



# Índice



|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                  | 11 |
| 2. JUSTIFICACIÓN.....                                 | 15 |
| 3. ESTADO DEL ARTE.....                               | 19 |
| 3.1. BANCO DE PONTECIA.....                           | 19 |
| 3.1.1. Banco dinamométrico BD NET 2WD de “Ryme” ..... | 20 |
| 3.1.2. Tipos de bancos dinamométricos.....            | 20 |
| 3.1.3. Software actual.....                           | 22 |
| 3.2. FUNCIONAMIENTO.....                              | 25 |
| 3.3. RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN.....                  | 26 |
| 3.3.1. Resistencia a la rodadura.....                 | 27 |
| 3.3.2. Resistencia al aire.....                       | 28 |
| 3.3.3. Resistencia a la inercia.....                  | 31 |
| 3.3.4. Resistencia a la carretera.....                | 31 |
| 3.4. VEHÍCULO RENAULT KANGOO .....                    | 34 |
| 3.5. HISTORIA.....                                    | 38 |
| 4. MÉTODO DE ANÁLISIS.....                            | 41 |
| 4.1. MÉTODO DE ANÁLISIS CON EL BANCO.....             | 41 |
| 4.1.1. Puesta en marcha.....                          | 41 |
| 4.1.2. Introducir vehículo.....                       | 42 |
| 4.1.3. Uso del banco.....                             | 44 |
| 4.1.4. Sacar vehículo.....                            | 45 |
| 4.1.5. Apagado del sistema.....                       | 45 |
| 4.2. MÉTODO DE ANÁLISIS CON EL SOFTWARE.....          | 46 |
| 4.2.1. Desarrollo.....                                | 46 |



---

|         |                                    |    |
|---------|------------------------------------|----|
| 4.2.2.  | Interfaz.....                      | 47 |
| 4.2.3.  | Funcionamiento del programa.....   | 50 |
| 4.2.4.  | Funcionamiento de las pruebas..... | 50 |
| 4.3.    | MÉTODO DE ANÁLISIS INDIVIDUAL..... | 51 |
| 5.      | ANÁLISIS DEL NUEVO SOFTWARE.....   | 55 |
| 5.1.    | FRENO POR PRUEBA.....              | 55 |
| 5.1.1.  | Freno fuerza constante.....        | 55 |
| 5.1.2.  | Freno velocidad constante.....     | 55 |
| 5.1.3.  | Freno carretera.....               | 56 |
| 5.1.4.  | Freno en vacío.....                | 57 |
| 5.2.    | MATEMÁTICA IMPLEMENTADA.....       | 57 |
| 5.2.1.  | Distancia.....                     | 57 |
| 5.2.2.  | Velocidad lineal.....              | 58 |
| 5.2.3.  | Número de vueltas rodillo.....     | 58 |
| 5.2.4.  | Frecuencia.....                    | 59 |
| 5.2.5.  | Velocidad angular rodillo.....     | 59 |
| 5.2.6.  | Velocidad angular rueda.....       | 59 |
| 5.2.7.  | Aceleración angular.....           | 60 |
| 5.2.8.  | Par motor.....                     | 61 |
| 5.2.9.  | Potencia motor.....                | 61 |
| 5.2.10. | Fuerza resistente.....             | 62 |
| 5.2.11. | Par resistente.....                | 62 |
| 5.2.12. | Potencia resistente.....           | 63 |
| 5.2.13. | Temperatura y presión.....         | 63 |
| 5.3.    | PROGRAMACIÓN DE LAS PRUEBAS.....   | 64 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 5.3.1.  | Pruebas de velocímetro y cuentakilómetros..... | 64  |
| 5.3.2.  | Pruebas 0 – 100 km/h y 0 – 1000 m.....         | 65  |
| 5.3.3.  | Prueba de carretera.....                       | 66  |
| 5.3.4.  | Prueba de circuito.....                        | 68  |
| 5.3.5.  | Prueba de fuerza constante.....                | 69  |
| 5.3.6.  | Prueba de velocidad constante.....             | 70  |
| 5.3.7.  | Curva de potencia.....                         | 72  |
| 5.3.8.  | Factor de corrección.....                      | 74  |
| 5.4.    | MATEMÁTICA IMPLEMENTADA EN PROGRAMACIÓN.....   | 77  |
| 6.      | COMPARATIVA DE SOFTWARE.....                   | 87  |
| 6.1.    | ASPECTOS GENERALES.....                        | 88  |
| 6.1.1.  | Acceso.....                                    | 88  |
| 6.1.2.  | Pantalla principal.....                        | 89  |
| 6.1.3.  | Gestión de usuarios.....                       | 90  |
| 6.1.4.  | Pantalla intermedia.....                       | 90  |
| 6.1.5.  | Creación de grupos de trabajo.....             | 92  |
| 6.1.6.  | Cuadro de incidencias.....                     | 93  |
| 6.1.7.  | Generación de informes.....                    | 94  |
| 6.1.8.  | Introducción de nuevo vehículo.....            | 95  |
| 6.1.9.  | Escala de grafica variable en el tiempo.....   | 96  |
| 6.1.10. | Grabación de pruebas en video.....             | 97  |
| 6.2.    | PRUEBA DE VELOCÍMETRO.....                     | 98  |
| 6.3.    | PRUEBA DE ACELERACIÓN 0 – 1000 m.....          | 100 |
| 6.4.    | PRUEBA CARRETERA.....                          | 101 |
| 6.5.    | PRUEBA CURVA DE POTENCIA.....                  | 102 |



---

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 6.6.   | PRUEBA DE CIRCUITOS.....                  | 106 |
| 6.7.   | PRUEBAS REALIZADAS EN GRUPO.....          | 111 |
| 6.7.1. | Prueba de cuentakilómetros.....           | 111 |
| 6.7.2. | Prueba 0 - 100 km/h.....                  | 113 |
| 6.7.3. | Prueba de fuerza constante.....           | 115 |
| 6.7.4. | Prueba de velocidad constante.....        | 119 |
| 6.7.5. | Prueba de circuitos.....                  | 122 |
| 7.     | ANÁLISIS DE RESULTADOS.....               | 129 |
| 7.1.   | PRUEBA DE VELOCÍMETRO.....                | 130 |
| 7.1.1. | Software antiguo.....                     | 130 |
| 7.1.2. | Software nuevo.....                       | 131 |
| 7.1.3. | Comparativa software antiguo y nuevo..... | 131 |
| 7.2.   | PRUEBA DE ACELERACION 0 – 1000 m.....     | 132 |
| 7.2.1. | Software antiguo.....                     | 133 |
| 7.2.2. | Software nuevo.....                       | 136 |
| 7.2.3. | Comparativa software nuevo y antiguo..... | 137 |
| 7.3.   | PRUEBA DE CARRETERA.....                  | 137 |
| 7.3.1. | Software antiguo.....                     | 138 |
| 7.3.2. | Software nuevo.....                       | 140 |
| 7.3.3. | Comparativa software antiguo y nuevo..... | 142 |
| 7.4.   | CURVA DE POTENCIA.....                    | 142 |
| 7.4.1. | Software antiguo.....                     | 142 |
| 7.4.2. | Software nuevo.....                       | 144 |
| 7.4.3. | Comparativa software nuevo y antiguo..... | 148 |
| 7.5.   | PRUEBA DE CIRCUITO.....                   | 149 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.6. PRUEBAS REALIZADAS EN GRUPO.....      | 153 |
| 7.6.1. Prueba de cuentakilómetros.....     | 153 |
| 7.6.2. Prueba 0 – 100 km/h.....            | 156 |
| 7.6.3. Prueba fuerza constante.....        | 159 |
| 7.6.4. Prueba velocidad constante.....     | 161 |
| 7.6.5. Prueba de circuito.....             | 163 |
| 8. COCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURO..... | 167 |
| 8.1. CONCLUSIONES GENERALES.....           | 167 |
| 8.2. PROPUESTAS DE FUTURO.....             | 168 |
| 8.2.1. Mando a distancia.....              | 168 |
| 8.2.2. Medidor de revoluciones.....        | 171 |
| 9. PRESUPUESTO.....                        | 175 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA.....                      | 179 |
| 10.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....          | 179 |
| 10.2. DIRECCIONES ELECTRÓNICAS.....        | 180 |
| ANEXO 1: INFORMES.....                     | 183 |
| ANEXO 2: MANUAL RYME.....                  | 201 |
| ANEXO 3: MANUAL NUEVO.....                 | 263 |





# Introducción.



## 1. INTRODUCCIÓN.

Este Trabajo Fin de **Grado** (a partir de ahora lo nombraremos con las siglas **TFG**) comienza con una justificación, historia del arte, seguido de la elaboración en conjunto de un ingeniero informático un nuevo software para el banco de potencia, un estudio sobre el correcto funcionamiento del banco de potencia de la empresa Ryme situado en la Universidad de Málaga. Se explicará el método de trabajo y las pruebas realizadas para dicho estudio, así como los datos y resultados de los ensayos realizados.





# Justificación.



## 2. JUSTIFICACIÓN.

Este TFG se realiza como conclusión de los estudios realizados en el Grado de Ingeniería Eléctrica por Alejandro Garrido López y Fabián Barea Vizuite así como la finalización de los estudios de Ingeniería Informática realizado por Alberto Acevedo García. El TFG fue propuesto por el Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad de Málaga y dirigido por D. Juan Antonio Auñón Hidalgo. Este TFG nace debido a que el funcionamiento del Banco de Potencia no es acorde con unos resultados lógicos de frenado, ya que vehículos nuevos y con una potencia suficiente para sobrepasar los 140 Km/h en carretera, cuando se le realizaba dicha prueba en el banco de potencia el vehículo no sobrepasa los 85 km/h de velocidad máxima, cuando la empresa responsable de su instalación y funcionamiento alega que funciona perfectamente. Por tanto este TFG tiene como objeto tanto la creación de un nuevo software, con la finalidad de que el banco dinamométrico pueda ser utilizado con unos resultados coherentes y demostrar que el funcionamiento del banco gobernado por el software de la empresa “Ryme” no es correcto.





# Estado del arte.



### 3. ESTADO DEL ARTE.

#### 3.1. BANCO DE PONTECIA.

Un banco de potencia funciona produciendo un freno a los neumáticos del coche, de forma que se mide el par y en función de su magnitud se regulan las revoluciones, velocidad o diferentes parámetros del banco de potencia que se deseen obtener. En la actualidad con la ayuda de los programas informáticos, la electrónica y la tecnología de los materiales usados para su construcción se obtienen valores muy precisos y cercanos a la realidad.

Existen diferentes tipos de bancos de potencia, comenzado por el usado en la Universidad de Málaga, que es uno de tracción simple, banco para motos o ciclomotores, para 4x4 etc.



3.1. Banco dinamométrico de eje simple y doble eje.

Fuente: Google imágenes.

Otra característica principal es el tipo de rodillo que utiliza, ya que puede ser de doble rodillo donde la rueda se introduce entre ellos dos, o un solo rodillo donde la rueda se apoya sobre el mismo.



### 3.1.1. Banco dinamométrico BD NET 2WD de “Ryme”

El banco dinamométrico es una herramienta de gran utilidad en talleres y en centros tecnológicos de mecánica del automóvil entre otros, ya que está concebido para prevenir, localizar e investigar posibles problemas en vehículos. Su función es determinar la potencia y el par en función del régimen de giro del motor del vehículo gráfica y numéricamente. El banco dinamométrico está formado por un bastidor monocasco de acero que alberga cuatro cilindros de 352 mm montados sobre rodamientos. Los dos rodillos delanteros están moleteados y unidos entre sí por una transmisión. Presentan un coeficiente de rozamiento neumático-rodillo de 0,8. Los otros dos rodillos son lisos y giran libremente.

El freno de corriente Foucault está montado sobre rodamientos y está acoplado mecánicamente al eje de los rodillos delanteros, pudiendo bascular sobre su eje. La medida de la velocidad se obtiene a través de un encoder incremental montado sobre el eje de los rodillos delanteros. Dada la resolución del encoder, tenemos una elevada precisión de lectura, superior a  $\pm 0,1$  km/h. El banco, así mismo, dispone de un mecanismo elevador accionado neumáticamente que, junto con un sistema de freno-bloqueo de los rodillos, facilita el acceso y la salida del vehículo al banco. La fuerza de elevación máxima de dicho mecanismo es de 4.000 kg en eje a 8 bares de presión.

### 3.1.2. Tipos de bancos dinamométricos.

- Banco dinamométrico DF2 de “DimSport”

Se trata de un banco dinamométrico el cual utiliza un freno eléctrico, ofrece un sinfín de opciones y programas complementarios de muy fácil uso e interpretación, para verificar el correcto funcionamiento del vehículo, detectar

fallos de funcionamiento, ajustar la puesta a punto y capaz de simular diversas condiciones en carretera.

Características técnicas principales.

- Tracción simple 2WD
  - Velocidad máxima: 320 km/h
  - Potencia máxima: 400 Kw
  - Fuerza de tracción máxima: 7.5 KN
  - Peso máximo por eje: 2500 Kg
- 
- Banco dinamométrico FPS 2700 de “Maha”.

Se trata de una empresa Alemana con representación y distribución en España, ofrece un banco para realizar todo tipo de pruebas al vehículo. Realiza medición discreta en función de la velocidad, capaz de simular todo tipo de circunstancias durante el recorrido de una carretera. Como inconveniente principal, es la velocidad máxima soportado por el banco, ya que no se pueden sobrepasar los 200 km/h.

Características principales.

- Tracción 4WD.
- Velocidad máxima: 200 km/h.
- Potencia máxima: 260 Kw.
- Fuerza de tracción máxima: 6 KN.
- Peso máximo por eje: 2700 Kg.

### 3.1.3. Software actual.

La empresa Ryme nos ofrece un software para controlar el banco de potencia que tiene la posibilidad de realizar 8 pruebas distintas. El software está diseñado para la recreación de diversas condiciones que pueden afectar a un vehículo en circulación, a continuación se muestran las pruebas que se pueden realizar con el software antiguo.



### 3.2. Pantalla principal software Ryme

Fuente: Elaboración propia.

- Velocímetro. En esta prueba se pretende comprobar el correcto funcionamiento del velocímetro, tomando medidas en intervalos de 10 km/h, comparamos la velocidad que marca el velocímetro con la velocidad real del vehículo en ese instante.

- Cuentakilómetros. Esta prueba es similar a velocímetro, aquí se pretende comprobar la bondad del tacómetro, tomando medidas en intervalos de 100 m, comparamos la medida que marca el tacómetro con la distancia real recorrida por el mismo en el banco dinamométrico.
- 0 – 100 km/h. En esta prueba se pretende observar la capacidad de aceleración y tracción de un vehículo partiendo del reposo hasta alcanzar la velocidad de 100 km/h en el menor intervalo de tiempo posible. Es una prueba que todas las marcas de vehículos realizan para mostrar la capacidad de aceleración del mismo.
- 0 – 1000 m. En esta prueba el banco simula la fuerza de frenado del vehículo en el recorrido de 1000 metros partiendo del reposo, pudiendo cambiar las condiciones iniciales como peso del vehículo, coeficiente de rozamiento de la vía etc.
- Curva de potencia. En esta prueba se halla en una grafica con la potencia del vehículo en rueda y motor, calculándola a partir del par ejercido por las ruedas en los rodillos y las revoluciones del motor, estas revoluciones son tomadas mediante un medidor de RPM. La potencia del motor son la suma de la potencia en rueda más las pérdidas por transmisión.
- Fuerza constante. En esta prueba se calcula la potencia necesaria en rueda para vencer una fuerza impuesta por nosotros en kilo-newton, pudiendo durante la prueba variar el valor de consigna.



- Velocidad constante. El funcionamiento de la prueba es parecido a la prueba de fuerza constante, en este caso se calcula la potencia necesaria para mantener a una velocidad constante impuesta por nosotros, esta velocidad la podemos variar durante el transcurso de la prueba.
- Carretera. Esta es la prueba más completa que se puede realizar en el banco de potencia, ya que simula las fuerzas necesarias que debe vencer el vehículo durante la circulación del vehículo sobre una carretera, siendo de gran utilidad para los estudios de consumo y gases, podemos introducir parámetros como pendiente, carga extra, coeficiente de rozamiento de la vía y coeficiente aerodinámico.

El programa también realiza la siguiente función que no son pruebas, si no, complementarias para obtener una mayor exactitud a la hora de ejecutar las pruebas.

- Calibración rueda. La rueda al ser un material plástico, no tiene una forma esférica perfecta por lo tanto la distancia que recorre no es el perímetro teórico de la rueda. Para evitar ese margen de error se realiza la calibración obteniendo un factor de corrección que a posteriori será aplicado en la realización de las pruebas.

## 3.2. FUNCIONAMIENTO.

En nuestro caso se trata de un banco que puede trabajar de modo inercial o frenado mediante un freno de foucault, que es el preferido tanto para los preparadores de talleres como para la realización de pruebas en la universidad debido a que es el más indicado para medir prestaciones absolutas.

Como su propio nombre indica consta de dos rodillos con una determinada inercia medida, un rodillo que es acelerado directamente mediante una rueda en contacto con él, este rodillo moleteado es el que está unido a un eje, el cual también está unido a un freno. El rodillo gana velocidad por unidad de tiempo, una relación medida por el banco en cada instante mientras el ordenador calcula el trabajo para mover la inercia de los rodillos a esa velocidad y en ese tiempo. De esta forma calcula la potencia en rueda del vehículo.

Por otro lado se suele utilizar indistintamente el término de potencia a la rueda y de potencia del motor, sin hacer distinción entre ambos datos, cuando en realidad existe una diferencia, dependiendo de la transmisión en cada motor, entre un 10 y un 15 % al dar una magnitud u otra.

Para calcular la potencia del motor a la salida del cigüeñal se realiza un ensayo de pérdidas es decir, se realiza la curva de potencia, y cuando la curva comienza a disminuir, justo en ese instante se pisa el embrague, dejando entonces que el programa calcule la potencia negativa generada para el movimiento de la transmisión, y se le sume a la potencia positiva hallando así la potencia máxima.

En el caso de nuestro banco de potencia realiza diferentes tipos de simulaciones ya que está provisto de un freno. Con este freno se simulan las condiciones reales como pueden ser: distintas masas, distintos coeficientes de



rozamiento (hielo, nieve, tierra etc), diferentes coeficientes aerodinámicos (furgonetas, deportivos) y así un sinfín de opciones.

### 3.3. RESISTENCIAS A LA TRACCIÓN.

Las resistencias al avance que un vehículo debe vencer para moverse en un determinado medio pueden resumirse en cuatro términos que son: la resistencia a la rodadura, la resistencia del aire (aerodinámica), la resistencia producida por la inclinación de la rasante (pendiente) y la inercia (aceleración).

Para este TFG se detallan esos cuatro términos, pues son los que ha permitido calcular, cuanta fuerza debe proporcionar un motor a una determinada velocidad, para que éste avance por el pavimento venciendo las resistencias de tracción, en este apartado se hace alusión a la teoría que concierne a cada termino, para que posteriormente queden reflejados en los gráficos y tablas correspondientes.

A continuación se detalla toda la nomenclatura a utilizar en este capítulo.

- $m$  = masa del vehículo + carga (kg).
- Para tracción simple  $m_{\text{efectiva}} = m$ .
- $g$  = gravedad =  $9.81 \text{ m/s}^2$ .
- $\mu$  = coeficiente de rozamiento dinámico de la carretera.
- $C_x$  = coeficiente aerodinámico del vehículo.
- $S$  = superficie frontal del vehículo ( $\text{m}^2$ ).
- $\delta_{\text{aire}}$  = densidad del aire =  $1.19 \text{ kg/m}^3$ .
- $V$  = velocidad del vehículo.
- $a$  = aceleración ( $\text{m/s}^2$ ).
- $P$  = pendiente tanto por uno = Pendiente (%) / 100.
- $A_{\text{calibre\_freno}} = 0.176$ .

- $B_{\text{calibre\_freno}} = 0$ .
- $I = \text{inercia banco } 20.54 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
- $d_{\text{rodillos}} = 0.352 \text{ m}$ .
- $g_p = \text{grados por pulso encoder} = 360/1000$ .
- $f_p = \text{factor de corrección perímetro rueda}$ .
- $T_p \text{ tiempo por pulso (s)} = 1/25 \text{ (s)}$ .

### 3.3.1. Resistencia a la rodadura.

La resistencia a la rodadura ( $R_r$ ) se define como el esfuerzo que es necesario realizar para mantener las ruedas rodando sobre la superficie de rodadura. Esta superficie será para los vehículos de carretera, el pavimento, mientras que en ferrocarril la rodadura se logra a través del contacto de llantas sobre los carriles del mismo material. En esta fórmula también se tiene en cuenta la pendiente de dicha superficie.

Para el caso de este TFG se estudian los vehículos de carretera, en donde el valor de la resistencia es:

$$R_r = m \cdot g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} \quad [3.1]$$

El valor de la resistencia a la rodadura oscila entre 100 y 150 N por tonelada de peso del vehículo ( $\mu = 0.010 - 0.015$ ) en buenos pavimentos, y bastante mayor en carreteras sin pavimentar o en pavimentos muy irregulares. El coeficiente de rozamiento aumenta ligeramente conforme aumenta la velocidad.

### 3.3.2. Resistencia al aire.

La aerodinámica es la rama de la mecánica de fluidos que estudia las acciones que aparecen sobre los cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre estos y el fluido que los baña, siendo éste último un gas y no un líquido caso éste que se estudia.

En la solución de un problema aerodinámico normalmente se hace necesario el cálculo de varias propiedades del fluido, como pueden ser la velocidad, presión, densidad y temperatura, en función de la posición del punto estudiado y el tiempo.

Modelizando el campo del fluido es posible calcular, en casi todos los casos de manera aproximada, las fuerzas y los momentos que actúan sobre el cuerpo o cuerpos sumergidos en el campo del fluido. La relación entre fuerzas sobre un cuerpo moviéndose en el seno de un fluido y las velocidades vienen dadas por los coeficientes aerodinámicos. Existen coeficientes que relacionan la velocidad con las fuerzas y coeficientes que relacionan la velocidad con el momento. Conceptualmente los más sencillos son los primeros, que dan la fuerza de sustentación  $L$ , la resistencia aerodinámica  $D$  y la fuerza lateral  $Y$  en términos del cuadrado de la velocidad, la densidad del fluido y el área transversal.

- Coeficiente de sustentación

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} S \cdot V^2 \cdot \delta_{aire}} \quad [3.2]$$

- Coeficiente de la resistencia.

$$C_L = \frac{D}{\frac{1}{2} S \cdot V^2 \cdot \delta_{aire}}$$

[3.3]

- Coeficiente de fuerza lateral.

$$C_y = \frac{Y}{\frac{1}{2} S \cdot V^2 \cdot \delta_{aire}}$$

[3.4]

Debido a la complejidad de los fenómenos que ocurren y de las ecuaciones que los describen, son de enorme utilidad tanto en los ensayos prácticos (por ejemplo ensayos en túnel del viento) como los cálculos numéricos de la aerodinámica.

- **Resistencia aerodinámica.**

Se denomina resistencia aerodinámica, o simplemente, al componente de la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire en la dirección de la velocidad relativa entre el aire y el cuerpo.

La resistencia es siempre de sentido opuesto a dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que es la fuerza que se opone al avance del vehículo a través del aire.

$$R_a = \frac{C_x \cdot S \cdot V^2 \cdot \delta_{aire}}{2}$$

[3.5]

- **Factores que afectan a la aerodinámica de un coche.**

El diseño de la carrocería de un vehículo y más especialmente de las partes del mismo que estén expuestas al aire (Defensa, retrovisores, alerones...), deben atender a las necesidades de confort siempre del lado de la aerodinámica, por ello se deben modelar dichas piezas de forma que penetren mejor en el aire creando mínimas perturbaciones, mejorando así la aerodinámica. En la parte trasera, un final de techo o del maletero en esquina y dirigido hacia abajo, es mejor que un maletero redondeado.



**3.3. Pruebas aerodinámicas Mercedes CLA**

Fuente: motor.com

La cantidad de superficie que se enfrenta al viento es junto con el coeficiente aerodinámico los dos factores que determinan la resistencia aerodinámica final. El coeficiente aerodinámico  $C_x$  varía entre 0.22 para coches de líneas aerodinámicas como el Mercedes CLA y un 0.8 para camiones, e incluso más de 1 si llevan cargas voluminosas. La sección transversal de un coche es del orden de  $2 \text{ m}^2$ , mientras que para los camiones varía entre 5 y  $8 \text{ m}^2$ .

### 3.3.3. Resistencia a la inercia.

La segunda ley de Newton se encarga de cuantificar el concepto de fuerza. Nos dice que la fuerza neta aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere dicho cuerpo. La constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo, de manera que podemos expresar la relación de la siguiente manera:

$$F = m_{efect} \cdot a \quad [3.6]$$

### 3.3.4. Resistencia a la carretera.

Para poder simular una prueba real de carretera en un banco de rodillos debemos llevar a cabo el cumplimiento de los tres tipos de fuerzas antes explicados, para ello se ha obtenido la siguiente fórmula en la que tenemos en cuenta la fuerza de rozamiento, la fuerza de inercia y por último la fuerza aerodinámica.

$$Fuerza\ consigna = m \cdot g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} + m_{efect} \cdot a + \frac{C_x \cdot S \cdot V^2 \cdot \delta_{aire}}{2} \quad [3.7]$$

Una vez obtenida la fuerza necesaria para vencer unas determinadas condiciones, de un vehículo simulando la carretera, podemos calcular directamente el “Par<sub>consigna</sub>”, que lo podemos definir como el Par que deben aplicar los neumáticos del vehículo para vencer las condiciones dadas.

$$\begin{aligned} Par\ consigna &= A_{calibre\_freno} \cdot mV_{consigna\_freno} + B_{calib\_freno} \\ &= Fuerza\ consigna \cdot \frac{D_{rodillos}}{2} \end{aligned} \quad [3.8]$$

Donde  $mV_{\text{consigna}}$  son los milivoltios a aplicar al freno del banco de rodillos para ejercer el mismo par de frenado, que la formula ha calculado con el fin de reproducir las condiciones de carretera.

- **Aplicación de formulas con las constantes del banco.**

En este apartado se utilizan las mismas fórmulas pero aplicadas con las constantes del banco de rodillos, es decir, utilizamos tanto la aceleración como la velocidad con unidades de pulsos eléctricos que nos envía el encoder del banco, en el cual utilizamos la inercia de los rodillos para el cálculo de la aceleración, el factor de corrección del perímetro de la rueda etc.

La fórmula principal por la cual funciona todo en la prueba de carretera es la siguiente: cómo podemos observar tenemos la variable  $mV_{\text{consigna\_freno}}$  al igual que en el apartado anterior, con esta fórmula se pretende tener una mayor precisión a la hora de los cálculos matemáticos al igual que una mayor velocidad de cálculo.

$$mV_{\text{consigna\_freno}} = C_0 + C_{\text{aceleracion}} \cdot (\text{pulsos} - \text{pulsos}_{\text{ant}}) + C_{\text{aero}} \cdot \text{pulsos}^2 \quad [3.9]$$

Podemos observar que utiliza los términos  $C_0$  (fuerza de rozamiento),  $C_{\text{aceleracion}}$  (fuerza inercial) y  $C_{\text{aero}}$  (fuerza aerodinámica), quedando la misma ecuación con la diferencia de que utiliza los pulsos del encoder del banco.

$$C_0 = \frac{d_{\text{rodillos}} \cdot m \cdot g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} - B_{\text{calib\_freno}}}{2 \cdot A_{\text{calibre\_freno}}} \quad [3.10]$$

$$C_{aceleracion} = \frac{\left(m - \frac{4 \cdot I}{d_{rodillos}^2}\right) \cdot \frac{d_{rodillos}^2 \cdot g_p \cdot f_p}{4}}{90 \cdot A_{calibre\_freno} \cdot t_p^2}$$

[3.11]

$$C_{aero} = \frac{\left(\frac{d_{rodillos} \cdot g_p \cdot f_p \cdot \pi}{2 \cdot 90 \cdot t_p}\right)^2 \cdot \frac{d_{rodillos} \cdot C_x \cdot S \cdot \delta_{aire}}{2}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}}$$

[3.12]

Para ello banco utiliza las siguientes constantes, siendo la mayoría parámetros fijos excepto el factor de corrección del perímetro de la rueda.

$$d_{rodillos} = \text{diámetro rodillos} = 0.352 \text{ m}$$

[3.13]

$$Inercia_{banco} = 20.54 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

[3.14]

$$g_p = \text{grados por pulso encoder} = \frac{360}{\text{resolucion encoder}} = \frac{360}{1000}$$

[3.15]

$$f_p = \text{factor corrección perímetro rueda}$$

[3.16]

$$t_p = \text{tiempo por pulso (s)} = \frac{1}{\text{frecuencia datos}} = \frac{1}{25} \text{ (s)}$$

[3.17]



$$A_{calibre\_freno} = 0.176$$

[3.18]

$$B_{calib\_freno} = 0$$

[3.19]

### 3.4. VEHICULO RENAULT KANGOO

Renault es una empresa dedicada al diseño y la fabricación de vehículos, desde vehículos industriales, pasando por vehículos utilizados para la primera guerra mundial, hasta utilitarios. La aventura de la marca francesa comienza cuando la sociedad Renault Freres da sus primeros pasos en 1898. El taller de Louis Renault era una cabaña situada a las afueras de Paris, en Billacourt. El primer modelo fabricado es la Voiturette tipo.

El modelo de furgoneta Renault Kangoo, nade en el año 1997 como sustituto de la Renault Express. Este modelo fue sometido a un rediseño en el año 2003, modelo utilizado para la realización del proyecto.

La Renault Kangoo utilizada durante el desarrollo del proyecto, tiene un motor de 1900 cm<sup>3</sup> de cilindrada, diesel, atmosférico, inyección indirecta y 54 CV de potencia a 4000 rpm con un par máximo de 120 Nm a 2250 rpm.



**3.4. Renault Kangoo**

**Fuente: Elaboración propia.**



Para más detalle del vehículo utilizado a continuación se adjunta la ficha técnica del modelo.

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Denominación comercial</b>   | <b>Kangoo D55</b>            |
| <b>Tipo motor</b>   | <b>F8Q632</b>                |
| <b>Tipo de Carrocería</b>   | <b>Vehículo comercial</b>    |
| <b>Número de puertas</b>  | <b>5</b>                     |
| <b>Largo / ancho / alto (mm)</b>  | <b>3 995 / 1 663 / 1 827</b> |
| <b>Batalla / vía delantera - trasera (mm)</b>                                       | <b>2 600 / 1 405 - 1 410</b> |
| <b>Coefficiente Cx / Superficie frontal (m<sup>2</sup>) / Factor de resistencia</b> | <b>0,35 / 2,61 / 0,91</b>    |
| <b>Peso (kg)</b>  | <b>1 055</b>                 |
| <b>Tipo de depósito:</b>  |                              |
| <b>Combustible Gasóleo (litros)</b>   | <b>52</b>                    |
| <b>Volúmenes de maletero:</b>   |                              |
| <b>Volumen con una fila de asientos disponible (litros)</b>                         | <b>2 500</b>                 |
| <b>Volumen mínimo con dos filas de asientos disponibles (litros)</b>                | <b>550</b>                   |
| <b>Número de plazas / Distribución de asientos</b>                                  | <b>5 / 2 + 3</b>             |
| <b>Combustible</b>  | <b>Gasóleo</b>               |
| <b>Potencia máxima CV - kW / rpm</b>  | <b>54 - 40 / 4000</b>        |
| <b>Par máximo Nm / rpm</b>  | <b>120 / 2250</b>            |

### 3.5. Ficha técnica Renault Kangoo

Fuente: Renault.com

|  |   |
|--|---|
| <b>Características motor:</b>                  |   |
| Número de cilindros                            | 4 - En línea  |
| Material del bloque / culata                   | Hierro / Aluminio                                       |
| Diámetro x carrera (mm)                        | 80,0 x 93,0   |
| Cilindrada (cm <sup>3</sup> )                  | 1 870   |
| Relación de compresión                         | 21,5 a 1  |
| Distribución                                   | 2 válvulas por cilindro. Un árbol de levas en la culata |
| Alimentación                                   | Inyección Indirecta                                     |
| Tracción                                       | Delantera   |
| Caja de cambios                                | Manual, 5 velocidades                                   |
| Suspensión delantera (estructura/muelle)       | Tipo McPherson / Resorte helicoidal                     |
| Suspensión trasera (estructura/muelle)         | -- / Barra de torsión                                   |
| Barra estabilizadora (delante/detrás)          | Sí / Sí   |
| Frenos delanteros (diámetro mm)                | Disco ventilado (259)                                   |
| Frenos traseros (diámetro mm)                  | Tambor (203)  |
| Dirección:                                     |   |
| Tipo   | Cremallera  |
| Asistencia en función de la velocidad          | No  |
| Desmultiplicación en función de la velocidad   | No  |
| Desmultiplicación no lineal                    | No  |
| Desmultiplicación dirección                    | --  |
| Dirección a las cuatro ruedas                  | No  |
| Diámetro de giro entre bordillos / paredes (m) | 10,4 / --   |
| Vueltas de volante entre topes                 | 3,4   |
| Neumáticos delanteros                          | 175/65 R14  |
| Neumáticos traseros                            | 175/65 R14  |
| Llantas delanteras                             | 5,5 x 14  |
| Llantas traseras                               | 5,5 x 14  |

### 3.6. Ficha técnica Renault Kangoo

Fuente: Renault.com



### 3.5. HISTORIA.

Como cualquier otra tecnología los primeros bancos dinamométricos eran caros y poco exactos en sus mediciones, al comiendo los bancos dinamométricos realmente no fueron creados para realizar pruebas a los vehículos, si no, eran máquinas adaptadas para realizar dicha función. Conforme pasaban los años y estos tenían mayor exactitud los fabricantes de vehículos se fueron interesando en esta máquina, ya que podían realizar pruebas sin tener que salir al exterior, sin así desvelar sus nuevos modelos de vehículos. Hoy en día las marcas tienen tanto bancos dinamométricos para motores como para introducir el vehículo completo obteniendo un sinfín de datos.

Su nombre inicial era Graham-Desaguliers dinamómetro fue inventado por George Graham y mencionado en los escritos de Jonh Dsaguillier, pero fue publicado en 1798 por Edme Regnier ingeniero francés que se dedicada a la construcción de rifles en Francia. La patente fue otorgada a Siebe y Marriot de Fleet Street en Londres para una maquina de pesaje mejorada.

Pero fue Froude Hofmann de Worcester en Reino Unido, que fabricaba motores y vehículos dinamométricos. Donde nació el dinamómetro hidráulico en 1877 aunque sus primeras unidades vendidas fue sobre el año 1881.

La empresa alemana “Carl Schenk Eisengieerei und Waagenfabrik” construyó los primeros dinamómetros de vehículos para las pruebas de freno en 1931, que tienen el diseño básico de los actuales bancos de potencia.



