

**MANUAL DE INSTRUCCIONES  
DEL PROGRAMA  
SimulaFFCC  
NOVIEMBRE 2010**

#### COPYRIGHT

De acuerdo con las leyes de propiedad intelectual, ni la documentación, ni los programas incluidos en este paquete pueden copiarse, fotocopiar, reproducirse, traducirse o reducirse a cualquier medio o soporte electrónico o legible mediante máquinas, ni total ni parcialmente, sin permiso previo y por escrito de TOOL, S.A.

TOOL, S.A. se reserva el derecho de revisar y mejorar sus productos como estime conveniente. Esta publicación describe el estado del producto en el momento de su publicación y puede no corresponder a versiones futuras del mismo.

© Copyright 2010

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA SIMULA FFCC .....</b>	<b>5</b>
1.1 Preámbulo .....	6
1.2 Funcionalidad del programa .....	6
1.3 Fundamento teórico de la aplicación.....	7
1.3.1 <i>Equilibrio de fuerzas</i> .....	7
1.3.2 <i>Curvas F – V</i> .....	8
1.3.3 <i>Adherencia</i> .....	9
1.3.4 <i>Tracción total</i> .....	10
1.3.5 <i>Resistencia al avance</i> .....	10
a) RA es la resistencia al avance dependiente del tipo de locomotora o tren utilizado.....	10
b) Resistencia al avance debido a la vía RV .....	13
1.3.6 <i>Frenada</i> .....	14
1.4 Condicionantes de proyecto .....	15
1.4.1 <i>Velocidad máxima de la línea</i> .....	15
1.4.2 <i>Velocidad en curvas</i> .....	15
1.4.3 <i>Aceleraciones máximas y mínimas</i> .....	15
1.4.4 <i>Definición de estaciones y puntos de control</i> .....	15
1.4.5 <i>Paradas en estaciones</i> .....	15
1.4.6 <i>Limitaciones parciales de velocidad</i> .....	15
1.4.7 <i>Margen de maniobra</i> .....	15
1.4.8 <i>Redondeo del tiempo</i> .....	16
1.4.9 <i>Retrasos</i> .....	16
<b>2. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN.....</b>	<b>17</b>
2.1 Menús y ventanas.....	18
<b>3. PARTES DE UN PROYECTO.....</b>	<b>19</b>
3.1 Simulación de tiempos de recorrido .....	20
3.1.1 <i>Nuevo trabajo</i> .....	22
3.1.2 <i>Leer trabajo</i> .....	22
3.1.3 <i>Grabar trabajo</i> .....	23
3.1.4 <i>Borrar recorrido</i> .....	23
3.2 Líneas .....	24
3.2.1 <i>Planta y alzado</i> .....	25
3.2.2 <i>Estaciones y puntos de control</i> .....	26
3.2.3 <i>Límites de velocidad</i> .....	27
3.3 Locomotoras .....	28

3.3.1 Importación y exportación .....	28
3.3.2 Creación .....	28
3.3.3 Edición.....	30
3.3.4 Eliminación .....	30
3.4 Vagones y coches.....	31
3.4.1 Importación y exportación .....	31
3.4.2 Creación .....	31
3.4.3 Edición.....	32
3.4.4 Eliminación .....	32
3.5 Trenes .....	33
3.5.1 Importación y exportación .....	33
3.5.2 Creación .....	33
3.5.3 Edición.....	36
3.5.4.- Eliminación .....	36
<b>4. GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ITINERARIOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 APLICACIÓN .....	38
<b>5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
5.1 Gráficas y listados.....	42

# 1. INTRODUCCIÓN AL PROGRAMA Simula FFCC

## CONTENIDO

En este capítulo se hace la introducción teórica necesaria para la generación de la simulación de tiempos de recorrido de uno o varios trenes. Este capítulo servirá como base al entendimiento del manejo de la aplicación.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1 PREÁMBULO

Cuando se proyecta una nueva línea férrea, o se amplía la red existente, es de vital importancia incluir en el diseño una geometría que permita una eficiente explotación de dicha línea.

La construcción de una vía de FFCC supone una gran inversión y, por lo tanto, se espera de ella que la explotación se pueda llevar a cabo de forma optimizada teniendo en cuenta para ello, no solo la explotación de la línea en su año de puesta en servicio, sino también las posibles combinaciones a la hora de ampliar o combinar la línea con otras en el futuro.

La simulación de tiempos de recorrido es muy importante en proyectos de renovaciones de vía. Con este estudio se puede conocer la mejora que se produce en las velocidades al mejorar el trazado en planta, rasante y peraltes de la vía.

En vías nuevas también es importante, sobre todo en la fase de Estudio Informativo que es donde se definen los corredores a tener en cuenta y a desarrollar en fase de proyecto.

## 1.2 FUNCIONALIDAD DEL PROGRAMA

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Obtener el tiempo, velocidad, aceleración, tracción y potencia en cualquier punto de un recorrido para cualquier composición de trenes.
- Planificar la malla de circulaciones de una línea.
- Determinar el número de trenes requerido para la explotación de la línea.

## 1.3 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA APLICACIÓN

### 1.3.1 Equilibrio de fuerzas

Para realizar correctamente el estudio del movimiento de los trenes sobre la vía será necesario conocer cuáles son las fuerzas que actúan sobre ellos y como condicionan el movimiento.

Estas fuerzas pueden ser positivas, si ayudan al desplazamiento del tren en el sentido de avance deseado, o negativas si se oponen al mismo.

El estudio se realiza sobre la componente de todas las fuerzas proyectadas sobre el plano longitudinal definido por el eje de la vía.

Las fuerzas transversales no se tienen en cuenta al no afectar al movimiento longitudinal pero evidentemente se tienen en cuenta para otros estudios como pueden ser los de la resistencia de la infraestructura, deformaciones, etc.

El fundamento del problema se basa en el equilibrio de las siguientes expresiones:

$$F = m \cdot a$$

$F = T - R$ , donde  $T$  es la tracción generada por el conjunto de equipos tractores y  $R$  es la resistencia al avance total.

Igualando:  $F = T - R = m \cdot a$        $T = R + m \cdot a$

Cuando la aceleración es positiva el tren aumenta su velocidad, cuando es nula el tren mantiene su velocidad, y cuando es negativa el tren reduce su velocidad.

Además es necesario conocer la  $V$  máxima permitida en la línea, la limitación de velocidad por tramos, estaciones con parada, etc.

El tren debe vencer la suma de la resistencia de inercia ( $R_i$ ) debida al movimiento de traslación y al debido a las masas rodantes.

Para contemplar en el programa esta resistencia se considera que la inercia al avance de traslación se ve modificada según un determinado factor por la inercia de las masas rotatorias.

Las ruedas y los ejes constituyen las masas rotatorias. Si se considera una inercia total  $J$ , una velocidad angular  $\omega$  y un radio de giro  $R$ , se establecen las siguientes ecuaciones:

En cada momento:  $v = \omega \cdot R$

Aplicando la fórmula de la conservación de la energía, el trabajo de la fuerza de tracción se transforma en energía cinética de traslación y de rotación, Para un recorrido  $d$  se tendrá:

$$\begin{aligned} F \cdot d &= (0,5 \cdot m \cdot v^2) + (0,5 \cdot J \cdot \omega^2) = (0,5 \cdot m \cdot v^2) + \frac{0,5 \cdot J \cdot v^2}{R^2} = \\ &= (0,5 \cdot m \cdot v^2) \cdot \left(1 + \frac{J}{m \cdot R^2}\right) = 0,5 \cdot m \cdot \beta \cdot v^2 = 0,5 \cdot m' \cdot v^2 \end{aligned}$$

Al contemplar la resistencia de las masas rotatorias, el tren se comporta como si tuviese una masa ficticia  $m' > m$ , incrementando la masa estática por el coeficiente de masas rotatorias  $\beta = 1 + J/mR^2$  cuyo valor oscila entre 1,04 y 1,08.

La masa a considerar por el programa responde a la expresión:

$$m' = C_{MR} (n_L \cdot P_L + q_R)$$

en donde:

$C_{MR}$  es el coeficiente de masas rotatorias  
 $n_L$  es el número de locomotoras del trayecto  
 $P_L$  es el peso de la locomotora  
 $q_R$  es el peso de la carga remolcada

### 1.3.2 Curvas F – V

Las fuerzas de tracción son proporcionadas por la o las locomotoras al conjunto del tren a través de las ruedas motoras.

