



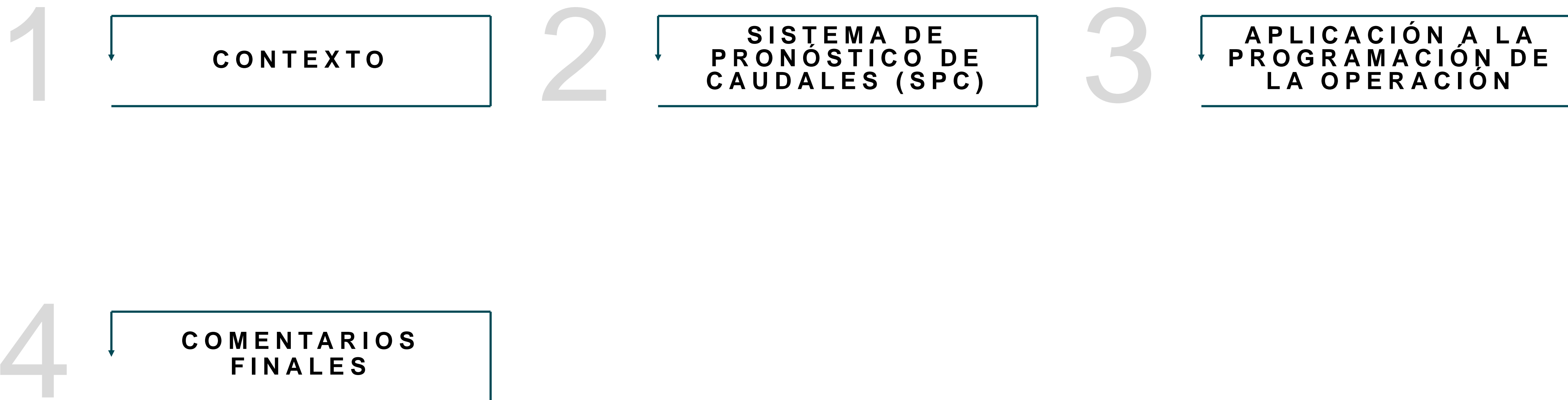
Sistema Pronóstico de Caudales

Juan Marcos Donoso N.

Jefe Departamento de Programación de la Operación

04-Abril-2019

AGENDA





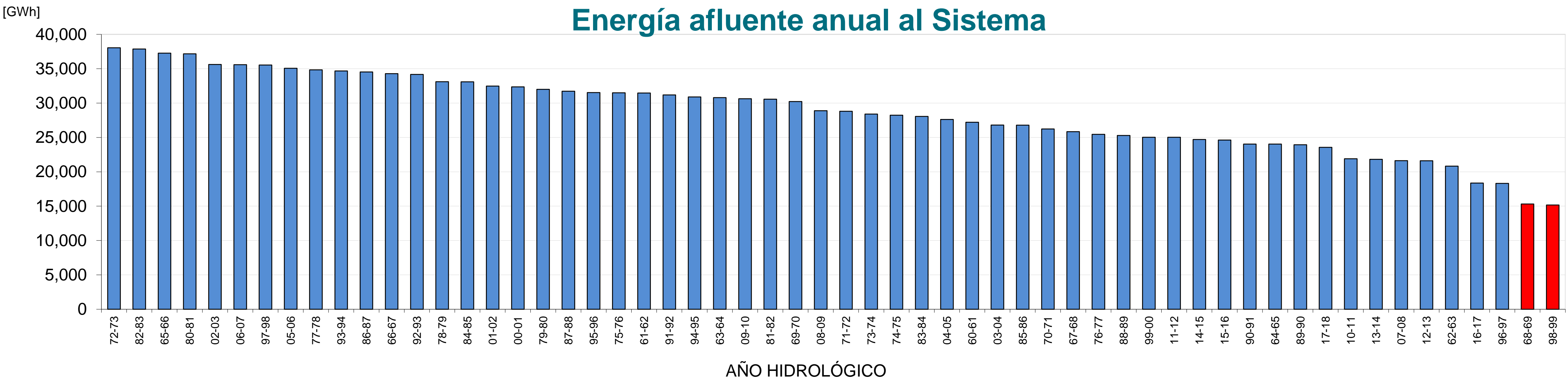
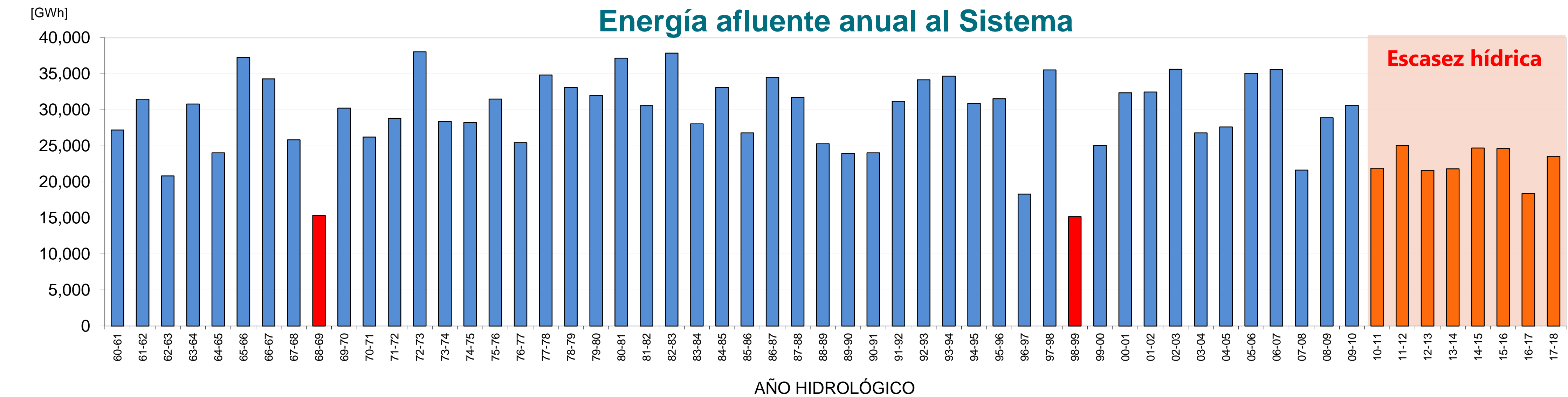
1. CONTEXTO

Gestión de Embalses

- ✓ Las centrales hidroeléctrica de embalse cuentan con capacidad de regulación que va desde un día hasta meses.
- ✓ Contribuyen a la operación segura y económica porque pueden reemplazar generación térmica en periodos de bajos afluentes a través de agua (energía) embalsada en periodos de altas precipitaciones o épocas de deshielo.
- ✓ La reducción de la incertidumbre de los caudales afluentes esperados permite optimizar eficientemente el abastecimiento de la demanda.

