FONDO AUTÓNOMO
PROTECCIÓN PREVISIONAL

Modelo actuarial de cohortes FAPP

Ecuaciones y supuestos metodológicos

Nota técnica complementaria al Balance Económico 3T de 2026.

Santiago, Chile

Versión 1.0 al 30 de octubre de 2026

Modelo actuarial de cohortes FAPP

Ecuaciones y supuestos metodológicos

Nota técnica complementaria al Balance Económico 3T de 2026.

Santiago, Chile

30 de octubre de 2026

Resumen Ejecutivo

Este documento detalla la estructura matemática de las ecuaciones utilizadas para la elaboración de la nota N°2 del Balance Económico. Se describe detalladamente los flujos de ingresos y egresos que son relevantes para el valor del Fondo. El estudio base fue elaborado por la Gerencia de Estudios del Administrador del FAPP.

Índice

1. Propósito del documento y supuestos del modelo **4**
1.1. Propósito del documento . . . 4
1.2. Supuestos del modelo . . . 4
1.3. Variables endógenas . . . 4
1.4. Variables exógenas . . . 4

2. Definiciones y diagrama de flujo del modelo **6**
2.1. Definiciones del modelo . . . 6
2.2. Diagrama de flujo del modelo . . . 6

3. Proyección del número de afiliados según estado **7**
3.1. Stock de afiliados y pensionados . . . 7
3.2. Flujos secuenciales . . . 7

4. Proyección de cotizaciones, saldos, años cotizados y pensiones **8**
4.1. Ingreso imponible y densidad . . . 8
4.2. Cotización promedio y flujo de cotizaciones . . . 9
4.3. Saldos promedio de la generación . . . 9
4.4. Años cotizados . . . 10
4.5. Mortalidad para anualidades, mejoramiento y cálculo de CNU . . . 10
4.6. Monto de nuevas pensiones . . . 10

5. Proyección de beneficios **11**
5.1. CRP: cotización con rentabilidad protegida . . . 11
5.2. SIS: seguro de invalidez y sobrevivencia . . . 12
5.3. CEV: compensación por diferencias de expectativa de vida . . . 13
5.4. BAC: beneficio por años cotizados . . . 15
5.5. Proyección de beneficiarios y egresos por CEV y BAC . . . 16

6. Valor consolidado del Fondo **17**
6.1. Flujo consolidado . . . 17

7. Consideraciones del Balance Económico, variables a monitorear y chequeos de consistencia **18**
7.1. Consideraciones del Balance Económico . . . 18
7.2. Variables a monitorear . . . 18
7.3. Chequeos de consistencia . . . 19

A. Anexos **21**
A.1. Notación . . . 21
A.2. Reglas y fuentes de las variables exógenas . . . 23
A.3. Anualidades (CNU) . . . 25

1. Propósito del documento y supuestos del modelo

1.1. Propósito del documento

Este documento tiene como propósito detallar la metodología del cálculo de proyección del estudio base utilizado en el Balance Económico (BE), definido en la Norma de Carácter General (NCG) 353. Se caracterizan las ecuaciones utilizadas para calcular la proyección para cada agregado de los ingresos y egresos del Fondo Autónomo de Protección Previsional (FAPP; de aquí en adelante, se utiliza de manera indistinta FAPP o el Fondo).

1.2. Supuestos del modelo

El modelo de proyección utilizado corresponde a un modelo actuarial por componentes (cohortes). Cada componente corresponde a una agrupación de individuos según atributos comunes estables en el tiempo. Este modelo considera como atributos comunes el sexo, año de nacimiento y año de afiliación[1] (de aquí en adelante, se tratará de forma indistinta año de afiliación o generación). Este diseño asume que los individuos de un componente comparten las mismas probabilidades de transición y de mortalidad.

El modelo es determinista, esto es, dados los insumos y las reglas descritas en este documento, el valor de los agregados es único. El modelo proyecta años, considera como periodo base diciembre de $t_0 = 2025$, y proyecta hasta el año $T = 2105$.

1.3. Variables endógenas

Las variables endógenas corresponden a las variables que el modelo de proyección calcula directamente. Su sistema de ecuaciones de movimiento es caracterizado detalladamente en las siguientes secciones de este documento[2].

Estas variables consideran los principales agregados que conforman las partidas de flujos de ingresos y egresos del Fondo, diferenciando entre variables de estado y de flujo en cada periodo.

- Los ingresos por cotizaciones: la cotización al Seguro Social (SS) y la Cotización con Rentabilidad Protegida (CRP).
- Los egresos por pago de beneficio: Bonos Amortizables (BA), Seguro de Invalidez y Sobrevivencia (SIS)[3], Compensación por Diferencias de Expectativa de Vida (CEV) y Beneficio por Años Cotizados (BAC).

En particular, se considera el valor del último egreso efectivo observado de las principales partidas de gasto (número y monto promedio de cada beneficio, por componente). Lo anterior, ya que el Fondo comenzó a pagar sus beneficios durante el presente año, y por tanto, es el valor inicial que se debe considerar para la proyección mencionada. Por ello, a diferencia del resto de las variables, la proyección de egresos parte en 2026 y no en el periodo base t_0. Esto aplica para BAC y CEV.

1.4. Variables exógenas

Las variables exógenas son aquellas que el modelo no calcula, sino que toma de fuentes externas validadas o supuestos, tanto para su valor actual como para su trayectoria futura.

[1] Es decir, todos los individuos que comparten un mismo sexo, edad y año de afiliación en un periodo determinado son considerados como un solo componente.

[2] En otras palabras, cualquier cambio en los determinantes de una de estas ecuaciones, afecta el comportamiento de todos los agregados que comparten el mismo determinante.

[3] El FAPP paga la prima del SIS; el seguro como tal es licitado a las compañías de seguros.

La proyección de población se obtiene a partir de las Estimaciones y Proyecciones de población (Base 2024) del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). En particular, esta considera un horizonte hasta 2070. Para la proyección de población desde 2071 a 2105, se asume que las tasas demográficas subyacentes (fecundidad, mortalidad y migraciones) se mantienen constantes en el último valor proyectado. Asimismo, las mortalidades esperadas para el cálculo de beneficio se construyen a partir de las Tablas de Mortalidad 2020 (elaboradas por la Superintendencia de Pensiones (SP) en conjunto con la Comisión para el Mercado Financiero (CMF)). En particular, los factores de mejoramiento de las tablas de mortalidad se mantienen constantes en su último valor publicado (2036), y la mortalidad de partida con la que se calcula el Capital Necesario Unitario (CNU) deja de mejorar a los 20 años de proyección (2046). Estas fuentes son actualizadas cada 5-6 años.

Las tasas financieras consideran la tasa de rentabilidad de las Cuentas de Capitalización Individual de Cotizaciones Obligatorias (CCICO), que aplica también a la Cuenta de Capitalización Individual de Cotización del Empleador (CCICE) por ser esta un subconjunto de esta, la tasa implícita de renta vitalicia (RV), y las tasas asociadas a las emisiones de la CRP. Cada una de estas tasas converge linealmente en 20 años desde su valor actual hasta su valor de largo plazo. En el caso de las tasas de rentabilidad de las CCICO, el valor actual es el promedio observado en los últimos 20 años y el valor de largo plazo es la rentabilidad esperada de los fondos generacionales (nuevo régimen)[4].

Los parámetros relacionados al mercado laboral se asumen constantes en el horizonte de proyección[5]. Este es el caso de la tasa de crecimiento real de salarios, densidad de cotización, las tasas de afiliación, las tasas de siniestralidad física del SIS, las tasas de jubilación, la proporción con cónyuge y su diferencia de edad (tres años), el margen de contribución[6], y de la distribución de saldo acumulado respecto a su media. Para la densidad de cotización, las tasas de afiliación, de siniestralidad física del SIS y de jubilación, los parámetros del SIS (afiliados cubiertos sobre cotizantes, razón entre ingreso base e ingreso imponible, y razón de mortalidad de los cubiertos), y la distribución de saldo, el valor constante es el promedio observado entre 2016 y 2025; para el crecimiento de salarios, el valor se define a partir de esa misma ventana y se corrige como se detalla en el Anexo A.2.

Finalmente, la rentabilidad del Fondo se define según su política de inversión. Esta corresponde a una regla en función del tamaño del Fondo, como se explica en el Anexo A.2. La regla de proyección de cada variable exógena, con su fuente y fecha de corte, se encuentra en la Sección 7.2 y en los Anexos A.1 y A.2.

[4]Dado que el régimen comienza en 2027, no se cuenta con información histórica de su rentabilidad. La rentabilidad esperada del portafolio de cada etapa del fondo generacional se calculó considerando las participaciones medias del régimen de inversión publicado por la SP, y las rentabilidades esperadas de la frontera eficiente.

[5]Es decir, solo varían por componente. La evaluación de cambios de estos parámetros en el tiempo, incluidos los asociados a la reforma, es materia del estudio actuarial.

[6]Margen que obtienen las empresas aseguradoras adjudicatarias del SIS tras restar los costos de siniestralidad y la constitución de reservas técnicas de las primas recaudadas

2. Definiciones y diagrama de flujo del modelo

2.1. Definiciones del modelo

Un agregado se define por su tipo de conteo (número o monto), su categoría, sus atributos comunes fijos y sus atributos comunes móviles en el tiempo (componente). Por ejemplo, el número de afiliados activos es

$$N^{\text{af}}_{s,g}(a,t)$$

donde N indica un conteo de afiliados activos (categoría af), de sexo s (hombres (H) y mujeres (M)), que pertenecen a la generación g (histórica si $g \leq t_0$ y futura si $t_0 < g \leq T$), (atributos comunes fijos), con edad a en el año t ($a \in \mathcal{A} = \{15, \ldots, a_{\text{máx}}\}$, con $a_{\text{máx}} = 110$) (atributos comunes móviles). Al omitir un índice se subentiende que se suma sobre este[7].

