



SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN CICLO OTTO (APLICACIONES).

Dr. Alejandro Medina,
Dr. José Miguel Mateos Roco,
Dr. Ing. Pedro L. Curto-Risso

Setiembre 2020

<http://campus.usal.es/gtfe>



ESQUEMA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS TEÓRICOS Y DE SIMULACIÓN
- 3 OPTIMIZACIÓN TERMODINÁMICA
- 4 VARIABILIDAD CICLO A CICLO
- 5 VCC CON MEZCLAS DE NAFTA Y COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

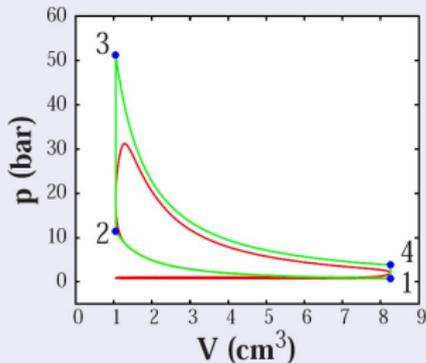


INTRODUCCIÓN

En esta clase se presentan diferentes aplicaciones relacionadas con la simulación numérica.

- Mejora de los modelos teóricos.
- Optimización de parámetros de diseño y operación utilizando herramientas de TTF.
- Predicción de variabilidad cíclica
- Predicción de variabilidad cíclica con mezclas de nafta-etanol

MODELO TEÓRICO DE TTF



$$|W_{rev}| = |Q_{23}| - |Q_{41}| \quad (1)$$

$$= T_3 \left[C_{v,23} \left(1 - \tau r^{\gamma_{12}-1} \right) - C_{v,41} \left(r^{1-\gamma_{34}} - \tau \right) \right]$$

$$\eta = \frac{|W_{rev}|}{|Q_{23}|} = 1 - \frac{C_{v,41} \left(r^{1-\gamma_{34}} - \tau \right)}{C_{v,23} \left(r^{1-\gamma_{12}} - \tau \right)} r^{1-\gamma_{12}} \quad (2)$$

FUENTES DE IRREVERSIBILIDAD

- Irreversibilidades internas
- Pérdidas de calor
- Pérdidas por fricción

Angulo-Brown y otros (1994, 1996, 1999), Calvo Hernández y otros (1995, 1996, 1998) y Curto-Risso y otros (2008, 2009)



CONSIDERANDO IRREVERSIBILIDADES

TRABAJO IRREVERSIBLE

$$|W| = |W_I| - |W_{\text{fric}}| - |W_Q| \quad (3)$$

TRABAJO CON IRREVERSIBILIDADES INTERNAS ($I_R \frac{|Q_H|}{T_H} - \frac{|Q_C|}{T_C} = 0$)

$$|W_I| = T_3 \left[\bar{C}_{v,23} \left(1 - \tau r^{\bar{\gamma}_{u,12} - 1} \right) - I_R \bar{C}_{v,41} \left(r^{1 - \bar{\gamma}_{b,34}} - \tau \right) \right] \quad (4)$$

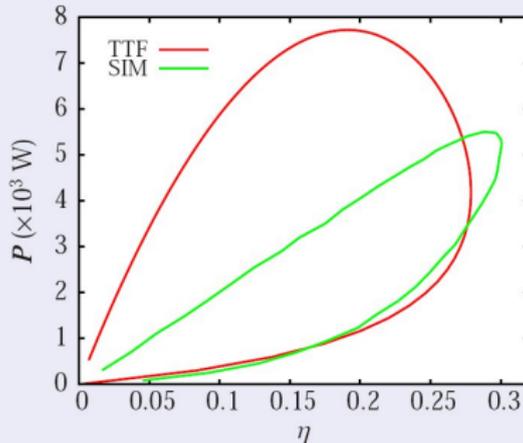
PÉRDIDA DE TRABAJO DEBIDA A LA TRANSFERENCIA DE CALOR

$$|W_Q| = \frac{\pi \varepsilon h B t T_3}{16} \left[B + \frac{V_0}{A_p} (1 + r) \right] (1 + r^{1 - \gamma} - 2\tau_p) \quad (5)$$

PÉRDIDA DE TRABAJO DEBIDA A LA FUERZA DE ROZAMIENTO ($\xi_1 = \xi_1(\varphi)$)

$$|W_{\text{fric}}| = \frac{a \mu \omega V_0 (r - 1)}{2 A_p} \int_0^{4\pi} \xi_1^2 d\varphi \quad (6)$$

RESULTADOS TEÓRICOS Y SIMULADOS



CÁLCULO DE P Y η

$$P = |W|/t_{\text{ciclo}} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{|W|}{\bar{C}_{v,23} T_3 (1 - \tau r^{\gamma_{u,12} - 1})} \quad (8)$$

- T_3 en la simulación se calcula a partir de la temperatura de llama, mediante una compresión adiabática de los gases desde una temperatura T_1 (T en el pmi). T_3 en la TTF es dato.
- El trabajo $|W|$ en la simulación se calcula integrando en el ciclo: pdV y $F_{\text{fric}}/A_p dV$. En TTF es el trabajo irreversible

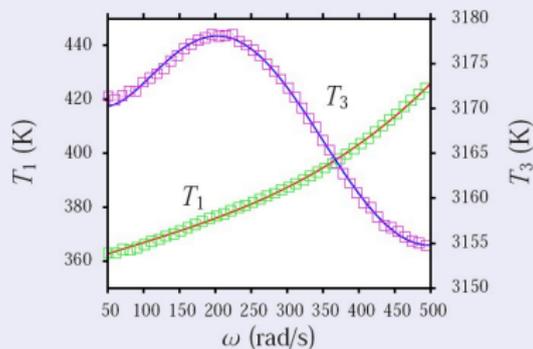
¿Qué parámetros se pueden modificar en TTF para reproducir los resultados de la simulación?



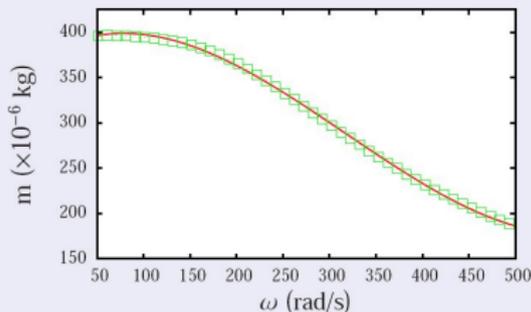
TEMPERATURAS Y MASAS

Ajuste polinómico sobre los resultados de la simulación

TEMPERATURAS



MASA



T_1 varía aproximadamente un 20 %, T_3 varía aproximadamente un 7 % y el máximo valor de m representa casi dos veces la masa a la máxima velocidad



PARÁMETROS DE IRREVERSIBILIDAD

Estimamos los parametros de irreversibilidad I_R y ε .

$$|W_I| = T_3(\zeta_1 - I_R \zeta_2)$$

donde,

$$\zeta_1 = \bar{C}_{v,23} (1 - \tau r^{\bar{\gamma}_{u,12} - 1})$$

$$\zeta_2 = \bar{C}_{v,41} (r^{1 - \bar{\gamma}_{b,34}} - \tau)$$

Por lo tanto, es posible escribir I_R como:

$$I_R = \frac{\zeta_1}{\zeta_2} - \frac{|W_I|}{|W_{\text{rev}}|} \frac{\zeta_1 - \zeta_2}{\zeta_2}$$

que será dependiente de ω debido a que las temperaturas y ζ_1 y ζ_2 son funciones de la velocidad de giro del motor. $|W_I|$ se obtiene a partir de considerar que en la simulación no intervienen las pérdidas de calor ni las de fricción y $|W_{\text{rev}}|$ teniendo en cuenta además a la combustión como un proceso adiabático e isócoro.



PARÁMETROS DE IRREVERSIBILIDAD

El factor ε que relaciona la transferencia de calor a través de las paredes del cilindro, con las pérdidas de trabajo debidas a ésta, se puede calcular despejándolo de

$$\varepsilon = \frac{|W_Q|}{|Q_P|}$$

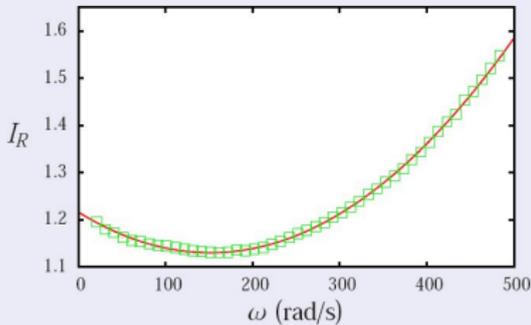
$$|W_Q| = |W_I| - |W_{\text{fric}}| - |W|$$

donde $|W_I|$ es el mismo utilizado para el cálculo de I_R . De esta forma ε será función de ω , dado que $|W_Q|$, T_3 y τ lo son.

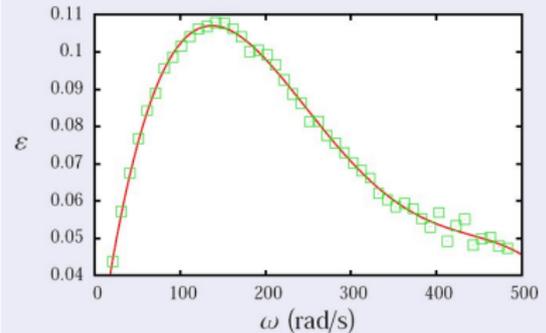
PARÁMETROS DE IRREVERSIBILIDAD

Ajuste polinómico sobre los resultados de la simulación

IRREVERSIBILIDAD INTERNA



FACTOR DE IRR. ASOCIADO A LA TRANSFERENCIA DE CALOR

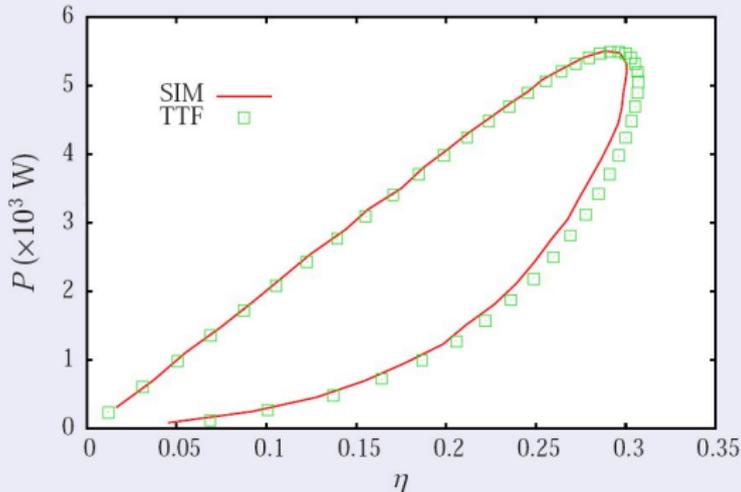


A moderadas velocidades ambos presentan un comportamiento parabólico con concavidad diferente, el máximo y el mínimo se encuentran a velocidades muy cercanas.



RESULTADOS CON AJUSTES POLINÓMICOS

COMPARACIÓN CON EL DIAGRAMA $P - \eta$ AJUSTADO



Se observa como el modelo teórico reproduce cuantitativamente los resultados de la simulación.



OPTIMIZACIÓN MEDIANTE HERRAMIENTAS DE TTF

A los resultados de simulación le aplicaremos las técnicas usuales de TTF con el objetivo de obtener valores óptimos

En las máquinas de potencia variable, el criterio de optimización difiere de los utilizados habitualmente en TTF.