# Método de análisis.



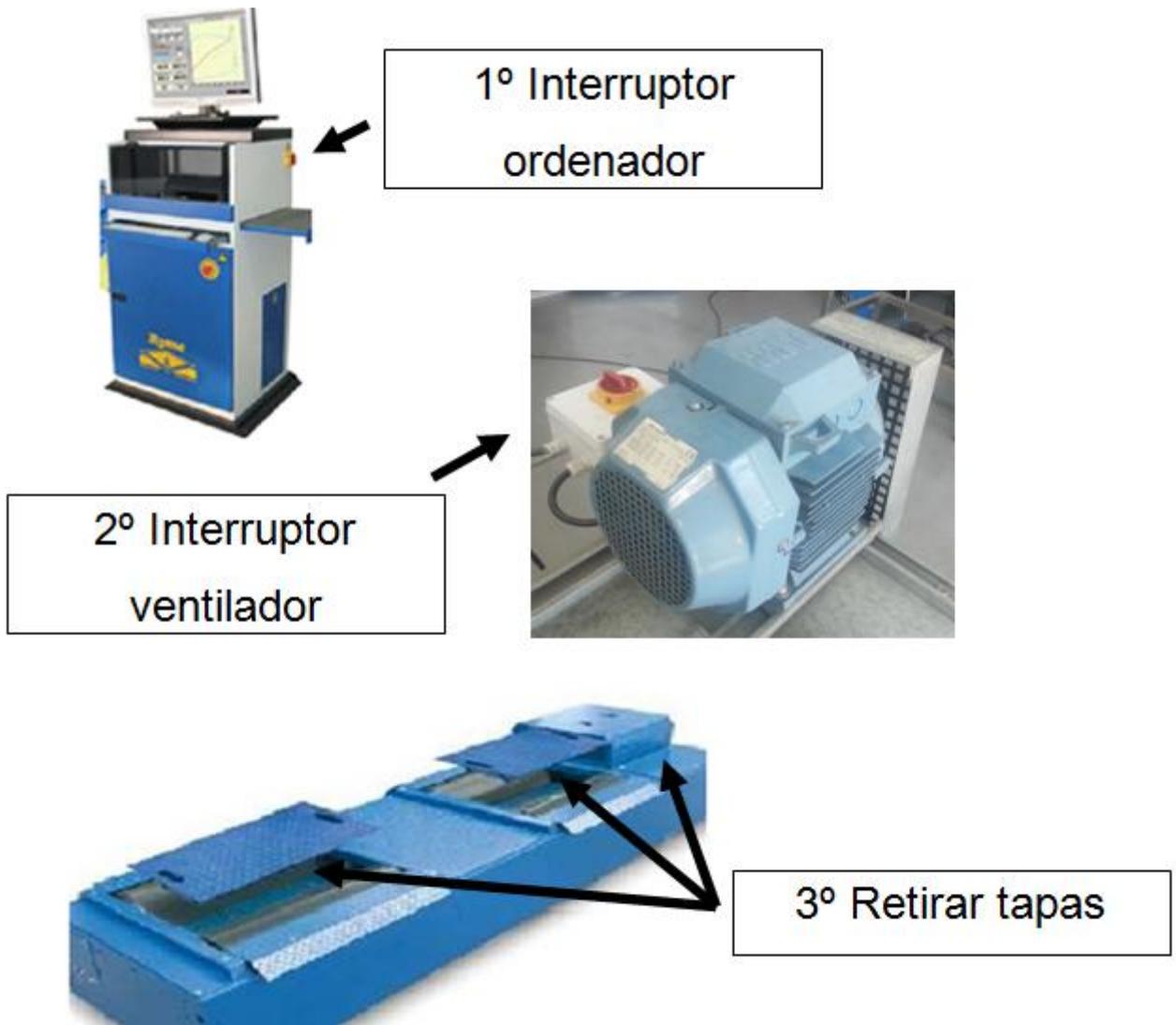
## 4. MÉTODO DE ANÁLISIS.

### 4.1. MÉTODO DE ANÁLISIS CON EL BANCO.

A continuación se detalla todo el proceso que se debe realizar para hacer un correcto uso del banco de rodillos, ya que se trata de una herramienta de trabajo que si no se tienen en cuenta las medidas de seguridad puede ocasionar grandes daños. Estas medidas de seguridad se redactaran a continuación para el correcto uso del banco dinamométrico.

#### 4.1.1. Puesta en marcha.

Una vez dentro del taller se procederá a encender el ordenador que controla el sistema desde el interruptor colocado a la derecha del bloque que contiene al ordenador y retirar el protector que cubre la pantalla, lo segundo que debemos hacer es encender el ventilador, que empezará a funcionar automáticamente cada vez que el vehículo supere la velocidad de 5 km/h, por último retiraremos todas las tapas que cubren tanto los rodillos como el freno.



4.1. Puesta en marcha banco dinamométrico.

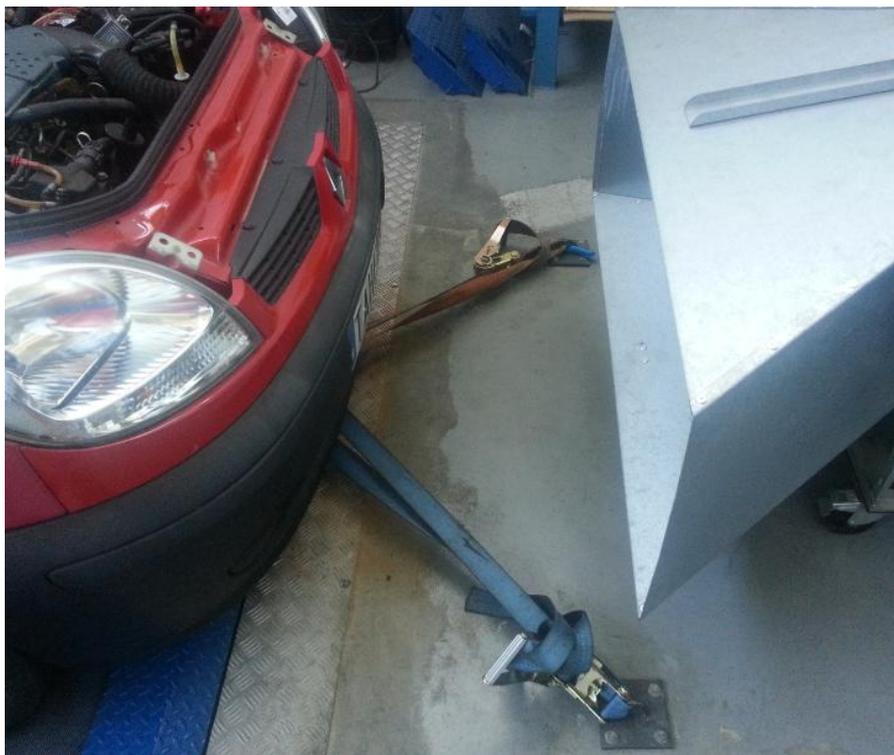
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Introducir vehículo.

Antes de introducir el vehículo debemos asegurarnos de que el lugar está despejando, que las plataformas de los rodillos estén subidas y los rodillos bloqueados.

Una vez comprobado, se colocará el vehículo sobre las dos líneas blancas que guían al vehículo hacia los rodillos, una vez comprobado que está totalmente centrado aceleramos y colocamos las ruedas motrices sobre los rodillos.

Una vez introducido el vehículo sobre los rodillos se procede al atado del coche con cuatro eslingas por si hubiese algún problema. Para evitar el contacto de la eslinga con alguna parte activa del vehículo como una rueda, se colocan en forma de cruz, es decir, la rueda derecha se ata a los anclajes del lateral izquierdo y viceversa. Las eslingas se amarran a los brazos de suspensión, con el cuidado de no aprisionar ningún tubo o algún otro elemento y de no tocar el tubo de escape.



**4.2. Posición correcta eslingas.**

**Fuente: Elaboración propia.**



Antes de tensarlas, se pulsa el botón “**introducir vehículo**” para bajar la plataforma de apoyo y se desbloqueen los rodillos. Una vez hecho esto, se tensan las eslingas sin llegar a tensarlas del todo, ya que esto produciría que el coche patinase, se acciona el freno de mano para mayor seguridad. Siempre nos aseguraremos que éste no frena las ruedas motrices. Se puede comprobar fácilmente teniendo el vehículo en punto muerto empujando los rodillos con un pie, si estos giran podemos afirmar que el freno de mano no se acciona en las ruedas motrices.

Una vez tensadas las eslingas, nos aseguraremos de que ningún sobrante de ésta pueda causarnos ningún problema enrollándola debidamente alrededor del tensor.

Si al acceder al taller y el vehículo ya está introducido, se tendrá que comprobar si las eslingas están bien tensas observando siempre los trozos de eslingas sobrantes estén bien enrolladas en el tensor, para no ocasionar problemas.

#### **4.1.3. Uso del banco.**

Una vez introducido el vehículo se puede empezar a utilizar el banco haciendo las pruebas que se le desee, pero hay que tener ciertas precauciones a tener en cuenta:

- Comprobar que la evacuación de los gases es la correcta, si se observa que el taller se empieza a llenar de humo se debe abrir más el portón o colocar un extractor de gases a la salida del tubo de escape.
- No superar nunca los 300 km/h en un ensayo, ya que la marca no nos asegura el correcto funcionamiento del sistema a partir de esa velocidad.

- No utilizar el freno del vehículo mientras se realiza una prueba, en caso de emergencia pisar el embrague y poner punto muerto.
- Observar que todas las personas ajenas se mantengan a una distancia prudente a los rodillos en rotación.
- Trabajar siempre en parejas, por seguridad.
- La refrigeración que ofrece el ventilador en algunos casos puede ser insuficiente, por lo tanto, si notamos que el vehículo está muy caliente parar inmediatamente y esperar a que se enfríe. Haremos lo mismo si notamos que el motor del ventilador o el freno están muy calientes.

#### **4.1.4. Sacar vehículo.**

Para sacar el vehículo se destensan las eslingas, se suelta el freno de mano y por último se pulsará en el menú principal el botón “**sacar vehículo**” para que se bloqueen los rodillos y se suban las plataformas.

Una vez hecho esto, se quitan las eslingas con el cuidado de no dejar ningún tensor en el camino de la rueda, ya que se podría romper el tensor o incluso pinchar el neumático. Con esto hecho, se arranca el vehículo, sacándolo despacio y con cuidado.

#### **4.1.5. Apagado del sistema.**

Cuando se termina de hacer las pruebas, se debe apagar el ordenador, desconectando siempre después del apagado el interruptor rojo con el que lo se encendió, y se le pone el protector a la pantalla. Se desconecta del botón correspondiente el ventilador, y se pone la tapa del freno, y las tapas de los rodillos si no queda ningún vehículo dentro del banco.



El último grupo que ha ensayado deja el vehículo sobre los rodillos, es decir, al terminar, si el vehículo se va a quedar ahí, se deja montado sobre los rodillos. Si el que va a ensayar se encuentra el vehículo en los rodillos y quiere ensayar con otro coche, él debe de ser el encargado de sacar el coche, y de introducir el suyo, pero no tiene la obligación de volver a introducir el otro coche en los rodillos.

## **4.2. METODO DE ANÁLISIS CON EL SOFTWARE.**

### **4.2.1. Desarrollo.**

Para el desarrollo de este software se ha trabajado, como veíamos en la introducción, un equipo de 3 ingenieros formado por Alejandro Garrido López y Fabián Barea Vizuete, encargados del análisis y la validación del software, junto con Alberto Acebedo García, encargado de la programación del mismo.

El trabajo realizado por Alejandro y Fabián respecto al software se basa en estos tres aspectos.

- **Interface:** Es el aspecto del programa, la misión principal era asegurar que todas las pantallas tuviesen el aspecto correcto, que se viesen bien todos los datos, sin cortes en palabras, que se visualizasen todos los datos necesarios, y que no apareciesen pocos decimales en los datos, ni tampoco excesivos.

- **Funcionamiento del programa:** Respecto al funcionamiento general del programa, la pareja formada por Alejandro y Fabián se encargaron de probar todos y cada uno de los comandos posibles, desde la configuración, hasta la gestión del banco pasando por las bases de datos, para asegurar de que el funcionamiento era el correcto.
- **Funcionamiento de las pruebas:** El fin de este software se basa en el control del banco dinamométrico para poder realizar ensayos con un valor y dar validez a los resultados obtenidos en dichas pruebas, cosa que no se conseguía con el software antiguo. Todas las pruebas fueron probadas, probando diferentes tipos de fórmulas en cada una de ellas hasta conseguir el resultado que más se acercaba a la realidad.

### 4.2.2. Interfaz.

El primer día de trabajo se visitó el taller junto con Alberto, quien instaló el software y observando sus funciones y su utilización, para poder trabajar con él. A partir de aquí, Alejandro y Fabián, se empezó a trabajar con el software, y a observar los diferentes aspectos mencionados antes, siempre desde el ordenador del taller.

Estos dos aspectos se han ido evaluando en el taller sin Alberto, a medida que Alberto instalaba las novedades, se evaluaban mandando informes de los fallos y las posibles mejoras, para que se programasen. Una vez los programaba, se accedía al taller, se instalaba de nuevo el programa con las mejoras, y se volvíamos a evaluar.

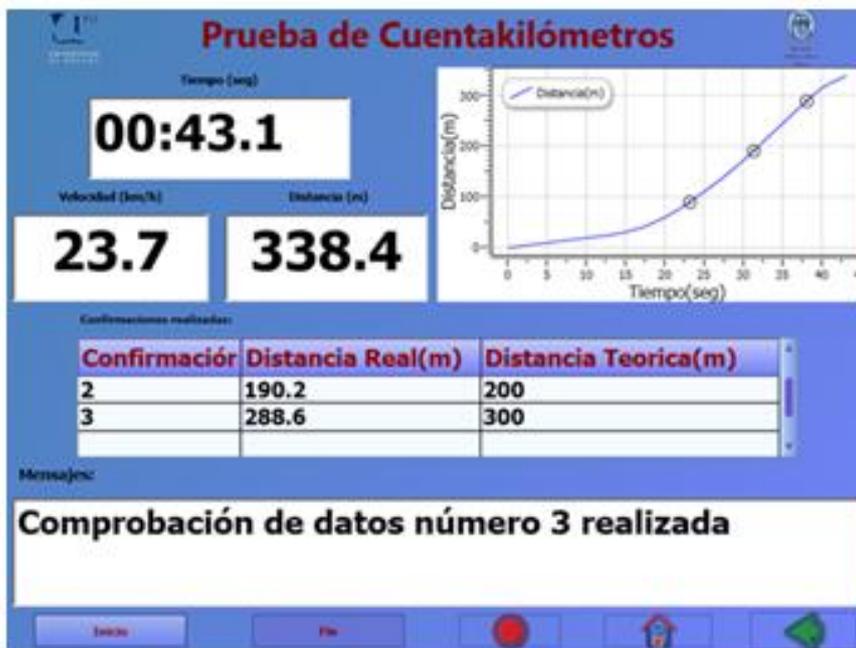
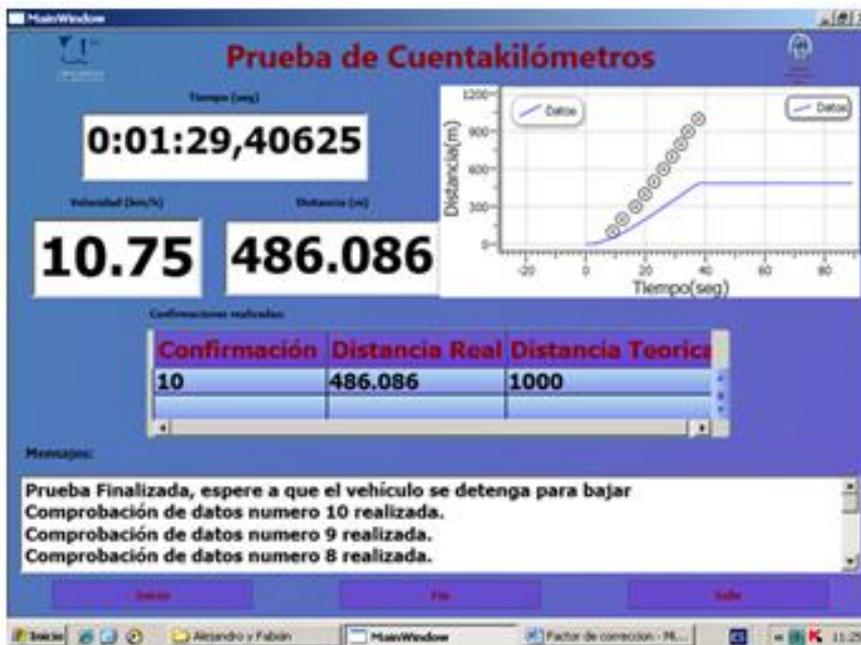


En esta fase del desarrollo del software, para probar tanto el funcionamiento como el aspecto de las pruebas, se realizaba prueba por prueba, observando exclusivamente el aspecto, en los datos que se querían mostrar y no mostrar, tanto en la realización de la prueba como en el informe y en el funcionamiento del programa en sí para llegar a realizar la prueba, es decir, la serie de pasos que se debían de dar para llegar a realizar una prueba, el proceso de guardado de los informes o el acceso a los resultados, todo ello sin fijarse en los resultados que se obtenían en las pruebas eran correctos o no.

En el interfaz, los objetivos principales han sido los siguientes:

- Conseguir un aspecto claro, limpio y presentable.
- Mostrar solo los datos necesarios, sin exceso ni defecto de ellos.
- Mostrar los resultados con un número de decimales acorde al dato.
- No hubiese ningún número o palabra cortado
- Fácil de lectura para el usuario.
- Saber en todo momento en que parte del programa nos encontramos.
- Eliminar las faltas de ortografía

En la siguiente imagen se muestra uno de los muchos ejemplos corregidos. Se puede observar la pantalla tras la primera programación y una vez corregida.



4.3. Corrección de errores en interfaz.

Fuente: Nuevo software banco de potencia



#### **4.2.3. Funcionamiento del programa.**

Respecto al funcionamiento del programa se ha probado hasta la última función que se puede realizar con el software, desde el acceso al programa hasta cada pestaña del menú de configuración, asegurándose de que todas cumplen su función.

Se ha buscado siempre dar la facilidad al usuario del software para trabajar sencillamente con él, poniendo botones con significados claros, con pestañas aclarativas y guiando siempre al usuario para que sepa en qué parte del programa se encuentra, ofreciendo siempre la posibilidad de volver atrás o a la pantalla principal, en el manual de uso del banco se detallarán cada uno de los detalles y posibilidades que ofrece el software.

Como vemos en las imágenes anteriores se sustituyeron los botones inferiores por otros más intuitivos que hacen que el manejo del programa sea más sencillo.

#### **4.2.4. Funcionamiento de las pruebas.**

Para verificar el funcionamiento de las pruebas el método de trabajo ha sido diferente que para los otros dos aspectos del software. Primero Alejandro y Fabián, se realizaban todas las pruebas con el programa antiguo, y con la documentación pertinente, se decidía qué prueba tenía un buen funcionamiento, y cual no.

A partir de ahí se empezó a trabajar con el nuevo software, buscando el buen funcionamiento de cada prueba comparándose los resultados con los del programa antiguo, si esa prueba había sido dada como válida, o comparando los resultados que se habían estimado correctos, si esta prueba no tenía un buen funcionamiento en el software antiguo.

Una vez analizadas las pruebas, se mandaban a Alberto los resultados obtenidos y se buscaban las posibles soluciones a los problemas en conjunto, quedando en el taller junto con Alberto para implementar las nuevas fórmulas que cada uno había buscado, y realizar de nuevo la prueba buscando la validez de ésta, tantas veces como podíamos.

### **4.3. METODO DE ANÁLISIS INDIVIDUAL.**

Para la verificación de las pruebas, y la búsqueda de información, para poder llegar a los resultados válidos para cada prueba, se dividieron las pruebas para optimizar el trabajo, y cada uno se encargó de la mitad de las pruebas, estudiando a fondo cada uno de los parámetros que intervenían en cada prueba, para después probar con Alberto la programación válida que diese el resultado óptimo esperado. Todo ello siempre sin dejar de lado el trabajo del otro, ya que muchas de las pruebas estaban relacionadas entre sí, entonces se buscaba información por su parte y después se hacía una puesta en común con toda la información para cada prueba, incluyendo a Alberto que también ayudaba en este sentido.





# Análisis del nuevo software.



## 5. ANÁLISIS DEL NUEVO SOFTWARE.

En este capítulo se va a analizar el desarrollo del nuevo software comenzando con los tipos de frenos utilizados, para la realización de las pruebas, la matemática que incluye el desarrollo del programa para el correcto funcionamiento de todas las pruebas, se procederá a reflejar los códigos de programación que han sido revisados por Alejandro y Fabián.

Con esto se pretende dar una visualización global del desarrollo a lo que datos técnicos se refiere, en el siguiente capítulo (Capítulo 6) se procederá a centrarnos en la interfaz del programa mejorando así la maniobrabilidad del mismo.

### 5.1. FRENO POR PRUEBA.

#### 5.1.1. Freno fuerza constante.

Este freno se utiliza para la realización de la prueba de fuerza constante en la que se ejerce un freno que va aumentando hasta igualar al valor consigna que le hemos introducido, calculando mediante la galga el par de frenado ejercido mediante el motor de corrientes Foucault.

#### 5.1.2. Freno velocidad constante.

Este freno funciona igual que el freno del apartado anterior, si el vehículo supera en 5 km/h la velocidad consigna introducida aumenta el par de frenado hasta igualar la velocidad del vehículo con la velocidad consigna.

### 5.1.3. Freno carretera.

Es el freno más complicado ya que debe incluir las tres fuerzas que intervienen en la circulación de un vehículo por una carretera, como son, la resistencia a la rodadura, la resistencia aerodinámica, y la resistencia a la inercia.

Para más detalle, a continuación se exponen las fórmulas mediante las que el software calcula el freno que debe ejercer. Aplicando un par de frenado correspondiente a cada situación de circulación.

$$\begin{aligned} \text{Par consigna} &= A_{\text{calibre\_freno}} \cdot mV_{\text{consigna\_freno}} + B_{\text{calib\_freno}} \\ &= \text{Fuerza consigna} \cdot \frac{D_{\text{rodillos}}}{2} \end{aligned} \quad [5.1]$$

Donde  $mV_{\text{consigna}}$  son los milivoltios a aplicar al freno del banco de rodillos para ejercer el mismo par de frenado

$$mV_{\text{consigna\_freno}} = C_0 + C_{\text{aceleracion}} \cdot (\text{pulsos} - \text{pulsos}_{\text{ant}}) + C_{\text{aero}} \cdot \text{pulsos}^2 \quad [5.2]$$

$$C_0 = \frac{d_{\text{rodillos}} \cdot m \cdot g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} - B_{\text{calib\_freno}}}{2 \cdot A_{\text{calibre\_freno}}} \quad [5.3]$$

$$C_{\text{aceleracion}} = \frac{\left(m - \frac{4 \cdot I}{d_{\text{rodillos}}^2}\right) \cdot \frac{d_{\text{rodillos}}^2 \cdot g_p \cdot f_p}{4}}{90 \cdot A_{\text{calibre\_freno}} \cdot t_p^2} \quad [5.4]$$

$$C_{aero} = \frac{\left( \frac{d_{rodillos} \cdot g_p \cdot f_p \cdot \pi}{2 \cdot 90 \cdot t_p} \right)^2 \cdot \frac{d_{rodillos} \cdot C_x \cdot S \cdot \delta_{aire}}{2}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}}$$

[5.5]

#### 5.1.4. Freno en vacío.

Las pruebas de velocímetro, cuentakilómetros y curva de potencia el freno no actúa, por lo tanto los rodillos giran libremente sin ser frenados.

## 5.2. MATEMÁTICA IMPLEMENTADA.

### 5.2.1. Distancia.

La distancia es una magnitud muy importante en todas las pruebas exceptuando la prueba curva de potencia, en la cual el dato de distancia no se utiliza. Se calcula a partir del dato “pulsos\_desp”, recibido directamente por el sensor de distancia, con la siguiente fórmula:

$$Distancia = pulsos\_desp \cdot Perimetro_{rodillo} \cdot f_p$$

[5.6]

Siendo:

- *Distancia* (metros)
- $f_p$  = Factor corrección perímetro rueda
- $Diámetro_{rodillo} = 0.352$  metros
- $Perímetro_{rodillo} = Diámetro_{rodillo} \cdot \Pi$



### 5.2.2. Velocidad lineal.

La velocidad es una magnitud que se utiliza en todas las pruebas, importante para saber las prestaciones de nuestro vehículo y para la seguridad del taller.

$$Velocidad = \left( \frac{Distancia_{instantanea}}{Pulse\ Time} \right) \cdot 3.6 \cdot f_p \quad [5.7]$$

Siendo:

- $Distancia_{instantanea} = N^{\circ}vuelatas \cdot Diametro_{rodillo} \cdot \Pi$
- $Pulse\ Time = 0.02\ segundos$
- $f_p = Factor\ corrección\ perímetro\ rueda$
- $Velocidad \left( \frac{km}{h} \right)$

### 5.2.3. Numero de vueltas rodillo.

Mediante esta fórmula se calculan las vueltas que da el rodillo del banco dinamométrico.

$$N^{\circ}vuelatas = \frac{pulsos}{Encoder_{rodillo}} \quad [5.8]$$

Siendo:

- $Encoder_{rodillo} = 1000\ pulsos/vuelta$

#### 5.2.4. Frecuencia.

La frecuencia se define como la cantidad de vueltas que da por segundo, es decir revoluciones por segundo, dato que más tarde se utiliza para calcular la velocidad angular del rodillo.

$$frecuencia = \frac{N^{\circ}vueltas}{t_p} \quad [5.9]$$

Siendo:

- $t_p = tiempo\ por\ pulso\ (s) = \frac{1}{frecuencia\ datos} = \frac{1}{25} (s)$  [5.10]

#### 5.2.5. Velocidad angular rodillo.

Es la velocidad angular en radianes por segundo que se utiliza posteriormente para el cálculo de la aceleración angular en la prueba curva de potencia.

$$W_{rodillo} = 2 \cdot \Pi \cdot f \quad [5.11]$$

Siendo:

- $f =$  frecuencia rodillo

#### 5.2.6. Velocidad angular rueda.

Una vez obtenida la velocidad angular del rodillo se procede a calcular la velocidad angular de la rueda.

$$W_{rueda} = \frac{W_{rodillo} \cdot \Pi \cdot Diámetro_{rodillo}}{Perímetro_{rueda}}$$



[5.12]

Siendo:

- $W_{rodillo}$  = Velocidad angular rodillo ( $\frac{rad}{s^2}$ )
- $Diámetro_{rodillo}$  = 0.352 metros
- $Perímetro_{rueda}$  =  
*Perímetro del neumático dependiendo de sus medidas*

### 5.2.7. Aceleración angular.

La aceleración angular de la rueda es el dato con el que se calcula el par motor, haciendo siempre esta prueba en la marcha en la que la relación de engranajes se acerque más a uno, para que el valor sea el más cercano a la realidad. Se calcula a partir del dato “pulsos con las siguientes fórmulas:

$$\alpha_{rueda} = \frac{W_{rueda} - W_{rueda-1}}{t_p} \cdot f_p$$

[5.13]

Siendo:

- $W_{rueda}$  = velocidad angular rueda ( $\frac{rad}{s}$ )
- $W_{rueda-1}$  = velocidad angular rueda lectura anterior ( $\frac{rad}{s}$ )
- $f_p$  = factor corrección perímetro rueda
- $t_p$  = tiempo por pulso (s) =  $\frac{1}{frecuencia\ datos} = \frac{1}{25}$  (s)

### 5.2.8. Par motor.

El par motor es el que se utiliza únicamente en la prueba de curva de potencia, en la que se hallan la potencia y el par del motor, hallando primero el par que ofrece el vehículo sin resistencia alguna, y sumándole las pérdidas mecánicas calculadas en al deceleración del coche al soltar el pie del acelerador, la fórmula utilizada es la siguiente:

$$Par_{Motor} = I \cdot \alpha_{rueda} \quad [5.14]$$

Siendo:

- $Par_{Motor}$  (Nm)
- $I = Inercia_{banco} = 20.54 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
- $\alpha_{rueda} = \text{aceleración angular en rueda}$  ( $\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ )

### 5.2.9. Potencia motor.

La potencia del motor se calcula a partir del par motor y el régimen del motor en cada momento, obteniendo la siguiente fórmula.

$$Potencia_{Motor} = \frac{Par_{Motor} \cdot W_{rpm}}{735} \quad [5.15]$$

Siendo.

- $W_{rps} = \frac{RPM \cdot 2 \cdot \Pi}{60}$
- $Par_{Motor}$  (Nm)
- $RPM = \text{Revoluciones por minuto del motor}$



### 5.2.10. Fuerza resistente.

Es la fuerza que mide el sensor de la galga dinamométrica que se encuentra en el banco, que nos envía el dato “ milivoltios”, del cual hallamos la fuerza resistente en ese momento en el rodillo, y por lo tanto en la rueda del vehículo, este dato se visualiza en las pruebas de Fuerza y velocidad constante, además de en la de Carretera.

$$Fuerza = mV_{galga} \quad [5.16]$$

Siendo:

- *Fuerza* (Nm)

### 5.2.11. Par resistente.

Se calcula a partir de la fuerza resistente, y es el par resistente que ofrece el rodillo al vehículo en el avance.

$$Par_{resistente} = Fuerza \cdot Radio_{rodillo} \quad [5.17]$$

Siendo:

- $Par_{resistente}$  (Nm)
- $Radio_{rodillo} = 0.176$

### 5.2.12. Potencia resistente.

Se calcula a partir del par resistente, y es la potencia resistente que ofrece el rodillo al vehículo en el avance.

$$Potencia_{resistente} = \frac{Par_{resistente} \cdot W_{rodillo}}{735} \quad [5.18]$$

Siendo:

- $W_{rodillo}$  = Velocidad angular rodillo
- $Potencia_{resistente}$  (CV)
- $Par_{resistente}$  (Nm)

### 5.2.13. Temperatura y presión.

Este sensor capta la temperatura ambiente que envía un dato en “milivoltios”, que se transforma de la siguiente forma a grados centígrados.

$$Temperatura = A_{temperatura} \cdot milivoltios_{temperatura} + B_{temperatura} \quad [5.19]$$

Siendo:

- $Temperatura$  (°C)
- $A_{temperatura} = 0.176$
- $B_{temperatura} = 0$



Este sensor capta la presión ambiental que envía un dato en “milivoltios”, que se transforma de la siguiente forma a mili bar.

$$Presión = A_{presión} \cdot milivoltios_{presión} + B_{presión} \quad [5.20]$$

Siendo:

- *Presión (mbar)*
- $A_{presión} = 0.245$
- $B_{presión} = 105.55$

### 5.3. PROGRAMACIÓN DE LAS PRUEBAS.

En este capítulo se procederá al desarrollo del código de programación de cada una de las pruebas que realiza el banco de rodillos de la Universidad de Málaga. Expondremos los códigos de las nueve pruebas que se han introducido en el nuevo software, aumentando así en una prueba el software original instalado llamada “Prueba de Circuito”.

