

METODOLOGÍA PARA ESTABLECER UNA
ESCALA SALARIAL DINÁMICA PARA EL
RÉGIMEN DE CAPITALIZACIÓN COLECTIVA DE
LOS EDUCADORES DE COSTA RICA

ESTABLISHING A METHODOLOGY OF A
DYNAMIC SALARY SCALE OF THE COLLECTIVE
CAPITALIZATION PENSION FUND OF THE
TEACHERS IN COSTA RICA

ESTEBAN BERMÚDEZ-AGUILAR* ISMAEL MORALES-GARAY†
TATIANA BARBOZA-SOLÓRZANO‡

Received: 02/Feb/2018; Revised: 14/Jun/2018; Accepted: 14/Jun/2018

Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones is licensed under a Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International License.
Creado a partir de la obra en <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/matematica>



*Departamento Actuarial, Junta de Pensiones del Magisterio Nacional, San José, Costa Rica.
E-Mail: ebermudez@juntadepensiones.cr

†Misma dirección que/Same address as: E.Bermúdez. E-Mail: imorales@juntadepensiones.cr

‡Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. E-Mail: tati991tb@gmail.com

Resumen

El Régimen de Capitalización Colectiva (RCC) acoge a todos los trabajadores del Magisterio Nacional de Costa Rica nombrados posteriormente al 14 de Julio de 1992. El magisterio está compuesto por el personal docente y administrativo del Ministerio de Educación Pública, de los Centros Educativos Privados, del Instituto Nacional de Aprendizaje y de las universidades públicas del país. Para la elaboración de los estudios actuariales del fondo, se requieren proyectar los salarios futuros de estos trabajadores. Sin embargo, para realizar esta tarea se han encontrado algunas dificultades tales como: que los trabajadores no necesariamente mantienen el mismo tiempo de nombramiento durante todo el calendario escolar, la variabilidad de los nombramientos en cuanto a jornadas y los lapsos que se ausentan de las aulas. Ante este comportamiento salarial se ha realizado un Análisis de Componentes Principales (ACP) para establecer qué variables explican mejor este fenómeno, y se elaboró un modelo binomial de incremento o decremento salarial anual, que es la base para la construcción de una escala salarial del Magisterio.

Palabras clave: análisis de componentes principales; modelación estocástica; escala salarial; pensiones; magisterio.

Abstract

The Teacher's Pension Fund integrates all the workers of the national magisterium of Costa Rica who were hired after July 14th, 1992. The magisterium are integrated by functionaries of the Ministry of Public Education, private schools, functionaries of the National Institute of Learning and the Public Universities of the country. In order to elaborate the Actuarial Report of the fund, we require to project the future salaries of these workers. However, in order to perform this task we have found some difficulties such as: the workers not necessarily keep the same time working during the scholar year, the variability of the time designation and the lapse of time they are out of the scholar room. In view of this salary behavior, a Principal Component Analysis (PCA) was carried out to establish which variables best explain this phenomenon, and a binomial model of increase or decrease the salary annually was elaborated, which is the basis for the construction of a salary scale for the Magisterium.

Keywords: principal components analysis; stochastic modeling; salary scale; pensions; magisterium.

Mathematics Subject Classification: 62H25, 91B70, 62P05.

1 Antecedentes

El Régimen de Capitalización Colectiva (RCC) es un fondo de pensiones del sector magisterial de Costa Rica, que fue instaurado en virtud de la Ley de la República 7302 de julio de 1992. La población perteneciente al fondo son aquellos trabajadores de la educación que empezaron sus labores docentes o administrativas en fecha posterior al 14 de julio de 1992. La ley faculta a la Junta de Pensiones del Magisterio Nacional a administrar en forma total el fondo y a la Superintendencia de Pensiones (SUPEN) a su supervisión y fiscalización. Actualmente el régimen goza de estabilidad actuarial y financiera, la cual se ha valuado en los estudios que se realizan cada año por normativa.

Para el año 2014, se realizaron algunos ajustes al modelo actuarial de valuación del fondo, como por ejemplo: estimación de tasa de descuento ponderada por tipo de inversión, ajustes en la densidad de cotización, y ajustes en el cálculo de las pensiones, que entre otras cosas utilizó como insumo el histórico salarial de cada afiliado. En la valuación del 2014 se utilizó una escala salarial de 1.3 puntos porcentuales reales por cada año de proyección, y se basó en una escogencia teórica del comportamiento de los salarios del Ministerio de Educación Pública, tomando en cuenta pluses salariales tales como: anualidades¹ e incentivo didáctico².

Para la valuación del año 2015 se comenzaron a valorar modelos más dinámicos para el establecimiento de hipótesis actuariales tales como: tasa de interés, modelo de postergación en el monto de pensión, escala salarial para la proyección de salarios futuros de los activos, entre otros. Cada cambio en los rubros anteriores se basó en estudios técnicos, estadísticos y de optimización. Una mejora que impactó al modelo actuarial fue la escala salarial, esto pues los trabajadores que pertenecen al RCC han presentado históricamente una volatilidad alta en sus salarios, lo cual hace complejo establecer un modelo tradicional que ajuste los salarios futuros de la población activa actual. Ante esta realidad se construye un modelo estocástico, los cuales cada día son más utilizados en las ciencias actuariales, tal como se señala en [5] para los modelos de pensiones: *“Actuarial valuations of these schemes, unlike other branches of insurance, continue to be carried out almost exclusively on traditional, deterministic lines. Stochastic applications in this area, which have been restricted mainly to occasional special studies, have relied on the simulation technique”*.

¹Monto porcentual o fijo que se agrega al salario por cada año laborado, para el Ministerio de Educación consiste en un 1.97%, sin embargo para otras entidades puede ser de hasta un 5.5%.

²Rubro que corresponde al 8.33% del salario nominal, con el propósito que el docente adquiera los artículos básicos para su labor docente, tal como marcadores, papel, tizas, cartulinas, entre otros.