CRITERIO DE OPTIMIZACIÓN

En este trabajo consideramos como criterio de optimización el *valor de rendimiento más alto alcanzable para cada nivel de potencia en que se trabaja*

De todos los parámetros susceptibles de analizar para optimizar el motor, mencionaremos los más significativos:

RESULTADOS MÁS DESTACADOS

Parámetros de diseño

- Relación carrera-diámetro (R_{sb})

Parámetros de operación

- Avance del encendido (φ_0)
- Fuel ratio (ϕ)



RELACIÓN CARRERA-DIÁMETRO

La relación carrera-diámetro es el cociente entre la carrera del pistón, $2a$, y su diámetro, B : $R_{sb} = 2a/B$

Cambiamos la relación entre a y B manteniendo constante el máximo valor de la cámara, V_{cyl} , y la relación de compresión, r , a través de las siguientes ecuaciones:

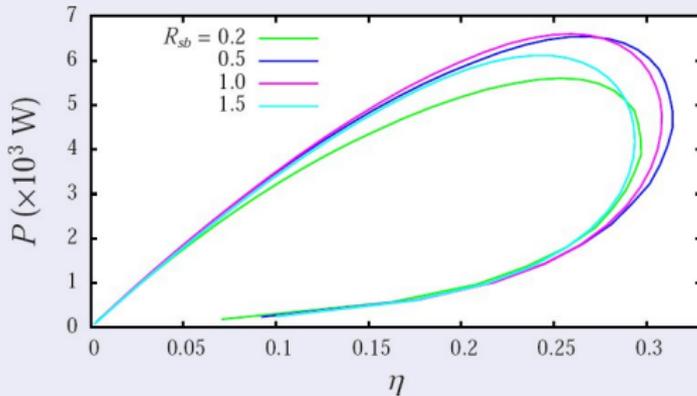
$$B = \left[\frac{4(r-1)V_{cyl}}{\pi r R_{sb}} \right]^{1/3} \quad (9)$$

$$a = \left[\frac{(r-1)V_{cyl}}{2\pi r} \right]^{1/3} R_{sb}^{2/3} \quad (10)$$

RELACIÓN CARRERA-DIÁMETRO

Graficamos los pares (P, η) obtenidos cuando cambiamos la velocidad, ω .

DIAGRAMA $P - \eta$



- Los valores extremos de R_{sb} presentan menores potencias y rendimientos para todo el intervalo de velocidades.
- Desde la curva interna a la externa el rendimiento máximo se incrementa en un 7 % y la potencia máxima en un 18 %.



RELACIÓN DE COMPRESIÓN

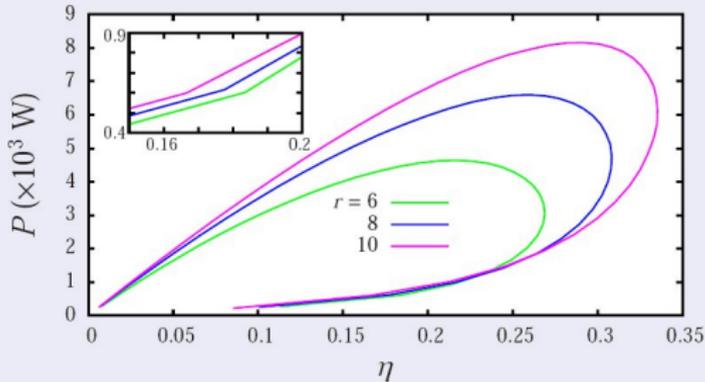
La relación de compresión, r , refleja la relación entre el máximo y el mínimo volumen de la cámara de combustión.

Nuevamente, cambiamos r manteniendo constante R_{sb} y V_{cyl} utilizando las ecuaciones (9) y (10)



RELACIÓN DE COMPRESIÓN

DIAGRAMA $P - \eta$



- Como es de esperar, tanto la potencia como el rendimiento crecen con r . De $r = 6$ a 10 la potencia máxima crece un 76 % y el rendimiento máximo 25 %.
- Con altos r se obtienen mejores resultados, el límite es la autoignición.
- A bajos ω , pequeños r muestran mejores resultados.



PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

De todos los parámetros susceptibles de analizar para optimizar el motor, mencionaremos los más significativos:

RESULTADOS MÁS DESTACADOS

- Avance del encendido (φ_0)
- Razón de equivalencia de combustible y aire (ϕ)

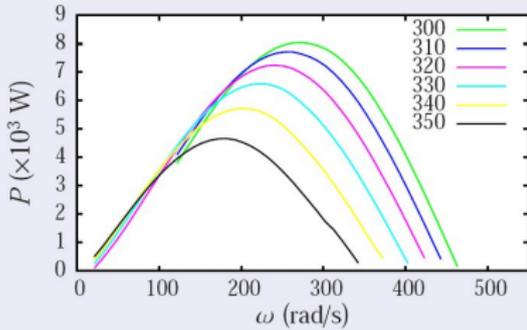


AVANCE DEL ENCENDIDO

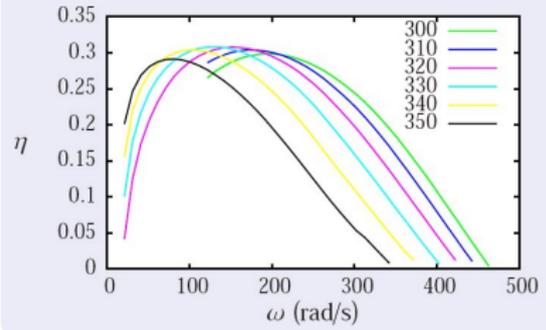
Avance del encendido: ángulo en que se produce la chispa en la bujía (inicio de la combustión).

Evolución de la potencia y el rendimiento para diferentes ángulos de ignición

POTENCIA



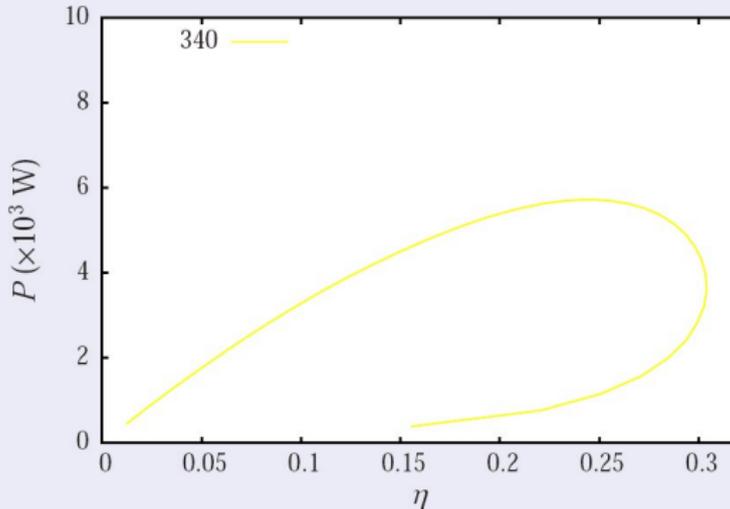
RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

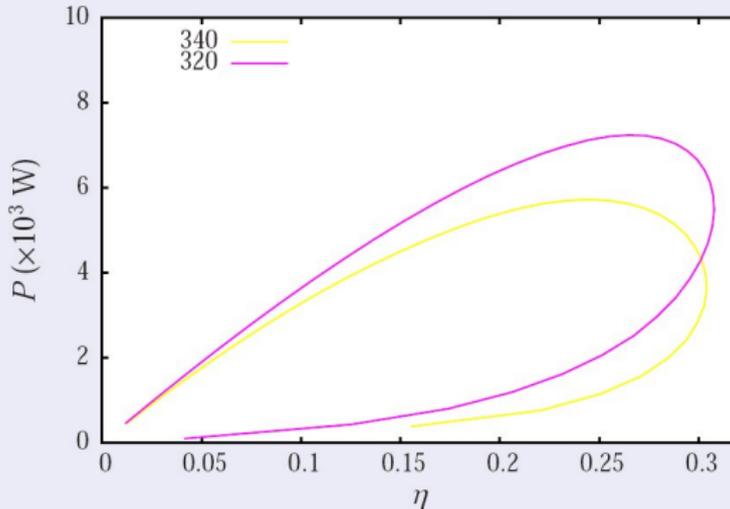
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

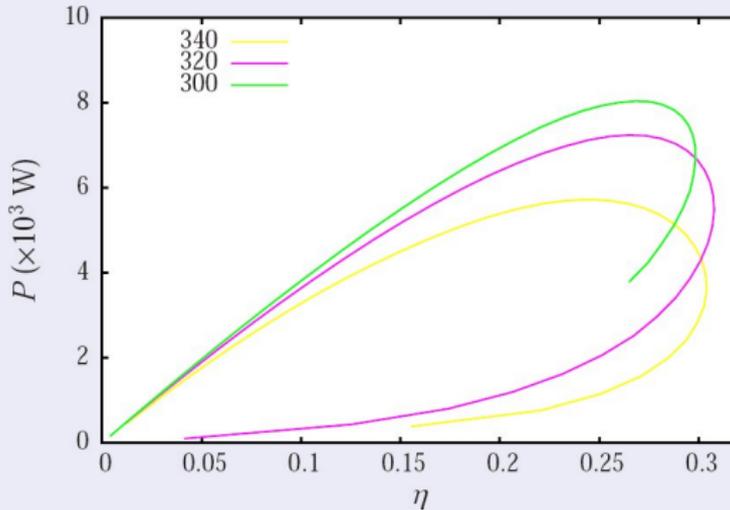
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

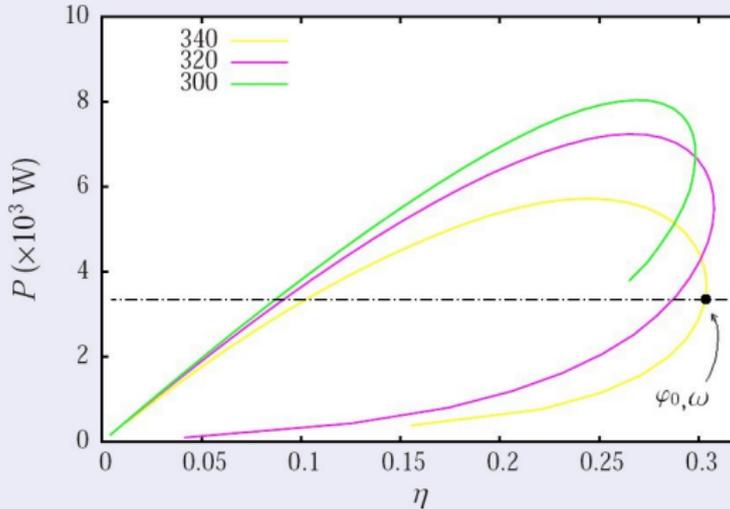
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