#### 5.3.1. Pruebas de velocímetro y cuentakilómetros.

La programación de las dos primeras pruebas, que son la prueba de velocímetro y tacómetro tiene el siguiente código de programación donde en primer lugar se inicializa el banco de rodillos, se realizan las mediciones de cada trama de datos recibidas del banco de rodillos, se calcula la velocidad y distancia, a continuación, al terminar la prueba deja de medir datos recibidos del banco de rodillos. En esta prueba se pretende verificar el error tanto del cuentakilómetros como el velocímetro del vehículo.

```

private void initializeBanco()
{
    Banco.Open();
    Banco.EnviaCambiarControl(0);
    Banco.EnviaCambiarMuxRueda(0);
    Banco.EnviaSaltoMuestras(0);
    Banco.EnviaMedirDistancia();
    Banco.EnviaCambiarMuxRpm(1);
    Banco.EnviaMandarDatos();

}

//Mediciones por cada trama de datos recibida
protected override void HandleDataReceived(DatosEventArgs data, long tiempo)
{
    //Calculo Velocidad y distancia
    double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(data.Pulsos,
CorrectionFactor);

    //La velocidad se calcula a partir de los pulsos recorridos
    Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,
CorrectionFactor);

    //Haría notificación a interfaz y a la base de datos
}

//Terminamos la prueba y dejamos de medir
private void stopBanco()
{
    Banco.EnviaNoMandarDatos();
    Banco.Close();
}

```

### 5.3.2. Pruebas 0 – 100 km/h y 0 – 1000 m.

Este fragmento de código representa las pruebas de 0 – 100 km/h y la prueba de 0 – 1000 m, la diferencia principal con las pruebas de cuentakilómetros y velocímetro es, que también inicializa las formulas del freno de carretera, que en estas dos pruebas se utiliza (Ccar0, CcarAcel, CcarAero).

```

private void initializeBanco()
{
    double Ccar0 = MeasureConverter.CalcularCcar0(conditions.MasaTotal, 0,
conditions.Rozamiento) / 4;
    double CcarAcel = MeasureConverter.CalcularCcarAcel(conditions.MasaTotal,
FactorCorrection) / 4;
    double CcarAero =
MeasureConverter.CalcularCcarAero(conditions.Aerodinamico, conditions.Superficie,
FactorCorrection) / 4;
    double CcarPulsos = 0;
}

```



```
Comunication.Open();  
Comunication.EnviarCambiarMuxRueda(0);  
Comunication.EnviarSaltoMuestras(0);  
Comunication.EnviarMedirDistancia();  
Comunication.EnviarCambiarMuxRpm(1);  
Comunication.EnviarCambiarControl(3);
```

```
Comunication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoCar,  
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,  
    ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, Math.Round(Ccar0, 10),  
Math.Round(CcarAcel, 10), Math.Round(CCaraero, 10), CcarPulsos);  
    Comunication.EnviarMandarDatos();  
}  
  
//Mediciones por cada trama de datos recibida  
protected override void HandleDataReceived(DatosEventArgs data, long tiempo)  
{  
    //Calculo Velocidad y distancia  
    double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(data.Pulsos,  
CorrectionFactor);  
    //La velocidad se calcula a partir de los pulsos recorridos  
    Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,  
CorrectionFactor);  
}
```

### 5.3.3. Prueba de carretera.

La programación de la prueba donde se simulan las características de un coche circulando por una carretera, es la siguiente, donde podemos observar un código donde se utilizan las unidades de fuerza, par, potencia y otro fragmento que se utiliza para las variaciones de pendiente.

```
private void initializeBanco()  
{  
    double Ccar0 = MeasureConverter.CalcularCcar0(conditions.MasaTotal, 0,  
conditions.Rozamiento) / 4;  
    double CcarAcel = MeasureConverter.CalcularCcarAcel(conditions.MasaTotal,  
FactorCorrection) / 4;  
    double CCaraero =  
MeasureConverter.CalcularCcarAero(conditions.Aerodinamico, conditions.Superficie,  
FactorCorrection) / 4;  
    double CcarPulsos = 0;  
  
    Comunication.Open();  
    Comunication.EnviarCambiarMuxRueda(0);  
    Comunication.EnviarSaltoMuestras(0);
```

```
Comunication.EnviarMedirDistancia();
Comunication.EnviarCambiarMuxRpm(1);
Comunication.EnviarCambiarControl(3);

Comunication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoCar,
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,
    ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, Math.Round(Ccar0, 10),
Math.Round(CcarAcel, 10), Math.Round(CCaraero, 10), CcarPulsos);
    Comunication.EnviarMandarDatos();
}

//Mediciones por cada trama de datos recibida
protected override void HandleDataReceived(DatosEventArgs data, long tiempo)
{
    double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(data.Pulsos,
CorrectionFactor);
    Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,
CorrectionFactor);
    double force = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinKNewton(datos.MVsalida);
    double par = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinNM(datos.MVsalida);
    double perimeter = ((RoadTest)ActualTest).WheelPerimeter;
    double power = MeasureConverter.CalculatePowerCV(datos.Pulsos, par,
CorrectionFactor);

}

//Cambio de pendiente
private void sendNewGradient()
{
    double Ccar0 = MeasureConverter.CalcularCcar0(Parameters.MasaTotal,
Parameters.Pendiente, Parameters.Rozamiento) / 4;
    double CcarAcel = MeasureConverter.CalcularCcarAcel(Parameters.MasaTotal,
FactorCorrection) / 4;
    double CCaraero =
MeasureConverter.CalcularCcarAero(Parameters.Aerodinamico, Parameters.Superficie,
FactorCorrection) / 4;
    double CcarPulsos = 0;

Comunication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoCar,
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,
    ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, Math.Round(Ccar0, 10),
Math.Round(CcarAcel, 10), Math.Round(CCaraero, 10), CcarPulsos);
}

//Terminamos la prueba y dejamos de medir
private void stopBanco()
{
    Comunication.EnviarCambiarControl(0);

    Comunication.EnviarNoMandarDatos();

    Comunication.Close();
}
```



#### 5.3.4. Prueba de circuito.

Aquí es donde aparece la novedad respecto al programa original que controlaba el banco de rodillos, ya que se ha introducido la prueba comentada y explicada al comienzo del capítulo de “programación de pruebas” en la que simula el circuito utilizado para obtener el consumo homologado de un vehículo.

```
internal override void initializeBanco()
{
    startTime = System.DateTime.Now.Ticks;
    Communication.Open();
    Communication.EnviarCambiarMuxRueda(0);
    Communication.EnviarSaltoMuestras(0);
    Communication.EnviarMedirDistancia();
    Communication.EnviarCambiarMuxRpm(1);
    Communication.EnviarMandarDatos();
}

//Siempre antes de empezar cada tramo inicializamos las constantes
internal void NewSectionConditons(double gradient, double cAero, double
cRozamiento, double masaAdicional)
{
    double masaTotal = (Car.Masa ?? 0) + masaAdicional;
    Ccar0 = MeasureConverter.CalcularCcar0(masaTotal, gradient, cRozamiento)
/ 4; ;
    CcarAcel = MeasureConverter.CalcularCcarAcel(masaTotal, CorrectionFactor)
/ 4; ;
    CCaraero = MeasureConverter.CalcularCcarAero(cAero, Car.Superficie ?? 2,
CorrectionFactor) / 4;
    CcarPulsos = 0;

    Communication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoCar,
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,
    ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, Math.Round(Ccar0,
10), Math.Round(CcarAcel, 10), Math.Round(CCaraero, 10), CcarPulsos);
    Communication.EnviarCambiarControl(3);
}

//Mediciones por cada trama de datos recibida
protected override void HandleDataReceived(DatosEventArgs data, long tiempo)
{
    //Calculo Velocidad y distancia
    double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(data.Pulsos,
CorrectionFactor);
    //La velocidad se calcula a partir de los pulsos recorridos
    Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,
CorrectionFactor);
}
```

```
        //Comprobaría si el tramo se ha terminado, en caso de que no, no se haría
nada

        //En caso de que si, lo cambiaría por el siguiente tramo, si no hubiese
siguiente tramo terminaría la prueba
    }

    //Terminamos la prueba y dejamos de medir
internal override void stopBanco()
{
    Communication.EnviarCambiarControl(0);
    Communication.EnviarNoMandarDatos();
    Communication.Close();
}
}
```

### 5.3.5. Prueba de fuerza constante.

En esta prueba donde se pretende simular la potencia necesaria para poder superar una fuerza de consigna introducida por el usuario a través del software, tenemos el siguiente código de programación. Se introduce un nuevo fragmento de código en el que se controla si se ha alcanzado el valor de consigna requerido.

```
private void initializeBanco()
{
    Communication.Open();
    Communication.EnviarCambiarMuxRueda(0);
    Communication.EnviarSaltoMuestras(0);
    Communication.EnviarMedirDistancia();
    Communication.EnviarCambiarMuxRpm(1);

    Communication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoFcte,
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,
ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, 0, 0, 0, 0);
    Communication.EnviarModificarConsignas(0, 0);
    Communication.EnviarCambiarControl(1);
    Communication.EnviarMandarDatos();
}

//Enviamos una nueva consigna de fuerza constante
private void sendNewObjetivo(double objective)
{
    double aux = MeasureConverter.ConvertKNMinVolt(objective);
    aux = Convert.ToInt32(Math.Round(objectiveMV, 0));
    Communication.EnviarModificarConsignas(aux, 0);
}

//Hemos alcanzado la fuerza objetivo, y se lo indicamos al banco
private void finishEstabilize()
{
}
```



```
        Communication.EnviarModificarConsignas(0, 0);
    }

    public override void HandleDataArrived(DatosEventArgs datos, long tiempo)
    {
        double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(data.Pulsos,
CorrectionFactor);
        Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,
CorrectionFactor);
        double force = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinKNewton(datos.MVsalida);
        double par = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinNM(datos.MVsalida);
        double perimeter = ((RoadTest)ActualTest).WheelPerimeter;
        double power = MeasureConverter.CalculatePowerCV(datos.Pulsos, par,
CorrectionFactor);

        //Estado de alcanzando la consigna, si la he alcanzado paso al estado
estabilizar.
        //Estado de estabilizando, si está estabilizada paso al estado de esperar
consigna.
        //Si se han realizado las mediciones indicadas, la prueba se termina
        //Si estoy esperando consigna, solo mido, y cuando el usuario indica la
nueva consigna, paso al estado de alcanzar consigna.
    }

    //Terminamos la prueba y dejamos de medir
    private void stopBanco()
    {
        Communication.EnviarNoMandarDatos();
        Communication.EnviarCambiarControl(0);
        Communication.EnviarMedirDistancia();
        Communication.Close();
    }
}
```

### 5.3.6. Prueba de velocidad constante.

El fragmento de código que representa la prueba de velocidad constante es muy similar a la prueba de fuerza constante, la diferencia más significativa es, que una trabaja con el valor de fuerza mientras que esta prueba, utiliza el valor de velocidad como consigna a estabilizar. Se utilizar para calcular la potencia y el par necesario para mantener el vehículo a esa velocidad introducida por el usuario que realiza la prueba.

```
private void initializeBanco()
{
    Communication.Open();
    Communication.EnviarCambiarMuxRueda(0);
    Communication.EnviarSaltoMuestras(0);
    Communication.EnviarMedirDistancia();
    Communication.EnviarCambiarMuxRpm(1);
}
```

```
Communication.EnviarConstantesBanco(ActualConfiguration.Configuration.CFrenoVcte,
ActualConfiguration.Configuration.CProrVcte,
ActualConfiguration.Configuration.CDerVcte, 0, 0, 0, 0);
    Communication.EnviarMandarDatos();
}

//Enviamos una nueva consigna de velocidad constante
private void estabilize(double objective)
{
    double aux = MeasureConverter.ConvertKMhtoPulses(objective,
CorrectionFactor);
    Communication.EnviarModificarConsignas(0, aux);
    Communication.EnviarCambiarControl(2);
}

//Hemos alcanzado la velocidad objetivo, y dejamos de frenar
private void finishEstabilize()
{
    Communication.EnviarCambiarControl(0);
}

public override void HandleDataArrived(DatosEventArgs datos, long tiempo)
{
    double Velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMh(data.Pulsos,
CorrectionFactor);
    Distance = MeasureConverter.ConvertPulsesDespToMetres(data.PulsosDesp,
CorrectionFactor);
    double force = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinKNewton(datos.MVsalida);
    double par = MeasureConverter.ConvertMiliVoltinNM(datos.MVsalida);
    double perimeter = ((RoadTest)ActualTest).WheelPerimeter;
    double power = MeasureConverter.CalculatePowerCV(datos.Pulsos, par,
CorrectionFactor);

    //Estado de alcanzando la consigna, si la he alcanzado y es mayor a 5 km/h
paso al estado estabilizar.
    //Estado de estabilizando, si está estabilizada paso al estado de esperar
consigna.
    //Si se han realizado las mediciones indicadas, la prueba se termina
    //Si estoy esperando consigna, solo mido, y cuando el usuario indica la
nueva consigna, paso al estado de alcanzar consigna.
}

}

//Terminamos la prueba y dejamos de medir
private void stopBanco()
{
    Communication.EnviarNoMandarDatos();
    Communication.EnviarMedirDistancia();
    Communication.Close();
}
```



### 5.3.7. Curva de potencia.

En último lugar procedemos a reflejar el código de programación utilizado en la prueba de curva de potencia, en la cual se obtiene una grafica donde se muestra la potencia y par de un vehículo durante todo el rango de revoluciones de una marcha, también se reflejan las perdidas por el sistema transmisión del vehículo.

```
//Empezamos a medir datos
private void initializeBanco()
{
    Communication.Open();
    Communication.EnviarMandarDatos();
}

//Dejamos de medir datos
private void stopBanco()
{
    Communication.EnviarNoMandarDatos();
    Communication.Close();
}

//Midiendo potencia cuando el vehículo acelera
public override void HandleDataArrived(BancoPotencia.DatosEventArgs datos,
long tiempo)
{
    long time = tiempo;
    double velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(datos.Pulsos,
_test.CorrectionFactor);

    //Medimos rpms
    double loops = datos.Pulsos;
    int rpm = Convert.ToInt32(Math.Round(loops * _test.CorrelationRpm, 0));

    //Añadimo el elemento a la lista para el calculo de la aceleración media
    listPulses.Add(datos.Pulsos);

    //Calculamos velocidad angular
    double angularAcceleration =
MeasureConverter.CalculateMeanAngularAcceleration(listPulses, pulsesBefore);

    //Calculamos par
    double actualpar =
Math.Abs(MeasureConverter.CalculateTorqueRevolution(angularAcceleration));

    //Suavizamos con el valor anterior
    double par = 0.95 * parBefore + 0.05 * actualpar;
    double power = Math.Abs(MeasureConverter.CalculatePowerFromRmpCV(rpm,
par));
}
```

```
//Si la velocidad anterior es mayor que la actual
if (lastVelocity > velocity)
{
    // Si van 5 veces seguida siendo menor se le avisa al conductor
    if (cont == 5)
    {
        _test.NotifyMessage("Deje de acelererar, \nPISE EL EMBRAGUE
y\nponga punto muerto");
    }

    // Si van 14 veces seguida siendo menor, se pasa a medir pérdidas
    if (cont == 14)
    {
        _test.State = _factory.CreateMeasuringLosesState(par, listPulses,
_test);
    }
    else
    {
        cont++;
    }
}
//Si no es mayor se reinicia el contador
else
{
    cont = 0;
}

lastVelocity = velocity;

//Guardamos los pulsos anteriores para la aceleración anterior
pulsesBefore = listPulses.Sum() / listPulses.Count;

//Si la lista tiene 20 elementos le quitamos el primero
if (listPulses.Count == 20)
{
    listPulses.RemoveAt(0);
}
parBefore = par;
}
```

Dentro del fragmento de código de la curva de potencia, se ha implementado un código donde se obtienen las pérdidas por el sistema de transmisión. El banco mide una vez pisado el embrague la potencia necesaria para mover el conjunto de la transmisión sumándosela a la potencia calculada en rueda, obteniendo así la potencia a la salida del cigüeñal. También se le aplica un suavizado a las curvas obtenidas mediante una regresión no lineal para eliminar los picos obtenidos.



```
public override void HandleDataArrived(BancoPotencia.DatosEventArgs datos, long
tiempo)
{
    long time = tiempo;
    double velocity = MeasureConverter.ConvertPulsesToKMH(datos.Pulsos,
_test.CorrectionFactor);

    //Medimos rpms
    double loops = datos.Pulsos;
    int rpm = Convert.ToInt32(Math.Round(loops * _test.CorrelationRpm, 0));

    //Añadimos el elemento a la lista para el calculo de la aceleración media
    listPulses.Add(datos.Pulsos);

    //Calculamos velocidad angular
    double angularAcceleration =
MeasureConverter.CalculateMeanAngularAcceleration(listPulses, pulsesBefore);

    //Calculamos par
    double actualpar =
Math.Abs(MeasureConverter.CalculateTorqueRevolution(angularAcceleration));

    //Suavizamos con el valor anterior
    double par = 0.95 * parBefore + 0.05 * actualpar;
    double power = Math.Abs(MeasureConverter.CalculatePowerFromRmpCV(rpm,
par));

    if (rpm < 1500)
    {
        _test.QuitBreak();
        _test.State = _factory.CreateStoppingState(_test);
    }

    //Guardamos los pulsos anteriores para la aceleración anterior
    pulsesBefore = listPulses.Sum() / listPulses.Count;

    //Si la lista tiene 20 elementos le quitamos el primero
    if (listPulses.Count == 20)
    {
        listPulses.RemoveAt(0);
    }
    parBefore = par;
}
}
```

### 5.3.8. Factor de corrección.

A continuación se muestra el fragmento que hace referencia al código del factor de corrección, donde debido a que la rueda no es perfectamente redonda, se calcula el factor que corrige este error. Los factores que afectan a que la geometría del neumático no sea perfectamente redondo son:

deformación debido al peso del vehículo, presión de los neumáticos, desgaste del neumático etc.

```
//En Primer lugar se inicializa el banco para que cada vez que la fotocélula detecte la rueda, nos envía la información medida en lugar de cada pulso de reloj, es decir, para cada vez que la rueda recorre una vuelta podamos calcular la distancia recorrida
```

```
    private void openCommunication()
    {
        Communication.Open();

        Communication.EnviarSaltoMuestras(0);
        Communication.EnviarCambiarControl(0);
        Communication.EnviarMandarDatos();
        Communication.EnviarCambiarMuxRueda(1);
    }

    //Se guardan las muestras en una en la base de datos
    muestrasfactorcorreccion measure = new muestrasfactorcorreccion();
    measure.Pulsos = data.Pulsos;
    measure.Perimetro = Operations.CalculateDistance(data.Pulsos);
    measure.Indice = Window.TestData.Count;
    Window.TestData.Add(measure);

    //Se calcula la distancia media recorrida
    double meanPerimeterCalculate =
    Operations.CalculatePerimeter(Window.TestData.ToList<muestrasfactorcorreccion>());

    //Se calcula el factor de corrección a partir de la distancia media y el
    perímetro teórico del neumático
    double meanFactorCalculate =
    Operations.CalculateFactor(meanPerimeterCalculate,Window.TeoricalPerimeter);

    loopsDone++;

    //Se avisa a la interfaz
    Window.ActualizeData(loopsDone, meanFactorCalculate,
    meanPerimeterCalculate);

    //Cuando se haya completado el límite de mediciones se termina de medir
    if (loopsDone == this.MaxLoop)
        Window.State = new StopedStateCalibration(Window);
    }

    // Se realiza el cálculo matemático para la obtención de la distancia.
    internal double CalculateDistance(double pulses)
    {
        double result = pulses / 1000;
        result = result * Math.PI * 0.352;
        return result;
    }

    //Se calcula la distancia medida media
    internal override double
    CalculatePerimeter(List<muestrasfactorcorreccion> Perimeters)
```



```
{
    double result = 0;

    //Se recorre una lista donde se almacenan la distancia medida y se van sumando
    foreach (muestrasfactorcorreccion perimeter in Perimeters)
    {
        result += perimeter.Perimetro;

    //Divido por el numero de muestras medidas
        return (result / Perimeters.Count);
    }

    //Se calcula el factor de corrección a partir del perímetro medido y del
    perímetro teórico.
    internal double CalculateFactor(double Perimeter, double
    teoricalPerimeter)
    {
        return Perimeter / teoricalPerimeter;
    }

    //Cuando termina, se para de medir
    private void closeComunication()
    {
        Comunication.EnviarNoMandarDatos();
        Comunication.EnviarCambiarMuxRueda(0);
        Comunication.Close();
    }
}
```

## 5.4. MATEMÁTICA IMPLEMENTADA EN PROGRAMACIÓN.

En este capítulo se procederá a explicar el código de programación utilizado en el nuevo software para el banco de rodillos de la universidad de Málaga. La programación ha sido realizada por Alberto Acevedo García (Ingeniero Informático), mientras que la supervisión de la formulación matemática implementada en el software ha sido realizada por Alejandro Garrido López y Fabián Barea Vizúete (Ingenieros Eléctricos) con el objetivo del correcto funcionamiento del software y que al mismo tiempo no hubiera la existencia de fallos en el mismo.

Comenzamos con un fragmento de código que es utilizado durante la realización de todas las pruebas en el software, calcula la velocidad a partir de los pulsos recibidos por el encoder que tiene el banco de rodillos. Cada pulso lo envía una fotocélula cada vez que el rodillo da una vuelta completa.

Al código lee como constantes “EncoderRodillo” y “DiametroRodillo”, calculando en primer lugar las vueltas que da el rodillo, a continuación calcula la distancia recorrida y por último la velocidad a partir de los dos datos calculados anteriormente. En el caso de que utilizásemos factor de corrección, se le aplicaría.

```
public static double ConvertPulsesToKMH(double pulses, double correctionFactor)
{
    int EncoderRodillo = ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder;
    double DiametroRodillo = ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
    double vueltas = (pulses / EncoderRodillo);
    double distance = vueltas * DiametroRodillo * Math.PI;
    return ((distance / PulseTime) * 3.6) * correctionFactor;
}
```

En este fragmento de código calcula la distancia a partir de los pulsos, este también es utilizado en todas las pruebas del software.



```
public static double ConvertPulsesDespToMetres(double pulsesDesp, double
correctionFactor)
{
    double DiametroRodillo =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
    return pulsesDesp * DiametroRodillo * Math.PI * correctionFactor;
}
```

Las siguientes funciones utilizadas en el software del banco de rodillos son utilizadas para las pruebas de: fuerza constante, velocidad constante y prueba de carretera. En estas pruebas debemos aplicar un freno al banco de rodillos, por ello, calculamos un par motor, una fuerza y una potencia en rodillos.

En primer lugar calcula tres ecuaciones (Ccar0, CcarAce y CcarAero) que son utilizadas para simular las fuerzas necesarias para vencer una velocidad, pendiente, coeficiente de rozamiento etc, simulando la rodadura de un coche sobre una carretera.

Aquí podemos observar la primera de las tres ecuaciones, llamada “Ccar0”, que simula la fuerza necesaria para vencer la pendiente, coeficiente rozamiento y la masa del vehículo sobre una carretera.

```
static public double CalcularCcar0(double masa, double pendiente, double
coeficienteRozamiento)
{
    double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
    double BFreno = ActualConfiguration.Configuration.BFreno;
    double DiametroRodillo =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
    double result = (coeficienteRozamiento + pendiente) / (Math.Sqrt(1 +
Math.Pow(pendiente, 2)));
    result = result * masa * DiametroRodillo * g;
    result = result - BFreno;
    result = result / (2 * AFreno);
    return result;
}
```

En segundo lugar calcula la ecuación llamada “CcarAcel”, que simula la fuerza necesaria para vencer una aceleración del vehículo en carretera.

```
static public double CalcularCcarAcel(double masa, double factorCorreccion)
```

```

    {
        double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
        double          DiametroRodillo          =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
        int resEncoder = ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder;
        double gp = (360.0 / resEncoder);
        double I = ActualConfiguration.Configuration.Inercia;

        double aux1 = (masa - ((4.0 * I) / Math.Pow(DiametroRodillo, 2)));
        double aux = Math.PI * factorCorreccion * gp * Math.Pow(DiametroRodillo,
2);
        aux = aux / 4.0;
        double aux2 = aux1 * aux;
        double result = aux2 / (90.0 * AFreno * Math.Pow(tp, 2));
        return result;
    }

```

En tercer lugar calcula la ecuación llamada “CcarAero” que simula las fuerzas necesarias para vencer una velocidad con unos parámetros dados como son superficie frontal del vehículo, coeficiente aerodinámico, densidad del aire etc.

```

static public double CalcularCcarAero(double CoeficienteAerodinamico, double
Superficie, double factorCorreccion)
    {
        double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
        double          DiametroRodillo          =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
        double densidadAire = ActualConfiguration.Configuration.DenAire;
        int resEncoder = ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder;
        double gp = (360.0 / resEncoder);

        double result = DiametroRodillo * gp * Math.PI * factorCorreccion;
        result = result / (2.0 * 90.0 * tp);
        result = Math.Pow(result, 2);
        double aux = DiametroRodillo * CoeficienteAerodinamico * densidadAire *
Superficie;
        aux = aux / 2.0;
        result = result * aux;
        result = result / (AFreno * 2.0);
        return result;
    }

```

A continuación se implementan de nuevo tres formulas para la conversión de magnitudes eléctricas a magnitudes ingenieriles dentro del mundo automovilístico, en este caso la galga extensiométrica lee fuerzas que traduce a milivoltios que son enviados al ordenador el cual mediante el software implementado por nosotros lo traducimos a valores utilizados en el mundo del motor como son: par, potencia, fuerzas etc.



En este trozo de código de programación se muestra el cálculo de la fuerza a partir de los milivoltios leídos de la galga extensiométrica instalada en el freno del banco de rodillos. Conversión que realiza de milivoltios a Newton.

```
public static double ConvertMiliVoltinKNewton(double miliVoltios)
{
    double          mitadDiametroRodillo          =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos/ 2;
    double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
    double BFreno = ActualConfiguration.Configuration.BFreno;
    return (AFreno * miliVoltios + BFreno) / (mitadDiametroRodillo * 1000);
}
```

Igualmente que en el trozo de código anterior, ahora se muestra la programación del código para la conversión de milivoltios a par motor en Newton-Metro utilizadas para las pruebas de fuerza constante, velocidad constante y carretera.

```
public static double ConvertMiliVoltinNM(double miliVoltios)
{
    double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
    double BFreno = ActualConfiguration.Configuration.BFreno;
    return AFreno * miliVoltios + BFreno;
}
```

Por último a lo que conversiones de milivoltios a datos ingenieriles se refiere, dentro del mundo automovilístico tenemos la programación para convertir de milivoltios a potencia en rodillos.

```
public static double CalculatePowerCV(double pulses, double par, double
correctionFactor)
{
    int EncoderRodillo = ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder;
    double rad = (pulses / EncoderRodillo) * 2 * Math.PI * correctionFactor;
    double angularvelocity = rad / PulseTime;
    return (par * angularvelocity) / 735;
}
```

Las próximas dos fórmulas son implementadas para las pruebas de fuerza constante y velocidad constante ya que al programa se le introducen datos en Newton y Kilómetros por hora, estos son traducidos a milivoltios para que el freno pueda actuar.

En primer lugar la conversión de KN (Kilo-Newton) a milivoltios necesaria en la prueba de fuerza constante.

```
public static double ConvertKNMinVolt(double KN)
{
    double          mitadDiametroRodillo          =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos/ 2;
    double AFreno = ActualConfiguration.Configuration.AFreno;
    double BFreno = ActualConfiguration.Configuration.BFreno;

    double KNM = KN * mitadDiametroRodillo;
    double NewtonMetros = KNM * 1000;
    return (NewtonMetros - BFreno) / AFreno;
```

En segundo lugar la conversión de Km/h (Kilómetros por hora), a milivoltios necesaria para realizar la prueba de velocidad constante.

```
public static int ConvertKMHtoPulses(double velocity, double correctionFactor)
{
    int EncoderRodillo = ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder;
    double          DiametroRodillo          =
ActualConfiguration.Configuration.DiametroRodillos;
    double distance = (0.02 * velocity) / 3.6;
    double vueltas = distance / (DiametroRodillo * Math.PI);
    return Convert.ToInt32((vueltas * EncoderRodillo) / correctionFactor);
}
```

Los próximos tres fragmentos de códigos de la programación pertenecen a la curva de potencia en la cual en primer lugar calculamos la aceleración a partir de la velocidad angular de los rodillos, a continuación se calcula el par a partir de la aceleración y por último la potencia a partir de las revoluciones del motor.

```
public static double CalculateMeanAngularAcceleration(List<double> listpulses,
double pulsesAnt)
{
    double pulses = listpulses.Sum() / listpulses.Count;
```



```
        double frecuencia1 = (pulses / ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder) / tp;
        double frecuencia2 = (pulsesAnt / ActualConfiguration.Configuration.ResEncoder) / tp;

        double W1 = 2 * Math.PI * (frecuencia1);
        double W2 = 2 * Math.PI * (frecuencia2);

        double acceleration = (W1 - W2) / (tp);
        return acceleration;
    }
```

En el segundo fragmento de programación se calcula el par a partir de la aceleración para la curva de potencia.

```
public static double CalculateTorqueRevolution(double acceleration)
{
    double I = ActualConfiguration.Configuration.Inercia;
    return acceleration * I;
}
```

Por último se calcula la potencia a partir de las revoluciones del motor y el par para la curva de potencia.

```
public static double CalculatePowerFromRmpCV(double rpm, double par)
{
    double angularVelocity = (rpm / 60) * 2 * Math.PI;
    return (par * angularVelocity) / 735;
}
```

Como conclusión en el apartado de programación matemática del software tenemos dos formulas en las que el banco de rodillos calcula la temperatura y la presión en el taller de pruebas de la Universidad de Málaga partiendo de los milivoltios recibidos por dos sondas.

Temperatura medida en “Grados Celsius”.

```
public static double ConvertMiliVoltToDegrees(double temperature)
{
    double Atemperatura = ActualConfiguration.Configuration.ATemperatura;
    double Btemperatura = ActualConfiguration.Configuration.BTemperatura;
    return Atemperatura * temperature + Btemperatura;
}
```



Conversion de milivoltios a presión medida en “Bares”.

```
public static double ConvertMiliVoltTomBar(double pressure)
{
    double Apresion = ActualConfiguration.Configuration.APresion;
    double Bpresion = ActualConfiguration.Configuration.BPresion;
    return Apresion * pressure + Bpresion;
}
```





# Comparativa de software.



## 6. COMPARATIVA DE SOFTWARE.

En este capítulo se va a realizar la comparación entre las diferentes pruebas de los dos software utilizados por el banco, tanto el software de la empresa “Ryme” como el software creado por nosotros. La comparativa se ceñirá en varios aspectos como la manejabilidad del programa, la creación de informes y visualización de datos obtenidos en cada prueba. Resumiendo, este capítulo se ceñirá sobre la interfaz.

Las pruebas del programa completo se han repartido entre Fabián Barea Vizquete y Alejandro Garrido López con el fin de desarrollar el TFG en conjunto pero cada uno profundizando en sus pruebas correspondientes.

Fabián Barea Vizquete realizará la comparativa de las siguientes pruebas:

- Velocímetro.
- Aceleración 0 – 1000 m.
- Carretera.
- Curva de Potencia.
- Prueba de Circuitos.

Alejandro Garrido López realizará la comparativa de las siguientes pruebas:

- Cuentakilómetros.
- Aceleración 0 – 100 Km/h.
- Velocidad Constante.
- Fuerza Constante.
- Prueba de circuitos.



### 6.1. ASPECTOS GENERALES.

Se va proceder a representar los cambios más significativos en la interfaz del programa nuevo, comparándolo siempre con el software antiguo, el nuevo programa ha sido diseñado, para que un usuario que no tenga grandes conocimientos sobre bancos dinamométricos pueda realizar pruebas en el. Un nuevo aspecto de las pantallas da una sensación más moderna y atractiva.

Al estar el banco de rodillos en una universidad también se le ha otorgado un carácter formativo, es decir, añadiendo la posibilidad de formar grupos de trabajo dentro del software, para el trabajo en prácticas durante la impartición de clases en el curso, así como la creación de usuarios tanto como administradores como alumnos, los cuales no tendrán acceso a la configuración del sistema.

El banco tendrá una opción donde el administrador en este caso el profesor pueda ver el uso del taller, teniendo así un control del uso. También se le ha añadido la creación automática de contraseña para un nuevo usuario, esto será de gran ayuda en caso de que el profesor no pudiera ir con el alumno al taller para darle de alta como usuario.

#### 6.1.1. Acceso.

El acceso se realiza a través de una pantalla principal en la que se introducen DNI y su contraseña pertinente, esto se ha incluido en el programa para que, el profesor pueda tener informáticamente un registro de utilización del banco dinamométrico de la Universidad de Málaga, pudiendo así evitar tener que rellenar un formulario en papel cada vez que una persona utiliza el banco.



**6.1. Pantalla de acceso nuevo software banco de potencia.**

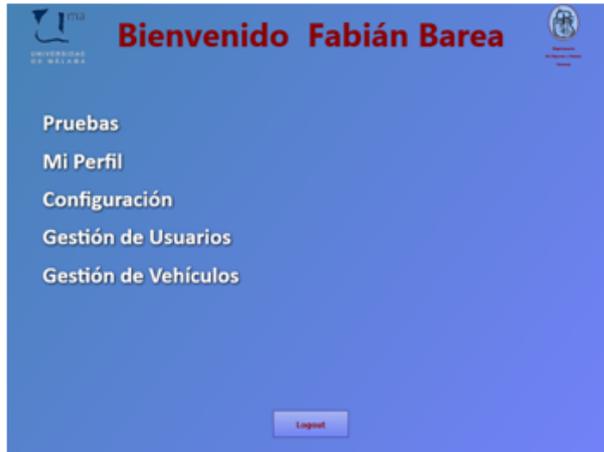
**Fuente: Nuevo software banco de potencia.**

## **6.1.2. Pantalla principal.**

Para la pantalla principal se ha optado por un aspecto claro y sencillo, con colores que se contrasten bien para tener una buena lectura de la pantalla. Esta pantalla será diferente para administrador y alumnos, ya que el administrador podrá acceder a todas las configuraciones del programa mientras que el alumno solo puede acceder a “pruebas” y “mi perfil” como podemos ver a continuación.

Administrador

Alumno



## 6.2. Pantalla principal administrador y alumno.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

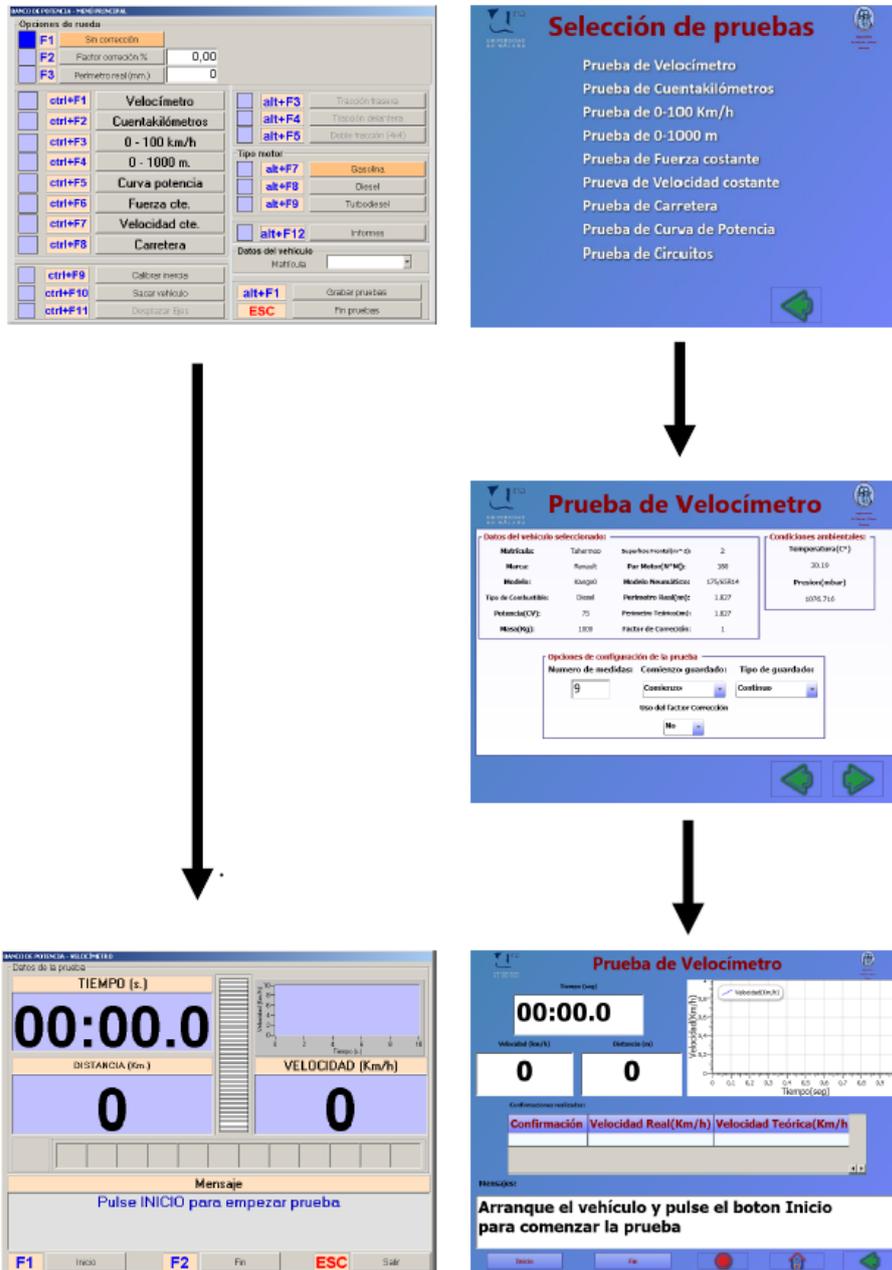
### 6.1.3. Gestión de usuarios.

En esta pantalla es donde se da de alta una persona para la utilización del banco dinamométrico, se trata de una pantalla donde solo el administrador tiene acceso para rellenar los datos de otro administrador o alumno. Tiene la opción de generar contraseña automática remitiéndola por correo electrónico o si por el contrario el alumno se encuentra personalmente, elige la contraseña en ese mismo instante.

### 6.1.4. Pantalla intermedia.

En primer lugar se ha introducido una pantalla a continuación de la elección de la prueba en la que se muestran los datos del vehículo, las condiciones ambientales, y el tipo de guardado que queremos utilizar durante la prueba, con ello se pretende que el usuario siempre pueda observar las características de su vehículo antes de comenzar la prueba además de elegir el tipo de guardado.

Con esta pantalla se pretende que en caso de duda no tengamos que volver al menú principal del software.



6.3. Pantalla introducida en el software nuevo.

Fuente: Software Ryme y nuevo software banco de potencia.

**6.1.5. Creación de grupos de trabajo.**

Una novedad del programa nuevo comparado al antiguo es la posibilidad de utilizar el banco de rodillos grupalmente, es decir, el profesor da de alta a unos alumnos, a continuación selecciona la pestaña de “Gestión de grupos” y con el listado de alumnos puede crear los grupos de trabajo que se desee. De esta manera el administrador tiene supervisado en todo momento las pruebas realizadas o incidentes que puedan ocurrir en el banco dinamométrico.

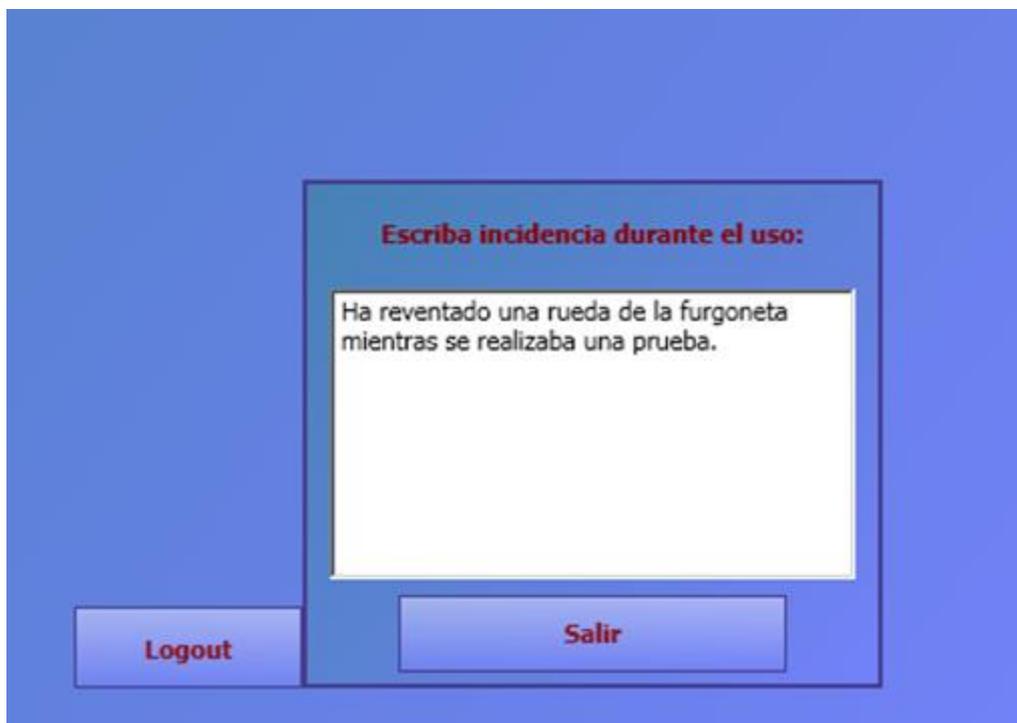


6.4. Pantalla gestión de grupos.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

## 6.1.6. Cuadro de incidencias.

En el nuevo programa se ha introducido una herramienta de gran utilidad para mejorar la seguridad en el taller de motores térmicos de la Universidad de Málaga, ya que al salir del programa, se abre una pantalla llamada “cuadro de incidencias”, en el cual se refleja si ha habido algún fallo en el banco o taller. Así, cuando el siguiente usuario procede a utilizar el banco dinamométrico, se abre la pantalla mostrando la incidencia del día anterior.



