. INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH Volume: 49 Issue: 9 Pages: 3993-4017 Published: MAY 2010.
- ¹¹ Ulu Y. A comparison of the runs test for volatility forecastability and the LM test for GARCH using aggregated returns. ECONOMETRIC REVIEWS Volume: 26 Issue: 5 Pages: 557-566 Published: 2007
- ¹² Charley Chase. Demand-Driven Forecasting: A Structured Approach to Forecasting. Ed. Wiley & SAS Business series. ISBN 978-0-470-41502-3. 2009
- ¹³ Caputo, Costa. Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. APPLIED ENERGY Volume: 88 Issue:4 Pages:1032-1048 Published: OCT 2010
- ¹⁴ Sporcic, Landekic, Lovric. MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING IN FORESTRY - METHODS AND EXPERIENCES SO SUMARSKI LIST Volume: 134 Issue:5-6 Pages:275-286 Published: 2010
- ¹⁵ Giot, Petitjean. On the statistical and economic performance of stock return predictive regression models: an international perspective. QUANTITATIVE FINANCE Volume: 11 Issue:2 Pages:175-193 Published: 2010

-
- ¹⁶ Malczewski, Jacek. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SCIENCE Volume: 20 Issue:7 Pages:703-726 Published: AUG 2006
- ¹⁷ Hajkowicz, S, Collins, K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and Management. WATER RESOURCES MANAGEMENT Volume: 21 Issue:9 Pages: 1553-1566 Published: SEP 2006
- ¹⁸ Jacquet-Lagrange, Siskos. Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Volume: 130 Issue:2 Pages:233-245 Published: APR 16 2001
- ¹⁹ Nachiappan Subramanian, Ramakrishnan Ramanathan, A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management, International Journal of Production Economics, Volume 138, Issue 2, August 2012, Pages 215-241, ISSN 0925-5273, 10.1016/j.ijpe.2012.03.036.
- ²⁰ Saaty T, Kearns K. The logic of priorities. The analytic hierarchy process series. Vol III. RWS Publications, Decision making using the AHP. Page 4. ISBN 0-9620317-3-9. Published 1991.
- ²¹ Doumpos, M, Zopounidis, C. Preference disaggregation and statistical learning for multicriteria decision support: A review. EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH Volume: 209 Issue:3 Pages:203-214 Published: MAR 16 2011
- ²² Barfod M, Salling K, Leleur S, Composite decision support by combining cost-benefit and multi-criteria decision analysis. Decision Support Systems Volume: 51Pages: 167-175 Published: 2011.
- ²³ Saaty T, Vargas L. Models, Methods, Concepts & applications of the analytic hierarchy process. International series in operations research & management science. Page 39. ISBN 0-7923-7267-0. Published 2001.
- ²⁴ Saaty T, Vargas L. Analytical Planning, the organization of systems. The analytic hierarchy process series. Vol IV. RWS Publications, Decision making using the AHP. Page 133. ISBN 0-9620317-4-7. Published: 1985

Metodología para la planeación de recursos basada en desagregación de costos y pronóstico de componentes. Caso de aplicación: compañía de prestación de servicios en Colombia.

Objetivo
 Seleccionar mediante un proceso de análisis jerárquico el mejor criterio de desagregación de los componentes de costo para desarrollar un pronóstico detallado

1 Califique la importancia relativa de cada atributo frente a los demás

Alternativas	Oportunidad	Claridad	Toma de decisiones	Impacto	Predictibilidad	Razón de consistencia
Oportunidad	1	1/5	1/4	1/3	1/4	0,0352
Claridad	5	1	4	3	3	
Toma de decisiones	4	1/4	1	2	1	
Impacto	3	1/3	1/2	1	1/2	
Predictibilidad	4	1/3	1	2	1	
Claridad	2	1/2	1	1	1/2	

- Valor Explica
- 1 El criterio fila es Igualmente importante al criterio columna
 - 3 El criterio fila es Moderadamente importante frente al criterio columna
 - 5 El criterio fila es Notablemente más importante que el criterio columna
 - 7 El criterio fila tiene una Importancia muy fuerte frente al criterio columna
 - 9 El criterio fila tiene Importancia absoluta sobre el criterio columna
- 2.4.6.8 Valores intermedios