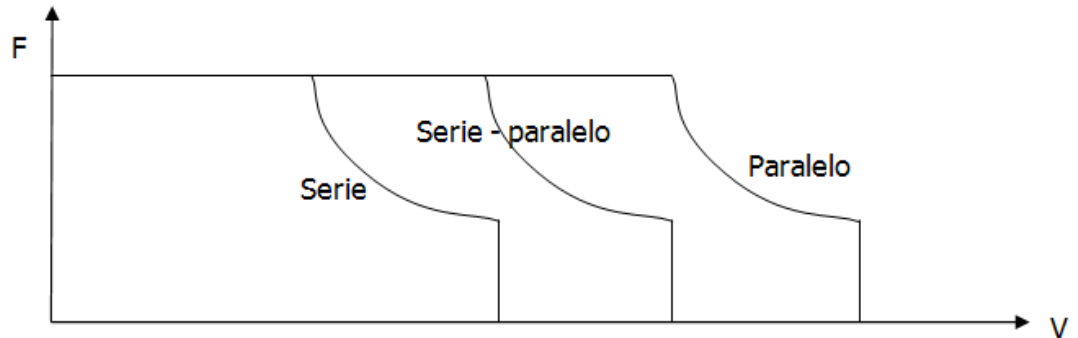
Dentro de esta fuerza se puede incluir la fuerza de frenado ocasionada por la locomotora. En este caso sería una fuerza de signo negativo ya que se opone al avance del tren.

La fuerza de tracción motor para cada locomotora viene definida por el fabricante en una serie de curvas que relacionan dicha fuerza máxima con la velocidad.

Estas curvas cambian según el tipo de tracción y características de la locomotora (eléctrica o diesel) y el régimen en el que pueden trabajar: serie, serie-paralelo, paralelo, normalmente empleado en trenes de alta velocidad. Según sea el funcionamiento eléctrico de los motores. Se pasa de una a otra según sea la velocidad.



Para cada locomotora se tiene las curvas que relacionan la fuerza  $F$  que se puede generar con la velocidad  $V$  a la que se circula.



Para una velocidad conocida  $V$ , entrando en las curvas se obtiene  $F_v$ .

### 1.3.3 Adherencia

Para cada locomotora se tiene un coeficiente de adherencia ( $\mu_v$ ) entre ruedas y carriles que varía con la velocidad.

$$\mu_v = \mu_o \cdot \left( 0,2115 + \frac{33}{V + 42} \right)$$

donde  $V$  se expresa en Km/h

Para que no exista deslizamiento se tiene que cumplir:

$$F_v < \mu_v \cdot P_L \quad \text{siendo } P_L \text{ el peso de la locomotora.}$$

En el caso de no cumplirse se toma como  $F_v$  el siguiente:

$$F_v = \mu_v \cdot P_L$$

### 1.3.4 Tracción total

La tracción total  $T$  será:

$$T = n_L \cdot F_V$$

donde  $n_L$  es el número de locomotoras definido para cada trayecto.

### 1.3.5 Resistencia al avance

La resistencia al avance tiene dos componentes:

- A.  $R_A$  es la resistencia al avance dependiente del tipo de locomotora o tren utilizado.
- B.  $R_V$  resistencia al avance dependiente de la vía.

$$R = R_A + R_V$$

#### a) $R_A$ es la resistencia al avance dependiente del tipo de locomotora o tren utilizado.

La resistencia al avance en vía horizontal y recta y a velocidad constante se presenta por:

- Rozamiento entre las ruedas y los carriles. El perfil cónico implica que sólo un radio rueda sin resbalar. Los radios menores deslizan hacia adelante y los mayores hacia atrás.
- Fuerza necesaria para acelerar el aire que entra en el tren para la refrigeración de los motores y para la renovación del aire interior.
- Rozamiento ocasional de las pestañas sobre el carril en las curvas.
- Fricción en los cojinetes.
- Movimientos anormales. Las sacudidas y oscilaciones de la carga se transmiten a la suspensión y a los acoplamientos, disipándose la energía como calor.
- Resistencia aerodinámica, que a su vez se compone de resistencia de presión y de fricción, y que resulta especialmente importante en alta velocidad.

Los anteriores conceptos constituyen una resistencia al avance, cuyos parámetros se contemplan de forma distinta en el programa según se trate de:

Composiciones convencionales de pasajeros o mercancías en donde interese variar el número de locomotoras o vagones o de configuraciones fijas de trenes en donde se establecen los distintos parámetros de forma global.

### a.1 Composiciones convencionales de pasajeros o mercancías.

$$R_A = R_{AL} + R_{CR}$$

$R_{AL}$  = Resistencia al avance debida a la locomotora.

$R_{CR}$  = Resistencia al avance debida a la carga remolcada.

Es habitual que para el cálculo de las resistencias se utilicen las fórmulas de Davis que, por ejemplo, para una locomotora diesel tiene la expresión:

$$r_{AL} = 0,65 + \left( \frac{13,15}{W_L} \right) + (0,00932 \cdot V) + \left( \frac{0,004525 \cdot A_L \cdot V^2}{P_L} \right)$$

donde:

$r_{AL}$  es la resistencia al movimiento uniforme. (kg/t)

$P_L$  es el peso de la locomotora. (t)

$W_L$  es el peso promedio por eje de la locomotora. (t)

$A_L$  es la superficie frontal de la locomotora. (m<sup>2</sup>)

$V$  es la velocidad. (Km/h)

En caso de existir más de una locomotora se realizará el sumatorio de las resistencias de cada una de ellas para el cálculo total.

En caso de existir más de una locomotora, se realizará el sumatorio de las resistencias de cada una de ellas para el cálculo total.

En este programa la fórmula anterior se generaliza para permitir una mayor flexibilidad. La expresión empleada, que engloba a la anterior, es:

$$R_{AL} = A \cdot P_L + B \cdot N_E + C \cdot P_L \cdot V + D \cdot V^2$$

Donde:

$R_{AL}$  es la resistencia de avance de la locomotora. (kg)

A, B, C, D son parámetros definidos para cada locomotora.

$N_E$  n° de ejes de la locomotora.

$P_L$  Peso de la locomotora (t).

$V$  Velocidad (Km/h).

Para los vagones la fórmula de Davis expone:

$$r_{AV} = \underbrace{0,65 + \left(\frac{13,15}{W_V}\right)}_{\text{rodadura}} + \underbrace{(0,01398 \cdot V)}_{\text{cojinetes}} + \underbrace{\left(\frac{0,000943 \cdot A_V \cdot V^2}{n W_V}\right)}_{\text{aerodinámica}}$$

Donde:

$r_{AV}$  es la resistencia al movimiento uniforme. (kg/tn)

$W_V$  es el peso promedio por eje del vagón/coche. (t)

$A_V$  es la superficie frontal del vagón. (m<sup>2</sup>)

$n$  es el número de ejes vagón.

$V$  es la velocidad (Km/h)

En caso de existir más de un vagón, se realizará el sumatorio de las resistencias de cada uno de ellos para el cálculo total.

En este programa la fórmula anterior se generaliza para permitir una mayor flexibilidad. La expresión empleada, que engloba a la anterior, es:

$$R_{AV} = A \cdot P_V + B \cdot N_E + C \cdot P_V \cdot V + D \cdot V^2$$

Donde:

$R_{AV}$  es la resistencia de avance del coche o vagón. (kg)

A, B, C, D son parámetros definidos para cada vagón/coche.

$N_E$  n° de ejes de cada vagón/coche.

$P_V$  Peso del coche/vagón (t).

$V$  Velocidad (Km/h).

En el caso particular de España se suelen utilizar las siguientes expresiones según se trate de coche o vagón:

$$r_{CR} = 2 + \left(\frac{V^2}{4500}\right) \quad \text{para coches}$$

$$r_{CR} = 2 + \left(\frac{V^2}{1600}\right) \quad \text{para vagones}$$

Donde:

$r_{CR}$  es la resistencia al avance del coche o vagón. (kg/t)

## a.2 Tren de configuración definida

En España se utiliza de forma habitual la expresión:

$$r = 1,4 + 0,14 \cdot V^2 + 0,00027 \cdot V$$

Donde:

r es la resistencia al avance de la composición. (Kg/t)

V la velocidad. (km/h)

No obstante, en el programa, con el fin de generalizar estas expresiones se emplea una fórmula más general según la expresión siguiente:

$$R_A = (A + B \cdot P_T) + (C + D \cdot P_T) \cdot V + (E + F \cdot P_T) \cdot V^2$$

Donde:

$R_A$  es la resistencia al avance de la composición. (Kg/t)

A, B, C, D, E, F son parámetros definidos para cada composición.