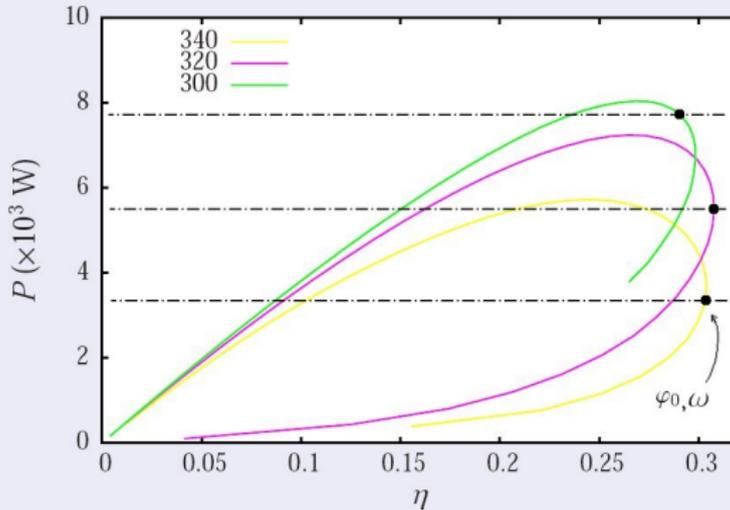
DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO



DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

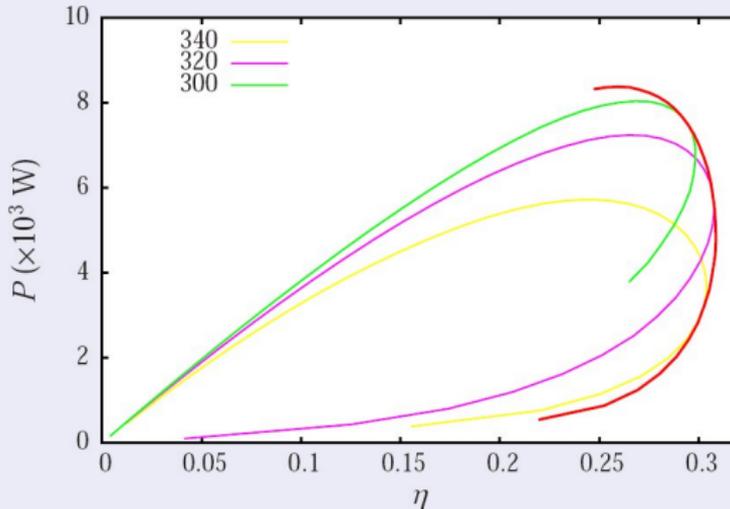
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

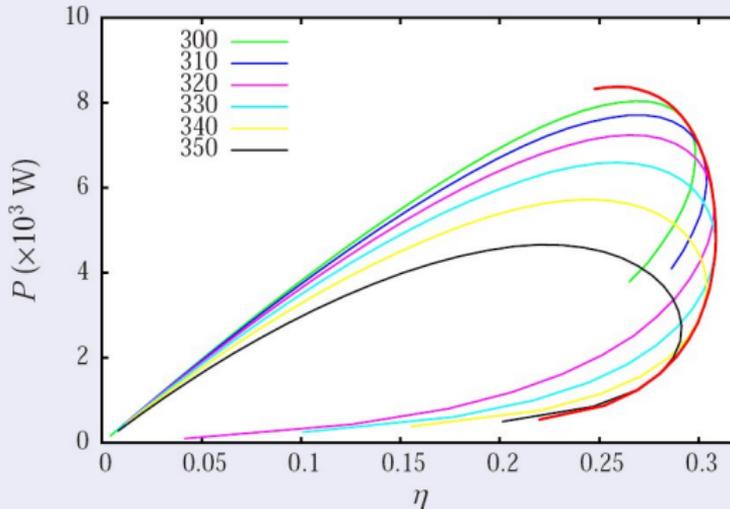
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL AVANCE DE ENCENDIDO

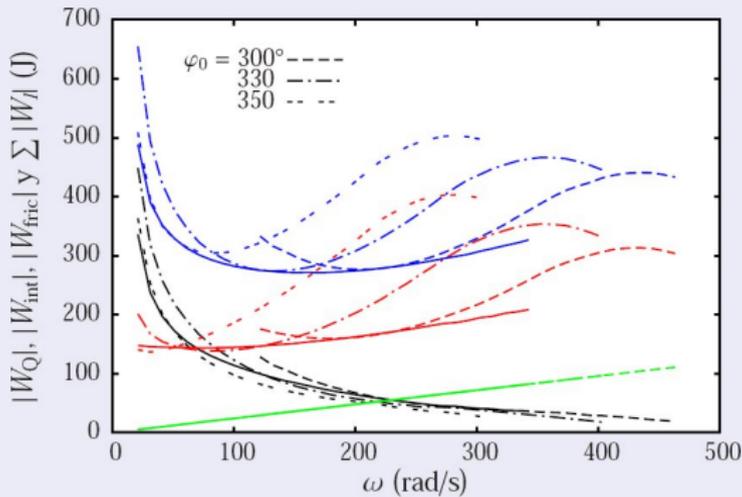
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





PÉRDIDAS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD

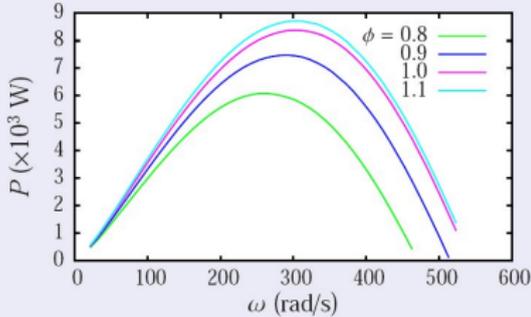
PÉRDIDAS DE TRABAJO SEGÚN LA IRREVERSIBILIDAD



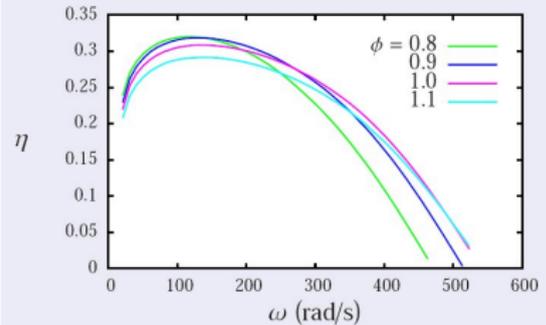
RAZÓN DE EQUIVALENCIA DE COMBUSTIBLE Y AIRE

¿Qué sucede cuándo no se aprecia claramente un óptimo en la potencia o el rendimiento?

POTENCIA



RENDIMIENTO

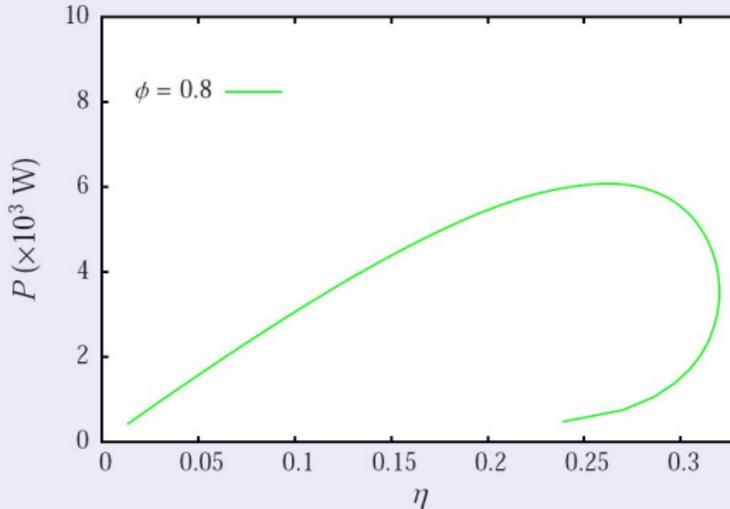


Veamos qué sucede en el diagrama $P - \eta$



DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL *fuel ratio*

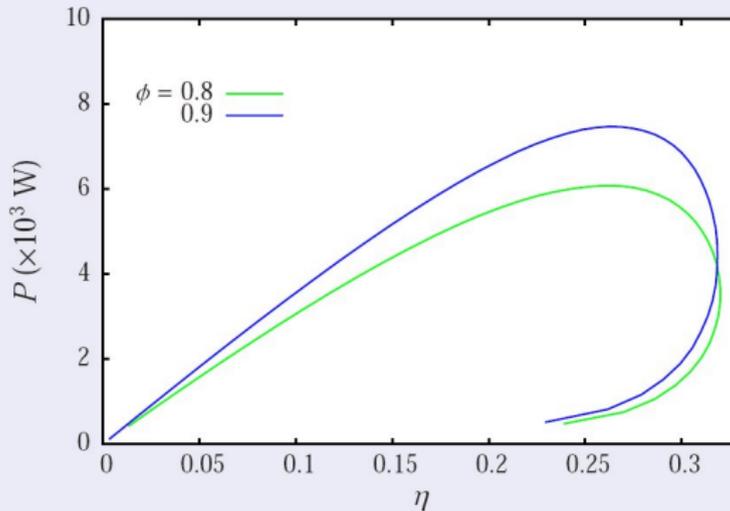
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL *fuel ratio*

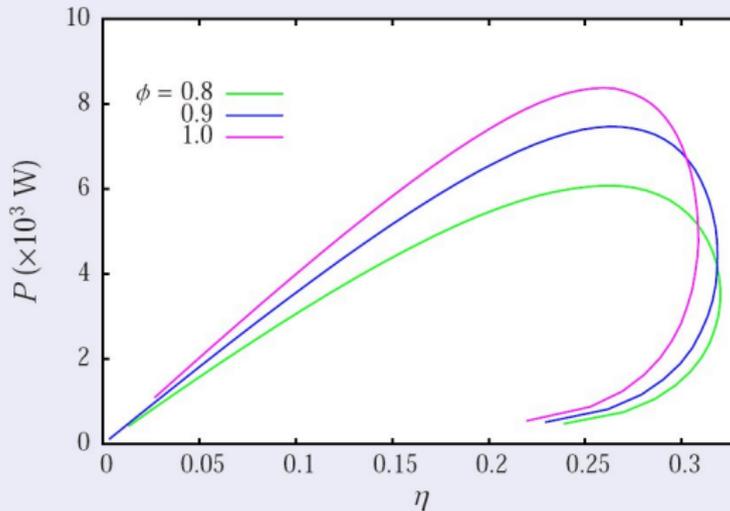
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL *fuel ratio*

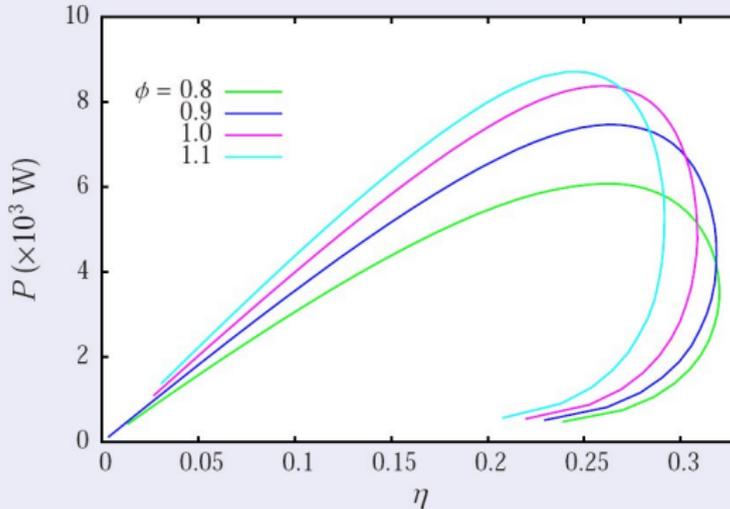
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