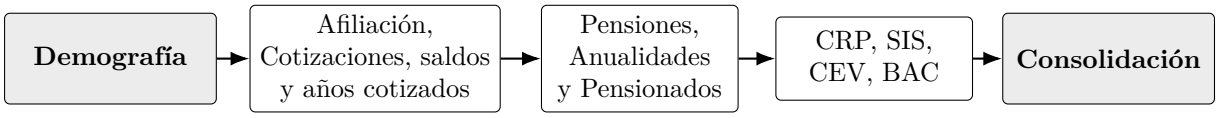
Existen atributos adicionales según sea requerido para el cálculo de beneficios. El principal es el tipo de cotización que por definición corresponde a 4 tipos, $k \in \{\text{SS}, \text{CCICO}, \text{CCICE}, \text{CRP}\}$[8], donde $\mathcal{K} = \{\text{CCICO}, \text{CCICE}, \text{CRP}\}$ es el conjunto de fondos que acumulan saldo (la cotización al Seguro Social, $k = \text{SS}$, genera beneficios previsionales, no ingresa directamente a las cuentas individuales) y $\Theta \subseteq \mathcal{K}$ denota un subconjunto de fondos, y el tipo de pensión $b \in \{\text{vej}, \text{inv}\}$ (vejez e invalidez).

Las convenciones de notación se detallan en el Anexo A.1.

2.2. Diagrama de flujo del modelo

El siguiente diagrama ilustra de manera simplificada la proyección de los flujos del modelo. En resumen, la proyección utiliza como insumo el componente demográfico, para luego calcular la población afiliada activa, con invalidez, jubilada y fallecida para cada componente. Posteriormente, se calculan las masas salariales, sus cotizaciones (cantidad de años, y montos), sus correspondientes saldos acumulados y pensiones. Con cada uno de estos agregados para cada componente y las reglas de proyección de las variables exógenas descritas en la Sección 1.4, se calculan los ingresos y egresos del Fondo, así como su valor.

Figura 2.1: Esquema de proceso de cálculo del modelo



[7] Por ejemplo, para el caso del total de afiliados activos sin el subíndice g, se agrupa a los individuos afiliados de todas las generaciones $N^{\text{c}}_{s}(a,t) = \sum_g N^{\text{c}}_{s,g}(a,t)$

[8] CCICE es un subconjunto de la CCICO y, por tanto, comparte su rentabilidad.

3. Proyección del número de afiliados según estado

3.1. Stock de afiliados y pensionados

Para cada sexo, generación, edad y periodo, el modelo considera tres agregados de conteo (variables de estado): afiliados activos $N^{\text{af}}_{s,g}(a,t)$, pensionados por vejez $N^{\text{ret}}_{s,g}(a,t)$ y pensionados por invalidez $N^{\text{inv}}_{s,g}(a,t)$. Los flujos son las muertes de activos $N^{\text{d,af}}$, los nuevos afiliados $N^{\text{new,af}}$, los nuevos inválidos $N^{\text{new,inv}}$ y los nuevos retirados $N^{\text{new,ret}}$[9]. Estos flujos actualizan los valores de las variables de estado recursivamente.

Para cada generación histórica ($g \le t_0$), es decir, los afiliados que ya estaban vigentes al momento de iniciar la proyección, se obtienen del total de afiliados por componente, $N^{\text{obs}}_{s,g}(a)$:

$$N^{\text{af}}_{s,g}(a,t_0) = N^{\text{obs}}_{s,g}(a). \tag{3.1}$$

El stock de pensionados vigentes en t_0, $N^{\text{ret}}_{s}(a,t_0)$ y $N^{\text{inv}}_{s}(a,t_0)$, se toma del stock observado por sexo y edad, sin distinguir generación.

3.2. Flujos secuenciales

Los flujos secuenciales[10] utilizan como insumo la población proyectada $POP_s(a,t)$; las probabilidades de afiliación, invalidez y retiro $\pi^{\text{af}}_s(a,t)$, $\pi^{\text{inv}}_s(a,t)$ y $\pi^{\text{ret}}_s(a,t)$ respectivamente; y la mortalidad de afiliados activos (cubiertos y no cubiertos por el SIS) y retirados $q_s(a,t)$ y de inválidos $q^{\text{inv}}_s(a,t)$. La probabilidad de invalidez es la tasa de siniestralidad física del SIS (Sección 5.2). Notar que la mortalidad que determina los fallecidos proviene del módulo de población; la que se usa para las anualidades se define posteriormente en la Sección 4.5.

El orden de cálculo dentro de cada celda (s,g,a,t) es estrictamente secuencial.

Muertes de afiliados activos. La mortalidad del año corriente se aplica al stock[11]:

$$N^{\text{d,af}}_{s,g}(t) = q_s(a,t)\Big(1 - \tfrac{1}{2}\pi^{\text{inv}}_s(a,t) - \tfrac{1}{2}\pi^{\text{ret}}_s(a,t)\Big)N^{\text{af}}_{s,g}(t-1). \tag{3.2}$$

El factor entre paréntesis es la exposición de los afiliados activos a la mortalidad: quienes continúan activos (fracción $1-\pi^{\text{inv}}_s-\pi^{\text{ret}}_s$) están expuestos todo el año, y quienes transitan a invalidez o retiro ($\pi^{\text{inv}}_s+\pi^{\text{ret}}_s$), al hacerlo en promedio a mitad de año, solo la mitad del periodo; en total, $1-\frac{1}{2}\pi^{\text{inv}}_s-\frac{1}{2}\pi^{\text{ret}}_s$.

Nuevos afiliados. Los individuos transitan a ser afiliados mediante probabilidades de afiliación aplicadas a la población expuesta (personas que aún no se han afiliado, es decir, la población total del año anterior menos quienes ya están afiliados, pensionados por vejez o pensionados por invalidez, $c \in \{\text{af},\text{ret},\text{inv}\}$, sumando todas las generaciones g de cada estado)[12]:

$$POP^{\text{NA}}_s(a,t) = \max\Big\{POP_s(a-1,t-1) - \textstyle\sum_c N^c_s(a-1,t-1),\, 0\Big\} \tag{3.3}$$

$$N^{\text{new,af}}_{s,g}(a,t) = \pi^{\text{af}}_s(a,t)\, POP^{\text{NA}}_s(a,t), \quad t = g > t_0. \tag{3.4}$$

[9] Los individuos que se encuentran en invalidez o retiro no pueden volver a cotizar: solo pueden mantenerse en ese estado o transitar al fallecimiento.

[10] Esto es, los eventos no ocurren de forma simultánea.

[11] Para un mismo componente la edad y el año avanzan juntos, por lo que el índice t basta para identificarlo: $X_{s,g}(t)$ y $X_{s,g}(t-1)$ son el mismo componente en el año t y un año antes, con su edad implícita.

[12] Recordar que una nueva generación g se crea en el año afiliación $t=g$ y se mantiene con el grupo hasta fallecimiento.

Nuevos inválidos y retirados. Asimismo, los afiliados pueden transitar hacia la invalidez o la jubilación:

$$N^{\text{new,inv}}_{s,g}(t) = \pi^{\text{inv}}_{s}(a,t)\ \text{máx}\{N^{\text{af}}_{s,g}(t-1) - N^{\text{d,af}}_{s,g}(t),\ 0\}, \tag{3.5}$$

$$N^{\text{new,ret}}_{s,g}(t) = \pi^{\text{ret}}_{s}(a,t)\ \text{máx}\{N^{\text{af}}_{s,g}(t-1) - N^{\text{d,af}}_{s,g}(t) - N^{\text{new,inv}}_{s,g}(t),\ 0\}. \tag{3.6}$$

En resumen, el movimiento para los afiliados del periodo sólo se ve afectado por transiciones hacia fallecimiento, invalidez o retiro por vejez; quienes transitan a invalidez o retiro no vuelven a ser afiliados activos. Los stocks se actualizan como:

$$N^{\text{af}}_{s,g}(t) = N^{\text{af}}_{s,g}(t-1) - N^{\text{d,af}}_{s,g}(t) - N^{\text{new,ret}}_{s,g}(t) - N^{\text{new,inv}}_{s,g}(t) + N^{\text{new,af}}_{s,g}(t) \tag{3.7}$$

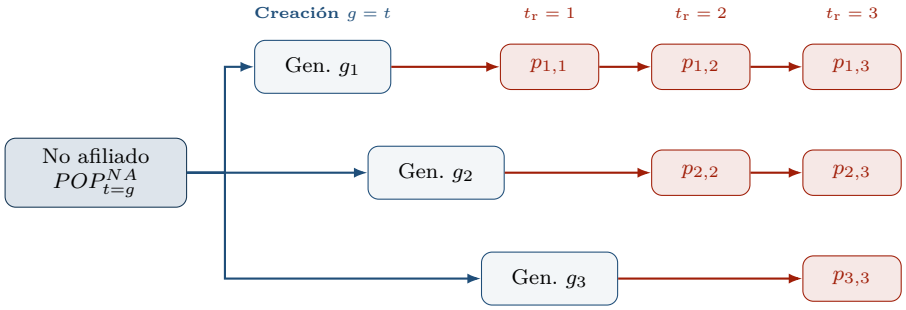
$$N^{\text{ret}}_{s,g}(t) = N^{\text{ret}}_{s,g}(t-1)\big[1 - q_s(a-1,t-1)\big] + N^{\text{new,ret}}_{s,g}(t) \tag{3.8}$$

$$N^{\text{inv}}_{s,g}(t) = N^{\text{inv}}_{s,g}(t-1)\big[1 - q^{\text{inv}}_{s}(a-1,t-1)\big] + N^{\text{new,inv}}_{s,g}(t) \tag{3.9}$$

donde $N^{\text{new,af}}_{s,g}$ es distinto de cero solo para $t = g$, es decir, para los nuevos afiliados del periodo.

Para los casos de transición hacia retiro (invalidez o vejez), estas determinan una subgeneración que depende del periodo de retiro. Por ejemplo, la invalidez de afiliados de la generación g en el año de retiro $t_{\text{r}} = t$ crea nuevos inválidos de esa generación. Los agregados de esa subgeneración (el saldo acumulado, y su capital necesario unitario, CNU) se determinan al momento del retiro y quedan vinculados a (g, t_{r}) para toda la proyección (Sección 4.6). La Figura 3.1 ilustra esta estructura.

Figura 3.1: Creación de generaciones y subgeneraciones.



En la figura anterior, la población no afiliada POP^{NA} da origen en cada año $t = g$ a una nueva generación g_i ($i = 1, 2, 3$ ordena los años de afiliación sucesivos); $p_{i,j}$ son los nuevos pensionados (por invalidez o vejez) de la generación g_i que se retiran en el año $t_{\text{r}} = j$, con $j \geq i$.