$P_T$  Peso de la composición. (t)

V la velocidad. (km/h)

En este caso la carga remolcada se define en la tabla de trenes y, en el apartado **Trenes de configuración fija**. Para este caso, no se definen ni la carga remolcada ni el número de locomotoras.

## b) Resistencia al avance debido a la vía $R_V$

Según sea el trazado aparecen unas resistencias adicionales propias de la vía en las siguientes situaciones:

- En las rampas y pendientes ( $R_P$ ) condicionadas por la fuerza de la gravedad.

$$R_P = P_T \cdot i(0/00)$$

Positiva en rampas y negativa en pendientes. Siendo:

$R_P$  la resistencia a la rampa o pendiente. (Kg)

$P_T$  el peso de la composición. (t)

- En las curvas horizontales ( $R_C$ ) en donde se requiere vencer las resistencias de fricción con los carriles. Se debe al mayor rozamiento de las ruedas sobre los carriles al acomodarse a su curvatura.

La aplicación utiliza la expresión:

$$R_C = P_T \cdot \frac{A}{R - B}$$

Donde:

$R_C$  es la resistencia en curva (Kg)

A y B son parámetros de la vía.

R el radio (m)

$P_T$  es el peso de la composición (t)

Esta expresión, de tipo general, permite adaptar fórmulas conocidas como la de Desdout, cuya expresión es:

$$R_C = P_T \cdot \frac{500 \cdot t}{R}$$

En donde:

t = Ancho de vía (m)

La resistencia al avance  $R_V$  debida a las características de la vía será la suma de ambas, es decir:

$$R_V = P_T \cdot \frac{i + A}{R - B}$$

### 1.3.6 Frenada

Se aplica la deceleración máxima definida en las tablas de locomotoras. Esta deceleración se puede definir según rangos de velocidades establecidos por el usuario.

## 1.4 CONDICIONANTES DE PROYECTO

### 1.4.1 Velocidad máxima de la línea

En tramos rectos se limita la velocidad máxima de la línea.

### 1.4.2 Velocidad en curvas

Debido a la geometría en planta la velocidad que se puede alcanzar en una curva ha de cumplir la expresión:

$$V \leq f \sqrt{R}$$

### 1.4.3 Aceleraciones máximas y mínimas

Las aceleraciones máxima y mínimas quedan limitadas por la aceleración de servicio, y por la deceleración máxima definidas para cada composición, respectivamente.

### 1.4.4 Definición de estaciones y puntos de control

El programa permite definir el Pk de las estaciones, así como identificar puntos de control entre ellas, para controlar tiempos o establecer retrasos entre los mismos.

### 1.4.5 Paradas en estaciones

Se definen las estaciones y el tiempo de parada en cada una para cada circulación.

### 1.4.6 Limitaciones parciales de velocidad

En determinadas zonas, como túneles, viaductos, proximidades a estaciones, reparación de vía, o por cualquier otro motivo, se permite la limitación de la velocidad a un valor predeterminado.

### 1.4.7 Margen de maniobra

Con los datos definidos del tren, línea y recorrido, el programa calcula un tiempo de recorrido **TI** denominado *Tiempo de cálculo*.

Entre cada dos puntos de control se hace una comprobación del margen de maniobra general definido para la línea en minutos por cada 100 km. Se suele utilizar unos 4 o 5 minutos por cada 100 Km.

Además, para cada circulación se puede establecer un porcentaje de incremento del tiempo de cálculo que nunca puede ser inferior entre puntos de control al general del párrafo anterior.

Normalmente suele ser un 5% para viajeros y un 7% para mercancías.

Con las consideraciones anteriores se obtiene el tiempo T2 denominado en el programa *Tiempo de regularidad*.

### **1.4.8 Redondeo del tiempo**

El programa redondea el tiempo T2 parcial entre puntos de control a múltiplos de medio minuto, obteniendo un tiempo T3, que llamaremos *Tiempo redondeado*.

### **1.4.9 Retrasos**

El programa permite establecer retrasos con el fin de permitir planificar circulaciones y evitar posibles colisiones de trenes en vía única, resultando un tiempo T4 que será el considerado como el tiempo final de explotación de un determinado recorrido. A este tiempo le llamaremos *Tiempo final*.

El retraso definido en un punto de control, puede ser específico entre este punto de control y el inmediato anterior, o repartirse hasta el origen de la línea.



## 2. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN

### CONTENIDO

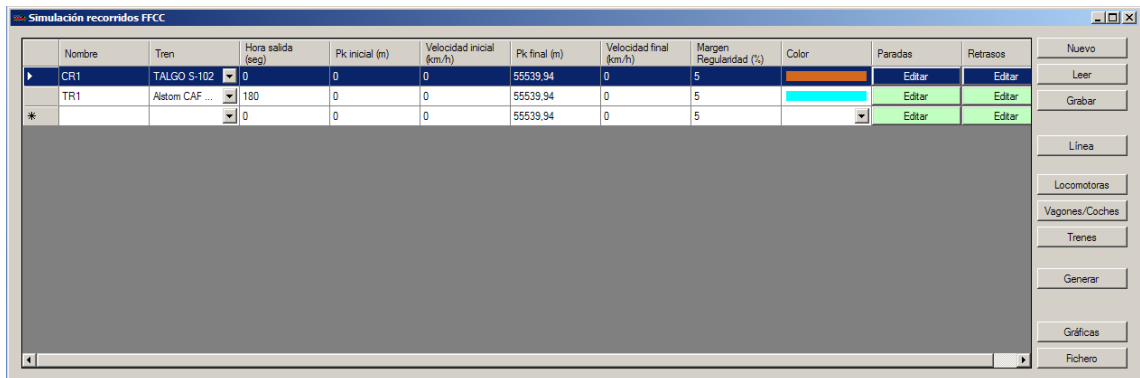
En este capítulo se hace una introducción somera a la filosofía de la aplicación

# ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN

## 2.1 MENÚS Y VENTANAS

La aplicación tiene una estructura modular. Se compone de diferentes ventanas con menús de botones ubicados en la parte derecha de cada una de ellas.

Cada ventana permite la gestión de datos a partir de tablas o formularios que el usuario puede modificar libremente según las especificaciones particulares de su simulación.



## 3. PARTES DE UN PROYECTO

### CONTENIDO

En este capítulo se explican en detalle las diferentes partes que componen un proyecto y como gestionar cada una de ellas

# PARTES DE UN PROYECTO

## 3.1 SIMULACIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDO

Un proyecto completo se compone de una o varias simulaciones de tiempos de recorrido.

Las simulaciones se gestionan desde la tabla de la ventana inicial del programa que está compuesta por once campos diferentes:

**Nombre:** Es el nombre o identificador que se le asigna a la simulación correspondiente a la línea de la tabla que ocupa.

**Tren:** Es el tren que realiza el recorrido. Un tren se compone de una o varias locomotoras y puede acompañarse de varios coches/vagones en función de las necesidades de proyecto.

**Hora de salida:** Es la hora de partida del tren en el punto inicial del recorrido. En la pantalla principal este parámetro se debe introducir en segundos.

**PK inicial:** Es el punto kilométrico de la línea desde donde parte el tren en la simulación. Este valor ha de ser introducido en metros.

**Velocidad inicial:** Es la velocidad del tren en el momento de pasar o partir desde el PK inicial. Este parámetro se da en km/h.