6.5. Pantalla de cuadro de incidencias.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

Posteriormente el administrador puede acceder al listado completo de usuarios que han utilizado el banco dinamométrico, en el que aparecen las sesiones con incidencias marcadas con un punto rojo para mayor distinción y así poder acceder a qué grupo o usuario le ha ocurrido la incidencia.



**Registro de Sesiones por usuario**

| Fecha    | Entrada  | Salida   | DNI       | Nombre    | Apellido | Apellido | Not |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----|
| 8/7/2014 | 18:03:18 | 18:03:31 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    | !   |
| 8/7/2014 | 18:02:57 | 18:03:07 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 18:02:29 | 18:02:34 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 18:01:28 | 18:02:21 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 8/7/2014 | 18:01:15 | 18:01:18 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 18:00:59 | 18:01:03 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 18:00:43 | 18:00:47 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 17:58:53 | 18:00:09 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 17:57:52 | 17:58:30 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:55:42 | 17:57:42 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  | !   |
| 8/7/2014 | 17:52:33 | 17:55:31 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:52:18 | 17:52:22 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:47:02 | 17:52:07 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:45:11 | 17:45:17 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:44:40 | 17:45:02 | 74939046C | Fabián    | Barea    | Vizuete  |     |
| 8/7/2014 | 17:43:57 | 17:44:05 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 17:43:42 | 17:43:45 | 75156628B | Alejandro | Garrido  | López    |     |
| 8/7/2014 | 17:38:40 | 17:43:32 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 8/7/2014 | 17:30:28 | 17:31:09 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 8/7/2014 | 17:22:04 | 17:22:51 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 4/7/2014 | 12:33:04 | 12:39:19 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 4/7/2014 | 12:30:27 | 12:31:02 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 4/7/2014 | 12:27:26 | 12:29:12 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |
| 3/7/2014 | 20:20:28 | 20:21:47 | 1         | admin     | admin    | admin    |     |

**Datos Seleccionados**

**Fecha :** 8/7/2014

**Hora Entrada:** 17:55:42

**Hora Salida :** 17:57:42

**DNI:** 74939046D

**Nombre:** Fabián

**Apellidos:** Barea

**E-Mail:** fabi.188@hotmail

**Incidencias:**

Ha reventado una rueda de la furgoneta mientras se realizaba una prueba.

6.6. Pantalla registro utilización del banco.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

### 6.1.7. Generación de informes.

En este apartado se ha introducido un cambio considerable que ayuda mucho a conseguir una mayor simplicidad a la hora de buscar y generar el informe de una prueba que se haya realizado anteriormente. Mientras en que el programa antiguo cada vez que se realizaba una prueba, había que pulsar un botón “grabar pruebas”, si por el contrario se olvidaba pulsarlo, la prueba no había quedado registrada, también a la hora de generar el informe había que volver a la pantalla principal pulsar “base de datos”, a continuación pulsar la pestaña “ensayos”, introducir la matrícula del vehículo, introducir la fecha etc.

En el programa nuevo simplemente se tiene que clicar sobre la pestaña “gestionar pruebas” y se abre el listado de pruebas realizadas organizadas por fechas, en la que clicando sobre la prueba podemos general el informe general o detallado de la prueba realizada.

### **6.1.8. Introducción de nuevo vehículo.**

Durante la introducción de un vehículo nuevo, se ha pretendido presentar una pantalla clara y concisa, como novedad se ha introducido una pestaña desplegable en la que se observa una foto donde explica el modelo de neumático a introducir, evitando así confusiones a la hora de mirar el neumático.

Con la introducción de esta novedad nos ahorramos calcular el perímetro teórico a mano, ya que aquí se calcula automáticamente al introducir la medida del neumático. Dato que posteriormente se utilizará para calcular el factor de corrección.

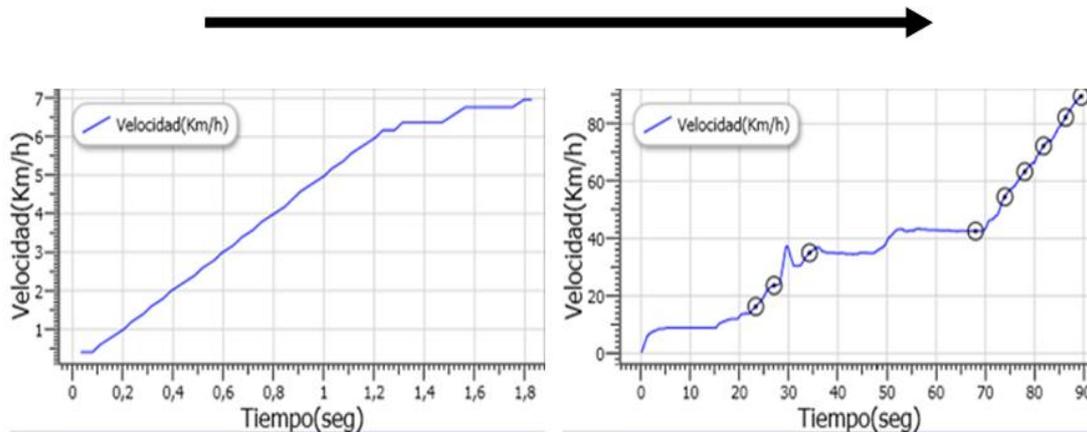


6.7. Pantalla introducción nuevo vehículo.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

### 6.1.9. Escala de grafica variable en el tiempo.

A lo que interfaz se refiere, la siguiente diferencia, se ha incluido una gráfica con ejes variables de escala durante el tiempo, con esto pretendemos que mientras se realiza la prueba siempre tengamos la grafica a la escala optima, cubriendo la línea el gráfico completo.



**6.8. Pantalla de acceso software nuevo banco de potencia.**

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

### 6.1.10. Grabación de pruebas en video.

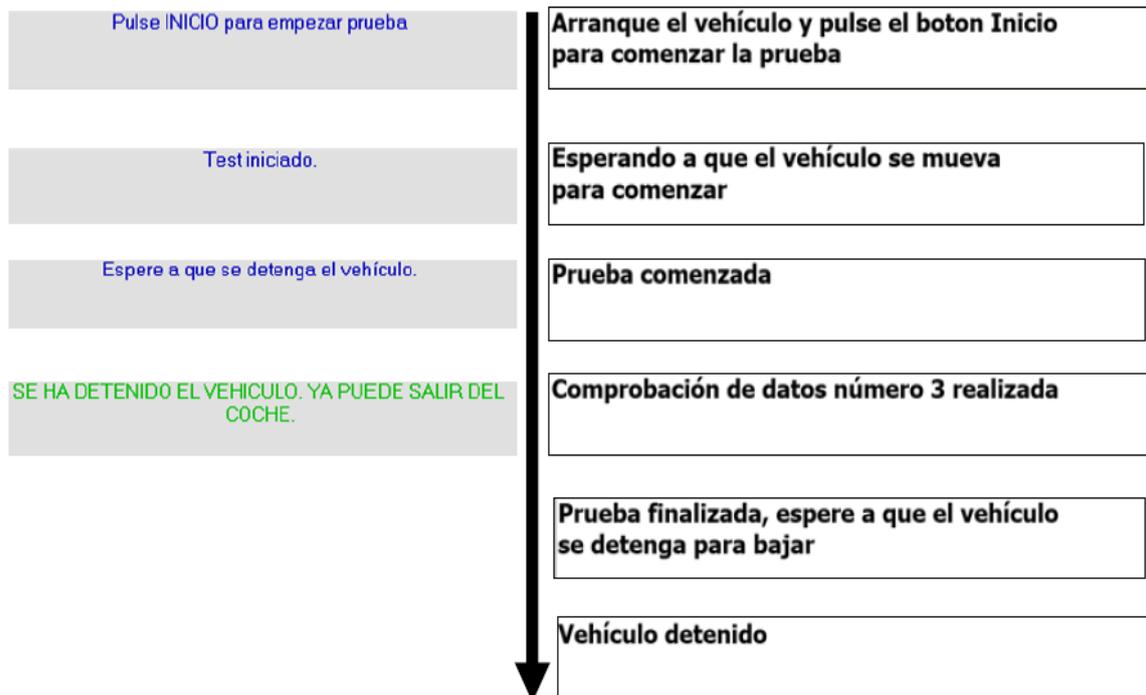
En el programa antiguo para poder grabar una prueba, hay que salir del software, activar un programa externo para que grabe la pantalla en tiempo real, por lo tanto el video contiene la inicialización del software y la introducción de los parámetros de la prueba, conteniendo grabaciones que no son importantes respecto al desarrollo de la prueba, teniendo que posteriormente editar el video para que solo aparezca la prueba.

En el nuevo programa se ha introducido una aplicación en la que podemos grabar la prueba realizada por el usuario en video, pulsando un acceso directo que se ha introducido en las pantallas de todas las pruebas, mandándola a continuación al correo electrónico que nosotros decidamos. Esto es de gran ayuda para cuando se utiliza el banco como impartición académica, ya que el alumno puede realizar el trabajo sobre la prueba en su casa.

## 6.2. PRUEBA DE VELOCÍMETRO.

La prueba de velocímetro se lleva a cabo para comprobar la bondad del velocímetro que lleva el vehículo, a continuación diferenciamos la interfaz de cada software. Podemos observar la diferencia entre las pantallas de la prueba.

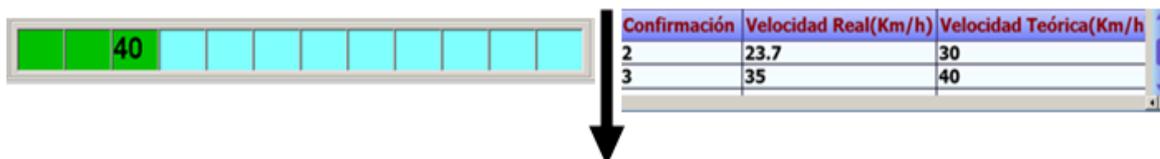
Dentro de la prueba, la primera modificación realizada ha sido en los textos que se muestran durante el transcurso de la prueba, para poder llevar un mejor seguimiento de los pasos que debemos de seguir durante el transcurso de la misma, como se puede observar en la siguiente imagen:



### 6.9. Mensajes de la prueba velocímetro software Ryme y software nuevo.

Fuente: Software Ryme y nuevo banco de potencia.

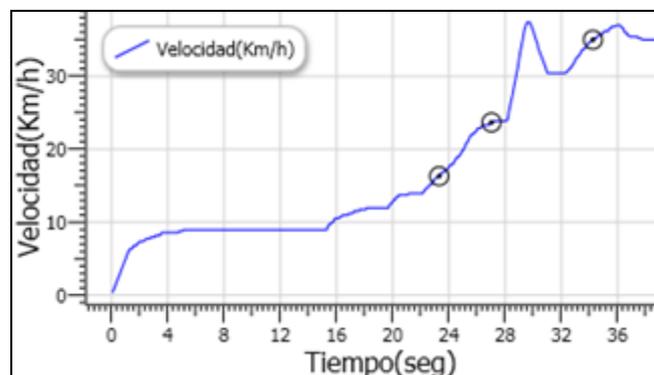
La siguiente modificación tiene como objetivo, poder ver la lectura de la velocidad real y la velocidad que debería de marcar el velocímetro del automóvil, durante la prueba. En el programa antiguo estos datos no se podían visualizar durante el transcurso de la prueba.



**6.10. Lectura de datos durante el transcurso de la prueba velocímetro.**

Fuente: Software Ryme y nuevo banco de potencia.

En la gráfica de la prueba se utilizan unos puntos negros para marcar la velocidad real a la que circula el vehículo, con el fin de proporcionar a simple vista una mejor visión general de la prueba.



**6.11. Gráfica software nuevo en la prueba de velocímetro.**

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

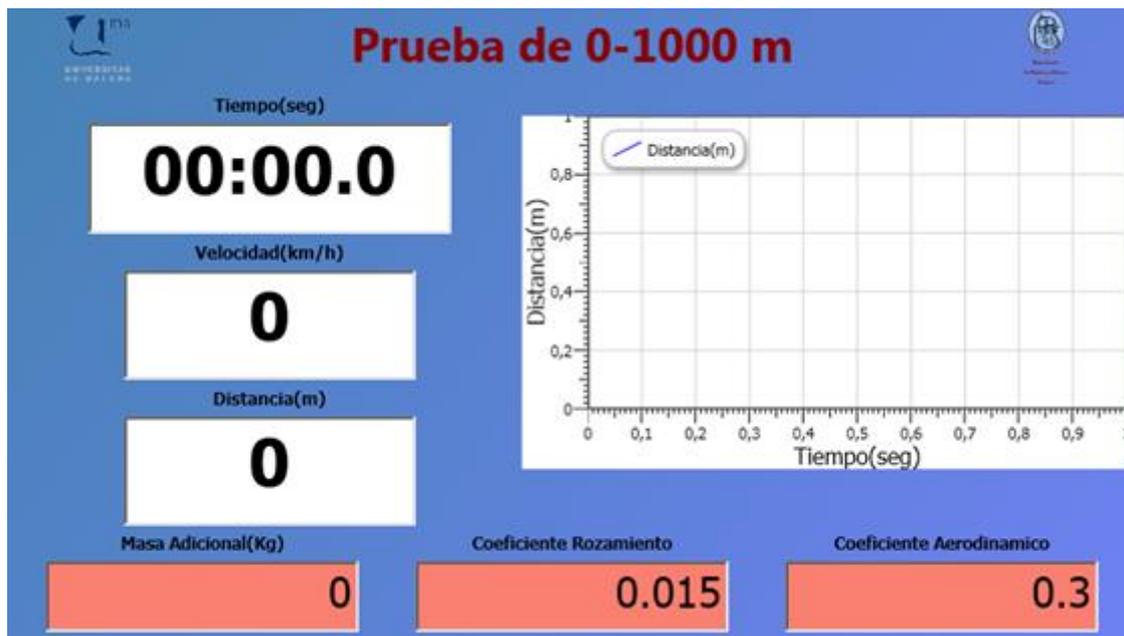


### 6.3. PRUEBA DE ACELERACIÓN 0 – 1000 m.

En este apartado procedemos a nombrar la diferencia de la interfaz entre el software antiguo y software nuevo. En esta prueba se pretende obtener con una precisión bastante alta, el tiempo necesario de un vehículo en recorrer los primeros 1000 metros partiendo del reposo.

En esta prueba se ha realizado un cambio significativo en el apartado de interfaz introduciendo en la pantalla principal tres recuadros, donde podemos observar, durante el transcurso de la prueba los datos introducidos para la realización de la misma como son:

- Masa adicional para simular un vehículo con más personas o más carga en el portamaletas etc.
- Coeficiente de rozamiento, donde se puede cambiar para simular diferentes terrenos en la que se realiza la prueba.
- Coeficiente aerodinámico, por si se quiere realizar una prueba simulando que le hemos añadido un alerón al vehículo por ejemplo.



6.12. Pantalla principal de la prueba 0 – 1000 m.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

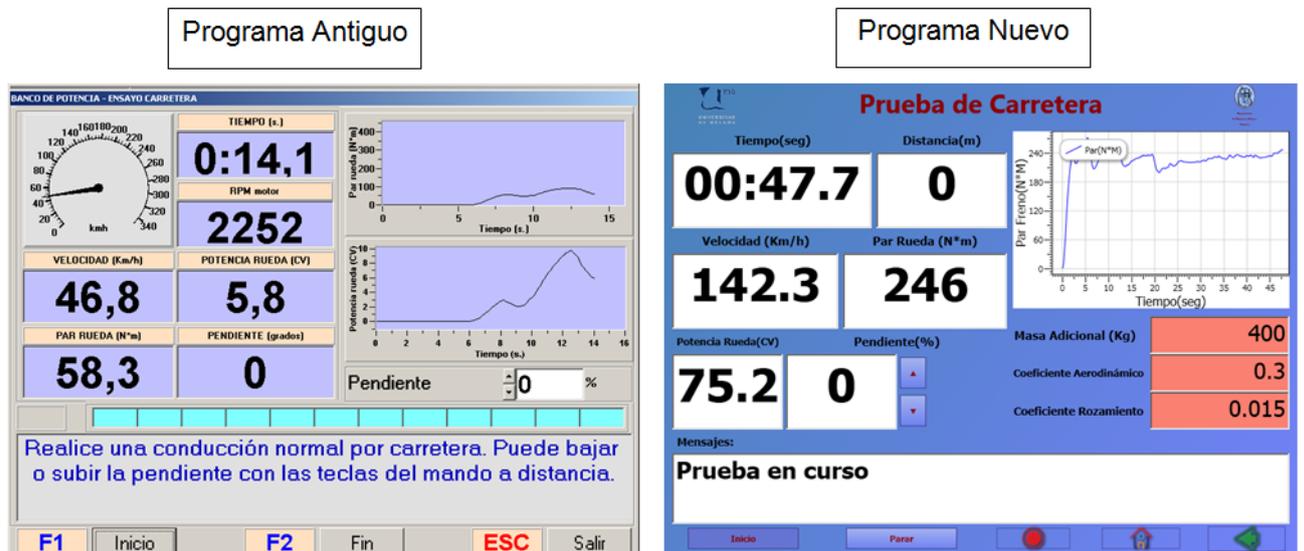
#### 6.4. PRUEBA CARRETERA.

En esta prueba se pretende simular las condiciones de circulación por una carretera con la mayor exactitud posible, para ello se utiliza un freno en el banco dinamométrico con el fin de simular las fuerzas de un vehículo en las condiciones de cada momento, como son: fuerzas de inercia, fuerzas aerodinámicas, fuerzas de rodadura etc. Para ello previamente se seleccionan las características del ensayo a realizar.

En esta prueba se han realizado cambios en la interfaz, añadiendo tres recuadros donde, en todo el transcurso de la prueba se observan los datos introducidos al comienzo de la prueba, como son la masa adicional, el coeficiente aerodinámico y el coeficiente de rozamiento. Como detalle, estas al iniciar la prueba, el color del recuadro pasa a ser rojo.

Debido a que con el programa nuevo no se pueden obtener las revoluciones, se ha eliminado el recuadro de las mismas para así dotar de mayor tamaño a los demás datos. El velocímetro con forma circular de aguja también se ha eliminado sustituyéndolo por uno digital.

Se ha introducido un recuadro, en la que se muestra la distancia recorrida, por si en la simulación de carretera se pretende hacer pruebas de consumo. En la siguiente imagen podemos observar las diferencias aquí mencionadas visualmente sobre la interfaz.



6.13. Pantallas principales software Ryme (Izquierda) y software nuevo.

Fuente: Software Ryme y software nuevo.

## 6.5. PRUEBA CURVA DE POTENCIA.

En esta prueba se halla en una gráfica con la potencia del vehículo en rueda y motor, calculándola a partir del par ejercido por las ruedas en los rodillos (también es mostrado en la gráfica) y las revoluciones del motor, estas revoluciones son tomadas mediante un medidor de RPM. La potencia del motor son la suma de la potencia en rueda más las pérdidas por transmisión.

En el software nuevo debido a la poca información aportada por la empresa “Ryme” no se ha podido poner en funcionamiento el medidor de revoluciones, por lo tanto, la potencia calculada en la prueba con el programa nuevo no es exacta, ya que si se realiza la curva de potencia en una marcha diferente, no tenemos en cuenta la relación de transmisión de la caja de cambios.

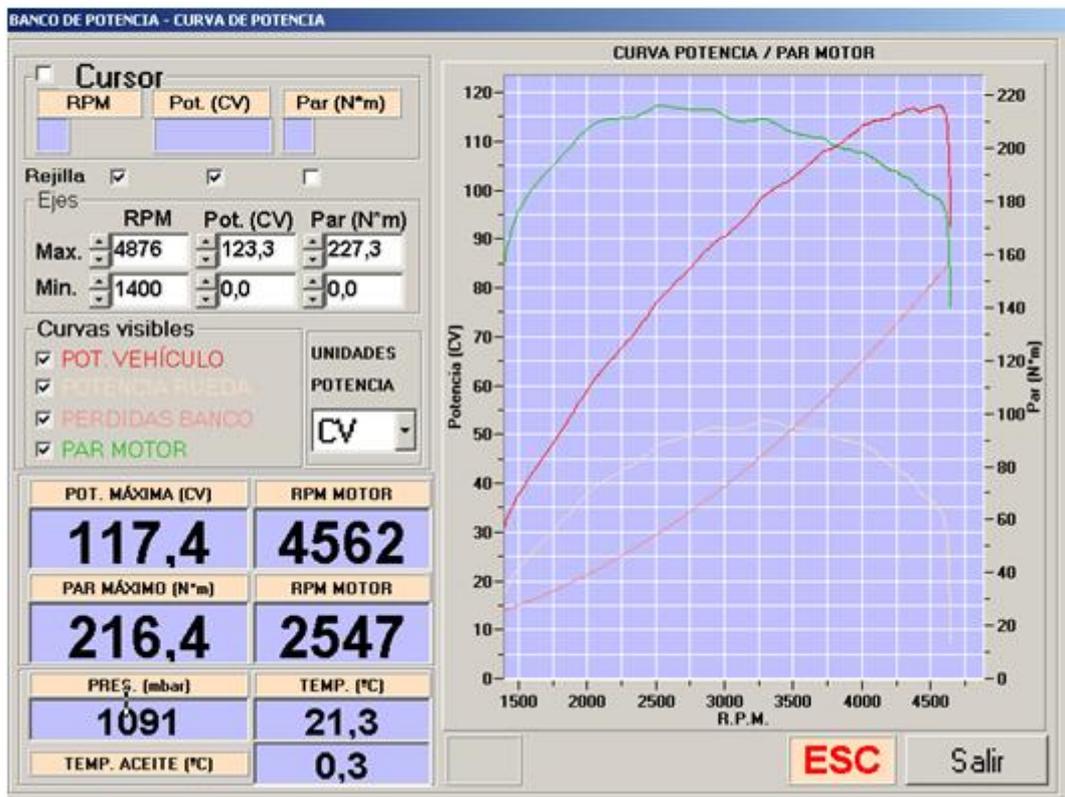
En el software nuevo al no utilizar el medidor de RPM, para solucionar el problema desarrollado en el párrafo anterior se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Ver si el vehículo tiene cuenta revoluciones o no.
2. En caso de no tener, se deben seguir los siguientes pasos: seleccionar la marcha y a las revoluciones que vamos a tomar para calcular las constantes de la relación de transmisión entre la velocidad angular del cigüeñal y las ruedas.
3. Conectar el medidor de revoluciones al ordenador y a sus correspondientes polos de la batería.
4. Abrir el programa de “Ryme” y obtener en la marcha que vamos a realizar la prueba, la velocidad a las revoluciones determinadas.
5. Cerrar programa antiguo y abrir programa nuevo.
6. Cuando la velocidad del vehículo en la prueba de curva de potencia, esté a la velocidad hallada con el programa antiguo, pulsamos la tecla Enter para comenzar la prueba.

7. En el caso de realizar la curva de potencia en una marcha diferente se deben realizar de nuevo los pasos detallados.

Una mejora realizada respecto al software antiguo es la posibilidad de generar el informe directamente tras realizar la prueba, al igual que guardar la gráfica. En el programa antiguo hay que salir a la pantalla principal pulsar la tecla “grabar pruebas” y posteriormente buscar la prueba en una base de datos.

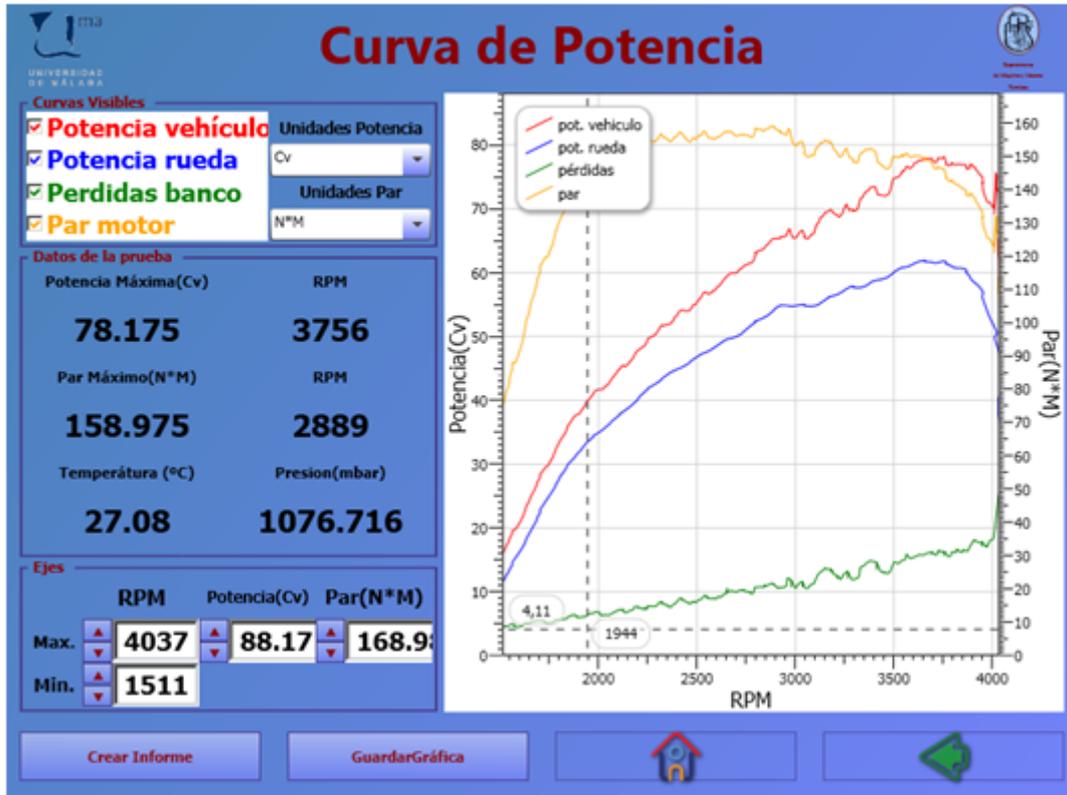
## Programa Antiguo



6.14. Resultados mostrados con el programa Ryme.

Fuente: Software Ryme banco de potencia.

Programa Nuevo



6.15. Resultados mostrados con el programa nuevo.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.



## 6.6. PRUEBA DE CIRCUITOS.

La prueba de circuitos en el programa de “Ryme” no existía, por lo tanto es una novedad que se ha introducido en el programa nuevo desarrollada en base a las normativas específicas para la homologación de consumos.

También tiene la opción de generar circuitos al gusto del realizador de la prueba, con el fin de realizar estudios como; simular la circulación en una vía con semáforos o pasos de peatones, siempre indicando los pasos a seguir mediante un texto conforme se desarrolla la prueba.

Durante la realización de la prueba el freno que actúa para simular las condiciones de circulación es el freno de carretera. Freno que tiene en cuenta todas las variables de circulación como son:

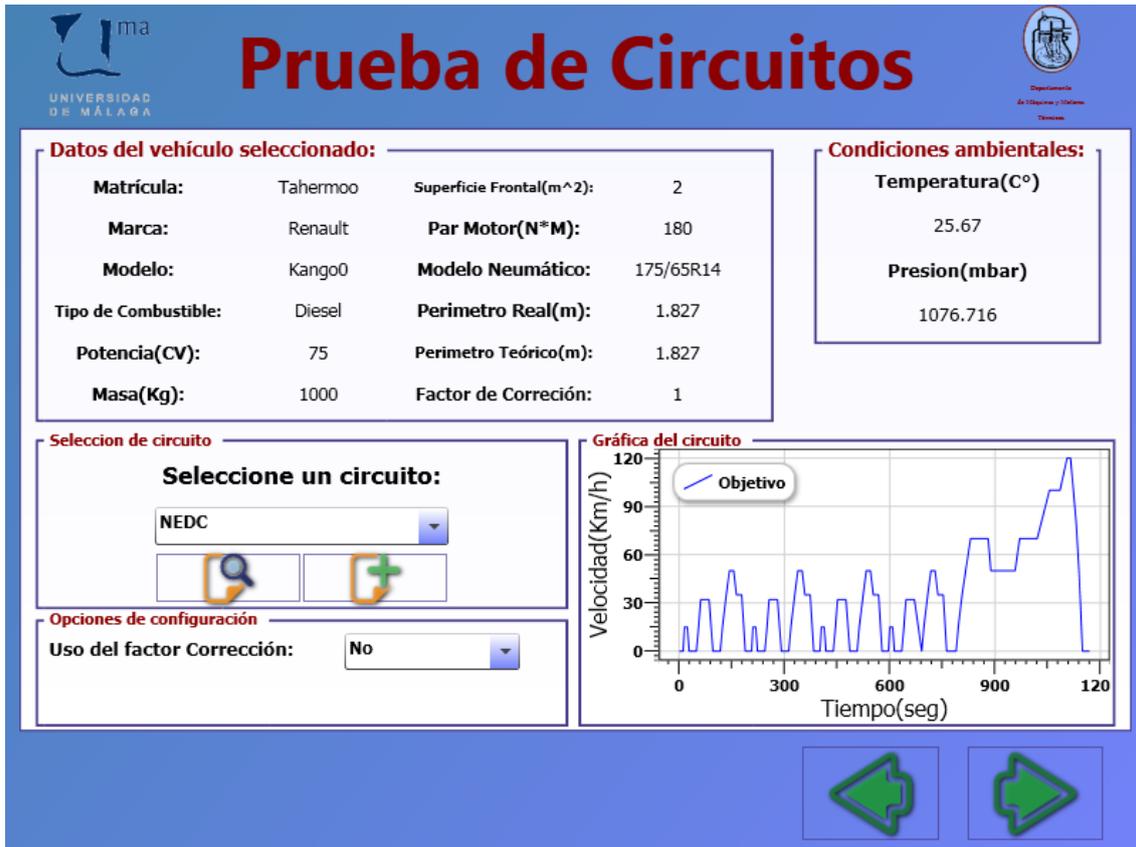
- Masa.
- Masa adicional.
- Pendiente.
- Velocidades.
- Coeficiente de rozamiento.
- Coeficiente aerodinámico.
- Superficie frontal del vehículo.
- Densidad del aire.

La idea surgió en base a una conversación que tuvo lugar sobre como calculaban el consumo de carburante, que exponen las marcas en sus anuncios, investigando se encontró la norma Europea que rige esta prueba, en concreto se trata de la prueba denominada con las siglas “NEDC” (New European Driving Cycle), se trata de un ciclo normalizado de homologación instaurado por la entidad de Naciones Unidas llamada UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), integrada por 56 países.

Se trata de un test que tiene una duración total de 20 minutos y en ella el coche recorre una distancia aproximada de 11 kilómetros teóricos a una velocidad media de 35 km/h. Se empieza con el test urbano que consiste en arrancar el coche, dejarlo al ralenti durante 11 segundos, poner primera, acelerar hasta 15 km/h., mantener 8 segundos esa velocidad y volver a detenerse, en este caso, otros 21 segundos. Posteriormente, se vuelve a arrancar y se acelera suavemente hasta 32 km/h, en segunda, velocidad que se mantiene durante 24 segundos. Tras una nueva parada, se sube, en tercera hasta 50 km/h. Esa velocidad se mantiene unos segundos, luego se baja a 35 km/h. y el coche se detiene de nuevo. Esta secuencia se repite en cuatro ocasiones hasta totalizar 13 minutos a una media de 18,77 km/h para una distancia de 4.067 metros. Con esta prueba se intentan reproducir las condiciones de circulación urbana con las paradas correspondientes en semáforos e intersecciones y el resultado queda homologado como consumo urbano.

La prueba continúa sin detener el coche en una segunda parte que busca reproducir las condiciones de circulación en carretera. En este caso, tras un periodo al ralenti de 20 segundos, se acelera hasta 70 km/h. en cuarta, velocidad que se mantiene durante 50 segundos. Después, se baja a 50 km/h y se mantiene también durante un tiempo antes de subir de nuevo a 70 km/h. y mantener esa velocidad otros 50 segundos. Luego se acelera hasta 100 km/h, se mantiene esa velocidad unos segundos y se sigue acelerando hasta alcanzar los 120 km/h. Tras 10 segundos a esa velocidad, se detiene el coche. La distancia teórica recorrida es de casi 7 kilómetros en 6 minutos y 40 segundos a una media de 62,6 km/h. El resultado de esta segunda parte del test se homologa como consumo extra-urbano y el test completo como consumo medio combinado y así concluyendo con la explicación de la nueva prueba introducida en el programa llamada "Prueba de Circuitos".

Una vez elegida la prueba de circuitos, se abrirá la pantalla donde aparecen los datos del vehículo seleccionado, las condiciones ambientales, selección de circuito, grafica del circuito seleccionado y por último si se desea realizar la prueba con factor de corrección.



6.16. Pantalla de selección en la prueba de circuitos.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

Si se desea realizar un circuito nuevo, el programa tiene la posibilidad, pulsando la pestaña añadir circuito de crear uno propio. Se abrirá una pantalla llamada “**creación de circuito**” en el que introducimos en el primer tramo: velocidad final, duración en la que se debe desarrollar el incremento o decremento de velocidad, el coeficiente rozamiento del pavimento, el coeficiente aerodinámico, masa adicional y pendiente, en los tramos sucesores

se introducirá la velocidad inicial también. Una vez creado el tramo se pulsa la tecla “+” quedando registrado un tramo del circuito y representado en la gráfica.