4. Proyección de cotizaciones, saldos, años cotizados y pensiones

4.1. Ingreso imponible y densidad

El ingreso imponible W proyectado crece con el crecimiento salarial real γ_u del año anterior:

$$W_s(a,t) = W_s(a,t_0) \prod_{u=t_0}^{t-1} (1 + \gamma_u), \tag{4.1}$$

donde $W_s(a,t_0)$ es el ingreso imponible medio observado por edad y sexo (promedio de las generaciones ponderado por su stock de afiliados). La densidad de cotización $D_s(a) \in [0,1]$ es la fracción de meses con cotización de una persona de edad a y sexo s dentro de un año.

$D_s(a)$ es un perfil por edad y sexo que no varía con t. Asimismo, W_s y D_s no varían con la generación g.

4.2. Cotización promedio y flujo de cotizaciones

Para cada tipo de cotización k, la cotización mensual promedio mc de la generación g es

$$mc^k_{s,g}(a,t) = W_s(a,t)\, D_s(a)\, \phi^k_s(t)\, \mathbf{1}\Big[a \le \bar{a}^k_s(t+1)\Big], \tag{4.2}$$

$$\phi^k_s(t) = \begin{cases} \omega_t\, \tau^k_s(t-1) + (1-\omega_t)\, \tau^k_s(t) & k \neq \text{CCICO}, \\ \tau^{\text{CCICO}}_s(t) & k = \text{CCICO}, \end{cases} \tag{4.3}$$

donde $\phi^k_s(t)$ es la tasa de cotización relevante que aplica al año t. Para $k \in \{\text{SS}, \text{CRP}, \text{CCICE}\}$ es función de la tasa de cotización vigente $\tau^k_s(t)$ y de la fracción ω_t del año t en que rige la tasa del año anterior (según el calendario definido en la ley 21.735); para $k = \text{CCICO}$ es la tasa vigente sin transición (en el caso de las mujeres incluye el diferencial de siniestralidad del SIS). La edad tope de cotización $\bar{a}^k_s(t+1)$ es la edad máxima hasta la que se cotiza al tipo k (65 años para los hombres y 60 para las mujeres), corresponde al tope del año siguiente y solo rige para $k \in \{\text{SS}, \text{CRP}\}$; en el caso del SS es el de los hombres para ambos sexos[13]. Para CCICO y CCICE no hay tope de edad[14]. El flujo agregado de cotizaciones Y del tipo k es

$$Y^k(t) = 12 \sum_{s,g,a} N^{\text{af}}_{s,g}(a,t)\, mc^k_{s,g}(a,t) \tag{4.4}$$

La cotización al Seguro Social ($k = \text{SS}$) ingresa directamente al Fondo y no a una cuenta individual: solo se calculan mc^{SS} e Y^{SS}, sin saldo F^{SS} ni rentabilidad propia; su rentabilidad es la del Fondo, vía R_t.

4.3. Saldos promedio de la generación

El saldo per cápita de cada fondo $k \in \mathcal{K}$ (no aplica a $k = \text{SS}$) para afiliados existentes y nuevos entrantes es

$$F^k_{s,g}(t) = \begin{cases} 6\, mc^k_{s,g}(t)\, (1+r^k)^{1/4} & t = g, \\ F^k_{s,g}(t-1)(1+r^k) + 12\, mc^k_{s,g}(t)\, (1+r^k)^{1/2} & t > g, \end{cases} \tag{4.5}$$

con $r^k = r^k(a,t)$. Los nuevos entrantes de una generación ($t = g$) acumulan en promedio 6 meses de cotizaciones; el saldo de quienes ya estaban afiliados en $(t-1)$ acumula cotizaciones y rentabilidad durante el año[15]. En t_0, $F^{\text{CCICO}}_{s,g}(a,t_0)$ es el saldo promedio por componente y $F^{\text{CRP}} = F^{\text{CCICE}} = 0$ hasta que existan registros de esas cotizaciones a cierre de 2026.

La rentabilidad $r^k(a,t)$ depende del tipo de fondo y de la edad:

- CCICO y CCICE: $r^k(a,t) = \rho^{\text{F}}(a,t)$, el retorno del fondo que corresponde a la edad a según el esquema de asignación vigente en el año t (multifondos hasta 2026 y fondos generacionales desde 2027[16]).
- CRP: $r^{\text{CRP}}(a,t) = \rho^{\text{CRP}}(\nu_a, t)$, con $\nu_a = \text{mín}\{\text{máx}\{a^R - a, 1\}, 50\}$ los años restantes hasta la edad de referencia $a^R = 65$ (edad legal de jubilación de los hombres), acotados entre 1 y 50[17].

[13] El tope es necesario porque la densidad de cotización observada es positiva por sobre esas edades.

[14] Dependiendo principalmente, de la densidad $D_s(a)$ del componente

[15] Los módulos CRP, CEV y BAC usan el saldo agregado por (s,a,t), que es el promedio de $F^k_{s,g}$ ponderado por el número de afiliados. El módulo SIS usa $F^k_{s,g}$ por generación.

[16] Recordar que las rentabilidades convergen linealmente durante 20 años desde el promedio observado de los últimos 20 años hasta la rentabilidad esperada de los fondos generacionales.

[17] Para los años restantes entre 1 a 30 se considera la BTU del plazo respectivo. Para plazo mayores a 30, se considera la BTU 30.

4.4. Años cotizados

$LoS_{s,g}(t)$ son los meses cotizados acumulados. Su evolución sigue la misma estructura que los saldos: los afiliados acumulan $12D$ meses por año y los nuevos afiliados de un periodo acumulan en promedio seis meses,

$$LoS_{s,g}(t) = \begin{cases} 6\, D_s(a-1) & t = g, \\ LoS_{s,g}(t-1) + 12\, D_s(a-1) & t > g. \end{cases} \tag{4.6}$$

4.5. Mortalidad para anualidades, mejoramiento y cálculo de CNU

El cálculo de las anualidades se realiza en consistencia con la norma vigente[18], aplicando los factores de mejoramiento de mortalidad. Sea $q_s^N(a)$ la mortalidad base de la tabla normativa y $\mathrm{Mej}_s(a,u)$ su factor anual de mejoramiento por edad alcanzada a y año calendario u (publicado por la SP para $u = 2021, \ldots, 2036$ y constante en su valor de 2036 en adelante por definición de la tabla). La mortalidad usada en las anualidades incorpora la mejora acumulada desde 2021:

$$q_s^*(a,u) = q_s^N(a) \prod_{v=2021}^{u} \left[1 - \mathrm{Mej}_s(a,v)\right] \tag{4.7}$$

y la sobrevivencia ℓ_s a lo largo de la diagonal de cohorte es

$$\ell_s(a,t) = \ell_s(a-1,t-1)\left[1 - q_s^*(a-1,t-1)\right]. \tag{4.8}$$

La misma construcción, con la tabla de inválidos, define $q_s^{\mathrm{inv}*}$ y ℓ_s^{inv}.

Para acotar el mejoramiento incorporado en las anualidades de largo plazo, la diagonal de cohorte con la que se calcula el CNU de un pensionado del año t parte en el año $\tilde{t} = \min\{t,\ t_0 + 1 + M\}$ ($M = 20$ y $\tilde{t} = 2046$)[19].

Finalmente, los CNU se calculan conforme a la metodología de la SP[20]. Por simplicidad, se calcula para soltero y casado con cónyuge del sexo opuesto no inválido (con diferencia de edad de tres años: el cónyuge de un hombre es 3 años menor y el de una mujer, 3 años mayor, conforme a los supuestos mencionados en la Sección 1.4).

4.6. Monto de nuevas pensiones

El monto de las nuevas pensiones depende del valor de los fondos, de los CNU y de la proporción de pensionados con cónyuge con derecho a sobrevivencia (según tramo de edad, $\sigma_s(a,t)$). La pensión mensual nueva financiada por el saldo F^k es

$$P_{s,g}^{k,b}(a,t) = \frac{F_{s,g}^k(a,t)}{12} \left[\frac{1 - \sigma_s(a,t)}{\mathrm{CNU}_s^{b,\mathrm{sol}}(a,t)} + \frac{\sigma_s(a,t)}{\mathrm{CNU}_s^{b,\mathrm{cony}}(a,t)} \right]. \tag{4.9}$$

$\Theta \subseteq \mathcal{K}$ representa el conjunto de fondos utilizados para el cálculo de la anualidad usada para definir cada beneficio financiado por el FAPP. En este caso, la respectiva anualidad corresponde a $P_{s,g}^{\Theta,b}(a,t) = \sum_{k\in\Theta} P_{s,g}^{k,b}(a,t)$. Para el cálculo de cada egreso, se indica el conjunto Θ que es usado (siguiendo la norma). En este sentido, CEV y SIS usan el total de los tres fondos ($\Theta^{\mathrm{tot}} = \mathcal{K}$) y BAC el conjunto que fija la norma ($\Theta^{\mathrm{BAC}} = \{\mathrm{CCICE}, \mathrm{CRP}\}$).

[18] Compendio de Normas del Sistema de Pensiones, Libro III, Título XIX.

[19] En otras palabras, desde ese periodo en adelante la mortalidad de partida del CNU queda congelada y este solo cambia por la tasa de descuento r_t^{RV}.

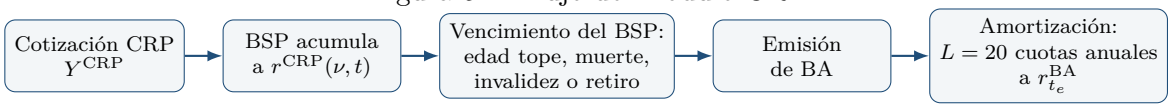
[20] Ejemplos de cálculos en Superintendencia de Pensiones, *Nota Técnica N° 9: Actualización del Módulo CNU de Stata*, disponible en https://www.spensiones.cl/portal/institucional/594/w3-article-16151.html.

5. Proyección de beneficios

5.1. CRP: cotización con rentabilidad protegida

La cotización del empleador por CRP que ingresa al FAPP genera un Bono de Seguridad Previsional (BSP), que acumula rentabilidad hasta su canje por un Bono Amortizable (BA). La emisión del BA ocurre al llegar a la edad tope de acumulación $\bar{a}_s(t) = \bar{a}_s^{\mathrm{CRP}}(t)$ (el tope de edad de cotización de la CRP) o antes, en caso de fallecimiento, invalidez o retiro. Quienes superan esa edad tope y no superan la edad de referencia a^R (mujeres de 61 a 65 años) no acumulan BSP: su cotización CRP se emite directamente como BA. La liquidación del BA sigue una tasa fija a la fecha de emisión, en $L = 20$ cuotas anuales iguales, la primera pagada en el año de la emisión. Las emisiones de BSP siguen el proceso de cotizaciones. Todas las emisiones de BA en un periodo t siguen el mismo cálculo, independientemente de su origen o la generación a la que pertenecen.

