



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Estudio de la modificación de la presión de recalentamiento de una central térmica de vapor de 350 MW, para mejorar el rendimiento térmico del ciclo en condiciones reales.

Author: Juan Antonio, JIMÉNEZ-GARCÍA

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 17
Mail: jajimenezg@uaemex.mx
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	of Congo
Ecuador	Taiwan	Nicaragua
Peru	Paraguay	

I. Introducción

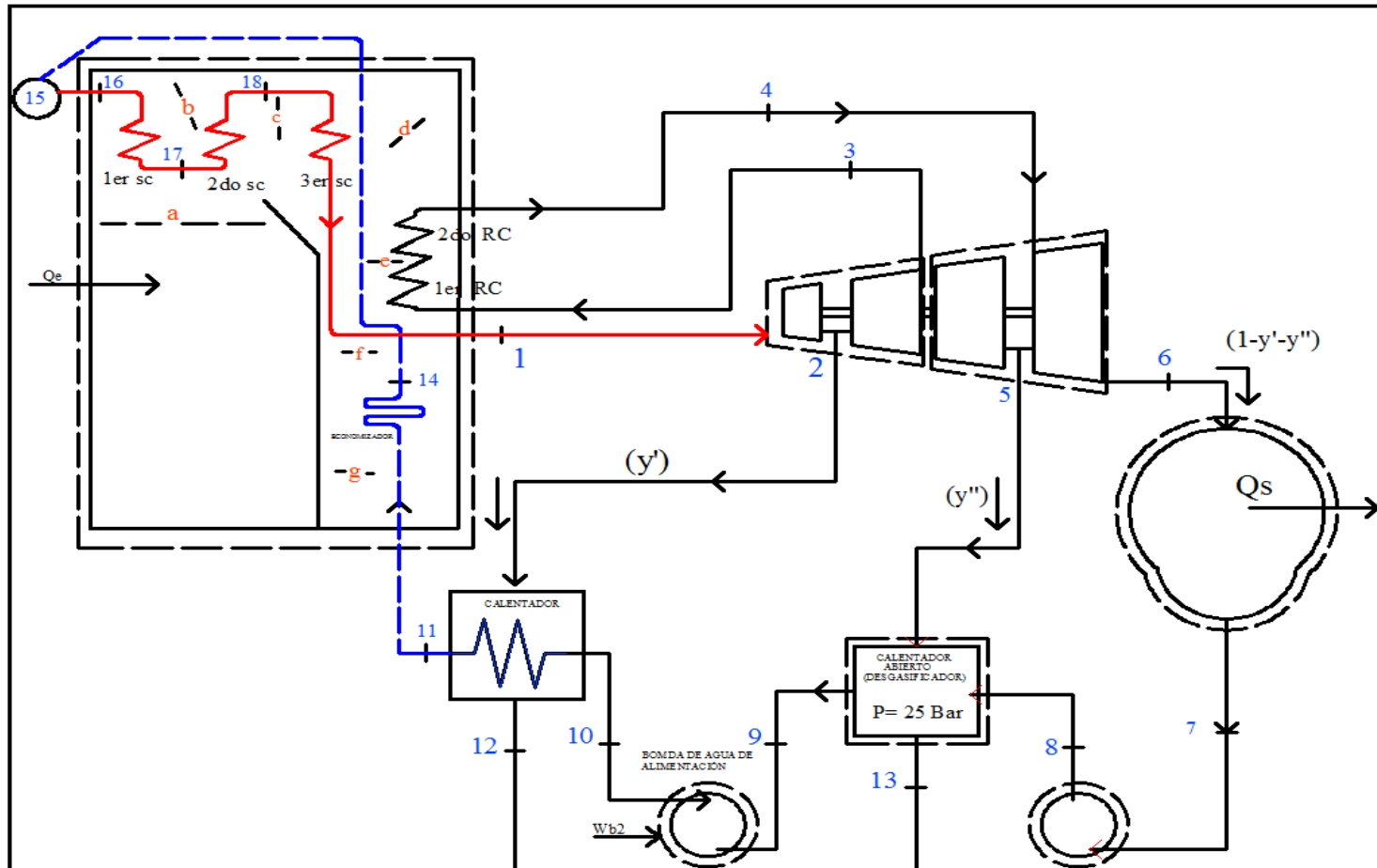
- Se realiza la simulación de la operación de una central térmica de vapor, centrandó el estudio en la transferencia de calor en generador de vapor de 350 MW y en ciclo térmico de vapor (Rankine con recalentamiento idealizado)

Potencia Instalada	350 MW
Potencia Nominal (CFE)	332.2 MW
Potencia Nominal Considerada para el análisis	280.5 MW



1. Introducción

1.1 Ciclo Rankine con Recalentamiento y dos Regeneraciones



1.2 Características de la central termoeléctrica

- Es una central termoeléctrica convencional.
- Opera con un ciclo Rankine con recalentamiento y se consideran dos regeneraciones de vapor.
- Emplea como combustible Combustóleo

Datos Nominales de Operación	
Presión de domo principal	183.18 Bar
Producción de Vapor Principal	1037.9 T/hr
Producción de vapor recalentado	932.9 T/hr
Temperatura de vapor principal	541°C
Temperatura de vapor Recalentado	541°C
Flujo de Combustible	77.53 T/hr
Dosado de aire	1.05- 1.30