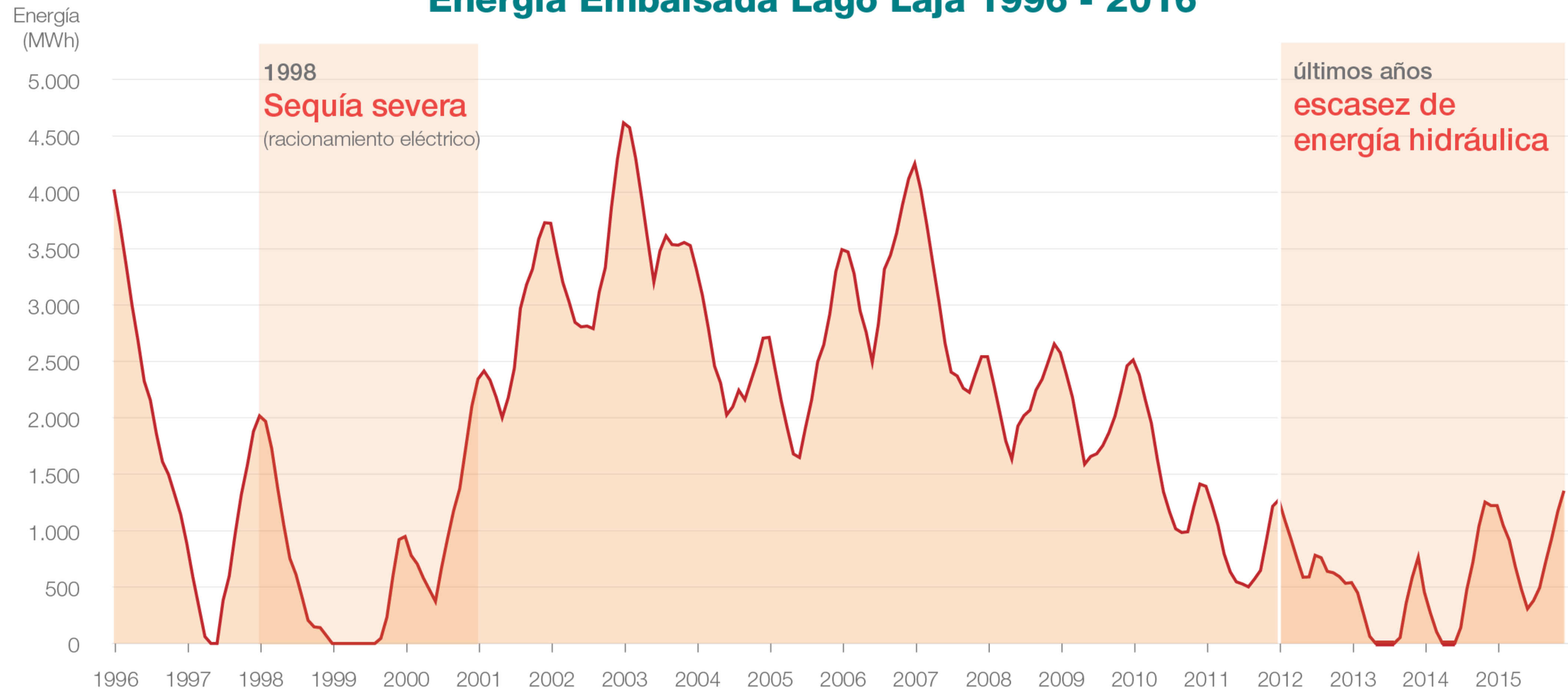


Variabilidad Hidrológica



Variabilidad Hidrológica

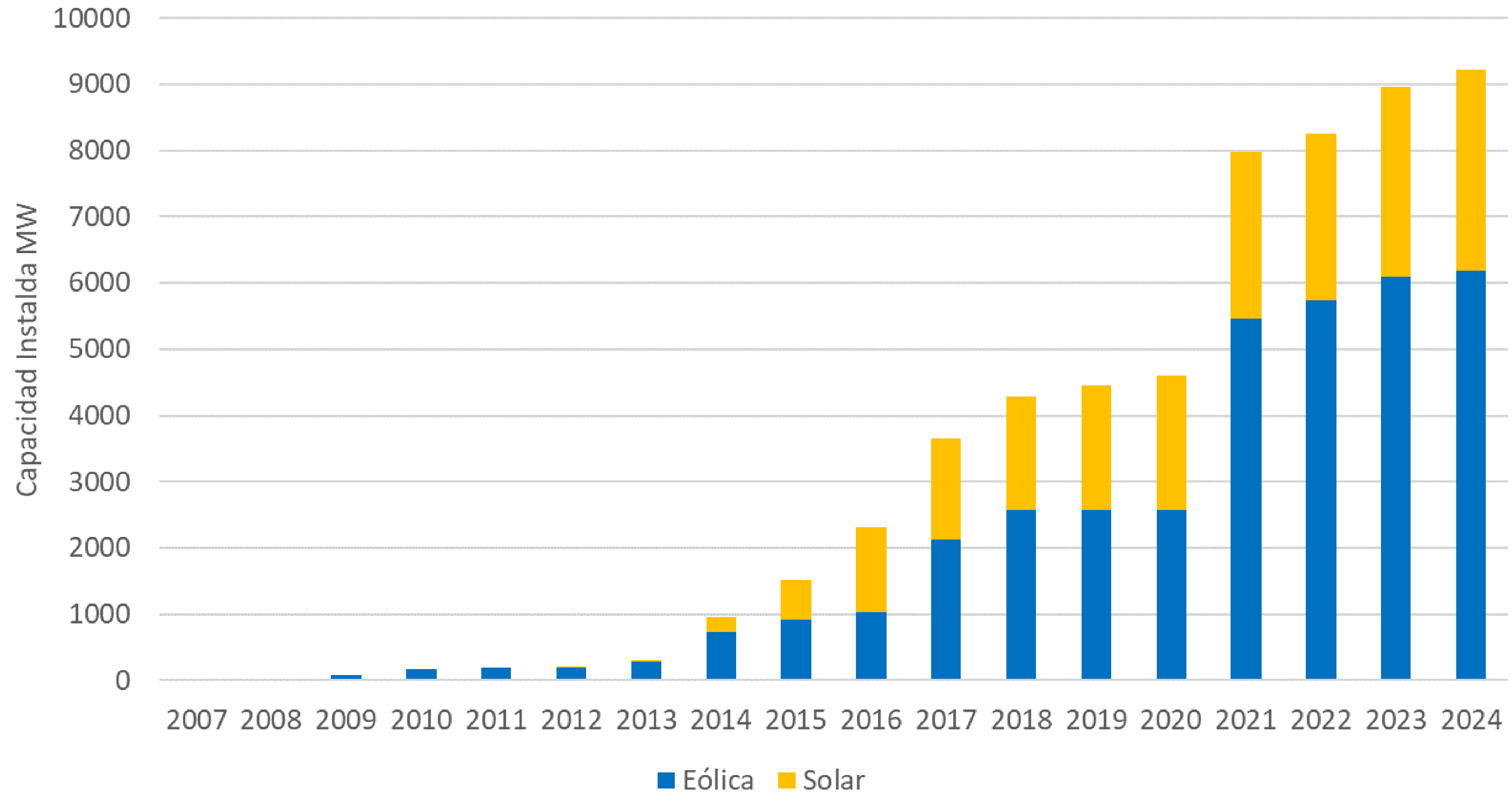
Energía Embalsada Lago Laja 1996 - 2016



Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional, año 2016



Proyección Capacidad Instalada ERNC



Fuente: Plan de Expansión de Transmisión, Obras comprometidas, 29 de diciembre 2017, CNE

RECURSO DE FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

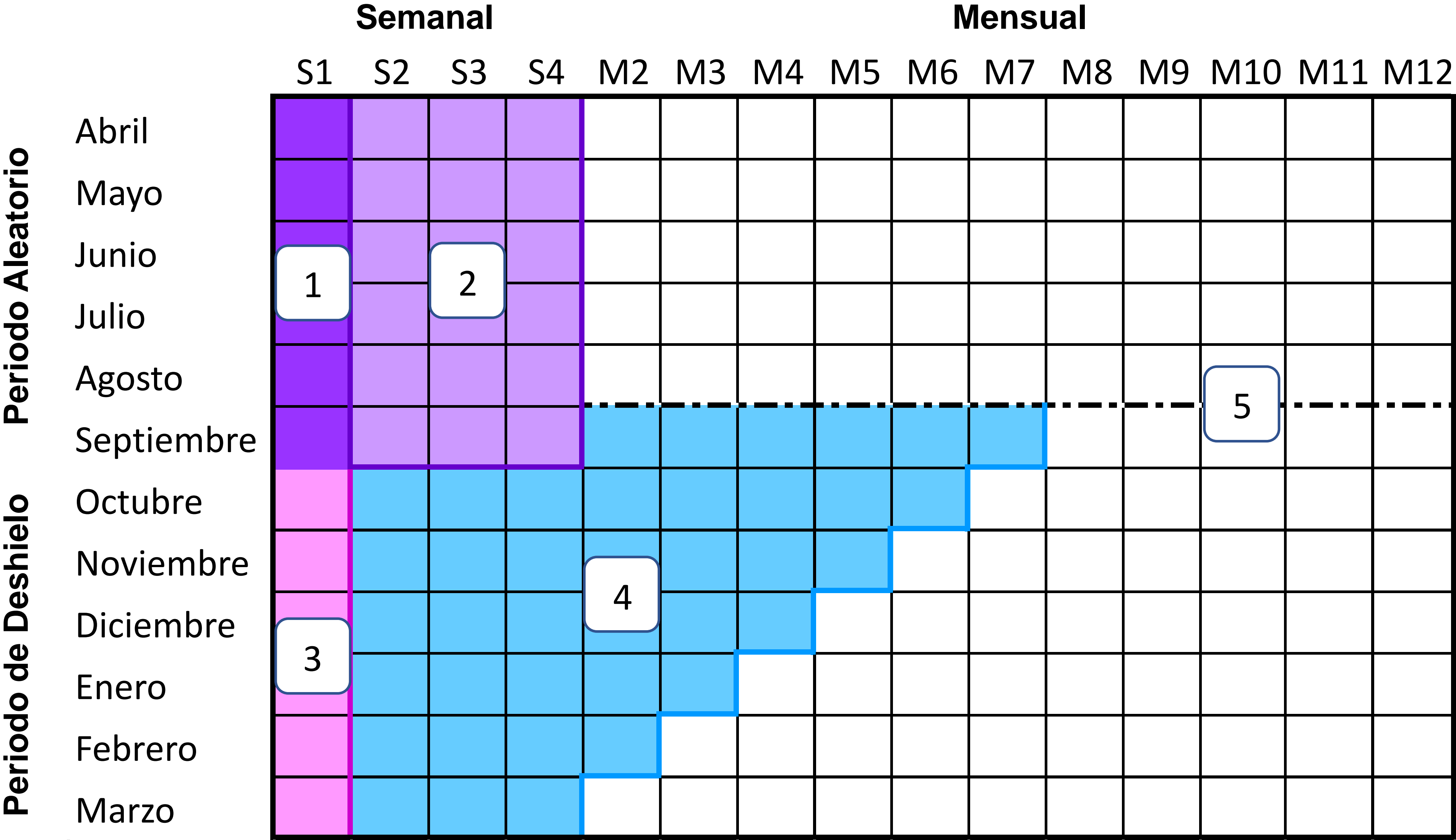


Otros aspectos



- Particularidades del fenómeno hidro-meteorológico nacional.
- Nuevo proceso diario de la programación de la operación.
- Experiencia de otros Operadores de sistemas eléctricos regionales.
- Inicio nuevas funciones de investigación, desarrollo e innovación (análisis crítico del desempeño del sistema y mercado, incorporación de nuevas tecnologías).
- Avanzar a mejores procesos, herramientas y mejora continua

