



UNIVERSIDAD DE CHILE

**INFORME RESUMEN**

MODELO DE SUBVENCIÓN 2014 CUERPOS DE BOMBEROS DE  
CHILE

## Modelos, Metodología y Resultados

### Modelos Y Metodología

Para realizar este estudio sobre la distribución óptima de recursos entre los distintos cuerpos de bomberos construimos una serie de modelos económicos-financieros que nos permitan relacionar el grupo de variables consideradas relevantes para la determinación del gasto.

Un modelo es una forma de ordenar las variables que nos permite explicar un fenómeno de forma simple y resumida. En este caso el fenómeno que se busca explicar es la relación entre los factores de riesgo que enfrentan los cuerpos de bomberos, la cantidad de servicios que estos prestan y los egresos.

Resulta evidente que puede existir más que un único modelo para explicar un fenómeno, por lo que se necesita alguna forma de discriminar cual es el mejor de todos. En este trabajo utilizamos los siguientes criterios:

#### 1. Ajustes con los Datos Reales

Los modelos deben presentar un nivel de ajuste razonable con los datos reales. Esto quiere decir que el comportamiento de las variables predicho por el futuro debe comportarse de la forma más similar posible con lo que realmente ocurre.

Para medir el nivel de ajustes utilizamos los estadísticos  $R^2$  y  $R^2$  ajustado, que indican que porcentaje de la información es explicada por el modelo.

#### 2. Coherencia de sus resultados con la lógica económica y financiera

Los resultados de las estimaciones deben estar dentro del ámbito de lo que intuitivamente debiera ocurrir o bien, presentar evidencia contundente de lo contrario.

Para asegurar el cumplimiento de este criterio sólo se consideraron variables que intuitivamente puedan resultar relevantes, además de realizar pruebas

estadísticas de significancia que nos permitieron aceptar o rechazar la importancia de cada variable.

### **3. Facilidad de Uso y Modificación para los próximos periodos**

Idealmente un modelo debiera ser fácil de modificar y actualizar en base a la nueva información con que se cuente, para los próximos periodos. Debido a la naturaleza del problema, el modelo debe ser capaz de irse ajustando periodo a periodo en base a la nueva experiencia con que se cuente, además de facilitar el análisis financiero de los cuerpos.

Para esto se buscó en cada etapa el modelo más resumido posible, sin sacrificar la calidad (ajuste) ni la coherencia.

### **4. Necesidad de información**

La información es costosa de conseguir y de trabajar, por lo que mientras menor sea la cantidad de información demandada para la modelación, mejor. Esto facilita el análisis de los resultados y hace más simple la manipulación y el trabajo sobre el modelo.

Por esto, se buscaron modelos que necesitasen la menor cantidad de información posible y que esta estuviera disponible rápidamente el futuro, ya sea proveniente de estadísticas oficiales o de información que ya se encontrada en poder de la JNCB. Al igual que en el caso anterior, esto se hace siempre y cuando no se perjudique ni el ajuste ni la coherencia del modelo.

### **Ajuste por Precios**

Con anterioridad a la estimación se generó un “Índice de Precios de Servicios” a nivel de región que consiste en un índice que da cuenta de los distintos precios que enfrentan los cuerpos pertenecientes a distintas regiones. Con esto buscamos identificar cual es el efecto que un mayor o menor nivel de precios tienen en el gasto de los cuerpos. Debido a la gran cantidad de centros de costo que tiene la JNCB, se consideraron las más

importantes en términos estadísticos y que resumían de mejor forma la información importante:

1. Nivel re Remuneraciones
2. Precio de la Energía (electricidad y petróleo)
3. Precio de los activos Inmobiliarios
4. Índice de precios del sector servicios.

Este índice se construyó considerando la importancia que tienen los distintos ítems de gasto para los cuerpos de bomberos a nivel regional.

### **Estimación**

Para realizar la estimación de los parámetros se decidió hacer un modelo de dos etapas. En la primera se estima la influencia de los factores de riesgo en la cantidad de servicios prestados, mientras que en la segunda se estima la relevancia que tienen los servicios en la generación del gasto de los cuerpos. Al hacer esto, hemos establecido a priori una relación de causalidad: los factores crean emergencias, y las emergencias requieren servicios de bomberos para su solución.

