

Identificación de parámetros de líneas de transmisión y transformadores, usando técnicas de estimación de estado y mediciones fasoriales sincronizadas

Hernando Díaz

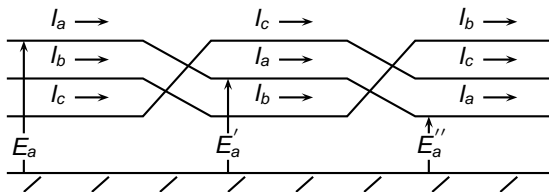
Universidad Nacional de Colombia — Bogotá

30 de marzo de 2012



- La estimación de estado aplicada a un sistema artificial permite la estimación de todos los parámetros de una línea.
- El algoritmo utiliza datos históricos de los fasores de tensión y de corriente.
- El método se puede extender a la estimación de parámetros del transformador.
- Los resultados sugieren que esta herramienta puede funcionar en línea.

Los parámetros de las líneas calculados de forma teórica frecuentemente tienen errores



En el análisis de seguridad y en aspectos económicos es importante la precisión de los parámetros

- Los parámetros definen la cargabilidad de las líneas.
- La estabilidad se determina con información del sistema de transmisión.
- El despacho económico se basa en los parámetros del sistema de transmisión.
- La precisión de la estimación de estado es tan buena como es la precisión de los parámetros.

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$z \in \mathbb{R}^m$, se relaciona con las variables de estado $x \in \mathbb{R}^n$ y los parámetros inciertos $p \in \mathbb{R}^v$:

$$z = F(x, p) + \epsilon$$

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$$(\hat{x}, \hat{p}) = \arg \left\{ \min_{(x,p)} \|z - F(x, p)\| \right\}$$

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$z \in \mathbb{R}^m$, se relaciona con las variables de estado $x \in \mathbb{R}^n$ y los parámetros inciertos $p \in \mathbb{R}^v$:

$$z = F(x, p) + \epsilon$$

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$$(\hat{x}, \hat{p}) = \arg \left\{ \min_{(x,p)} \|z - F(x, p)\| \right\}$$

Mínimos cuadrados ponderados (WLS)

$$\|\epsilon\|_w^2 := \sum_{i=1}^m w_i |z_i - F_i(x, p)|^2 = \epsilon^T W \epsilon$$

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$z \in \mathbb{R}^m$, se relaciona con las variables de estado $x \in \mathbb{R}^n$ y los parámetros inciertos $p \in \mathbb{R}^v$:

$$z = F(x, p) + \epsilon$$

Estimación de estados y parámetros por norma mínima

$$(\hat{x}, \hat{p}) = \arg \left\{ \min_{(x,p)} \|z - F(x, p)\| \right\}$$

Mínimos cuadrados ponderados (WLS)

$$\|\epsilon\|_w^2 := \sum_{i=1}^m w_i |z_i - F_i(x, p)|^2 = \epsilon^T W \epsilon$$

Mínimo valor absoluto ponderado (WLAV)

$$\|\epsilon\|_{1w} := \sum_{i=1}^m w_i |z_i - F_i(x, p)|$$

Estimación de estado por norma mínima

- El enfoque por norma mínima evita problemas con las funciones de probabilidad de los errores.
- Se soluciona secuencialmente mediante linealización.
- Es el procedimiento estándar utilizado.

Estimación de estado por norma mínima

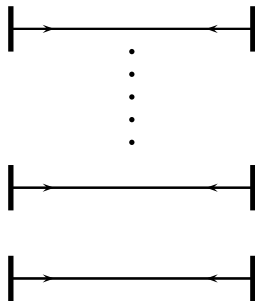
- El enfoque por norma mínima evita problemas con las funciones de probabilidad de los errores.
- Se soluciona secuencialmente mediante linealización.
- Es el procedimiento estándar utilizado.
- Pocos parámetros pueden ser estimados (comparado con el número de variables de estado).

Estimación de estado por norma mínima

- El enfoque por norma mínima evita problemas con las funciones de probabilidad de los errores.
- Se soluciona secuencialmente mediante linealización.
- Es el procedimiento estándar utilizado.
- Pocos parámetros pueden ser estimados (comparado con el número de variables de estado).
- Existen problemas en el número de condición de la matriz jacobiana si el número de parámetros inciertos es alto.

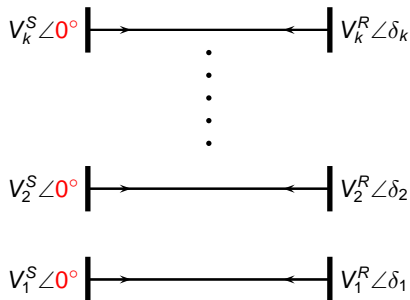
Un sistema de potencia artificial permite la identificación de los parámetros

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).



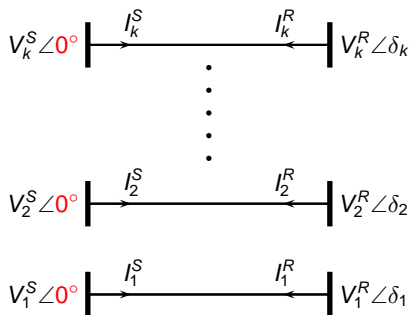
Un sistema de potencia artificial permite la identificación de los parámetros

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).