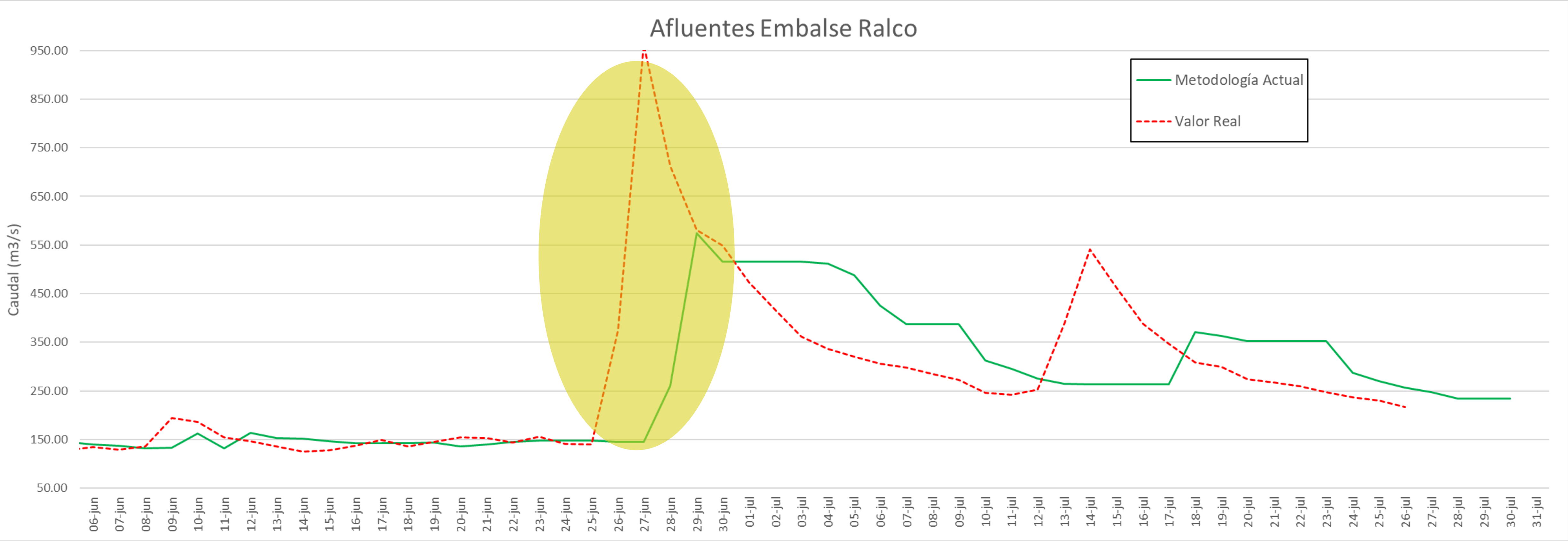
Metodología de Caudales en la Programación (*)



- 1 Cálculo determinístico
- 2 Estadística histórica condicionada
- 3 Cálculo determinístico
- 4 Pronóstico de deshielo
- 5 Estadística completa

(*) Para centrales de pasada. Antes de aplicar el Sistema de Pronóstico de Caudales para todas las cuencas.

Desempeño metodología actual



Análisis previos

Diagnóstico realizado 2015 - 2016 **meteodata**

Objetivo general:

Elaborar estudios para generar recomendaciones **concretas y fundadas** para el mejoramiento de la metodología usada por el Coordinador para la proyección de caudales afluentes.

Principales resultados:

- Se evaluó un modelo de pronóstico basado en modelos físicos y meteorológicos, el cual muestra un nivel de desempeño claramente mejor en las primeras etapas (semanas 1 a 3), especialmente durante el periodo aleatorio.
- En la época de deshielo, al combinar los resultados de los dos sistemas se obtiene un resultado mejor que cualquier sistema individual.
- El nuevo sistema muestra que es posible realizar predicciones para la época de deshielo con mayor anticipación que lo permitido en el sistema actual.
- La calidad de los datos de caudal puede limitar la capacidad del pronóstico para mejorar desempeño.

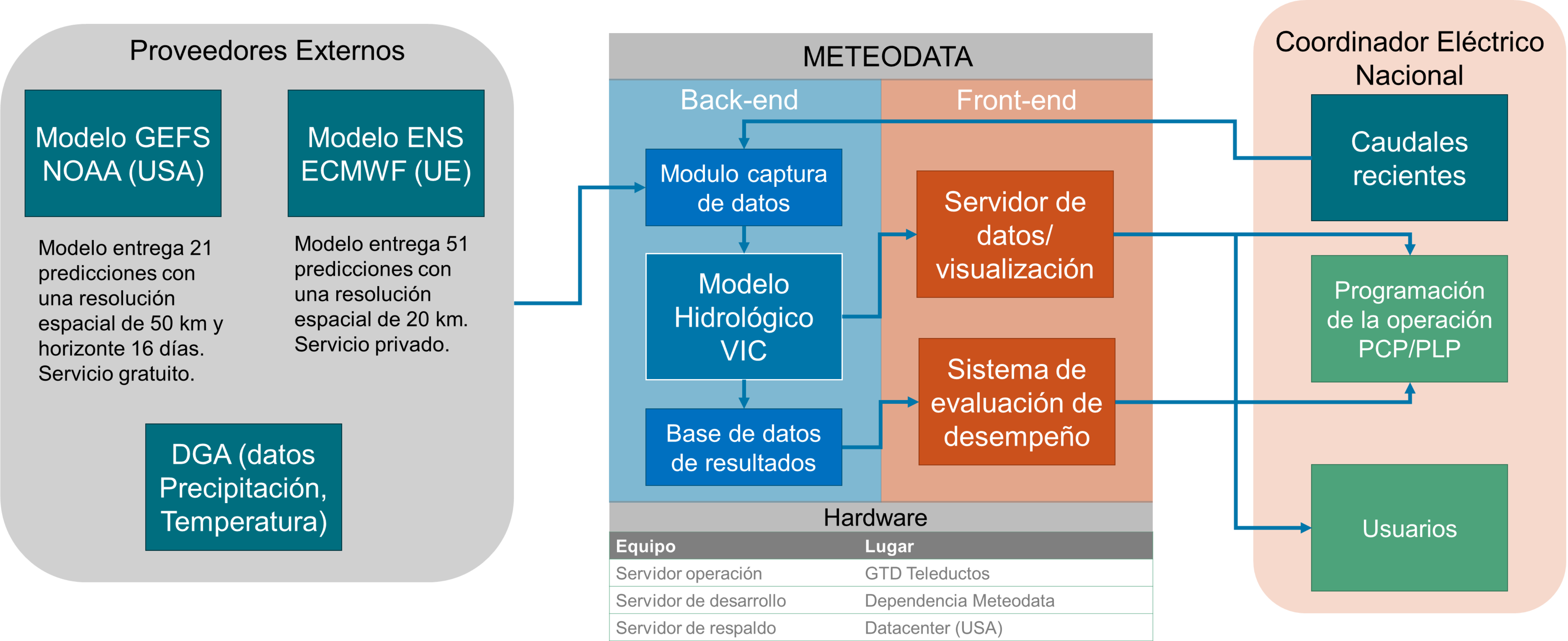


2. SISTEMA DE PRONÓSTICO DE CAUDALES (SPC)

Estructura Sistema de Pronóstico de Caudales (SPC)

Enero a abril 2018:
Mayo 2018 – en adelante:

Desarrollo y implementación
Marcha Blanca

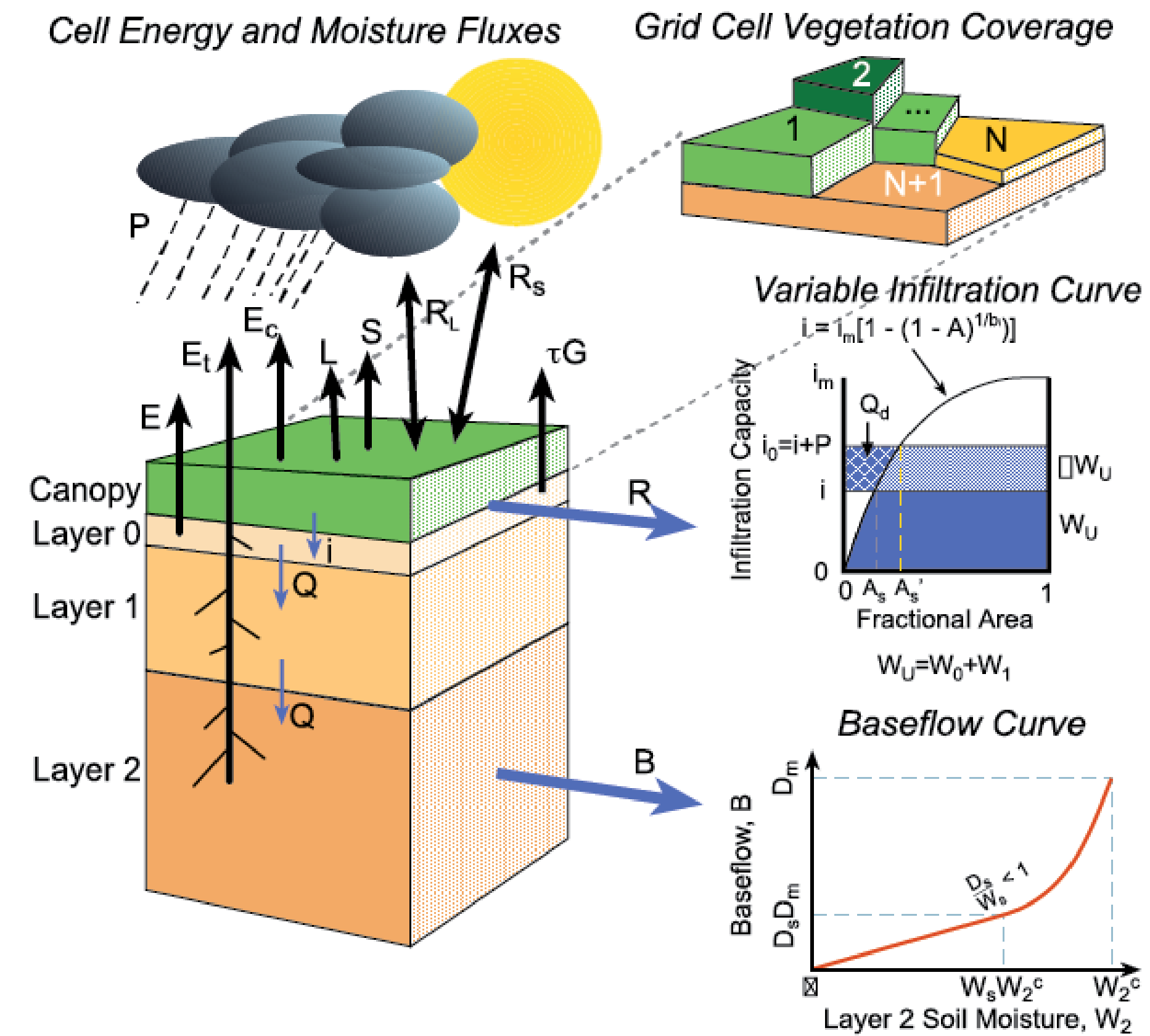


Modelo Hidrológico (físico) VIC

Se aplica el modelo hidrológico VIC (*Variable Infiltration Capacity*). Este es un modelo semidistribuido, desarrollado en la Universidad de Washington.

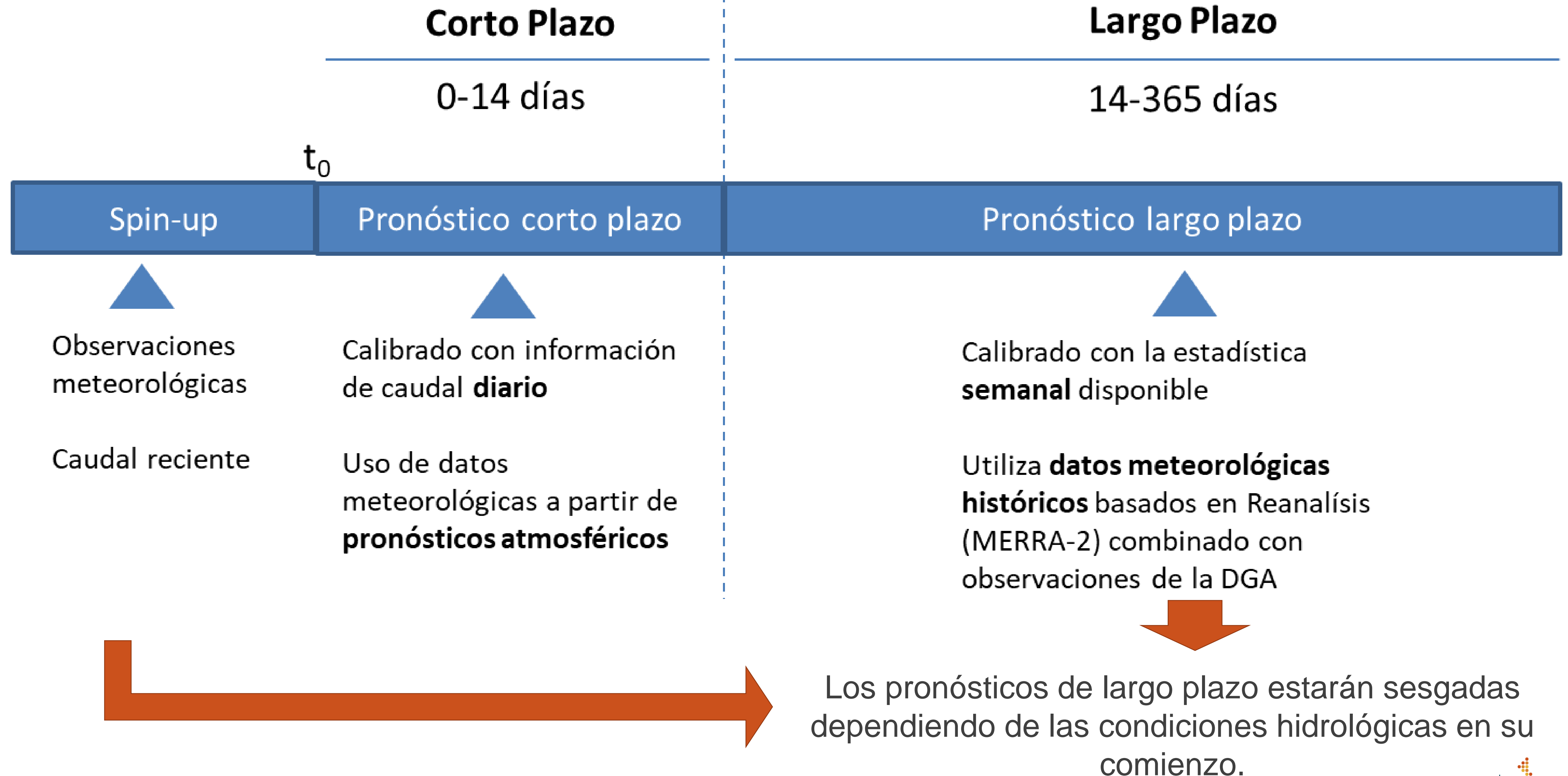
Los procesos hidrológicos simulados por VIC incluyen los siguientes:

- Acumulación y ablación (derretimiento, sublimación) del manto de nieve en distintas bandas de elevación.
- Interacción con una capa de vegetación (transpiración, retención de agua)
- Interacción atmósfera-superficie (incluyendo evaporación)
- Infiltración de agua en el suelo.
- Generación de escorrentía superficial y sub-superficial (flujo base).
- Módulo para simular el traspaso de agua hacia (y a través de) la red de cauces, basado en el concepto de un hidrógrafo unitario.