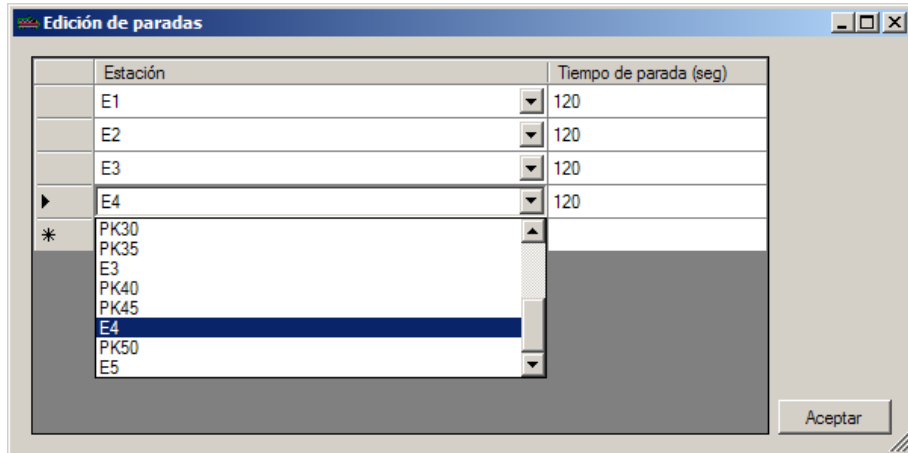
**PK final:** Es el punto kilométrico de la línea donde finaliza la simulación del recorrido.

**Velocidad final:** Con este parámetro se define la velocidad del tren en el PK final del recorrido. Al igual que en el caso de la velocidad inicial se define en km/h.

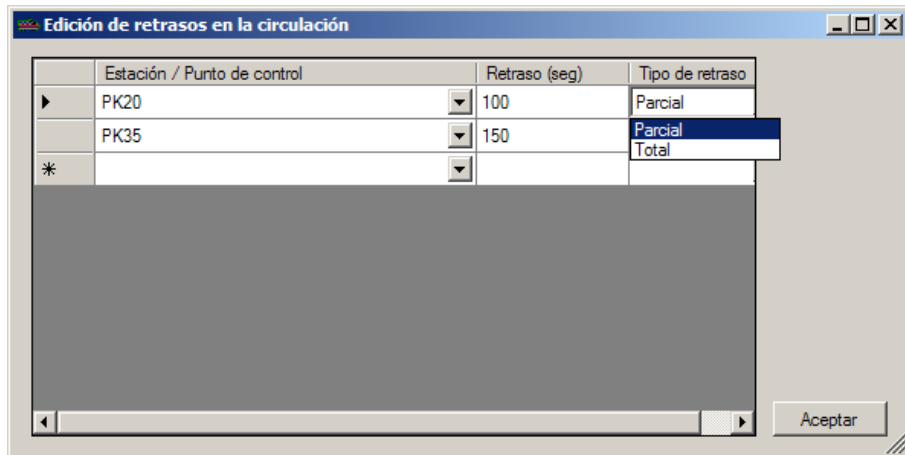
**Margen de regularidad:** Es un coeficiente de seguridad expresado con el % del tiempo teórico de cálculo.

**Color:** Este parámetro define el color de pluma utilizado para mostrar la línea en el gráfico de simulación de tiempo recorrido.

**Paradas:** Pulsando este botón de la tabla se entra en una nueva ventana de edición desde la que se pueden definir los segundos que el tren se detiene en una estación o en un punto de control determinado definido por el usuario.



**Retrasos:** La aplicación permite introducir un retraso parcial entre diferentes puntos de control de la línea o de manera total entre el PK inicial y final del recorrido desde la ventana que se muestra a continuación:



Los recorridos pueden generarse individualmente a partir de la ventana inicial del programa o globalmente desde de la ventana de **Edición de itinerarios** desplegada mediante el botón **Generar** de la misma ventana<sup>1</sup>.

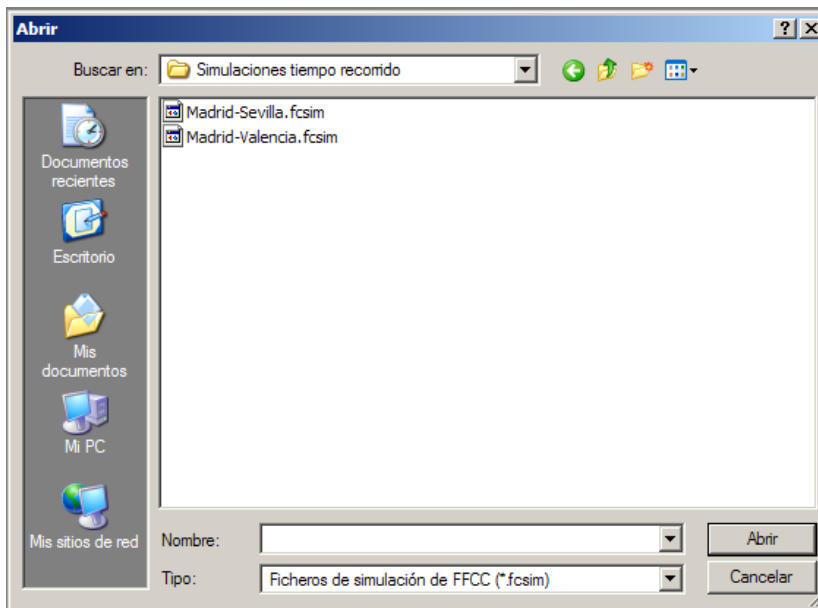
<sup>1</sup> Véase el Capítulo 4.- Generación automática de itinerarios.

### 3.1.1 Nuevo trabajo

Para generar un nuevo trabajo bastaría con pulsar el botón de la ventana inicial Nuevo situado en la parte superior del menú. La tabla de simulación de recorridos estaría vacía y los contenidos de las ventanas auxiliares en blanco o con los valores predefinidos por la aplicación a la espera de ser modificados si el usuario lo considera oportuno.

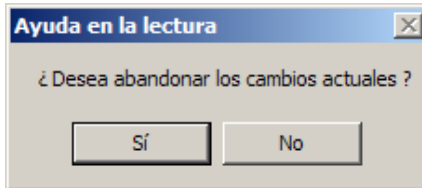
### 3.1.2 Leer trabajo

La herramienta ofrece la posibilidad de importar un trabajo completo a partir de la ventana de exploración:



El formato de importación sería: \*.fcsim que se genera a partir del botón de la siguiente opción del menú: **Grabar**.

Si se desea importar un trabajo y en el momento de realizar la acción existe otro en desarrollo, la aplicación lanza una advertencia indicando que el trabajo del que se va a salir no está guardado todavía:



Si el usuario desea salir del trabajo sin guardar las últimas modificaciones efectuadas debe salir abandonando los cambios y si desea, por el contrario, guardar las últimas acciones realizadas debe seleccionar la segunda opción ofrecida en la ventana y proceder de la manera que se indica en el siguiente apartado.

### 3.1.3 Grabar trabajo

El programa permite grabar el trabajo en el destino definido por el usuario en el formato \*.fcsim.

El fichero contiene la información completa de un proyecto, tanto los itinerarios generados como las líneas y trenes relacionados con el mismo así como todas sus propiedades particulares.

### 3.1.4 Borrar recorrido

Si el usuario desea borrar uno o varios recorridos de la tabla, bastaría con seleccionar, desde la primera columna, la fila del registro a eliminar y a continuación pulsar el botón **Supr**.

En caso de querer realizar una selección múltiple existen dos opciones diferentes:

La selección múltiple para registros consecutivos: Utilizando la combinación de teclas **Shift** + *Botón izquierdo del ratón* o en caso de querer realizar una selección múltiple no consecutiva:

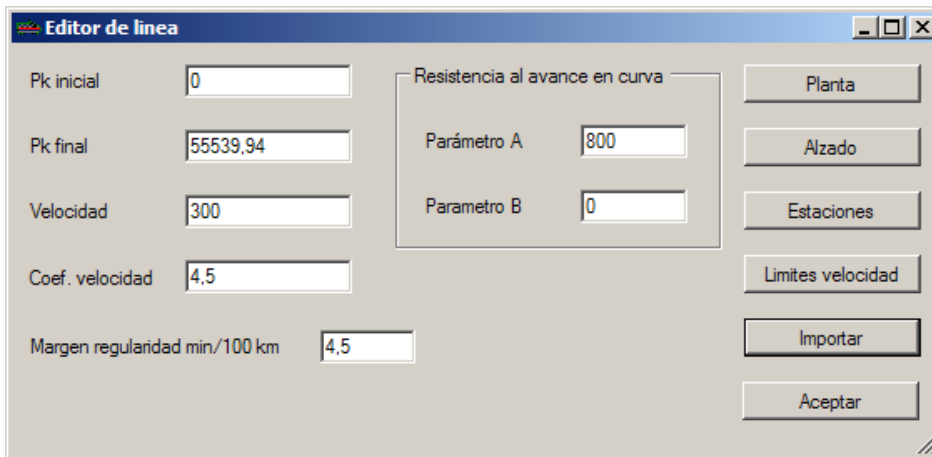
Combinando las teclas **Ctrl** + *Botón izquierdo del ratón*. En ambos casos, se elegirían los recorridos a eliminar y posteriormente se pulsaría la tecla **Supr** para suprimirlos en la tabla.