Figura 5.1: Flujo del módulo CRP.



Término de la acumulación. Un afiliado deja de acumular BSP cuando se invalida, se retira, fallece o alcanza la edad tope de acumulación $\bar{a}_s(t)$; en ese momento el BSP vence y se liquida mediante un BA (ver más adelante). Los afiliados que terminan su acumulación, N^{out}, son:

$$N_s^{\mathrm{out}}(a,t) = \begin{cases} N_s^{\mathrm{new,inv}}(a,t) + N_s^{\mathrm{new,ret}}(a,t) + N_s^{\mathrm{d,af}}(a,t) & a < \bar{a}_s(t), \\ N_s^{\mathrm{af}}(a-1,t-1) & a = \bar{a}_s(t), \\ 0 & a > \bar{a}_s(t). \end{cases} \tag{5.1}$$

Deuda BSP promedio. $\bar{D}_s(a,t)$ es el BSP medio per cápita de los afiliados activos de edad a, con $\bar{D}_s(a,t_0) = 0$. Su valor capitaliza el saldo previo y las cotizaciones del año de quienes permanecen (descontados quienes terminan su acumulación, N^{out}), más los nuevos entrantes, que acumulan en promedio medio año:

$$\begin{aligned} \bar{D}_s(a,t) &= \frac{\tilde{D}_s(a,t)\, N_s^{\mathrm{perm}}(a,t) + \hat{D}_s(a,t)\, N_s^{\mathrm{new,af}}(a,t)}{N_s^{\mathrm{af}}(a,t)}, \\ \tilde{D}_s(a,t) &= \bar{D}_s(a-1,t-1)(1+r) + 12\, mc_s(a,t)(1+r)^{1/2}, \\ \hat{D}_s(a,t) &= 6\, mc_s(a,t)(1+r)^{1/4}, \\ N_s^{\mathrm{perm}}(a,t) &= N_s^{\mathrm{af}}(a-1,t-1) - N_s^{\mathrm{out}}(a,t), \end{aligned} \tag{5.2}$$

donde $r = r^{\mathrm{CRP}}(a,t)$, $mc_s(a,t) = mc_s^{\mathrm{CRP}}(a,t)$, $\tilde{D}$ es el BSP medio de quienes permanecen, $\hat{D}$ el de los nuevos entrantes y N^{perm} los afiliados que permanecen; la deuda total es $\mathfrak{D}_s(a,t) = \bar{D}_s(a,t)\, N_s^{\mathrm{af}}(a,t)$.

Emisión de BA. a^R es la edad de referencia (edad máxima de emisión) y $\check{\mathfrak{D}}_s(a,t) = \frac{1}{2}\big[\mathfrak{D}_s(a-1,t-1) + \mathfrak{D}_s(a-1,t)\big]$ el promedio de la deuda BSP de la edad anterior en $t-1$ y t. Quienes terminan su acumulación con edad $a \le \bar{a}_s(t)$ reciben un BA igual a esa deuda media por la fracción de afiliados que la termina; quienes ya superaron el tope y tienen hasta a^R años, emiten

por la cotización CRP del año:

$$BA_s(a,t) = \begin{cases} \check{\mathfrak{D}}_s(a,t)\,\dfrac{N_s^{\text{out}}(a,t)}{N_s^{\text{af}}(a-1,t-1)} & a \le \bar{a}_s(t), \\ 12\,W_s(a,t)\,D_s(a)\,\phi_s^{\text{CRP}}(t)\,N_s^{\text{af}}(a,t) & \bar{a}_s(t) < a \le a^R, \\ 0 & a > a^R. \end{cases} \tag{5.3}$$

Amortización. $r_{t_e}^{\text{BA}}$ es la tasa fija de liquidación a la fecha de emisión t_e y $BA_s(t_e) = \sum_a BA_s(a,t_e)$ la emisión anual del sexo s. El BA emitido en t_e se liquida en $L = 20$ cuotas anuales iguales, la primera cuota se paga en el mismo año de la emisión. El pago del año t por la emisión de t_e es

$$P_s^{\text{BA}}(t;t_e) = BA_s(t_e)\,\frac{r_{t_e}^{\text{BA}}}{1-(1+r_{t_e}^{\text{BA}})^{-L}}, \qquad t_e \le t \le t_e + L - 1, \tag{5.4}$$

y el egreso total por BA del año t es $E^{\text{BA}}(t) = \sum_s \sum_{t_e \le t} P_s^{\text{BA}}(t;t_e)$.

5.2. SIS: seguro de invalidez y sobrevivencia

El Seguro de Invalidez y Sobrevivencia (SIS) entrega un aporte económico que permite cofinanciar una pensión de invalidez o sobrevivencia, en los casos que establece la legislación.

El SIS se modela sobre el afiliado promedio de cada componente (sexo, edad y generación): el costo del siniestro se calcula con el ingreso, la densidad, el saldo y el grupo familiar promedio, y se multiplica por el número de siniestros cubiertos. El capital necesario se calcula de igual forma que el CNU definido para pensiones, y la tasa de valoración de la Pensión Autofinanciada (PAFE), de la renta vitalicia y del capital necesario es r_t^{RV}.

Afiliados cubiertos y siniestros. Los afiliados cubiertos son un factor λ de los cotizantes (los afiliados activos ponderados por su densidad, $D_s(a)\,N^{\text{af}}$). El factor es mayor que uno porque los afiliados cubiertos incluyen a quienes cotizaron el mes anterior y a quienes, sin cotizar en el mes, lo han hecho recientemente. La proporción de afiliados cubiertos es entonces $cob_s(a) = \lambda\,D_s(a)$.

La tasa de siniestralidad física es el cociente entre los nuevos siniestros cubiertos y los afiliados cubiertos, por sexo y edad, y se aplica al afiliado promedio. En invalidez, corresponde a la probabilidad de invalidez $\pi_s^{\text{inv}}(a,t)$ de la Sección 3. En fallecimiento, es la mortalidad de los afiliados multiplicada por un factor constante por sexo, κ_s, igual a la razón entre la mortalidad de los cubiertos y la general. Los nuevos siniestros cubiertos son

$$N_{s,g}^{\text{new,SIS,inv}}(a,t) = N_{s,g}^{\text{new,inv}}(a,t)\,cob_s(a), \tag{5.5}$$

$$N_{s,g}^{\text{new,SIS,fall}}(a,t) = \kappa_s\,N_{s,g}^{\text{d,af}}(a,t)\,cob_s(a). \tag{5.6}$$

Ingreso base. El ingreso base del afiliado promedio es su ingreso imponible multiplicado por un factor ψ_s^{IB}, por sexo e igual para ambos tipos de siniestro. El factor es la razón entre el ingreso base y el ingreso imponible observado:

$$IB_s(a,t) = \psi_s^{IB}\,W_s(a,t), \tag{5.7}$$

Aporte adicional. El aporte adicional (AA) por invalidez, para $18 \le a < a^R$ (y $AA = 0$ en las demás edades), es

$$AA_{s,g}^{\text{inv}}(a,t) = \xi_s^{\text{inv}}\Big[\underbrace{12\,\alpha_s(a)\,IB_s(a,t)\,\text{Cnu}_s(a,t)}_{CN} - (1-0{,}3\,R_s^{pp})F_{s,g}^{\text{tot}}(a,t)\Big]^+, \tag{5.8}$$

donde CN es el capital necesario, que no incorpora la cuota mortuoria; $F^{\text{tot}}_{s,g} = \sum_{k\in\Theta^{\text{tot}}} F^{k}_{s,g}$ es el saldo computable (total de los fondos, $\Theta^{\text{tot}} = \mathcal{K}$); ξ^{e}_{s} es un factor único por sexo y tipo de siniestro que multiplica el aporte adicional resultante[21]; en invalidez el saldo se pondera por $1 - 0{,}3\,R^{pp}_{s}$, es decir, se reduce en 30 % para los inválidos parciales. La tasa de reemplazo efectiva y el CNU efectivo son

$$\alpha_s(a) = \alpha^{\text{tot}}(1 - R^{pp}_{s}) + \alpha^{\text{par}} R^{pp}_{s}, \tag{5.9}$$

$$\text{Cnu}_s(a,t) = (1 - \sigma_s(a,t))\text{CNU}^{\text{inv,sol}}_{s}(a,t) + \sigma_s(a,t)\,\text{CNU}^{\text{inv,cony}}_{s}(a,t), \tag{5.10}$$

con α^{tot} y α^{par} las tasas de reemplazo legales de invalidez total y parcial, y R^{pp}_{s} la proporción de inválidos parciales sobre el total de nuevos inválidos, constante por sexo. El modelo asume un único dictamen. Para el evento de fallecimiento, el beneficio financia al cónyuge sobreviviente:

$$AA^{\text{fall}}_{s,g}(a,t) = \xi^{\text{fall}}_{s}\,\sigma_s(a,t)\left[CN^{\text{fall}}_{s}(a,t) - F^{\text{tot}}_{s,g}(a,t)\right]^{+}, \tag{5.11}$$

$$CN^{\text{fall}}_{s}(a,t) = 12\,\alpha^{\text{fall}}\,\theta\,IB_s(a,t)\,\text{CNU}^{\text{sol}}_{s'}(a+\delta_s,t),$$

con α^{fall} la tasa de reemplazo del beneficio de sobrevivencia.