Dada la volatilidad salarial, su proyección se modela bajo un modelo estocástico, dado que los docentes tienen distintas jornadas de trabajo que pueden cambiar con el tiempo, por ejemplo un trabajador puede laborar tiempo completo un año, el año siguiente trabajar medio tiempo y dentro de dos años tres cuartos de tiempo, respectivamente. Esto ocasiona que los ingresos de los docentes entre un periodo u otro cambien constantemente. También los cambios salariales consideran los ajustes, producto del aumento de puestos en carrera profesional y ascensos en su puesto (méritos) en general. La volatilidad que se observa en el comportamiento salarial de los educadores, produce que la proyección de un salario con estas características, no se ajuste a los modelos de proyección salarial tradicionales que son del tipo exponencial. Las formas tradicionales de crecimiento de los salarios hacen referencia a una curva salarial creciente tal como se expresa en [2]:

$$S_t = w(x)e^{\beta t}, \quad (1)$$

donde $w(x)$ es el salario de una persona de edad x , β es un factor que mide los componentes de méritos (ascensos futuros) y t es el tiempo que se proyectará el salario. Ante las variaciones ascendentes y descendentes que se observan en los salarios del Magisterio Nacional, se puede asumir que el salario futuro de un docente se comporta más parecido a un modelo binomial de precio de acciones, es decir, por medio de un proceso estocástico [1] o un modelo de árboles binomiales [4]. Para nuestro modelo, asumimos que para un salario en el tiempo t , y para S_t se dan dos posibles salarios futuros, uno superior (S_u) u otro inferior (S_d), esto con el fin de simular las caídas y ascensos de los salarios en la educación, donde:

$$S_{t+1} = \begin{cases} S_t \cdot u & \text{con probabilidad } p_u \\ S_t \cdot d & \text{con probabilidad } p_d, \end{cases}$$

donde u es el componente de ascenso del salario S_t y d el componente de descenso, es decir $S_u = S_t \cdot u$ y $S_d = S_t \cdot d$.

El modelo presentado en este artículo tiene como objetivo optimizar la masa salarial de toda la población activa, que guarda estrecha relación con la historia salarial de los trabajadores.

2 Metodología

Inicialmente se utiliza un Análisis de Componentes Principales (ACP) para la escogencia de las variables que explican la escala salarial y posteriormente se hace un análisis de volatilidad con toda la población activa del RCC, con el fin de establecer los límites del incremento o decremento de los salarios, basados

en las variables que más explicaron la varianza en el ACP, y con base en las probabilidades de aplicación de cada ajuste. Se utiliza la población activa³ del RCC, con corte a Noviembre de 2014. Se realizaron en general 3 etapas que se describen en el desarrollo del estudio: *ACP, Generación de matrices para la escala salarial y Generación de la Escala Salarial*. Para efectos del manejo de los datos, se utilizó el software SPSS y el Matlab, dado que los modelos actuariales a lo interno de la Junta de Pensiones del Magisterio se realizan en estos paquetes.

3 Etapa 1: análisis de componentes principales

Dado que en los estudios actuariales se realizan proyecciones con el fin de simular el comportamiento futuro de la masa salarial y por consecuencia los montos de las pensiones futuras, el obtener un modelo fiable para esa proyección ayudará a la toma de decisiones, este modelo debe considerar el comportamiento salarial y tiempos de nombramiento de la población del Magisterio Nacional, por lo que se consideró realizar una escala salarial estocástica.

Para establecer una metodología para una escala salarial para el Régimen de Capitalización Colectiva de los educadores de Costa Rica, se inició el proceso de análisis de la población con un estudio de Análisis de Componente Principales (ACP) con el fin de delimitar la población en un grupo o grupos de similares características.

Definición 3.1 (Cotizante Activo) *Se define como cotizante activo aquel que cuenta con una cotización en los últimos tres meses o tres en los últimos seis, y además que las cotizaciones correspondan al mínimo de una lección con salario mayor o igual al mínimo establecido por ley, (salario de 6,222.50 colones) ni superiores a los 10,000,000 colones, ya que las cotizaciones reportadas fuera de este rango no corresponden a salarios ordinarios, si no a pagos retroactivos.*

Definición 3.2 (Antigüedad) *Se define como Antigüedad el periodo transcurrido entre la primera cotización y la fecha de análisis, puede ser medida en días, meses o años.*

Definición 3.3 (Densidad de Cotización) *Se define como Densidad de Cotización DC_i al cociente entre las cotizaciones enteradas de la persona i en su vida laboral y la Antigüedad medida en meses.*

³Afiliado que posee 1 cuota en los últimos 3 periodos mensuales al corte o 3 cuotas en los últimos 6 periodos.

Durante el estudio se decide tomar en cuenta solo la población que tenga al menos un año de laborar en el Magisterio y que tenga una densidad de cotización igual o mayor a 0.5, esto significa que desde que la persona trabajó por primera vez en el Magisterio Nacional y hasta el 30 de noviembre de 2014, tenga al menos la mitad del tiempo cotizado. La población debe tener estas características debido a que la historia salarial es vital para registrar los cambios que tenga en el periodo transcurrido y captar de mejor manera las fluctuaciones que este tenga. Para correr el ACP se decide utilizar las siguientes variables:

- Edad.
- Tiempo laborado anualizado, número de cuotas aportadas entre 12.
- Densidad, cantidad de cuotas registradas entre la antigüedad.
- Antigüedad, periodos entre el 30 de noviembre de 2014 y la fecha de la primera cotización Magisterio.
- Media Salarial, promedio de los salarios mensuales registrados en el Magisterio.
- Mediana Salarial, mediana de los salarios mensuales registrados en el Magisterio.
- Varianza Salarial, variación de los salarios mensuales registrados en el Magisterio.
- Máximo Salarial, salario máximo mensual registrado en el Magisterio.
- Mínimo Salarial, salario mínimo mensual registrado en el Magisterio.
- Volatilidad 10 más, cantidad de veces que el incremento de un salario mensual al otro es de más del 10%.
- Volatilidad 10 menos, cantidad de veces que la disminución de un salario mensual al otro es de más del 10%.
- Tiempo Laborado redondeado, parte entera del tiempo laborado.

A criterio experto, estas variables se seleccionaron para el estudio, ya que explican con alguna certeza el comportamiento del salario de la población del Magisterio a través del tiempo. El fin del ACP es identificar cuáles de estas variables pesan más en la variación de los salarios con el paso de los años, de modo que se logre identificar un modelo basado en esas variables para proyectar

los aumentos o disminuciones de los salarios de dicha población, y además se logre una mejor estimación del activo futuro en términos de cuotas que ingresan al RCC.

Cabe resaltar que la variable disminución salarial (volatilidad 10 menos) no es un rebajo en el salario base, sino en el tiempo nombrado por año o un eventual cambio de puesto, pues como se explicó en los antecedentes, los trabajadores de la educación varían el tiempo en que están nombrados, es decir, un año trabajan medio tiempo, el otro cuarto de tiempo y el tercer año tiempo completo, lo que ocasiona que varían a la baja o al alza los salarios.

El análisis se realizó por la variable *sexo* y la variable *último patrono* para determinar si estas ayudan a diferenciar entre las personas que tengan mayores aumentos salariales de los que no lo tengan, ya que a nivel nacional estas variables influyen en el comportamiento de los salarios, de modo que se logre distinguir entre sus categorías; sin embargo, al realizar el ACP tanto para las categorías de sexo como para las de institución, se observó que el comportamiento entre estas era el mismo, por lo que se decidió no diferenciar por estas variables.