Matriz Normalizada Criterios	Pesos	Consistencia	Lambda	Resultados
0,053 0,076 0,032 0,036 0,040 0,067	0,051	0,310	6,120	6,220 λ
0,263 0,382 0,516 0,321 0,480 0,267	0,372	2,391	6,434	0,044 IC
0,211 0,096 0,129 0,214 0,160 0,133	0,157	0,985	6,268	1,250 IA
0,158 0,127 0,065 0,107 0,080 0,133	0,112	0,683	6,111	0,035 RC
0,211 0,127 0,129 0,214 0,160 0,267	0,185	1,140	6,175	
0,105 0,191 0,129 0,107 0,080 0,133	0,124	0,772	6,214	

2 Califique la importancia de las alternativas para cada uno de los criterios

1- Oportunidad:
 ¿Qué tan oportuno es en el nivel desagregado?
 Corresponde al intervalo de tiempo existente entre el análisis de la información y el momento de materializar la decisión resultante del análisis de los datos a este nivel de desagregación

Alternativas	Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Razón de consistencia
Pais	1	1/3	1/4	1/5	1/4	1/5	1/6	1/6	1/8	0,0595
Regional	3	1	1/2	1/3	1/2	1/2	1/4	1/4	1/7	
Ciudad	4	2	1	1/3	1/2	1/4	1/5	1/4	1/6	
Proveedor	5	3	3	1	3	1	1/2	1/3	1/5	
Tipo de servicio	4	2	2	1/3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	
Regional por Tipo de Servicio	5	2	4	1	2	1	1/2	1/3	1/5	
Ciudad por Proveedor	6	4	5	2	3	2	1	2	1/3	
Ciudad por Tipo de servicio	6	4	4	3	3	3	1/2	1	1/4	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	8	7	6	5	6	5	3	4	1	

Matriz Normalizada	Pesos	Lambda	Resultados
0,013 0,010 0,015 0,013 0,015 0,026	0,015	12,072	9,69073 λ
0,030 0,019 0,025 0,026 0,037 0,039	0,031	10,760	0,08624 IC
0,079 0,039 0,025 0,026 0,019 0,031	0,036	10,283	1,450 IA
0,118 0,117 0,076 0,156 0,074 0,078	0,103	8,160	0,05955 RC
0,079 0,078 0,025 0,052 0,037 0,052	0,054	9,238	
0,079 0,155 0,076 0,104 0,074 0,078	0,094	8,405	
0,158 0,194 0,152 0,156 0,149 0,155	0,161	9,718	
0,158 0,155 0,227 0,156 0,223 0,078	0,166	8,704	
0,276 0,233 0,379 0,312 0,372 0,465	0,339	9,878	

2- Claridad:
 ¿Existe comprensión de la situación a este nivel de desagregación?
 Determina si a este nivel de desagregación se mantiene el entendimiento y la comprensión global de lo que está sucediendo en el proceso

Alternativas	Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Razón de consistencia
Pais	1	1/2	1	2	1/2	2	3	3	4	0,0293
Regional	2	1	2	3	1	3	4	4	5	
Ciudad	1	1/2	1	3	1	3	4	4	5	
Proveedor	1/2	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2	2	3	
Tipo de servicio	2	1	1	3	1	2	4	3	5	
Regional por Tipo de Servicio	1/2	1/3	1/3	2	1/2	1	3	2	4	
Ciudad por Proveedor	1/3	1/4	1/4	1/2	1/4	1/3	1	1/3	2	
Ciudad por Tipo de servicio	1/3	1/4	1/4	1/2	1/3	1/2	3	1	2	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/4	1/5	1/5	1/3	1/5	1/4	1/2	1/2	1	

Matriz Normalizada	Pesos	Lambda	Resultados
0,11 0,16 0,13 0,10 0,16 0,12	0,13	9,550	9,34011 λ
0,229 0,31 0,20 0,20 0,24 0,16	0,22	9,164	0,04251 IC
0,11 0,16 0,20 0,20 0,24 0,16	0,18	9,141	1,450 IA
0,08 0,05 0,07 0,07 0,04 0,08	0,06	10,397	0,02932 RC
0,23 0,16 0,20 0,20 0,16 0,16	0,18	9,335	
0,08 0,05 0,13 0,10 0,08 0,12	0,09	9,346	
0,06 0,04 0,03 0,05 0,03 0,04	0,04	9,101	
0,06 0,04 0,03 0,07 0,04 0,12	0,06	8,824	
0,05 0,03 0,02 0,04 0,02 0,02	0,03	9,202	

3- Toma de decisiones:
 ¿Se puede tomar decisiones a este nivel de desagregación?
 Determina si la gestión del proceso normalmente permite la intervención a este nivel de desagregación