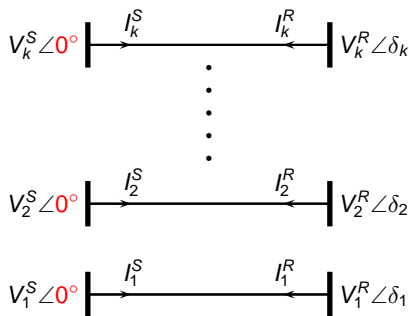
Un sistema de potencia artificial permite la identificación de los parámetros

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).
- Se miden V e I en forma fasorial y sincronizada en los dos extremos.

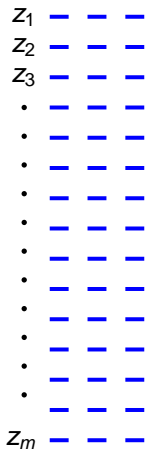


Un sistema de potencia artificial permite la identificación de los parámetros

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).
- Se miden V e I en forma fasorial y sincronizada en los dos extremos.
- Se estiman los estados y parámetros de este sistema artificial (todos los parámetros de la línea se pueden estimar).

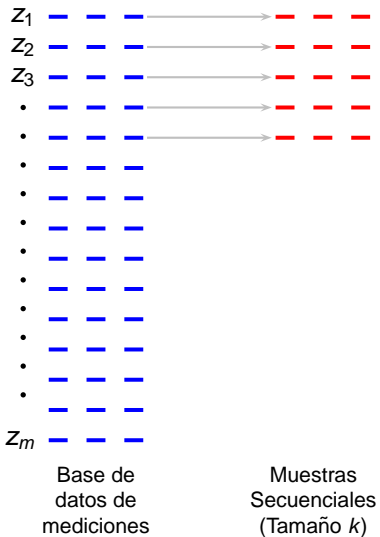


Parámetros se pueden estimar secuencialmente

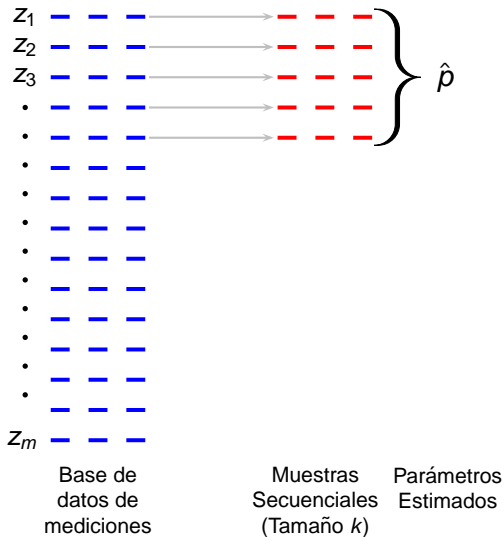


Base de
datos de
mediciones

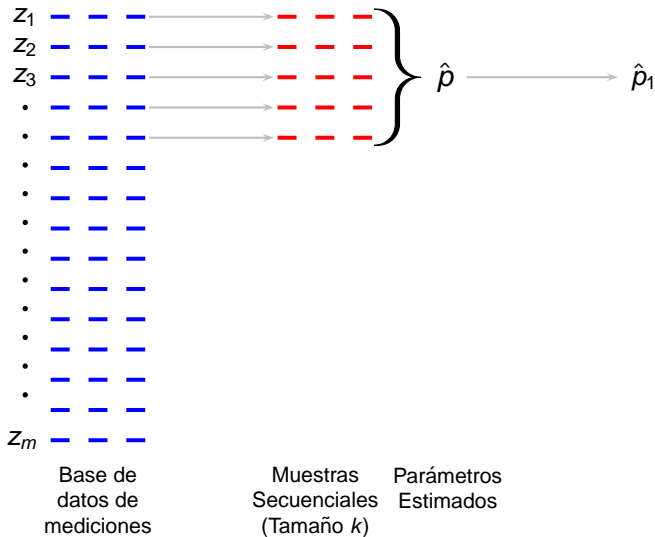
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



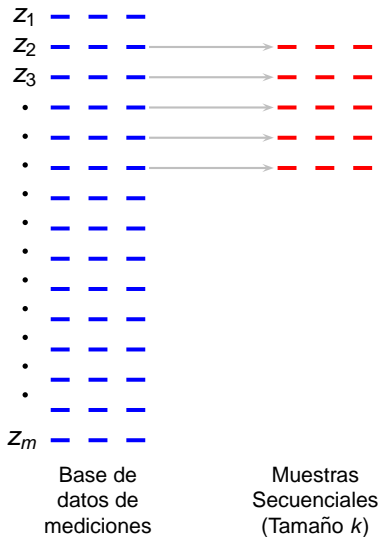
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