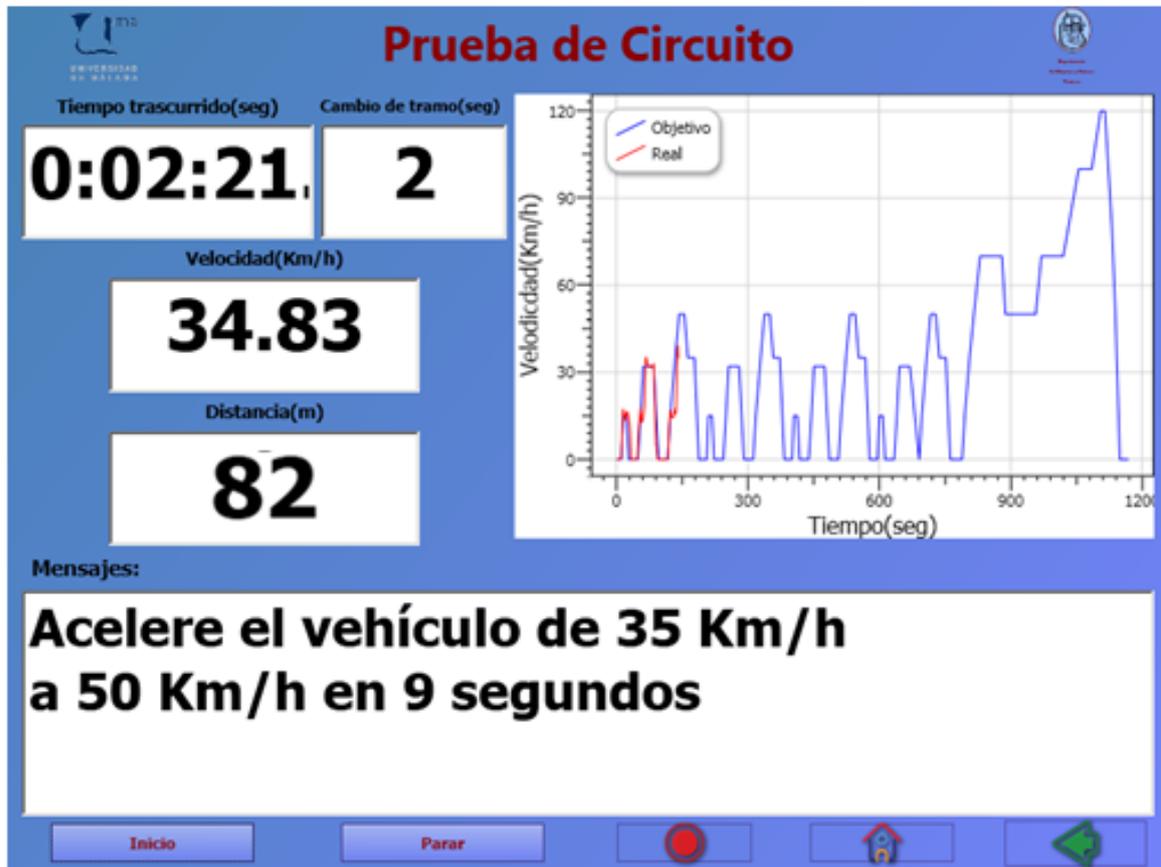


6.17. Pantalla de creación de circuito.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

Durante la realización de la prueba, se va mostrando sobre una gráfica de color azul que simula el recorrido correcto, el recorrido realizado por el conductor en color rojo, pudiendo observar si, está realizando la prueba de acuerdo a los parámetros introducidos. Conforme transcurre la prueba los mensajes van apareciendo dándole al conductor las indicaciones a seguir para la correcta realización del trazado.

En la siguiente imagen se pueden observar todos los parámetros que hemos desarrollado posteriormente que entran en funcionamiento durante la prueba.



6.18. Pantalla durante la realización de una prueba de circuito.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

## 6.7. PRUEBAS REALIZADAS EN GRUPO.

### 6.7.1. Prueba de cuentakilómetros.

A continuación se van a evaluar las principales diferencias en la prueba de cuentakilómetros entre los dos software.

A continuación se pueden observar las pantallas principales, antes del inicio, de cada uno de los software, viendo como el nuevo software, resalta más los datos mostrados, debido al contraste de colores que se produce entre el fondo y el dato, mientras que en el software original la lectura desde el vehículo resulta difícil a veces, debido al poco contraste de colores ( Siempre que aparezca una comparativa de imágenes, siempre se mostrará primero la imagen del software original, y después la del nuevo software) .



6.19. Pantalla prueba cuentakilómetros software Ryme y software nuevo.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

En el software original únicamente aparece un recuadro en verde, con el número de comprobación momentáneamente sobre el recuadro, mientras que en el nuevo software se puede observar el número de comprobación, la

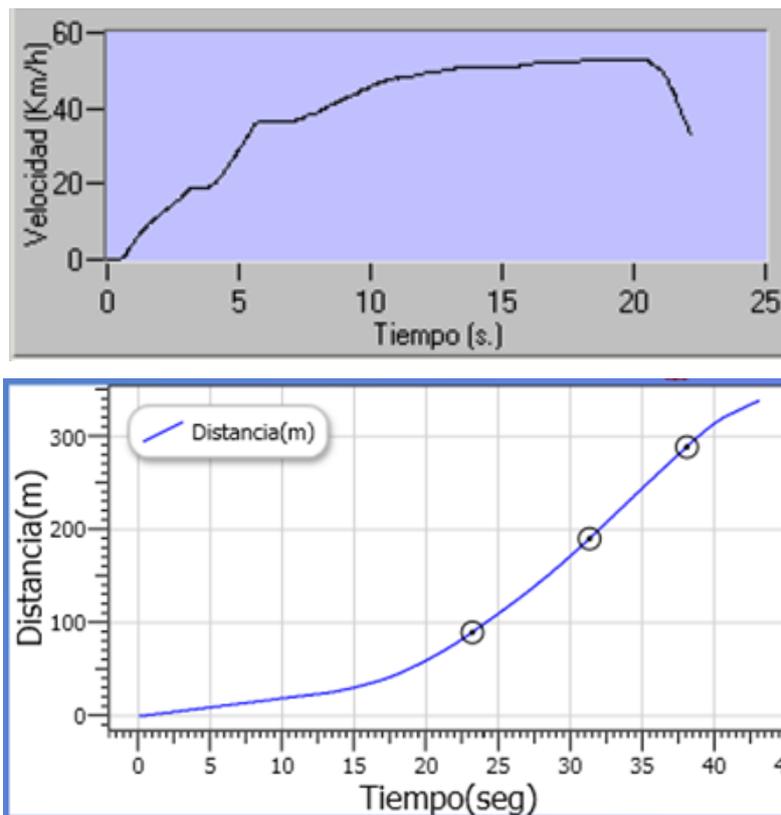
distancia real, y la distancia teórica, además de un mensaje confirmando que la comprobación ha sido válida:



## 6.20. Comprobacion de distancia software Ryme y software nuevo.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

En el nuevo software se ha incorporado a la gráfica original, la señalización de la comprobación realizada, algo que hace más sencillo e intuitivo seguir la prueba, además de mostrarla después en el informe, facilitando la lectura de los resultados.



6.21. Gráficas prueba cuentakilómetros.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

### 6.7.2. Prueba 0 - 100 km/h.

En el software original aparece, al abrir la prueba, una pequeña pantalla para introducir la masa del vehículo, su superficie, coeficiente aerodinámico y de rodadura. En el nuevo software esta opción aparece en la pantalla intermedia de acceso a la prueba, en la que aparecen los datos del vehículo, y el tipo de guardado que se requiere:

|                              |                                     |                          |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Masa vehículo (Kg)           | <input type="text" value="1000"/>   | <input type="checkbox"/> |
| Superficie (m <sup>2</sup> ) | <input type="text" value="2,00"/>   | <input type="checkbox"/> |
| Coef. rozamiento             | <input type="text" value="0,0150"/> | <input type="checkbox"/> |
| Coef. aerodinámico           | <input type="text" value="0,3000"/> | <input type="checkbox"/> |

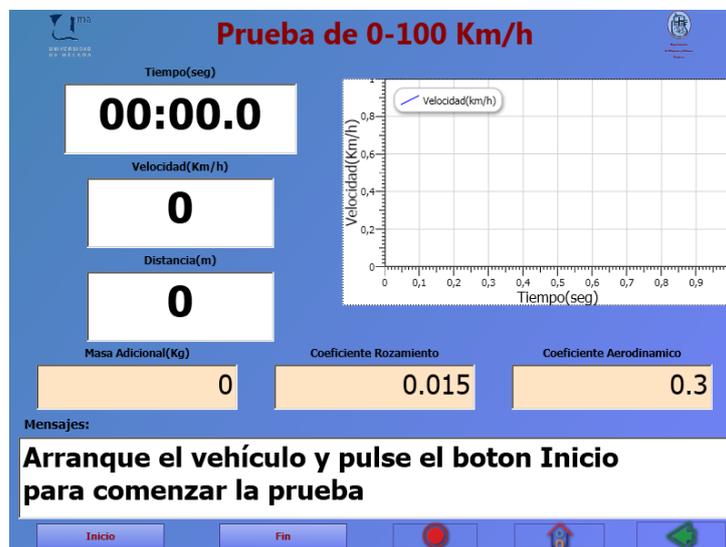
|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Opciones de configuración del vehículo</b> |                                    |
| Masa adicional:                               | <input type="text" value="0"/>     |
| Coefficiente rozamiento:                      | <input type="text" value="0.015"/> |
| Coefficiente aerodinámico:                    | <input type="text" value="0.3"/>   |

6.22. Parametros de configuración prueba 0 – 100 km/h.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

Como se puede observar, en el nuevo software no aparece la opción de introducir la masa y la superficie del vehículo, ya que estos datos se introducen junto con los datos principales del vehículo en el menú principal, y se añade la opción de masa adicional, para poder realizar ensayos, añadiéndole una carga ficticia al vehículo.

Las diferencias principales se basan, a parte de los colores, comentados ya en la anterior prueba, en el aumento de tamaño de la gráfica, para que resulte más cómoda la visualización de datos, y en mostrar los datos escogidos para la realización de la prueba, como el coeficiente aerodinámico, el coeficiente de rodadura y la masa adicional, para evitar posibles errores.



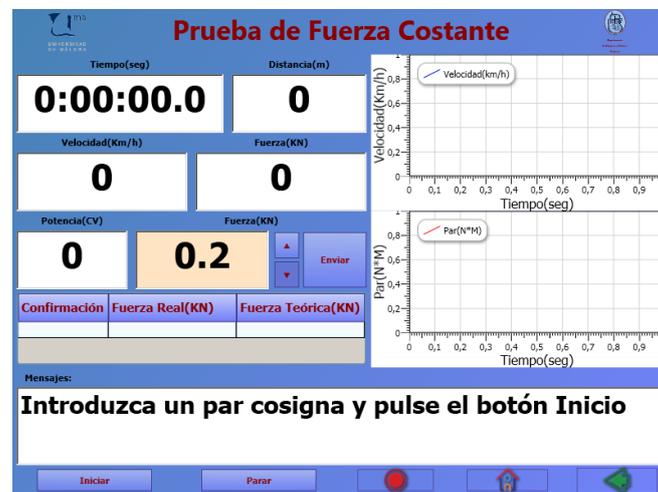
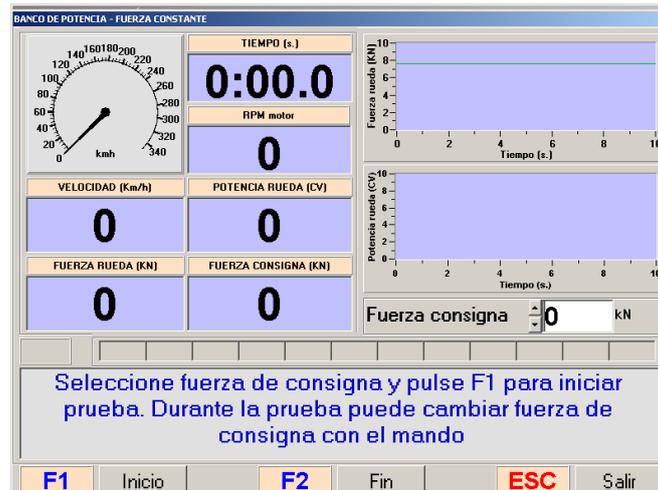
6.23. Pantalla principal prueba 0-100 km/h.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

### 6.7.3. Prueba de fuerza constante.

Las diferencias en el aspecto en esta prueba son más notables que en las pruebas anteriores, como vemos, en el nuevo software no se ha mantenido el bonito velocímetro analógico por razones técnicas, además de esto, las gráficas que se muestran no son las mismas; en el software original se muestran las gráficas de fuerza y potencia, mientras que en el nuevo, se muestran velocidad y par.

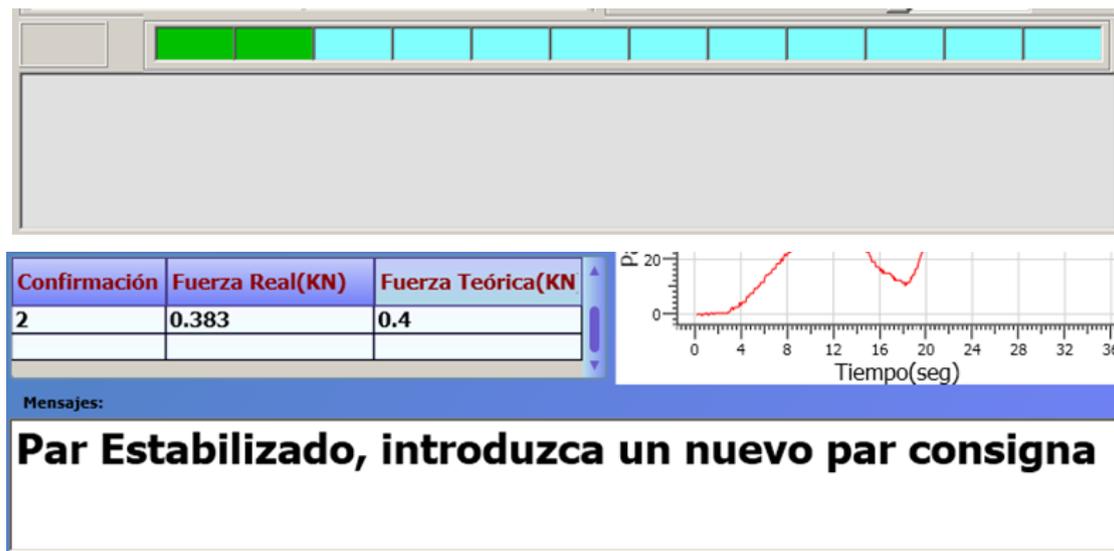
Además de estos cambios, se ha cambiado el aumento que producían las “flechitas” de subir y bajar la fuerza, que en el programa antiguo subían y bajaban con el rango de 1 KN, y en el nuevo lo hacen con el rango de 0.1 KN, algo mucho más razonable.



6.24. Pantalla principal prueba de fuerza constante.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

En el software original únicamente aparece un recuadro en verde, con el número de comprobación momentáneamente sobre el recuadro, mientras que en el nuevo software se puede observar el número de comprobación, la fuerza real, y la fuerza teórica, además de un mensaje confirmando que el par se ha estabilizado, y que se introduzca un nuevo valor.



6.25. Comparación datos mostrados al tomar la medida de fuerza.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

Además, se le ha añadido un color de fondo al recuadro en el que se introduce la fuerza consigna, para saber si se puede modificar o no, estando en rojo cuando está bloqueado, y en naranja cuando se puede modificar, mientras que en el software original siempre es blanco.



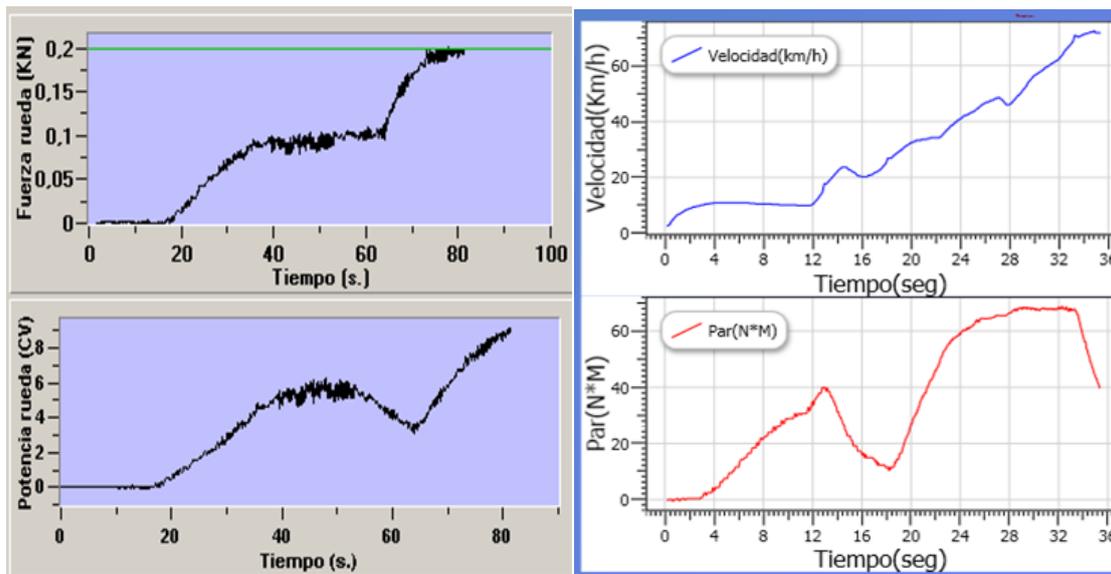
6.26. Pantalla selector de fuerzas consigna.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

Se ha decidido mostrar las gráficas de velocidad y par debido a los siguientes motivos:

Resulta interesante ver la velocidad a la que se alcanzaba la fuerza consigna, ya que es un identificador de la fuerza que puede desarrollar el coche dependiendo de la marcha y la velocidad a la que circule.

Se decidió por la gráfica del par, porque ya que solo se podía poner una gráfica más, a parte de la de la velocidad, porque tiene una forma similar a la de la potencia y la fuerza, que se muestran de forma numérica, y es un dato que se encuentra en medio de los datos mencionados, por lo cual, es el mejor representante de entre estos tres datos.

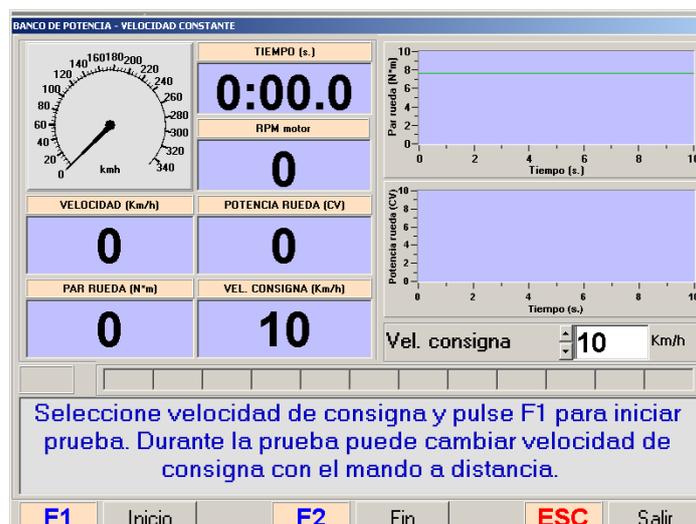


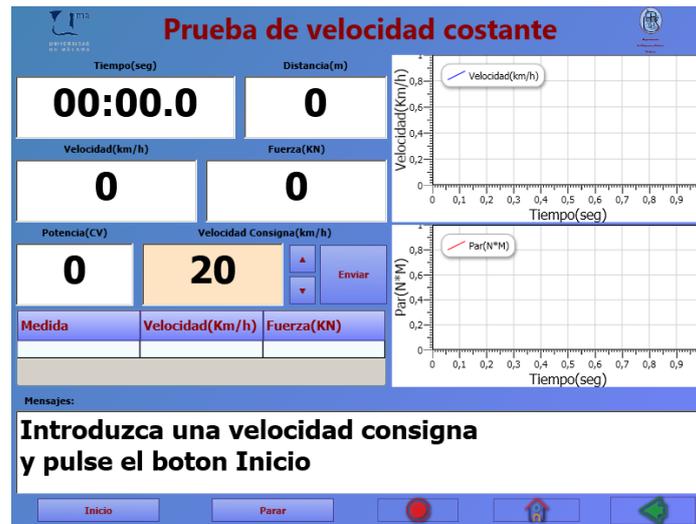
6.27. Comparación gráficas en la prueba de fuerza constante.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

#### 6.7.4. Prueba de velocidad constante.

El aspecto en estas pruebas es bastante parecido, ya que prácticamente lo único que cambia es que no aparece en el nuevo software el velocímetro analógico mencionado anteriormente, y la distribución de los datos es diferente, pero aparte de eso no hay ningún cambio.

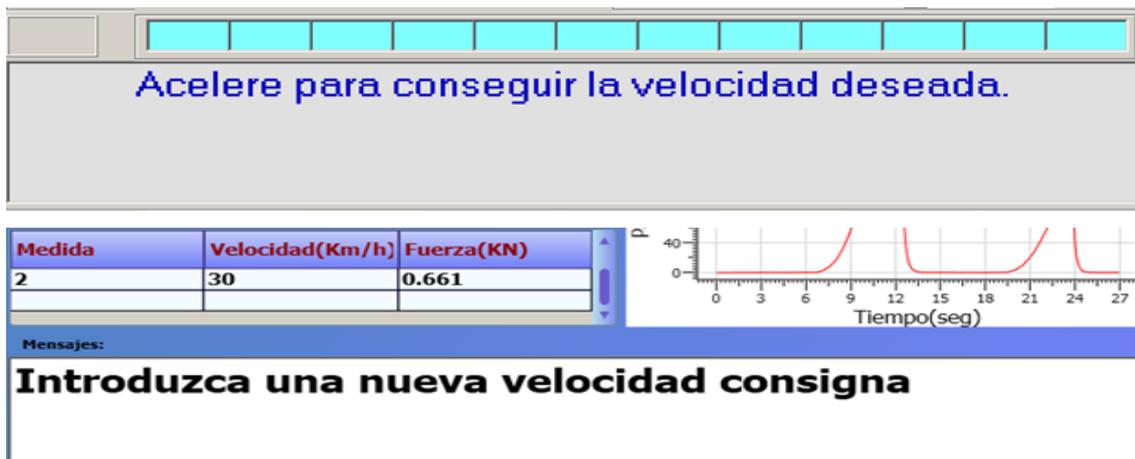




6.28. Pantalla principal prueba de velocidad constante.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

En el software original únicamente aparece un recuadro en verde, con el número de comprobación momentáneamente sobre el recuadro, mientras que en el nuevo software se puede observar el número de comprobación, la velocidad real, y la fuerza teórica, además de un mensaje confirmando que la velocidad se ha estabilizado, y que se introduzca un nuevo valor. (En el software original no aparece ningún recuadro en verde ya que esta prueba no funciona, y nunca llega a la velocidad deseada).



6.29. Comparación datos mostrados al tomar la medida de velocidad.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

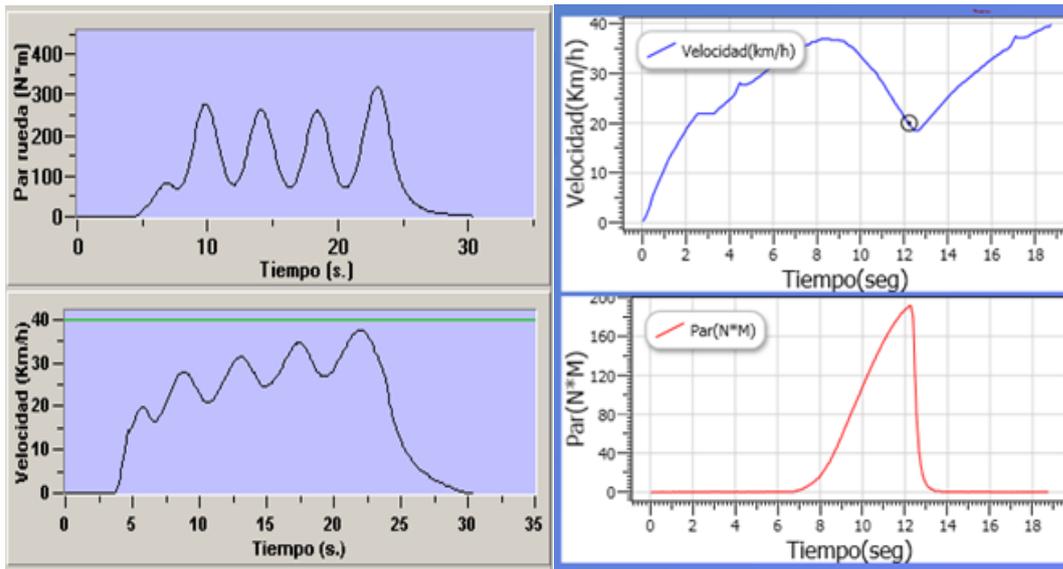
Además, se le ha añadido un color de fondo al recuadro en el que se introduce la velocidad consigna, para saber si se puede modificar o no, estando en rojo cuando está bloqueado, y en naranja cuando se puede modificar, mientras que en el software original siempre es blanco.



6.30. Selector de velocidad en la prueba de velocidad constante.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

Las gráficas que aparecen son las mismas, velocidad y par, añadiendo en el software nuevo una señalización en la velocidad cuando se realiza la comprobación.



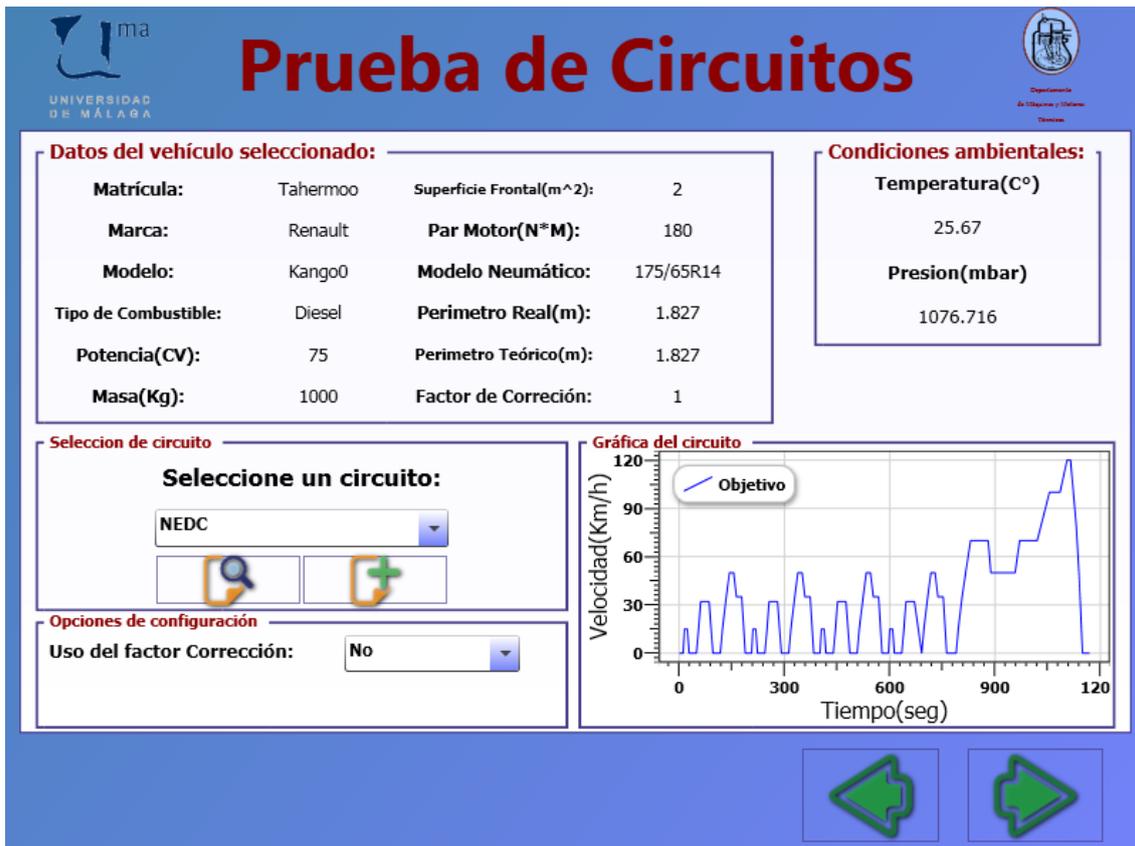
6.31. Comparación gráficas en la prueba de velocidad constante.

Fuente: Software Ryme y software nuevo banco de potencia.

#### 6.7.5. Prueba de circuitos.

Esta prueba no se puede realizar con el software original, ya que se ha incorporado como novedad en el nuevo software, por ello, se va a analizar únicamente el aspecto y el funcionamiento de esta prueba en el nuevo software:

La primera pantalla que aparece es diferente a la del resto de las pruebas, aparece el vehículo que se va a utilizar, la temperatura y la presión ambiental, pero además, aparece la opción de seleccionar un circuito, o introducir un circuito nuevo.



**Prueba de Circuitos**

**Datos del vehículo seleccionado:**

|                             |          |   |           |
|-----------------------------|----------|---|-----------|
| <b>Matricula:</b>           | Tahermoo | <b>Superficie Frontal(m<sup>2</sup>):</b> | 2         |
| <b>Marca:</b>               | Renault  | <b>Par Motor(N*M):</b>                    | 180       |
| <b>Modelo:</b>              | Kango0   | <b>Modelo Neumático:</b>                  | 175/65R14 |
| <b>Tipo de Combustible:</b> | Diesel   | <b>Perimetro Real(m):</b>                 | 1.827     |
| <b>Potencia(CV):</b>        | 75       | <b>Perimetro Teórico(m):</b>              | 1.827     |
| <b>Masa(Kg):</b>            | 1000     | <b>Factor de Corrección:</b>              | 1         |

**Condiciones ambientales:**

**Temperatura(C°)**  
25.67

**Presion(mbar)**  
1076.716

**Selección de circuito**

**Seleccione un circuito:**

NEDC

**Opciones de configuración**

**Uso del factor Corrección:** No

**Gráfica del circuito**

Velocidad(Km/h)

Objetivo

Tiempo(seg)

6.32. Pantalla principal prueba de circuito.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

Para introducir un nuevo circuito, aparece la pantalla que se muestra a continuación, en la que se van introduciendo sencillamente los tramos, a través de los valores de velocidad inicial y final, la duración del tramo, las condiciones aerodinámicas y del terreno, así como la pendiente y una posible carga adicional.

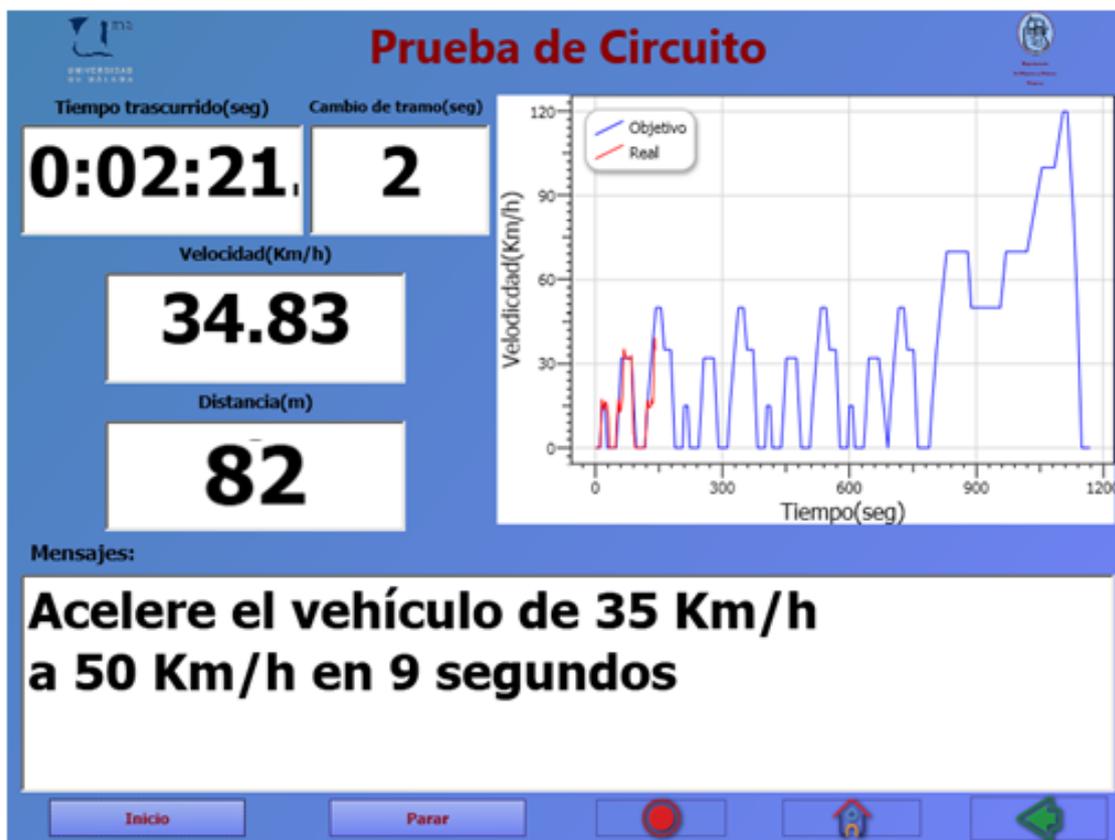


6.33. Pantalla creación prueba de circuito.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

Una vez añadidos todos los tramos, se le da nombre al circuito, y se almacena en la base de datos, pudiéndose utilizar a partir de ahí, por todos los usuarios del banco.

Durante la realización de la prueba, van apareciendo unos mensajes con lo que debe de hacer el piloto del vehículo, aceleraciones, deceleraciones, tramos a velocidad constante o paradas, junto con una gráfica en la que aparece en azul, el recorrido a seguir, y en rojo, el recorrido seguido por el vehículo, y una cuenta atrás por tramo.



6.34. Pantalla durante la realización de una prueba de circuito.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.





# Análisis de resultados.



### 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los resultados de los dos software serán representados en este capítulo con el fin de comparar y estudiar tanto el programa nuevo como el programa original instalado en el taller de motores térmicos de la Universidad de Málaga.

Desde un comienzo se dudaba del correcto funcionamiento del software original instalado en el banco de rodillos, ya que, en las pruebas donde el banco de rodillos debía aplicar un par de frenado, no se obtenían unos resultados coherentes. Como ejemplo podemos nombrar la prueba de carretera, donde un vehículo con 55 CV de potencia no es capaz de superar los 85 km/h simulando la circulación del vehículo sobre una carretera en condiciones normales.

Trabajando en conjunto con un Ingeniero Informático se han recapitulado tanto los paquetes de datos que se envían a la tarjeta de adquisición de datos, como los datos que envía la tarjeta al banco de rodillos, por ultimo también se han leído los datos que devuelve el banco de rodillos.

En el programa realizado por Alejandro y Fabián, al realizar la programación nueva al completo, partiendo de la formulación matemática se ha intentado simular lo más exactamente posible, las pruebas que realiza el software con la realidad, obteniendo unos resultados y comparándolos con valores lógicos comparando mediante bases de datos de otros softwares.

Durante el desarrollo del capítulo en cada una de las pruebas compararemos el programa nuevo con el programa original.



## 7.1. PRUEBA DE VELOCÍMETRO.

En esta prueba se pretende observar el error que tiene el velocímetro de nuestro vehículo, el error será mostrado en kilómetros por hora y en tanto por ciento.

Para cada prueba se han realizado una serie de pruebas, a continuación se procederá a comparar dos pruebas escogidas al azar.

### 7.1.1. Software antiguo.

| Número | V. Real | V. Teórica | Error % |
|--------|---------|------------|---------|
| 1      | 14.3    | 20         | 28.3    |
| 2      | 25.3    | 30         | 15.7    |
| 3      | 35      | 40         | 12.4    |
| 4      | 43.6    | 50         | 12.8    |
| 5      | 52.7    | 60         | 12.1    |
| 6      | 63.7    | 70         | 9.0     |
| 7      | 73.6    | 80         | 7.9     |
| 8      | 82.6    | 90         | 8.2     |
| 9      | 82.6    | 100        | 7.4     |

Tabla 7.1. Datos velocidad y error del velocímetro software Ryme.