Alternativas	Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Razón de consistencia
Pais	1	1/3	2	3	1/2	1	3	3	4	0,0372
Regional	3	1	2	3	1	2	4	5	5	
Ciudad	1/2	1/2	1	3	1/3	2	3	3	5	
Proveedor	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/2	2	1	4	
Tipo de servicio	2	1	3	3	1	3	4	5	6	
Regional por Tipo de Servicio	1	1/2	1/2	2	1/3	1	2	3	5	
Ciudad por Proveedor	1/3	1/4	1/3	1/2	1/4	1/2	4	1/2	2	
Ciudad por Tipo de servicio	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1/3	2	1	2	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/4	1/5	1/5	1/4	1/6	1/5	1/2	1/2	1	

Matriz Normalizada	Pesos	Lambda	Resultados
0,08 0,21 0,18 0,12 0,09 0,14	0,14	9,442	9,43171 λ
0,2317 0,21 0,18 0,24 0,19 0,19	0,21	10,139	0,05396 IC
0,12 0,10 0,18 0,08 0,19 0,14	0,13	8,903	1,450 IA
0,08 0,03 0,06 0,08 0,05 0,09	0,07	9,239	0,03722 RC
0,23 0,31 0,18 0,24 0,28 0,19	0,24	9,234	
0,12 0,05 0,12 0,08 0,09 0,09	0,09	10,756	
0,06 0,03 0,03 0,06 0,05 0,05	0,05	8,838	
0,05 0,03 0,06 0,05 0,03 0,09	0,05	9,089	
0,05 0,02 0,01 0,04 0,02 0,02	0,03	9,244	

4- Impacto:
 ¿Se podrían obtener resultados considerables de la intervención a este nivel de agregación?
 Determina si realizar el análisis a este nivel de desagregación para tomar decisiones implica una cantidad (monetaria, horas, recursos) que aneque realizar el análisis sin limitar la capacidad para tomar decisiones

Alternativas	Pais	Regional	Ciudad	Proveedor	Tipo de servicio	Regional por Tipo de servicio	Ciudad por Proveedor	Ciudad por Tipo de servicio	Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	Razón de consistencia
Pais	1	1/2	2	3	1/2	4	5	5	6	0,0477
Regional	2	1	3	3	1	3	4	5	6	
Ciudad	1/2	1/2	2	1/3	1/3	2	4	4	5	
Proveedor	1/3	1/3	1/2	1	1/4	1	3	1	4	
Tipo de servicio	2	1	3	4	1	3	4	4	6	
Regional por Tipo de Servicio	1/4	1/3	1/2	1	1/3	1	2	3	4	
Ciudad por Proveedor	1/5	1/4	1/4	1/3	1/4	1/2	1	1/3	3	
Ciudad por Tipo de servicio	1/5	1/5	1/4	1	1/4	1/3	3	1	3	
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	1/6	1/6	1/5	1/4	1/6	1/4	1/3	1/3	1	

Matriz Normalizada	Pesos	Lambda	Resultados
0,12 0,21 0,19 0,12 0,27 0,19	0,18	9,644	9,55310 λ
0,2335 0,21 0,19 0,24 0,20 0,15	0,20	10,009	0,06914 IC
0,12 0,10 0,13 0,08 0,13 0,15	0,12	9,883	1,450 IA
0,08 0,05 0,06 0,06 0,07 0,11	0,07	9,108	0,04768 RC
0,23 0,31 0,26 0,24 0,20 0,15	0,23	9,393	
0,08 0,05 0,06 0,08 0,07 0,08	0,07	10,582	
0,06 0,03 0,02 0,06 0,03 0,04	0,04	9,218	
0,05 0,03 0,06 0,06 0,02 0,11	0,06	9,135	
0,04 0,02 0,02 0,04 0,02 0,01	0,02	9,006	

5- Predictibilidad: MdMAPE
 Después de correr un análisis de series de tiempo dado, que tanta variabilidad existe para toma de decisiones de acuerdo con atributos estadísticos?

