

ANÁLISIS DINÁMICO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN EMPLEANDO SOFTWARE INTERACTIVO

Cano, José Angel

Escuela de Ingeniería Eléctrica – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura –
Universidad Nacional de Rosario
jacano@fceia.unr.edu.ar

RESUMEN

La mayoría de los sistemas reales en la Ingeniería Eléctrica son complejos, y en particular el análisis del desempeño dinámico de las máquinas eléctricas rotantes, requiere la manipulación de ecuaciones diferenciales con coeficientes variables en el tiempo. Esta característica hace casi imposible la ejecución de ejercicios tradicionales, requiriendo la utilización de software de simulación.

Con este objetivo, en la asignatura Máquinas Eléctricas 2, se introdujo el uso de software de simulación, que se utiliza para integrar ejemplos, problemas y proyectos de diseño. La filosofía ha sido utilizarlo como herramienta didáctica, con el objetivo que los estudiantes adquieran competencias para el análisis del comportamiento dinámico de distinto tipo de máquinas eléctricas.

El beneficio agregado es su diseño visual e interactivo, que permite que los estudiantes puedan variar con facilidad los parámetros y ver de inmediato el impacto que esos cambios tienen sobre el desempeño. Al resolver los ejercicios con los nuevos parámetros, se origina un proceso de autoaprendizaje que refuerza la comprensión de la influencia de las variables involucradas.

La experiencia recogida por los docentes es muy positiva, dado que los trabajos presentados por los estudiantes permitieron verificar ese autoaprendizaje, hecho muy importante para la formación de las competencias e inserción laboral de los futuros egresados.

Palabras clave: Máquinas, Eléctricas, Simulación, Dinámica.

INTRODUCCIÓN

El valor pedagógico de complementar la tradicional presentación matemática del análisis dinámico de las máquinas eléctricas, mediante interfaces gráficas y amigables para el usuario, es considerable. La representación gráfica en función del tiempo de los efectos provocados sobre las variables por la modificación de los parámetros, topología y condiciones iniciales, refuerza el conocimiento matemático y analítico que se pretende para un ingeniero eléctrico moderno.

EL PROBLEMA

En la literatura se demostró que las ecuaciones de tensión que describen el desempeño dinámico de las máquinas giratorias, dependen de las inductancias mutuas entre estator y rotor. Se determinó que estas inductancias son funciones de la velocidad del rotor, con lo cual los coeficientes de las ecuaciones diferenciales (ecuaciones de tensión) que describen el comportamiento de estas máquinas, son variantes en el tiempo [1,2].

LA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

La utilización del software Matlab/Simulink [3], que es un paquete amigable con el usuario y altamente interactivo para el análisis ingenieril, permite la resolución de los problemas relacionados con el análisis del desempeño dinámico de las máquinas eléctricas, mediante la interconexión de bloques funcionales simples.

EL MODELO

Para poder realizar una simulación, es imprescindible el desarrollo del modelo de la máquina eléctrica [4], cuyo proceso de obtención puede resumirse mediante el esquema detallado en la figura 1.