## 3.2 LÍNEAS

Una línea es el trayecto entre el punto inicial y final de un recorrido.

Las líneas quedan definidas por su geometría en planta y en alzado, por las estaciones ubicadas en los diferentes PK del trayecto y por los límites de velocidad establecidos por intervalos de distancia en el recorrido del tren.

Cada línea tiene su propia ventana de edición:



La ventana se compone de un formulario con diferentes entradas para los parámetros de configuración y de una botonera de acceso a la edición de las diferentes partes que definen una línea. A través de las entradas del formulario se pueden gestionar los parámetros:

**Resistencia al avance en curva (Kg/t):** Para calcular la resistencia al avance en curva se utiliza la expresión:  $r_c = A / (R - B)$ ; donde A y B son parámetros que se definen en esta pantalla. Con esta expresión se pueden introducir fórmulas habitualmente usadas como la de Desdout:  $r_c = 500t/R$ ; poniendo como  $A = 500t$ ; (Ancho de vía en metros) y  $B=0$ .

**Pk inicial:** Es el punto kilométrico donde comienza una línea.

**Pk final:** Es el punto kilométrico establecido como final de línea.

**Velocidad:** Es el valor máximo para la velocidad permitida en la línea.

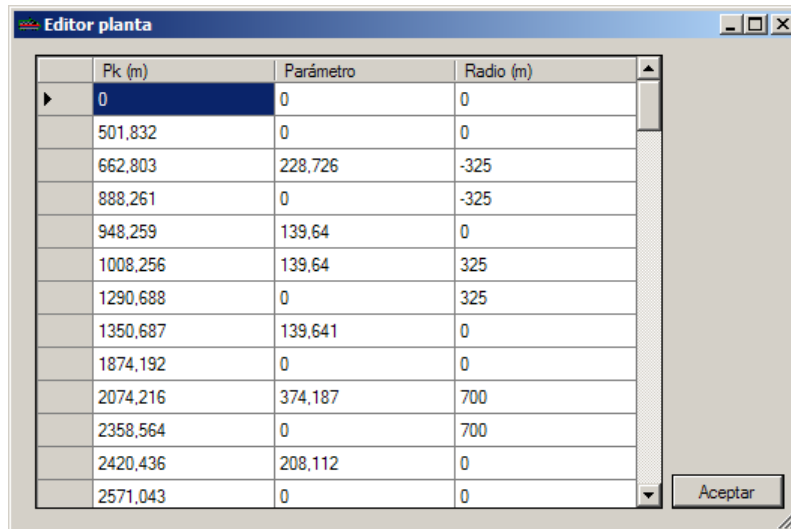


**Coefficiente de velocidad:** En las curvas se limita la velocidad por la expresión  $v \leq f\sqrt{R}$ , siendo  $v$  la velocidad, en km/h,  $R$  el radio de la curva en metros y  $f$  es el factor solicitado en el cuadro de texto.

**Margen de regularidad:** Es el margen de seguridad, en tiempo, añadido al tiempo teórico de cálculo. Se expresa en minutos por cada 100 km.

### 3.2.1 Planta y alzado

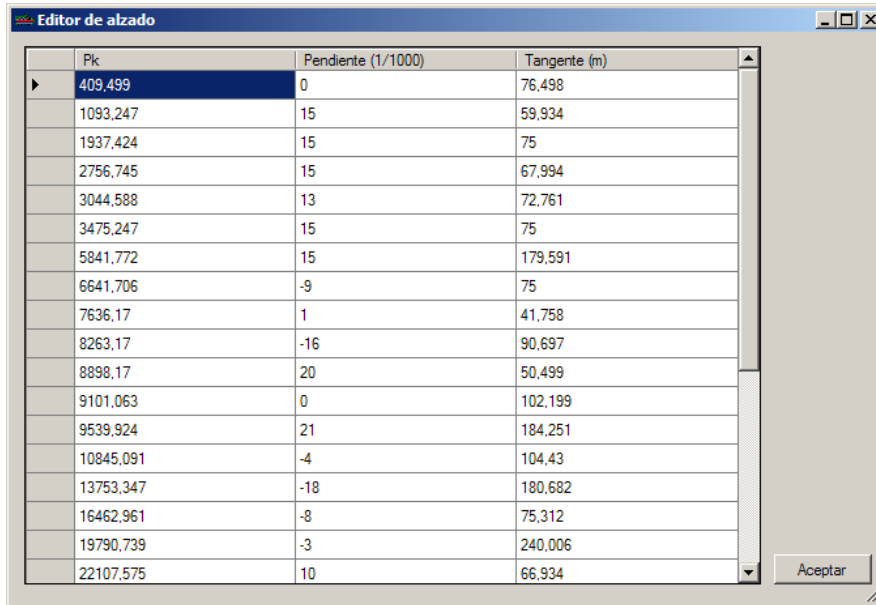
La geometría en planta puede ser definida a partir de la ventana que emerge desde el botón **Planta**:



Pk (m)	Parámetro	Radio (m)
0	0	0
501,832	0	0
662,803	228,726	-325
888,261	0	-325
948,259	139,64	0
1008,256	139,64	325
1290,688	0	325
1350,687	139,641	0
1874,192	0	0
2074,216	374,187	700
2358,564	0	700
2420,436	208,112	0
2571,043	0	0

La geometría se establece a partir de una tabla donde cada registro se compone de tres campos: PK en metros, el parámetro de la clotoide y el radio en ese Pk.

La geometría del alzado, al igual que el caso anterior, puede definirse a partir de una opción del menú de ventana. Al pulsar el botón **Alzado**, el usuario se encuentra con otra tabla en la que puede introducir la pendiente y la tangente para cada Pk de la línea:



Pk	Pendiente (1/1000)	Tangente (m)
409,499	0	76,498
1093,247	15	59,934
1937,424	15	75
2756,745	15	67,994
3044,588	13	72,761
3475,247	15	75
5841,772	15	179,591
6641,706	-9	75
7636,17	1	41,758
8263,17	-16	90,697
8898,17	20	50,499
9101,063	0	102,199
9539,924	21	184,251
10845,091	-4	104,43
13753,347	-18	180,682
16462,961	-8	75,312
19790,739	-3	240,006
22107,575	10	66,934

En ambos casos, se pueden importar los datos a partir de un fichero \*.str. Este fichero es generado por el programa Clip Windows a partir de las salidas a fichero desde el tramo de un ferrocarril.

Con la importación de este archivo, el usuario tendría la geometría de la línea de manera instantánea sin tener que teclear ningún valor. La automatización de este proceso reduce considerablemente los tiempos en la realización de un trabajo y reduce el riesgo de cometer equivocaciones en la introducción manual de los registros.

### 3.2.2 Estaciones y puntos de control

Las estaciones y los puntos de control en una línea se definen a partir de una tabla que permite introducir el punto kilométrico de la estación o del punto de control que se quiera establecer.

Editor de estaciones y puntos de control

Pk (m)	Nombre
0	E0
5000	PK5
10000	PK10
12535	E1
15000	PK15
20000	PK20
23854	E2
25000	PK25
30000	PK30
35000	PK35
37654,25	E3
40000	PK40
45000	PK45
47856,65	E4

Aceptar

### 3.2.3 Límites de velocidad

La aplicación permite definir diferentes límites de velocidad en la línea para un intervalo determinado, a partir del PK de inicio y su longitud. El límite puede establecerse para el mismo PK en el sentido de ida, vuelta, o en ambos.