Modelo hidrológico VIC

Etapas del Modelo Hidrológico del SPC



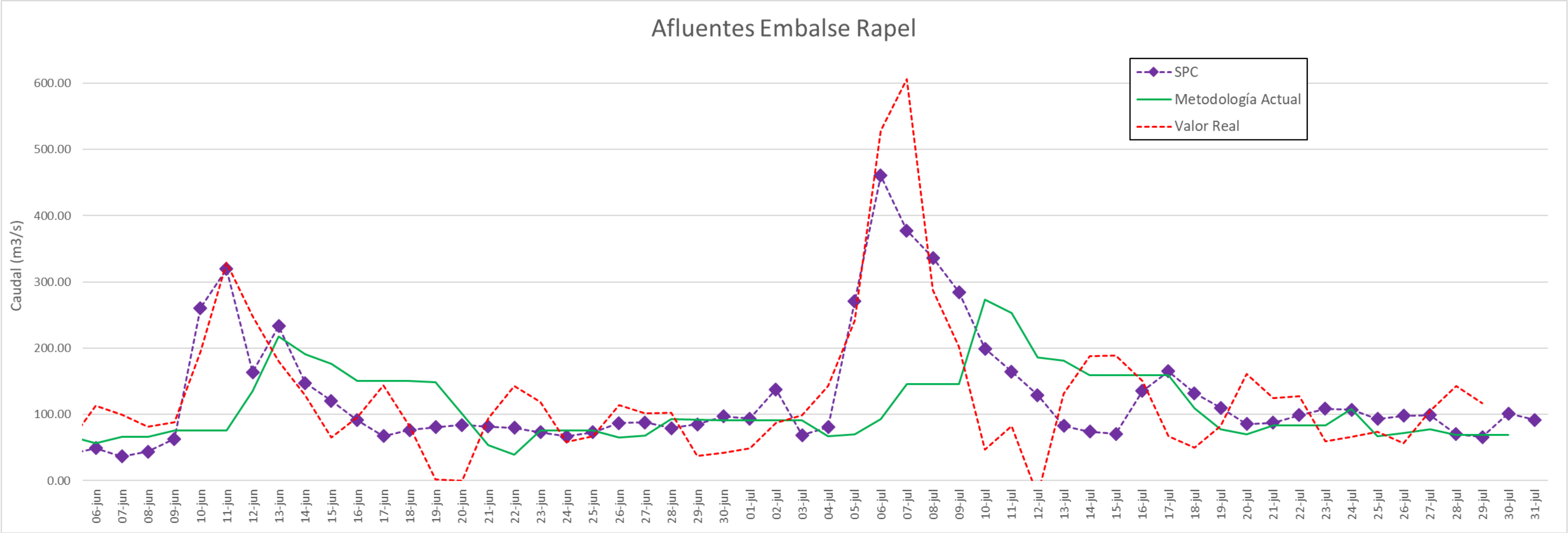
Calibración del Modelo Hidrológico

La calibración del modelo es un proceso que consiste en la optimización automático de los parámetros del modelo, complementado con al inspección manual de los resultados obtenidos y tests de robustez o significancia de los resultados.

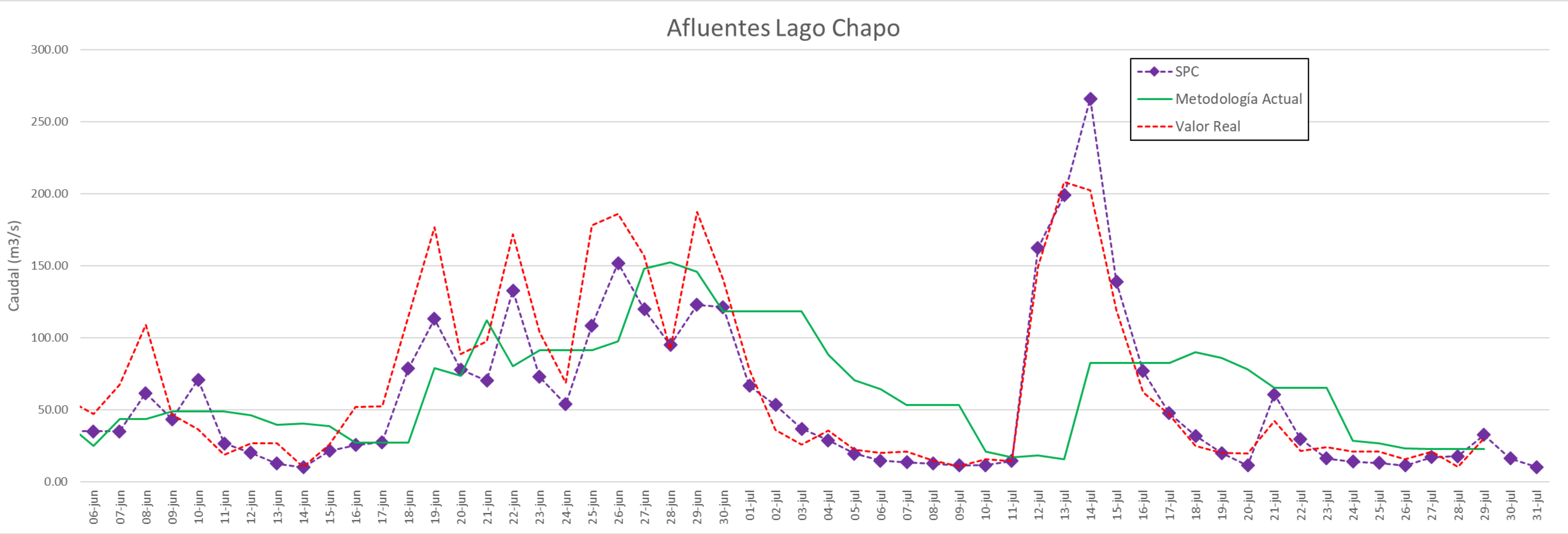
El modelo tiene 9 parámetros “libres” que se optimizan para cada cuenca durante la calibración:


Parámetro	Tipo	Descripción
D2	Suelo	Profundidad de 2º capa del suelo
D3	Suelo	Profundidad de 3º capa del suelo (capa inferior)
b _{infiltr}	Suelo	Capacidad de infiltración
D _s	Suelo	Umbral de para el inicio de flujo base no-lineal en el suelo.
W _s	Suelo	Umbral de humedad en el suelo para el inicio de flujo base.
Ds _{max}	Suelo	Velocidad máxima de flujo base permitido. Se relaciona con la conductividad del suelo y la pendiente del terreno.
P _f	Meteorología	Factor de precipitación media
dT	Meteorología	Ajuste a la temperatura media de la cuenca
Albedo	Nieve	Albedo de nieve fresca (~0.85)

EJEMPLO RESULTADOS - EMBALSE RAPEL



EJEMPLO RESULTADOS - CHAPO





3. APLICACIÓN A LA PROGRAMACIÓN DE LA OPERACIÓN

Alcance de Etapa 1 y Etapa 2 del SPC

Centrales Primera Fase
Cipreses
La Mina
Isla
Colbún
El Toro
Abanico
Antuco
Laja 1
Rapel
Pehuenche
Canutillar
Ralco
Pangue
Angostura
Palmucho
Ojos de Agua
Curillinque
Loma Alta
Los Hierros
Los Hierros 2
Machicura
San Ignacio
Rucúe
Quilleco

Centrales Segunda Fase
Hornitos
Juncal
Blanco
Los Quilos
Chacabuquito
Alfalfal
Sauzal
Sauzalito
Chacayes
La Higuera
La Confluencia
El Paso
San Andrés
Pilmaiquén
Rucatayo
Pullinque
Peuchén
Mampil