3. Objetivo General

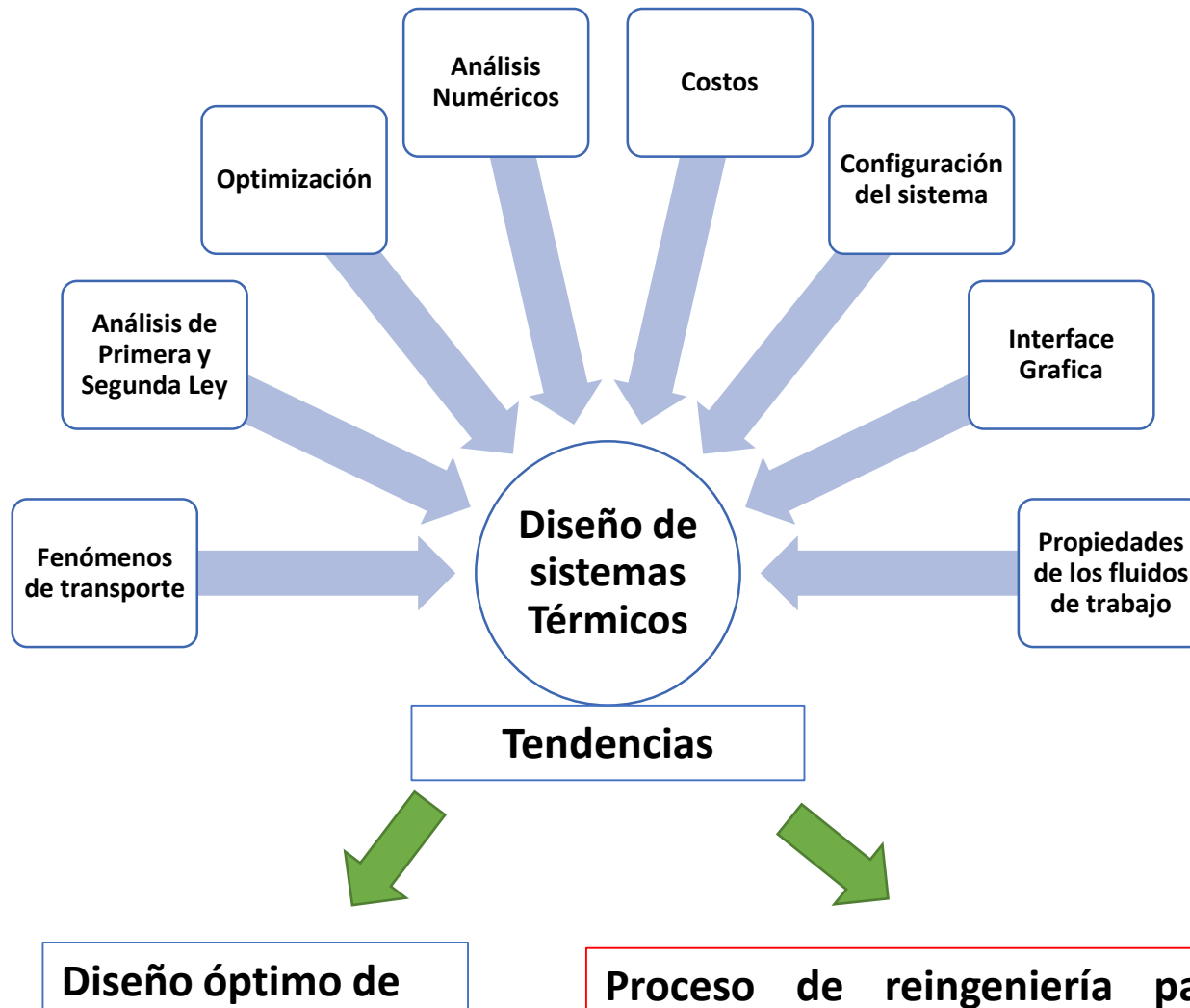
- realizar un análisis de sensibilidad sobre las principales variables de operación de la central térmica, en este caso la presión de recalentamiento de la central termoeléctrica, a régimen de carga variable e identificar los regímenes de carga más eficientes.

4 Objetivos Específicos

- » Simular y validar el ciclo térmico de vapor de la central termoeléctrica Villa de Reyes, a regímenes de carga: 100%, 75%, 50%, y 25%.
- » Realizar la simulación del ciclo térmico de vapor a regímenes de **carga variable**.
- » Realizar un análisis de sensibilidad de las principales variables independientes del modelo esn este caso, la presión del vapor a recalentamiento.

5. Antecedentes de investigación

Elementos Básico del diseño de Sistemas Térmicos



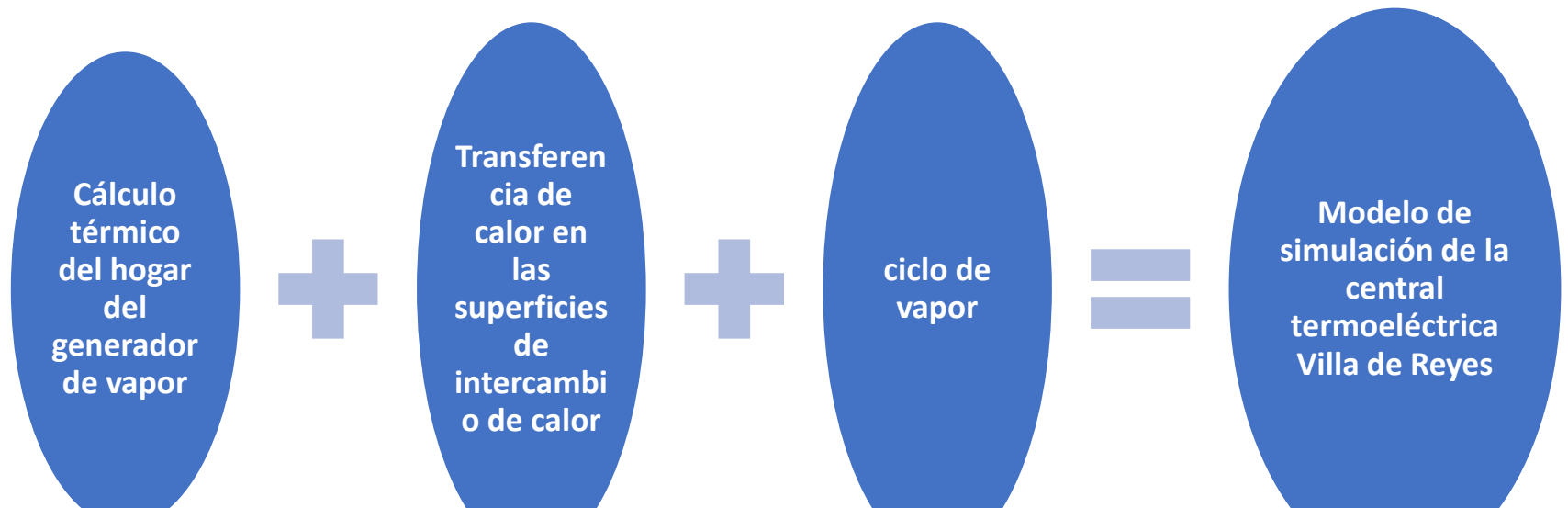
6. Metodología

La simulación consiste en integrar un sistema de ecuaciones y procedimientos de cálculo que imitan el comportamiento de la Central termoeléctrica Villa de Reyes.

Se creó el modelo de simulación del sistema de generación de Energía que consistió en integrar varios módulos :

6.1 Etapa de **Validación** del Modelo

Se validan los resultados del modelo de simulación **VS** los parámetros conocidos de operación al: 100%, 75%, 50% y 25% de carga.



6. Metodología

6.1 Etapa de **Validación** del Modelo

Se integraron los Módulos de cálculo, de manera secuencia y se emplea el método de sustituciones sucesivas, se calculo el error relativo aproximado ϵ_{ra} , en cada iteración, con un criterio de paro del error relativo aproximado de $\epsilon_{ra} < 1 \times 10^{-8}$. lo que garantiza que el resultado tiene un error menor a $1 \times 10^{-9}\%$.

