

Anexo

MANUAL DE USUARIO

El código del programa está escrito en lenguaje FORTRAN 77/90. Para aplicar el software de simulación de motores de combustión interna alternativos es necesaria la compilación del código, la creación de un fichero ejecutable y la ejecución del mismo. La compilación se realiza desde una consola de un entorno de programación FORTRAN que genera el ejecutable y permite la ejecución.

Con la ejecución del programa se abre una ventana en entorno MS-DOS que muestra para que ángulo del cigüeñal se está realizando el cálculo. La finalización del cálculo conlleva la aparición de una ventana donde se visualizan los rendimientos volumétricos para cada cilindro y como media del conjunto del motor. La Figura A.1 muestra la ventana tras la ejecución del programa.

```

799.45
799.50
799.54
799.59
799.64
799.68
799.73
799.77
799.82
799.87
799.91
799.96
800.00

REND. VOL. CILINDRO 1 88.754%
REND. VOL. CILINDRO 2 78.460%
REND. VOL. CILINDRO 3 88.554%
REND. VOL. CILINDRO 4 95.740%
REND. VOL. TOTAL 87.877%

TINI(2)= 383.823700 PINI(2)= .972
TINI(3)= 403.110100 PINI(3)= 1.283
TINI(4)= 1334.268000 PINI(4)= 1.206
Stop - Program terminated.
Press any key to continue

```

FIGURA A.1

VENTANA DE FINALIZACIÓN DEL PROGRAMA

Datos de entrada

Las características y parámetros que definen el modelo de motor que se va a simular constituyen un archivo de texto con una extensión .DAT. El nombre de este fichero de datos deber ser igual al que aparece en el código para que pueda abrirse correctamente. Por defecto, la denominación del archivo de datos es "datoslw.DAT".

No todos los datos de entrada se introducen mediante este archivo ya que en el propio código es necesario especificar el valor de múltiples parámetros relativos a la combustión, métodos numéricos, etc que son por tanto bastante flexibles en su aplicación. No es obligatorio modificar estos reglajes ya que en el código tienen asignados valores de referencia perfectamente válidos.

En el caso de que queramos modelar los efectos de la sobrealimentación este fichero de datos se debe acompañar de otros dos ficheros de texto, de extensiones TXT que contienen la información necesaria para caracterizar las turbomáquinas implicadas. Por defecto estos ficheros se denominan “charcomp.TXT” y “charturb.TXT”.

A continuación se describe el contenido y significado de los datos que se introducen con el fichero DAT:

Los datos de entrada se pueden dividir en los siguientes grupos:

1. Condiciones iniciales y geometría del motor.

- PRI presión inicial conductos de escape
- PCR estimación inicial de la presión en el cilindro en el momento de la apertura de la válvula de escape
- TCR estimación inicial de la temperatura en el cilindro en el momento de la apertura de la válvula de escape
- PREF presión de referencia
- KA relación de calores específicos para el aire
- PA presión inicial en los conductos de admisión
- TA temperatura inicial en los conductos de admisión
- FRIC factor de fricción
- ZMAX duración máxima del cálculo expresada en grados
- NCIL número de cilindros
- ave ángulo de apertura de la válvula de escape (desde el PMS)
- cve ángulo de cierre de la válvula de escape (desde el PMS)
- ava ángulo de apertura de la válvula de admisión (desde el PMS)
- cva ángulo de cierre de la válvula de admisión (desde el PMS)
- ciclo tipo de ciclo (2T o 4T)
- RPM revoluciones por minuto del motor
- dcil diámetro del cilindro
- carrera carrera del pistón
- CONROD longitud de la biela

- RC relación de compresión
- CHEXT coeficiente de película entre el ambiente y el exterior de los conductos
- ESPES espesor de los conductos
- KMET conductividad térmica del material de los conductos
- KFLUI conductividad térmica del fluido por el interior de los conductos
- VISCF viscosidad cinemática del fluido por el interior de los conductos
- TC(N) temperatura inicial en los cilindros (excepto el nº 1, que en el instante inicial está en apertura del escape)
- PC(N) presión inicial en los cilindros (excepto el nº 1, que en el instante inicial está en apertura del escape)
- IORD orden de encendido de los cilindros