Parámetros se pueden estimar secuencialmente

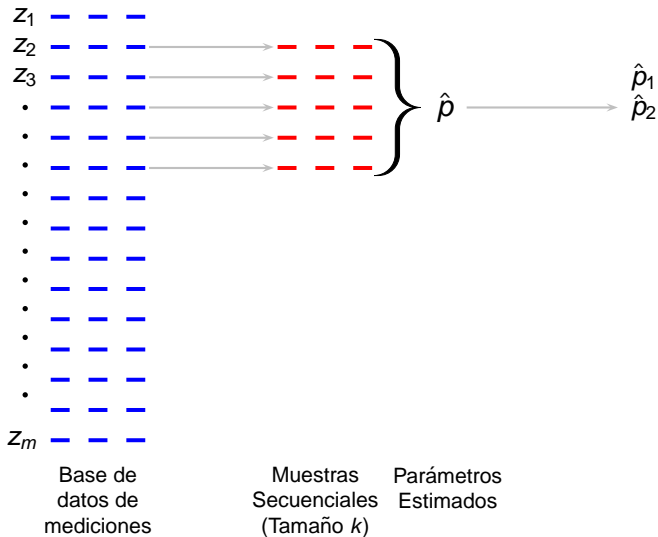


Parámetros se pueden estimar secuencialmente

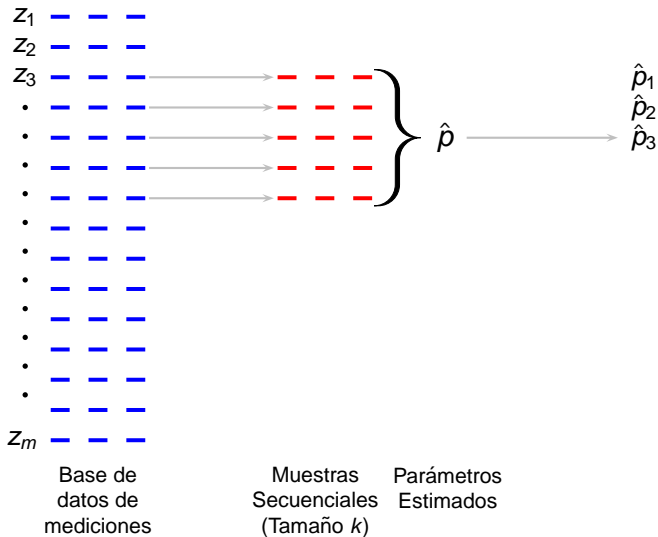


\hat{p}_1

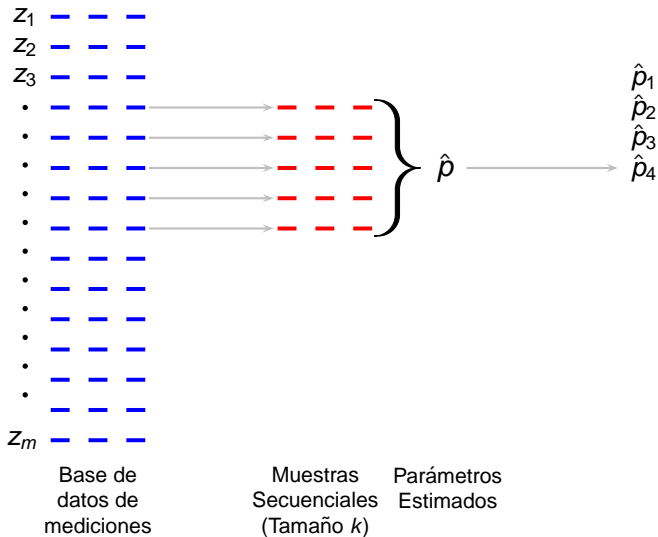
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



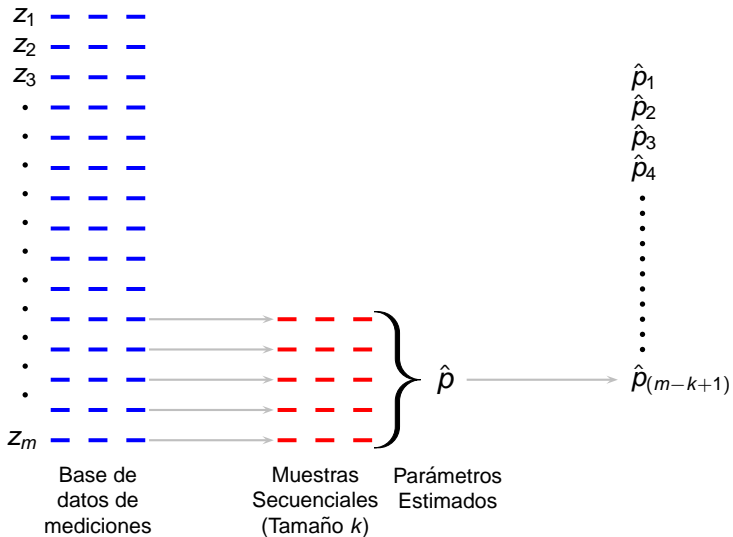
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



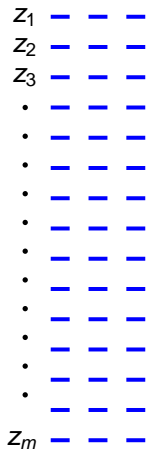
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



Parámetros se pueden estimar secuencialmente



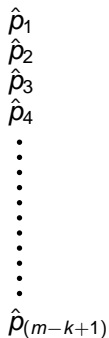
Parámetros se pueden estimar secuencialmente