El programa de simulación se desarrollo en hojas de calculo de Excel 2010, empleando el editor de *Visual Basic Applications*

a) Calculo Térmico del Hogar

CÁLCULO TÉRMICO DEL HOGAR DEL GENERADOR DE VAPOR DE 350 MW

Calculo de la temperatura de los gases a la salida del Hogar

Composición Química del Combustible

C(%) **83.64** S(%) **4.2** N(%) **0.37** H(%) **11.3** O(%) **0.49**

Flujo de Combustible suministrado al generador de vapor (T/h) **B(t/H) 77.53** Exceso de Aire suministrado al hogar [1.0- 1.55, Intervalos de 0.05] **Alfa 1.05**

Flujo de combustible Recomendados

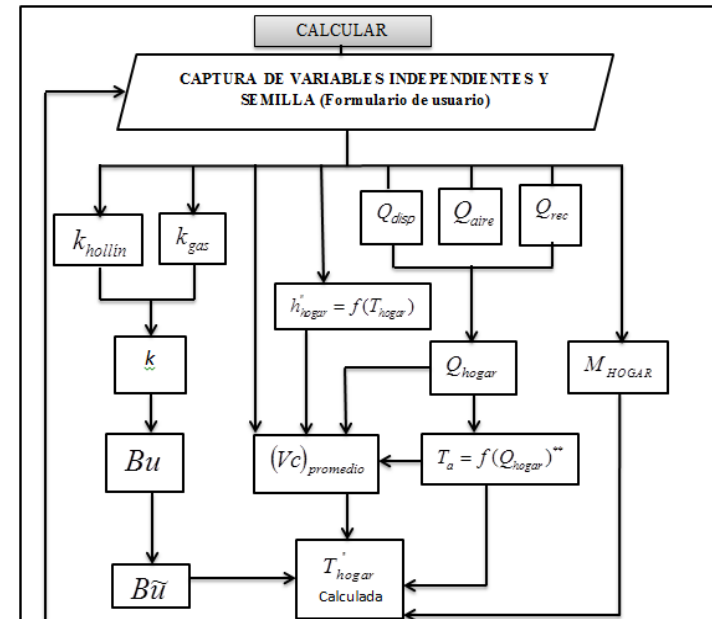
Carga 100%	77.53 T/h
Carga 75%	59.17 T/h
Carga 50%	41.58 T/h
Carga 25%	20.37 T/h

Presión del Domo de Vapor **P15(T/H) 183.18** Presión Recomendada

Carga 100%	183.18 Bar
Carga 75%	173.87 Bar
Carga 50%	169.16 Bar
Carga 25%	166.90 Bar

Flujo de Gases de Recirculación (%) [r = 0.20 - 0.60] **r (%) 0.2**

Flujo de Agua de Alimentación(T/h)



6. Metodología

6.1 Etapa de **Validación** del Modelo

b) Transferencia de calor en las superficies de intercambio de calor

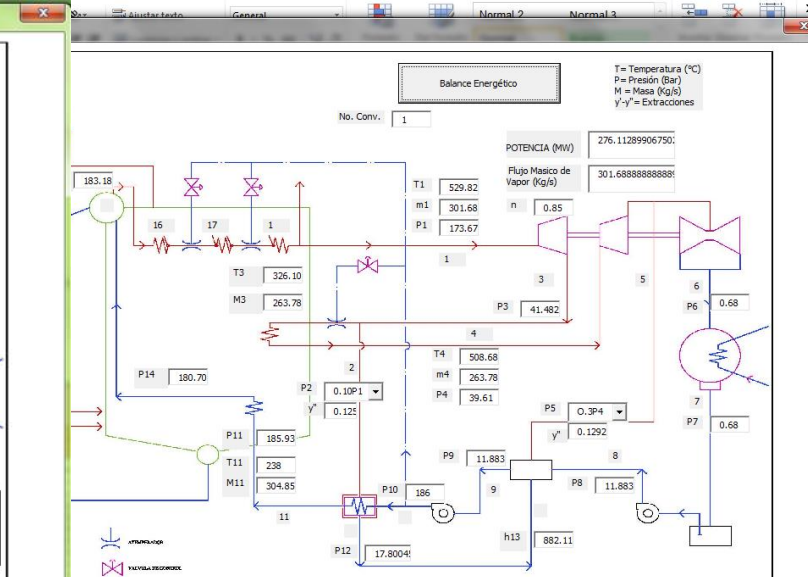
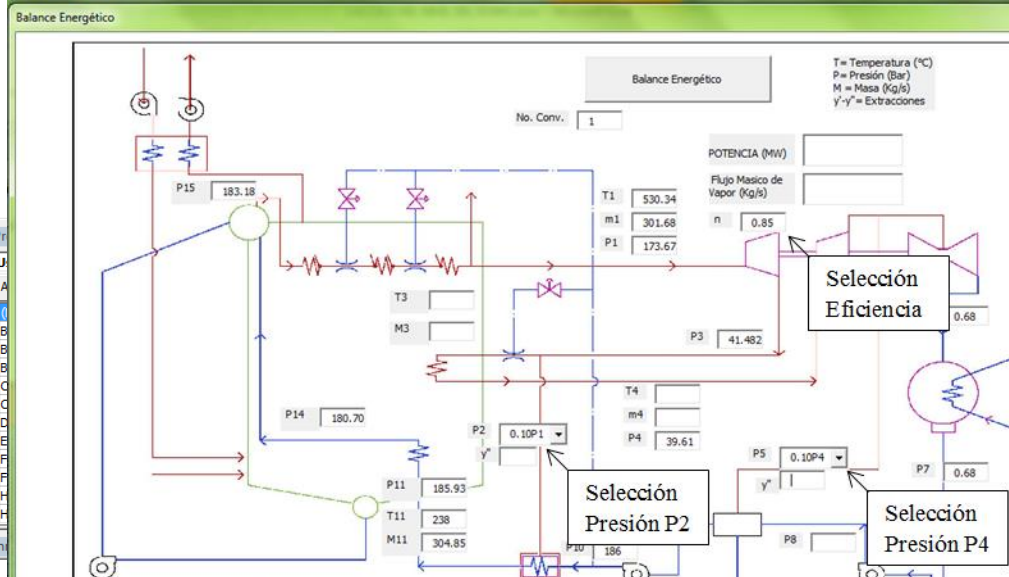
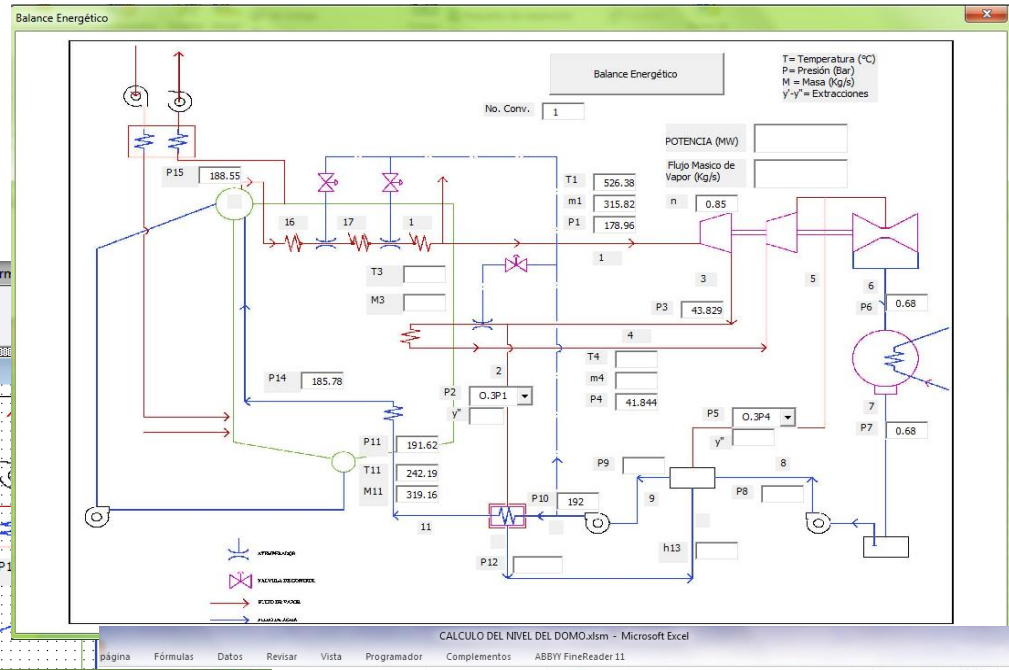
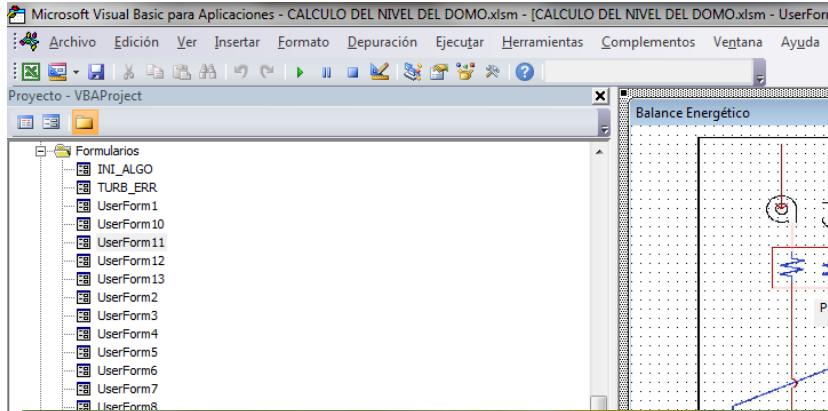
The image displays a spreadsheet interface for a heat transfer model. The spreadsheet contains several buttons for navigation and calculation, including 'ANÁLISIS DE PARAMETROS', 'CARGAS PARCIALES', 'Cálculo Térmico', 'Heat Transfer 1SC', 'Heat Transfer 2SC', 'Heat Transfer 3SC', 'Cálculo Energético', 'Heat Transfer RH', 'Borrar HOJA', and 'BORRAR RH'. The 'Heat Transfer 1SC' and 'Heat Transfer RH' buttons are circled in black. Below the spreadsheet, a VBA code editor window is open, showing the code for the 'heatTransferRC()' subprocedure. The code includes iterative calculations and a loop structure.

```
Sub heatTransferRC()  
    fila = 0  
    Parar = False  
  
    Do  
        fila = fila + 1  
        TD = Application.Workbooks("CALCULO DEL NIVEL DEL DOMO.xlsm").Worksheets("Analisis")  
        IF Application.Workbooks("CALCULO DEL NIVEL DEL DOMO.xlsm").Worksheets("Analisis").Cells(fila, 2) = TD  
            Parar = True  
        Else  
            End If  
  
        If fila = 100 Then  
            Parar = True  
            MsgBox "La temperatura Td es mayor a 100 iteraciones"  
        Else  
            End If  
  
        Loop While (Parar = False)  
  
    TD = Application.Workbooks("CALCULO DEL NIVEL DEL DOMO.xlsm").Worksheets("Analisis").Cells(2, fila)  
    Te = TD  
    T3 = Application.Workbooks("CALCULO DEL NIVEL DEL DOMO.xlsm").Worksheets("Analisis").Cells(2, fila)  
    MsgBox T3 & " Temperatura dEL VAPOR la entrada del 1RH"  
  
    '-----LUGAR PARA EL CICLO DOOO  
    Call heatTransfer 1RH(Te, T3) 'Con la función HeatTransfer 1RH se calcula la temperatura ENTE
```