Editor de límites de velocidad

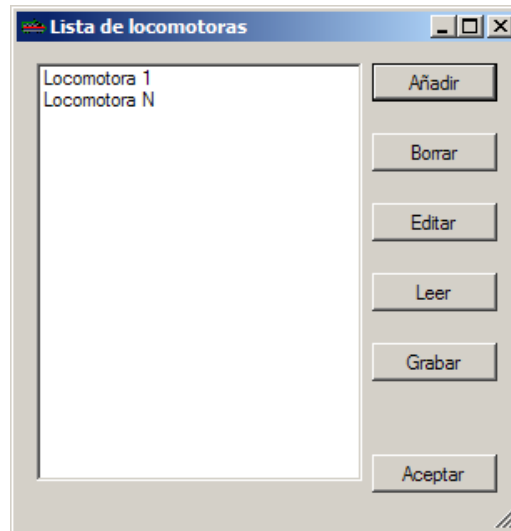
	Pk	Longitud	Velocidad (km/h)	Sentido
▶	1500	100	300	ambos
*				ambos
				ida
				vuelta

Aceptar

## 3.3 LOCOMOTORAS

### 3.3.1 Importación y exportación

La aplicación permite generar un número ilimitado de locomotoras. Las locomotoras definidas pueden ser guardadas o importadas en formato \*.loc a partir de los botones del menú **Grabar** y **Leer**, respectivamente<sup>2</sup>.



### 3.3.2 Creación

Desde el botón **Añadir** se crea una nueva locomotora para la lista:

---

<sup>2</sup> Véanse los capítulos 3.1.2 y 3.1.3 del presente tutorial

**Edición de locomotora**

Nombre:  Aceptar

Peso (tn):

Número de ejes:

Coefficiente de adherencia:

Velocidad máxima (km/h):

Coef. masas rotatorias:

Fórmula de Davis

$$R_{AL} = A P_L + B N_E + C P_L V + D V^2$$

$R_{AL}$  = resistencia al avance (kg/tn)     $P_L$  = peso de la locomotora (tn)  
 $N_E$  = número de ejes     $V$  = velocidad (km/h)

A:     B:     C:     D:

Curva potencia serie

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
▶	0	200
	150	150
	350	80
*		

Curva de potencia serie-paralelo

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
*		

Curva de potencia paralelo

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
*		

Los valores a introducir por el usuario serían:

**Nombre:** Identificador de la locomotora en la lista y el trabajo.

**Peso:** Es el peso de la locomotora definida, en toneladas.

**Número de ejes:** A partir de este parámetro se define el número de ejes que tiene la locomotora.

**Coefficiente de adherencia:** Es el coeficiente de adherencia que tiene cada locomotora entre las ruedas y los carriles. Este coeficiente, en reposo, se verá modificado por la velocidad utilizada en la expresión:  $\mu_v = \mu_0 ( 0.2115 + (33/(v+42)) )$ ; Velocidad en km/h.

**Velocidad máxima:** La velocidad máxima establecida para cada locomotora.

**Coefficiente de masas rotatorias:** Factor multiplicativo de la masa de la locomotora para simular los diferentes rozamientos de la máquina<sup>3</sup>.

A partir de esta pantalla, el usuario introduce los parámetros, para el cálculo de la resistencia al avance, que se utilizarán en la fórmula de Davis.

<sup>3</sup> Véase el capítulo 1.3 Fundamentos teóricos de la aplicación.

La configuración de las gráficas de Curva de fuerza – velocidad en serie, serie-paralelo y paralelo se controla mediante las tablas ubicadas en la parte inferior de la ventana. Si la tracción no es eléctrica se empleará la primera de las tablas. Cada registro contiene dos campos diferentes: **Velocidad** en km/h y **Tracción** en KN. La curva de potencia serie es un dato obligatorio en la generación de una nueva locomotora y debe de cubrir el rango de velocidades comprendido entre 0 y la velocidad máxima establecida.

### 3.3.3 Edición

Existe la posibilidad de editar cualquier locomotora de la lista. Una vez seleccionada, mediante la opción **Editar** se despliega una ventana similar a la anterior con los valores almacenados cuando fue creada. Tras efectuar el cambio, sólo hay que **Aceptar** para que se almacenen las modificaciones.

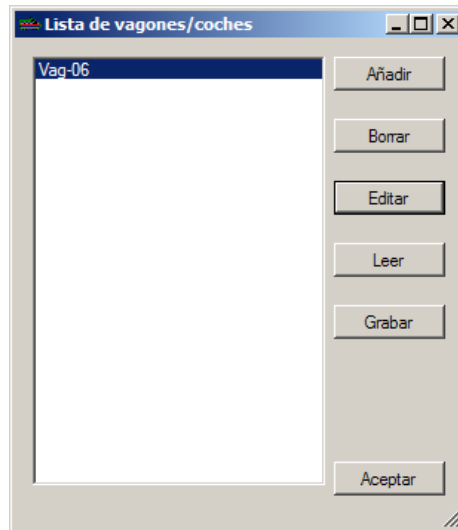
### 3.3.4 Eliminación

Para eliminar una locomotora de la lista hay que seleccionarla y pulsar el botón **Borrar** dispuesto en el menú de ventana.

## 3.4 VAGONES Y COCHES

### 3.4.1 Importación y exportación

Al igual que en el caso de las locomotoras, el programa permite generar un número ilimitado de vagones de diferentes tipos. El formato para las listas de vagones es \*.vag. Estas listas pueden almacenarse a partir del botón del menú **Grabar** y se pueden **Leer** a partir de la opción situada en el mismo menú<sup>4</sup>.

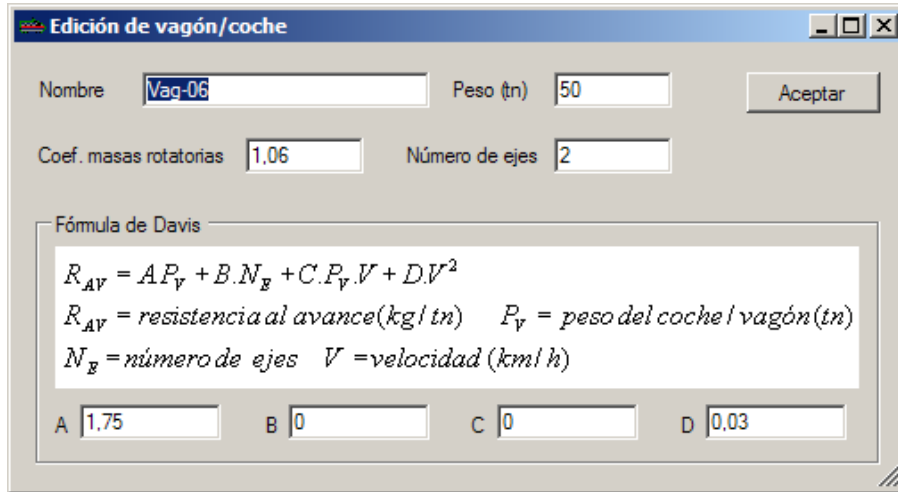


### 3.4.2 Creación

Para la generación de un nuevo coche/vagón el usuario debe pulsar la opción **Añadir** en el menú. Desde la siguiente ventana, el usuario introducirá los parámetros necesarios para el cálculo de la resistencia ordinaria a partir de la fórmula de Davis<sup>5</sup>:

<sup>4</sup> Véanse los capítulos 3.1.2 y 3.1.3 del presente tutorial

<sup>5</sup> El programa obtendrá la resistencia al avance del vagón, en kg/t, según los conceptos explicados en el apartado 1.3.5 del presente manual.



Edición de vagón/coche

Nombre  Peso (tn)

Coef. masas rotatorias  Número de ejes

Fórmula de Davis

$$R_{AV} = AP_V + B.N_g + C.P_V.V + D.V^2$$

$R_{AV}$  = resistencia al avance (kg/tn)     $P_V$  = peso del coche / vagón (tn)  
 $N_g$  = número de ejes     $V$  = velocidad (km/h)

A     B     C     D

El resto de parámetros a introducir serían:

**Nombre:** Identificador del vagón / coche en la lista de vagones y en el trabajo.

**Peso:** Peso del vagón / coche en toneladas.

**Coefficiente de masas rotatorias:** Factor que modifica la inercia al avance de traslación.

**Número de ejes:** A partir de este parámetro se define el número de ejes del coche / vagón.

### 3.4.3 Edición

Si un coche / vagón se encuentra almacenado en el archivo \*.vag puede ser modificado, tras su selección en la lista, después de elegir la opción **Editar** del menú de ventana. Una vez que el usuario esté conforme con los cambios, sólo tiene que pulsar **Aceptar** para que las modificaciones tengan efecto.