2. Datos relativos a las válvulas

- NE número de puntos de datos de la válvula de escape
- AZE(N) ángulo correspondiente
- FEXH(N) sección descubierta correspondiente
- NA número de puntos de datos de la válvula de admisión
- AZA(N) ángulo correspondiente
- FAIR(N) sección descubierta correspondiente

3. Datos conductos y geometría sistemas de admisión y escape

- NTCE número total de conductos de escape
- NTCA número total de conductos de admisión
- NTUN número total de uniones
- NTEST número total de expansiones y contracciones bruscas
- XCOND(N) longitud total de cada conducto
- NCELDAS(N) número de celdas de cada conducto
- DSINI(N) diámetro inicial de cada conducto
- NSUDD(N) número de subdivisiones de cada conducto, para aquellos conductos de sección variable (si la sección es constante es 1)

- DSC(N,L) diámetro inicial en cada subdivisión del conducto

- SSC(N,L) longitud de cada subdivisión del conducto

4. Datos relativos a las uniones

- NCUN(I) número de conductos presentes en cada unión

- NEXUN (I,J) número de los extremos de los conductos presentes en cada unión

5. Datos relativos a expansiones o contracciones bruscas

- NCEST(I) número de conductos presentes en cada expansión o contracción brusca

- NEXEST (I,J) número de los extremos de los conductos presentes en cada expansión o contracción brusca

6. Datos relativos al plenum

- NTPLES número total de plenums de escape

- NTPLAD número total de plenums de admisión

- PABSORC(I) si el plenum es de absorción vale 1, si no 0

- VPLEN(I) volumen de cada plenum

- PPLEN(I) presión de cada plenum

- TPLEN(I) temperatura de cada plenum

- NCPLE(I) número de conductos presentes en cada plenum

- DHIDP(I) diámetro hidráulico de las partículas del material absorbente (en caso de no ser de absorción, no aparece)

- EPSP(I) constante relacionada con la pérdida de carga que produce el material absorbente (en caso de no ser de absorción, no aparece)

- BLOP(I) longitud ocupada por el material absorbente

- DGRP(I) diámetro ocupado por el material absorbente

- NEXPLE(I,J) número de los extremos correspondientes a los conductos presentes en el plenum

7. Datos relativos al silencioso resonante lateral

- NTSILES número total de silenciosos resonante lateral de escape

- NTSILAD número total de silenciosos resonante lateral de admisión

- SABSORC(I) si el silencioso resonante lateral es de absorción vale 1, si no 0
- DIAMB(I) diámetro del silencioso resonante lateral
- BLONG(I) longitud del silencioso resonante lateral
- DC(I) diámetro del conducto interior al silencioso resonante lateral
- DHOLE(I) diámetro de los orificios
- HOLEN(I) número de orificios
- HOLEL(I) longitud total ocupada por los orificios
- PSILEN(I) presión de cada silencioso resonante lateral
- TSILEN(I) temperatura de cada silencioso resonante lateral
- NCSILEN(I) número de conductos presentes en cada silencioso resonante lateral
- DHIDSIL(I) diámetro hidráulico de las partículas del material absorbente (en caso de no ser de absorción, no aparece)
- EPSSIL(I) constante relacionada con la pérdida de carga que produce el material absorbente (en caso de no ser de absorción, no aparece)
- BLOSIL(I) longitud ocupada por el material absorbente
- DGRSIL(I) diámetro ocupado por el material absorbente
- NEXSILEN(I,J) número de los extremos correspondientes a los conductos presentes en el silencioso resonante lateral

8. Condiciones de contorno

- ICC(N) tipo de condición de contorno en cada extremo, de cada conducto presente en el sistema, con el siguiente significado:
 - 1 si se trata de un cilindro
 - 2 si se trata de un extremo abierto
 - 3 si se trata de un estrangulamiento
 - 4 si se trata de una unión
 - 5 si se trata de un plenum
 - 6 si se trata de una expansión o contracción brusca
 - 7 si se trata de un extremo cerrado