Siniestralidad, remuneración y tasa. Para determinar la tasa de siniestralidad del SIS, se considera la siniestralidad calculada y la remuneración de referencia (o masa imponible), con lo que la tasa por sexo se extrae directamente como:

$$\text{Sin}^{e}_{s}(t) = \sum_{g}\sum_{a<a^{R}} N^{\text{new,SIS},e}_{s,g}(a,t)\,AA^{e}_{s,g}(a,t), \tag{5.12}$$

$$Rem_s(t) = 12\sum_{g,a} W_s(a,t)\,D_s(a)\,\mathbf{1}\left[a \le \bar{a}^{\text{SS}}(t+1)\right]\,N^{\text{af}}_{s,g}(a,t), \tag{5.13}$$

$$\text{Tasa}^{e}_{s}(t) = \frac{\text{Sin}^{e}_{s}(t)}{Rem_s(t)}. \tag{5.14}$$

Sin_s es el costo total del SIS determinado por la siniestralidad física y los costos de generar una anualidad, Rem_s es la masa imponible total de los cotizantes en un periodo de tiempo, por lo que $\text{Tasa}^{e}_{s}(t)$ representa el costo en términos de puntos de cotización, para un periodo y sexo determinado. El egreso del Fondo por SIS se determina según la mayor tasa total (suma de eventos) entre hombres y mujeres[22], más un margen de contribución exógeno $\text{gap}^{\text{SIS}}_{t}$, aplicada a la remuneración de referencia de ambos sexos:

$$E^{\text{SIS}}(t) = \left[\max_{s}\sum_{e}\text{Tasa}^{e}_{s}(t) + \text{gap}^{\text{SIS}}_{t}\right]\left(Rem_H(t) + Rem_M(t)\right). \tag{5.15}$$

5.3. CEV: compensación por diferencias de expectativa de vida

El CEV (Compensación por Diferencias de Expectativa de Vida) compensa a las mujeres por la diferencia de pensión que genera su mayor expectativa de vida, esto es, la diferencia entre calcular la anualidad con la tabla de mortalidad de mujeres y con la de hombres aplicada a la sobrevida de la titular[23]. Aplica solo a mujeres ($s = M$), para pensiones de vejez e invalidez (b). Al respecto, se calcula una PAFE sobre el total de los fondos, $\bar{P}_M(a,t) = P^{\Theta^{\text{tot}},b}_{M}(a,t)$, y se

[21] El factor ξ ajusta la diferencia entre el costo calculado sobre el afiliado promedio y el costo observado, ya que el aporte adicional no es lineal en el saldo.

[22] El D.L. 3.500 indica que las diferencias de siniestralidad entre hombres y mujeres se depositan en la cuenta individual de las mujeres.

[23] Compendio de Normas del Sistema de Pensiones, Libro III, Título XIX, Letra C, Capítulo III.

modela la fracción beneficiaria mediante la distribución del saldo individual relativo a la media de cada edad[24].

$X \geq 0$ corresponde al saldo individual dividido por el saldo medio, con función de distribución F_X (calculada sobre el saldo observado) y $\mathbb{E}[X] = 1$. La compensación de una mujer con saldo relativo $X = x$, es decir, la que cubre íntegramente la diferencia de pensión que genera la diferencia de expectativas de vida (sin aplicar el mínimo), es proporcional a su pensión:

$$c(x) = \zeta_M(a,t)\, x\, \bar{P}_M(a,t), \tag{5.16}$$
$$\zeta_M(a,t) = (1-\sigma_M)\frac{\mathrm{CNU}^{\mathrm{sol}}_M}{\mathrm{CNU}^{\mathrm{sol}}_{\nsim M}} + \sigma_M \frac{\mathrm{CNU}^{\mathrm{cony}}_M}{\mathrm{CNU}^{\mathrm{cony}}_{\nsim M}} - 1,$$

donde $\mathrm{CNU}_{\nsim M}$ son los CNU de referencia de la norma, calculados para el mismo grupo familiar de la titular pero usando la tabla de mortalidad de hombres solo para la sobrevida de la titular.

Se aplican tres umbrales (el primero y el tercero expresados en saldo relativo; el segundo, en compensación relativa a la media de las beneficiarias): (1) el de la cuota mortuoria, $x^{(1)} = \underline{P}_t/\bar{P}_M(a,t)$, con $\underline{P}_t = \frac{\mathrm{UF}_t\, c^{\mathrm{cm}}}{12}\left[\frac{1-\sigma_M}{\mathrm{CNU}^{\mathrm{sol}}_M} + \frac{\sigma_M}{\mathrm{CNU}^{\mathrm{cony}}_M}\right]$ la pensión que financia la cuota mortuoria legal c^{cm} (en Unidades de Fomento, UF); (2) el de la compensación mínima $\underline{c}_t = 0{,}25\,\mathrm{UF}_t$, cuyo umbral $x^{(2)}$ se define más abajo; y (3) el de la anualidad máxima de 18 UF, $x^{(3)} = 18\,\mathrm{UF}_t/\bar{P}_M(a,t)$.

Elegibilidad. No son beneficiarias (con probabilidad $\pi^{\mathrm{ne},b}_M$) quienes no alcanzan el umbral de la cuota mortuoria; en invalidez, además, se excluyen las cubiertas por el SIS (cob^{inv}_M, Sección 5.2):

$$\pi^{\mathrm{ne},b}_M(a,t) = \begin{cases} F_X\big(x^{(1)}\big) & b = \mathrm{vej}, \\ F_X\big(x^{(1)}\big)\big(1 - cob^{\mathrm{inv}}_M(a,t)\big) + cob^{\mathrm{inv}}_M(a,t) & b = \mathrm{inv}, \end{cases} \tag{5.17}$$
$$N^{\mathrm{new,CEV},b}_M(a,t) = N^{\mathrm{new},b}_M(a,t)\big[1 - \pi^{\mathrm{ne},b}_M(a,t)\big]. \tag{5.18}$$

Se agrega el conjunto diferido de mujeres que se retiraron a los 60 años entre 2021 y 2025 (60–64 años en t_0), que pueden ser elegibles al cumplir 65 (tratado como en el BAC, Sección 5.4).

Compensación de las nuevas beneficiarias. La compensación de las nuevas beneficiarias (antes de aplicar el mínimo) es el promedio de $c(x)$ entre las mujeres cuyo saldo relativo está entre el umbral (1) y el umbral (3):

$$\bar{c}_M(a,t) = \zeta_M(a,t)\,\bar{P}_M(a,t)\,\mathbb{E}\big[X \mid x^{(1)} \leq X < x^{(3)}\big]. \tag{5.19}$$

Se asume, como simplificación, que dentro de las beneficiarias la compensación individual relativa a $\bar{c}_M$ se distribuye como X. $x^{(2)} = \underline{c}_t/\bar{c}_M(a,t)$ es el umbral de la compensación mínima. Quienes quedan bajo el mínimo (grupo C) reciben $\underline{c}_t$ (su compensación c^C más un complemento hasta alcanzar el mínimo); el resto (grupo NC) recibe su compensación como se indica:

$$\pi^C = F_X\big(x^{(2)}\big), \qquad \pi^{NC} = 1 - \pi^C, \tag{5.20}$$
$$c^C = \bar{c}_M\,\mathbb{E}\big[X \mid X < x^{(2)}\big], \qquad c^{NC} = \bar{c}_M\,\mathbb{E}\big[X \mid X \geq x^{(2)}\big].$$

Los nuevos beneficiarios por grupo son $N^{\mathrm{new,CEV},b,j}_M = N^{\mathrm{new,CEV},b}_M\,\pi^j$, con beneficio medio nuevo $B^{\mathrm{new,CEV},C} = \underline{c}_t$ y $B^{\mathrm{new,CEV},NC} = c^{NC}$. Los CNU se determinan al momento del retiro[25].

[24] Como la pensión es proporcional al saldo, el saldo relativo y la pensión relativa coinciden; los umbrales monetarios se traducen a umbrales de saldo relativo dividiéndolos por $\bar{P}_M$.

[25] Simplificación de la norma, que define la Anualidad CEV a la fecha de pensión, con la tasa de renta vitalicia promedio de los seis meses previos y los beneficiarios de pensión de sobrevivencia vigentes a esa fecha (Compendio de Normas del Sistema de Pensiones, Libro III, Título XIX, Letra C, Capítulo III). El modelo la aplica con periodicidad anual, sin considerar la fecha exacta del retiro dentro del año.

5.4. BAC: beneficio por años cotizados

El Beneficio por Años Cotizados (BAC) corresponde a una transferencia para pensionados actuales y futuros que cumplan con una determinada cantidad de cotizaciones. La elegibilidad depende de la edad, de los años cotizados y de haber jubilado. Para cada sexo s, tipo de pensión b, edad a y año t se modelan dos distribuciones: la de los años cotizados relativos al máximo posible (entre 0 y 1), y la del saldo relativo a su media (la misma F_X del CEV). Ambas se vinculan mediante un supuesto de correspondencia: una mayor densidad corresponde a un mayor salario, lo que genera una función monótona creciente (Figura 5.2). El cálculo se hace sobre los nuevos pensionados $N_s^{\text{new},b}(a,t)$, agregados sobre generaciones.

$n_{\text{máx}} = 45$ es el máximo de años cotizables y $Z \in [0,1]$ los años cotizados relativos a $n_{\text{máx}}$. $c^{\text{mín}}$ y $c^{\text{máx}}$ son los umbrales legales de años cotizados (según la cohorte) y $z^{\text{mín}} = c^{\text{mín}}/n_{\text{máx}}$, $z^{\text{máx}} = c^{\text{máx}}/n_{\text{máx}}$. La distribución de Z combina una proporción p_s de afiliados con densidad de cotización muy baja y, para el resto, una distribución $\tilde{F}_Z$ calibrada a la densidad histórica relativa $\bar{Z}_s(a,t)$ de los nuevos pensionados:

$$F_Z(z) = p_s + (1-p_s)\,\tilde{F}_Z(z), \tag{5.21}$$

con $\bar{Z}_s(a,t)$ ponderada por generación:

$$\bar{Z}_s(a,t) = \frac{\sum_{g<t} N_{s,g}^{\text{new},b}(a,t)\,\dfrac{LoS_{s,g}(a,t)}{12\,(t-g)}\,\mathbf{1}\big[t-g \geq c^{\text{mín}}\big]}{\sum_{g<t} N_{s,g}^{\text{new},b}(a,t)}. \tag{5.22}$$

El supuesto de correspondencia asocia a cada nivel de años cotizados z el saldo relativo que ocupa el mismo percentil en su distribución:

$$x(z) = F_X^{-1}\big(F_Z(z)\big), \tag{5.23}$$

creciente en z. Los grupos de elegibilidad y sus probabilidades son

$$\begin{aligned} \pi^{\text{fuera}} &= F_Z(z^{\text{mín}}), \qquad \pi^{\text{intra}} = \max\{(1-p_s)\tilde{F}_Z(z^{\text{máx}}) - \pi^{\text{fuera}},\, 0\}, \\ \pi^{\text{out}} &= 1 - F_X(\hat{x}), \qquad \pi^{\text{top}} = 1 - \pi^{\text{fuera}} - \pi^{\text{intra}} - \pi^{\text{out}}, \end{aligned} \tag{5.24}$$

donde "fuera" son quienes no alcanzan el mínimo de años cotizados, "intra" quienes están entre ambos umbrales (beneficio proporcional), "top" quienes alcanzan el tope de años y "out" quienes quedan excluidos ya que logran autofinanciar su beneficio: aquellos cuyo saldo relativo supera el tope $\hat{x}$, para el cual la PAFE iguala al beneficio máximo,[26]

$$\hat{x} = \frac{0{,}1\,\text{UF}_t\,c^{\text{máx}}}{\bar{P}_s^{\text{BAC}}(a,t)}, \qquad \bar{P}_s^{\text{BAC}} = P_s^{\Theta^{\text{BAC}},b}(a,t), \tag{5.25}$$

donde $0{,}1\,\text{UF}_t\,c^{\text{máx}}$ es el beneficio legal máximo (cada año cotizado se valora a 0,1 UF) y $\Theta^{\text{BAC}} = \{\text{CCICE}, \text{CRP}\}$ es el conjunto de fondos que fija la norma.