6. Metodología

6.1 Etapa de **Validación** del Modelo

c) Ciclo Térmico de Vapor



6. Metodología

6.2 Análisis a cargas variable

Se solicita una carga térmica, y se realiza la simulación hasta alcanzar la potencia requerida para dicha carga desde un limite inferior.

ANÁLISIS DE CARGAS PARCIALES

Este Apartado, Determina las características de la central Termoeléctrica, con un generador de vapor de 350 MW y Una Turbina de Vapor con una potencia NOMINAL 280.5 MW

PORCENTAJE DE CARGA (100% - 25%) %

VALORES RECOMENDADOS DE OPERACIÓN

Flujo Masico de Combustible (T/hr)	62.5048904143106
Dosado	1.05
Flujo de Gases de Combustion(Kg/s)	1324.29245604377
Flujo Masico de agua de Alimentación (T/hr)	858.234640522876
Flujo Masico de vapor principal (Kg/s)	242.817719680465
Flujo Masico de Recirculación (Kg/s)	0.2858388
Potencia CALCULADA (MW)	225.402113835255

ANÁLISIS DE CARGA VARIABLE

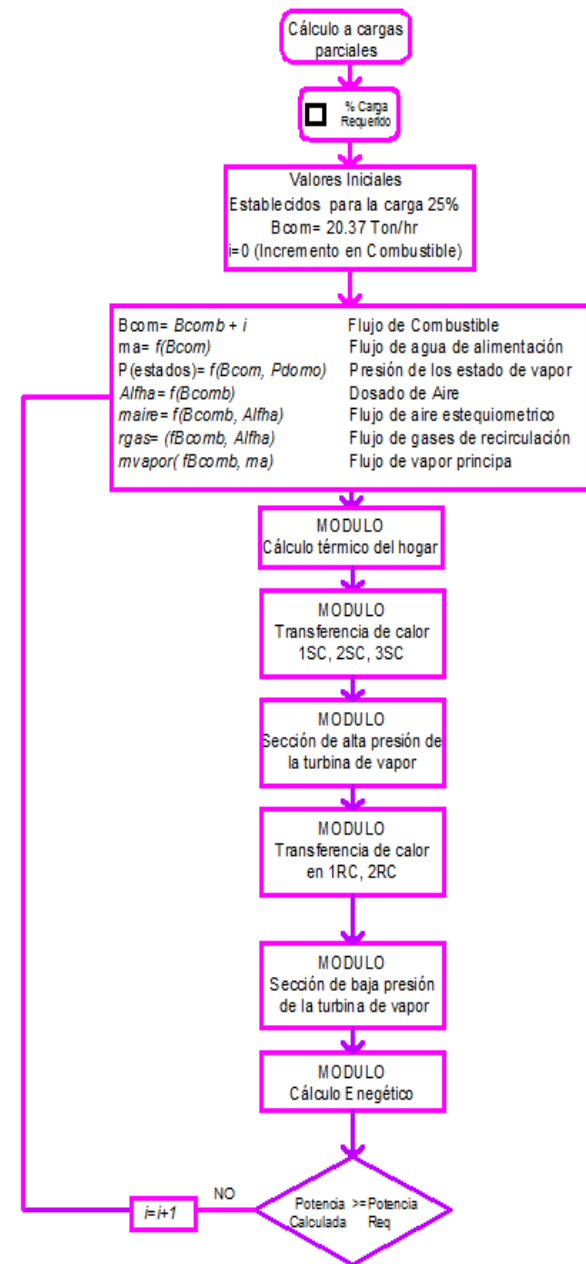
Este Apartado, Determina las características de la central Termoeléctrica, con un generador de 350 MW y Una Turbina de Vapor con una potencia NOMINAL 280.5 MW