Al hacer el Análisis de Componentes Principales (ACP) se observa que los dos primeros factores explican el 66.38% de la varianza total, y que las variables que más aportan al primer componente son tiempo laborado, tiempo laborado redondeado, antigüedad y el máximo salarial; en el segundo componente aportan más el mínimo, la mediana y la media salarial.

También se estudió que la variable edad cuenta con cargas bajas e iguales en ambos componentes, esto se presenta en la Tabla 1, y al ver que tiene una comunalidad de 0.224 se decide eliminarla del análisis, debido a que no aporta información adicional al estudio.

En el círculo de correlaciones se puede observar que las variables estudiadas, salvo último patrono, presentan una correlación positiva. Se pueden agrupar en dos partes, en el primer cuadrante se ubican las variables relacionadas con el salario (mínimo, máximo, media, mediana), junto con la densidad, y en el cuarto cuadrante se agrupan las variables relacionadas con la volatilidad de los salarios y factores de tiempo (antigüedad, tiempo laborado, edad). A pesar que la variable Último Patrono posee una correlación negativa con el resto, como se indicará más adelante, esta no brinda al modelo una característica importante para su explicación (Figura 1).

Tabla 1: Régimen de capitalización colectiva. Análisis de componentes principales por variable según cargas factorial y comunalidades.

Variables	Componente		Comunalidades
	1	2	
Edad	0.353	-0.315	0.224
Tiempo Laborado	0.871	-0.316	0.858
Densidad	0.193	0.479	0.267
Antigüedad	0.852	-0.429	0.909
Media Salarial	0.764	0.606	0.951
Mediana Salarial	0.698	0.626	0.878
Varianza Salarial	0.571	0.103	0.337
Máximo Salarial	0.859	0.351	0.862
Mínimo Salarial	0.155	0.793	0.653
Volatilidad 10 más	0.785	-0.313	0.715
Volatilidad 10 menos	0.337	-0.581	0.452
Tiempo Laborado Redondeado	0.869	-0.326	0.861

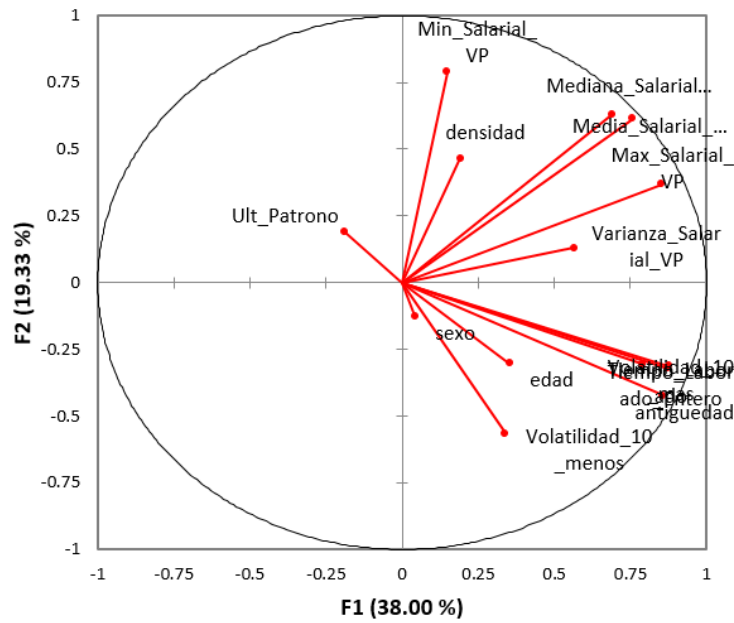


Figura 1: Círculo de correlaciones, según los componentes principales.

En la Figura 2 se observan los datos proyectados bajo la óptica de los dos primeros componentes principales, que muestran una concentración cercana al punto (0, 0), pero más concentrados para los cuadrantes 2, 3 y 4, no así para el primer cuadrante donde se observan puntos alejados del centro.

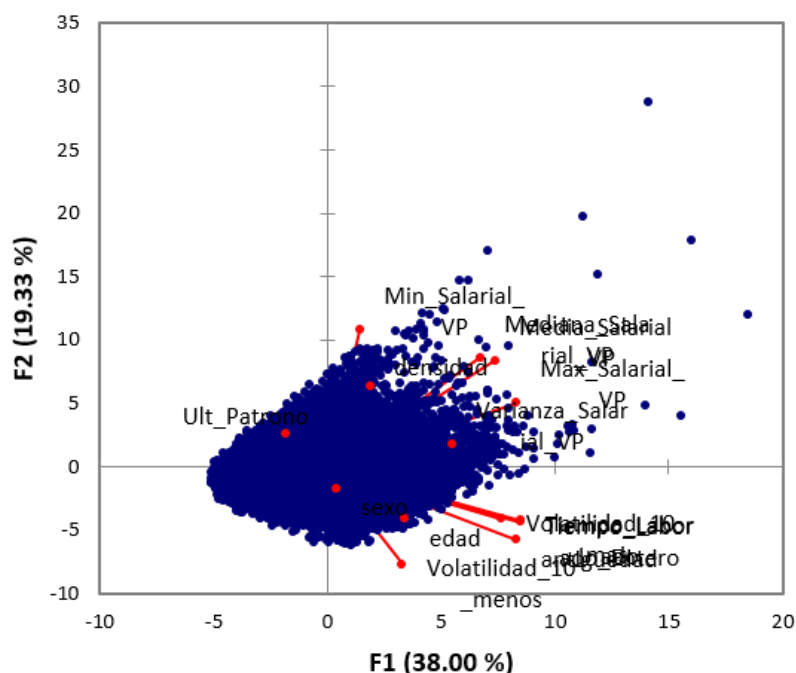


Figura 2: Distribución de la población, según el círculo de correlaciones y los componentes principales.

Se procedió a realizar el análisis sin la variable edad, esto trae como consecuencia un aumento en la varianza explicada, ya que pasó a ser un 70.87%, lo que indica que se tomó una buena decisión al eliminar la edad del estudio. En la Tabla 2 se muestra que todas las variables tienen cargas superiores a 0.5 en al menos un componente, por lo que señala que se ha logrado encontrar una cantidad óptima de variables que se agrupan en dos componentes. Sin embargo, al estudiar las comunales se detecta que la variable densidad tiene un valor muy bajo, por esto se procede a eliminarla; además se debe destacar que las variables que tienen una mayor carga en el primer componente son el máximo salarial, tiempo laborado y tiempo laborado redondeado; en el segundo componente aportan más el mínimo salarial y la volatilidad 10 menos.

Tabla 2: Régimen de capitalización colectiva. Análisis de componentes principales por variable según cargas factorial y comunalidades.