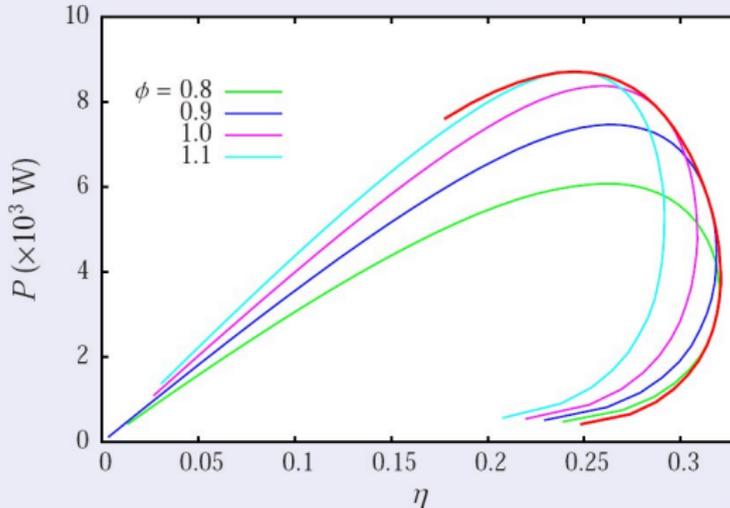
DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL *fuel ratio*

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO



DIAGRAMAS $P - \eta$ PARA EL *fuel ratio*

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO

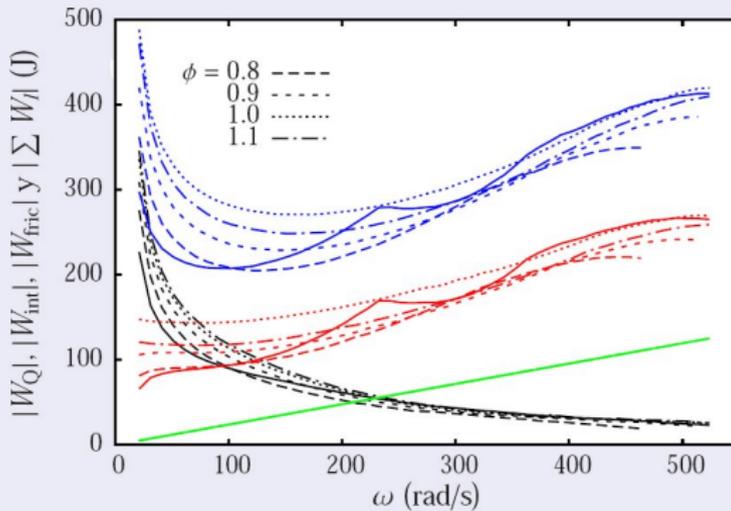


Queda claro que es el diagrama $P - \eta$ una herramienta general que permite aplicar el criterio de optimización mencionado



PÉRDIDAS DE TRABAJO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD

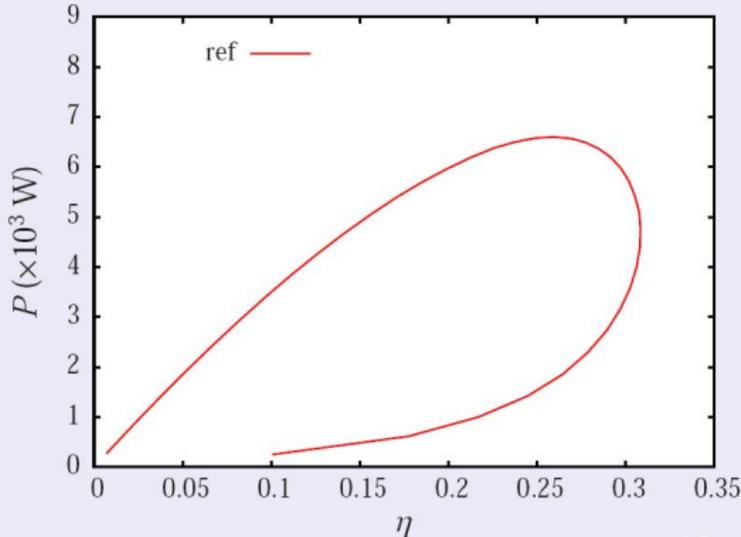
PÉRDIDAS DE TRABAJO SEGÚN LA IRREVERSIBILIDAD





PASOS DE OPTIMIZACIÓN

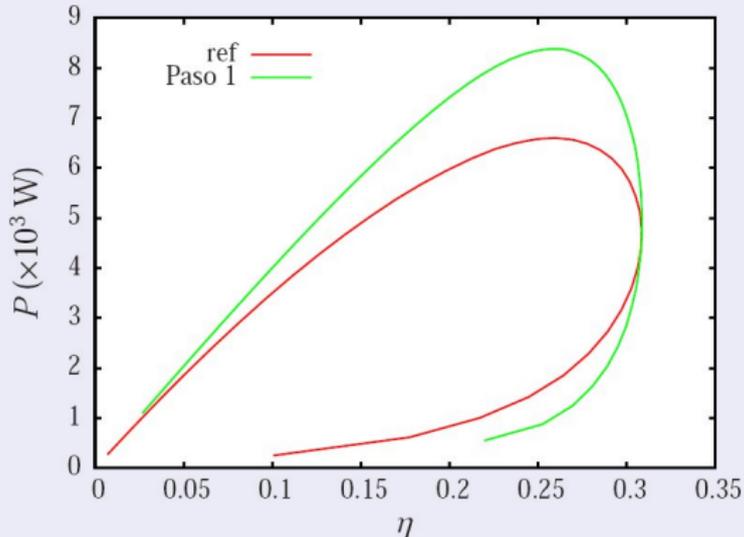
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





PASOS DE OPTIMIZACIÓN

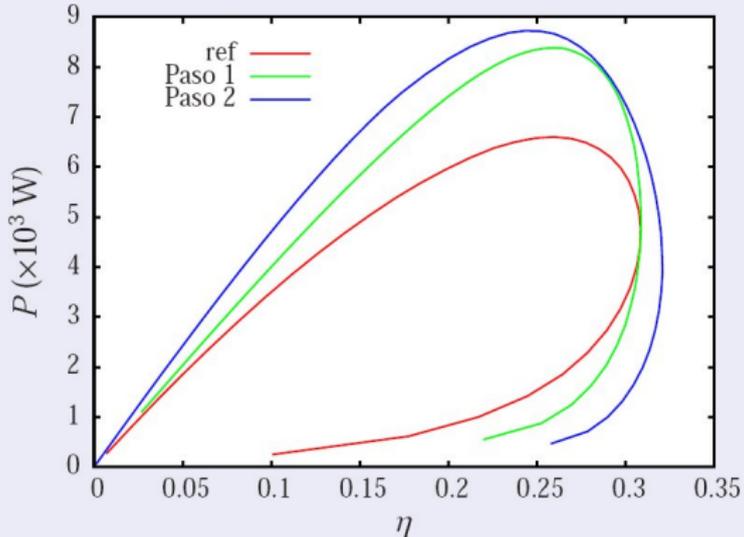
EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





PASOS DE OPTIMIZACIÓN

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





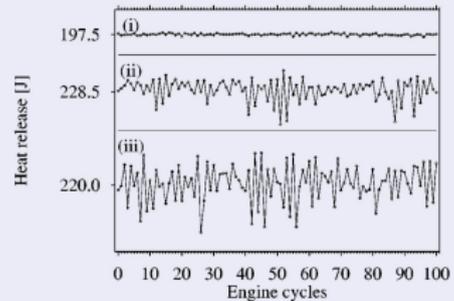
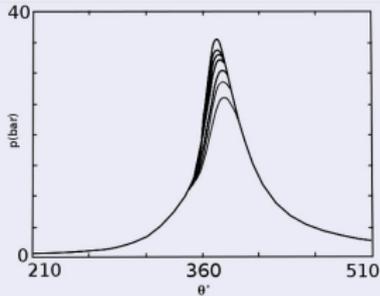
VARIABILIDAD CICLO A CICLO

Con la base del modelo determinista presentado anteriormente intentaremos reproducir y explicar la variabilidad ciclo a ciclo (VCC), observada en los motores de combustión interna.

PROCEDIMIENTO

Identificaremos las principales causas de la variabilidad y ajustaremos los parámetros necesarios para que el modelo reproduzca los resultados experimentales

VARIABILIDAD, RESULTADOS EXPERIMENTALES



POSIBLES CAUSAS DE LA VARIACIÓN CICLO A CICLO

- Movimiento turbulento del gas
- Variación en la composición de la mezcla de gases
- Variación en la carga de combustible en cada ciclo
- No homogeneidad en la mezcla
- Características en la descarga de la chispa

(a) John B. Heywood (1988) (b) C.S. Daw, 1998, Physical Review E (57) 3



CALOR LIBERADO

Utilizamos el calor liberado Q_r como variable de interés

CALOR LIBERADO

Se calcula el calor liberado a partir del primer principio de la termodinámica:

$$\delta Q_r = dU + \delta W + \delta Q_l \quad (11)$$

$$U = m_u c_{v,u} T_u + m_b c_{v,b} T_b$$

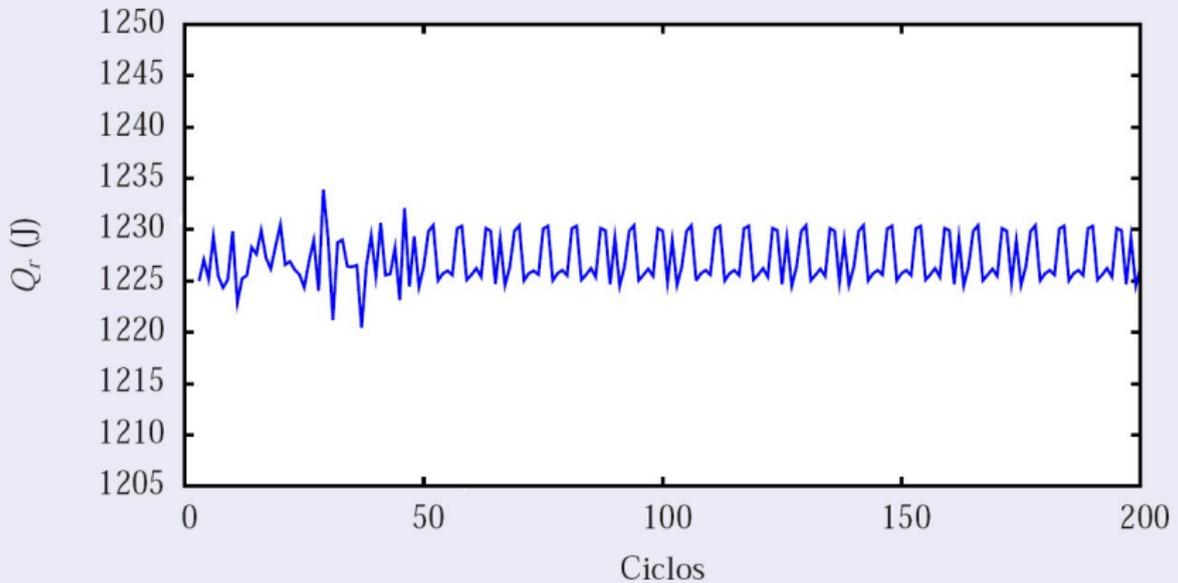
$$\delta W = p dV$$

$$\delta Q_l = \delta Q_{l,u} + \delta Q_{l,b}$$



SERIE TEMPORAL DEL CALOR LIBERADO

CALOR LIBERADO, Q_r , DETERMINISTA



Tomando la geometría y los parámetros de funcionamiento de Beretta (1983), para una velocidad fija de 109 rad/s.