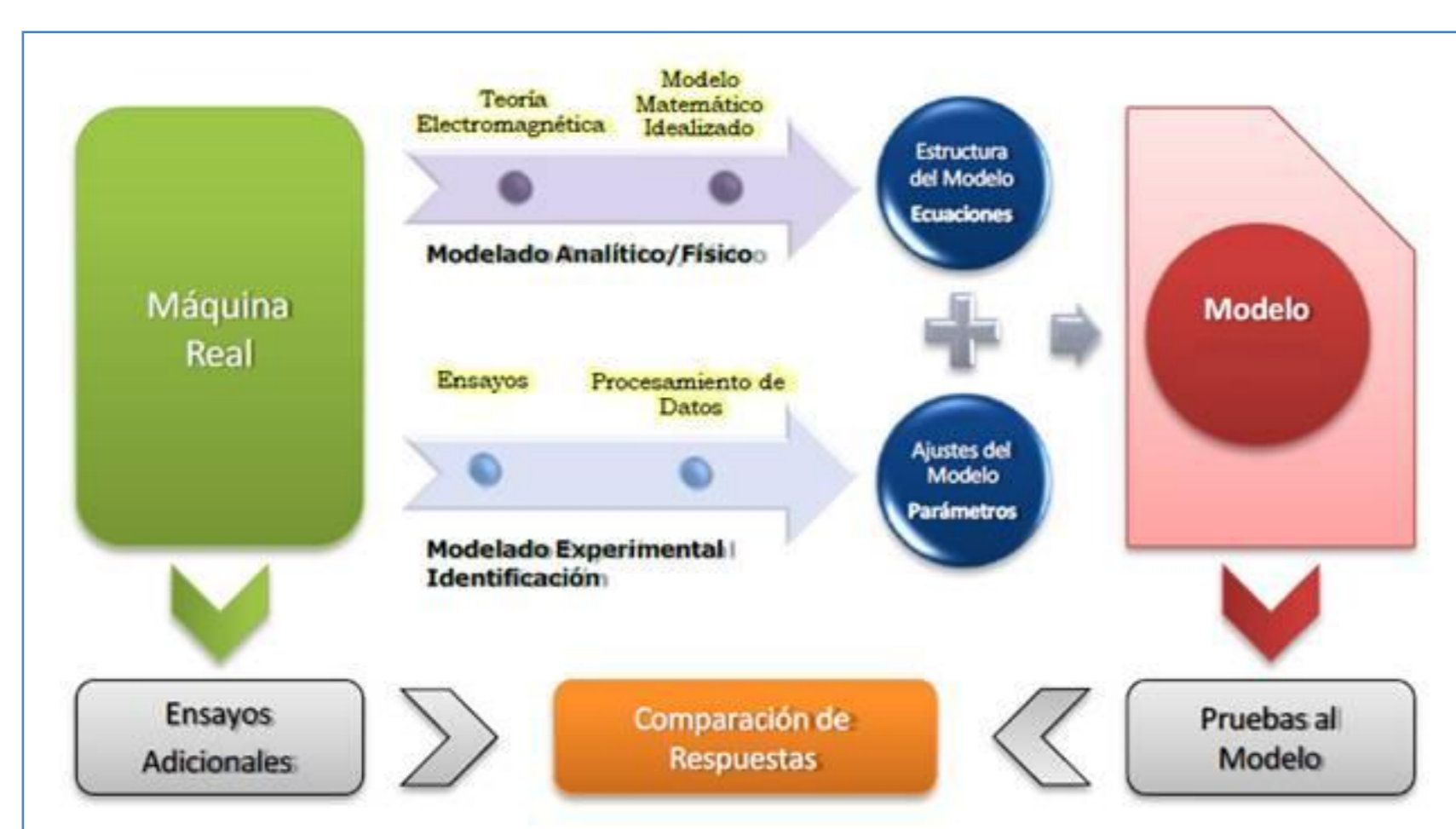


Figura 1: Diagrama de las etapas para obtener y validar el modelo [4]

APLICACIÓN A UNA MÁQUINA DE INDUCCIÓN

Como aplicación, se analiza un motor de Inducción de 300 kW, que acciona una bomba centrífuga para agua de riego, en el norte de la provincia de Santa Fe [5].

DESEMPEÑO DINÁMICO EN ACELERACIÓN LIBRE Y CARGA

Una de las características de mayor interés es la evolución dinámica del torque electromagnético en función de la velocidad (figura 2).