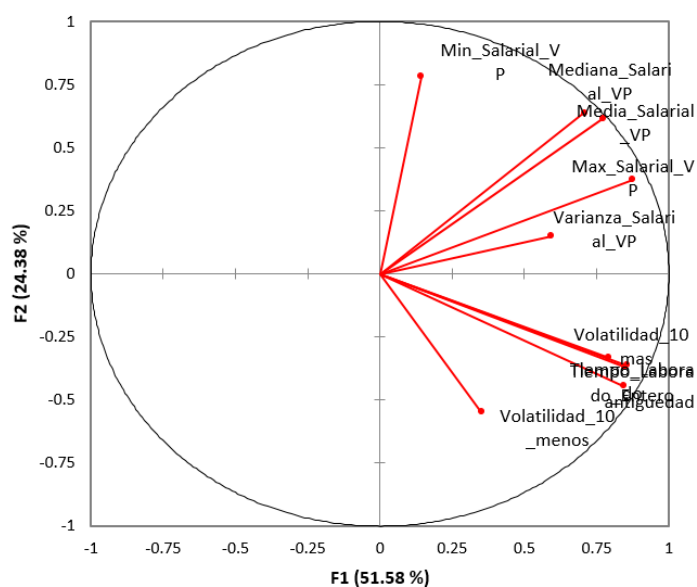
Variables	Componente		Comunalidades
	1	2	
Tiempo Laborado	0.854	-0.322	0.832
Densidad	0.197	0.509	0.297
Antigüedad	0.833	-0.441	0.888
Media Salarial	0.786	0.573	0.946
Mediana Salarial	0.72	0.594	0.872
Varianza Salarial	0.586	0.046	0.346
Máximo Salarial	0.879	0.299	0.862
Mínimo Salarial	0.171	0.814	0.691
Volatilidad 10 más	0.784	-0.359	0.744
Volatilidad 10 menos	0.327	-0.613	0.483
Tiempo Laborado Redondeado	0.851	-0.332	0.835

En la Tabla 3 se presentan los resultados de realizar el ACP sin la variable densidad, en este análisis la variabilidad total explicada sube a un 75.96%, por lo que se puede decir que la densidad es una variable que no aporta al estudio, por lo que es ideal eliminarla de este. También, se observa que en el primer componente es donde la mayoría de las variables tienen altas cargas factoriales, pero las que aportan más son máximo salarial, tiempo laborado y tiempo laborado redondeado; en el segundo componente solo cargan dos variables: el mínimo salarial y la volatilidad 10 menos y el que le aporta más es el primero.

Del análisis anterior se puede concluir que las variables edad y densidad no contribuyen con información adicional al análisis, ya que estas no logran diferenciar a la población, por lo que se decidió eliminarlas del estudio; además se detecta que el tipo de institución no es un factor influyente en el análisis de cambios salariales a través del tiempo, debido a que los cambios salariales entre instituciones no tienen una diferencia significativa, al igual que en sexo. También se eliminó del ACP varianza salarial y volatilidad 10 menos, pero al quitarlas del análisis disminuye el porcentaje de varianza explicada, por lo que se decidió mantenerlas. De los resultados más importantes que se presentaron es que las variables indicadoras del comportamiento del salario (mínimo, máximo, mediana, media y varianza salarial) se situaron en el mismo cuadrante, lo que implica que estas tienen un comportamiento similar. Por otra parte, las variables que están relacionadas con el tiempo laborado y la volatilidad del salario se agrupan en otro cuadrante, las cuales poseen correlaciones altas entre sí (Figura 3).

Tabla 3: Régimen de capitalización colectiva. Análisis de componentes principales por variable según cargas factorial y comunalidades.

Variables	Componente		Comunalidades
	1	2	
Tiempo Laborado	0.854	-0.363	0.861
Antigüedad	0.842	-0.444	0.906
Media Salarial	0.774	0.618	0.981
Mediana Salarial	0.708	0.64	0.91
Varianza Salarial	0.594	0.148	0.375
Máximo Salarial	0.876	0.372	0.906
Mínimo Salarial	0.145	0.78	0.629
Volatilidad 10 más	0.793	-0.335	0.741
Volatilidad 10 menos	0.351	-0.546	0.422
Tiempo Laborado Redondeado	0.852	-0.372	0.864

**Figura 3:** Gráfico de correlaciones según los componentes principales.

A pesar de eliminación de las variables (edad, densidad, institución, varianza salarial, volatilidad 10 menos, sexo), los datos se siguen agrupando en un solo clúster y siguen presentando las restricciones observadas desde el primer ACP, tal como se muestra en la Figura 4.

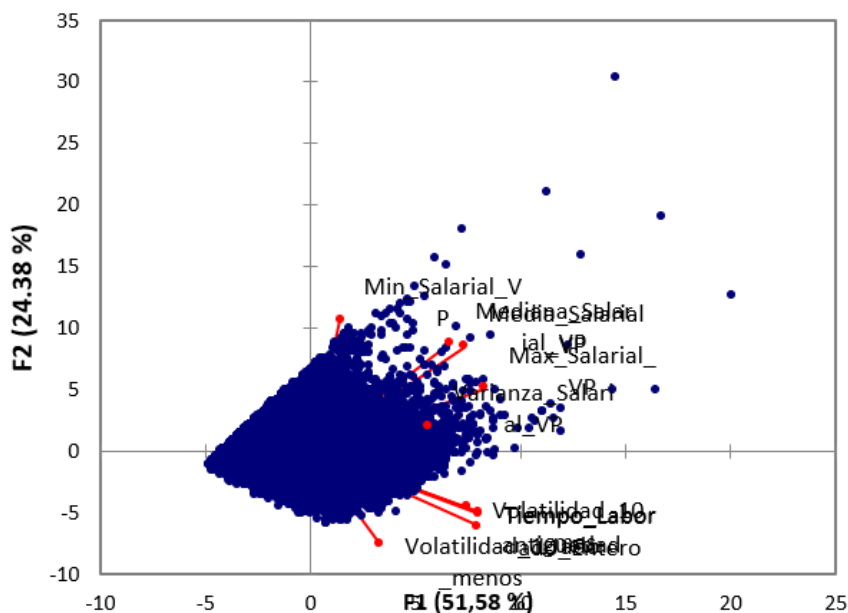


Figura 4: Distribución de la población según el círculo de correlaciones y los componentes principales.

Finalmente se realizó un ACP con el 90% de la población de estudio que corresponde a 68,299 personas, dejando de lado los casos más alejados del centro, que son tratados como atípicos. Al correr el análisis de nuevo se generan los mismos resultados, por lo que se eliminan las mismas variables y permanecen las 10 ilustradas en la figura anterior, en la sección Anexos (Tabla 4) se muestra la matriz de correlaciones de las variables seleccionadas.