PORCENTAJE DE CARGA (100% - 25%) %

VALORES RECOMENDADOS DE OPERACIÓN

Flujo Masico de Combustible (T/hr)	
Dosado	
Flujo de Gases de Combustion(Kg/s)	
Flujo Masico de agua de Alimentación (T/hr)	
Flujo Masico de vapor principal (Kg/s)	
Flujo Masico de Recirculación (Kg/s)	
Potencia CALCULADA (MW)	
Regimen de Carga (%)	

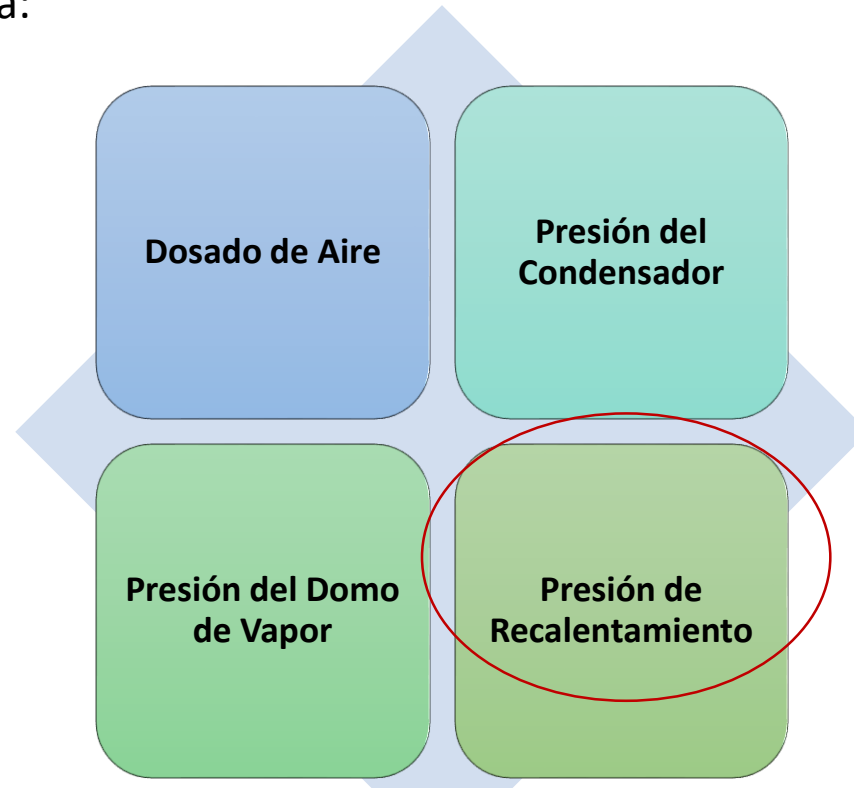
Valores de las variables independientes, cuando el programa cumple con el criterio de paro.



6. Metodología

6.3 Análisis de Sensibilidad

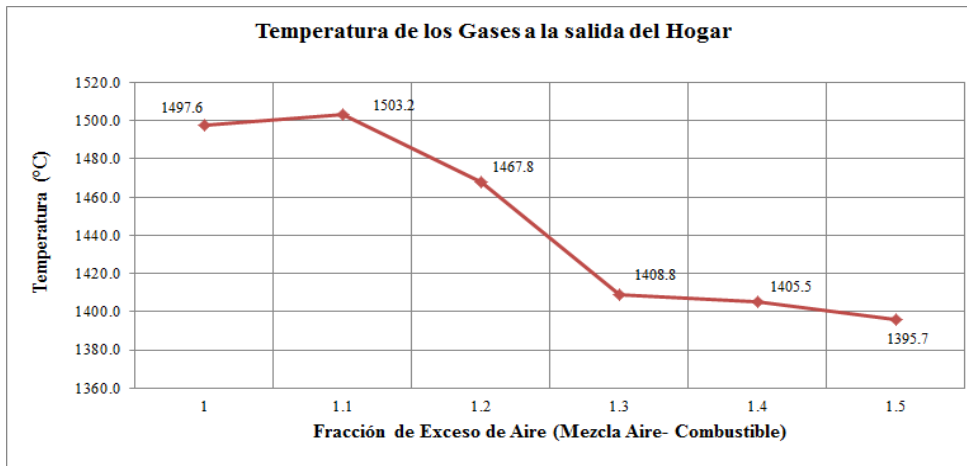
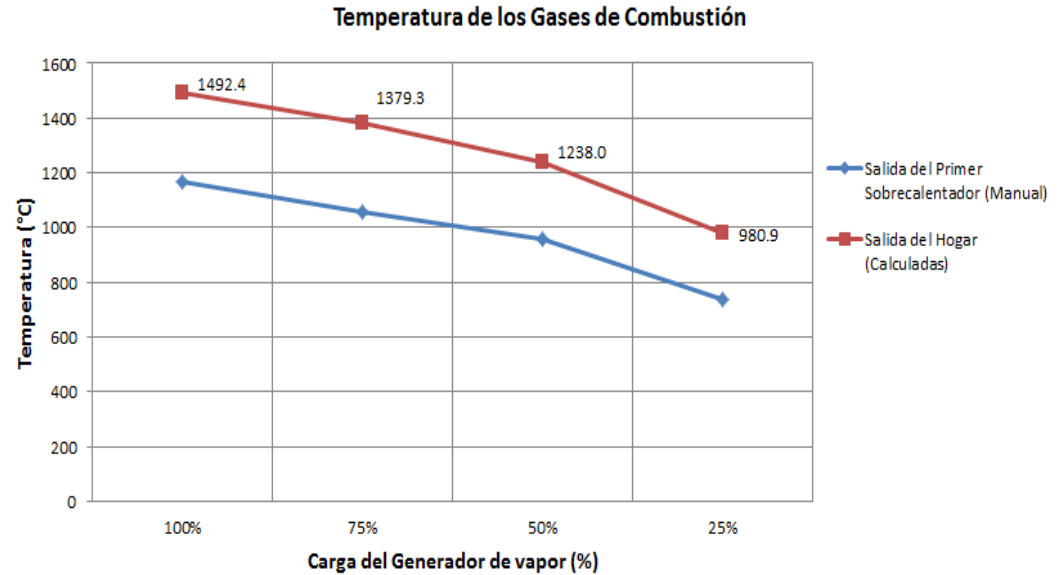
- Se realizaron simulaciones de operación a regímenes de carga variable (Desde 25% hasta 100%)
- Se **modificaron los valores de las variables independientes del modelo de simulación**, para observar el efecto sobre las eficiencias térmica y exergética y la potencia generada:



7. Resultados

7.1 Resultados del cálculo térmico del hogar (Regímenes de operación: 100%, 75%, 50% y 25%)

Temperatura de los gases de combustión, a la **salida del hogar del generador** de vapor, bajo las condiciones de operación actuales.



