

L U M B R E



Pronósticos jerárquicos y probabilísticos coherentes

Grado: 7

Materia: Series de Tiempo · Aprendizaje Automático

11/10/2026

Antes de empezar

Que la suma de regiones cuadre con el país y que el número traiga su incertidumbre: bottom-up frente a top-down, reconciliación óptima, cuantiles por bootstrap y calibración.

QUÉ APRENDERÁS

- Coordinar pronósticos en una jerarquía con reconciliación MinT y reportar distribuciones calibradas evaluadas con pinball y CRPS.

Pronósticos jerárquicos y probabilísticos coherentes

VIDEO

Pronóstico jerárquico de series de tiempo

Video explicativo (inglés): forecasting jerárquico en Python con Nixtla — cómo producir pronósticos coherentes entre niveles de agregación.



Escanea para verlo en Lumbre

<https://www.youtube.com/watch?v=lotz0JuwxYs>

Que la suma cuadre y que importe la cola

El país vende 100 unidades; las regiones suman 96. Nadie miente: dos modelos distintos, un mismo mundo. Reconciliar la jerarquía y reportar distribuciones, no números solitarios, es lo que vuelve útil a la predicción.

En organizaciones reales, la serie nacional es la suma de las regionales, y estas de las de producto. Si cada nivel pronostica por su cuenta, los números son **incoherentes**. El **pronóstico jerárquico** coordina todos los niveles; el **pronóstico probabilístico** entrega la distribución completa con la que se calculan inventarios de seguridad y probabilidad de desabasto.

La jerarquía y el problema de la suma

- Nivel total, niveles intermedios y series hojas conviven con restricciones de agregación.
- Modelar cada hoja bien no garantiza que el total cuadre.
- El error de ignorarlo: dos áreas planeando sobre cifras incompatibles.

Bottom-up, top-down y las trampas de cada uno

Bottom-up suma pronósticos de hoja: es coherente por construcción pero ruidoso en niveles altos, donde se toma la decisión. **Top-down** pronostica el total y lo reparte con proporciones históricas: suave arriba, arbitrario abajo. Ninguno domina en general; de ahí la necesidad de **reconciliación óptima**, que ajusta todos los niveles a la vez ponderando la precisión de cada serie.



Primero se pronostica por libertad, luego se reconcilia por coherencia: MinT pondera precisión y estructura.

Reconciliación: MinT y sus amigos

La reconciliación **MinT** (mínima varianza trazada) corrige los pronósticos base con la estructura de agregación y la covarianza de sus errores, dejando la suma consistente en todos los niveles y mejorando, en la práctica, el promedio de toda la jerarquía. Versiones robustas recortan la corrección cuando la covarianza se estima con pocas observaciones.

De punto a distribución

- Residual bootstrap: simula trayectorias pasadas de error sobre el pronóstico base.
- Cuantiles condicionales: modelar directamente el percentil 5, 50 y 95.
- Spread de ensemble: la dispersión entre modelos como proxy de incertidumbre.
- Simulación del generador: Monte Carlo sobre parámetros y residuales.

Evaluar una distribución: pinball y CRPS

El RMSE castiga el punto; evaluar una distribución pide reglas de puntuación **propias**: la pérdida **pinball** penaliza cuantiles según su subestimación o sobreestimación asimétrica, y **CRPS** resume la distancia entre la distribución pronosticada y el resultado observado, con buen comportamiento ante colas pesadas.

Calibración y confiabilidad

Un cuantil 90 está calibrado si, a largo plazo, el 10 por ciento de los hechos cae por encima. El **diagrama de confiabilidad** grafica cobertura nominal contra empírica: debajo de la diagonal, exceso de confianza; arriba, pronósticos demasiado tímidos. La calibración es una propiedad del proceso, no de una corrida.

Coherencia y calibración: dos propiedades que un punto jamás tendrá.