Base de
datos de
mediciones

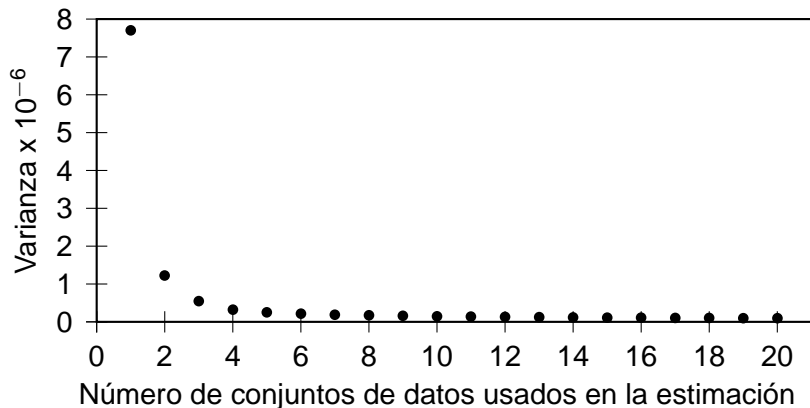
Muestras
Secuenciales
(Tamaño k)

Parámetros
Estimados

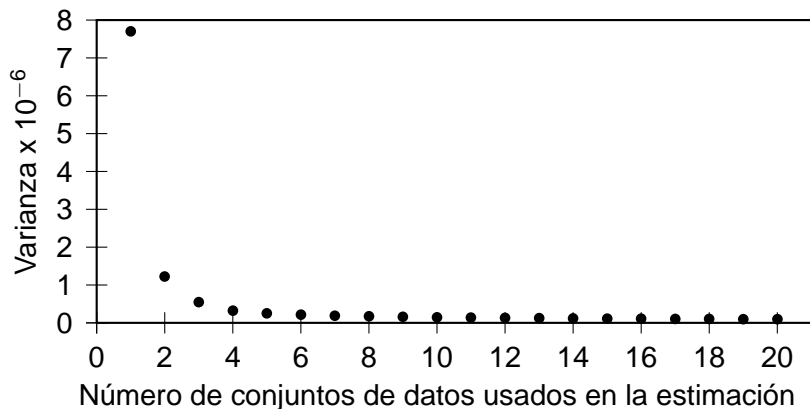


Estimados
Secuenciales

Basta un número reducido de datos

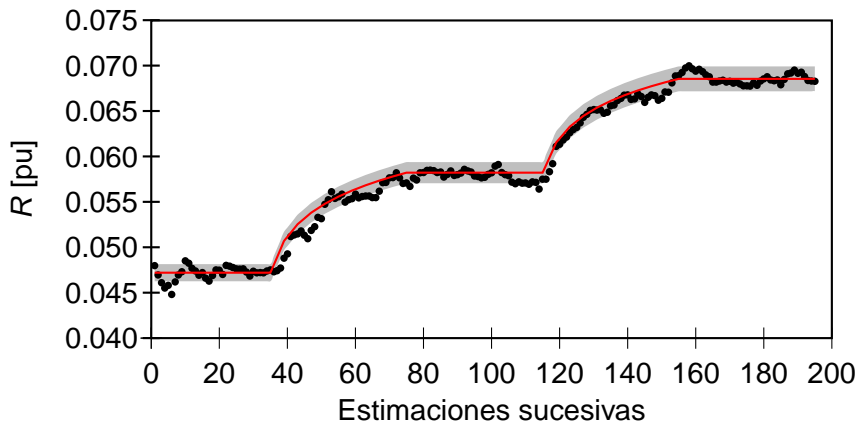


Basta un número reducido de datos



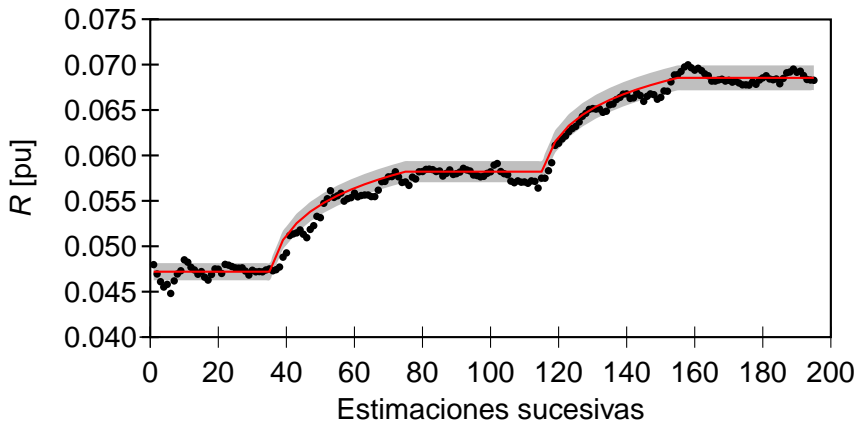
- Después de 6 conjuntos de mediciones el cambio en la varianza no es significativo.

La resistencia se puede estimar secuencialmente



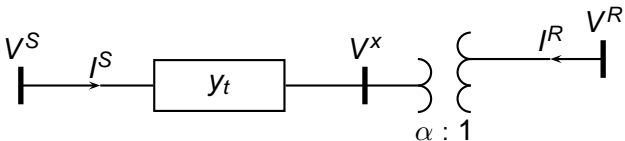
- Se simuló un cambio en la resistencia por efecto térmico.
- El tamaño de la ventana móvil es de $k = 6$.

La resistencia se puede estimar secuencialmente



- Se simuló un cambio en la resistencia por efecto térmico.
- El tamaño de la ventana móvil es de $k = 6$.
- La banda gris corresponde a $\pm 2\%$ del valor real.