4 Etapa 2: Generación de matrices base para la escala salarial

Basado en el estudio de Análisis de Componentes Principales de la Etapa 1, se consideran variables fundamentales para el estudio de escala salarial, dos variables: Años Laborados Enteros y una Probabilidad de Aumento. En este sentido, la escala salarial tendrá como eje la consideración única de los años laborados de cada afiliado en la población, referenciado a una probabilidad p que indicará si el afiliado aumenta su salario en un porcentaje dado. Para hacer este estudio se tomó en cuenta toda la población final del ACP de la etapa 1 (68,299),

y se registró en una matriz toda la historia salarial de cada individuo. De esta población se consideraron el 95% de los individuos más cercanos al centroide del círculo de correlaciones, en este caso el número final para la creación de la curva salarial fue de 64,884 individuos. La distancia que se utilizó para discriminar a los individuos fue la norma euclídea ⁴ (Figura 5).

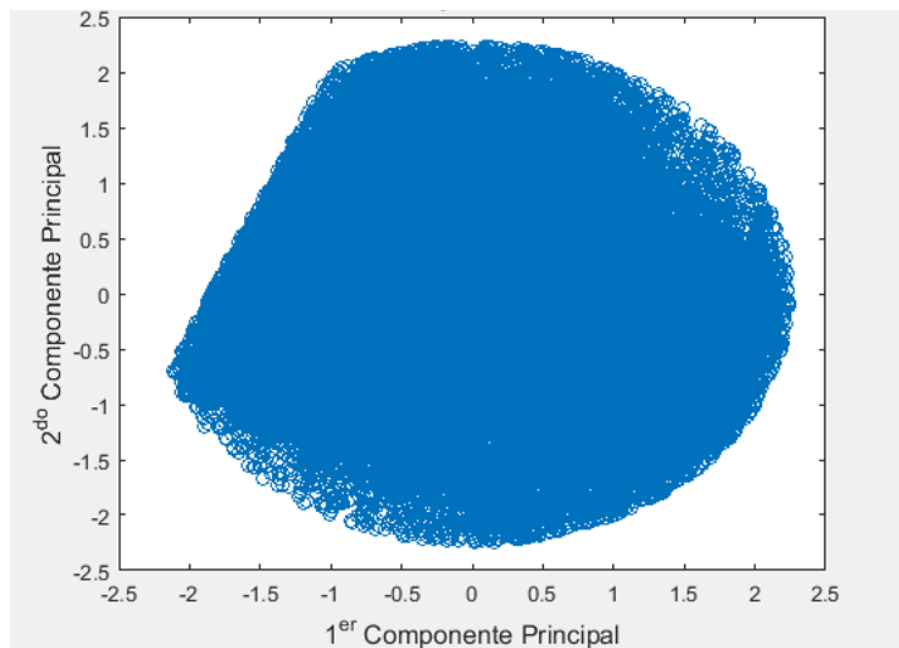


Figura 5: Escogencia del 95% de los individuos con distancias más cercanas al Centroides.

La escala salarial se construirá con base en los salarios reales de los afiliados, por lo que todos estos salarios se actualizan con la tasa correspondiente del índice de Precios al Consumidor, publicado por el Banco Central de Costa Rica, de manera que todos correspondan a la fecha de estudio. Así para este efecto, todos los salarios se traen a valor presente a noviembre de 2014. Se reitera que la escala salarial reflejará los ajustes salariales desde el punto de vista real, o sea en donde la inflación es cero. En el análisis se utilizaron los salarios promedios anuales de cada trabajador, dado que la escala salarial a construir se basa en los cambios anuales de los salarios y refleja el costo de servicio de los trabajadores,

⁴La distancia entre el centroide $C = (0, 0)$ y el punto $X = (x_1, y_1)$ está dada por $d(X, Y) = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$.

y considerando únicamente los salarios de referencia de los trabajadores activos según la definición 3.1. Así por ejemplo, si en el histórico salarial de un afiliado hipotético se presentan los siguientes salarios⁵ nominales:

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20X0	50	29	90.4	1,250	0	0	17,000	1,200	576	780	2	3,000
20X1	52	31	100	250	150	150	150	1,000	1,000	1,250	1,250	100
20X2	0	0	0	0	0	3.5	50	50	65	100	100	75

Para la estimación del salario promedio anual se utilizan únicamente los siguientes salarios distintos de cero:

Año	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal	Sal
20X0	50	29	90.4	1,250	1,200	576	780	3,000				
20X1	52	100	100	250	150	150	150	1,000	1,000	1,250	1,250	1,000
20X2	50	50	65	100	100	75						

Los salarios promedios anuales para este trabajador son:

Año	Promedio
20X0	871.93
20X1	537.67
20X2	73.33

Mediante el proceso anterior aplicado a toda la población activa del 30 de Noviembre del 2014, se obtiene una matriz de tamaño $79,026 \times 22$, que corresponde a los últimos 22 años de historia desde 1992 hasta 2014. Este mismo proceso se realiza con los salarios mayores y menores por año, así el salario representante será aquel que sea mayor del año o el menor respectivamente. De acuerdo al ACP de la etapa 1, estas variables tienen un comunalidad mayor al 0.9, por lo que se hace el ejercicio con ellas.

Seguidamente, como cada individuo posee un tiempo de servicio distinto, se procede ordenar los salarios promedio anuales según la Antigüedad de cada individuo. Por ejemplo, si un individuo tiene 10 de años de antigüedad y otro tiene 7 años, los salarios respectivos deben estar alineados de forma que los tiempos sean equivalentes. Usualmente los salarios se ordenan según el año:

⁵Salarios en miles de colones.

AÑO	20X5	20X6	20X7	20X8	20X9	20Y0	20Y1	20Y2	20Y3	20Y4
Individuo 1	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
Individuo 2				S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7

Se deben ordenar por Antigüedad según cada individuo:

Antigüedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Individuo 1	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}
Individuo 2	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7			

5 Etapa 3: Generación de la escala salarial

Se procedió a utilizar la matriz ordenada por Antigüedad de la etapa 2 para la construcción de un modelo binomial para generar por año proyectado una probabilidad de que el salario aumente, la cual considera entre otras cosas los reconocimientos por tiempo de servicio, mejoras en el puesto de trabajo y/o aumento de la jornada laboral, y una probabilidad de decrecimiento salarial que considera la disminución de la jornada laboral.

Definición 5.1 (Salario Arriba de la antigüedad i) Se define como Salario Arriba de la antigüedad i , (S_i^+) con $i \geq 1$, a la cantidad de salarios que aumentaron o no variaron con respecto a la antigüedad anterior ($i - 1$).

Definición 5.2 (Salario Bajo de la antigüedad i) Se define como Salario Bajo de la antigüedad i , (S_i^-) con $i \geq 1$, a la cantidad de salarios que disminuyeron con respecto a la antigüedad anterior ($i - 1$).