Primera fase: Centrales de embalse

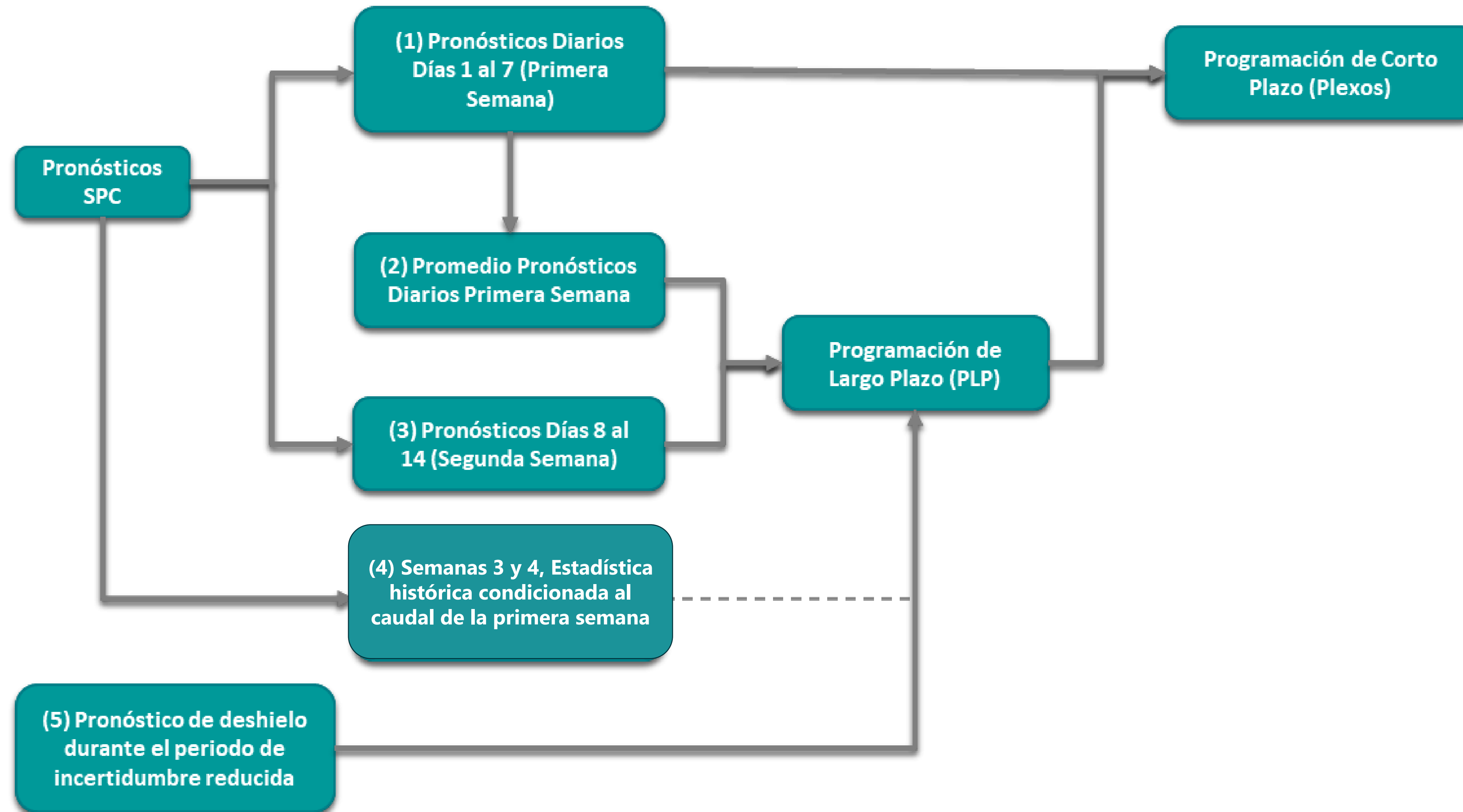
- Representan el 71,0% (4.737 MW) de la Potencia Instalada Hidroeléctrica
- Representan el 19,8% de la Potencia Instalada total del Sistema

Segunda fase: Centrales de pasada (tamaño medio)

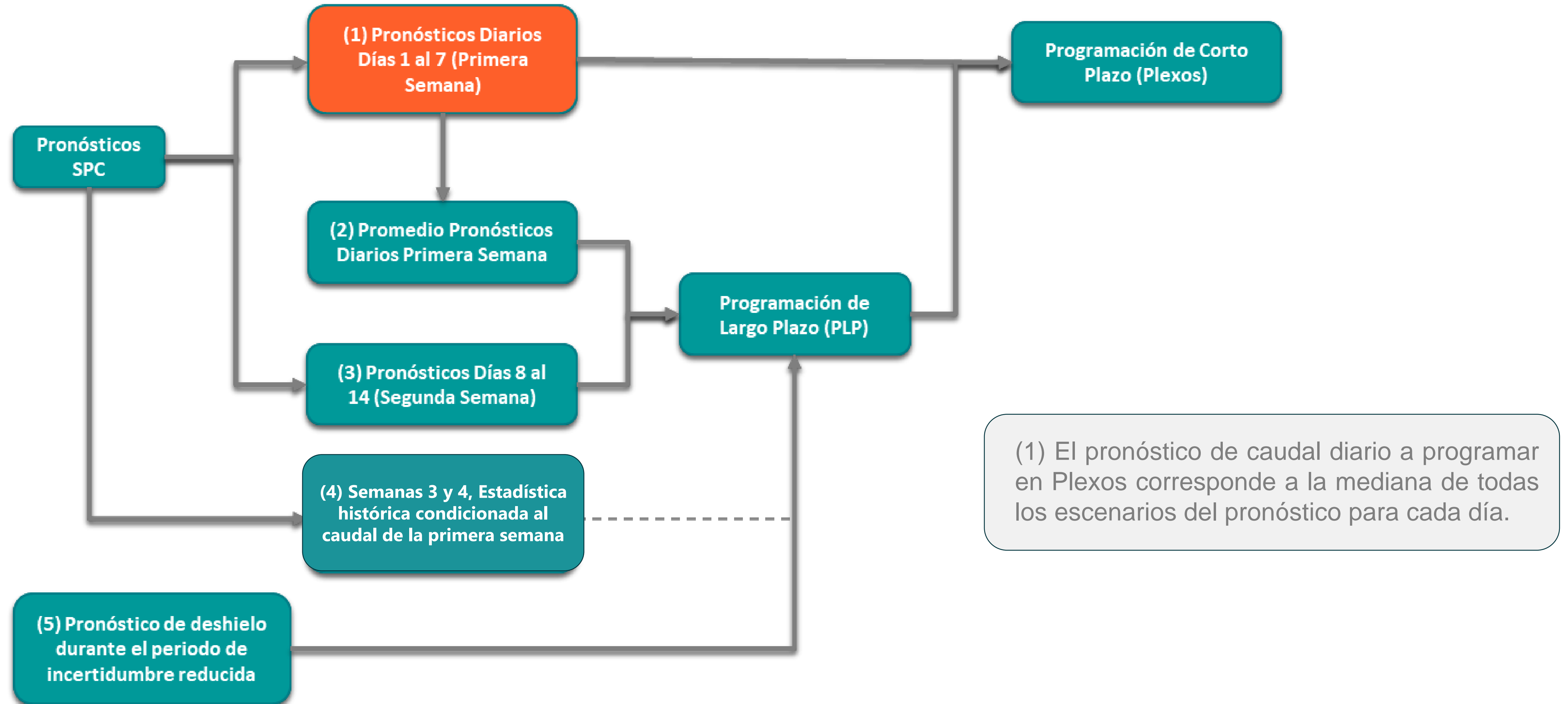
- Representan el 19,4 % (1.292 MW) de la Potencia Instalada Hidroeléctrica (90,3 % junto con Primera Fase)
- Representan el 5,4 % de la Potencia Instalada total del Sistema (25,2 % junto con Primera Fase)