Los resultados de la primera etapa nos permitirán generar predicciones de la cantidad de servicios para el año 2014, a los cuales se les asociará un nivel de gasto determinado en la segunda etapa.

Los resultados de estas estimaciones nos permitirán generar predicciones de los valores correspondientes a servicios y con esto, gasto. Estos serán ajustados por el nivel de precios regional y posteriormente, se construyen los parámetros determinando la participación del gasto predicho para cada cuerpo en el gasto total de la JNCB.

### **Modelos**

En ambas etapas organizamos las variables dentro de distintos modelos y posteriormente escogemos el mejor de acuerdo a los criterios previamente definidos. Para esto se consideró el mayor número posible de variables que posiblemente afectaran los servicios y el gasto, de modo de evitar el problema generado en caso de omitir una variable



relevante. Esto no quiere decir que el modelo final las incluya todas, ya que aún falta por ver estadísticamente la importancia de cada una, lo cual puede solamente determinarse a la luz de los resultados.

Algunas de las utilizadas en la primera etapa, es decir, la estimación de la relevancia de los factores de riesgo sobre los servicios prestados, fueron:

1. Pobreza
2. Cantidad de vehículos
3. Nivel de ingreso promedio
4. Indicador de hacinamiento total
5. Indicador de hacinamiento promedio
6. Estado de Conservación de vivienda: Techo
7. Estado de Conservación de vivienda: Suelo
8. Estado de Conservación de vivienda: Paredes
9. Índice de Calidad de Vivienda (CASEN)
10. Población
11. Cantidad de hogares
12. Prevalencia de Seguros contra incendios.
13. Escolaridad
14. Superficie ICEF
15. Ruralidad
16. Superficie
17. Cantidad de hogares que han realizado mejoras a su casa en el último año.
18. Densidad Poblacional
19. Índice de Ingresos (Ingresos promedio ajustado por precios regionales)

En la etapa dos, o sea, estimación de la importancia de los servicios prestados en el gasto, se consideraron los 15 tipos de servicios diferentes que prestan los cuerpos. Estos son:

1. Incendio Casas
2. Incendio Estructuras Industriales
3. Otro Tipo de estructuras
4. Incendio Vehículos
5. Incendios Pastizales
6. Rescates Vehículos
7. Rescate Personas
8. Otros Rescates
9. Emergencia de Gases
10. Emergencia Material Peligroso
11. Emergencia con Energía Eléctrica
12. Otros Servicios de Emergencia
13. Servicios de inspección y revisión
14. Rebrote de fuego o remoción de escombros
15. Apoyo a Otros cuerpos de bomberos.

En ambos casos se probaron todas las combinaciones de variables posibles (modelos) y posteriormente se escogió el mejor en base a los cuatro criterios mencionados anteriormente. Todas estas variables fueron tratadas a nivel de cuerpo, es decir, se buscan las características sociales y demográficas de la población que cada centro que atiende, y la cantidad de servicios de cada cuerpo el año 2012.

### **Metodología de Estimación**

Como ya mencionamos, para realizar la estimación de los parámetros utilizamos distintos modelos donde las variables dependientes son el nivel de servicios prestados (primera etapa) y el gasto incurrido (segunda etapa), mientras que las independientes son las condiciones que enfrentan los cuerpos (factores de riesgo) y la cantidad de servicios prestados.

Para esto utilizamos dos métodos de estimación: Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Mínimos Cuadrados Factibles (MCF), que nos permiten obtener los coeficientes de correlación parcial entre las variables dependientes e independientes en ambas etapas.



Mínimos Cuadrados Ordinarios tiene la ventaja de ser intuitivo, y fácil de implementar ya que todos los software estadísticos lo traen programado de antemano, mientras que Mínimos cuadrados Factibles nos permite corregir por los problemas que puedan surgir de MCO, principalmente heterocedasticidad.

En términos simples, el método MCO busca minimizar los errores que pudiera cometer el modelo, es decir, busca que en el agregado la diferencia entre lo que explica el modelo y lo que efectivamente ocurre sea la mínima posible. Sin embargo, en ciertas circunstancias pueden producirse ciertos problemas con estas estimaciones, lo que pretendemos descartar al utilizar como verificación MCF.