Podemos observar como en las primeras mediciones el error es mayor, esto se debe a que un pequeño error en ese valor tan pequeño porcentualmente es muy grande, este error se genera debido al tiempo de reacción que se tarda en pulsar la tecla del ordenador cuando se ha alcanzado la velocidad de referencia. Conforme aumentamos la velocidad el error disminuye hasta situarse en torno al 10%

### 7.1.2. Software nuevo.

| Número | V. Real | V. Teórica | Error % |
|--------|---------|------------|---------|
| 1      | 16.5    | 20         | 17.4    |
| 2      | 26.9    | 30         | 10.4    |
| 3      | 33.2    | 40         | 16.9    |
| 4      | 44.2    | 50         | 11.6    |
| 5      | 52.2    | 60         | 13.1    |
| 6      | 61.7    | 70         | 11.8    |
| 7      | 71.7    | 80         | 10.4    |
| 8      | 80.6    | 90         | 10.4    |
| 9      | 89.4    | 100        | 10.6    |

Tabla 7.2. Datos velocidad y error del velocímetro software nuevo.

En el software nuevo nos muestra de que el error toma una forma lineal manteniéndose sobre el 11% aproximadamente, manteniendo siempre unos valores lógicos que al compararlo con el software antiguo donde esta prueba si funciona correctamente son muy cercanos.

### 7.1.3. Comparativa software antiguo y nuevo.

En el programa antiguo el conductor puede realizar la prueba individualmente mediante un mando a distancia, pulsando la tecla para que el software tome la medida. En el programa nuevo este apartado no se ha introducido, ya que el proyecto se extendería demasiado.

Podemos observar que al comienzo de la prueba a velocidades bajas el error cometido es mayor, que a velocidades altas, esto en se debe en mayor medida al tiempo de reacción desde que el compañero señala que el vehículo se encuentra a una velocidad determinada hasta que el otro compañero pulsa el botón para tomar la medida. Este tiempo de reacción que suele ser siempre el mismo al representarlo en tanto por ciento a menor velocidad, mayor tanto por ciento de error equivale esa desviación.



Se obtiene que el valor medio del error está situado en torno al 10 – 11 %, marcando siempre una velocidad mayor, esto se debe a que por Ley los velocímetros nunca pueden marcar menor velocidad a la que realmente circula el vehículo debido a condiciones de seguridad. Esto es así, por seguridad, tanto para las partes activas del vehículo como pueden ser neumáticos, frenos, motor, como por la propia seguridad de los integrantes del vehículo durante la circulación por una vía convencional donde los límites de velocidad en curva marcan la seguridad para su trazada.

Como conclusión final se puede corroborar que el funcionamiento de los dos programas es similar y correcto acorde con unos datos reales.

### **7.2. PRUEBA DE ACELERACION 0 – 1000 m.**

La prueba de 0 – 1000 m permite determinar con precisión de décimas de segundo, el tiempo que invierte un vehículo en recorrer 1000 metros. En esta prueba el vehículo parte del reposo, acelerando lo más rápido posible hasta llegar a una longitud de 1000 m.

Los valores de esta prueba suelen estar entre 19 segundos para los coches más rápidos, llegando hasta minutos si se tratan de coches muy antiguos donde la potencia y la tracción son mínimas.

Los datos utilizados para esta prueba han sido los mismos para los dos software, en este caso se ha utilizado una masa adicional de 0 kg, un coeficiente aerodinámico de 0.3, y un coeficiente de rozamiento de 0.015. Las variables meteorológicas para las dos pruebas fueron de una temperatura de 29.17 grados y una presión atmosférica de 1076.71 mbar.

## 7.2.1. Software antiguo.

| Distancia (m) | Tiempo (s) | Velocidad (km/h) |
|---------------|------------|------------------|
| 1000          | 43.1       | 101.9            |

Tabla 7.3. Datos distancia tiempo y velocidad prueba de 0-1000 m.

En esta prueba se utiliza un freno, con el que se pretende simular las fuerzas necesarias que debe vencer un vehículo al circular por una carretera con unas condiciones impuestas por nosotros. Al realizar cientos de pruebas, siempre se obtenía que el banco frenaba con mayor fuerza de la que debería de frenar, como consecuencia se comenzó a investigar la naturaleza del fallo.

Tras investigar varios días en las partes móviles del banco de rodillos y comprobar el correcto funcionamiento, llegamos a la conclusión de que el error procedía de la parte del software o la tarjeta de adquisición de datos.

Con la ayuda prestada por el ingeniero informático se procedió a la lectura mediante puerto de los siguientes datos.

- Datos enviados desde el ordenador, calculados por el software a la tarjeta de adquisición de datos.
- Datos enviados desde la tarjeta de adquisición de datos al freno del banco de rodillos.
- Datos enviados por la galga de frenado a la tarjeta de adquisición de datos.
- Datos enviados desde la tarjeta de adquisición de datos de nuevo al ordenador.

Se muestra detalladamente el error hallado en el sistema que controla el banco de rodillos concretamente en la tarjeta de adquisición de datos, a continuación se realiza un cálculo matemático de los parámetros que el banco debería de utilizar, comparando con los resultados que el banco utiliza podemos concretar perfectamente el error.

Se va proceder a comprobar con los siguientes datos si el funcionamiento de la tarjeta es el correcto, aplicando las fórmulas suministradas por la empresa “Ryme”.

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| <b>Masa</b>                      | <b>1000 kg</b>   |
| <b>Superficie Frontal</b>        | 2 m <sup>2</sup> |
| <b>Coef. Rozamiento</b>          | 0.015            |
| <b>Coef. Aerodinámico</b>        | 0.3              |
| <b>Pendiente</b>                 | 0                |
| <i>A<sub>calibre_freno</sub></i> | 0.176            |
| <i>B<sub>calib_freno</sub></i>   | 0                |

**Tabla 7.4. Parámetros utilizados para la comprobación del funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos.**

$$C_0 = \frac{d_{rodillos} \cdot m + g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} - B_{calib\_freno}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}} \quad [7.1]$$

$$C_{aceleracion} = \frac{\left(m - \frac{4 \cdot I}{d_{rodillos}^2}\right) \cdot \frac{d_{rodillos}^2 \cdot g_p \cdot f_p}{4}}{90 \cdot A_{calibre\_freno} \cdot t_p^2} \quad [7.2]$$

$$C_{aero} = \frac{\left(\frac{d_{rodillos} \cdot g_p \cdot f_p \cdot \pi}{2 \cdot 90 \cdot t_p}\right)^2 \cdot \frac{d_{rodillos} \cdot C_x \cdot S \cdot \delta_{aire}}{2}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}} \quad [7.3]$$

Con las formulas anteriores obtenemos los siguientes resultados mostrados en la tabla, y vemos que son diferentes, los datos que realmente se envían al bando dinamométrico.

|              | Valor obtenido por las fórmulas | Valor que utiliza el banco dinamométrico(*) |
|--------------|---------------------------------|---|
| <b>C0</b>    | 147                             | 122.13                                      |
| <b>Cacel</b> | 471.9529                        | 236.9618                                    |
| <b>Caero</b> | $1.0914 \cdot 10^{-3}$          | $1.0914 \cdot 10^{-3}$                      |

(\*) Datos leídos directamente de la tarjeta.

**Tabla 7.5. Comprobación de datos.**

A continuación de hallan los “milivoltios consigna” que debería de utilizar el banco para frenar con un par que simule el efecto de la carretera, esta dato se halla con la siguiente fórmula.

$$mV_{consigna\_freno} = C_0 + C_{aceleracion} \cdot (pulsos - pulsos_{ant}) + C_{aero} \cdot pulsos^2$$

[7.4]

A partir de este dato se calculan los “milivoltios” de salida utilizados realmente por el banco, siendo “Cfreno = 0.01” y “mV galga” los “milivoltios” que lee el sensor de la galga en ese instante.

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot (mV_{consigna\_freno} - mV_{galga})$$

[7.5]

De una prueba real obtenemos los siguientes datos (Datos obtenidos al azar, de entre una muestra de unos 6000 datos).

| Tiempo (s) | Pulsos | $mV_{consigna\_freno}$ | $mV_{galga}$ | $mV_{salida}$ |
|------------|--------|------------------------|--------------|---------------|
| <b>3.2</b> | 68     | 517                    | 412          | 1357          |
| <b>3.3</b> | 69     | 463                    | 420          | 1359          |

**Tabla 7.6. Valores leídos directamente mediante puerto.**

Con estos datos de la tabla podemos calcular que el valor de  $C_{freno}$  que realmente utiliza se utiliza es de 0.046511, es decir, podemos afirmar que el banco frena más de lo que debería frenar ya que el valor que se le suma al valor anterior es 4.6 veces superior a lo que debería ser. Esto hace que al comienzo de la prueba no se note el error, pero conforme aumentamos la velocidad y el tiempo el error es cada vez más grande.

### 7.2.2. Software nuevo.

| Distancia (m) | Tiempo (s) | Velocidad (km/h) |
|---------------|------------|------------------|
| 1000          | 34.1       | 135.8            |

Tabla 7.7. Datos distancia, tiempo y velocidad final prueba 0 – 1000 m.

Al conocer que el fallo se producía en la tarjeta de adquisición de datos se tomaron las siguientes medidas para poder subsanar el error en el nuevo software.

En la tarjeta se producían unos cálculos internos que no se pueden obtener, por lo tanto sabiendo que la tarjeta aumentaba la variable  $C_{freno}$  en 4.6 veces en sus cálculos internos, decidimos mandarle los datos divididos por esa constante, obteniendo así la salida que realmente debe utilizar el freno del banco de rodillos para simular la circulación de un vehículo sobre una carretera.

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot 4.6 \cdot \frac{mV_{consigna\_freno} - mV_{galga}}{4.6} \quad [7.6]$$

Como podemos observar el cronómetro se paró en 34.1 segundos para recorrer los 1000 metros de la prueba, comparando con bases de datos de vehículos que han realizado esta prueba se confirma de que esta dentro de la normalidad para la potencia y coeficiente aerodinámico del vehículo utilizado (Renault Kangoo).

### **7.2.3. Comparativa software nuevo y antiguo.**

Se puede confirmar que al utilizar el freno en la prueba del programa antiguo no se obtienen unos datos coherentes con la realidad, cuando después de 1000 metros recorridos sobrepasa por poco los 100 km/h, suponiendo un caso de que la prueba tuviese un recorrido de 2000 m esa velocidad seguiría en el mismo orden de magnitud ya que el vehículo no es capaz de vencer el par de frenado tan alto que ejerce el banco dinamométrico a esas velocidades.

Tras determinar el error que realizaba el banco, que ha sido la parte del TFG que más tiempo ha llevado, para llegar a dicho error, se puede confirmar de que la tarjeta no funciona correctamente, pudiendo así dirigirse a la empresa con unos datos comprobados y reales para que subsanen el problema.

### **7.3. PRUEBA DE CARRETERA.**

En esta prueba donde se simulan las condiciones de rodadura sobre una carretera, se pretende observar el comportamiento y las prestaciones del vehículo a ensayar.

Los datos utilizados para esta prueba han sido los mismos para los dos software, en este caso se ha utilizado una masa adicional de 0 kg, un coeficiente aerodinámico de 0.3, y un coeficiente de rozamiento de 0.015. Las viables meteorológicas para las dos pruebas fueron de una temperatura de 30.17 grados y una presión atmosférica de 1076.51 mbar.

### 7.3.1. Software antiguo.

Después de realizar más de 20 pruebas, viendo que el vehículo en ninguna de las circunstancias era capaz de sobrepasar los 94 km/h llegamos a la conclusión de que el freno aplicaba un par de frenado superior al que se debería de obtener en esas circunstancias de la prueba.

Esta prueba también fue realizada con un coche propio de la marca Seat, en concreto era el modelo gasolina que equipaba un motor de 1400 cm<sup>3</sup> con 75 CV. Este vehículo en condiciones normales de circulación con pendiente cero, llega a los 175 km/h, mientras que en el banco de potencia gobernado por el software antiguo no sobrepasaba los 115 km/h.

Como hemos realizado en el punto 7.2 se procederá a leer la información que se le envía al banco y posteriormente vamos a leer lo que frena el banco dinamométrico para confirmar de que el freno no funciona correctamente.

Se va proceder a comprobar con los siguientes datos si el funcionamiento de la tarjeta es el correcto, aplicando las formulas suministradas por la empresa "Ryme".

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Masa</b>                             | <b>1000 kg</b>         |
| <b>Superficie Frontal</b>               | <b>2 m<sup>2</sup></b> |
| <b>Coef. Rozamiento</b>                 | <b>0.015</b>           |
| <b>Coef. Aerodinámico</b>               | <b>0.3</b>             |
| <b>Pendiente</b>                        | <b>0</b>               |
| <b><i>A<sub>calibre_freno</sub></i></b> | <b>0.176</b>           |
| <b><i>B<sub>calib_freno</sub></i></b>   | <b>0</b>               |

Tabla 7.8. Parámetros utilizados para la comprobación del funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos.

$$C_0 = \frac{d_{rodillos} \cdot m + g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} - B_{calib\_freno}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}}$$

[7.7]

$$C_{aceleracion} = \frac{\left(m - \frac{4 \cdot I}{d_{rodillos}^2}\right) \cdot \frac{d_{rodillos}^2 \cdot g_p \cdot f_p}{4}}{90 \cdot A_{calibre\_freno} \cdot t_p^2}$$

[7.8]

$$C_{aero} = \frac{\left(\frac{d_{rodillos} \cdot g_p \cdot f_p \cdot \pi}{2 \cdot 90 \cdot t_p}\right)^2 \cdot \frac{d_{rodillos} \cdot C_x \cdot S \cdot \delta_{aire}}{2}}{2 \cdot A_{calibre\_freno}}$$

[7.9]

Con las formulas anteriores obtenemos los siguientes resultados mostrados en la tabla, y vemos que son diferentes, los datos que realmente se envían al bando dinamométrico.

|                          | Valor obtenido por las fórmulas | Valor que utiliza el banco dinamométrico(*) |
|--------------------------|---------------------------------|---|
| <b>C0</b>                | 147                             | 122.13                                      |
| <b>Ca<sub>cel</sub></b>  | 471.9529                        | 236.9618                                    |
| <b>Ca<sub>aero</sub></b> | $1.0914 \cdot 10^{-3}$          | $1.0914 \cdot 10^{-3}$                      |

(\*) Datos leídos directamente de la tarjeta.

**Tabla 7.9. Datos obtenidos para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos.**

A continuación de hallan los “milivoltios consigna” que debería de utilizar el banco para frenar con un par que simule el efecto de la carretera, esta dato se halla con la siguiente fórmula.

$$mV_{consigna\_freno} = C_0 + C_{aceleracion} \cdot (pulsos - pulsos_{ant}) + C_{aero} \cdot pulsos^2$$

[7.10]

A partir de este dato se calculan los “milivoltios” de salida utilizados realmente por el banco, siendo “C<sub>freno</sub> = 0.01” y “mV galga” los “milivoltios” que lee el sensor de la galga en ese instante.

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot (mV_{consigna\_freno} - mV_{galga})$$

[7.11]

De una prueba real obtenemos los siguientes datos (Datos obtenidos al azar, de entre una muestra de unos 6000 datos).

| Tiempo (s) | Pulsos | $mV_{consigna\_freno}$ | $mV_{galga}$ | $mV_{salida}$ |
|------------|--------|------------------------|--------------|---------------|
| 18.2       | 322    | 845                    | 802          | 1694          |
| 18.3       | 323    | 809                    | 820          | 1696          |

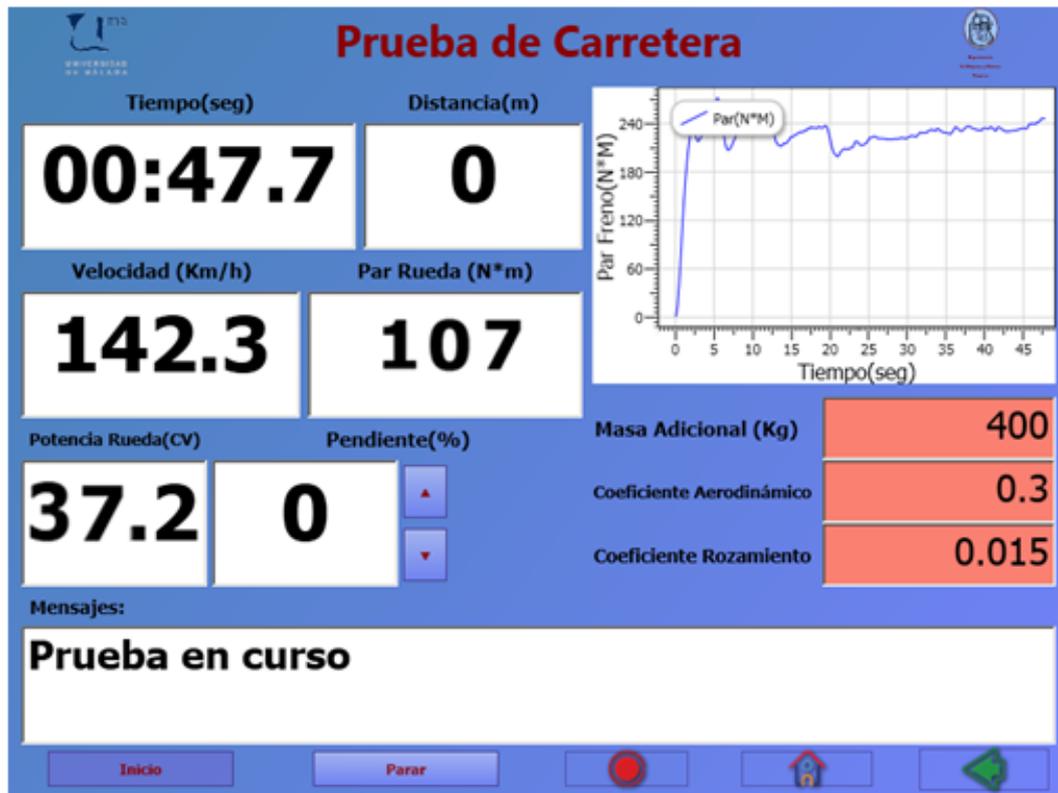
Tabla 7.10. Datos obtenidos para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos.

Con estos datos de la tabla podemos calcular que el valor de  $C_{freno}$  que realmente utiliza se utiliza es de 0.046511, es decir, podemos afirmar que el banco frena más de lo que debería frenar ya que el valor que se le suma al valor anterior es 4.6 veces superior a lo que debería ser. Esto hace que al comienzo de la prueba no se note el error, pero conforme aumentamos la velocidad y el tiempo el error es cada vez más grande.

### 7.3.2. Software nuevo.

En el software nuevo se ha diseñado para que el coche simule correctamente la rodadura del vehículo sobre una carretera, como se puede observar a continuación en una de las muchas pruebas realizadas el vehículo alcanza una velocidad de 142.3 km/h, prueba realizada con el vehículo Renault Kangoo.

En este software se ha utilizado la formulación ofrecida por la empresa “Ryme” en la que se basan los cálculos para el software antiguo.



7.1. Pantalla principal prueba de carretera.

Fuente: Software nuevo banco de potencia.

En la tarjeta se producían unos cálculos internos que no se pueden obtener, por lo tanto sabiendo que la tarjeta aumentaba la variable  $C_{freno}$  en 4.6 veces en sus cálculos internos, se decidió enviarle los datos divididos por esa constante, obteniendo así la salida que realmente debe utilizar el freno del banco de rodillos para simular la circulación de un vehículo sobre una carretera.

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot 4.6 \cdot \frac{mV_{consigna\_freno} - mV_{galga}}{4.6} \quad [7.12]$$



### **7.3.3. Comparativa software antiguo y nuevo.**

Como conclusión se puede afirmar que el freno utilizado en el software antiguo no se ajustaba a la simulación de las condiciones durante la prueba en el banco dinamométrico de la Universidad de Málaga, quedando demostrado con la utilización de varios vehículos diferentes, que en carretera normal sobrepasan tranquilamente los 150 km/h en la prueba de carretera en el banco, no pasaban de 115 km/h.

En el programa nuevo se puede observar unos resultados lógicos y coherentes con la realidad, por tanto se puede afirmar que el software nuevo asemeja mejor las condiciones de circulación en carretera de los vehículos.

Tras determinar el error que realizaba el banco, que ha sido la parte del TFG que más tiempo ha llevado, para llegar a dicho error, se puede confirmar de que la tarjeta no funciona correctamente, pudiendo así dirigirse a la empresa con unos datos comprobados y reales para que subsanen el problema.

## **7.4. CURVA DE POTENCIA.**

### **7.4.1. Software antiguo.**

En esta prueba se halla en una grafica con la potencia del vehículo en rueda y motor, calculándola a partir del par ejercido por las ruedas en los rodillos y las revoluciones del motor, estas revoluciones son tomadas mediante un medidor de RPM. La potencia del motor son la suma de la potencia en rueda más las pérdidas por transmisión.

En esta prueba al tener el medidor de revoluciones, cuando el banco toma las lecturas de velocidad angular de las ruedas y la velocidad angular del cigüeñal, el programa calcula la relación de transmisión de la transmisión.

Posteriormente el banco utiliza esta relación de transformación para hallar la potencia del motor a partir del par ejercido en el banco de rodillos por las ruedas. Obteniendo unos datos fiables.

Al realizar las pruebas con el software antiguo se observó que el funcionamiento era correcto, ya que contrasta perfectamente con los datos del fabricante. Debido a que el vehículo no tiene más de 3.000 km, se supone la potencia entregada por el mismo debe ser muy próxima a la de su ficha técnica.

En este caso se trata de un vehículo de la marca Renault, modelo Kangoo, que según su ficha técnica, su motor tiene las siguientes especificaciones técnicas principales.

- Potencia máxima: 55 CV.
- Par máximo: 120 Nm.
- Cilindrada: 1900 cm<sup>3</sup>.

A continuación se muestran los datos de dos pruebas seleccionadas al azar.

|                             |           | RPM  |           | RPM  |
|-----------------------------|-----------|------|-----------|------|
| <b>Potencia Vehículo</b>    | 63.4 CV   | 3661 | 66.6 CV   | 3745 |
| <b>Potencia Rueda</b>       | 49.7 CV   | 3661 | 48.5 CV   | 3745 |
| <b>Perdidas transmisión</b> | 13.7 CV   | -    | 12.5 CV   | -    |
| <b>Par máximo</b>           | 132.5 Nm  | 2499 | 139.5 Nm  | 2071 |
| <b>Temperatura</b>          | 30 °C     | -    | 29.7 °C   | -    |
| <b>Presión</b>              | 1074 mbar | -    | 1074 mbar | -    |

Tabla 7.11. Resultados de potencias obtenidos mediante el software Ryme.

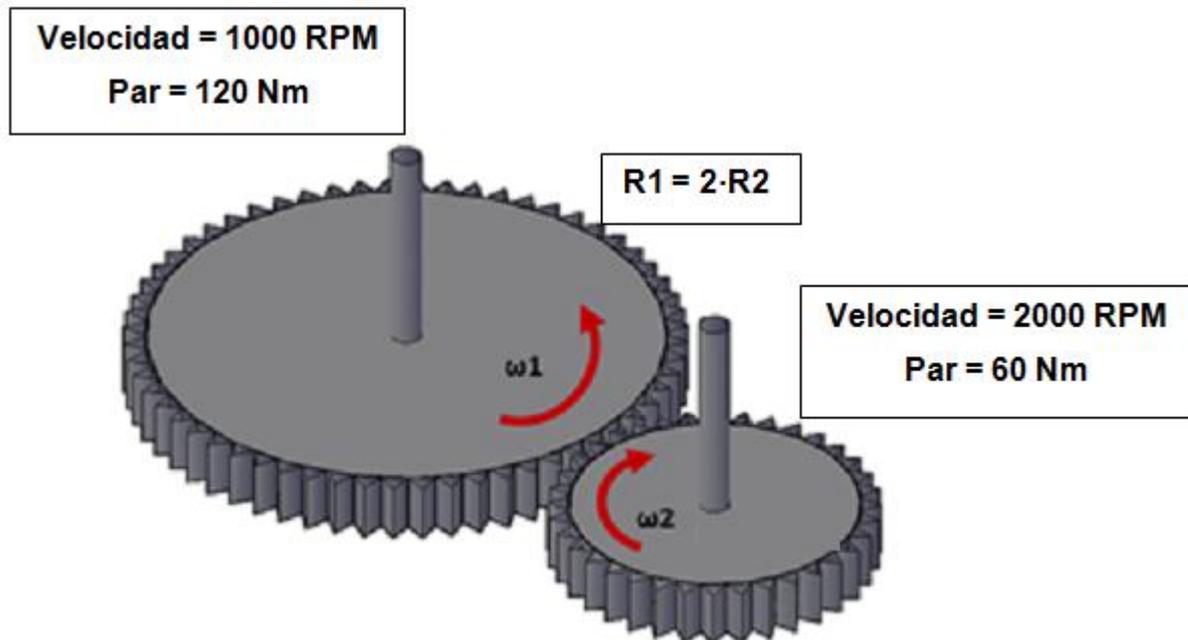


#### 7.4.2. Software nuevo.

Al contrario que en el software de “Ryme”, en el nuevo software ha sido imposible de poder poner en funcionamiento el medidor de revoluciones. Desde la empresa “Ryme” se negaron a proporcionar la información de cómo interpretar los datos que enviaba ese medidor.

Por tanto el funcionamiento del programa es correcto para una relación de transmisión uno a uno, es decir, que la velocidad angular del cigüeñal sea igual a la velocidad angular al eje de las ruedas. Para el correcto funcionamiento se debería saber todas las relaciones de transmisión de cada marcha y vehículo con el que se vaya a realizar una prueba en el banco dinamométrico, para obtener el par en el cigüeñal y calcular así la potencia del motor.

Se intentó de complementar el programa realizando una programación que incluyera la matemática para hallar la relación de transmisión teniendo en cuenta la medida del neumático. Se dispone a calcular la relación existente de pares entre el rodillo y el cigüeñal del motor, de la siguiente forma.



## 7.2. Ley de engranajes.

Fuente: Elaboración propia.

- Comenzamos por calcular la relación entre el perímetro de la rueda y el rodillo.
- Se obtienen las revoluciones del neumático.
- Se calcula la relación entre la velocidad del cigüeñal y el neumático.
- Se obtiene el par rueda multiplicando por la relación entre el perímetro de la rueda y el perímetro del rodillo.
- Por último se calcula el par del cigüeñal, multiplicando el par rueda por la relación entre la velocidad del cigüeñal y la rueda.



Datos: Perímetro rodillo, perímetro rueda, revoluciones rodillo, revoluciones cigüeñal y par rodillos (mV galga).

$$X_{relacion} = \frac{\text{Perímetro Rueda}}{\text{Perímetro Rodillo}} \quad [7.13]$$

$$RPM_{rueda} = \frac{RPM \text{ rodillo}}{X \text{ relacion}} \quad [7.14]$$

$$Y_{relacion} = \frac{RPM \text{ cigüeñal}}{RPM \text{ rueda}} \quad [7.15]$$

$$Par_{rueda} = Par \text{ rodillo} \cdot X \text{ relacion} \quad [7.16]$$

$$Par_{cigüeñal} = Par \text{ rueda} \cdot Y \text{ relacion} \quad [7.17]$$

Una vez implementada toda la matemática en la programación se procedió a comprobar su funcionamiento. Obteniendo como resultado, al no aplicar un freno en la prueba de curva de potencia este valor de par (mV galga) no se podía obtener debido a que el programa tiene un comando instalado que si no se aplica freno, este dato no se puede leer.

Al no poder acceder al valor de “mVgalga” (Par rodillos). Debido a este problema se procedió a calcular el par mediante la aplicación de la segunda ley de Newton aplicada al movimiento angular, repitiendo los pasos anteriores mediante las relaciones de transformación para calcular el par del cigüeñal.

$$Par_{rodillo} = Inercia \text{ rodillo} \cdot aceleracion \text{ angular} \quad [7.18]$$

$$Aceleracion \text{ angular} = \frac{dW}{dt}$$

Una vez desarrollada la programación matemática se procedió a comprobar su funcionamiento de nuevo, obteniendo durante la prueba, valores de par que variaban muy bruscamente con el tiempo.

Al investigar sobre el error se obtuvo, que el programa no utilizaba siempre el mismo tiempo entre dos pulsos, es decir, el software utiliza los valores de velocidad angular de cada pulso, pero no utiliza el mismo valor de tiempo entre dos pulsos ( $T_p$ ), falseando así el par durante la prueba. Obteniendo una curva de potencia falseada.

| Tiempo (s) | Pulsos | W (velocidad angular) |
|------------|--------|-----------------------|
| 18.02      | 322    | 209                   |
| 18.04      | 323    | 211                   |
| 18.06      | 324    | 215                   |
| 18.08      | 325    | 219                   |
| 18.10      | 326    | 235                   |

Tabla 7.12. Datos utilizados para calcular la aceleración angular.

$$\frac{dW}{dt} = \frac{W2 - W1}{T_p}$$

[7.19]

- $T_p$  = tiempo entre pulsos
- $W$  = velocidad angular rodillo



A continuación se muestran dos pruebas seleccionadas al azar, en la 3<sup>o</sup> marcha.

|                             |           | RPM  |              | RPM  |
|-----------------------------|-----------|------|--------------|------|
| <b>Potencia Vehículo</b>    | 61.5 CV   | 4102 | 65.5CV       | 4148 |
| <b>Potencia Rueda</b>       | 53.4 CV   | 4102 | 56.5 CV      | 4148 |
| <b>Perdidas transmisión</b> | 13.7 CV   | -    | 12.5 CV      | -    |
| <b>Par máximo</b>           | 100.09 Nm | 3296 | 139.5 Nm     | 3093 |
| <b>Temperatura</b>          | 28.7 °C   | -    | 28.9 °C      | -    |
| <b>Presión</b>              | 1074 mbar | -    | 1074<br>mbar | -    |

Tabla 7.13. Medidas de potencia mediante el nuevo software.

Se puede observar que, si la prueba se realiza en la 3<sup>o</sup> marcha donde la relación de transmisión es cercana a 1, los valores de potencia y par que se obtienen se acercan a la realidad. Al realizar la prueba en marchas superiores se obtienen valores de potencia y par más pequeños, al contrario que si se realiza con marchas más pequeñas donde se obtiene pares elevados y potencias elevadas a no tener en cuenta la relación de transmisión de la caja de cambios.

#### 7.4.3. Comparativa software nuevo y antiguo.

Tras las pruebas realizadas con el software antiguo, se observa que los datos son coherentes y similares a los datos ofrecidos por el fabricante, pudiendo observar como el par máximo se obtiene entre 2000 – 2500 RPM y la potencia máxima sobre las 3700 RPM. Se puede observar que las perdidas por transmisión en las dos pruebas son semejantes al igual que en el resto de pruebas realizadas reflejadas en el anexo 1 con valores que oscilan entre 12 y 13 CV.

La comparativa con respecto al programa nuevo no se puede realizar por los motivos citados anteriormente, al no tener la capacidad de poner en funcionamiento el cuentarrevoluciones del taller y los problemas detallados anteriormente no en la lectura de valores durante la prueba. Por tanto se puede confirmar que la prueba en el nuevo software no tiene un funcionamiento correcto.

La prueba curva de potencia en el nuevo software es útil para observar las variaciones de potencia debido a cambios en el motor, pero no es útil para dar un valor exacto de potencia y par en el vehículo.

Debido a que el funcionamiento del cuentarrevoluciones es inexistente, se propone como propuesta para futuros proyectos realizados en el taller de motores térmicos de la Universidad de Málaga con el fin de completar el funcionamiento del nuevo software creado por alumnos de la facultad.

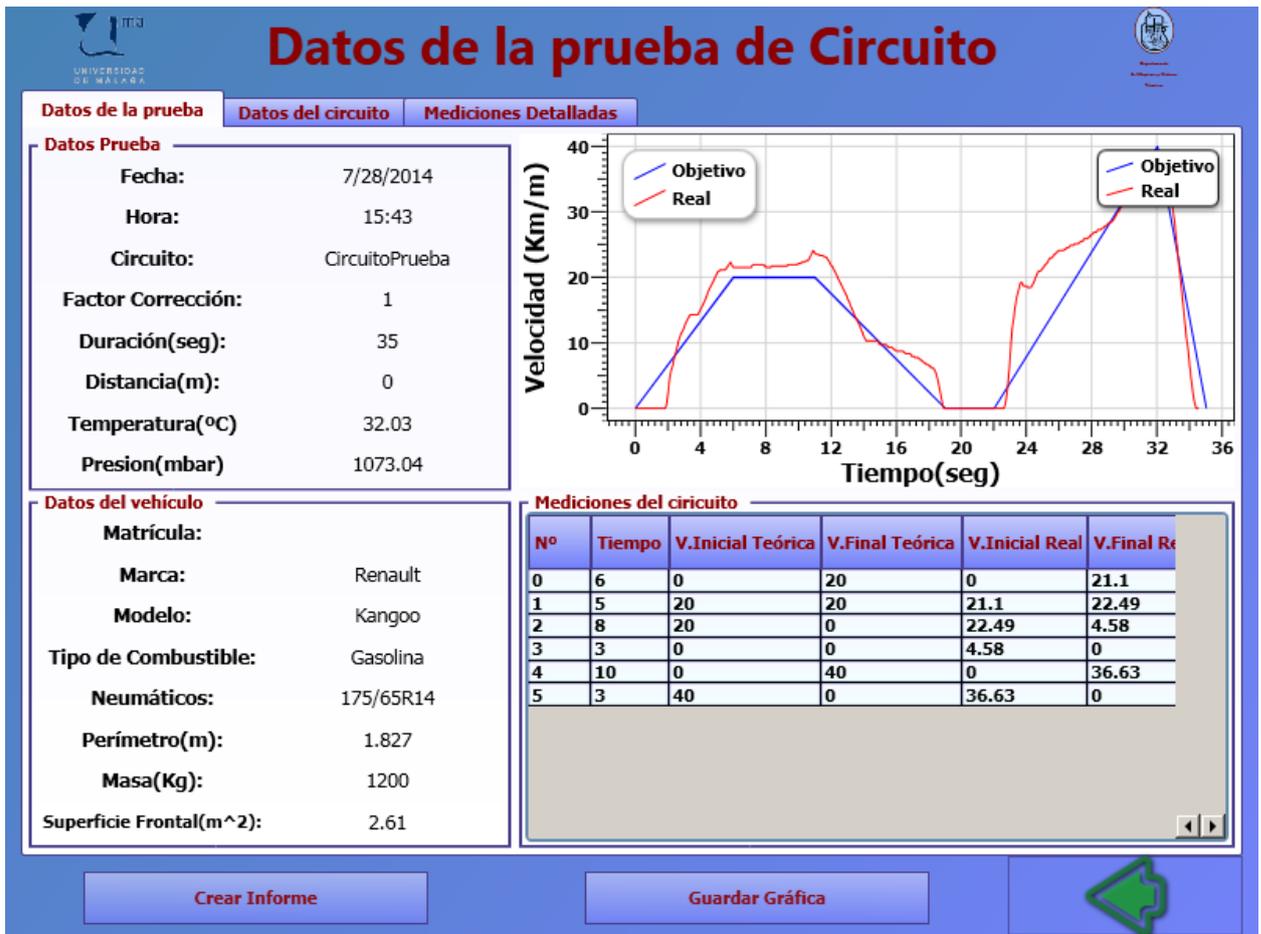
### **7.5. PRUEBA DE CIRCUITO.**

Esta prueba se ha incluido como novedad en el software nuevo, se trata de una prueba donde se pretende simular las situaciones creadas por el usuario, como puede ser la circulación en una ciudad suponiendo que cada ciertos metros hay un semáforo donde el vehículo tiene que estar detenido unos determinados segundos.

Esta prueba es de gran ayuda para la realización de proyectos con el fin de conocer los consumos y las emisiones dadas unas circunstancias. En ella se utiliza el freno de carretera simulando una circulación exacta.