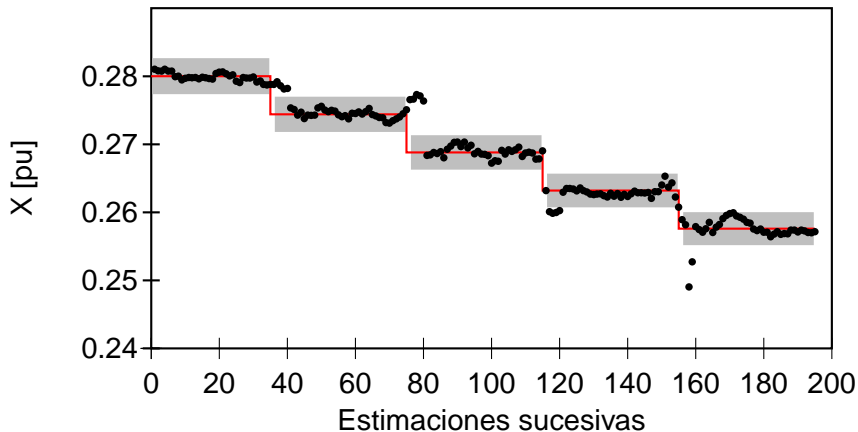
Parámetros de trafos pueden ser estimados



$$\begin{bmatrix} I^S \\ I^R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha y_t & -y_t \\ -|\alpha|^2 y_t & \alpha^* y_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V^S \\ V^R \end{bmatrix}$$

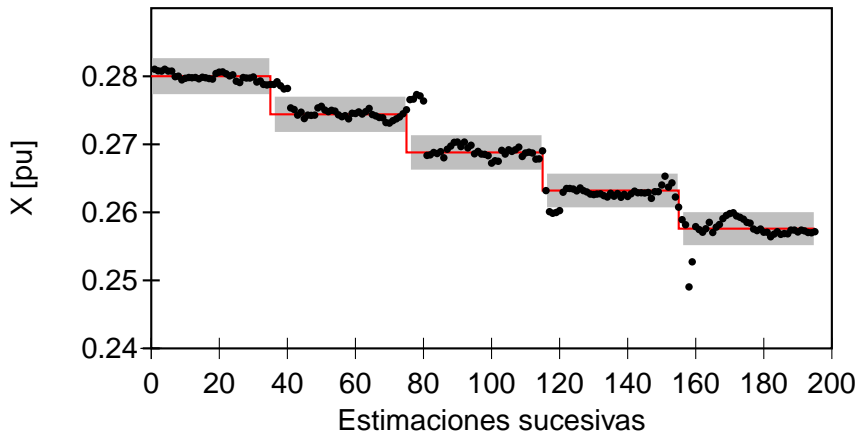
Usamos k copias del transformador (para k conjuntos de mediciones)

La reactancia también se puede estimar secuencialmente



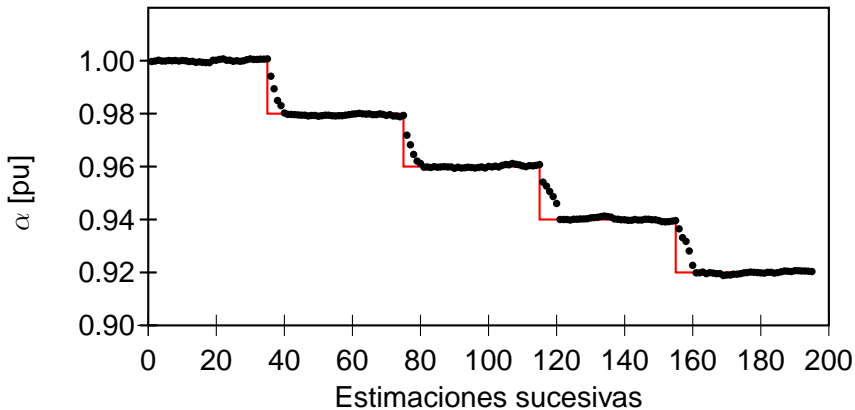
- Se simularon cambios simultáneos en la posición del tap y en la reactancia.
- El tamaño de la ventana móvil es de $k = 6$.

La reactancia también se puede estimar secuencialmente



- Se simularon cambios simultáneos en la posición del tap y en la reactancia.
- El tamaño de la ventana móvil es de $k = 6$.
- La banda gris corresponde a $\pm 1\%$ del valor real.

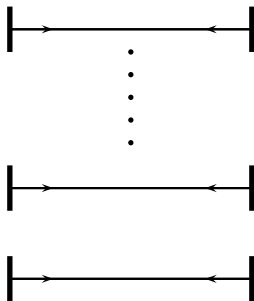
La posición del “tap” se puede estimar secuencialmente



- Se simularon cambios simultáneos en la posición del tap y en la reactancia.
- El tamaño de la ventana móvil es de $k = 6$.

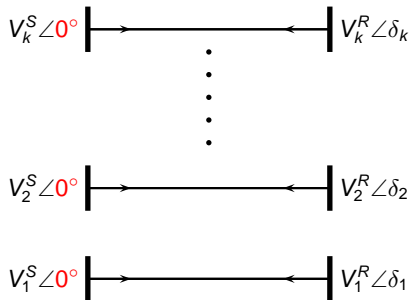
Es posible hacer la identificación usando mediciones de potencia

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).