Definición 5.3 (Total Salarios de la antigüedad i) Se define como Total Salarios de la antigüedad i , (TS_i) con $i \geq 1$, a la cantidad de trabajadores que laboraron tanto en la antigüedad i , es decir:

$$TS_i = S_i^+ + S_i^-.$$

Para la construcción de las probabilidades se estimó primero las probabilidades empíricas para el aumento del salario PE_i^+ como:

$$PE_i^+ = (S_i^+)/TS_i. \tag{2}$$

Posteriormente, se suavizó las PE_i^+ con una curva cuadrática y se disminuyó el error cuadrático entre en las curvas y los datos resultantes, esto se observa en

la Figura 6, de la curva ajustada se obtuvieron las probabilidades de aumento de salario P_i^+ para cada antigüedad y se mantuvieron constantes a partir de la antigüedad 33 (años máximo de antigüedad del Régimen de Pensión), los resultados de este proceso se pueden observar en los Anexos (Tabla 5).

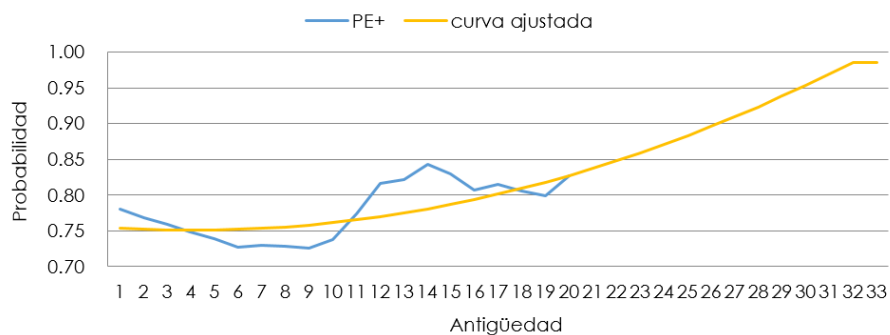


Figura 6: Comparación entre datos observados y ajustados.

Una vez establecida la probabilidad de aumento de salario, se procedió a estimar los aumentos o disminuciones en los salarios, para esto se consideró la variación anual de los S_i^+ y S_i^- de manera independiente y se utilizó la mediana por antigüedad de la población activa a noviembre de 2014. Posteriormente se ajustaron las dos curvas (incrementos y decrementos) con funciones potenciales y reduciendo el error cuadrático. Como se muestra en las Figuras 7 y 8.

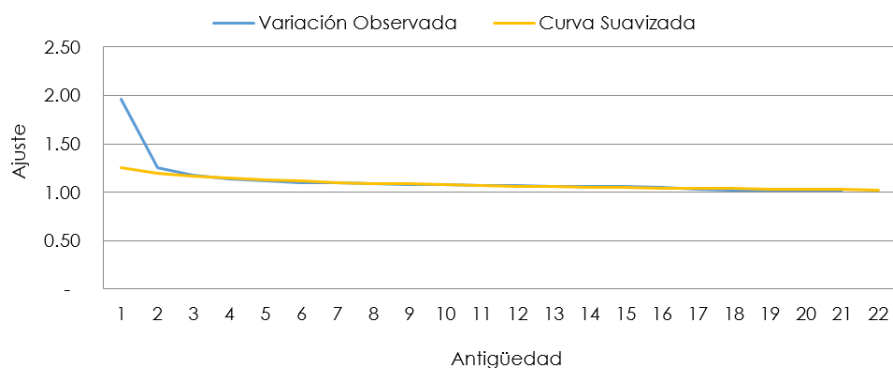


Figura 7: Curva de crecimiento salarial.

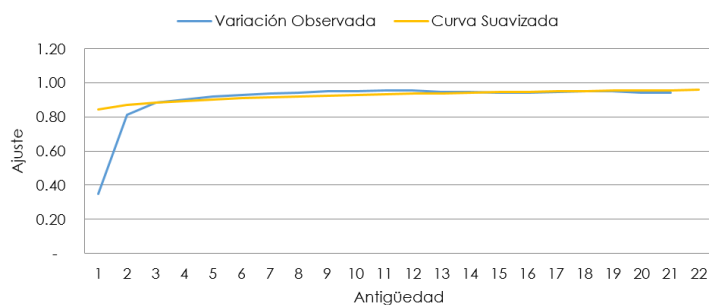


Figura 8: Curva de decrecimiento salarial.

Del análisis se observó que conforme el trabajador aumenta su antigüedad en el Magisterio Nacional, la volatilidad de sus salarios tiende a disminuir, esto significa que se mantiene constante a valor real y las probabilidades de tendencia hacia la baja o a la alza son prácticamente cero. Finalmente, se realizaron pruebas por medio de una simulación de Monte Carlo para proyectar salarios actuales, dado un histórico salarial, para comprobar la eficiencia del modelo. Para estas pruebas se utilizó la población activa a Marzo de 2015.

El experimento consistió en simular la generación estocástica de los salarios históricos de la población por un periodo de 5 años y comparar los generados contra los reales históricos. Se realizaron 10,000 ensayos y de ellos se obtuvo la media.

En la Figura 9, se observa que a nivel agregado el error absoluto converge a 0 si se aproximan los 5 años de salarios con la simulación de 10,000 escenarios. Una vez terminada la simulación, se procedió a determinar un factor de corrección para obtener un error mínimo entre la masa salarial de los cinco años con la proyectada. Este factor de ajuste para la escala salarial se aproximó a $\alpha = 0.0035$. Además con la escala salarial sin ajustar (Inicial) el error absoluto para el año quinto se aproxima a 19.8%, mientras que el ajustado es del 1.1%, tal como se observa en la Figura 10.

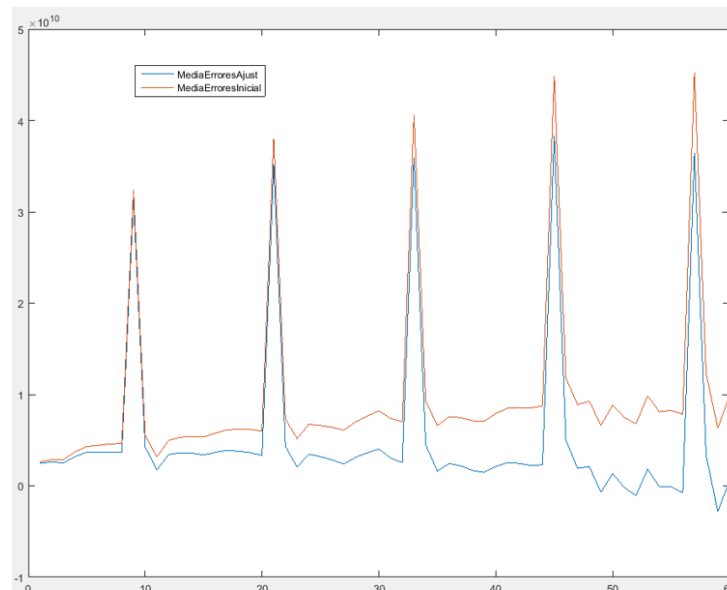


Figura 9: Errores absolutos generados de la proyección con escala salarial inicial y ajustada, y los salarios reales.