A continuación se muestra las pruebas realizadas sobre el correcto funcionamiento del programa, observando que todos los mensajes durante la prueba se divisan correctamente desde el vehículo, donde el conductor tiene

que leer dichos mensajes, observando también que la grafica responde a la realidad del coche, es decir, si el coche debe acelerar de 0 km/h a 35 km/h en 5 segundos y nosotros lo realizamos en 2 segundos, esto, se refleje correctamente sobre la grafica de la prueba.



7.3. Pantalla tras realizar la prueba de circuito.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.



Se puede observar que una vez concluida la prueba, en la parte izquierda superior se muestran los datos de las pruebas mientras que en la parte izquierda inferior se muestran los datos del vehículo seleccionado.

En la parte superior derecha se muestra el gráfico en azul de la velocidad teórica que se debe simular con la mayor exactitud posible, mientras que el gráfico rojo representa la velocidad real de nuestro vehículo. En la parte inferior derecha se muestran los datos de velocidad y tiempo de cada uno de los tramos que componen nuestro circuito realizado.

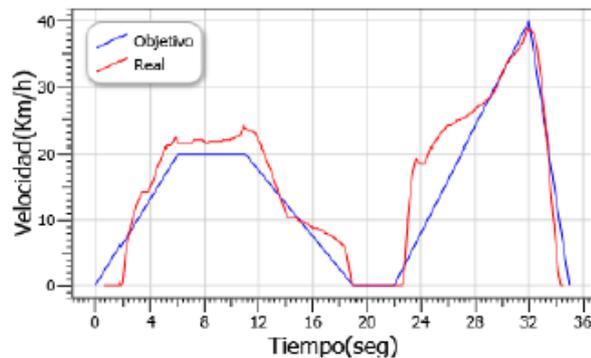
En cuanto a la generación del informe; se genera en formato Excel, en la que aparecen los mismos datos que en la pantalla mostrada anteriormente.

## Prueba de Carretera

### Datos de la prueba

Fecha : 28/07/2014  
 Hora : 15:43  
 Circuito : CircuitoPrueba  
 Factor Corrección : 1  
 Duración(seg) : 35  
 Distancia(m) : 0  
 Temperatura(C°) : 32,03  
 Presión(mbar) : 1073,04

### Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):



### Datos del vehículo usado

Matrícula : TahermoN  
 Marca : Renault  
 Modelo : Kangoo  
 Motor : Gasolina  
 Neumático : 175/65R14  
 Perímetro : 1,827  
 Masa : 1200  
 Superficie Frontal : 2,61

### Datos del circuito:

| Nº | Tiempo | V.Inicial T | V.Final T | V.Inicial R | V.Final R |
|----|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 6      | 0           | 0         | 0           | 21,1      |
| 1  | 5      | 20          | 20        | 21,1        | 22,49     |
| 2  | 8      | 20          | 20        | 22,49       | 4,58      |
| 3  | 3      | 0           | 0         | 4,58        | 0         |
| 4  | 10     | 0           | 0         | 0           | 36,63     |
| 5  | 3      | 40          | 40        | 36,63       | 0         |

### 7.4. Formato informe prueba de circuitos.

Fuente: Nuevo software banco de potencia.

### 7.6. PRUEBAS REALIZADAS EN GRUPO.

#### 7.6.1. Prueba de cuentakilómetros.

Como se comentó en anteriores apartados, esta prueba se trata de calcular el error que tiene el cuentakilómetros del vehículo al medir una distancia, respecto de la distancia real que se recorre, ya que el cuentakilómetros del vehículo, considera la rueda como una circunferencia perfecta, hecho que no es realmente cierto, ya que la rueda se deforma al pisar el suelo, dejando de ser una circunferencia perfecta. En la siguiente imagen se muestra exageradamente la deformación que se produce en el neumático al circular.



7.5. Neumático con circunferencia no perfectamente redonda.

Fuente: Ciculaseguro.com



#### 7.6.1.1. Software Ryme.

A continuación se van a mostrar los datos de una prueba significativa, tomada de una amplia muestra de pruebas realizadas con este software.

| Medición     | Distancia teórica (m) | Distancia real (m) | Error (%) |
|--------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| Nº1          | 100                   | 103.9              | -3.9      |
| Nº2          | 200                   | 202.4              | -1.2      |
| Nº3          | 300                   | 300.8              | -0.3      |
| Nº4          | 400                   | 400.3              | -0.1      |
| Nº5          | 500                   | 497.6              | 0.5       |
| <b>Media</b> |                       |                    | -1        |

#### 7.14. Medidas prueba cuentakilómetros.

Como se puede observar en los resultados, el error del cuentakilómetros es prácticamente despreciable, al ser del 1%.

El hecho de que en la primera medición, el error sea bastante mayor que en la quinta medición, puede deberse a la forma de tomar los datos, ya que no se trata de un método automático, sino manual, que se basa en que el conductor del vehículo avise mediante alguna señal a la persona que se encuentra manejando el software cuando se cumplen las condiciones, hecho que puede suponer un pequeño error en cada medición, por ello se toma finalmente el valor medio de todas las mediciones, y no se mira medición a medición cada dato, ya que podría haber algún dato que se salga de la media debido a una mala comunicación, o un retraso entre el piloto y el gerente del software.

Por lo tanto, damos esta prueba como válida, ya que el cuentakilómetros de los vehículos está demostrado que prácticamente no tienen error, ya que esta deformación que se produce en la rueda apenas afecta a la medición de la distancia acumulada.

## 7.6.1.2. Software nuevo.

A continuación se van a mostrar los datos de una prueba significativa, tomada de una amplia muestra de pruebas realizadas con este software:

| Medición     | Distancia teórica (m) | Distancia real (m) | Error (%) |
|--------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| 1            | 100                   | 110.6              | -10.6     |
| 2            | 200                   | 211.2              | -5.6      |
| 3            | 300                   | 310.7              | -3.6      |
| 4            | 400                   | 410.3              | -2.6      |
| 5            | 500                   | 507.6              | -1.5      |
| 6            | 600                   | 606                | -1        |
| 7            | 700                   | 704.4              | -0.6      |
| 8            | 800                   | 796.2              | 0.5       |
| 9            | 900                   | 890.2              | 1.1       |
| 10           | 1000                  | 988.6              | 1.1       |
| <b>Media</b> |                       |                    | -2.2      |

## 7.15. Medidas prueba cuentakilómetros.

Como podemos observar, la media del error producido es del 2.2%, prácticamente igual que con el software original, solo hay una pequeña diferencia de un 1.2%.

Esta diferencia es debida al margen de error que tenemos por la forma de adquisición de datos en esta prueba, que al ser manual, puede inducir pequeños errores como éste.

Por lo tanto, esta prueba tiene validez tanto el software original como en el nuevo software.

### 7.6.2. Prueba 0 – 100 km/h.

Como se comentó en apartados anteriores, esta prueba se trata de calcular el tiempo que tardaría el vehículo en alcanzar los 100 km/h en condiciones reales, por lo tanto, para este apartado, se utiliza el freno de carretera, que simula ciertas condiciones de conducción que podemos ir cambiando si se quiere simular, por ejemplo, un nuevo coeficiente aerodinámico, o simular un cambio de terreno (no es lo mismo el tiempo que se tarda en alcanzar los 100 km/h en asfalto que en arena).

Para realizar esta prueba, como en las anteriores, se utilizó el Renault kangoo, cuyas características principales que influyen en la prueba son las siguientes:

| Masa    | Coefficiente aerodinámico | Superficie frontal | Coefficiente rodadura |
|---------|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| 1200 Kg | 0.35                      | 2.61 m2            | 0.015                 |

#### 7.16. Parámetros utilizados prueba 0-100 km/h.

##### 7.6.2.1. Software Ryme.

Al realizar la prueba en el software original con los anteriores datos, el vehículo nunca llegó a sobrepasar los 100 km/h, cuando el tiempo que tarda en alcanzar un vehículo de estas características, en alcanzar esa velocidad suele ser de unos 20 segundos, por lo tanto, se realizó la prueba con unos datos menos exigentes, para poder terminar la prueba y obtener conclusiones, los datos utilizados fueron los que aparecen por defecto al iniciar la prueba:

| Masa    | Coefficiente aerodinámico | Superficie frontal | Coefficiente rodadura |
|---------|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| 1000 Kg | 0.30                      | 2 m2               | 0.015                 |

#### 7.17. Parámetros utilizados prueba 0-100 km/h.

Se volvió a realizar la prueba con estos datos, y el vehículo tardó en alcanzar los 100 km/h, 44.4 segundos, por lo tanto, se investigó cual podría ser la base del problema.

Para simular el freno de carretera, se utilizan las siguientes fórmulas, que ya fueron justificadas y detalladas en el apartado "Análisis del software":

$$mV_{consigna\_freno} = C_0 + C_{aceleracion} \cdot (pulsos - pulsos_{ant}) + C_{aero} \cdot pulsos^2 \quad [7.20]$$

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot (mV_{consigna\_freno} - mV_{galga}) \quad [7.21]$$

Durante el desarrollo de la prueba, se accedió al funcionamiento interno del programa y se obtuvieron los siguientes valores para las fórmulas anteriores, y se compararon con los datos teóricos que se debían de mandar. (Fórmula 1)

|                   | Valor teórico          | Valor leído durante la prueba |
|-------------------|------------------------|-------------------------------|
| $C_0$             | 147                    | 122.13                        |
| $C_{aceleracion}$ | 471.9529               | 236.9618                      |
| $C_{aero}$        | $1.0914 \cdot 10^{-3}$ | $1.0914 \cdot 10^{-3}$        |

### 7.18. Datos para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta adquisición de datos.

Se puede observar que el valor de " $C_0$ " es prácticamente igual que el teórico, el valor de " $C_{aero}$ " es exactamente igual que el teórico, pero el valor de " $C_{aceleracion}$ " es prácticamente la mitad de lo que debería ser.

Mirando solo estos datos, el freno debería ser más suave de lo que debería ser teóricamente, cosa que no ocurre, por lo tanto, se indagó en la siguiente fórmula que afectaba al freno. (Fórmula 2)



Se tomaron varias muestras de entre unos 6000 datos captados en varias pruebas, viendo que al principio los valores eran cercanos a la realidad, pero que después se disparaban, debido al hecho de que el valor de " $C_{freno}$ " que debería de ser 0.01, realmente era de 0.046511, convirtiendo lo que debería de ser un suavizado en un incremento no deseado del freno.

| Tiempo (s) | Pulsos | $mV_{consigna\_freno}$ | $mV_{galga}$ | $mV_{salida}$ |
|------------|--------|------------------------|--------------|---------------|
| 3.2        | 68     | 517                    | 412          | 1357          |
| 3.3        | 69     | 463                    | 420          | 1359          |

### 7.19. Datos para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta adquisición de datos.

#### 7.6.2.2. Software nuevo.

Una vez localizados los errores, se programaron las fórmulas en el programa nuevo y se realizó la prueba con los mismos datos con los que se había evaluado el programa antiguo, obteniendo los siguientes resultados en la fórmula 1:

|                   | Valor teórico          | Valor leído durante la prueba |
|-------------------|------------------------|-------------------------------|
| $C_0$             | 147                    | 147                           |
| $C_{aceleracion}$ | 471.9529               | 471.9529                      |
| $C_{aero}$        | $1.0914 \cdot 10^{-3}$ | $1.0914 \cdot 10^{-3}$        |

### 7.20. Datos para comprobar el correcto funcionamiento de la tarjeta adquisición de datos.

Viendo que estos datos eran iguales que los teóricos, hicimos la misma comprobación para la fórmula 2, obteniendo los mismos resultados que con el software antiguo, por lo tanto, se intentó cambiar el parámetro " $C_{freno}$ ", pero este dato estaba guardado en algún punto inaccesible del ordenador o de la tarjeta de adquisición de datos, y daba igual el valor que se le diese que siempre utilizaba 0.046.

Por lo tanto, la solución que se tomó fue dividir los datos " $mV_{consigna\_freno}$ " y " $mV_{galga}$ " entre 4.6, ya que al multiplicarlos por el " $C_{freno}$  erróneo" que utiliza la tarjeta de adquisición de datos, se compensa el error y es como si se utilizase la fórmula original, quedando la siguiente formula, en que " $C_{freno}$ " valdría finalmente 0.01, y los demás datos no se verían afectados:

$$mV_{salida} = mV_{salida-1} + C_{freno} \cdot 4.6 \cdot \frac{mV_{consigna\_freno} - mV_{galga}}{4.6} \quad [7.22]$$

Una vez realizadas estas modificaciones, realizamos la prueba obteniendo un tiempo de 13.6 segundos, demasiado rápido para un coche de esta categoría pero teniendo en cuenta que los datos no eran los originales del vehículo, sino que se había modificando, siendo menos duros, para poder compararlo con el software antiguo.

Al introducir los datos originales del vehículo se obtuvo un tiempo de 17.4 segundos, un tiempo adecuado a un vehículo de esta categoría.

Por lo tanto, este tiempo, da validez a esta prueba en el nuevo software.

### 7.6.3. Prueba fuerza constante.

Esta prueba tiene como objetivo determinar la fuerza real que se desarrolla en rueda al aplicar una fuerza constante de frenado que introducimos como consigna, y vamos variando.

En esta prueba no se utiliza la simulación del freno real en carretera, sino que se frena el rodillo con la fuerza deseada hasta que la galga detecta que la fuerza del vehículo es igual a la fuerza consigna, y entonces registra el valor real obtenido.



### 7.6.3.1. Software Ryme.

Al realizar esta prueba con el software original del banco, solo podemos realizar la prueba hasta 0.2 KN, ya que cuando se manda como consigna una fuerza mayor, el banco frena demasiado y el vehículo no llega a alcanzar nunca la fuerza deseada y no se obtiene ningún resultado. Para valores menores o iguales de 0.2 KN el programa funciona correctamente, y obtiene los siguientes valores:

| Medición | Fuerza consigna (KN) | Fuerza real (KN) |
|----------|----------------------|------------------|
| Nº1      | 0.10                 | 0.09             |
| Nº2      | 0.20                 | 0.19             |

### 7.21. Medidas de fuerza en prueba de fuerza constante.

Como se puede observar en los resultados, el error entre la fuerza consigna, y la fuerza real es de 0.01 KN, debido a las pérdidas mecánicas entre los elementos que intervienen en la simulación.

### 7.6.3.2. Software nuevo.

Para comparar la prueba realizada con el software nuevo con la del software original, como en todas las pruebas, se realizaron las pruebas en las mismas condiciones, con el mismo vehículo, y varias veces para comprobar la veracidad de la prueba.

Al realizar la prueba con este software se puede llegar a valores más altos de fuerza en la prueba, ya que este programa utiliza el freno correctamente y no frena más de la cuenta a partir de ciertos valores, llegando en este caso hasta 0.4 KN, ya que el vehículo con el que se realizan las pruebas es de poca potencia y no entrega más fuerza, pero con vehículos de más potencia si se han podido alcanzar mayores fuerzas, por lo tanto, el funcionamiento del programa es correcto en ese sentido.

Los resultados obtenidos al realizar la prueba en las mismas condiciones que con el otro programa con este software son los siguientes:

| Medición | Fuerza consigna (KN) | Fuerza real (KN) |
|----------|----------------------|------------------|
| Nº1      | 0.10                 | 0.09             |
| Nº2      | 0.20                 | 0.19             |
| Nº3      | 0.30                 | 0.29             |
| Nº4      | 0.40                 | 0.39             |

### 7.22. Medidas de fuerza en prueba de fuerza constante.

Como vemos, los resultados obtenidos son los mismos que con el software de Ryme, añadiendo dos tomas de datos más, que con el otro software no se llegaban a tomar. Por lo tanto estos datos dan veracidad a las pruebas que se realicen en esta prueba con este software.

### 7.6.4. Prueba velocidad constante.

Esta prueba se trata de calcular la fuerza en rueda necesaria para que un vehículo circule a cierta velocidad constante.

Para ello, al vehículo no se le opone ninguna fuerza hasta que supera la velocidad deseada en 5 km/h, momento en el que se recibe el aviso para que se mantenga la posición del pedal, mientras que el freno va frenando poco a



poco con más fuerza hasta que se estabiliza la velocidad, entonces se guarda la fuerza que ha sido necesaria para llegar a conseguirlo.

En esta prueba es necesario un pilotaje excepcional para conseguir buenos resultados, ya que si la posición del pedal de aceleración del vehículo cambia lo más mínimo, puede falsear los resultados notablemente, ya que si se acelera un poco el banco necesitará más fuerza para estabilizar la velocidad, y si se suelta un poco el pedal, el banco necesitará menos fuerza para estabilizarse.

#### 7.6.4.1. Software Ryme.

En el software original no se puede realizar esta prueba, ya que el banco frena el vehículo de tal forma, que nunca llega a la velocidad deseada, ni siquiera si ponemos una velocidad de 5 km/h podemos alcanzarla, por lo tanto, no hemos podido obtener resultados de esta prueba con el software original.

#### 7.6.4.2. Software nuevo.

Para evaluar la veracidad de los resultados obtenidos en esta prueba se van a calcular los valores teóricos que deberían de salir, a partir de la ya conocida fórmula de la fuerza resistente.

$$Fuerza = m \cdot g \cdot \frac{\mu + P}{\sqrt{1 + P^2}} + m_{efect} \cdot a + \frac{C_x \cdot S \cdot V^2 \cdot \rho_{aire}}{2} \quad [7.23]$$

Los resultados teóricos obtenidos son los siguientes:

| Velocidad constante (km/h) | Fuerza teórica (KN) |
|----------------------------|---------------------|
| 20                         | 0.16                |
| 60                         | 0.27                |
| 80                         | 0.37                |

Tabla 7.23. Medidas de fuerza en prueba de velocidad constante.

Al realizar la pertinente prueba con el nuevo software se obtuvieron los siguientes resultados:

| Velocidad constante (km/h) | Fuerza real (KN) |
|----------------------------|------------------|
| 20                         | 0.17             |
| 60                         | 0.31             |
| 80                         | 0.37             |

**Tabla 7.24. Medidas de fuerza en prueba de velocidad constante.**

Como se puede observar, los resultados obtenidos son muy cercanos a los calculados teóricamente mediante la fórmula, exceptuando el caso de los 60 Km/h, en el que hay una pequeña variación de 0.04 KN, casi despreciable, que puede haber sido producida por una pequeña aceleración por parte del conductor del vehículo durante la estabilización de la velocidad.

Tras evaluar los resultados se puede dar total veracidad a los resultados de esta prueba en el software nuevo.

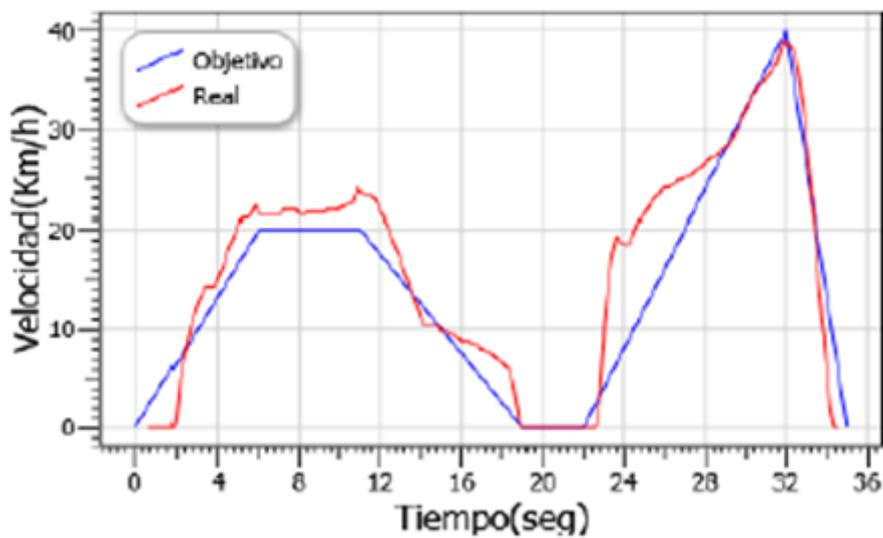
### **7.6.5. Prueba de circuito.**

Esta prueba se ha incluido como novedad en el nuevo software y es una de las pruebas más útiles del software. En ella se puede recrear cualquier situación exacta de conducción como puede ser un paseo por una ciudad específica, un viaje por autopista desde una ciudad a otra, o una vuelta a un circuito concreto, y así evaluar el comportamiento real que tendría el vehículo durante ese recorrido, sin la necesidad de recorrerlo. Además se pueden introducir los circuitos de homologación que se utilizan por ley para homologar el consumo y los gases emitidos por los vehículos.

Durante la prueba se muestra en azul el recorrido a seguir, y en rojo el recorrido seguido por el vehículo. Al finalizar la prueba aparecerá el recorrido

completo, y se valorará si la prueba es válida o no, dependiendo de que si la trazada seguida es similar a la teórica o se desvía mucho, por ello, para realizar esta prueba y obtener datos válidos se recomienda realizarla a cargo de un piloto profesional, para hacer lo más cercano posible el recorrido teórico del real.

### Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):



7.6. Gráfica tras realizar la prueba de circuito.

Fuente: Software nuevo banco potencia



# Conclusiones y propuestas de futuro.





## **8. COCLUSIONES Y PROPUESTAS DE FUTURO.**

### **8.1. CONCLUSIONES GENERALES.**

Este trabajo fin de grado ha tenido como objetivo la creación de un nuevo software para el control del banco dinamométrico situado en la Escuela Politécnica Superior perteneciente al departamento de máquinas y motores térmicos.

Para ello en primer lugar, se debía demostrar técnicamente que el funcionamiento del antiguo software instalado por la empresa Ryme no era correcto. Recalculando y comprobando las fórmulas aportadas por la empresa, de tal modo que los datos obtenidos sean los que realmente utiliza el software instalado por la empresa Ryme.

Partiendo de la localización del fallo, se comenzó con el desarrollo del nuevo software creado para solucionar los fallos existentes del programa antiguo. Para ello en este trabajo fin de grado han participado un equipo de tres ingenieros, dos de los cuales, Fabián Barea y Alejandro Garrido son ingenieros eléctricos, mientras el tercer participante del grupo es Alberto Acebedo, un ingeniero informático encargado de la programación.

Este trabajo fin de grado ha tenido el objetivo de cumplir con tres requisitos principales para una validación correcta, dando así el software nuevo por exitoso. En primer lugar debía de presentar una interfaz correcta, es decir, los datos debían de ser legibles con claridad, los colores que debe presentar el software deben de apoyar una fácil lectura, evitando así que el usuario tenga que acometer esfuerzos visuales para observar los datos mostrados en el programa.



La funcionalidad es la segunda parte en la que se ha realizado un trabajo con empeño, intentando proporcionar una fácil navegación y utilización del software, evitando en todo momento que el usuario se sienta perdido, sin saber en qué parte del programa se encuentra.

La tercera parte, última y más importante, se trata del apartado donde tiene lugar la validación de los resultados, obtenidos en cada una de las pruebas. Para ello todos los resultados de cada una de las nueve pruebas que realiza el nuevo software han sido estudiados en base a su matemática aplicada y comparándose con bases de datos ya existentes en el ámbito automovilístico.

## 8.2. PROPUESTAS DE FUTURO

### 8.2.1. Mando a distancia.

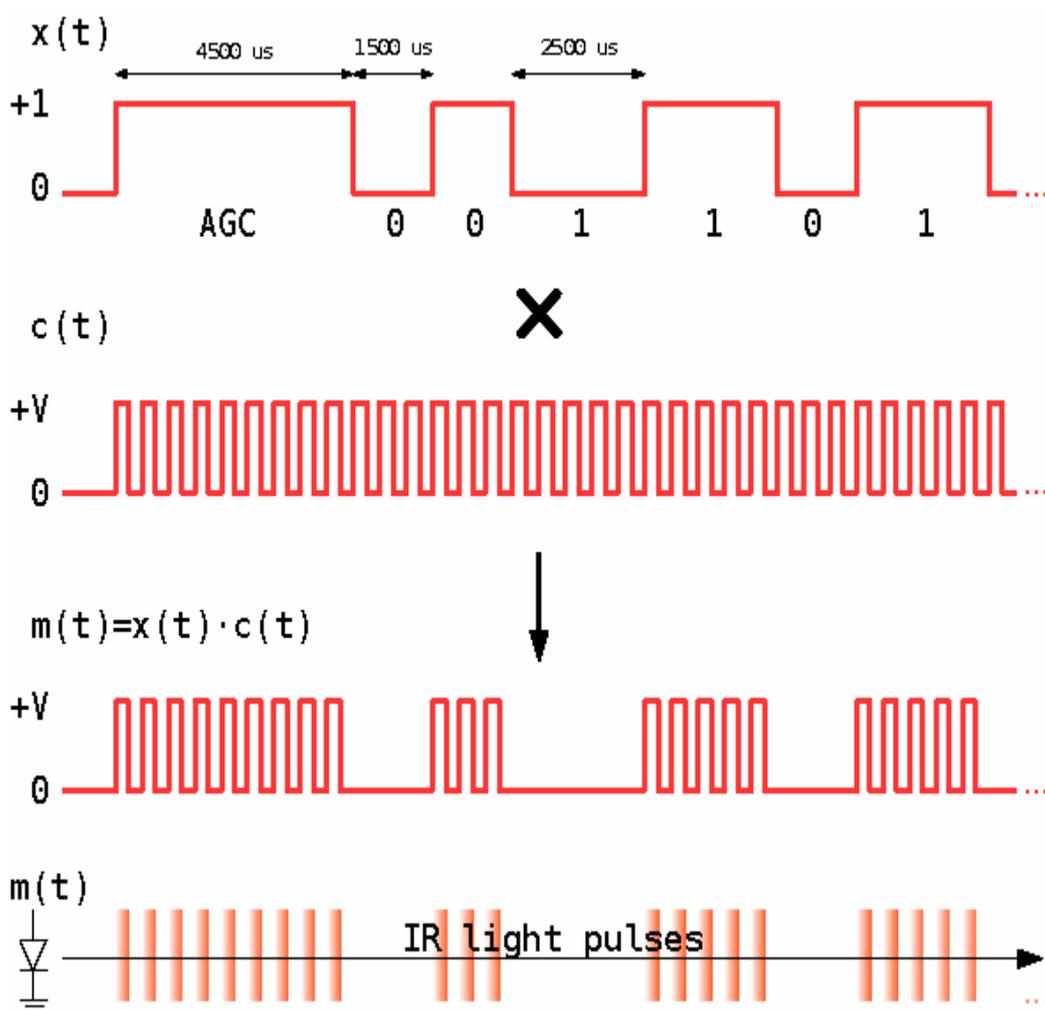
Como hemos citado durante la realización del TFG en el software de la empresa “Ryme” tiene la opción de realizar las pruebas una sola persona, esto se debe, a que los pasos necesarios para la ejecución de las pruebas se pueden realizar a través de un mando a distancia. Este mando a distancia envía una señal al receptor que está situado en la parte inferior de la pantalla, este receptor envía una señal a la tarjeta de adquisición de datos, la cual transforma los paquetes de señales a dígitos binarios.

A continuación se desarrolla el funcionamiento de un mando a distancia.

1º Un mando a distancia funciona de la siguiente forma: Cuando pulsamos una tecla, el mando envía una secuencia de señales eléctricas digitales en banda base, los bits van codificados en la señal de acuerdo con un determinado tipo de modulación digital.

2º La portadora eléctrica, que en la mayoría de los casos es cuadrada de frecuencia típicamente con valores entre 30 – 56 kHz. Una vez unida la señal eléctrica moduladora y la portadora obtenemos la señal eléctrica modulada, señal encargada de excitar el diodo luminiscente de infrarrojos.

3º Una vez generada la señal luminiscente que se trata de una onda electromagnética modulada de amplitud todo o nada, lo que da lugar a una secuencia de pulsos/ destellos de luz cuyo espectro se encuentra en una frecuencia de 319.15 THz.



8.1. Modulación señal mando a distancia.

Fuente: JavierValcarcel.eu.



4º Un foto diodo Pin situado en el receptor se encarga de captar la señal luminosa incidente, convirtiéndola en una señal eléctrica modulada, disminuyendo su frecuencia de TeraHerzios a KiloHercios.

5º Mediante un amplificador, integrador y filtro de paso banda se elimina la onda portadora eléctrica recuperando de esta manera la señal en banda base original.

6º Teniendo en cuenta la modulación digital que el mando emplea, demodular la señal en banda base para recuperar los bits enviados, a partir de la secuencia de bits enviados sabremos qué tecla del mando ha sido pulsada.

Al no haber ningún tipo de normalización sobre los códigos de líneas que emplea el mando a distancia, cada mando genera un código de línea (secuencia de pulsos y espaciados) diferentes. Los bits de cada señal suelen ir codificados de alguna de estas formas.

- La duración de pulso.
- La duración del espacio (entre dos pulsos consecutivos).
- La duración del pulso o espacio.
- La posición del pulso dentro de un periodo de bit.
- Los flancos de la señal.

Por lo tanto se propone como propuesta de futuro la instalación de un mando a distancia cuyos datos sea capaz de interpretar el nuevo software, junto a la instalación del medidor de revoluciones que a continuación se detalla.

### 8.2.2. Medidor de revoluciones.

Para la prueba curva de potencia, se necesita conocer las revoluciones del motor para calcular la potencia del mismo. En el software de “Ryme” se realiza la medición mediante un sensor conectado a los bornes de la batería y al ordenador. Entre las pinzas de la batería y el conector del ordenador se encuentra el selector de tipo motor, en el cual se puede elegir entre motor de 2 o 4 tiempos y el número de cilindros.

El funcionamiento del sensor se basa en la medición del rizado de la tensión del alternador, tomando así las revoluciones por minuto del motor. El contarrevoluciones se basa en el análisis frecuencia de los ruidos en los bornes de la batería, tensión que cuando el motor gira, no es perfectamente continua.

Analizando estas perturbaciones, el CAP 8500 hallará la velocidad del motor para restituir la señal analógica por una señal digital.

Debido a la falta de información aportada por la empresa “Ryme”, se desconoce la transformación de los códigos de línea producidos por el sensor CAP 8500, que a posteriori el software debe traducir a RPM.



8.2. Aparato medidor de revoluciones.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez comentados los problemas existentes para la utilización del Sensor CAP 8500 en el nuevo software se propone como una propuesta de futuro para próximos trabajos fin de grado, que se puedan realizar en el departamento de maquinas y motores térmicos con el fin de completar el desarrollo al completo del nuevo software añadiendo el sensor citado anteriormente.



# Presupuesto.



**9. PRESUPUESTO.**

| Orden | Designación   | Unidades | Precio unitario € | Precio total € |
|-------|---|----------|-------------------|----------------|
| 1     | Ud. Horas de trabajo realizadas para el desarrollo y verificación del nuevo software.     | 280      | 14.48             | 4054.4         |
| 2     | Ud. Horas de trabajo realizadas para la programación del software.                        | 250      | 14.48             | 3620           |
| 3     | Ud. Horas de trabajo redacción manual de instrucciones del nuevo software                 | 30       | 14.48             | 434.4          |
| 4     | Ud. Litros de combustible utilizado para el desarrollo y verificación del nuevo software. | 120      | 1.38              | 165.6          |
|       |   |          | Total             | 8274.4         |

Total ejecución = 8274.4

Beneficio Industrial (6%) = 496.464 €

Gastos Generales (13%) = 1075.67 €

I.V.A (21%) = 1737.62 €

---

Total = 11584.15 €





# Bibliografía



## 10. BIBLIOGRAFÍA.

### 10.1. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.

- Libro: Fraile Mora, Jesús. **Máquinas eléctricas**. Mc Graw Hill, E.T.S.I Caminos, Canales y puertos de Madrid, 2003.
- Libro: Aparicio, F; Vera, C; Díaz, V. **Teoría de los vehículos automóviles**. Universidad Politécnica de Madrid, Noviembre 2001
- Libro: Muñoz, M; Payri González, F. **Motores de combustión interna alternativos**. Servicio de publicaciones E.T.S.I.I de Madrid, 1989.
- Apuntes: Auñón Hidalgo, J. Antonio. **Motores térmicos**. EPS, Universidad de Málaga, Grado en Ingeniería Eléctrica, 2013.
- Apuntes: Santos Ruez, Isidro M. **Mecánica de fluidos**. EPS, Universidad de Málaga, Grado en Ingeniería Eléctrica, 2012.
- Apuntes: **Aerodinámica exterior**. EII, Universidad de Valladolid, Máster en automoción, 2012.
- Artículo: Moncayo Ortiz, Luis Fernando. **Cálculo y análisis del automóvil durante su desplazamiento en carretera**. Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador). 2004.
- Artículo: Nuñez, carlos. **Bancos para la obtención de la potencia**.
- Manual: **Manual banco dinamométrico**. Ryme. Marzo 2008.
- Reglamento: **BOE-A-2013-2203**, <<Anexo 2; Tablas salariales >>



## 10.2. DIRECCIONES ELECTRÓNICAS.

- **Renault.** Fabricante de vehículos.  
<http://www.renault.es>
- **Seat.** Fabricante de vehículos.  
<http://www.seat.es>
- **Ryme.** Maquinaria de automoción e inspección de vehículos.  
<http://www.ryme.com/>
- **Centrodeartigos.** Base de datos de artículos relacionados con el automóvil.  
[http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article\\_108036.html](http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_108036.html)
- **Coches.** Foro y venta de vehículos.  
<http://www.coches.net>
- **Tuningtools.** Empresa dedicada a la fabricación de bancos dinamométricos.  
<http://www.tuningtools.co.uk>
- **Maha.** Empresa alemana dedicada a la fabricación de bancos dinamométricos.  
<http://www.maha.de>
- **JavierValcarce.** Experto en funcionamiento de mandos a distancia.  
<http://www.javiervalcarce.eu/>
- **Arpem.** Comparador de vehículos.  
<http://www.arpem.com/>



- **Forocoches.** Foro más importante de España sobre el automóvil.  
<http://www.forocoches.com/>
- **Noticias coches.** Web dedica a la redacción de artículos relacionados con el motor.  
<http://www.noticias.coches.es>





# Anexo 1: Informes.



1. Velocímetro.



Universidad de Málaga

Escuela de Ingenierías

29071 Escuela Politécnica Superior

Málaga

Teléfono 951952395

Teléfono 951952395

Datos del cliente

Datos del vehículo

|           |                    |           |         |
|-----------|--------------------|-----------|---------|
| Nombre    | JUAN ANTONIO AUÑON | Matrícula | TAHERMO |
| Dirección |                    | Marca     |         |
| Teléfono  |                    | Modelo    |         |

**Prueba Velocímetro**

|             | 1º   | 2º   | 3º    | 4º   | 5º   | 6º   |
|-------------|------|------|-------|------|------|------|
| V.TEST Km/h | 20,0 | 30,0 | 40,0  | 50,0 | 60,0 | 70,0 |
| V.REAL Km/h | 14,3 | 25,3 | 35,0  | 43,6 | 52,7 | 63,7 |
| ERROR %     | 28,3 | 15,7 | 12,4  | 12,8 | 12,1 | 9,0  |
|             | 7º   | 8º   | 9º    | 10º  | 11º  | 12º  |
| V.TEST Km/h | 80,0 | 90,0 | 100,0 |      |      |      |
| V.REAL Km/h | 73,6 | 82,6 | 92,6  |      |      |      |
| ERROR %     | 7,9  | 8,2  | 7,4   |      |      |      |

ERROR MÁXIMO % 5



**Prueba Cuentakilómetros**

|            | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º  |
|------------|----|----|----|----|-----|
| D.TEST (m) |    |    |    |    |     |
| D.REAL (m) |    |    |    |    |     |
| ERROR %    |    |    |    |    |     |
|            | 6º | 7º | 8º | 9º | 10º |
| D.TEST (m) |    |    |    |    |     |
| D.REAL (m) |    |    |    |    |     |
| ERROR %    |    |    |    |    |     |

ERROR MÁXIMO %

TIEMPO DE 0 A 1000 M

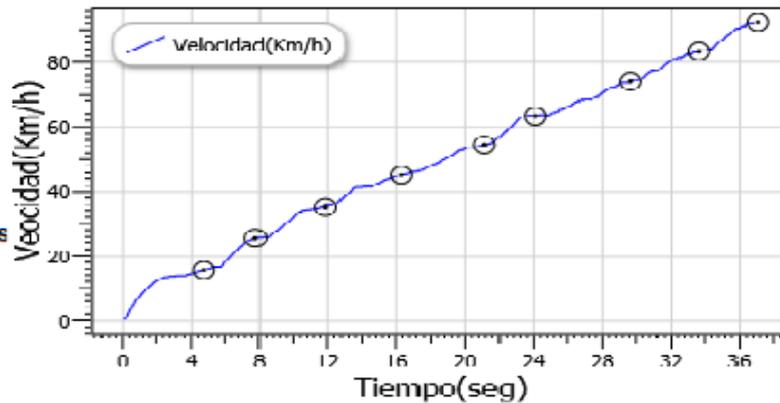
VELOCIDAD

Fecha *martes, 8 julio 2014*  
TÉCNICAS REUNIDAS DE AUTOMOCIÓN, S.A.