BAC de los nuevos beneficiarios. $x_{\text{mín}} = F_X^{-1}(\pi^{\text{fuera}})$ y $x_{\text{máx}} = F_X^{-1}(\pi^{\text{fuera}} + \pi^{\text{intra}})$ son los saldos relativos que corresponden a los umbrales de años cotizados. La pensión media autofinanciada $\bar{E}_s^j$ (PAFE del BAC, financiada con CCICE y CRP) y los años cotizados medios $\bar{N}_s^{\text{cot},j}$ de cada grupo con beneficio son

$$\bar{E}_s^{\text{intra}} = \bar{P}_s^{\text{BAC}}\,\mathbb{E}\big[X \mid x_{\text{mín}} \leq X < x_{\text{máx}}\big], \tag{5.26}$$

$$\bar{E}_s^{\text{top}} = \bar{P}_s^{\text{BAC}}\,\mathbb{E}\big[X \mid x_{\text{máx}} \leq X < \hat{x}\big], \tag{5.27}$$

$$\bar{N}_s^{\text{cot,intra}} = n_{\text{máx}}\,\mathbb{E}_{\tilde{F}}\big[Z \mid z^{\text{mín}} \leq Z < z^{\text{máx}}\big], \tag{5.28}$$

$$\bar{N}_s^{\text{cot,top}} = c^{\text{máx}}, \tag{5.29}$$

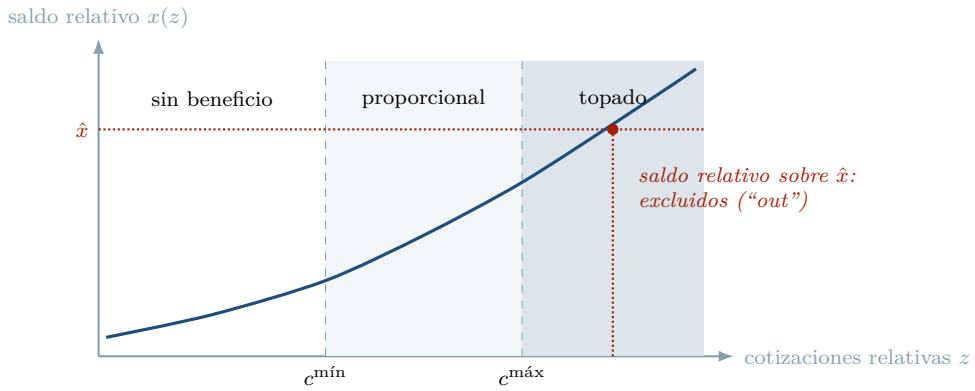
[26] Notar que esta PAFE solo considera CRP y CCICE.

donde $\mathbb{E}_{\tilde{F}}$ es la esperanza bajo $\tilde{F}_Z$, y el beneficio medio nuevo de cada grupo es

$$B_s^{\text{new,BAC},j}(a,t) = \Big[0{,}1\,\text{UF}_t\,\bar{N}_s^{\text{cot},j} - \bar{E}_s^{j}\Big]^+, \qquad j \in \{\text{intra},\text{top}\}. \tag{5.30}$$

El primer término es el beneficio bruto por años cotizados (0,1 UF por año cotizado, por los años cotizados medios del grupo). Los nuevos beneficiarios son $N_s^{\text{new,BAC},b,j}(a,t) = N_s^{\text{new},b}(a,t)\,\pi^j$ para $j \in \{\text{intra},\text{top}\}$; los grupos "fuera" y "out" no reciben beneficio[27].

Figura 5.2: Esquema de la correspondencia entre percentiles BAC



5.5. Proyección de beneficiarios y egresos por CEV y BAC

Para $m \in \{\text{CEV},\text{BAC}\}$ y cada grupo con beneficio j (CEV: $j \in \{C, NC\}$, solo mujeres; BAC: $j \in \{\text{intra},\text{top}\}$, ambos sexos), el stock de beneficiarios y el beneficio medio son:

$$\widetilde{Ben}_s^{\,m,j}(a,t) = Ben_s^{m,j}(a-1,t-1)\big[1 - q_s^b(a-1,t-1)\big], \tag{5.31}$$

$$Ben_s^{m,j}(a,t) = \widetilde{Ben}_s^{\,m,j}(a,t) + N_s^{\text{new},m,j}(a,t), \tag{5.32}$$

$$\bar{B}_s^{m,j}(a,t) = \frac{\widetilde{Ben}_s^{\,m,j}(a,t)\,\bar{B}_s^{m,j}(a-1,t-1) + N_s^{\text{new},m,j}(a,t)\,B_s^{\text{new},m,j}(a,t)}{Ben_s^{m,j}(a,t)} \tag{5.33}$$

con $\bar{B} = 0$ si el denominador es cero. El numerador de (5.33) es el gasto mensual total del grupo, que se acumula con el de los nuevos beneficiarios ($N_s^{\text{new},m,j}$, de las secciones anteriores, con su gasto mensual medio $B_s^{\text{new},m,j}$); el beneficio medio $\bar{B}$ se obtiene como el cociente entre ese gasto total y el número de beneficiarios.

A diferencia del resto del modelo, cuyo periodo base es $t_0 = 2025$, la proyección de los egresos por CEV y BAC parte en 2026 con el último valor efectivo observado. Los beneficiarios vigentes a inicios de 2026 (stock observado, con su beneficio medio por edad) transitan según su mortalidad esperada, mientras que su beneficio medio se mantiene constante (en términos reales), $\bar{B}_s^{m,\text{stock}}(a,t) = \bar{B}_s^{m,\text{stock}}(a-1,t-1)$. El egreso anual del Fondo es

$$E^m(t) = E^{m,\text{flujo}}(t) + E^{m,\text{stock}}(t), \tag{5.34}$$

$$E^{m,\text{flujo}}(t) = 12\sum_{s,j}\sum_{a \geq a^R} Ben_s^{m,j}(a,t)\,\bar{B}_s^{m,j}(a,t),$$

$$E^{m,\text{stock}}(t) = 12\sum_{s,a} Ben_s^{m,\text{stock}}(a,t)\,\bar{B}_s^{m,\text{stock}}(a,t),$$

[27] Para mujeres se incorpora además el conjunto diferido de quienes se retiraron a los 60 años en 2021–2025 (60–64 años en t_0) y reciben el beneficio al cumplir 65: se consideran en t_0 a su edad, con el flujo de retiro a los 60 años de 2026, las probabilidades de grupo de 2026 y como beneficio medio inicial el de los 65 años en su año de pago.

, los que se pagan mensualmente. Los beneficios se pagan desde la edad de referencia: quienes se pensionan antes ingresan al stock de beneficiarios potenciales, y son elegibles a recibir el beneficio al cumplir dicha edad.

6. Valor consolidado del Fondo

6.1. Flujo consolidado

El valor del Fondo evoluciona según

$$V_t = V_{t-1} + I_t - E_t + R_t, \tag{6.1}$$

con $R_t = r_t^{\text{FAPP}}\, V_{t-1}$ el producto de las inversiones del Fondo, cuya rentabilidad r_t^{FAPP} es exógena, y escalonada según el tamaño del Fondo al cierre del año anterior (Ver Anexo A.2).

$$I_t = I_t^{\text{SS}} + I_t^{\text{CRP}} + I_t^{\text{fisc}} + I_t^{\text{FRP}}, \tag{6.2}$$

$$E_t = E^{\text{BA}}(t) + E^{\text{SIS}}(t) + E^{\text{CEV}}(t) + E^{\text{BAC}}(t) + E_t^{\text{FRP}} + E_t^{\text{adm}}. \tag{6.3}$$

Los componentes se obtienen así: $I_t^{\text{SS}} = Y^{\text{SS}}(t)$ (contribución de seguridad social) e $I_t^{\text{CRP}} = Y^{\text{CRP}}(t)$ vienen de (4.4); los egresos por beneficio, de las agrupaciones que se generen de las ecuaciones (5.4), (5.15) y (5.34); el aporte estatal I_t^{fisc} definido por ley, la transferencia desde el Fondo de Reserva de Pensiones (FRP), I_t^{FRP}, su restitución E_t^{FRP} y los gastos de administración E_t^{adm} son trayectorias exógenas fijadas por norma o por presupuesto (Sección 7.1). El Fondo parte con $V_{t_0-1} = 0$: V_{t_0} se construye con los flujos de 2025 (cotizaciones al SS, y aporte del FRP, netos de gastos de administración).

7. Consideraciones del Balance Económico, variables a monitorear y chequeos de consistencia

7.1. Consideraciones del Balance Económico

El BE utiliza el estudio base descrito en este documento, con cuatro particularidades. Primero, el BE reporta el horizonte 2026–2101, ya que requiere explícitamente 75 años de proyección, mientras que el modelo proyecta hasta $T = 2105$. Segundo, dado que el modelo expresa los montos en pesos de diciembre de 2025, las tasas son reales (el modelo no incorpora inflación), y el BE es a cierre del tercer trimestre del año, este aplica un inflactor que convierte los montos agregados a pesos de septiembre de 2026[28].