MODELO ESTOCÁSTICO

PROCEDIMIENTO

Se analizan tres parámetros básicos de la combustión que varían ciclo a ciclo:

- longitud característica, l_t .
- velocidad característica, u_t .
- posición del centro del frente de llama con respecto al eje del cilindro, R_c .

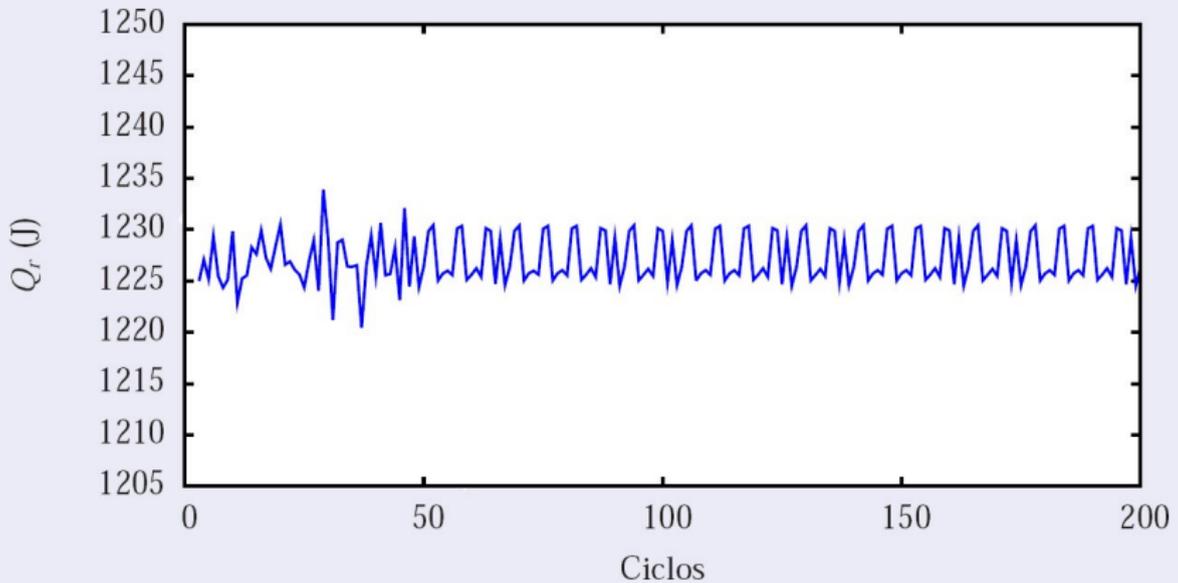
AJUSTE

Hemos ajustado los resultados experimentales de Beretta (1983) para l_t , considerándola como una variable aleatoria con una distribución de probabilidades *log-normal*, $\text{LogN}(\mu_{\log l_t}, \sigma_{\log l_t})$.



SERIE TEMPORAL DEL CALOR LIBERADO

CALOR LIBERADO, Q_r , DETERMINISTA

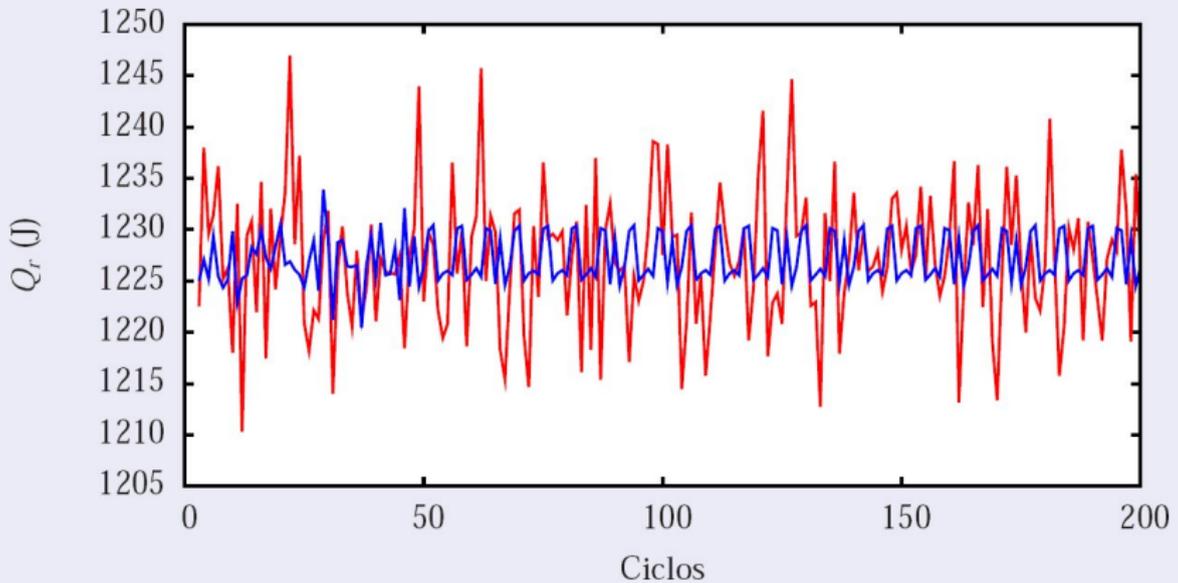


Tomando la geometría y los parámetros de funcionamiento de Beretta (1983), para una velocidad fija de 109 rad/s.



SERIE TEMPORAL DEL CALOR LIBERADO

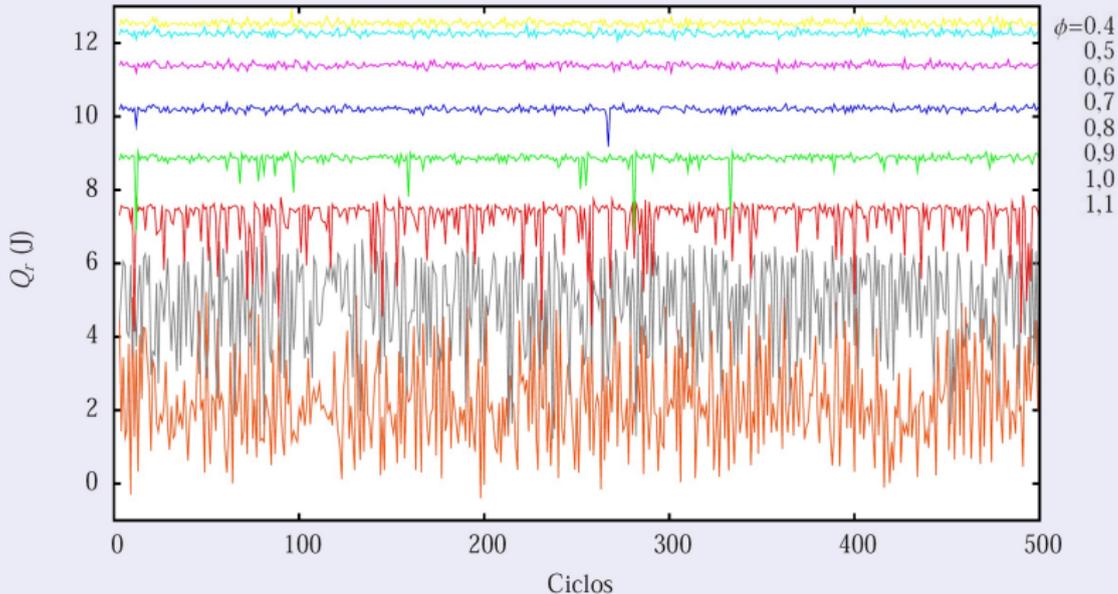
CALOR LIBERADO, Q_r , DETERMINISTA Y ESTOCÁSTICO





SERIES TEMPORALES DEL CALOR LIBERADO

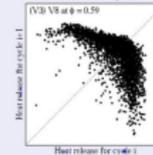
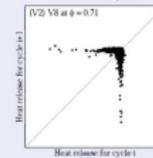
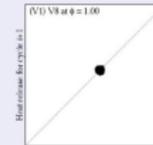
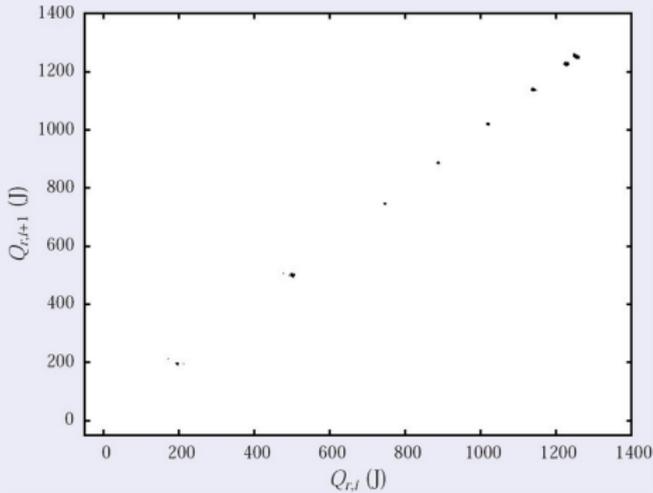
EVOLUCIÓN DE Q_r PARA DIFERENTES ϕ





MAPA DE RETORNO

MAPA DE RETORNO PARA EL CALOR LIBERADO



MAPA DE RETORNO

MAPA DE RETORNO PARA EL CALOR LIBERADO

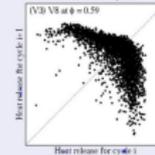
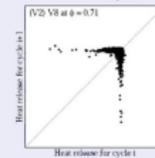
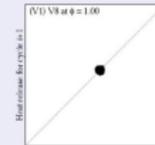
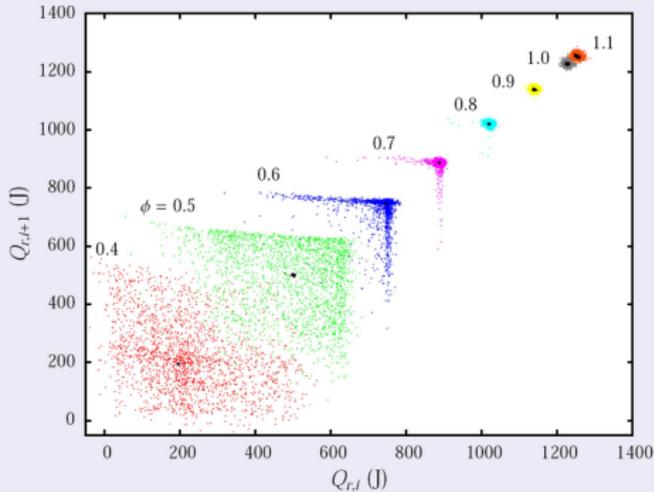