	Resultado Mediana del error porcentual (Variación porcentual de los errores de pronóstico en el percentil 50)	1-error	Normalizado
Pais	3,59224355	96,45	0,15
Regional	7,45300068	92,55	0,14
Ciudad	29,31442165	70,69	0,11
Proveedor	42,0461558	57,95	0,09
Tipo de servicio	7,510529345	92,49	0,14
Regional por Tipo de Servicio	10,87140129	89,13	0,13
Ciudad por Proveedor	42,66379276	57,34	0,09
Ciudad por Tipo de servicio	39,039245	60,07	0,09
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	51,51321993	48,49	0,07

6- Cantidad/Calidad de los datos:	Proporción de datos nulos dado el nivel de desagregación	1-error	Normalizado
Indica la disponibilidad de datos confiables y de calidad y que, a la luz del método de pronóstico permita obtener resultados confiables.			
Pais	0,00%	100,0%	14,0%
Regional	0,00%	100,0%	14,0%
Ciudad	1,57%	98,4%	13,8%
Proveedor	46,31%	53,7%	7,5%
Tipo de servicio	5,28%	94,7%	13,2%
Regional por Tipo de Servicio	7,23%	92,8%	13,0%
Ciudad por Proveedor	46,76%	53,2%	7,4%
Ciudad por Tipo de servicio	26,47%	73,5%	10,3%
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	50,56%	49,4%	6,9%

3

Cálculo del resultado final

Multiplicación de matrices

Matriz Normalizada de alternativas	Oportunidad	Cantidad/Calidad de la información	Toma de decisiones	Impacto	Predictibilidad	Claridad
Pais	0,015	0,140	0,136	0,182	0,145	0,130
Regional	0,031	0,140	0,206	0,205	0,139	0,223
Ciudad	0,036	0,136	0,135	0,119	0,106	0,177
Proveedor	0,103	0,075	0,065	0,072	0,087	0,063
Tipo de servicio	0,054	0,132	0,239	0,233	0,139	0,183
Regional por Tipo de Servicio	0,094	0,130	0,093	0,070	0,134	0,093
Ciudad por Proveedor	0,161	0,074	0,046	0,040	0,086	0,041
Ciudad por Tipo de servicio	0,166	0,103	0,052	0,056	0,090	0,059
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	0,339	0,069	0,027	0,024	0,073	0,030

X

Vector normalizado de criterios	
0,051	Oportunidad
0,372	Cantidad/Calidad de la información
0,157	Toma de decisiones
0,112	Impacto
0,185	Predictibilidad
0,124	Claridad

Resultado de la multiplicación

Alternativa	Resultado	Jerarquía
Pais	0,13742	3
Regional	0,16207	2
Ciudad	0,12908	4
Proveedor	0,07544	7
Tipo de servicio	0,16387	1
Regional por tipo de servicio	0,11157	5
Ciudad por Proveedor	0,08844	8
Ciudad por Tipo de servicio	0,08507	6
Ciudad por Tipo de servicio por Proveedor	0,06702	9

Anexo II

Sintaxis desarrollada para automatizar el procesamiento de la serie de tiempo REGIONAL X TIPO DE SERVICIO:

SPSS V.20

CIOGET DATA /TYPE=XLSX

/FILE=' <RUTA DEL ARCHIVO CON LAS FUENTES DE DATOS>

/SHEET=name 'Regional x tipo'

/CELLRANGE=full

/READNAMES=on

/ASSUMEDSTRWIDTH=32767.

EXECUTE.

DATASET NAME Conjunto_de_datos1 WINDOW=FRONT.

DATE M 1 12 Y 2008.

DATASET COPY Entrenamiento.

DATASET ACTIVATE Entrenamiento.

FILTER OFF.

USE ALL.

SELECT IF (YEAR_<2010).

EXECUTE.

DATASET ACTIVATE Entrenamiento.

PREDICT THRU YEAR 2010 MONTH 12.

d45 d46 d47 d48 d49 d50 d51 d52 d53 d54 d55 d56 d57
 d58 d59

d60.

EXECUTE.

USE ALL.

COMPUTE filter_\$=(YEAR_=2010).

VARIABLE LABELS filter_\$ 'YEAR_=2010 (FILTER)'.
VALUE LABELS filter_\$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMATS filter_\$ (f1.0).
FILTER BY filter_\$.

EXECUTE.

*PARA CADA VARIABLE EN LA FUENTE DE DATOS

COMPUTE MAPE_PAIS_AMBULANCIAS=Abs(((<VALOR REAL> - <VALOR
PRONOSTICADO>)/<VALOR REAL>)*100).

EXECUTE.

*PARA CADA MAPE CALCULADO

FREQUENCIES VARIABLES= <MAPE CALCULADO PARA CADA VARIABLE>

/FORMAT=NOTABLE

/NTILES=10

/STATISTICS=MEDIAN SKEWNESS SESKEW KURTOSIS SEKURT

/ORDER=ANALYSIS.