Lo que se obtiene con MCO es un coeficiente de correlación parcial, que corresponde a una estimación de la importancia de una variable para la otra, por ejemplo, la importancia o ponderación del servicio Incendio de Casas en el nivel de gasto.

Un problema que enfrentamos en esta parte es la alta correlación positiva entre las variables, es decir, la imposibilidad de separar los efectos individuales. Intuitivamente esto quiere decir que los cuerpos que tienen un alto nivel del "Servicio 1" también tendrán un alto nivel del "Servicio 2"

## Resultados

Para simplificar el análisis realizaremos este análisis de manera retroactiva, es decir, primero la segunda etapa y luego la primera.

### Etapa 2

En la segunda etapa se corrieron distintas regresiones (Aplicación del método MCO y MCF), con todas las combinaciones posibles de variables. Como ya hemos dicho anteriormente, existe una altísima correlación entre la mayoría de ellas, por lo que se debió poner atención adicionalmente en cuales explican de forma resumida el mayor porcentaje de correlación posible.

El mapa de correlaciones es el siguiente:



|    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1  | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2  | 7%   | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3  | 50%  | 9%   | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4  | 75%  | 19%  | 67%  | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5  | 64%  | 8%   | 34%  | 67%  | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6  | 67%  | 19%  | 56%  | 86%  | 68%  | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7  | 56%  | 14%  | 51%  | 70%  | 51%  | 78%  | 100% |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8  | 7%   | 0%   | 2%   | 15%  | 12%  | 14%  | 2%   | 100% |      |      |      |      |      |      |      |
| 9  | 77%  | 7%   | 68%  | 91%  | 58%  | 84%  | 76%  | 9%   | 100% |      |      |      |      |      |      |
| 10 | 53%  | 7%   | 23%  | 45%  | 50%  | 40%  | 39%  | 12%  | 43%  | 100% |      |      |      |      |      |
| 11 | 63%  | 12%  | 68%  | 81%  | 54%  | 77%  | 78%  | 1%   | 86%  | 35%  | 100% |      |      |      |      |
| 12 | 27%  | -1%  | 5%   | 18%  | 22%  | 20%  | 12%  | 7%   | 19%  | 17%  | 9%   | 100% |      |      |      |
| 13 | 28%  | 0%   | 24%  | 31%  | 23%  | 28%  | 21%  | 7%   | 27%  | 11%  | 26%  | -1%  | 100% |      |      |
| 14 | 24%  | 6%   | 17%  | 27%  | 34%  | 24%  | 16%  | 16%  | 21%  | 22%  | 20%  | 11%  | 16%  | 100% |      |
| 15 | 19%  | 11%  | 10%  | 23%  | 28%  | 37%  | 35%  | 0%   | 20%  | 10%  | 26%  | 22%  | 4%   | 17%  | 100% |

Donde cada número está asociado a un tipo de servicios según la sección “Modelos”. Cada porcentaje nos indica cuanto impacta un tipo de servicio en otro, por ejemplo, que un cuerpo tenga un Incendio de casa (1) más, hará que en promedio, también tenga que enfrentar 0,77 Emergencia de Gases (9) más.

Con esto en mente se procedió a estimar mediante el método de MCO distintos modelos, de donde se escogió el siguiente:

$$Egresos = \beta \times \text{Incendio de Casa} + \gamma \times \text{Emergencia de Gases}$$

El hecho que se incluyan sólo dos de los quince tipos de servicios distintos no quiere decir (en ningún caso) que estos sean los únicos importantes, si no que estos resumen la mayor parte de la información de todos, y por lo tanto constituyen una especie de “Índice de Servicios”.





$\beta$  y  $\gamma$  corresponden a las ponderaciones o importancia que tienen estos servicios dentro del gasto total de cada cuerpo. Sus valores estimados son los siguientes:

| <b>Índice de Gasto Projectado</b>               |            |
|---|------------|
| Índice de Gasto de Servicios 1 (Incendio Casas) | 0,465819   |
| Índice de Servicios 2 (Emergencia Gases)        | 4,575693   |
| <b>Nivel de Ajuste a los datos</b>              | <b>92%</b> |

Es importante notar que este modelo presenta un nivel de ajuste del 92%, es decir, logra explicar un 92% de la cantidad del gasto en base a estas dos variables. El 8% restante será considerado como gasto fijo. Este nivel de ajuste es inusualmente alto, es raro encontrarlo en cualquier tipo de modelo.

