

---

---

## Propuesta de Tesis

- **Título**

Análisis de Multiciclos para la optimización del combustible de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde en ciclos extendidos de operación

- **Objetivo de la propuesta**

Realizar análisis de administración de combustible nuclear utilizando una metodología de análisis de multiciclos, para optimizar el uso del combustible de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (CNLV), para ciclos extendidos de operación.

- **Definición del problema**

El propósito de este trabajo de tesis es aplicar la **Metodología de Análisis de Multiciclos** desarrollado por el Grupo de Ingeniería Nuclear de la Facultad de Ingeniería (GRINFI) para estudiar la operación de la Central Nucleoeléctrica en ciclos extendidos de 24 meses y compararlos con los ciclos de 18 meses. Esto implica desde la elección de los métodos para el diseño de las recargas de combustible, las pruebas de éste, el análisis físico, así como la metodología y el análisis del aspecto económico.

La CNLV, que es el principal punto de referencia de este trabajo, cuenta con 2 unidades generadoras de 682.5 Mw eléctricos cada una. Los reactores son marca General Electric, tipo Agua Hirviente (BWR-5), contención tipo Mark II de ciclo directo. Con la certificación del organismo regulador nuclear mexicano, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS), la Secretaría de Energía otorgó las licencias para operación comercial a la unidad 1 el 29 de julio de 1990 y a la unidad 2 el 10 de abril de 1995.

La importancia de esta tesis radica en el mejor aprovechamiento del combustible nuclear, con el fin de obtener mayores beneficios económicos. Esto significa en primer lugar la reducción de los costos de generación de energía eléctrica, manteniendo a la central nuclear operando a su capacidad nominal durante el mayor tiempo posible, tomando en cuenta los parámetros físicos y de seguridad adecuados; además, de reducir la cantidad de desechos radiactivos generados durante el tiempo de operación de la planta.

Existen dos campos importantes a tomar en cuenta en la búsqueda de la utilización óptima del combustible en las centrales nucleoeléctricas, el **económico** y el **físico**. El primero se refiere a la mejor utilización de combustible ante los altos costos

---

---

---

---

asociados al mismo; aquí cabe resaltar que la industria nuclear hace el análisis basado en el llamado **ciclo de combustible nuclear**, el cual toma en cuenta desde la extracción del mineral, la fabricación del combustible, su utilización en la generación de energía eléctrica y la disposición final de los productos de la fisión, además de considerar los gastos alrededor de éste. Por otra parte en el análisis físico se lleva a cabo un seguimiento del comportamiento del reactor, por medio de simulaciones que nos permitan hacer una proyección de su correcta operación.

La disciplina que nos permite realizar análisis para el mejor aprovechamiento del combustible, física y económicamente, se conoce como **Administración de Combustible**, la cual implica entre otras cosas la determinación de los requerimientos de combustible para varios ciclos de operación, los cuales deben respetar los límites operacionales (energía generada, longitud de ciclo) y de seguridad de la planta.

- **Método**

A lo largo del desarrollo del trabajo se adoptarán ciertas metodologías y procedimientos para obtener un resultado satisfactorio, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

1. Determinación de la metodología para el diseño y optimización de las recargas de combustible. Para esta etapa se propone el modelo de búsqueda tabú para la selección de las recargas óptimas.
2. Se establecerá también un modelo de costos, el cual incluirá todas las etapas del ciclo de combustible nuclear.
3. Se definirán los escenarios de análisis, para un ciclo de operación de 24 meses y se comparará con ciclos de 18 meses, haciendo un análisis de los resultados.

Dentro de los métodos para la obtención de nuestro objetivo están:

La metodología utilizada actualmente por el GRINFI se basa en la búsqueda del óptimo por medio del método Tabú, el cual utiliza el simulador CM-PRESTO, una función objetivo, la cual maximiza la longitud del ciclo mientras se satisfacen los límites térmicos de operación, y los límites de reactividad.

Tabú es un método de optimización de búsqueda combinatoria, que por medio de la evaluación de la función objetivo trata de converger hacia el acomodo de los ensambles de combustible óptimo que nos proporcionen la mayor cantidad de energía, respetando los límites térmicos de operación y de reactividad.