Tercero, el BE prorratea el cálculo de 2026 de los egresos a los meses restantes del año mediante un factor η^m por partida m:

$$E^{\mathrm{SIS,BE}}(2026) = \eta^{\mathrm{SIS}}\, E^{\mathrm{SIS}}(2026),$$
$$E^{\mathrm{BAC,BE}}(2026) = \eta^{\mathrm{BAC}}\, E^{\mathrm{BAC,flujo}}(2026) + E^{\mathrm{BAC,stock}}(2026),$$

con $\eta^{\mathrm{SIS}} = 3/12$ y $\eta^{\mathrm{BAC}} = 7/12$ (este último aplicado solo al flujo de nuevos beneficiarios). En las demás partidas y años no se aplica prorrateo, es decir, $\eta^m = 1$.

Cuarto, el BE considera el aporte del FRP, I^{FRP}, solicitado a la fecha del estudio base, que es un único aporte en t_0, y su restitución, E^{FRP}, en 2045, según el calendario vigente de la ley y capitalizada según la norma. El Fondo podría solicitar recursos adicionales con posterioridad; estos no están incorporados en el BE.

7.2. Variables a monitorear

Cada variable exógena se proyecta con una regla, una fuente y una fecha de corte. La fecha de corte es la de los datos de origen, esto es, la última publicación disponible de cada fuente al cierre del estudio base; el periodo 2016–2025 que aparece en la definición es la ventana de observación que fija el valor constante. Las variables se actualizarán para el primer estudio actuarial, cuyo plazo corresponde al segundo semestre de 2028.

ID	Variable	Regla	Definición	Fuente	Fecha de corte
R1	Tasa de renta vitalicia r^{RV} y tasas de los BSP y BA	Convergencia	Converge linealmente en $H = 20$ años desde el valor publicado por la SP hasta x^{LP} (RV: valor de la SP; BSP: promedio de la curva cero; BA: Bonos de la Tesorería General de la República (TGR) en UF (BTU) a 20 años)	SP y RiskAmerica	Ago. 2026
R2	Retornos de los fondos de afiliados r_{F}	Convergencia	Converge linealmente en 20 años desde el promedio observado de los últimos 20 años hasta la rentabilidad esperada del portafolio de cada etapa del fondo generacional	Cálculo propio	Sep. 2026
R3	Retorno del FAPP r^{FAPP}	Exógena	Se define por la política de inversión del Fondo y depende del tamaño del Fondo al cierre del año anterior	Política de inversión	Ago. 2026
R4	Crecimiento salarial real γ_t	Constante	Igual a 1,8 % real anual (promedio observado entre 2016 y 2025, ajustado a la baja por criterio conservador, por el efecto de la pandemia de COVID-19)	SP e INE	Dic. 2025
R5	Densidad de cotización $D_s(a)$	Constante	Promedio entre generaciones, ponderado por stock, de la densidad por componente observada entre 2016 y 2025	Bases de Datos Administrativos (BDA)	Mar. 2026

[28] En el modelo, dada su estructura anual, toda la información utilizada, considerando los beneficios definidos en UF o en Unidades Tributarias Mensuales (UTM), usan el valor de diciembre de 2025

ID	Variable	Regla	Definición	Fuente	Fecha de corte
R6	Probabilidades de afiliación, de invalidez (tasa de siniestralidad física del SIS) y de retiro	Constante	Promedio observado entre 2016 y 2025, por sexo y edad	BDA (afiliación y retiro) y SP (invalidez)	Mar. 2026
R7	Mortalidad y mejoramiento (Mej, M)	Externa	Tablas 2020 de la SP y la CMF; el mejoramiento se mantiene en su último valor publicado (2036) y la mortalidad de partida del CNU se congela desde 2046	SP y CMF	2022
R8	Población (proyección INE)	Externa	Proyección INE hasta 2070; desde 2071 las tasas demográficas se mantienen en el último valor proyectado	INE	Ene. 2026
R9	Afiliados cubiertos sobre cotizantes λ	Constante	Promedio observado entre 2016 y 2025	SP	Dic. 2025
R10	Saldo relativo a su media F_X	Constante	Promedio observado entre 2016 y 2025, suavizado	BDA	Mar. 2026
R11	Razón entre ingreso base e ingreso imponible ψ_s^{IB}	Constante	Promedio observado entre 2016 y 2025, por sexo	SP	Dic. 2025
R12	Razón de mortalidad de los cubiertos κ_s	Constante	Promedio observado entre 2016 y 2025, por sexo	SP e INE	Dic. 2025
R13	Factor de calibración del aporte adicional ξ_s^e	Constante	Fijado para replicar los datos observados entre 2016 y 2025, por tipo de siniestro y sexo	SP	Dic. 2025
R14	Proporción de inválidos parciales R_s^{pp}	Constante	Constante por sexo	SP	Dic. 2025
R15	Margen de contribución $\text{gap}_t^{\text{SIS}}$	Constante	Supuesto del modelo: margen exógeno que se suma a la mayor tasa total del SIS entre sexos (Ecuación (5.15))	Supuesto	—

7.3. Chequeos de consistencia

C1. *Cuadratura demográfica.* $N_s^{\text{c}} = \sum_g N_{s,g}^{\text{c}}$ para todo stock; en t_0 se reporta la brecha entre $\sum_g N_{s,g}^{\text{af}}(a, t_0)$ y el total administrativo.

C2. *No negatividad.* Todos los stocks, flujos y saldos son no negativos.

C3. *Cierre stock-flujo.* Las ecuaciones (3.7)–(3.9) se cumplen celda a celda.

C4. *Probabilidades.* Las probabilidades de grupo suman uno: $\sum_j \pi^j = 1$ en CEV y en BAC; en BAC, como π^{top} se obtiene por diferencia, se verifica además que $\pi^{\text{top}} \geq 0$ (consistencia entre el tope $\hat{x}$ y los umbrales de años cotizados).

C5. *Amortización.* El saldo insoluto de todo BA emitido es cero tras la cuota L (20 cuotas anuales iguales).

C6. *Aporte adicional.* $AA \geq 0$ y es no creciente en el saldo.

C7. *Afiliados cubiertos.* El factor λ es mayor o igual a uno: los afiliados cubiertos no son menos que los cotizantes.

C8. *Monotonía.* El saldo relativo $x(z)$ del BAC es creciente en z y la compensación $c(x)$ del CEV es no decreciente en x, salvo en los tramos de tope.

C9. *Cierre del fondo.* V_t satisface (6.1), y los flujos consolidados coinciden con la suma de los módulos.

C10. *Determinismo.* El modelo es determinista: con las mismas entradas se obtienen los mismos resultados.

A. Anexos

A.1. Notación

Tipos: **Í** índice, **E** estado, **F** flujo, **O** insumo observado, **N** parámetro normativo, **P** trayectoria definida por regla (Sección 7.2), **S** parámetro del modelo.

Símbolo	Significado	Tipo
s, a, t, g	Sexo, edad, año y generación (año de afiliación); en un componente la edad avanza con el año, por lo que se escribe solo t cuando la edad es implícita	Í
t_0, T	Año base (2025) y año final (2105)	S
$\mathcal{A}$, $a_{\text{máx}}$, a^R	Edades de la proyección (15 a $a_{\text{máx}} = 110$) y edad de referencia ($a^R = 65$)	Í, S
k, $\mathcal{K}$, Θ, b	Tipo de cotización (SS: Seguro Social; CCICO: Cuenta de Capitalización Individual de Cotizaciones Obligatorias; CCICE: Cuenta de Capitalización Individual de Cotización del Empleador; CRP: Cotización con Rentabilidad Protegida); conjunto de fondos $\mathcal{K}$ y subconjuntos $\Theta \subseteq \mathcal{K}$; tipo de pensión	Í
$N^{\text{af}}, N^{\text{ret}}, N^{\text{inv}}$	Stocks de afiliados, pensionados por vejez y por invalidez	E
$N^{\text{d,af}}, N^{\text{new},\cdot}$	Muertes de activos; nuevos afiliados, inválidos y retirados	F
POP, POP^{NA}	Población total y no afiliada	O
$\pi^{\text{af}}, \pi^{\text{inv}}, \pi^{\text{ret}}$	Probabilidades de afiliación, invalidez y retiro	P
q, q^{inv}	Mortalidad de activos y retirados; de inválidos	O
q^N, Mej, M	Mortalidad normativa base; factor anual de mejoramiento de mortalidad, por edad y año calendario; años de mejora	N, S
q^*, ℓ	Mortalidad con mejora (anualidades); sobrevivencia	F
$\tilde{t}$	Año de partida de la diagonal de cohorte del CNU, $\text{mín}\{t, t_0 + 1 + M\}$	S
W, D, γ	Ingreso imponible; densidad de cotización; crecimiento salarial real	O, P
$\tau^k, \phi^k, \omega, \bar{a}^k$	Tasa de cotización, tasa efectiva, ponderación de transición y edad tope	N
mc^k, Y^k	Cotización mensual per cápita; flujo agregado de cotizaciones	F
F^k, r^k	Saldo per cápita y rentabilidad del fondo k	E, P
ρ^{F}, ρ^{CRP}	Retorno del fondo según la edad y el esquema vigente; retorno de la CRP según los años restantes ν	P
LoS	Meses cotizados acumulados	E
r^{RV}, r^{BA}	Tasa de renta vitalicia; tasa fija de liquidación de los BA	P
$\text{CNU}^{b,\cdot}$	Capital necesario unitario (soltero, con cónyuge)	F
σ, θ, Δ, δ_s	Proporción con cónyuge; proporción de la pensión del cónyuge sobreviviente; diferencia de edad entre cónyuges y su desplazamiento por sexo ($\delta_H = -\Delta$, $\delta_M = +\Delta$)	O, N
$P^{k,b}$, $P^{\Theta,b}$	Pensión nueva por fondo; PAFE sobre el subconjunto de fondos Θ	F
N^{out}, $\bar{D}$, $\mathfrak{D}$	Afiliados que terminan la acumulación CRP; deuda BSP promedio y total	F, E
BA, $BA_s(t_e)$, P^{BA},	Emisión de BA; emisión anual del sexo s en t_e; pago periódico; periodos de liquidación	F, S
IB, α, ξ	Ingreso base; tasa de reemplazo; factor único de calibración del AA por sexo y tipo de siniestro	N, S
ψ^{IB}	Razón entre ingreso base e ingreso imponible (SIS), por sexo	S
AA^e, CN	Aporte adicional del SIS por evento $e \in \{\text{inv}, \text{fall}\}$; capital necesario	F, N