- 8 si se trata de un silencioso resonante lateral
- 9 si se trata de la sección de entrada o salida a una turbina
- 10 si se trata de la sección de entrada o salida de un compresor
- 11 si se trata de la entrada o salida de la válvula de waste gate
- VCC(N) califica la condición de contorno de cada extremo, de cada conducto presente en el sistema con el siguiente significado:
 - si se trata de un cilindro, el número del cilindro
 - si se trata de un extremo abierto, es un 0
 - si se trata de un estrangulamiento, su relación de áreas
 - si se trata de una unión, el número de ésta
 - si se trata de una expansión o contracción brusca, su relación de áreas
 - si se trata de un plenum, la relación de área de entrada como si fuese un estrangulamiento
 - si se trata de un extremo cerrado, es un 0
 - si se trata de un silencioso resonante lateral, la relación de área de entrada como si fuese un estrangulamiento
 - si se trata de una turbina de presión constante, es un 0
 - si se trata de una turbina de presión variable, es un 1
 - si se trata de un compresor de presión constante, es un 0
 - si se trata de un compresor de presión variable, es un 1
 - si se trata de un extremo de la válvula de waste gate, es el valor de referencia para la apertura de la válvula expresado como una determinada relación de compresión en el compresor.

En el caso de tener un conducto de sección constante, las líneas a introducir serán del tipo:

0.30 25	0.30= longitud total, 25= número de mallas
0.036 1	0.036= diámetro inicial, 1= nº de subdivisiones (todo el conducto)
0.036 0.30	0.036= diámetro final de la subdivisión, 0.30= longitud de la subdivisión (coincide con la total del conducto)

En el caso de tener un conducto de sección variable, las líneas que se deben introducir serán del tipo:

0.40 30	0.40= longitud total, 30= número de mallas
0.036 3	0.036= diámetro inicial, 3= n° de subdivisiones
0.042 0.10	0.042= diámetro final 1° subdivisión, 0.10= longitud subdivisión 1°
0.042 0.20	0.042= diámetro final 2° subdivisión, 0.20= longitud subdivisión 2°
0.036 0.10	0.036= diámetro final 3° subdivisión (final del conducto), 0.10= longitud subdivisión 3°

Además de esta información relativa a la configuración del motor, el programa necesita en el caso de motores sobrealimentados, los datos que caracterizan a la turbina y el compresor que se pretende acoplar al motor. Esto se realiza mediante el archivo “charcomp.TXT” para el compresor y “charturb.TXT” para la turbina.

El contenido del archivo “charcomp.TXT” es el siguiente:

- NUMCURVC número de curvas características (asociadas a un valor determinado del parámetro de velocidad del rotor) que constituyen el mapa de funcionamiento del compresor
- NUMCHARC número de puntos con los que se ha discretizado cada una de las curvas anteriores
- FLOWPARC (I,J) gasto másico corregido correspondiente al punto discreto i de la curva j. Se dispone en un vector con todos los puntos ordenados en sentido de gasto creciente que constituyen la discretización de una determinada curva.
- RP1C (I,J) relación de compresión correspondiente al punto discreto i de la curva j. Se dispone en un vector adjunto al anterior.
- RENDCOMP (I,J) rendimiento en el punto discreto i de la curva j correspondiente con el gasto corregido FLOWPARC (I,J) y la relación de compresión RP1C (I,J). Se dispone en un vector adjunto a los anteriormente mencionados, por lo que en cada fila de texto aparecen de forma consecutiva gasto másico corregido, relación de compresión y rendimiento para cada punto considerado
- RPCTE1C presión a la entrada del compresor de presión constante
- DIMROTC diámetro medio del rotor del compresor

- INERTC inercia del grupo de sobrealimentación (turbina +compresor)
- RENMECTC rendimiento mecánico del acoplamiento del grupo de sobrealimentación

El contenido del archivo “charturb.TXT” es el siguiente:

- NUMCURV número de curvas características (asociadas a un valor determinado del parámetro de velocidad del rotor) que constituyen el mapa de funcionamiento de la turbina
- NUMCHAR número de puntos con los que se ha discretizado cada una de las curvas anteriores
- FLOWPAR (I,J) gasto másico corregido correspondiente al punto discreto i de la curva j. Se dispone en un vector con todos los puntos ordenados en sentido de gasto creciente que constituyen la discretización de una determinada curva.
- RP1 (I,J) relación de presiones correspondiente al punto discreto i de la curva j. Se dispone en un vector adjunto al anterior.
- RENDTUR (I,J) rendimiento en el punto discreto i de la curva j correspondiente con el gasto corregido FLOWPAR (I,J) y la relación de compresión RP1 (I,J). Se dispone en un vector adjunto a los anteriormente mencionados, por lo que en cada fila de texto aparecen de forma consecutiva gasto másico corregido, relación de presiones y rendimiento para cada punto considerado
- RPCTE2 presión a la salida de la turbina de presión constante

Además de estos resultados se debe especificar en el código el valor que se asigna a la velocidad de giro del turbocompresor al inicio de los cálculos. La variable que almacena tal información es RPS1.