Se utilizará el simulador Core Master Presto (CM-PRESTO), con el cual se estima el comportamiento del combustible nuclear. El análisis físico lo realizaremos

---

---

---

---

también con el código CM-PRESTO, que es un simulador tridimensional del núcleo de un reactor de agua en ebullición (BWR de sus siglas en inglés) que permite reproducir el comportamiento del núcleo en condiciones de estado estacionario de este tipo de reactores.

Este simulador está integrado por modelos neutrónicos y termohidráulicos. Los modelos neutrónicos de CM-PRESTO están basados en una aproximación de la teoría de difusión de neutrones de dos grupos de energía. En nuestro caso, la utilización de CM-PRESTO nos permite realizar el seguimiento del núcleo del reactor de la CNLV, para conocer las condiciones actuales del combustible en el reactor y hacer las simulaciones del comportamiento del combustible para proyectar los futuros ciclos de operación del reactor y conocer con precisión el quemado del combustible.

Para el análisis económico, se desarrolló un programa de cómputo para calcular el costo de la energía eléctrica generada a valor presente continuo, a partir de los costos asociados al ciclo de combustible y de la opción de almacenamiento interino y/o definitivo del combustible gastado. Se considera al valor del dinero como una función del tiempo, teniendo una interdependencia de los parámetros económicos, de diseño y operación. Este fue desarrollado por integrantes del GRIN, como tesis de licenciatura en un trabajo anterior a este.

- **Inventario de materias/temas de la carrera**

Física Experimental, Métodos Numéricos, Química, Termodinámica, Energía e Impacto Ambiental, Dinámica de Sistemas Físicos, Plantas Generadoras, Sistemas Eléctricos de Potencia I y II y Seminario de Ingeniería Eléctrica Electrónica.

- **Índice desglosado**

*Introducción*

*Capítulo 1. Conceptos Básicos de Energía Nuclear*

- 1.1. Conceptos de Física Nuclear
- 1.2. La Fisión Nuclear

*Capítulo 2. Reactores Nucleares*

- 2.1. Clasificación
- 2.2. Descripción del reactor BWR

*Capítulo 3. Ciclo de Combustible Nuclear*

- 3.1. Minería
  - 3.2. Molienda
  - 3.3. Purificación
  - 3.4. Conversión
  - 3.5. Enriquecimiento
- 
-

- 
- 
- 3.6. Fabricación del combustible
  - 3.7. Irradiación del combustible
  - 3.8. Residuos radiactivos
  - 3.9. Reprocesamiento y confinación

#### ***Capítulo 4. Métodos de Análisis***

- 4.1. Simulador Core-Master PRESTO
- 4.2. Método de Optimización Tabú.
- 4.3. Método de Análisis Económico

#### ***Capítulo 5. Análisis de Multiciclos***

- 5.1. Simulación de los Ciclos de Transición
- 5.2. Simulación del Ciclo de Equilibrio de 24 meses
- 5.3. Análisis Económico
- 5.4. Comparación de los ciclos de 18 y 24 meses

#### ***Conclusiones y Trabajos Futuros***

- **Resultados Esperados**

Conocer el comportamiento de la CNLV en ciclos extendidos de 24 meses para su posterior comparación con ciclos de 18. A partir de estos datos se tratará bajo estas bases proponer la extensión o conservación de los ciclos de operación para la central que más convengan.

El trabajo es desarrollado en base a la CNLV por lo cual esta tesis trata de proponer un mejor aprovechamiento del combustible nuclear, con el fin de obtener mayores beneficios económicos. Reduciendo los costos de generación de energía eléctrica, manteniendo a la central nuclear operando a su capacidad nominal durante el mayor tiempo posible, siendo rentable económicamente esta situación y siempre manteniendo dentro de los parámetros de seguridad a la planta. Esto trae consigo también beneficios en otros rubros, entre los que destacan el ecológico, al reducir la cantidad de desechos radiactivos generados durante la operación de la central generadora.