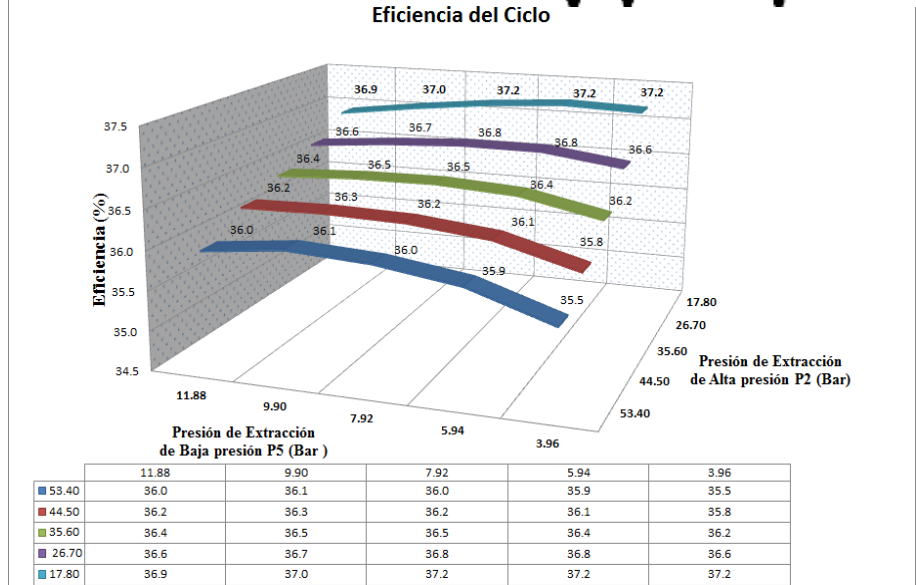
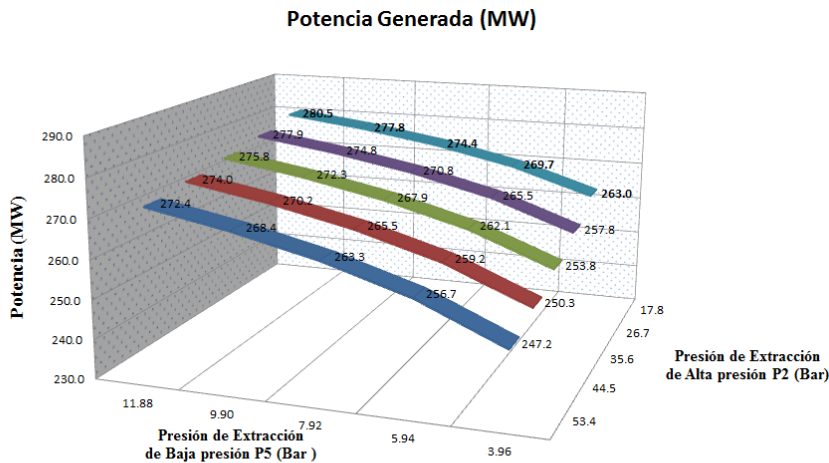
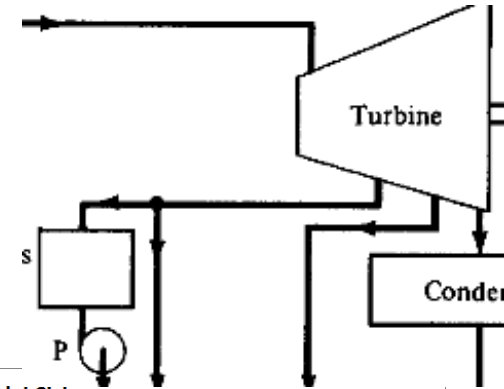
Efecto del INCREMENTO del **dosado de aire**, sobre la temperatura de los gases de combustión. (Carga 100%)

7. Resultados

Ciclo Térmico de Vapor (Carga 100%, bajo las condiciones actuales de operación)

Se realizaron 16 simulaciones del ciclo térmico de vapor, considerando diferentes presiones de extracción de la turbina de vapor, los mejores resultados se determino una potencia nominal de generación (Carga 100%):

Presión de extracción de alta	Presión de Extracción de baja presión	Eficiencia térmica del ciclo	Potencia
10% 17.80 Bar	30% 11.88 Bar	36.9	280.5 MW
10%	10%	37.2 (Eficiencia térmica Máxima)	263.0 MW
17.80 Bar	3.96 Bar		



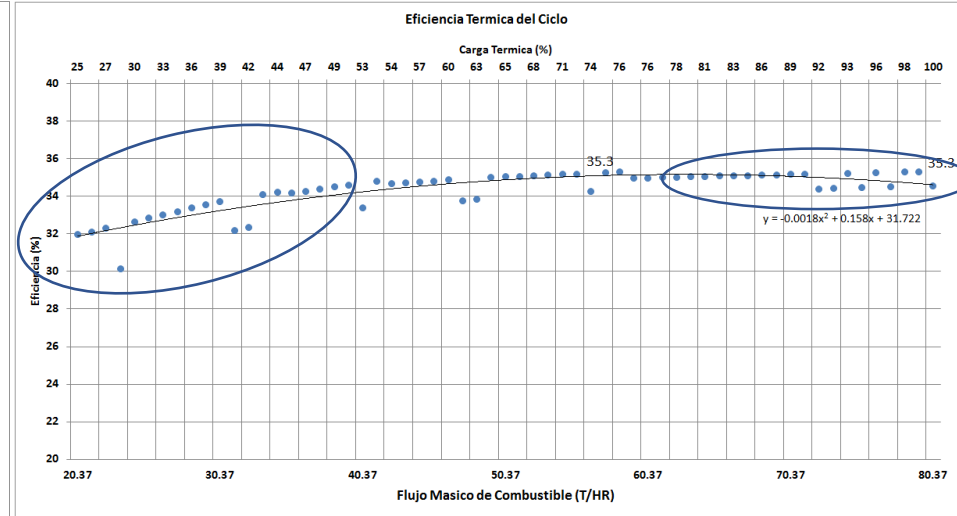
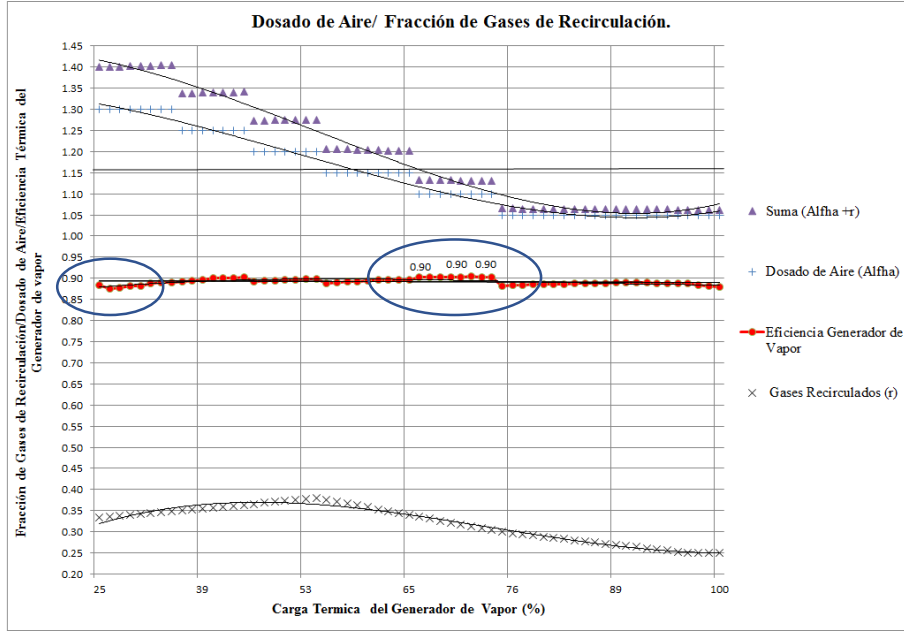
	11.88	9.90	7.92	5.94	3.96
53.4	272.4	268.4	263.3	256.7	247.2
44.5	274.0	270.2	265.5	259.2	250.3
35.6	275.8	272.3	267.9	262.1	253.8
26.7	277.9	274.8	265.5	259.2	257.8
17.8	280.5	277.8	274.4	269.7	263.0