Dado que el cálculo de las condiciones de contorno resulta muy dependiente de la bondad con la que se realicen las distintas interpolaciones, conviene suministrar un significativo número de puntos para discretizar cada una de las curvas características de los mapas funcionamiento de ambas máquinas. Para los ejemplos que se han considerado en este trabajo se ha trabajado con 25 discretos para cada curva de la turbina y 9 puntos para cada curva del compresor.

En la Figura A.2 se muestra la discretización de uno de los mapas de funcionamiento de un compresor similar a los que se han empleado en los resultados obtenidos en este documento.

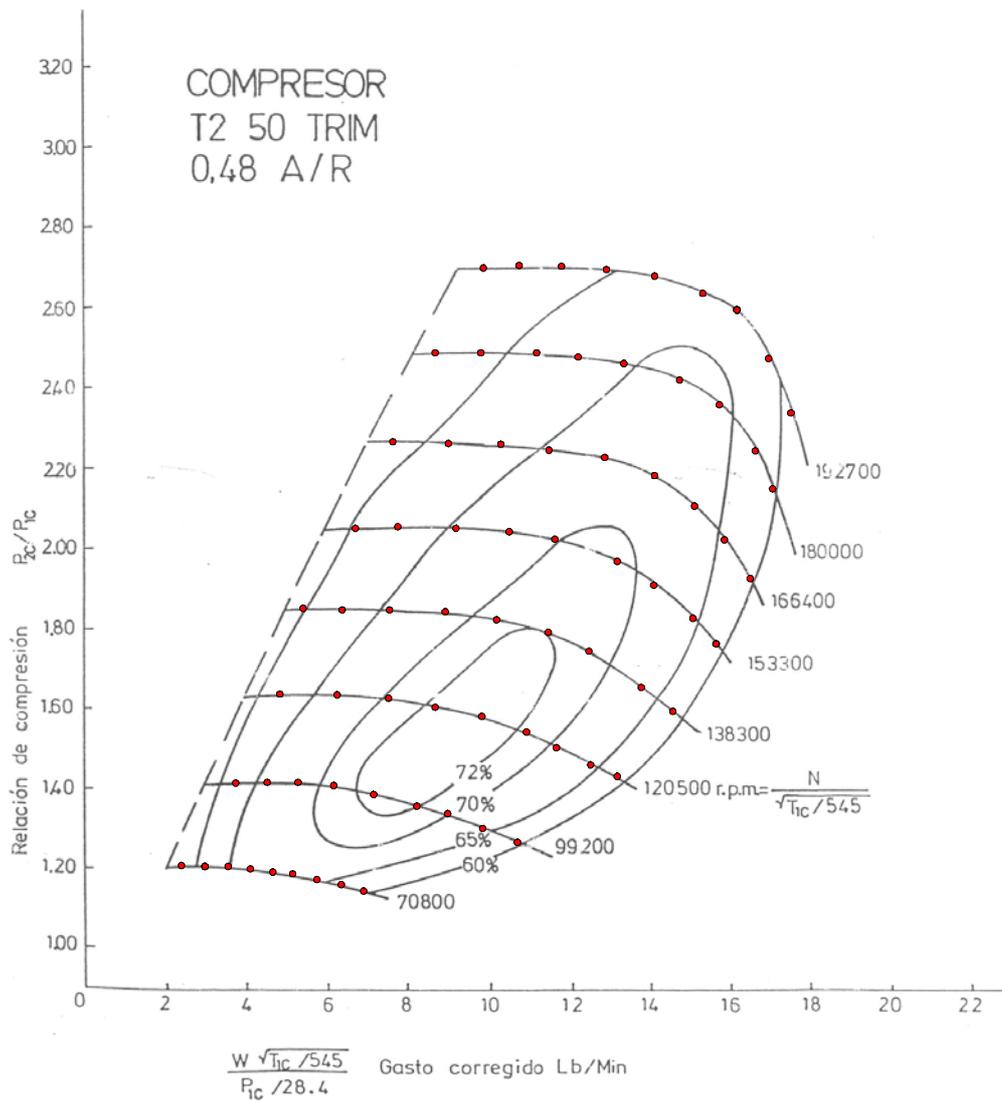


FIGURA A.2

**OBTENCIÓN DE PUNTOS DISCRETOS REPRESENTATIVOS
DEL COMPORTAMIENTO DE UN COMPRESOR**

Resultados obtenidos

Conforme se va ejecutando el programa se procede a la escritura de los resultados en varios ficheros de texto. La visualización de estos resultados ha requerido el desarrollo de funciones específicas en entorno MATLAB. La obtención de resultados es absolutamente flexible y fácil de modificar. En el estado actual del programa los resultados que se generan se organizan conforme a los siguientes archivos:

- CILINDRO.SAL. Aparece el nº de cilindros del modelo, 1º columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. En las siguientes columnas aparece, en este orden, la masa en el interior de cada cilindro (una por cilindro), temperatura de cada cilindro (una por cilindro) y presión de cada cilindro (una por cilindro). Realmente la presión y la temperatura que se almacenan en este fichero hacen referencia únicamente al lazo de bombeo por lo que no resultan de especial utilidad.

La visualización de la masa que evoluciona por un determinado cilindro requiere el empleo de la función *gcilflu.m* y los datos a introducir para la representación son: nombre del fichero (“cilindro.sal”), columna a representar, ciclo de inicio, ciclo de finalización de la representación y color de la gráfica.

- FLUJOS.SAL, almacena en la primera columna el ángulo referido cilindro 1. Las siguientes columnas recogen el gasto másico de admisión en cada cilindro (una por cilindro) y a continuación el gasto másico de escape en cada cilindro (una por cilindro).

La función *gcilflu.m* también se emplea para visualizar estos resultados con idénticos parámetros a especificar que en el caso anterior.