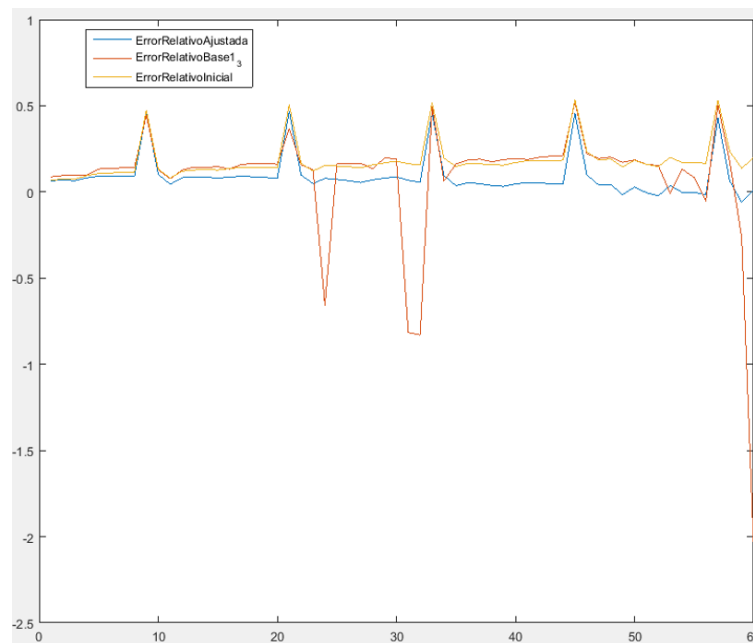


Figura 10: Errores relativos generados de la proyección con escala salarial inicial, ajustada y fija (1.3pp).

En el caso del error relativo con escala salarial ajustada, se observa que la tendencia es converger a cero, mientras que si se utiliza la escala salarial inicial, el error relativo se va ensanchando. En el caso de la escala salarial fija de 1.3 puntos porcentuales por año, el error al final de los 5 años de proyección es muy alta y se aproxima al -200% .

6 Resultados

En la Figura 11, se presentan algunos resultados de casos particulares de afiliados al RCC, a los cuales se les proyectó su salario basado en la escala salarial estocástica indicada en este artículo. Se han estimado varias iteraciones para que se observe la manera en que las distintas proyecciones pueden diferir una de otra. Se ha de notar que los salarios históricos (en azul), tienen un comportamiento estacionario y en algunas ocasiones fluctuante, esto se da porque a los educadores en Costa Rica se les retiene el 8.19% del salario, lo cual constituye un ahorro escolar que se les devuelve en enero de cada año. Además, aquellos educadores que están nombrados interinamente, o sea que no poseen plaza fija en su labor, pueden presentar alti-bajos en sus jornadas de trabajo lo que incide directamente en la variación salarial.

La escala salarial, como se ha indicado, hace que la proyección salarial tenga altos y bajos, dependiendo directamente de la antigüedad del afiliado. En el caso de la proyección para un afiliado que tiene 5 años de antigüedad, la oscilación salarial es más alta debido a que en alta probabilidad estos funcionarios son interinos, mientras que un profesor con 20 años de labor podría tener ya su plaza fija. Si se observa la historia salarial del caso (a) o (b) de la Figura 11, hay temporadas en donde el trabajador no está sin salario o presenta bajas abruptas en su comportamiento salarial.

Conclusiones

La elaboración de un modelo estocástico que contemple aumentos o descensos en los salarios en la generación de salarios futuros considerando el comportamiento volátil que muestra la población del Magisterio Nacional en Costa Rica, presenta un mejor ajuste para la predicción de la masa salarial que si se utiliza la curva de incrementos salariales determinística o un valor constante de incremento.

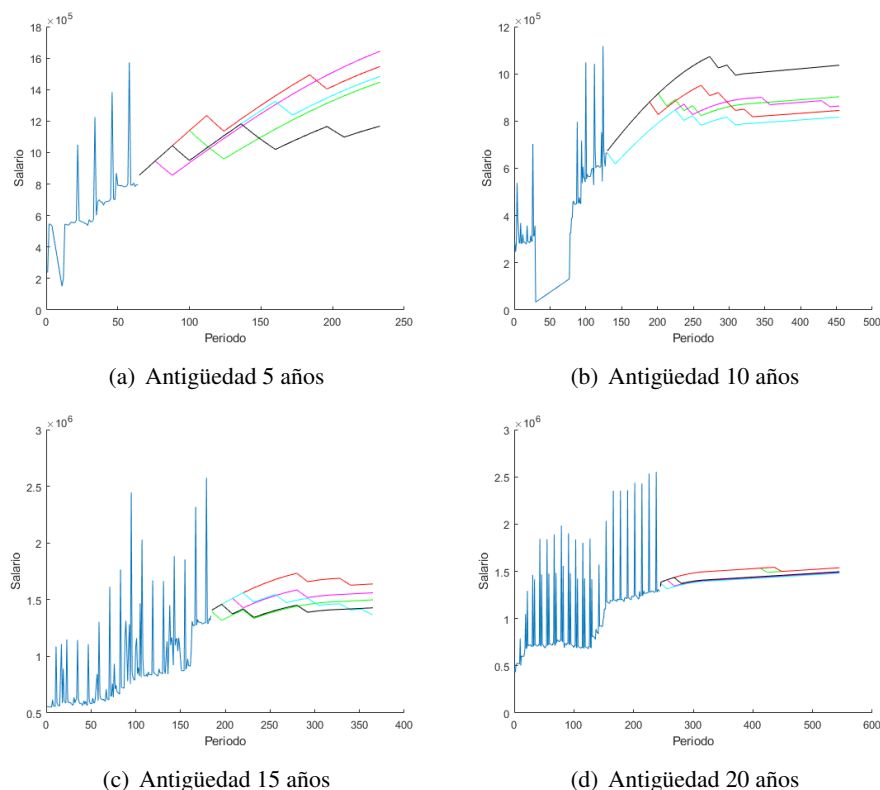


Figura 11: Proyección de salarios de casos reales con personas que poseen 5, 10, 15 y 20 años de antigüedad en el régimen.

El modelo de ACP aplicado permitió mostrar que el comportamiento salarial del sector del Magisterio Nacional es similar sin importar el patrono del trabajador. No obstante, para una futura investigación se podría utilizar el método STATIS para considerar el tiempo como variable histórica del comportamiento de los salarios.