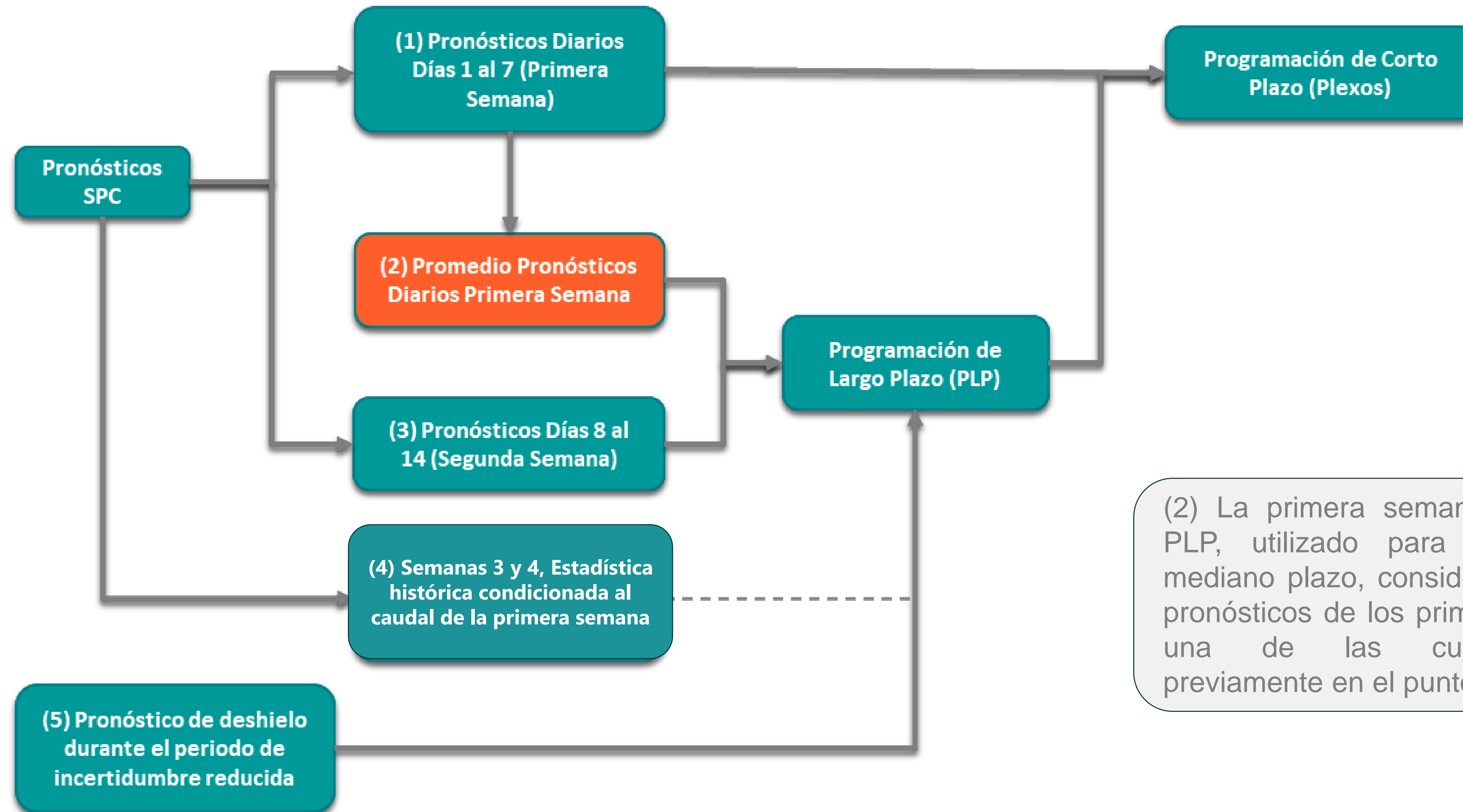
Metodología SPC en la Programación



Metodología SPC en la Programación

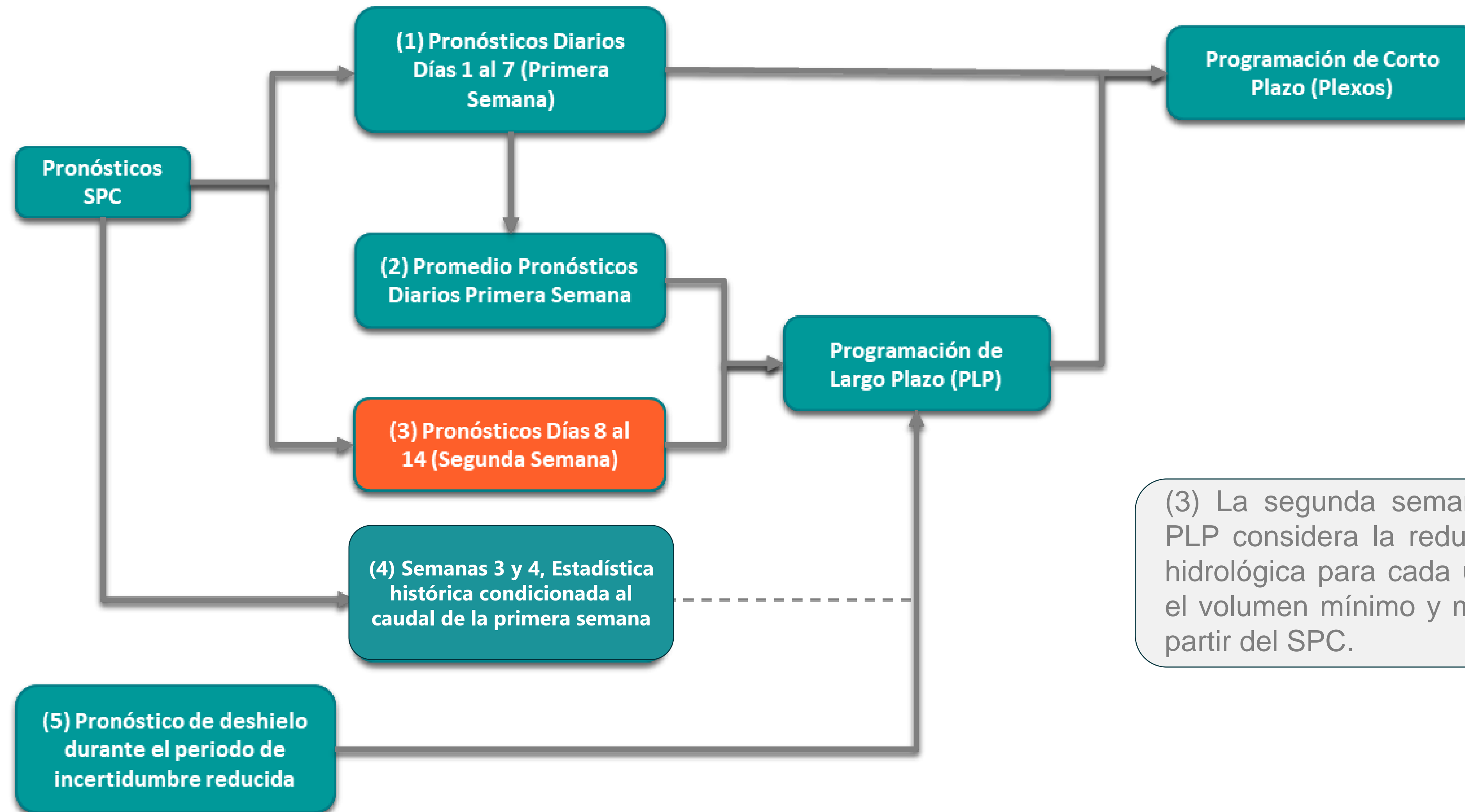


Metodología SPC en la Programación



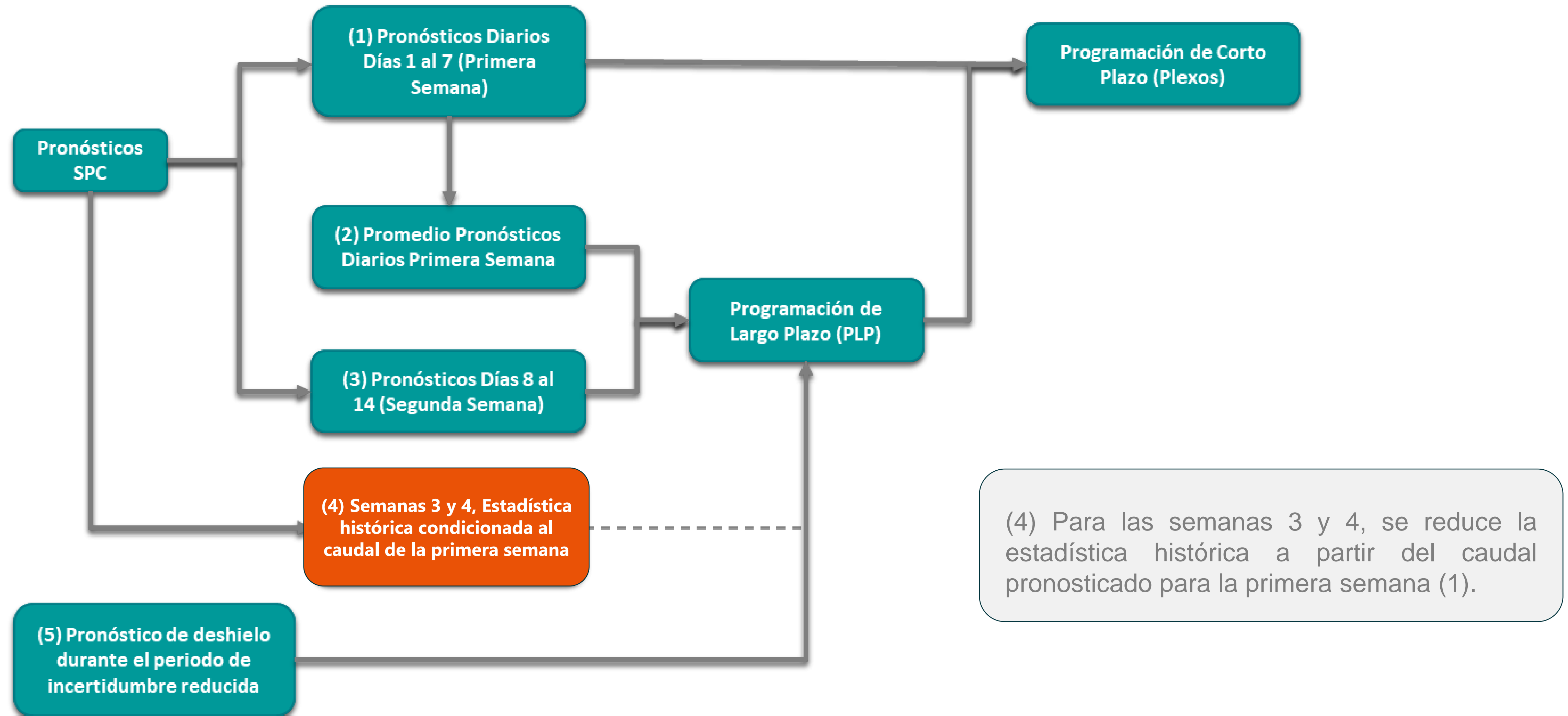
(2) La primera semana (etapa) del modelo PLP, utilizado para la programación de mediano plazo, considera el promedio de los pronósticos de los primeros 7 días para cada una de las cuencas determinados previamente en el punto