- TPCILi.SAL, donde *i* varía desde uno hasta el número de cilindros que constituye el motor. Estos archivos almacenan en la primera columna el ángulo de giro referido al cilindro 1, en la segunda la presión existente en el cilindro *i* y en la tercera columna la temperatura en el cilindro *i*.

Estos valores sí que recogen las variaciones de presión y temperatura en el cilindro en todo instante (renovación de la carga y resto del ciclo). Aunque con algunas hipótesis simplificadoras la función *grafptcil.m* permite la visualización de estos resultados. El modelo actual de combustión no permite la visualización de resultados fiables de la temperatura y la presión en el cilindro, no obstante se han desarrollado las herramientas para la visualización de los mismos. Los parámetros a especificar son el nombre del fichero, la columna a representar, el ciclo de inicio, el ciclo de finalización de la representación y el color de la gráfica.

- PRES LW.SAL. Aparece el nº total de conductos del modelo, y el número de mallas de cada uno de estos conductos. La 1º columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. Luego aparece la presión en cada una de las mallas de los diferentes conductos, comenzando por el conducto 1 malla 1, conducto 1 malla 2, y así sucesivamente

- TEMPLW.SAL. Aparece el nº total de conductos del modelo, y el número de mallas de cada uno de estos conductos. La 1º columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. Luego aparece la temperatura en cada una de las mallas de los diferentes conductos, comenzando por el conducto 1 malla 1, conducto 1 malla 2, y así sucesivamente
- DENSIDLW.SAL. Aparece el nº total de conductos del modelo, y el número de mallas de cada uno de estos conductos. La 1º columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. Luego aparece la densidad en cada una de las mallas de los diferentes conductos, comenzando por el conducto 1 malla 1, conducto 1 malla 2, y así sucesivamente
- VELOCLW.SAL. Aparece el nº total de conductos del modelo, y el número de mallas de cada uno de estos conductos. La 1º columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. Luego aparece la velocidad en cada una de las mallas de los diferentes conductos, comenzando por el conducto 1 malla 1, conducto 1 malla 2, y así sucesivamente

La función *gvelrpes.m* permite visualizar los resultados almacenados en los cuatro ficheros anteriores. Los datos que se deben introducir para la representación son nombre del fichero, número del conducto a representar, malla del conducto a representar, ciclo de inicio, ciclo de finalización de la representación y color de la gráfica.