### 3.4.4 Eliminación

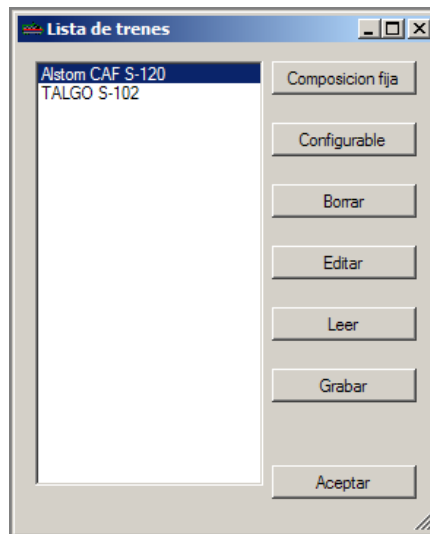
Para eliminar un coche / vagón del archivo se pulsará el botón **Borrar** después de seleccionarlo.



## 3.5 TRENES

### 3.5.1 Importación y exportación

Se pueden crear tantos trenes como el usuario necesite. Los trenes se almacenan en ficheros \*.trn y se pueden leer y guardar del mismo modo que las locomotoras o los coches / vagones<sup>6</sup>.



### 3.5.2 Creación

Un tren está compuesto por una o varias locomotoras y además puede tener uno o varios coches / vagones. La herramienta permite la creación de diferentes tipos de trenes a partir de la composición de locomotoras y coches / vagones generados desde las opciones anteriores o definir el tren como un todo que no necesita de la definición individualizada de los elementos anteriores para la obtención de resultados.

Para definir el tren, sin descomponerlo, se accede a la opción **Composición fija** del menú de ventana. A partir de este menú se accede a los siguientes parámetros:

<sup>6</sup> Véanse los capítulos 3.1.2 y 3.1.3 del presente tutorial

**Edición tren composición fija**

Nombre:  Aceptar

Peso (tn):     Coeficiente de adherencia:     Coef. masas rotatorias:

Velocidad máxima (km/h):     Aceleración de servicio (m/s<sup>2</sup>):     Peso cabezas motrices (tn):

Fórmula de resistencia al avance

$$R_{AV} = (A + B.p) + (C + D.p) . v + (E + F.p) . v^2$$

$R_{AV}$  = resistencia al avance (kg/tn)  
 $p$  = peso del tren (tn)

A:     B:     C:   
 D:     E:     F:

Deceleración máxima

	Velocidad (km/h)	Deceleración (m/s <sup>2</sup> )
▶	250	0,35
*		

Curva potencia serie

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
▶	0	160
	95	160
	125	120
	150	100
	200	75
	220	70

Curva de potencia serie-paralelo

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
*		

Curva de potencia paralelo

	Velocidad (km/h)	Traccion (KN)
*		

**Nombre:** Identificador del tren en trabajo o en la lista de trenes.

**Peso:** Peso del tren en toneladas.

**Coeficiente de adherencia:** Es el coeficiente que tiene cada tren entre las ruedas y los carriles que varía con la velocidad.

**Coeficiente de masas rotatorias:** Es el factor que modifica la inercia al avance de traslación.

**Velocidad máxima:** La velocidad máxima establecida para cada tren.

**Aceleración de servicio:** Es uno de los condicionantes del proyecto.

**Peso cabezas motrices:** En esta casilla se indica el peso total, en toneladas, de las cabezas motrices que componen el tren.

Al igual que en los casos anteriores, se pueden introducir los diferentes parámetros que intervienen en la fórmula de resistencia al avance para su cálculo a partir de ellos.

La configuración de las gráficas de Curva de potencia serie, serie-paralelo y paralelo se controla mediante las tablas ubicadas en la parte inferior de la ventana. Cada registro contiene dos campos diferentes: **Velocidad** en km/h y **Tracción** en KN. Es obligatorio introducir al menos una curva de potencia en la generación de cada tren y debe de cubrir el rango de velocidades comprendido entre 0 y la velocidad máxima establecida.

En el caso de la creación de trenes también es necesario definir la deceleración máxima a partir de una curva de deceleraciones. La curva se establece a partir de registros con dos campos por línea: **Velocidad** en km/h y **Deceleración** en  $m/s^2$ .

Si se desea añadir un nuevo tren, a partir de las locomotoras y los coches / vagones almacenados en el trabajo, se debe utilizar la opción **Configurable** de la ventana de la lista de trenes. Las opciones desplegadas se muestran en la siguiente imagen:

**Edición tren configurable**

Nombre:

Locomotora:

Número de locomotoras:

Aceleración de servicio (m/s<sup>2</sup>):

Vagones/Coches:

	Vagón	Unidades
▶*	<input type="text" value=""/>	1,00
	vag Tipo500	
	vag Tipo550	

Deceleración máxima

	Velocidad (km/h)	Deceleración (m/s <sup>2</sup> )
*	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Nombre:** Identificador del tren en trabajo o en la lista de trenes.

**Locomotora:** A partir de este menú de selección se puede elegir una locomotora de la lista.

**Número de locomotoras:** Este campo sirve para determinar el número de locomotoras, del tipo seleccionado en la opción anterior, que forman parte del tren.

***Aceleración de servicio:*** Es el límite establecido para la aceleración máxima del trabajo.

***Vagones / coches:*** En esta tabla se pueden seleccionar el número de vagones que forman parte del tren y el tipo de cada uno de ellos.

***Deceleración máxima:*** La curva de deceleración se emplea para indicar que para una velocidad determinada se decelera con el valor indicado en la casilla de deceleración del mismo registro.

### **3.5.3 Edición**

Sea cual sea la configuración de un tren, de composición fija o no, este puede ser editado a partir de la opción **Editar** disponible en la ventana. En la ventana de edición aparecerán los valores introducidos por el usuario en la definición del tren.

### **3.5.4.- Eliminación**

Si se desea quitar uno de los trenes situados en la lista, primero habrá que seleccionarlo y después eliminarlo mediante la opción **Borrar** disponible en el menú. Hasta que no se acepten los cambios realizados, las modificaciones no serán guardadas por el programa, por tanto, si se elimina un tren por error se debe salir de la ventana sin aceptar los cambios para volver a tener acceso a la lista completa de trenes nuevamente.

## 4. GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ITINERARIOS

### CONTENIDO

En este capítulo se muestra como automatizar la generación de múltiples itinerarios con la herramienta.

# GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE ITINERARIOS

## 4.1 APLICACIÓN

La aplicación puede crear series de simulación de tiempos de recorrido de manera automática. Esta opción está disponible desde la ventana de inicio del programa. Si se pulsa el botón **Generar** se despliega una nueva ventana:

Datos de generación de itinerarios

Nombre: ITINERARIO IDA %

Tren: TALGO S-102

Pk Inicial: 0

Pk Final: 55539,94

Cadencia (min): 15

Velocidad Inicial (km/h): 0

Velocidad final (km/h): 0

Primera circulación: Hora: 06, Minuto: 15, Segundo: 00

Última circulación: Hora: 14, Minuto: 30, Segundo: 00

Número 1ª circulación: 01

Cadencia numeración: 2

Margen regularidad (%): 5

Color: BlueViolet

Botones: Aceptar, Paradas

La gestión de los itinerarios se hace posible gracias a la edición de los siguientes parámetros:

**Nombre:** Identificador del recorrido en el trabajo. El % actúa como carácter comodín en la generación y el valor que lo sustituirá como parte del nombre de itinerario se definirá con el número de la primera circulación y la cadencia de numeración.

**Tren:** A partir de este menú de selección se elegirá el tren que realizará el itinerario.

**PK inicial:** Es el punto kilométrico de la línea desde donde parte el tren en la simulación. Este valor ha de ser introducido en metros.

**PK final:** Es el punto kilométrico de la línea donde finaliza la simulación del recorrido.

**Cadencia:** En esta casilla se define el intervalo temporal en la salida de los trenes.

**Velocidad inicial:** Es la velocidad del tren en el momento de pasar o partir desde el PK inicial. Este parámetro se da en km/h.

**Velocidad final:** Con este parámetro se define la velocidad del tren en el PK final del recorrido. Al igual que en el caso de la velocidad inicial se define en km/h.

**Primera circulación:** Es la hora de partida del primer tren de la serie. El formato para este parámetro sería: hh/mm/ss.