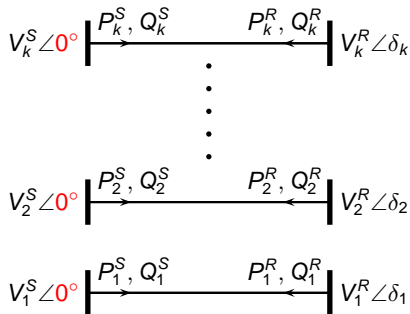
Es posible hacer la identificación usando mediciones de potencia

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).



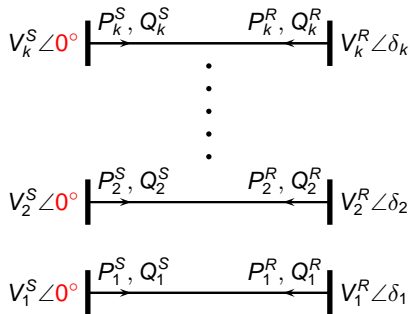
Es posible hacer la identificación usando mediciones de potencia

- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).
- Se miden $|V|$, P^S , P^R y Q^S , Q^R en los dos extremos.

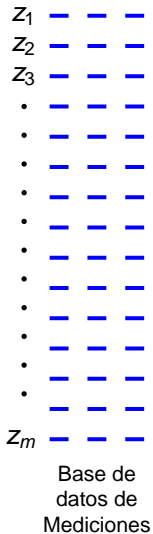


Es posible hacer la identificación usando mediciones de potencia

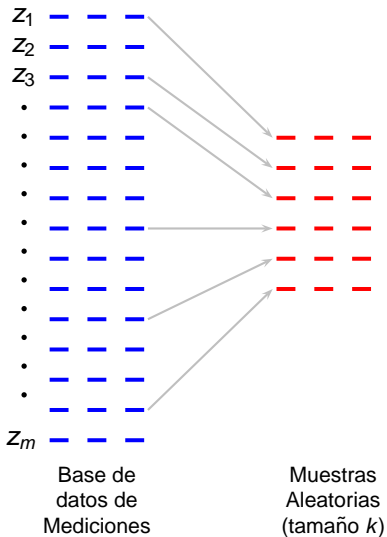
- k copias de la misma línea (k conjuntos de mediciones).
- Se supone que todos los nodos S tienen el mismo ángulo de fase (0°).
- Se miden $|V|$, P^S , P^R y Q^S , Q^R en los dos extremos.
- Se estiman los estados y parámetros de este sistema artificial (errores son mayores en este caso).



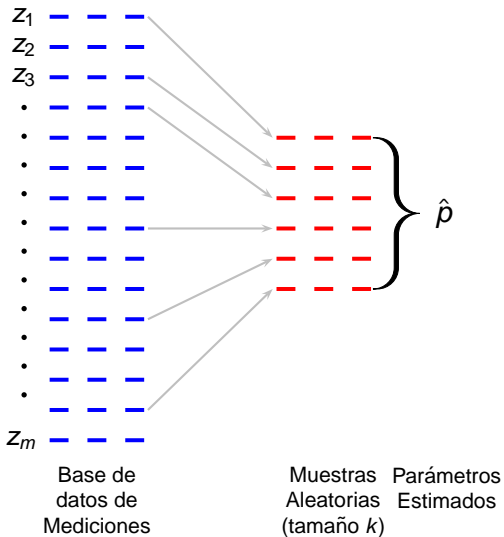
El remuestreo reduce los errores en la estimación



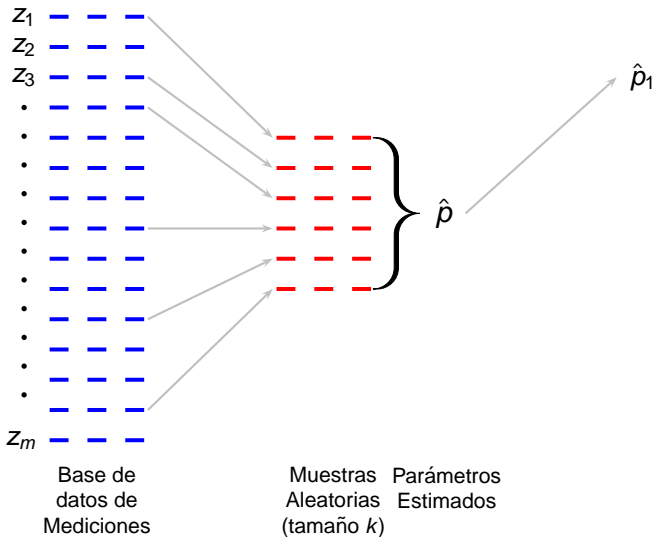
El remuestreo reduce los errores en la estimación



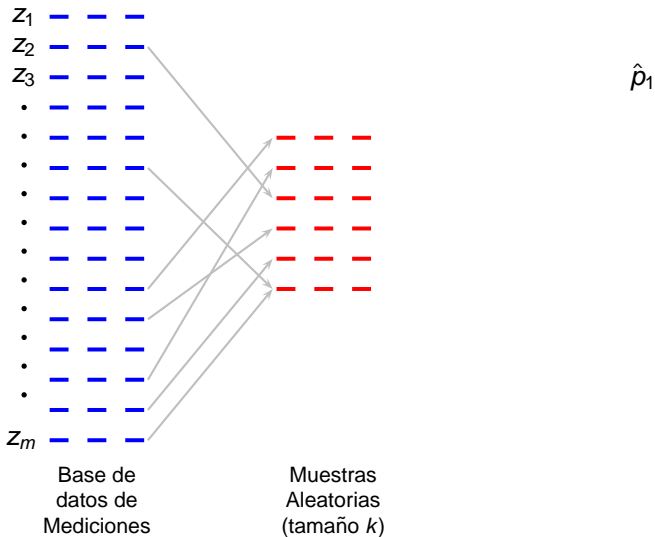
El remuestreo reduce los errores en la estimación