- INDICADORi.SAL donde *i* varía desde uno hasta el número de cilindros que constituyen el motor. La información que recoge este archivo permite obtener la representación del diagrama *p-v* del cilindro *i*. Se guarda en la primera columna un ángulo de referencia para diferenciar entre lazo de bombeo y el resto del ciclo. En la segunda columna se escribe el volumen y en la tercera la presión correspondiente a cada punto.

La función que obtiene el diagrama *p-v* del cilindro para un determinado ciclo es *grafpind.m*. Es necesario especificar que archivos se pretende abrir, el ciclo que se va a representar y el color de la representación. Esta función además muestra en la consola de MATLAB los valores de presión media indicada, presión media de pérdidas mecánicas y presión media efectiva a partir del diagrama *p-v* representado.

- TURBOCOMP.SAL es el archivo donde se almacenan los parámetros principales de operación del grupo de sobrealimentación. Esta información aparece en forma de columnas para cada uno de los parámetros implicados ordenados del siguiente modo:
 - La 1ª columna recoge el ángulo de giro del cigüeñal referido al movimiento del cilindro 1.
 - La 2º columna representa la evolución que sufre la relación de compresión en el compresor.

- La tercera columna almacena la relación de presiones a lo largo de la turbina.
- En cuarto lugar se guarda la potencia instantánea que se consume en el compresor.
- En la quinta columna se almacenan los valores de potencia desarrollada por la turbina.
- En la sexta se almacena el gasto másico que atraviesa el compresor.
- En la séptima columna se guarda la evolución del gasto másico que atraviesa la turbina.
- En la última columna es donde se guarda la velocidad de giro del conjunto de sobrealimentación.

Del mismo modo para el resto de ficheros, ha sido necesario el desarrollo de una función específica para la visualización de los distintos resultados concernientes al grupo de turbocompresor. La función *gturbocomp.m* se ha desarrollado para cumplir tal función. Al emplear la función es necesario identificar el nombre del fichero que por defecto se denomina “turbocomp.sal”, la columna de resultados que se va a visualizar, el ciclo de inicio de la representación, el ciclo de finalización de la representación y el color de la línea.

- PLENUM.SAL es un archivo que únicamente aparece si existe algún plenum en la configuración del motor. La primera columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. En las columnas siguientes aparecen la masa, la presión y la temperatura para cada plenum empezando por los plenum de escape y luego los de la zona de admisión.
- RESONANT.SAL al igual que el fichero anterior únicamente aparece si existe algún silencioso de tipo resonante lateral. La primera columna es el ángulo de giro referido al cilindro 1. En las columnas siguientes aparecen la masa, la presión y la temperatura para cada plenum empezando por los plenum de escape y luego los de la zona de admisión.

La información recogida en ambos archivos se puede visualizar mediante la función *graficaslw4.m* que requiere el nombre del fichero, el número de columnas existentes, el número de la columna que queremos representar y el ciclo de inicio y fin de la representación junto al color de la misma.

Subrutinas implementadas

Para la obtención de los distintos resultados presentados en este trabajo se han incorporado al código existente distintos elementos destinados a modelar los efectos sobre el motor derivados de la sobrealimentación.

Para ello se han desarrollado cuatro subrutinas principales que toman el control del programa y generan las condiciones de contorno adecuadas al empleo de las distintas turbomáquinas.

En primer lugar se ha desarrollado la subrutina TURBCTE a emplear ante el modelado de turbinas que descargas a una presión constante. En este trabajo no se ha hecho especial hincapié en la obtención de resultados mediante esta función dado que la posibilidad de asimilar una turbina de automoción a una turbina de descarga a presión constante es bastante conflictiva si tenemos en consideración que se esta obviando la influencia de todo el sistema de escape tras la turbina.

Tanto la subrutina en sí como el fundamento teórico sirven de base para el desarrollo de la subrutina TURBPVAR, de bastante mayor aplicabilidad

Este mayor grado de aplicación viene del hecho de que TURVPVAR es capaz de modelar una turbina con presión variable en la descarga. El hecho de añadir un conducto a la salida de la turbina ya hace que la descarga no se pueda considerar a presión constante imposibilitando en empleo de TURBCTE. Esta situación es del todo normal en los modelos de automoción donde resultaría inadmisibles la descarga directa de los gases de combustión tras su paso por la turbina, debido a la necesidad de conducirlos a los sistemas de reducción de emisiones catalíticos y a los encargados de reducir la presión sonora sobre el entorno.