**Última circulación:** Sirve para definir la hora de partida del último tren de la serie. El formato es el mismo que en el caso anterior.

**Número 1ª circulación:** Sustituye el valor del comodín en el nombre del recorrido para el primer registro.

**Color de pluma:** Este parámetro define el color utilizado para identificar la línea en el gráfico de simulación de tiempo recorrido.

**Cadencia numeración:** Determina el intervalo numérico entre el número de 1ª circulación y la última en la generación consecutiva de los identificadores.

**Margen de regularidad:** Este valor es el tanto por ciento del tiempo que el tren puede sobrepasar en su llegada al PK final con respecto al tiempo estimado para la realización del recorrido.

**Paradas:** A partir de este botón se entra en una nueva ventana de edición desde la que se pueden definir los segundos que el tren se detiene en una estación, o en un punto de control determinado, definido por el usuario.

La generación automática de itinerarios ayuda al usuario a optimizar los tiempos en la realización de un trabajo.

Si en los recorridos de ida se emplea numeración impar, en los de vuelta se empleará numeración par. Para ello el itinerario empezará en 2 y la cadencia será 2.





# 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

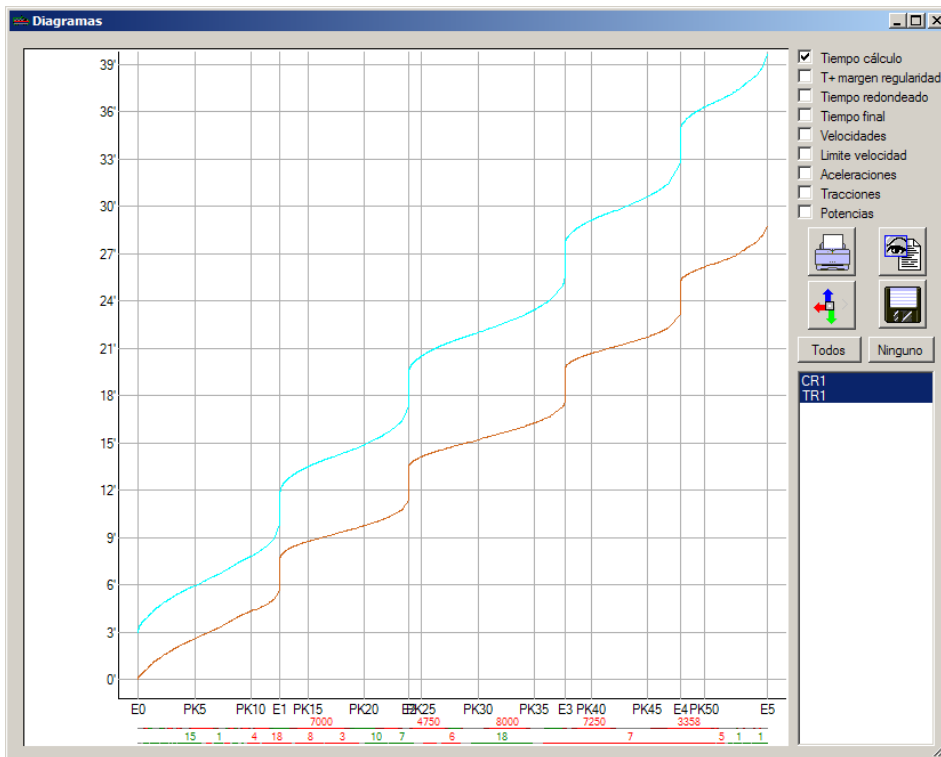
## CONTENIDO

En este capítulo se muestran las diferentes opciones que ofrece el programa a la hora de representar y mostrar los resultados.

# PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 5.1 GRÁFICAS Y LISTADOS

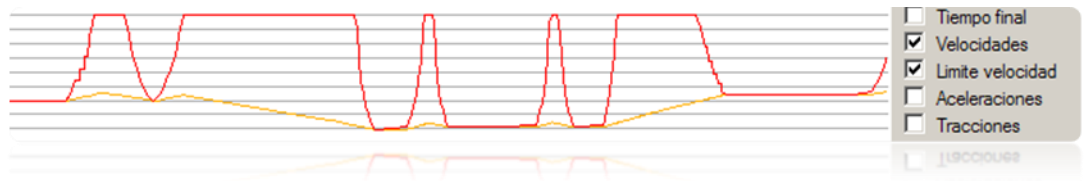
La aplicación permite la impresión de uno o varios itinerarios mediante gráficos detallados. La selección de los itinerarios a mostrar puede ser individual, parcial o total y se realiza a partir de la lista ubicada en la parte inferior derecha de la ventana y con el botón izquierdo del ratón o con los botones situados en la parte superior de la lista.



En la gráfica se pueden mostrar los siguientes datos:

- La simulación de tiempos de recorrido para el tiempo calculado, el tiempo con el margen de regularidad añadido, el tiempo redondeado y el tiempo final.

- También se pueden mostrar las velocidades en las diferentes partes del recorrido, así como los límites establecidos en los puntos kilométricos anteriores, así como las gráficas para las aceleraciones, tracciones y potencias que se dan en el recorrido.



- Se presentan los gráficos de radios en metros y de pendientes en milésimas.

Si se presentan varios conceptos en un mismo gráfico desaparece la representación lateral de las referencias de unidades.

El control de la escala vertical en el gráfico se controla pulsando el botón **Shift** y girando la rueda del ratón.

El control de la escala horizontal se cambia con la tecla **Ctrl** y el movimiento de la rueda del ratón.

Para modificar las dos escalas simultáneamente se utilizará la rueda del ratón sin combinarla con ninguna tecla.

Pulsando el botón derecho del ratón en la proximidad de un punto de un determinado itinerario, el programa muestra los distintos valores de la línea en la estación del cursor.

La ventana de las gráficas contiene cuatro botones que se explican a continuación:



**Impresión de listados.** A partir de este botón se accede a una ventana en la cual se podrán imprimir los listados de las simulaciones de recorrido definidos por el usuario.

Print preview

Page 1

Tool, s.a. Listado marchas tipo 29/10/2010

Circulación: CR1

Estación	Pk Origen	Pk Parcial	Velocidad	V Limite	T1	T2	T3	T4
E0	0,00	0,00	0,00	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PK5	5 000,00	5 000,00	179,04	179,04	2,60	2,83	3,00	3,00
PK10	10 000,00	5 000,00	203,10	300,00	4,37	4,82	5,00	5,00
E1	12 535,00	2 535,00	0,00	300,00	5,70	6,27	6,50	6,50
PK15	15 000,00	2 465,00	276,90	300,00	8,77	9,49	10,00	10,00
PK20	20 000,00	5 000,00	282,70	300,00	9,78	10,72	11,50	13,17
E2	23 854,00	3 854,00	0,00	300,00	11,41	12,53	13,50	15,17
PK25	25 000,00	1 146,00	188,80	300,00	14,14	15,40	16,50	18,17
PK30	30 000,00	5 000,00	300,00	300,00	15,22	16,70	18,00	19,67
PK35	35 000,00	5 000,00	234,60	300,00	16,29	17,99	19,50	23,67
E3	37 654,25	2 654,25	0,00	300,00	17,65	19,47	21,00	25,17
PK40	40 000,00	2 345,75	270,12	300,00	20,69	22,66	24,50	28,67
PK45	45 000,00	5 000,00	243,38	300,00	21,75	23,95	26,00	30,17
E4	47 856,65	2 856,65	0,00	280,76	23,16	25,40	28,00	32,17

Donde:

**T1:** es el tiempo de cálculo.

**T2:** es el tiempo según margen de regularidad.

**T3:** es el tiempo redondeado a medio minuto.

**T4:** es el tiempo final después de haber modificado parcialmente el tiempo T3 del tramo deseado

Los datos de impresión son totalmente configurables a partir de las opciones a las que se accede pulsando el segundo botón de la barra superior de botones:

Gracias a estas opciones de configuración se pueden establecer desde el nombre del informe hasta la definición de las columnas que el usuario desee mostrar en los listados y el orden en la disposición de estas.



**Impresión detallada de listados.** Esta opción tiene un funcionamiento similar a la anterior pero muestra el detalle entre los PK y puntos de control del recorrido.



**Giro de gráficos.** Este botón sirve para variar la orientación de los gráficos.



**Guardar gráfico.** Permite almacenar el gráfico generado en diferentes formatos de imagen.