	11.88	9.90	7.92	5.94	3.96
53.40	36.0	36.1	36.0	35.9	35.5
44.50	36.2	36.3	36.2	36.1	35.8
35.60	36.4	36.5	36.5	36.4	36.2
26.70	36.6	36.7	36.8	36.8	36.6
17.80	36.9	37.0	37.2	37.2	37.2

7. Resultados

7.4 Análisis a carga variable (Condiciones actuales de operación)

b) Eficiencia del generador de vapor y del Ciclo térmico de vapor



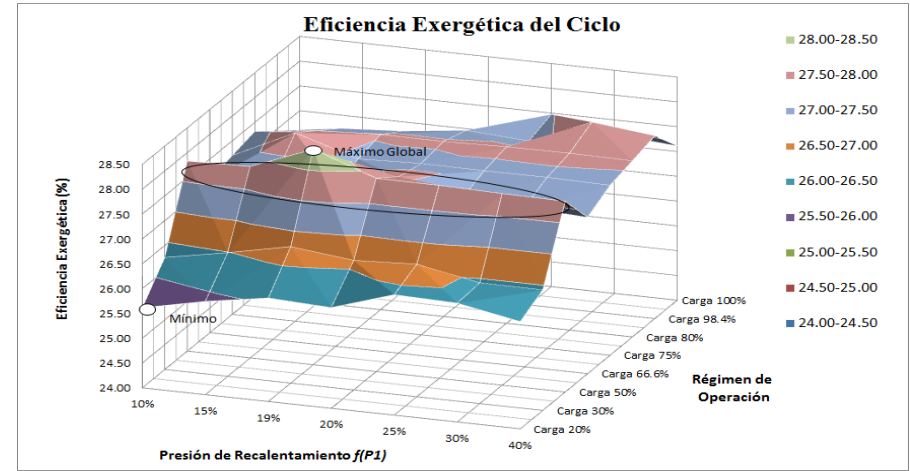
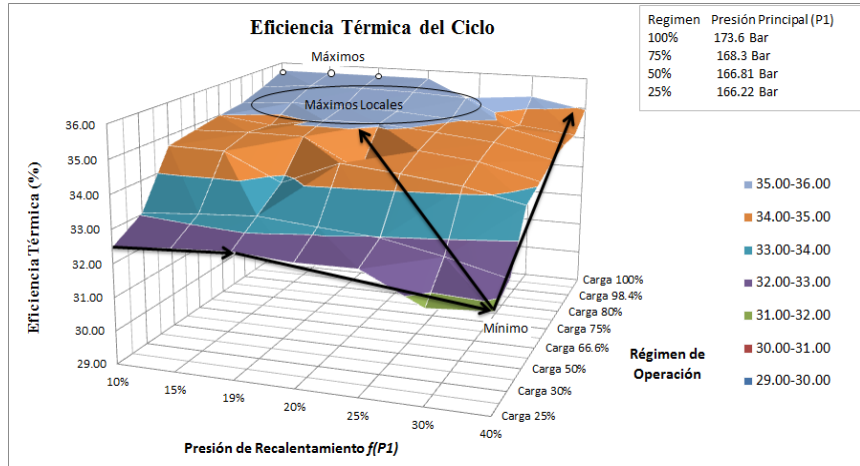
	Valor	Régimen de carga
Máxima Eficiencia del Generador de vapor	90.4	74.1%
	90.37	70.54%
	90.36	66.6%, 67.9%, 69.25%
	90.20	75.6%
	90.20	44.4%
Mínima Eficiencia del Generador de vapor	90.10	42.4%
	87.6	25.9%
	87.7	24.78%
	87.8	27.3%

	Valor	Régimen de carga
Máxima Eficiencia Térmica del Ciclo	35.55	100%
	35.3	98.4%, 93.32%,
	35.29	75.6%
	35.27	95.64
	35.25	74.3%
Mínima Eficiencia térmica del Ciclo	30.16	29.45%
	31.96	24.78%
	32.11	25.85%

7. Resultados

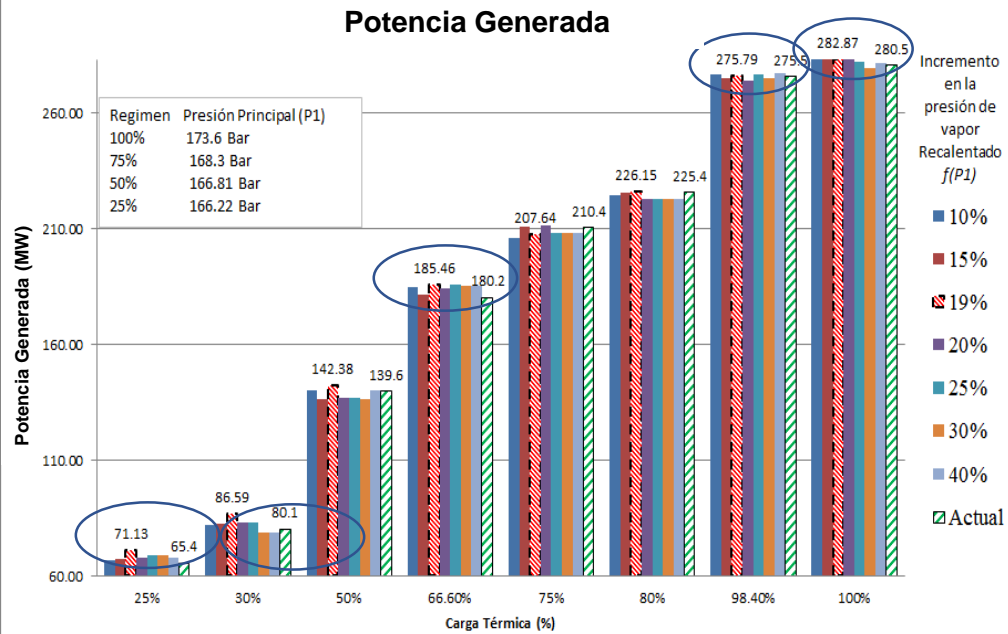
7.5 Análisis de sensibilidad

d) Modificar la presión de recalentamiento



• Se establecieron fracciones de presión de recalentamiento de 10%, 15%, 19%, 20%, 25%, 30% y 40%.