DIAGRAMA DE BIFURCACIÓN

DIAGRAMA DE BIFURCACIÓN DETERMINISTA

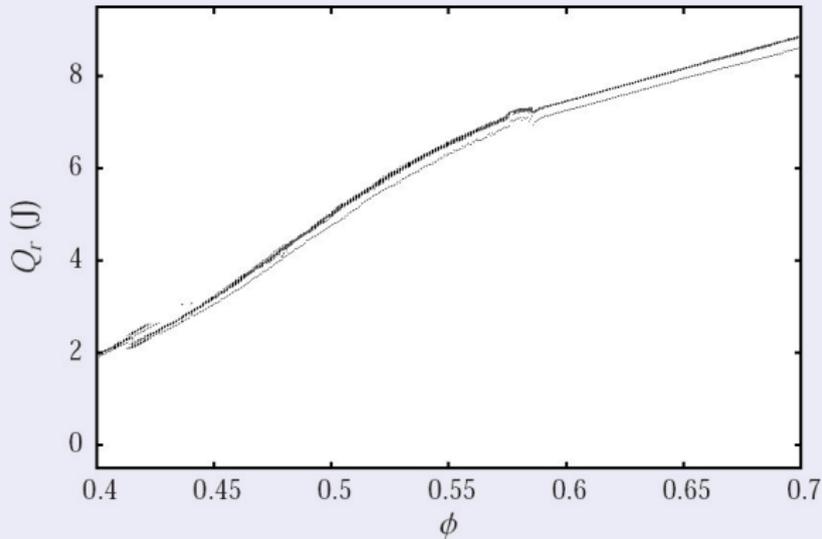




DIAGRAMA DE BIFURCACIÓN

DIAGRAMA DE BIFURCACIÓN DETERMINISTA Y ESTOCÁSTICO

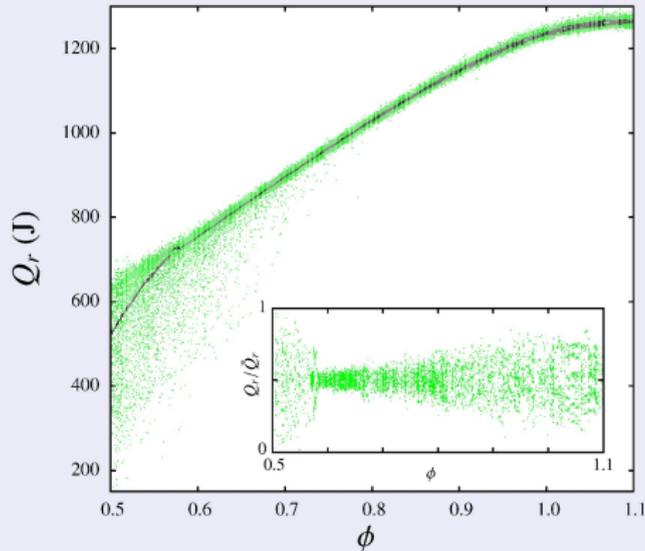
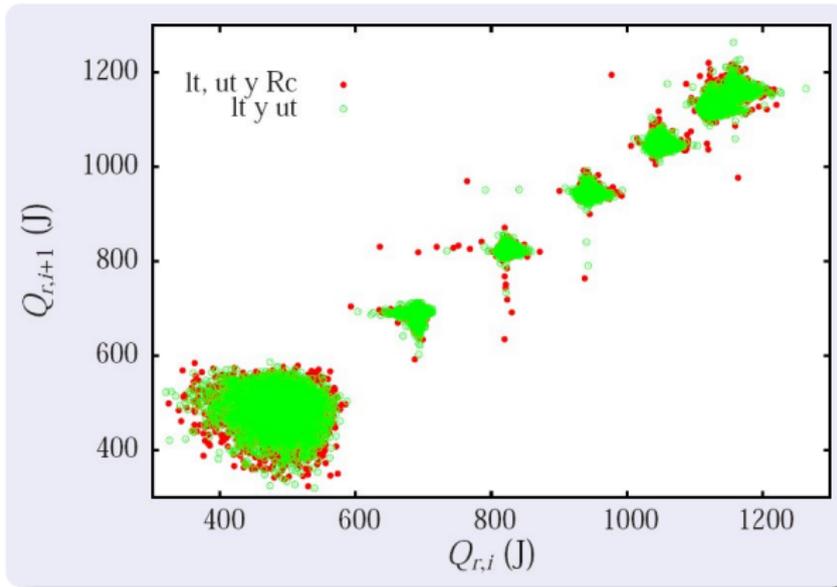


Figure 8:



MAPA DE RETORNO

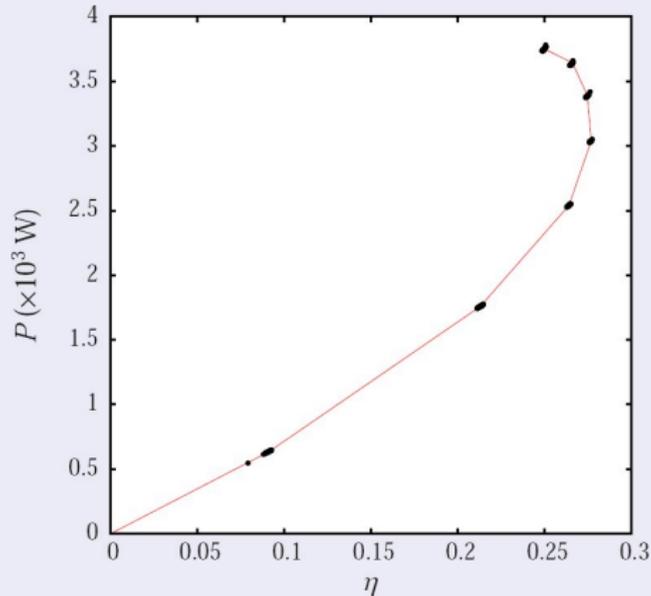
Mapa de retorno para el calor liberado considerando el efecto de l_t , u_t y R_c independientes y su comparación cuando se considera únicamente l_t y u_t .





CONSIDERACIONES DE VCC EN LA OPTIMIZACIÓN

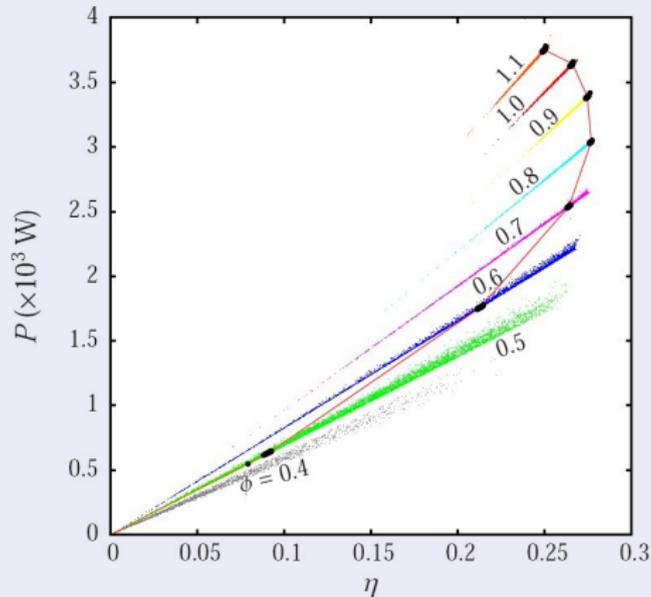
EFFECTO EN LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





CONSIDERACIONES DE VCC EN LA OPTIMIZACIÓN

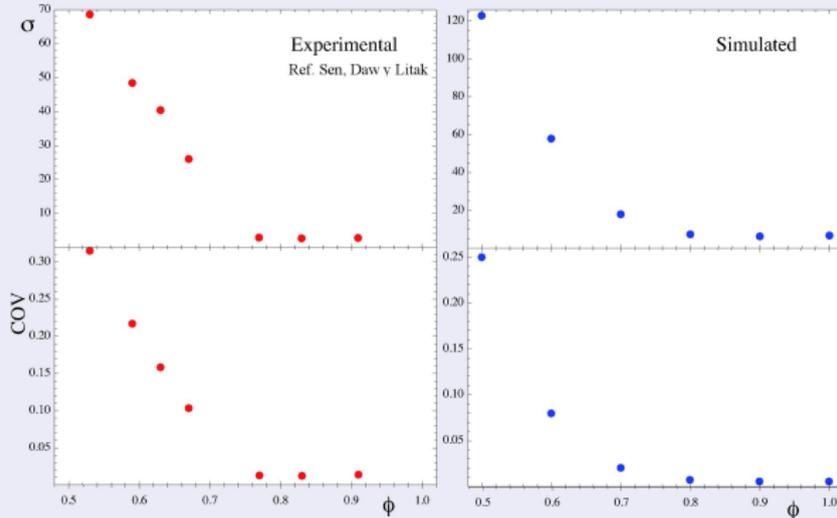
EFEECTO EN LA POTENCIA Y EL RENDIMIENTO





DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABILIDAD

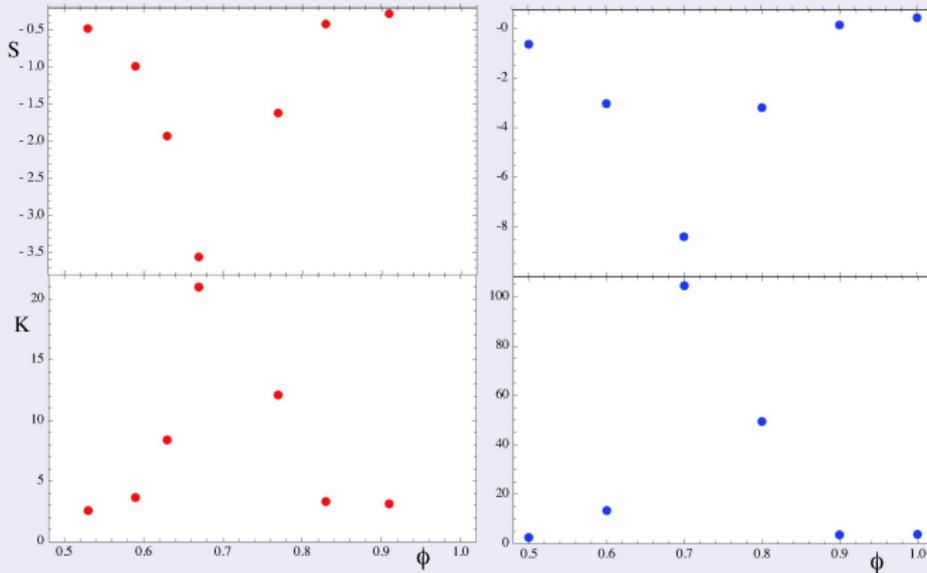
DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN





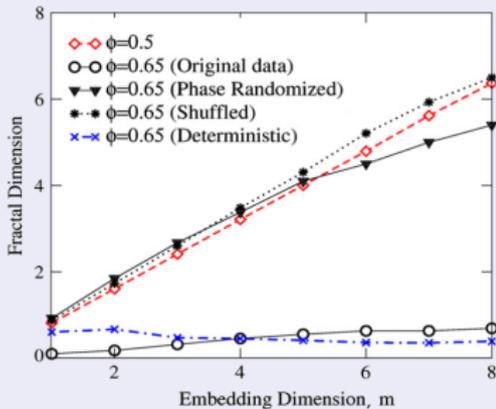
DATOS ESTADÍSTICOS DE LA VARIABILIDAD

SKEWNESS Y KURTOSIS



RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

DIMENSIÓN DE CORRELACIÓN



DIMENSIÓN DE CORRELACIÓN

Análisis de la dimensionalidad de las señales mediante la **dimensión de correlación**.