Símbolo	Significado	Tipo
$cob,\ \kappa,\ \lambda$	Proporción de afiliados cubiertos; razón de mortalidad de los cubiertos respecto a la general (fallecimiento); factor de afiliados cubiertos sobre cotizantes	P, S
$\mathrm{Sin}, \mathrm{Rem}, \mathrm{Tasa}$	Siniestralidad; masa imponible total; tasa SIS	F, P
$\mathrm{gap}^{\mathrm{SIS}}$	Margen de contribución exógeno (supuesto del modelo)	S
$X,\ F_X$	Saldo relativo a la media (media unitaria; x es un valor de X) y su distribución	S
$\zeta,\ x^{(j)},\ \pi^j,\ c^j$	Compensación CEV: factor, umbrales, probabilidades y montos de grupo	N, S
$Z,\ F_Z,\ \tilde{F}_Z,\ p_s$	BAC: años cotizados relativos, su distribución y proporción de afiliados con densidad despreciable	S
$c^{\mathrm{mín}}, c^{\mathrm{máx}}, n_{\mathrm{máx}}, \hat{x}$	BAC: umbrales legales de años cotizados, máximo de años cotizables y tope del saldo relativo	S, N
$Ben,\ \bar{B}$	Stock de beneficiarios; beneficio medio	E
$H,\ x^{LP}$	Horizonte de convergencia (20 años) y valor de largo plazo	S
$V,\ I,\ E$	Valor del Fondo; ingresos y egresos	E, F
$R,\ r^{\mathrm{FAPP}}$	Producto de inversiones y rentabilidad del Fondo (exógenas; la rentabilidad es escalonada según el tamaño del Fondo)	P
$N^{\mathrm{obs}}_{s,g}$	Afiliados observados por componente en t_0 (condición inicial de N^{af})	O
t_{r}	Año de retiro (invalidez o vejez) que define la subgeneración (g, t_{r})	Í
$R^{pp}_s,\ \eta^m$	Proporción de inválidos parciales sobre nuevos inválidos; factor de prorrateo de 2026 por partida m (Sección 7.1)	S

A.2. Reglas y fuentes de las variables exógenas

Tasas financieras. Corresponden a las tasas de rentabilidad de las Cuentas de Capitalización Individual de Cotizaciones Obligatorias (CCICO), que aplican también a la CCICE por ser esta un subconjunto de la CCICO, la tasa implícita de renta vitalicia (RV), y las tasas asociadas a las emisiones de la CRP. Se asume que el valor de estas tasas converge linealmente en 20 años desde su valor reciente hasta su valor de largo plazo. En las tasas de rentabilidad de las cuentas de CCICO, el valor reciente se definió como igual al promedio observado en los últimos 20 años, y el valor de largo plazo como igual a la rentabilidad esperada del portafolio de cada etapa del fondo generacional, dadas las participaciones medias del régimen de inversión (en línea con la norma sobre composiciones de las carteras publicada por la SP el 1 de septiembre de 2026) y las rentabilidades esperadas de la frontera eficiente. Para la tasa de renta vitalicia, se calcula considerando el valor actual y de largo plazo en base a su valor publicado por la SP. Para la tasa de los Bonos de Seguridad Previsional (BSP) y Bonos Amortizables (BA) emitidos en relación a la CRP, se utilizó como valor actual las tasas publicadas al efecto por la Superintendencia de Pensiones, y como valor de largo plazo las tasas promedio asociadas a la curva cero (conforme a su respectiva duración) para el caso de los BSP, y la tasa de los Bonos de la Tesorería General de la República (TGR) emitidos en UF (BTU) a 20 años para el caso de los BA, ambos obtenidas desde RiskAmerica.

Cálculo de anualidades y longevidades. Se realizó con base en tablas de mortalidad sujetas a factores de mejoramiento, ambos publicados por la SP. Los factores se aplican por edad alcanzada y año calendario, y la mortalidad de partida del CNU se congela desde 2046. Se asumió una proporción de titulares con cónyuge constante y cuya diferencia de edades es igual a tres años, ambas con base en la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional de Chile (CASEN).

Crecimiento salarios. Esta corresponde a una tasa constante de 1,8 % real anual, definida a partir del promedio del crecimiento real de los salarios imponibles publicados por la SP y del Índice de Remuneraciones Reales publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) entre 2016 y 2025, y ajustada a la baja, por criterio conservador, para no incorporar el efecto de la pandemia de COVID-19: en esos años los salarios medios crecieron porque aumentó la participación relativa de cotizantes de mayores ingresos, lo que eleva el crecimiento observado de las remuneraciones. En las demás variables el efecto de la pandemia reduce su valor, por lo que se mantiene en el promedio observado, también por criterio conservador.

Tasas de afiliación. Se calcula considerando la edad de afiliación reportada según la base de datos "Informe de Afiliados, Cotizantes, Beneficiarios, Pensionados y Fallecidos (Base de Datos Administrativos "BDA", con información a marzo de 2026) recibida desde la SP. La tasa de afiliación es igual al cociente entre nuevas personas afiliadas y el total de población no afiliada para cada sexo y edad. Esta tasa se asume constante en el tiempo, igual al promedio observado entre 2016 y 2025.

Tasas de siniestralidad física en el SIS. Se calcularon como el cociente entre el número de nuevas pensiones de invalidez cubiertas por el SIS y el total de afiliados cubiertos por el SIS, ambos publicados periódicamente por la SP. Estas tasas se asumieron constantes en el tiempo, iguales al promedio observado entre 2016 y 2025, y diferenciadas por sexo y edad.

Tasas de jubilación. La tasa de jubilación utilizada corresponde al cociente entre nuevas personas retiradas y el total de afiliados activos para cada sexo y edad, con base en datos agregados públicos y datos BDA a marzo de 2026. Esta tasa se asumió constante en el tiempo, igual al promedio observado entre 2016 y 2025.

Densidad de cotización. La densidad se calcula para cada componente (sexo, edad y generación) con datos de la BDA a marzo de 2026. El perfil por edad y sexo corresponde al promedio entre generaciones, ponderado por el stock de afiliados, de la densidad de cada

componente observada entre 2016 y 2025, y se asume constante en el tiempo.

Parámetros del SIS. El factor ψ_s^{IB}, el factor de afiliados cubiertos λ y la razón de mortalidad κ_s se mantienen constantes en el tiempo, iguales a su promedio observado entre 2016 y 2025. Los factores de calibración ξ_s^e se fijan por evento y sexo para replicar los datos observados entre 2016 y 2025. Las tasas de reemplazo son $\alpha^{\text{tot}} = 0{,}70$ (invalidez total), $\alpha^{\text{par}} = 0{,}50$ (invalidez parcial) y $\alpha^{\text{fall}} = 0{,}70$ (sobrevivencia); R_s^{pp} es la proporción de inválidos parciales sobre el total de nuevos inválidos, constante por sexo, y $\theta = 0{,}6$ la proporción de la pensión que recibe el cónyuge sobreviviente.

Distribución del saldo y número de meses cotizados en los nuevos jubilados. Corresponde a la distribución de saldos de las Cuentas de Capitalización Individual de Cotizaciones Obligatorias (CCICO) y la distribución de meses cotizados en cada subgrupo de cálculo (edad, sexo, año de afiliación), observadas en la BDA a marzo de 2026. Esta se suaviza estadísticamente y se asume constante en el tiempo; la distribución del saldo relativo a su media es igual al promedio observado entre 2016 y 2025.

Rentabilidad del fondo. Se calculó considerando un componente de liquidez o renta fija de corto plazo y otro componente de renta fija local de largo plazo, en línea con las clases de activos implementadas a la fecha por el Fondo e incluidas en su Política de Inversión. La composición por clases de activos se implementó considerando el horizonte de inversión de largo plazo del Fondo así como también sus necesidades de liquidez en el corto plazo. Por lo anterior, se estableció que existe una relación positiva entre el tamaño de los activos proyectados en cada año y el aumento gradual en el peso de la renta fija local de largo plazo, siempre y cuando se cumpla con las necesidades de liquidez. Los valores de los retornos esperados en el largo plazo del fondo se fijaron en un nivel igual a la rentabilidad esperada del índice Corporativo Global de RiskAmerica.

A.3. Anualidades (CNU)

r_t^{RV} es la tasa de descuento de renta vitalicia en la fecha de cálculo t y $v_t = 1/(1 + r_t^{\mathrm{RV}})$. El capital necesario unitario (CNU) de un pensionado soltero de tipo b, sexo s y edad a en el año t es la anualidad mensual anticipada

$$\mathrm{CNU}_s^{b,\mathrm{sol}}(a,t) = \sum_{j=0}^{a_{\mathrm{máx}}-a} v_t^j \, \frac{\ell_s^b(a+j, \tilde{t}+j)}{\ell_s^b(a,\tilde{t})} - \frac{11}{24}, \tag{A.1}$$

donde $\tilde{t} = \mathrm{mín}\{t, t_0 + 1 + M\}$ (Sección 4.5), el término $-11/24$ es el ajuste usual por pagos mensuales y ℓ^b usa q^* o $q^{\mathrm{inv}*}$ según b. La tasa que se aplica a toda la trayectoria es la de la fecha de cálculo, de modo que el CNU queda determinado al momento del retiro y vinculado a (g, t_{r}).

Con cónyuge, $\ell_s^{xy}(a,\tilde{t}) = \ell_s(a,\tilde{t})\,\ell_{s'}(a+\delta_s,\tilde{t})$ es la sobrevivencia conjunta, donde s' es el sexo del cónyuge y $\delta_H = -\Delta$, $\delta_M = +\Delta$ (diferencia de edad entre cónyuges Δ). $\mathrm{CNU}_s^{b,xy}(a,t)$ es la anualidad calculada con ℓ^{xy} en lugar de ℓ en (A.1). El CNU con cónyuge es

$$\mathrm{CNU}_s^{b,\mathrm{cony}}(a,t) = \mathrm{CNU}_s^{b,\mathrm{sol}}(a,t) + \theta\Big[\mathrm{CNU}_{s'}^{\mathrm{sol}}(a+\delta_s,t) - \mathrm{CNU}_s^{b,xy}(a,t)\Big], \tag{A.2}$$

donde θ es la proporción de la pensión que recibe el cónyuge sobreviviente (parámetro normativo).