Eficiencia térmica MÁXIMA	35.75% (Carga 100%) fracciones 10%, 15%, 19% y 20%
Eficiencia térmica MÍNIMA	31.86% (carga 25%) fracción de vapor recalentado 40%
Eficiencias térmica Máximas locales	35.29% - 35.72% (Para fracciones del 10%, 15%, 19% y 20%, 25% y 30%)
Eficiencia exergética MÁXIMA	28.34% (Carga 50%) , fracción de vapor recalentado: 19%
Eficiencia exergética MÍNIMA	25.61 % (Carga 25%) y presión del vapor recalentado del 10%
Eficiencias exergéticas máximas locales	29.4%, 29.3%, 28.9% y 29.2% (Cargas: 66.6%, 75%, 80% y 98.4%)
Incremento respecto a las condiciones actuales de operación	2.37 MW
Incremento promedio al incrementar de 10% , 15% y 19% la presión recalentado	2 MW
Incremento promedio al incrementar de 19% a 40% la presión recalentado	-2.2 MW



9. CONCLUSIONES

9.1 Conclusiones de la transferencia de calor

- » se comprobó que existe convergencia y similitud de las temperaturas de vapor y de los gases de combustión calculadas a través de la simulación, contra las conocidas y establecidas en el MOGV bajo los regímenes de carga 100%, 75%, 50% y 25%.
- » Se empleó el método de sustituciones sucesivas, con un criterio de paro de un error relativo aproximado $\varepsilon_{ra} < 1 \times 10^{-8}$ que garantiza, en las iteraciones de la simulación de cada uno de los intercambiadores de calor, que el resultado tiene un error menor a $1 \times 10^{-9}\%$.
- » Se comprobó que la metodología de la transferencia de calor presenta buenos resultados para determinar las propiedades termodinámicas de los fluidos de trabajo a la salida de los intercambiadores de calor.

9.2 Conclusiones del Ciclo térmico de vapor

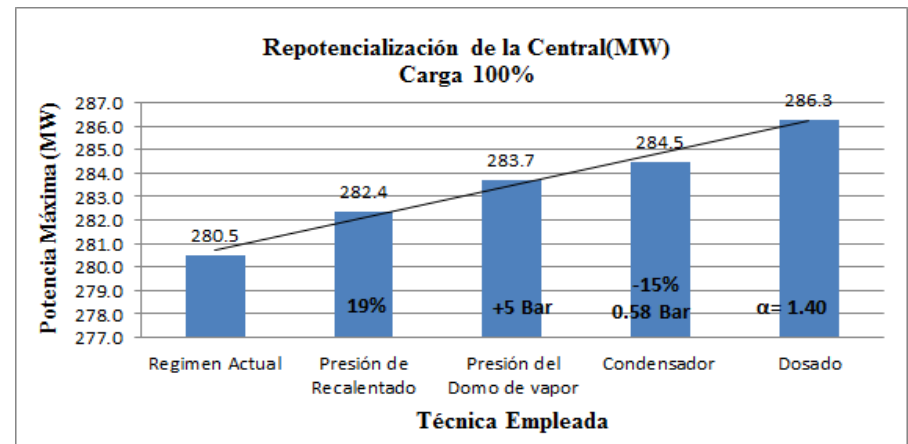
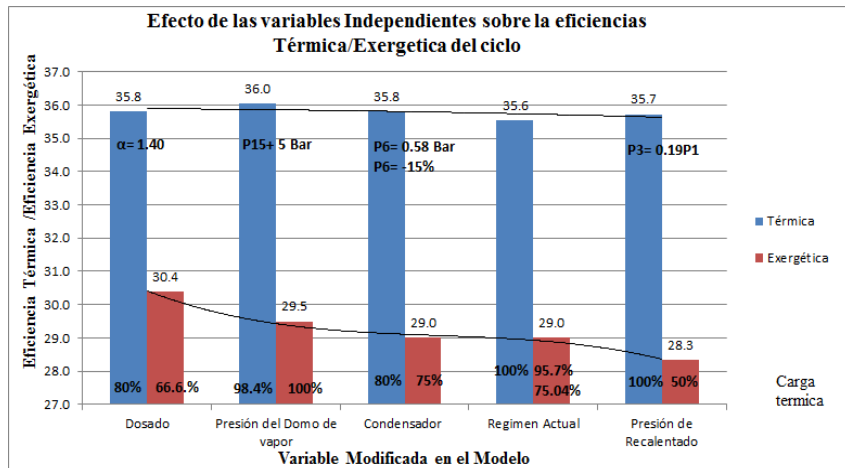
- la potencia máxima obtenida del ciclo térmico de vapor fue de **280.5 MW** al régimen de carga 100%, obtenida con la mejor combinación de presiones de extracción de la turbina de vapor de alta presión $P_2 = 17.80$ Bar (**10% de la presión de vapor principal**) y la presión de baja $P_5 = 11.88$ Bar (**30% de la presión de vapor recalentado**).

9. CONCLUSIONES

9.4 Conclusiones de análisis de sensibilidad

- » Con el análisis de sensibilidad se observó la influencia que tienen las principales variables independientes sobre los resultados del modelo de simulación de la central termoeléctrica Villa de Reyes, obteniéndose, según la técnica empleada:

Variable modificada	Eficiencia Térmica Máxima	Eficiencia Exergética Máxima	Potencia Máxima generada a Carga 100%	Valor de la variable manipulada.
Parámetros Actuales de Operación	35.55% (Carga 100%)	29% (Carga 95.7% y 75.04%)	280.5 MW	-
Incrementar el Dosado de Aire	35.8% (Carga 80%)	30.4 (Carga 66.6%)	286.3 MW(+5.8 MW)	$\alpha = 1.40$
	35.64% (Carga 99.63)	28.91% (Carga 100%)	285.4 MW (+4.9MW)	$\alpha = 1.20$
Reducir la presión del condensador	35.8% (Carga 80%)	29%(Carga 75%)	284.5 MW (+4.0 MW)	$P_6 = 0.58 \text{ Bar } (-15 \%)$
Incrementar la presión del Domo de Vapor	36.04% (Carga 98.4%)	29.5% (Carga 100%)	283.7 MW(+3.2 MW)	$P_{15} + 5\text{Bar}$
Modificar la presión del recalentamiento	35.72% (Carga 100%)	28.34% (Carga 50%)	282.37 MW(+1.87 MW)	$P_3 = 0.19 P_1$





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)