Esta medida cuantifica las propiedades de auto similaridad de una secuencia de datos. Es una herramienta importante para discriminar entre una señal determinista y una señal de ruido.

$$d(\epsilon) = \frac{d \log [C(\epsilon, m)]}{d \log [\epsilon]}$$

$$C(\epsilon, m) = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \Theta(\epsilon - \|x_i - x_j\|)$$

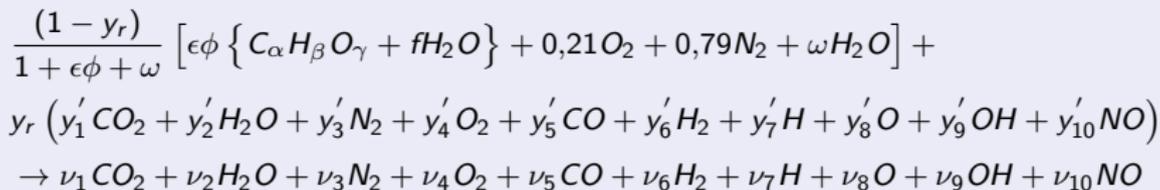


MEZCLAS DE NAFTA-ETANOL

Cuando hay una mezcla de nafta y etanol, cambia tanto la reacción de combustión, como la riqueza de combustible para los mismos flujos.

En la reacción química se considera como combustible la mezcla de iso-octano, C_8H_{18} , y etanol, C_2H_5OH y comburente al aire de entrada. Esta se puede expresar genéricamente como un combustible $C_\alpha H_\beta O_\gamma$.

REACCIÓN CON MEZCLA DE NAFTA Y ETANOL



El agua proveniente del aire y del etanol se representa mediante los parámetros ω y f respectivamente.



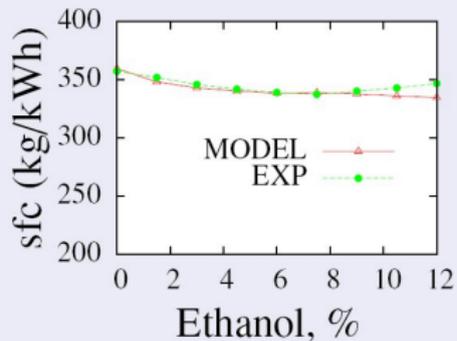
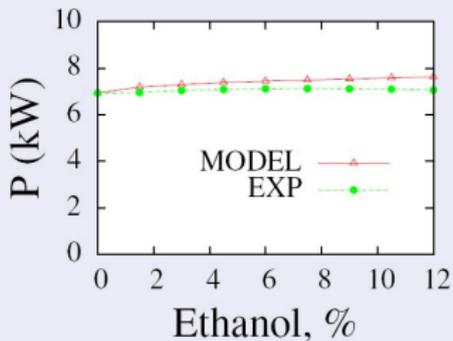
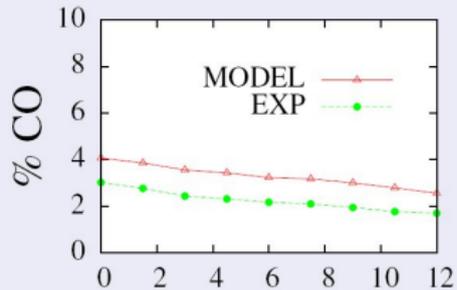
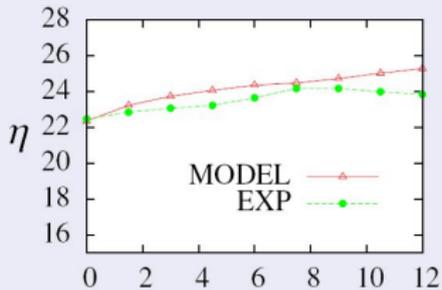
VALIDACIÓN DEL MODELO CON ETANOL

Para validar el modelo se consideran los resultados experimentales de Bayraktar[†]. Se comparan cuatro parámetros significativos del sistema:

- Rendimiento.
- Potencia.
- Consumo específico de combustible.
- Porcentaje de CO_2 liberado.

[†]H. Bayraktar. Experimental and theoretical investigation of using gasoline-ethanol blends in spark ignition engines. Renew. Energy 2005; 30:1733-1747.

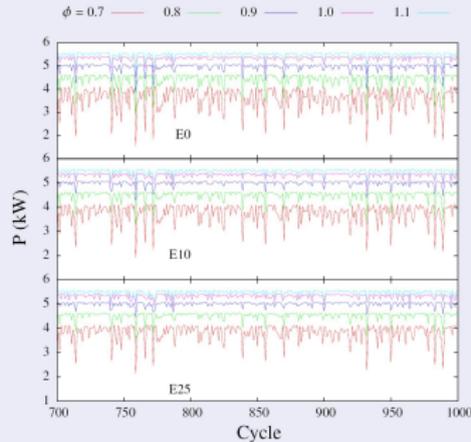
COMPARACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO CON RESULTADOS EXPERIMENTALES.





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

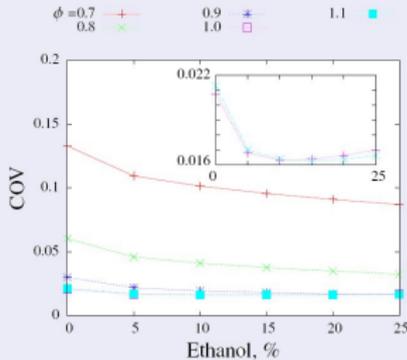
VARIACIÓN DE LA POTENCIA PARA LOS PRIMEROS 1000 CICLOS



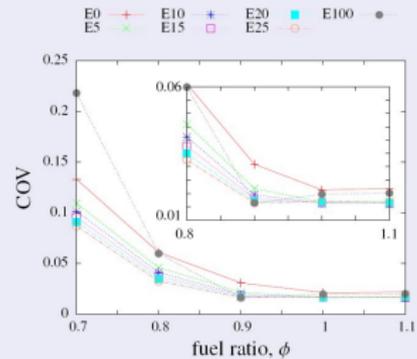


RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

COEFICIENTE DE VARIACIÓN VS %Etanol



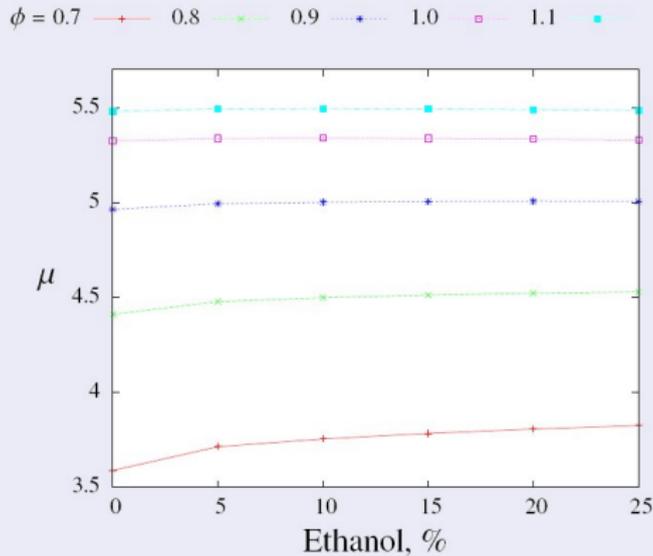
COEFICIENTE DE VARIACIÓN VS ϕ





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

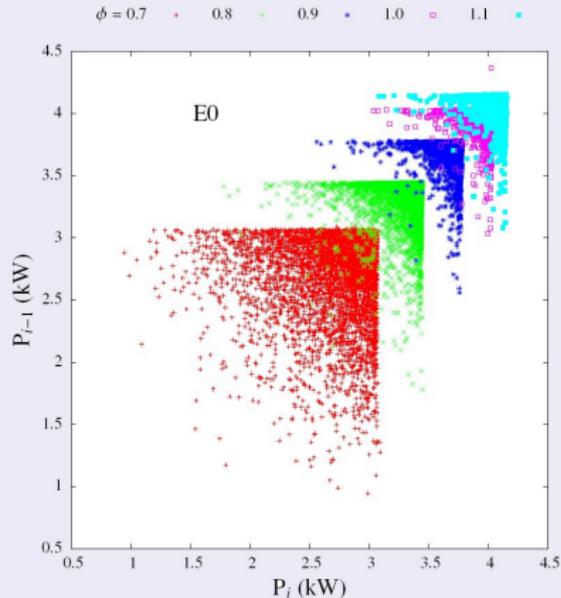
PROMEDIO DE LA POTENCIA VS %Etanol





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

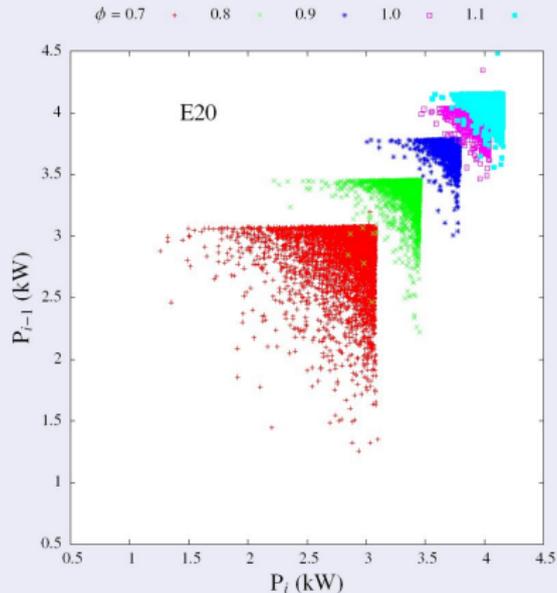
DIAGRAMA DE RETORNO PARA 0% Etanol





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

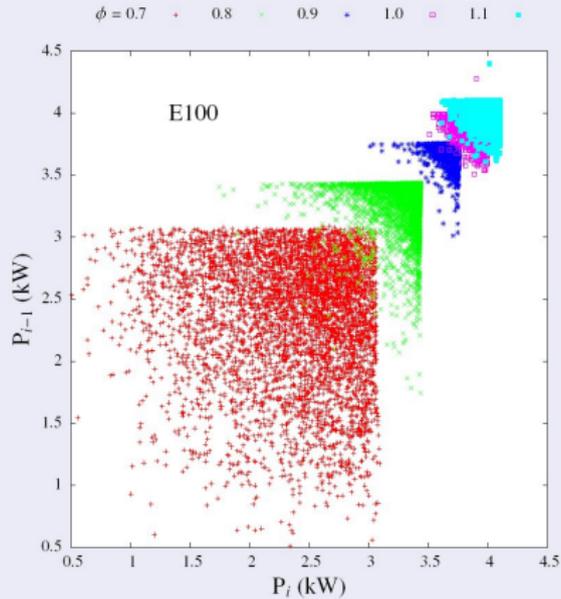
DIAGRAMA DE RETORNO PARA 20%*Etanol*





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

DIAGRAMA DE RETORNO PARA 100% *Etanol*



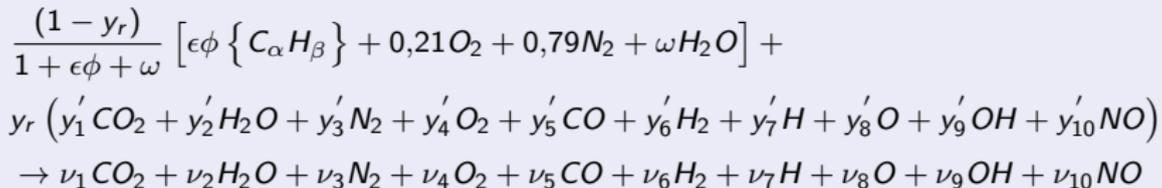


MEZCLAS DE NAFTA-HIDRÓGENO

Cuando hay una mezcla de nafta e hidrógeno, cambia tanto la reacción de combustión, como la riqueza de combustible para los mismos flujos.