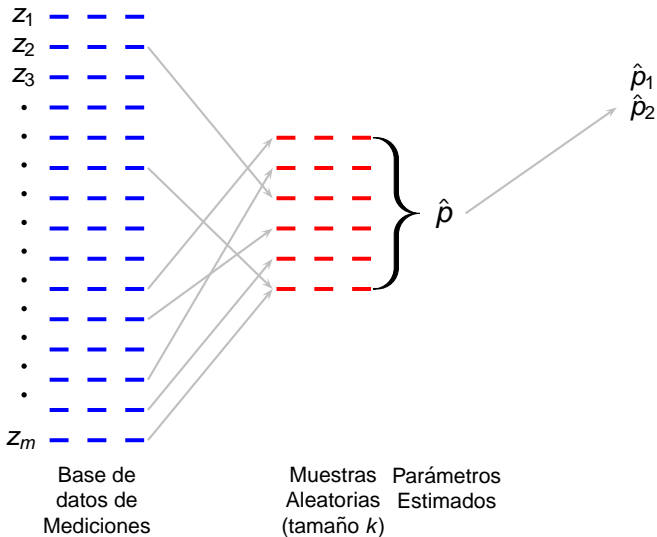
El remuestreo reduce los errores en la estimación



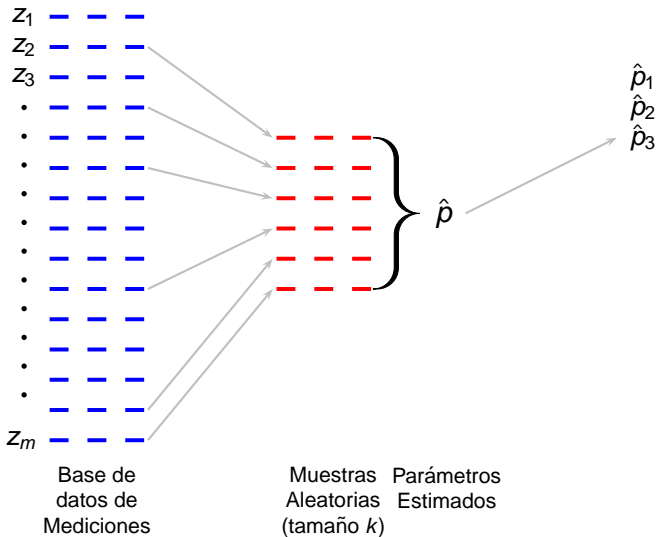
El remuestreo reduce los errores en la estimación



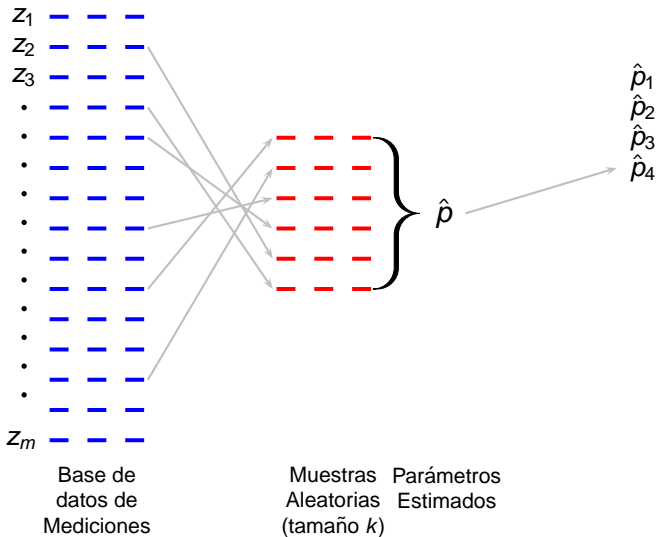
El remuestreo reduce los errores en la estimación



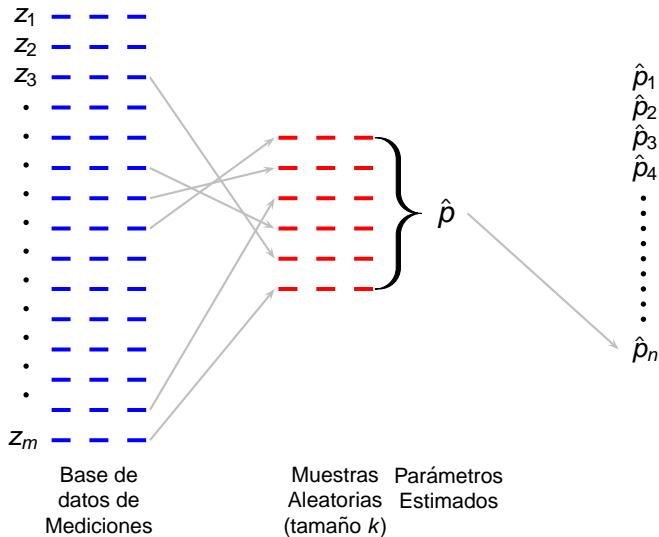
El remuestreo reduce los errores en la estimación