Hora 17:10:28

**Datos de la prueba :** Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):

Fecha : 28/07/2014  
 Hora : 14:10  
 Factor Corre: 1  
 Temperatura : 30,176  
 Presión : 1075,9805



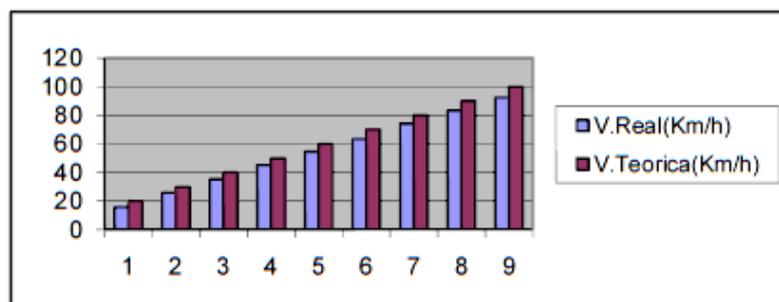
**Datos del vehículo usados**

Matricula : TahermoN  
 Marca : Renault  
 Modelo : Kangoo  
 Motor : Gasolina  
 Neumático : 175/65R14  
 Perímetro : 1,82715029

**Confirmaciones realizadas :**

| Número | V.Real(Km/h) | Teórica(Km/ | Error % |
|--------|--------------|-------------|---------|
| 0      | 15,7         | 20          | 21,4    |
| 1      | 25,7         | 30          | 14,4    |
| 2      | 35,2         | 40          | 11,9    |
| 3      | 45,2         | 50          | 9,6     |
| 4      | 54,5         | 60          | 9,1     |
| 5      | 63,3         | 70          | 9,6     |
| 6      | 74           | 80          | 7,4     |
| 7      | 83,4         | 90          | 7,3     |
| 8      | 92,4         | 100         | 7,6     |

Error Máx. : 21,4



## 2. Cuentakilómetros.



**Universidad de Málaga**  
Escuela de Ingenierías

29071 Escuela Politécnica Superior  
Málaga

Teléfono 951952395

Teléfono 951952395

Datos del cliente

Datos del vehículo

|           |                    |           |         |
|-----------|--------------------|-----------|---------|
| Nombre    | JUAN ANTONIO AUÑON | Matrícula | TAHERMO |
| Dirección |                    | Marca     |         |
| Teléfono  |                    | Modelo    |         |

### Prueba Velocímetro

|             | 1°   | 2°   | 3°    | 4°   | 5°   | 6°   |
|-------------|------|------|-------|------|------|------|
| V.TEST Km/h | 20,0 | 30,0 | 40,0  | 50,0 | 60,0 | 70,0 |
| V.REAL Km/h | 14,3 | 25,3 | 35,0  | 43,6 | 52,7 | 63,7 |
| ERROR %     | 28,3 | 15,7 | 12,4  | 12,8 | 12,1 | 9,0  |
|             | 7°   | 8°   | 9°    | 10°  | 11°  | 12°  |
| V.TEST Km/h | 80,0 | 90,0 | 100,0 |      |      |      |
| V.REAL Km/h | 73,6 | 82,6 | 92,6  |      |      |      |
| ERROR %     | 7,9  | 8,2  | 7,4   |      |      |      |

ERROR MÁXIMO % 5



### Prueba Cuentakilómetros

|            | 1°    | 2°    | 3°    | 4°    | 5°    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| D.TEST (m) | 100,0 | 200,0 | 300,0 | 400,0 | 500,0 |
| D.REAL (m) | 103,9 | 202,4 | 300,8 | 400,3 | 497,6 |
| ERROR %    | -3,9  | -1,2  | -0,3  | -0,1  | 0,5   |
|            | 6°    | 7°    | 8°    | 9°    | 10°   |
| D.TEST (m) |       |       |       |       |       |
| D.REAL (m) |       |       |       |       |       |
| ERROR %    |       |       |       |       |       |

ERROR MÁXIMO % 5

TIEMPO DE 0 A 1000 M

VELOCIDAD

Fecha martes, 8 julio 2014  
TÉCNICAS REUNIDAS DE AUTOMOCIÓN, S.A.

Hora 17:17:37



## Prueba de Cuentakilómetros

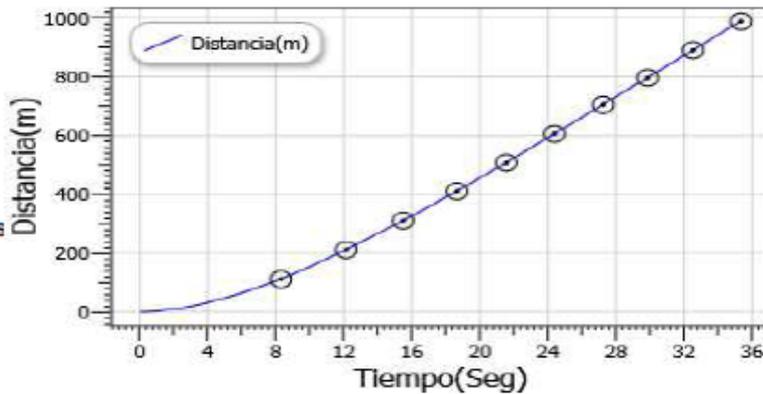


Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmicos

### Datos de la prueba :

Fecha : 28/07/2014  
Hora : 14:26  
Guardado : Discontinuo  
Factor Corre: 1  
Temperatura : 30,176  
Presión : 1075,9805

### Gráfica Distancia(m)/ Tiempo(seg):



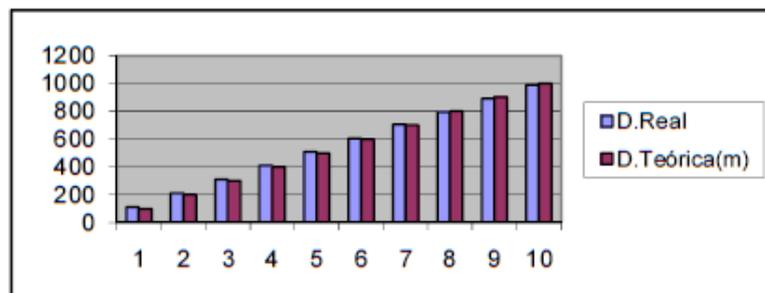
### Datos del vehiculo usados

Matrícula : TahermoN  
Marca : Renault  
Modelo : Kangoo  
Motor : Gasolina  
Neumático : 175/65R14  
Perímetro : 1,82715029

### Confirmaciones realizadas :

| Número | D.Real | D.Teórica(m) | Error % |
|--------|--------|--------------|---------|
| 0      | 110,6  | 100          | -10,6   |
| 1      | 211,2  | 200          | -5,6    |
| 2      | 310,7  | 300          | -3,6    |
| 3      | 410,3  | 400          | -2,6    |
| 4      | 507,6  | 500          | -1,5    |
| 5      | 606    | 600          | -1      |
| 6      | 704,4  | 700          | -0,6    |
| 7      | 796,2  | 800          | 0,5     |
| 8      | 890,2  | 900          | 1,1     |
| 9      | 988,6  | 1000         | 1,1     |

Error Máx. : -10,6





3. Prueba de 0 – 100 km/h.

|                                       |                                 |  |         |                   |          |     |
|---------------------------------------|---------------------------------|--|---------|-------------------|----------|-----|
|                                       |                                 | <b>Universidad de Málaga</b><br>Escuela de Ingenierías<br>29071 Escuela Politécnica Superior<br>Málaga |         |                   |          |     |
| Teléfono 951952395                    |                                 | Teléfono 951952395   |         |                   |          |     |
| <b>Datos del cliente</b>              |                                 | <b>Datos del vehículo</b>  |         |                   |          |     |
| Nombre                                | JUAN ANTONIO AUÑON              | Matrícula  | TAHERMO |                   |          |     |
| Dirección                             |                                 | Marca  |         |                   |          |     |
| Teléfono                              |                                 | Modelo   |         |                   |          |     |
| <b>Prueba Velocímetro</b>             |                                 |  |         |                   |          |     |
|                                       | 1º                              | 2º   | 3º      | 4º                | 5º       | 6º  |
| V.TEST Km/h                           |                                 |  |         |                   |          |     |
| V.REAL Km/h                           |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR %                               |                                 |  |         |                   |          |     |
|                                       | 7º                              | 8º   | 9º      | 10º               | 11º      | 12º |
| V.TEST Km/h                           |                                 |  |         |                   |          |     |
| V.REAL Km/h                           |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR %                               |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR MÁXIMO %                        | TIEMPO DE 0 A 100 KM/H 44,4 seg |  |         | DISTANCIA 1041 m. |          |     |
|                                       |                                 |  |         |                   |          |     |
| <b>Prueba Cuentakilómetros</b>        |                                 |  |         |                   |          |     |
|                                       | 1º                              | 2º   | 3º      | 4º                | 5º       |     |
| D.TEST (m)                            |                                 |  |         |                   |          |     |
| D.REAL (m)                            |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR %                               |                                 |  |         |                   |          |     |
|                                       | 6º                              | 7º   | 8º      | 9º                | 10º      |     |
| D.TEST (m)                            |                                 |  |         |                   |          |     |
| D.REAL (m)                            |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR %                               |                                 |  |         |                   |          |     |
| ERROR MÁXIMO %                        | TIEMPO DE 0 A 1000 M            |  |         | VELOCIDAD         |          |     |
| Fecha                                 | miércoles, 9 julio 2014         |  |         | Hora              | 10:53:39 |     |
| TÉCNICAS REUNIDAS DE AUTOMOCIÓN, S.A. |                                 |  |         |                   |          |     |



## Prueba de 0-100 Km/h



Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmicos

### Datos de la prueba

Fecha : 28/07/2014  
Hora : 14:31  
Guardado : Discontinuo  
Factor Corrección : 1  
Temperatura : 30,176  
Presión : 1075,9805  
Masa Adicional : 0  
Coeficiente Rozamiento : 0,015  
Coeficiente Aerodinámico : 0,35

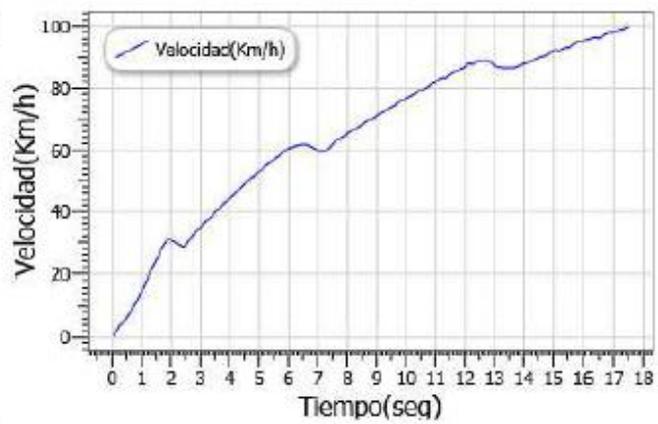
### Datos del vehiculo usados

Matricula : TahermoN  
Marca : Renault  
Modelo : Kangoo  
Motor : Gasolina  
Neumático : 175/65R14  
Perimetro : 1,82715029  
Masa : 1200  
Superficie Frontal : 2,61

### Resultado de la prueba

Duración : 00:17,4  
Distancia Recorrida(m) : 327,33

Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):





4. Prueba 0 – 1000 metros.



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

29071 Escuela Politécnica Superior  
Málaga

Teléfono 951952395

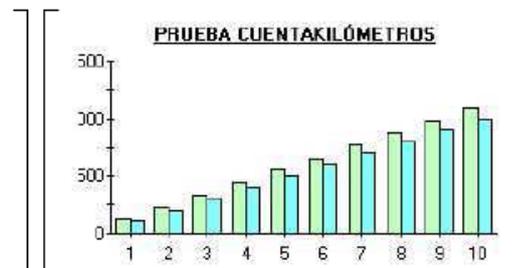
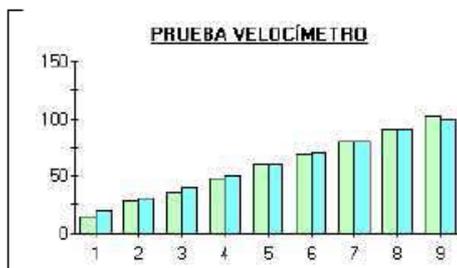
Teléfono 951952395

| Datos del cliente |                    | Datos del vehículo |         |
|-------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Nombre            | JUAN ANTONIO AUÑON | Matrícula          | TAHERMO |
| Dirección         |                    | Marca              |         |
| Teléfono          |                    | Modelo             |         |

**Prueba Velocímetro**

|             | 1º | 2º | 3º | 4º  | 5º  | 6º  |
|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| V.TEST Km/h |    |    |    |     |     |     |
| V.REAL Km/h |    |    |    |     |     |     |
| ERROR %     |    |    |    |     |     |     |
|             | 7º | 8º | 9º | 10º | 11º | 12º |
| V.TEST Km/h |    |    |    |     |     |     |
| V.REAL Km/h |    |    |    |     |     |     |
| ERROR %     |    |    |    |     |     |     |

ERROR MÁXIMO %



**Prueba Cuentakilómetros**

|            | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º  |
|------------|----|----|----|----|-----|
| D.TEST (m) |    |    |    |    |     |
| D.REAL (m) |    |    |    |    |     |
| ERROR %    |    |    |    |    |     |
|            | 6º | 7º | 8º | 9º | 10º |
| D.TEST (m) |    |    |    |    |     |
| D.REAL (m) |    |    |    |    |     |
| ERROR %    |    |    |    |    |     |

ERROR MÁXIMO %

TIEMPO DE 0 A 1000 M 43,1 seg.

VELOCIDAD 101,9 kmh



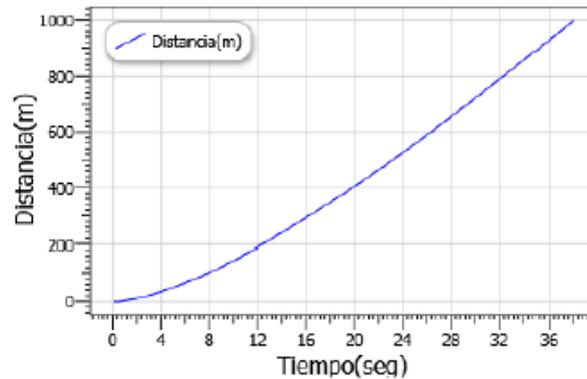
## Prueba de 0-1000 metros



### Datos de la prueba

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| Fecha :                     | 28/07/2014 |
| Hora :                      | 14:35      |
| Factor Corrección :         | 1          |
| Temperatura :               | 31,037     |
| Presión :                   | 1075,9805  |
| Masa Adicional              | 0          |
| Coefficiente Rozamiento :   | 0,015      |
| Coefficiente Aerodinámico : | 0,35       |

### Gráfica Distancia(m) / Tiempo(seg):



### Datos del vehículo usados

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Matrícula :          | TahermoN   |
| Marca :              | Renault    |
| Modelo :             | Kangoo     |
| Motor :              | Gasolina   |
| Neumático :          | 175/65R14  |
| Perímetro :          | 1,82715029 |
| Masa :               | 1200       |
| Superficie Frontal : | 2,61       |

### Resultado de la prueba

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Duración :              | 00:38,0 |
| Velocidad Media (km/h): | 92,79   |
| Velocidad Final(km/h):  | 128,39  |

5. Prueba fuerza constante.



Universidad de Málaga

Escuela de Ingenierías

29071 Escuela Politécnica Superior

Málaga

Teléfono 951952395

Teléfono 951952395

Datos del cliente

Datos del vehículo

Nombre JUAN ANTONIO AUÑON

Matrícula TAHERMO

Dirección

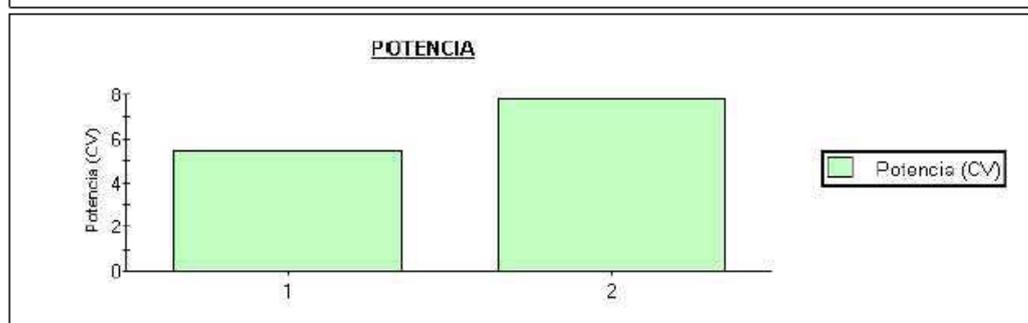
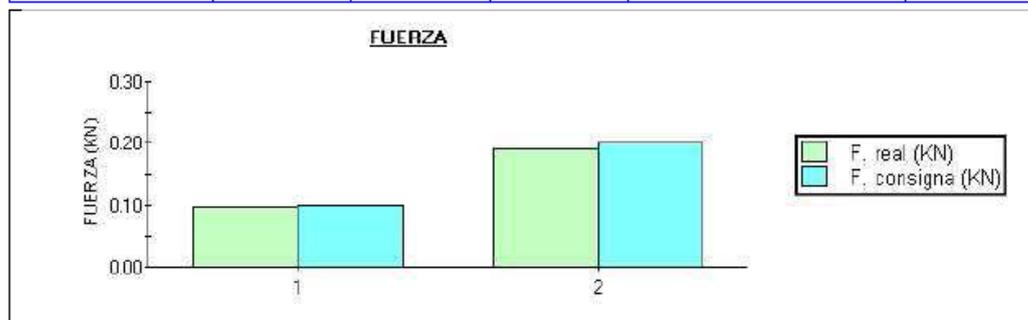
Marca

Teléfono

Modelo

**PRUEBA FUERZA CONSTANTE**

|                  | 1º    | 2º    | 3º | 4º  | 5º  | 6º  |
|------------------|-------|-------|----|-----|-----|-----|
| F. consigna (KN) | 0,100 | 0,200 |    |     |     |     |
| F. real (KN)     | 0,096 | 0,190 |    |     |     |     |
| RPM motor        | 3572  | 3084  |    |     |     |     |
| Potencia (CV)    | 5,4   | 7,8   |    |     |     |     |
|                  | 7º    | 8º    | 9º | 10º | 11º | 12º |
| F. consigna (KN) |       |       |    |     |     |     |
| F. real (KN)     |       |       |    |     |     |     |
| RPM motor        |       |       |    |     |     |     |
| Potencia (CV)    |       |       |    |     |     |     |



Fecha *miércoles, 9 julio 2014*

Hora *11:25:20*



## Prueba de Fuerza Costante

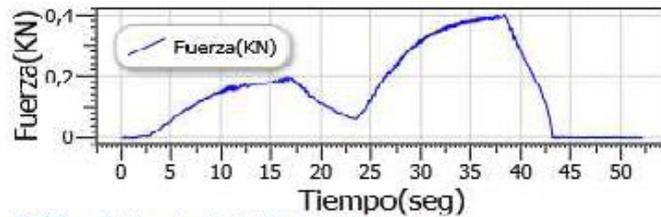


Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmicos

### Datos de la prueba :

Fecha : 28/07/2014  
 Hora : 14:48  
 Factor Corrección : 1  
 Temperatura : 31,037  
 Presión : 1075,9805

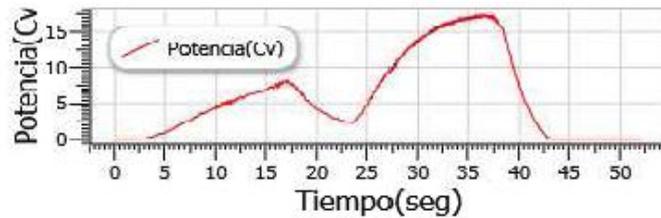
### Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):



### Datos del vehículo usados :

Matricula : TahermoN  
 Marca : Renault  
 Modelo : Kangoo  
 Motor : Gasolina  
 Neumático : 175/65R 14  
 Perímetro : 1,827150287

### Gráfica Potencia(Cv) / Tiempo(seg):



### Pruebas realizadas :

| Número | Consigna(N*M) | Fuerza(KN) | Potencia(CV) |
|--------|---------------|------------|--------------|
| 1      | 0,1           | 0,09       | 4            |
| 2      | 0,2           | 0,19       | 8,12         |
| 3      | 0,3           | 0,29       | 10,48        |
| 4      | 0,4           | 0,39       | 15,81        |

6. Prueba velocidad constante.



## Prueba de Velocidad Costante

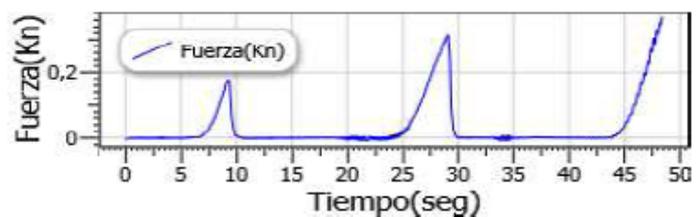


Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmicos

**Datos de la prueba :**

Fecha : 28/07/2014  
Hora : 15:07  
Factor Corrección : 1  
Temperatura : 31,037  
Presión : 1075,9805

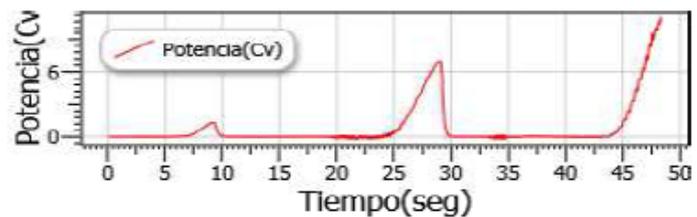
**Gráfica Fuerza(KN) / Tiempo(seg):**



**Datos del vehiculo usado :**

Matrícula : TahernoN  
Marca : Renault  
Modelo : Kangoo  
Motor : Gasolina  
Neumático : 175/65R14  
Perímetro : 1,827 150287

**Gráfica Potencia(Cv) / Tiempo(seg):**



**Pruebas realizadas :**

| Número | Consigna(Km/h) | Fuerza(KN) | Potencia(CV) |
|--------|----------------|------------|--------------|
| 1      | 20             | 0,17       | 1,3          |
| 2      | 60             | 0,31       | 7,02         |
| 3      | 80             | 0,37       | 11,13        |



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

7. Prueba de carretera.



**Universidad de Málaga**  
Escuela de Ingenierías  
29071 Escuela Politécnica Superior  
Málaga

Teléfono 951952395

Teléfono 951952395

Datos del cliente

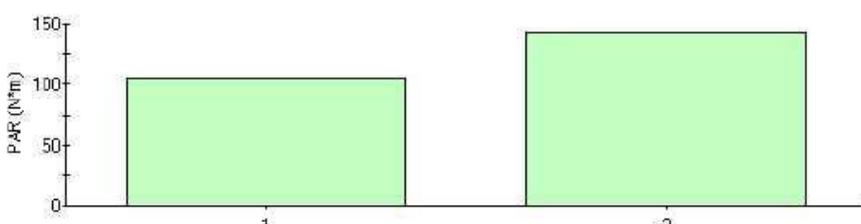
Datos del vehículo

|                  |                    |                  |         |
|------------------|--------------------|------------------|---------|
| <b>Nombre</b>    | JUAN ANTONIO AUÑON | <b>Matrícula</b> | TAHERMO |
| <b>Dirección</b> |                    | <b>Marca</b>     |         |
| <b>Teléfono</b>  |                    | <b>Modelo</b>    |         |

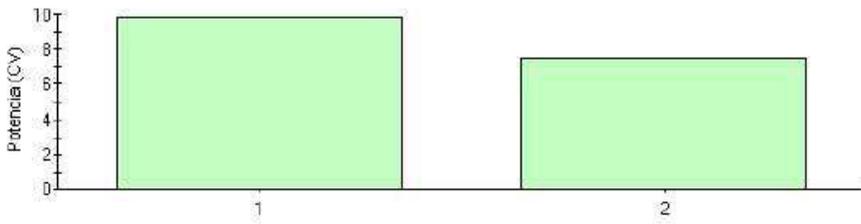
**PRUEBA CARRETERA**

|                      | 1º    | 2º    | 3º | 4º  | 5º  | 6º  |
|----------------------|-------|-------|----|-----|-----|-----|
| <b>Pendiente</b>     | 5,0   | 8,0   |    |     |     |     |
| <b>RPM motor</b>     | 2284  | 2284  |    |     |     |     |
| <b>Par (N*m)</b>     | 105,0 | 142,2 |    |     |     |     |
| <b>Potencia (CV)</b> | 9,8   | 7,5   |    |     |     |     |
|                      | 7º    | 8º    | 9º | 10º | 11º | 12º |
| <b>Pendiente</b>     |       |       |    |     |     |     |
| <b>RPM motor</b>     |       |       |    |     |     |     |
| <b>Par (N*m)</b>     |       |       |    |     |     |     |
| <b>Potencia (CV)</b> |       |       |    |     |     |     |

**PAR**



**POTENCIA**



Fecha *miércoles, 9 julio 2014*  
TÉCNICAS REUNIDAS DE AUTOMOCIÓN, S.A.

Hora *11:38:12*

## Prueba de Carretera

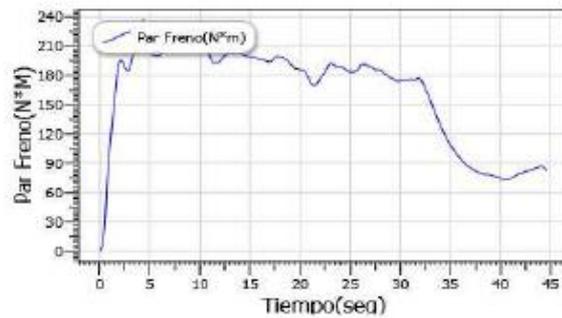


Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmica

### Datos de la prueba

Fecha : 28/07/2014  
 Hora : 15:18  
 Factor Corrección : 1  
 Temperatura : 31,488  
 Presión : 1073,0405  
 Masa Adicional : 0  
 C. Rozamiento : 0,015  
 C. Aerodinámico : 0,35

### Gráfica Par Freno(N\*m) / Tiempo(seg):



### Datos del vehiculo usado

Matricula : TahermoN  
 Marca : Renault  
 Modelo : Kangoo  
 Motor : Gasolina  
 Neumático : 175/65R14  
 Perímetro : 1,827 1503  
 Masa : 1200  
 Superficie Frontal : 2,61

### Pendientes Usadas :

| Duración | Pendiente(%) |
|----------|--------------|
| 00:00,0  | 0            |

8. Curva de potencia.



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

29071 Escuela Politécnica Superior  
Málaga

Teléfono 951952395

Teléfono 951952395

Datos del cliente

Datos del vehículo

Nombre JUAN ANTONIO AUÑON AUÑON

Matrícula TAHERMO

Dirección -

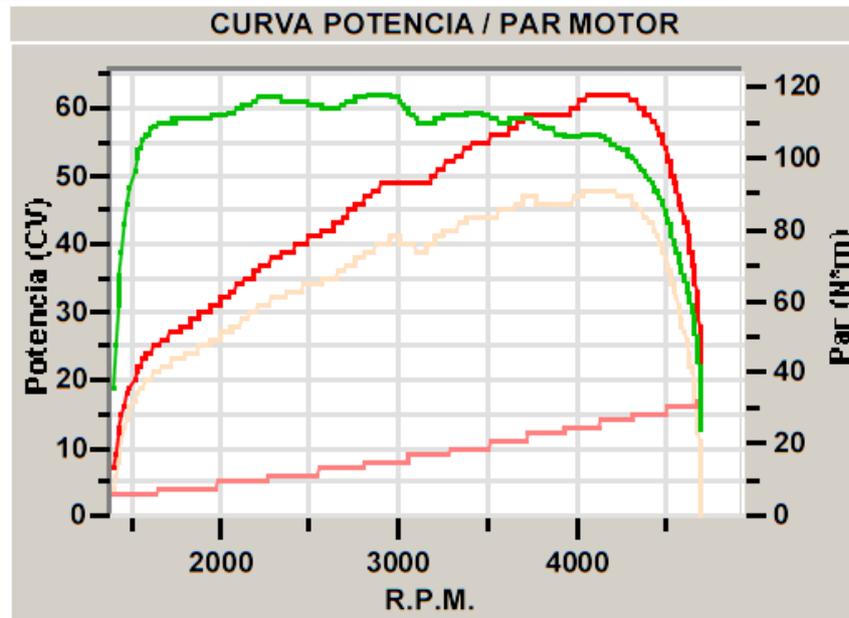
Marca

Teléfono

Modelo

**CURVA DE POTENCIA**

| FACTOR CORRECCIÓN NORMA ISO 1585 - 1992 | 0,90751 | VALORES MÁXIMOS | RPM      |
|---|---------|-----------------|----------|
| POTENCIA VEHÍCULO NORMA ISO 1585 - 1992 | ■       | 62,8 CV         | 4131 rpm |
| POTENCIA RUEDA NORMA ISO 1585 - 1992    | ■       | 48,7 CV         |          |
| PERDIDAS BANCO NORMA ISO 1585 - 1992    | ■       | -14,1 CV        |          |
| PAR MOTOR NORMA ISO 1585 - 1992         | ■       | 118,4 N*m       | 2907 rpm |
| POTENCIA VEHÍCULO                       |         | 69,2 CV         | 4131 rpm |
| PAR MOTOR                               |         | 130,5 N*m       | 2907 rpm |
| VELOCIDAD MÁXIMA                        |         | 126,6 Km/h      | 4702 rpm |
| PRESIÓN ATMOSFÉRICA                     |         | 1078 mbar       |          |
| TEMPERATURA AIRE                        |         | 27,1 °C         |          |
| TEMP. ACEITE                            |         | 0,9 °C          |          |



## Prueba de Curva de Potencia

### Datos de la prueba

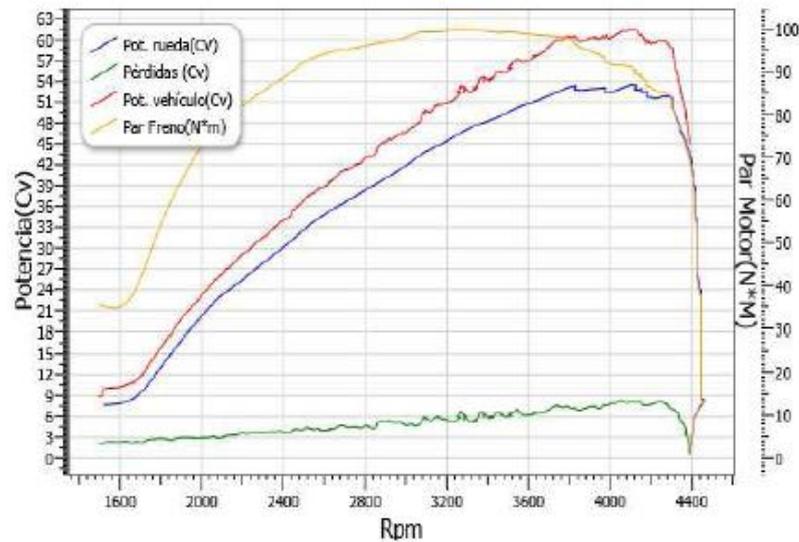
Fecha : 28/07/2014  
 Hora : 15:25  
 F. Corrección : 1  
 Temperatura : 31,488  
 Presión : 1073,0405  
 Marcha : 3ª  
 Pedal : A Fondo

### Datos del vehículo usado

Matricula : TahernoN  
 Marca : Renault  
 Modelo : Kangoo  
 Motor : Gasolina  
 Neumático : 175/65R14  
 Perimetro : 1,827

|                       | Valores Máximos | Rpm  |
|-----------------------|-----------------|------|
| Potencia vehículo(Cv) | 61,5            | 4102 |
| Par rueda(N*M)        | 100,09          | 3296 |
| Potencia rueda(Cv)    | 53,41           | 4102 |
| Velocidad(Km/h)       | 95,94           | 4463 |

Curva Potencia/Par Motor :





9. Prueba de circuitos.



### Prueba de Circuitos

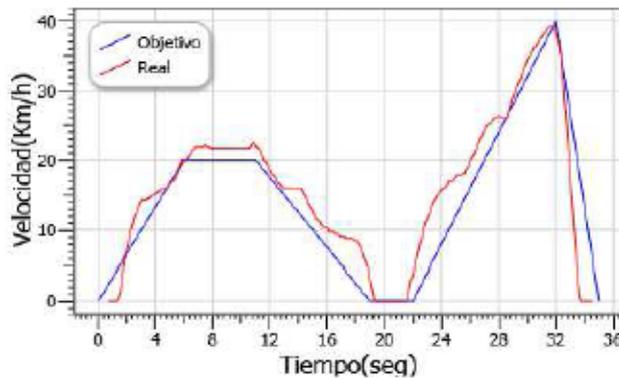


Departamento  
de Máquinas y Motores  
Térmicos

**Datos de la prueba**

Fecha : 28/07/2014  
Hora : 15:47  
Circuito : :ircuitoPrueba  
Factor Corrección : 1  
Duración(seg) : 35  
Distancia(m) : 0  
Temperatura(Cº) : 32,03  
Presión(mbar) : 1073,04

**Gráfica Velocidad(Km/h) / Tiempo(seg):**



**Datos del vehículo usado**

Matrícula : TahernoN  
Marca : Renault  
Modelo : Kangoo  
Motor : Gasolina  
Neumático : 175/65R14  
Perímetro : 1,827  
Masa : 1200  
Superficie Frontal : 2,61

**Datos del circuito:**

| Nº | Tiempo | V.Inicial T | V.Final T | V.Inicial R | V.Final R |
|----|--------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 6      | 0           | 20        | 0           | 17,72     |
| 1  | 5      | 20          | 20        | 17,72       | 21,7      |
| 2  | 8      | 20          | 0         | 21,7        | 6,57      |
| 3  | 3      | 0           | 0         | 6,57        | 0         |
| 4  | 10     | 0           | 40        | 0           | 39,21     |
| 5  | 3      | 40          | 0         | 39,21       | 0         |



# Anexo 2: Manual Ryme







**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---





**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



**EPS**

Escuela Politécnica Superior  
Universidad de Málaga

---



# Anexo 3: Manual nuevo.