Al realizar la verificación de estos resultados, realizando la misma estimación por el método de MCF, se pudo corroborar que los resultados eran adecuados y que el método de estimación no presentaba mayores problemas. Por esto, se decidió utilizar los resultados de MCO ya que no son sustantivamente diferentes y el método es más simple de implementar en el futuro.

Una acotación importante que realizar, es que se debe considerar que previo a la estimación, los datos sobre gastos han sido ajustados por nivel de precios y además, existen cuerpos que no son tomados en cuenta debido a que para ellos no existe información respecto del nivel de gasto.

### **Etapas 1**

En la etapa 1 buscamos explicar la importancia de las condiciones en que los bomberos se desenvuelven como determinantes de la cantidad de servicios que deben prestar, a esto hemos llamado también “factores de riesgo”.

Como explicamos en la sección “Modelos”, existe una gran cantidad de variables que intuitivamente podrían resultar importantes en este sentido, pero se debe determinar estadísticamente si es que existe evidencia objetiva de eso y cuáles de esas variables son



las que explican de manera más resumida la mayor cantidad de información posible. Para determinar esto se procedió de manera análoga a la Etapa 2, se probaron distintas combinaciones y posteriormente se escogió la mejor acorde a los criterios definidos anteriormente.

En este caso tenemos dos variables que nos interesaba explicar, el número de Incendio de Casas y Emergencia de Gases, debido a que estos serán las utilizadas para la imputación del gasto. Los modelos escogidos son:

$$\text{Incendio Casas} = \beta \times \text{Población} + \gamma \times \text{Superficie ICEF} + \delta \times \text{Zona}$$

$$\text{Emergencia de Gases} = \beta \times \text{Población} + \gamma \times \text{Índice de Ingresos}$$

Los resultados de estas estimaciones son:

| <b>Índice Servicios 1 (Incendio Casas)</b> |            |
|--|------------|
| Nº Habitantes                              | 0,000192   |
| Superficie ICEF                            | 0,000050   |
| Zona (Urbana o Rural)                      | 40,99      |
| <b>Nivel de Ajuste a los Datos</b>         | <b>71%</b> |

| <b>Índice de Servicios 2 (Emergencia Gases)</b> |            |
|---|------------|
| Nº Habitantes                                   | 0,000251   |
| Índice de Ingresos (población)                  | 0,000873   |
| <b>Nivel de Ajuste a los Datos</b>              | <b>86%</b> |

En ambos modelos, nuevamente se encuentra un alto nivel de ajuste del modelo a los datos. De manera idéntica al apartado anterior, es importante mencionar que no sólo las variables incluidas son importantes si no que estas también resumen, de manera indirecta, información de otras que también resultan relevantes.

Si consideramos ambas etapas, el modelo logra un ajuste cercano al 90% con los datos reales.



### **Construcción de Parámetros**

Con los resultados anteriores se procedió de la siguiente manera para la construcción de los parámetros: primero se construyó un índice de gasto que considerara el costo fijo (8% que la segunda etapa no logra explicar) y el gasto variable asociado a los índices de Servicios, y posteriormente se ajustó todo por nivel de precios. El parámetro final es la ponderación del nivel de gasto individual de cada cuerpo en el gasto total de la JNCB. Las predicciones de Gasto y Servicios se realizaron considerando las ponderaciones obtenidas mediante las estimaciones.

Por último, se decidió cambiar el resultado de los 3 casos más extremos en vista de su historial financiero anterior. Esto debido al monto histórico que tenía una incidencia previa en el porcentaje de participación total. Cabe destacar que este modelo busca una corrección para la distribución de las subvenciones de manera paulatina, por esta razón el modelo se aplicó sobre el incremento del presupuesto, destacar además que este modelo debe ser revisado nuevamente en una próxima oportunidad para determinar los parámetros mínimos necesarios para la correcta operatividad de cada Cuerpo de Bomberos ante las emergencias Bomberiles.