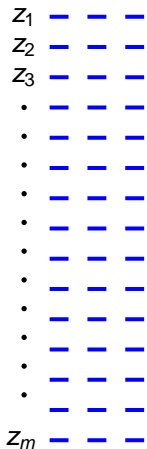
El remuestreo reduce los errores en la estimación



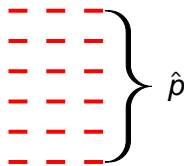
El remuestreo reduce los errores en la estimación



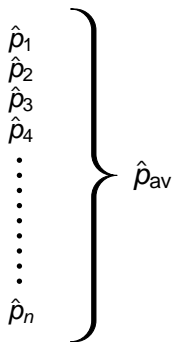
El remuestreo reduce los errores en la estimación



Base de datos de Mediciones



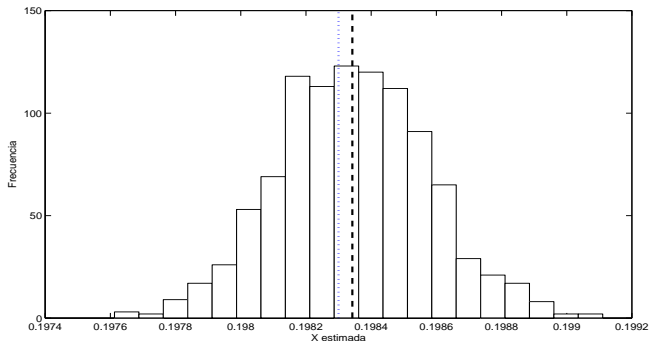
Muestras Aleatorias (tamaño k)
Parámetros Estimados



Promedio de Estimados

Estimación de la reactancia

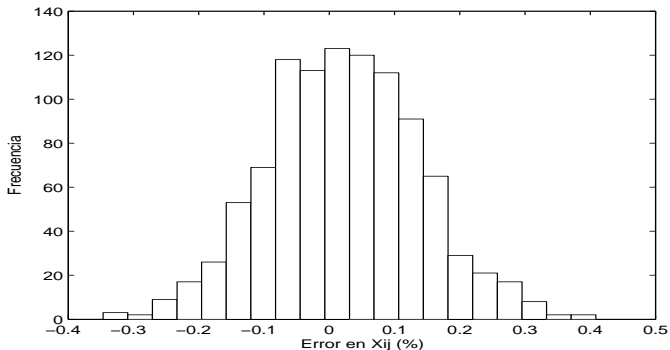
Esquema de remuestreo



- Resultados para $n = 1000$ y muestras aleatorias de tamaño $k = 25$.
- El valor estimado de la reactancia \hat{x} es la línea negra.
- El valor real de la reactancia es la línea azul.

Error en la estimación de la reactancia

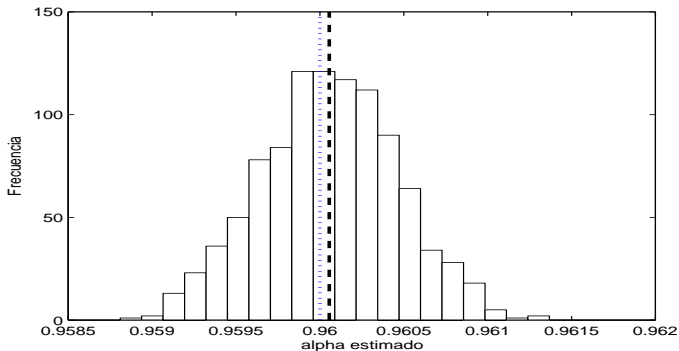
Esquema de remuestreo



- Resultados para $n = 1000$ y muestras aleatorias de tamaño $k = 25$.

Estimación de la posición del cambiador de tomas

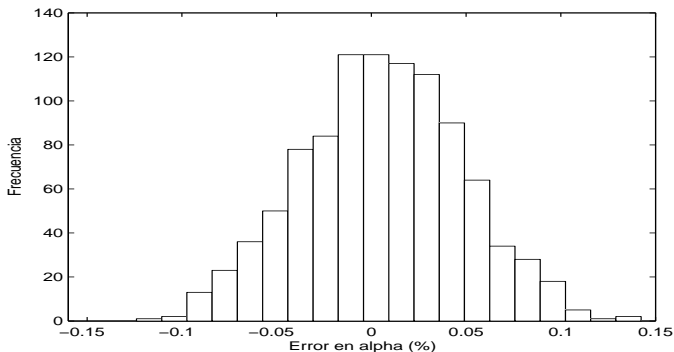
Esquema de remuestreo



- Resultados para $n = 1000$ y muestras aleatorias de tamaño $k = 25$.
- El valor estimado de la posición del cambiador de tomas $\hat{\alpha}$ es la línea negra.
- El valor real de la posición del cambiador de tomas es la línea azul.

Error en la estimación de la posición del cambiador de tomas

Esquema de remuestreo



- Resultados para $n = 1000$ y muestras aleatorias de tamaño $k = 25$.

- 1 Todos los parámetros de la línea pueden ser estimados utilizando estimación simultánea de estados y parámetros en un sistema de potencia ficticio.
- 2 La estimación en línea surge como una posibilidad.
- 3 Se pueden estimar parámetros dinámicos.
- 4 La precisión en la estimación de parámetros estáticos puede ser mejorada con el remuestreo.
- 5 También se puede estimar la posición del cambiador de tomas.