Metodología SPC en la Programación

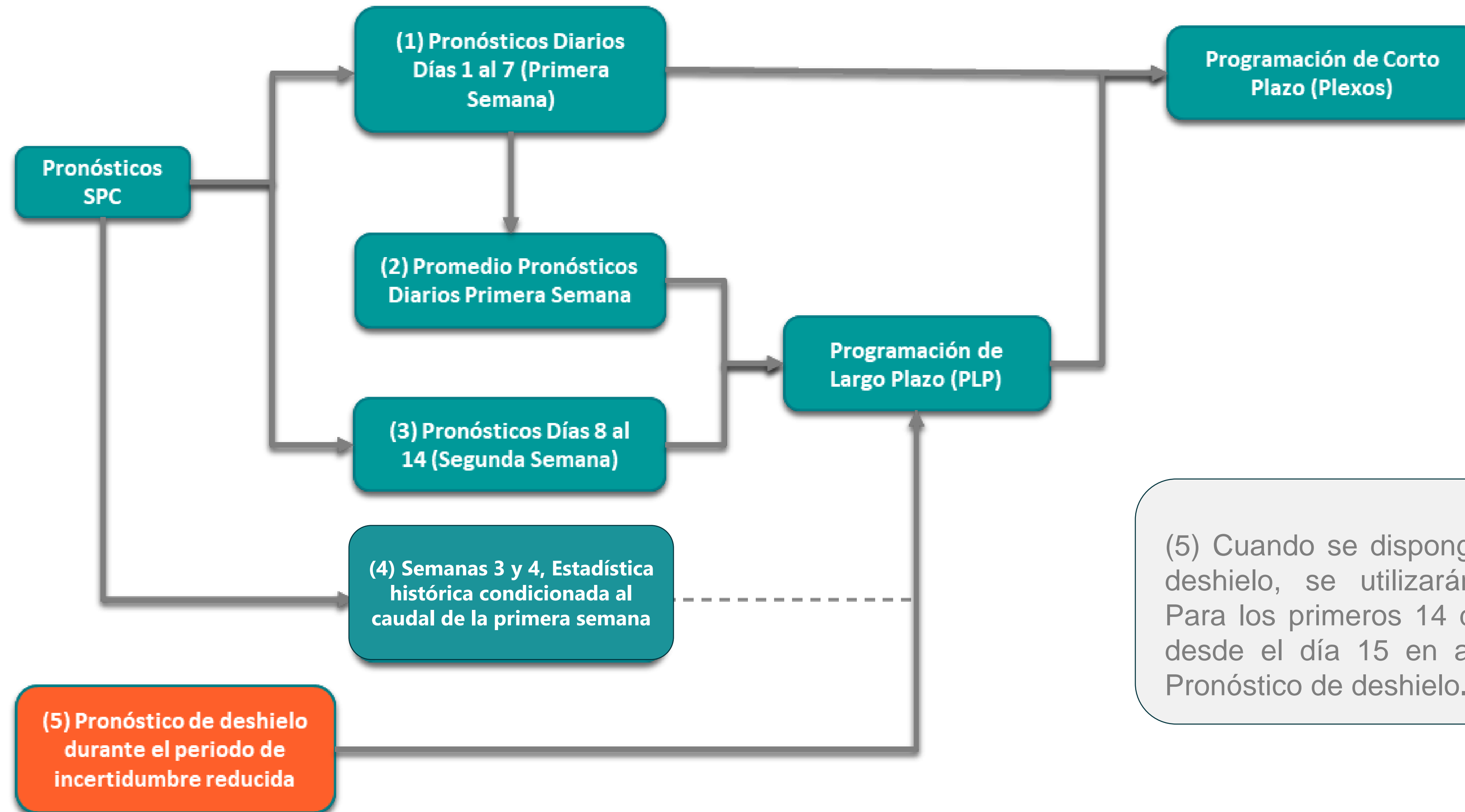


(3) La segunda semana (etapa) del modelo PLP considera la reducción de la estadística hidrológica para cada uno de los puntos, con el volumen mínimo y máximo determinados a partir del SPC.

Metodología SPC en la Programación



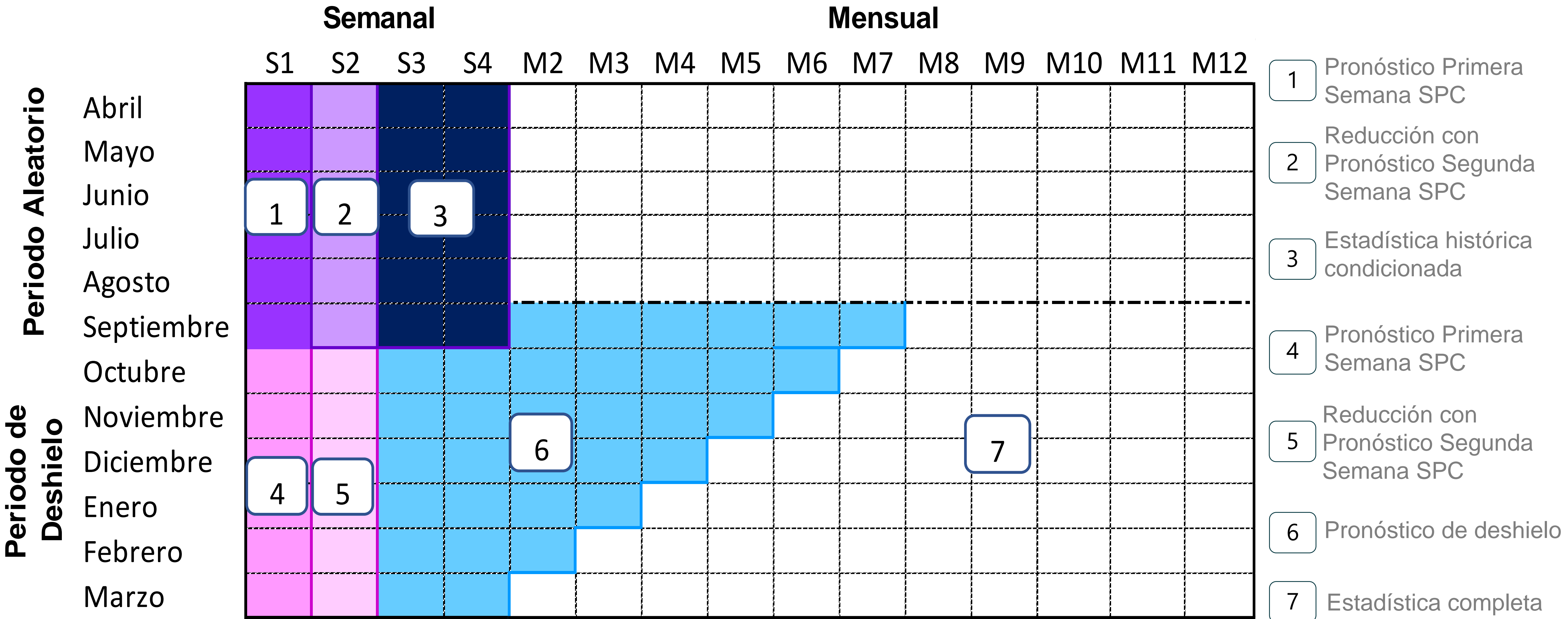
Metodología SPC en la Programación



(5) Cuando se disponga de un pronóstico de deshielo, se utilizarán ambos pronósticos. Para los primeros 14 días se utilizará SPC y desde el día 15 en adelante se utilizará el Pronóstico de deshielo.

Nueva metodología caudales en la Programación - 2018

Metodología a aplicar en el 2018





4. COMENTARIOS FINALES

Comentarios finales

- El Coordinador se encuentra desarrollando iniciativas en materia de modelos y herramientas para la operación. MODERNIZACIÓN DE PROCESOS.
- Pronósticos permiten tomar acciones costo-eficientes para reducir DESVIACIONES, dimensionamiento de RESERVAS, GESTIÓN DE EMBALSES.
- El SPC ha sido desarrollado por especialistas/investigadores en geofísica e hidrometeorología. HERRAMIENTA ROBUSTA Y OBJETIVA.
- El SPC permitirá reducir la incertidumbre en los caudales afluentes, lo cual se traduce en una operación más SEGURA, EFICIENTE Y FLEXIBLE.