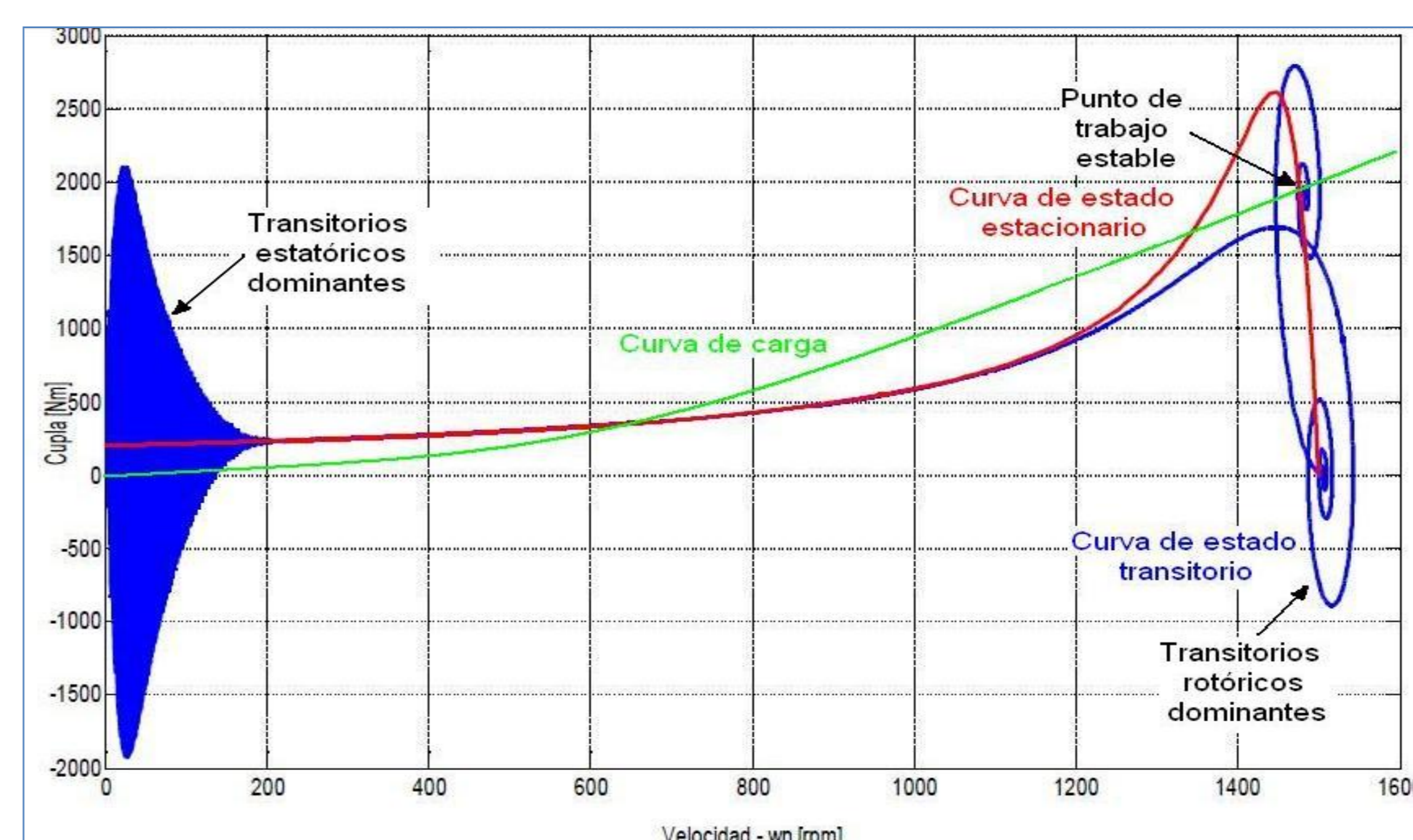


Figura 2: Superposición de las curvas dinámica y estática con la de carga [5]

En la gráfica vemos que hay un rango de velocidad donde el torque de carga supera al electromagnético, de ser real esta situación el motor se detendría. Para comprender donde está el "error", se representan las curvas de estado estacionario con parámetros de rotor bloqueado y plena carga, y la curva de la bomba centrífuga (figura 3).

A partir de esta figura se facilita la interpretación, ya que el torque electromagnético real, es una combinación de ambas curvas de estado estacionario, y que supera en todo el rango al torque cuadrático de la carga.