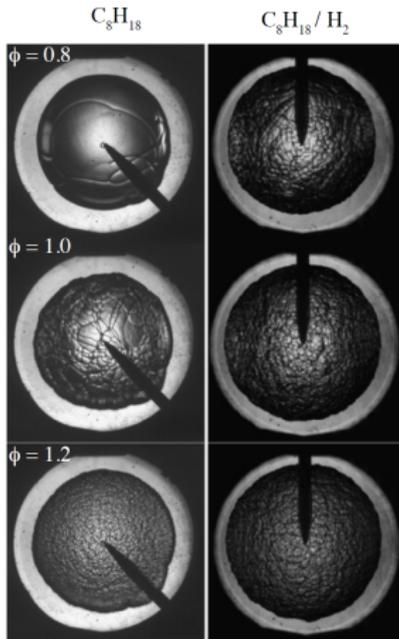
En la reacción química se considera como combustible la mezcla de iso-octano, C_8H_{18} , e hidrógeno, H_2 y comburente al aire de entrada. Esta se puede expresar genéricamente como un combustible $C_\alpha H_\beta$.

REACCIÓN CON MEZCLA DE NAFTA E HIDRÓGENO



El agua proveniente del aire se representa mediante el parámetro ω .

RUGOSIDAD EN EL FRENTE DE LLAMA DE LA COMBUSTIÓN DE ISOCTANO-HIDRÓGENO



Schlieren images of laminar flames at 60 mm
Mandilas *et al.*, Proc. Comb. Inst. (2007) 31 1443

Debido a la elevada difusividad térmica y másica del hidrógeno, la adición de éste al combustible provoca una reducción del espesor del frente de llama, dejándolo altamente sensible a la turbulencia local (se vé más "arrugado").

En el modelo se puede considerar el efecto en la rugosidad del frente de llama, corrigiendo su área, A_f , mediante la un factor, F_w , que ajuste la diferencia entre una llama esférica de superficie suave y otra arrugada:

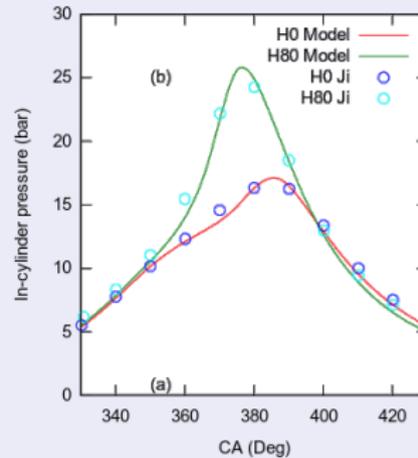
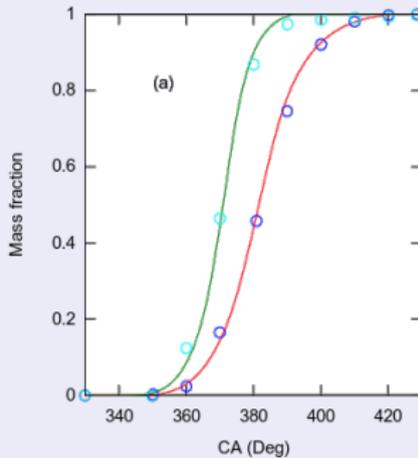
$$F_w = 0,41737 y_{H_2} + 1$$

F_w se obtiene mediante un ajuste con simulaciones CFD.

y_{H_2} : La fracción de hidrógeno en el combustible por unidad volumen

VALIDACIÓN DE LA SIMULACIÓN

COMPARACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO CON RESULTADOS EXPERIMENTALES.

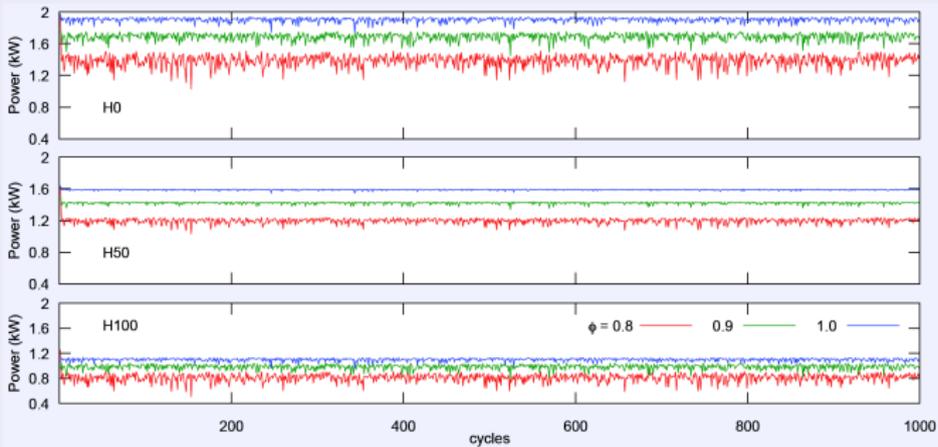


Círculos: Resultados experimentales de Ji *et al.*, Int. J. Hydrogen Energ. (2009) 34, 7823.



RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

VARIACIÓN DE LA POTENCIA PARA LOS PRIMEROS 1000 CICLOS



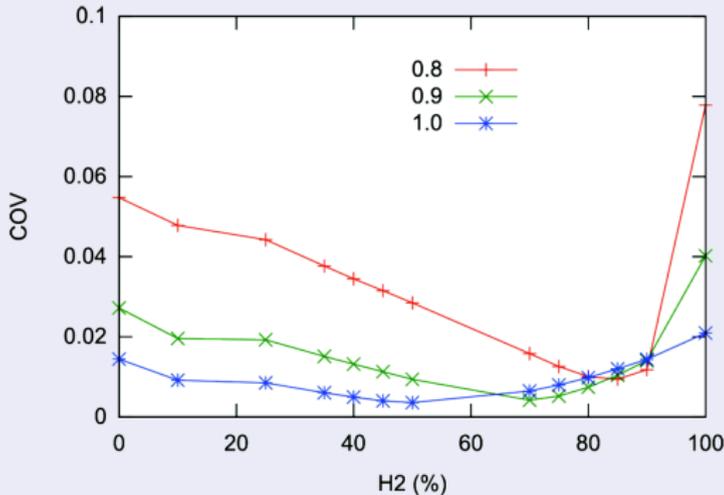
It se obtiene mediante la comparación del COV obtenido en el modelo y el obtenido, para H0 y H80, por Wang et al., *Int. J. Hydrogen Energ.* (2011) 37, 1119.

Por más detalles ver: P.L. Curto-Risso et al., *Appl. Energy* (2011) 88 1557.



RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

COEFICIENTE DE VARIACIÓN VS %H₂

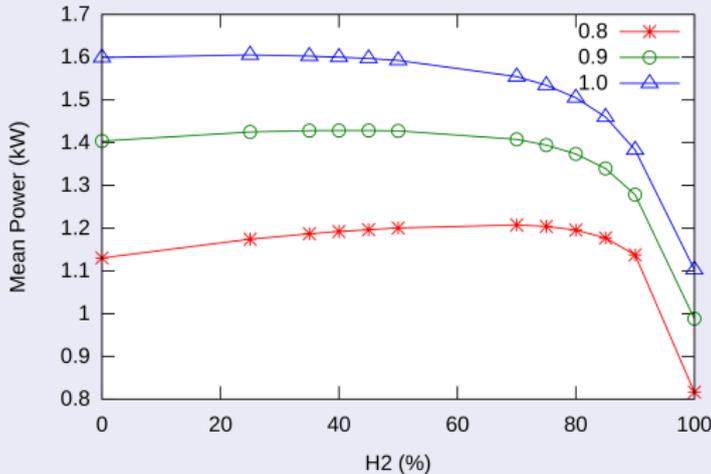


Para cualquier valor de ϕ , el COV presenta un mínimo, que se desplaza hacia los valores de H_2 mayores a medida que la riqueza se empobrece.



RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

PROMEDIO DE LA POTENCIA VS %H₂

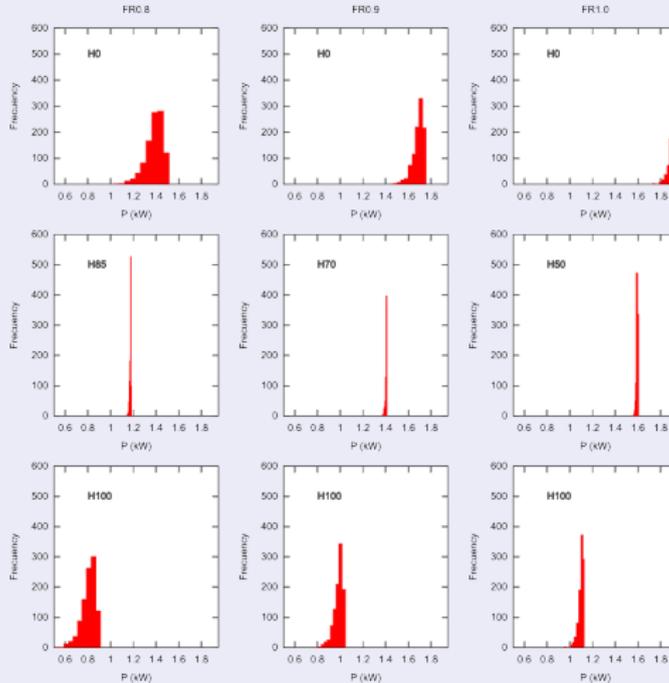


La densidad energética del hidrógeno en base molar es mucho menor que la gasolina, por lo tanto el hidrógeno puro alcanza menores valores de potencia.

Utilizar pequeñas cantidades de hidrógeno en la mezcla de combustible, permite alcanzar buenos resultados, sin comprometer la potencia.



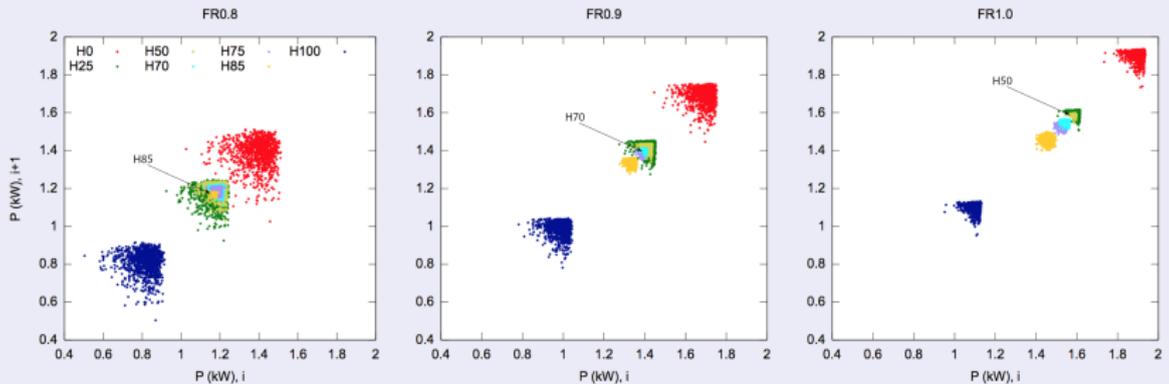
HISTOGRAMA DE LAS SERIES TEMPORALES





RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

DIAGRAMA DE RETORNO PARA MEZCLAS DE GASOLINA - H_2





FIN