Limitaciones y oportunidades de mejora del modelo

Algunas limitaciones que se presentaron durante la generación del modelo, fue que algunas variables que podrían ser relevantes para la ejecución del ACP, tales como nivel educativo de los afiliados, tipo de puesto, ascensos (descensos) de puesto en el tiempo, que eventualmente podrían determinar los cambios en la escala salarial, no pudieron ser obtenidos para toda la población del estudio, por lo que se procedió a prescindir de estas variables.

Otra limitante es que el RCC es un fondo de pensiones “joven”, lo que implica que mucha información de los afiliados más recientes, no presenta un patrón que revele evidencia estadística de cómo será su comportamiento salarial en el futuro.

Por otro lado, se podría mejorar el estudio tratando de establecer una comparativa con distribuciones conocidas, de manera que eventualmente se pueda ajustar a una curva conocida tal como una distribución lognormal [5]. Asimismo, al ser un modelo semejante a árboles binomiales, se podría construir el mismo utilizando la ecuación de Black-Scholes.

Referencias

- [1] Björk, T. (2009) *Arbitrage Theory in Continuous Time*. Oxford University Press, New York.
- [2] Bowers, N.; Gerber, H.; Hickman, J.; Jones, D.; Nesbitt, C. (1997) *Actuarial Mathematics*. Society of Actuaries, Illinois.
- [3] Denuit, M.; Dhaene, J.; Goovaerts, M.; Kaas, R. (2006) *Actuarial Theory for Dependent Risks: Measures, Orders and Models*. John Wiley & Sons, England.
- [4] Diz, E. (2014) *Teoría de Riesgo*. Ecoe Ediciones, Bogotá.
- [5] Subramaniam, I. (2008) “Stochastic actuarial modelling of a defined-benefit social security pension scheme: an analytical approach”, *Annals of Actuarial Science* **3**: 127–185.
- [6] Trejos J.; Castillo, W.; González, J. (2014) *Análisis Multivariado de Datos: Métodos y Aplicaciones*. Editorial UCR, San José, Costa Rica.

Anexo

Tabla 4: Régimen de capitalización colectiva. Matriz de correlaciones según las variables seleccionadas.

Variables	Tiempo Labo- rado	Anti- güedad	Media Salarial	Mediana Salarial	Varianza Salarial	Máximo Salarial	Mínimo Salarial	Volatilidad 10 más	Volatilidad 10 menos	Tiempo La- borado Re- dondeado
Tiempo Labo- rado	1.000	0.971	0.426	0.357	0.263	0.528	-0.025	0.706	0.351	0.999
Antigüedad	0.971	1.000	0.376	0.31	0.291	0.512	-0.125	0.722	0.454	0.972
Media Sala- rial	0.426	0.376	1.000	0.967	0.515	0.905	0.59	0.398	-0.016	0.42
Mediana Sa- larial	0.357	0.31	0.967	1.000	0.455	0.828	0.557	0.337	-0.044	0.352
Varianza Sa- larial	0.263	0.291	0.515	0.455	1.000	0.743	-0.143	0.472	0.145	0.265
Máximo Sala- rial	0.528	0.512	0.905	0.828	0.743	1.000	0.307	0.615	0.154	0.524
Mínimo Sala- rial	-0.025	-0.125	0.59	0.557	-0.143	0.307	1.000	-0.22	-0.286	-0.036
Volatilidad 10 más	0.706	0.722	0.398	0.337	0.472	0.615	-0.22	1.000	0.424	0.708
Volatilidad 10 menos	0.351	0.454	-0.016	-0.044	0.145	0.154	-0.286	0.424	1.000	0.356
Tiempo Laborado Redondeado	0.999	0.972	0.42	0.352	0.265	0.524	-0.036	0.708	0.356	1.000

Tabla 5: Régimen de capitalización colectiva. Escala salarial inicial.

Antigüedad	Probabilidad de Incremento	Ajuste Incremento Anual	Ajuste Decremento Anual
0	0.7533	1.2500	0.845
1	0.7518	1.1949	0.8694
2	0.7509	1.1639	0.8839
3	0.7506	1.1423	0.8944
4	0.7509	1.1258	0.9026
5	0.7518	1.1126	0.9094
6	0.7533	1.1015	0.9152
7	0.7554	1.0920	0.9202
8	0.7581	1.0836	0.9247
9	0.7614	1.0762	0.9287
10	0.7653	1.0696	0.9323
11	0.7698	1.0636	0.9356
12	0.7749	1.0580	0.9387
13	0.7806	1.0530	0.9416
14	0.7869	1.0482	0.9442
15	0.7938	1.0439	0.9467
16	0.8013	1.0398	0.9491
17	0.8094	1.0359	0.9513
18	0.8181	1.0323	0.9534
19	0.8274	1.0288	0.9554
20	0.8373	1.0256	0.9573
21	0.8478	1.0225	0.9592
22	0.8589	1.0195	0.9609
23	0.8706	1.0167	0.9626
24	0.8829	1.0140	0.9642
25	0.8958	1.0114	0.9658
26	0.9093	1.0090	0.9673
27	0.9234	1.0066	0.9687
28	0.9381	1.0043	0.9701
29	0.9534	1.0021	0.9714
30	0.9693	0.9999	0.9728
31	0.9858	1.0000	0.9740
32 y más	0.9858	1.0000	0.9752

Tabla 6: Régimen de capitalización colectiva. Escala salarial ajustada.

Antigüedad	Probabilidad de Incremento	Ajuste Incremento Anual	Ajuste Decremento Anual
0	0.7533	1.2544	0.8480
1	0.7518	1.1991	0.8724
2	0.7509	1.1679	0.8870
3	0.7506	1.1463	0.8975
4	0.7509	1.1298	0.9058
5	0.7518	1.1165	0.9126
6	0.7533	1.1053	0.9184
7	0.7554	1.0958	0.9234
8	0.7581	1.0874	0.9279
9	0.7614	1.0800	0.9319
10	0.7653	1.0733	0.9356
11	0.7698	1.0673	0.9389
12	0.7749	1.0617	0.9420
13	0.7806	1.0566	0.9449
14	0.7869	1.0519	0.9475
15	0.7938	1.0475	0.9500
16	0.8013	1.0434	0.9524
17	0.8094	1.0395	0.9546
18	0.8181	1.0359	0.9568
19	0.8274	1.0324	0.9588
20	0.8373	1.0292	0.9607
21	0.8478	1.0261	0.9625
22	0.8589	1.0231	0.9643
23	0.8706	1.0203	0.9660
24	0.8829	1.0176	0.9676
25	0.8958	1.0150	0.9691
26	0.9093	1.0125	0.9706
27	0.9234	1.0101	0.9721
28	0.9381	1.0078	0.9735
29	0.9534	1.0056	0.9748
30	0.9693	1.0034	0.9762
31	0.9858	1.0035	0.9774
32	0.9858	1.0035	0.9787
33 o más	0.9858	1.0035	0.9787