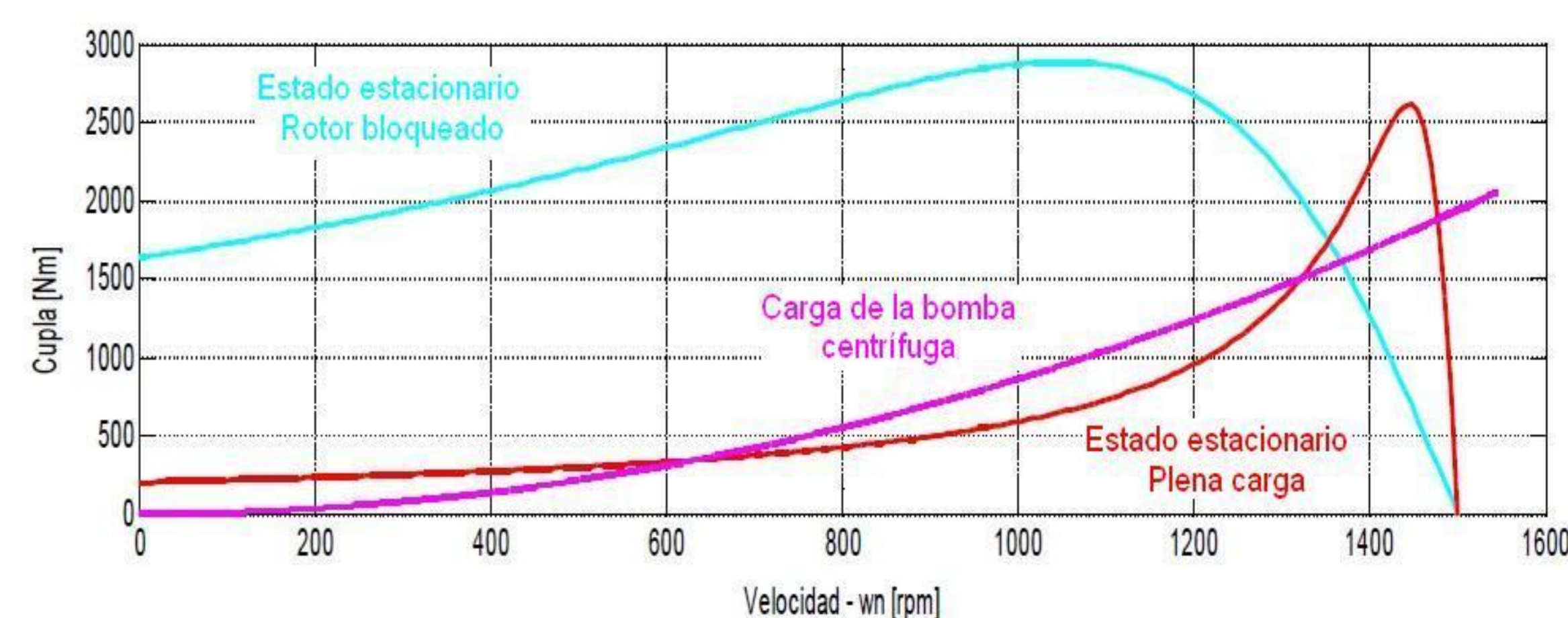


Figura 3: Superposición de curvas estáticas (bloqueado y carga) y de la bomba [5]

CONCLUSIONES

La experiencia recogida por los docentes es muy positiva, dado que la realimentación lograda mediante los trabajos de aplicación presentados por los estudiantes, permitió verificar el autoaprendizaje, hecho muy importante para la formación de competencias e inserción laboral de los futuros egresados.

REFERENCIAS

- [1] P. C. Krause, O. Wasynczuk and S. D. Sudhoff, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 2^o edition, IEEE Press Wiley-Interscience, 2001.
- [2] C. M. Ong, Dynamic Simulation of Electric Machinery, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, 1998.
- [3] Matlab/Simulink son marcas registradas por The MathWorks, Inc.
- [4] J. Cano, Introducción al Modelado de las Máquinas Eléctricas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, FCEIA, UNR, Argentina, 2017.
- [5] S. Morra y E. Regali, Proyecto de Ingeniería "Aplicación de Matlab-Simulink al Análisis Dinámico de la Máquina de Inducción", Escuela de Ingeniería Eléctrica, FCEIA, UNR, Argentina, 2013.