Herramienta	Qué entrega
Bottom-up	coherencia trivial, ruido en cúspide
MinT	coherencia óptima ponderando precisión
Pinball	pérdida por cuantil con asimetría
Diagrama de confiabilidad	cobertura real contra nominal

Errores frecuentes

- Conciliar sumando en Excel: cambia el resultado sin mejorar la precisión.
- Publicar solo el promedio: planeación de inventario con media es desabasto sistemático.
- Evaluar cuantiles con MSE: mide otra cosa.
- Ignorar el nivel hoja: el error se esconde arriba y aparece abajo.

Ejemplo resuelto: demanda mensual con stock de seguridad

1. Definir la jerarquía: nacional, regional, por línea de producto.
2. Pronóstico base por serie con el modelo que mejor le quede.

3. Reconciliar con MinT usando las covarianzas de residuos.
4. Generar cuantiles 5, 50 y 95 por bootstrap de residuales.
5. Verificar calibración en la validación rodante de dos años.
6. Fijar el inventario sobre el cuantil que corresponde al nivel de servicio deseado.

¿Para qué sirve en la realidad?

Supply chain, generación distribuida, capacidad de centros de datos y presupuestos viven de pronósticos agregables y de colas confiables. Las competiciones M y los grandes usuarios industriales adoptaron el estándar probabilístico: quien entrega un número solo entrega la mitad del trabajo.

1. ¿Qué problema resuelve la reconciliación MinT?

- ☐ Que las series tengan más historia
- ☐ Que los pronósticos de todos los niveles de la jerarquía sean coherentes entre sí
- ☐ Que el modelo sea estacionario
- ☐ Que se elimine la estacionalidad

2. El método bottom-up produce pronósticos coherentes en todos los niveles de la jerarquía.

- ☐ Verdadero
- ☐ Falso

3. La pérdida propia de cuantiles que penaliza de forma asimétrica subestimación y sobreestimación se llama _____.

4. Clasifica cada decisión según la fase del pronóstico jerárquico.

Elementos:

- elegir el mejor modelo por serie
- estimar covarianzas de residuos
- proyectar sumas de agregación
- bootstrap de residuales para cuantiles
- chequear cobertura nominal contra empírica

Base	. . .
Reconciliación	. . .
Incertidumbre	. . .

5. Une cada término con su definición.

5.	Coherencia	-----
5.	Calibración	-----
5.	CRPS	-----
5.	Top-down	-----

Opciones: la suma de partes iguala al total · cobertura real iguala a la nominal · distancia entre distribución y observado · pronosticar total y repartir

ACTIVIDAD INTERACTIVA DISPONIBLE
EN LUMBRE

6. Pronóstico jerárquico y probabilístico



Jerarquías y cuantiles

Pronóstico jerárquico

Coherencia

bottom-up

top-down

MinT

Distribución

bootstrap

cuantiles

pinball y CRPS

Calibración

confiabilidad

cobertura

Uso

inventario de seguridad

nivel de servicio

El mapa mental interactivo es interactivo en la versión online.



Optimal forecast reconciliation (Hyndman et al.) <https://robjhyndman.com/papers/MinT.pdf>
Artículo fundacional de la reconciliación óptima MinT.

Pronóstico probabilístico (Wikipedia) https://en.wikipedia.org/wiki/Probabilistic_forecasting Reglas de puntuación propias, cuantiles y calibración de distribuciones.

7. Tu equipo pronostica venta diaria por 40 tiendas y reporta el total nacional como suma de tiendas. Dirección se queja de que el total "suele fallar" aunque las tiendas anden bien. Explica estadísticamente la queja y propone el flujo de dos pasos que la resuelve.

Referencia curricular

Grado:	7
Materia:	Series de Tiempo · Aprendizaje Automático

Versión interactiva completa (con actividades, videos y autoevaluación):



<https://univ.lumbre.lat/object/cdia-s7-ser-005-pronosticos-jerarquicos-y-probabilisticos>

Material educativo generado desde Lumbre · lumbre.lat