Ambas subrutinas hacen uso de la información relativa a las características de la turbina que se suministran con el fichero "charturb.txt", por lo que se considera que la turbina es la misma pero en un caso hay descarga atmosférica y en el otro existe uno o varios conductos de escape a la salida de la turbina.

Las dos subrutinas hacen uso de la analogía con una tobera equivalente para la transformación de las curvas y generan los valores de las características reflejadas. Tal y como se ha mencionado con anterioridad, se realizan distintas interpolaciones ya sea entre los valores en los que se han discretizado las curvas características o entre distintas curvas que corresponden a valores diferentes del parámetro de velocidad del rotor.

La simulación de efecto obtenido al implementar un compresor en la admisión se ha llevado a cabo mediante el desarrollo de otras dos subrutinas. La aplicación de COMPPCTE es análoga a la de TURBPCTE, estando limitada a la incorporación de un compresor que comprima desde una presión constante. Por ello, se ha planteado más como un primer paso y fundamento del modelado de un compresor de presión variable que como una modelización con aplicación real. Esto es porque los sistemas de admisión deben presentar una cierta conducción que permita el acoplamiento de sistemas de filtrado y acondicionamiento del aire. Debido a la existencia de estos conductos difícilmente se podría considerar que la compresión del aire de aporte a un motor sobrealimentado de automoción se realiza desde una presión uniforme.

La subrutina COMPPVAR se ha desarrollado para tener en consideración estos efectos. Comparte con COMPCTE la información del archivo "charcomp.sal" donde se recoge la información relativa al mapa del compresor. También ambas subrutinas se fundamentan en la transformación de la información de las curvas características en términos de relaciones entre características incidentes y reflejadas. Tras la

transformación se desarrolla un proceso iterativo de interpolación en las curvas generadas.

Las cuatro subrutinas anteriormente mencionadas que modelan la turbina y el compresor del grupo han necesitado el desarrollo de un código adicional ya que todas y cada una de ellas requieren conocer la velocidad de giro del turbocompresor. Este parámetro se obtiene de la resolución del balance energético en el turbocompresor. La ecuación de acoplamiento se forma parte del programa principal para facilitar la transmisión de argumentos entre las subrutinas.

También se ha implementado el código necesario para modelar el efecto del tamaño del compresor por el cual se introduce una cierta longitud equivalente.

Esta ecuación obtiene el régimen de giro del turbocompresor en cada ángulo de giro del cigüeñal a partir de las potencias instantáneas que se ceden o obtienen en cada turbomáquina, la inercia del grupo y el rendimiento mecánico del acoplamiento. Estos parámetros se suministran a través del fichero "charcomp.txt". El exceso o defecto de potencia en la turbina respecto al consumo de potencia en el compresor se invierte en la aceleración o deceleración del mismo.

La válvula de waste gate ha sido otro elemento que se ha modelado. No se ha desarrollado una subrutina específica sino que se ha situado en el programa principal. El modelo hace uso de la condición de contorno de estrangulamiento o de extremo cerrado en función de si la relación de compresión que suministra el compresor es mayor que un cierto valor de referencia que se introduce junto al código que identifica esta condición de contorno.

La introducción de la sobrealimentación ha supuesto modificar el procedimiento de cálculo del rendimiento volumétrico de los cilindros. Esto es así porque las condiciones de referencia para evaluar el llenado del cilindro son distintas en el caso sobrealimentado que en el atmosférico.

En un motor atmosférico las condiciones de referencia las impone el aire ambiente exterior, por lo que el rendimiento volumétrico mide la eficacia del llenado de todo el sistema de admisión. En el caso de motores que disponen de una etapa de compresión en la admisión, las condiciones de referencia las establece el aire a la salida del compresor, de modo que el rendimiento volumétrico determina la eficacia del llenado desde este punto hasta el cilindro.

A parte de estos aspectos se ha enriquecido el código con pequeños cambios que han dotado al programa de mayor flexibilidad y riqueza de resultados. Las variables soportan ahora un mayor número de conductos y elementos en la configuración del motor y se puede determinar el diagrama $p-v$ para cada cilindro y ciclo así como la evolución de las presiones y temperaturas en los cilindros.