

Optimización de Tiempos y Costes en la Puesta en Servicio de Sistemas ATP, ATO, CTC... por medio de Entornos de Pruebas Basados en Simulación

Prof Jesús Félez / Prof Jose Manuel Mera

Director / Jefe Área Simulación

UPM - CITEF

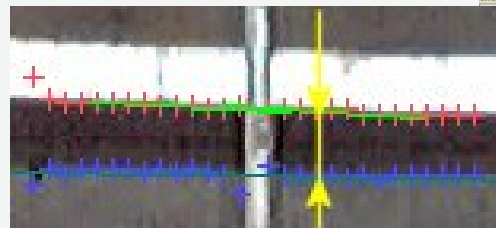


CITEF, DESCRIPCIÓN GENERAL

- Citef fue creado en 1997.
- Personal de Citef (alrededor de 75 personas)
 - 12 Catedráticos y Profesores Titulares
 - 60 Doctores, Ingenieros, ... con dedicación total a proyectos CITEF
- Áreas de trabajo en Transportes Terrestre:
 - Simulación aplicada al ferrocarril
 - Dinámica Ferroviaria
 - Diseño Instalaciones
 - Visión por Computador
 - Ventilación y Evacuación
 - Análisis y Modelos Estadísticos
 - Formación y Docencia
- Miembro / Participa en: EURNEX, ECTRI, PTFE, IRSE, ERA, ALAMYS ...
- Ranking interno de la UPM N^o1 en 2007 y 2008, N^o2 en 2009, y N^o5 en 2010 y 2011



POLITÉCNICA



ACTIVIDAD INTERNACIONAL, DESDE 2001



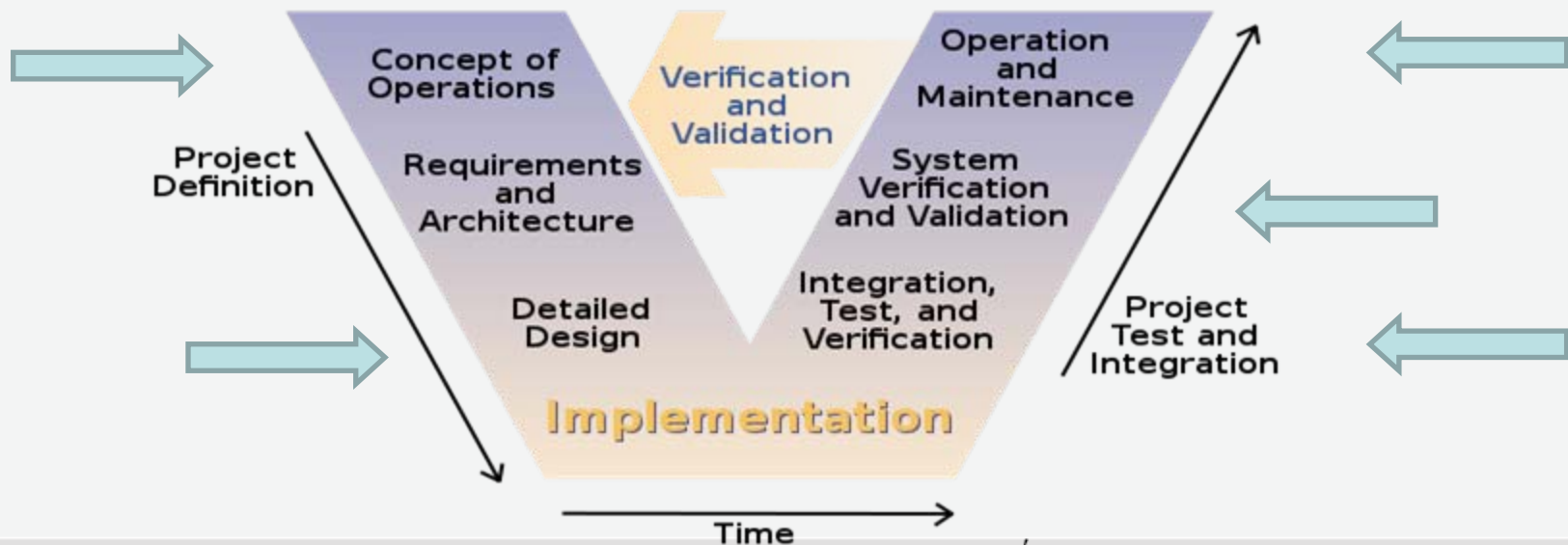
17ª REUNIÓN INTERMEDIA
DE LOS COMITÉS TÉCNICOS DE ALAMYS
3-7 de junio de 2012

DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN

- Según el diccionario de la RAE
 - Representar algo, fingiendo o imitando lo que no es.
- Wikipedia:
 - Simulación es la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.
- R.E. Shannon (1976)
 - La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema.

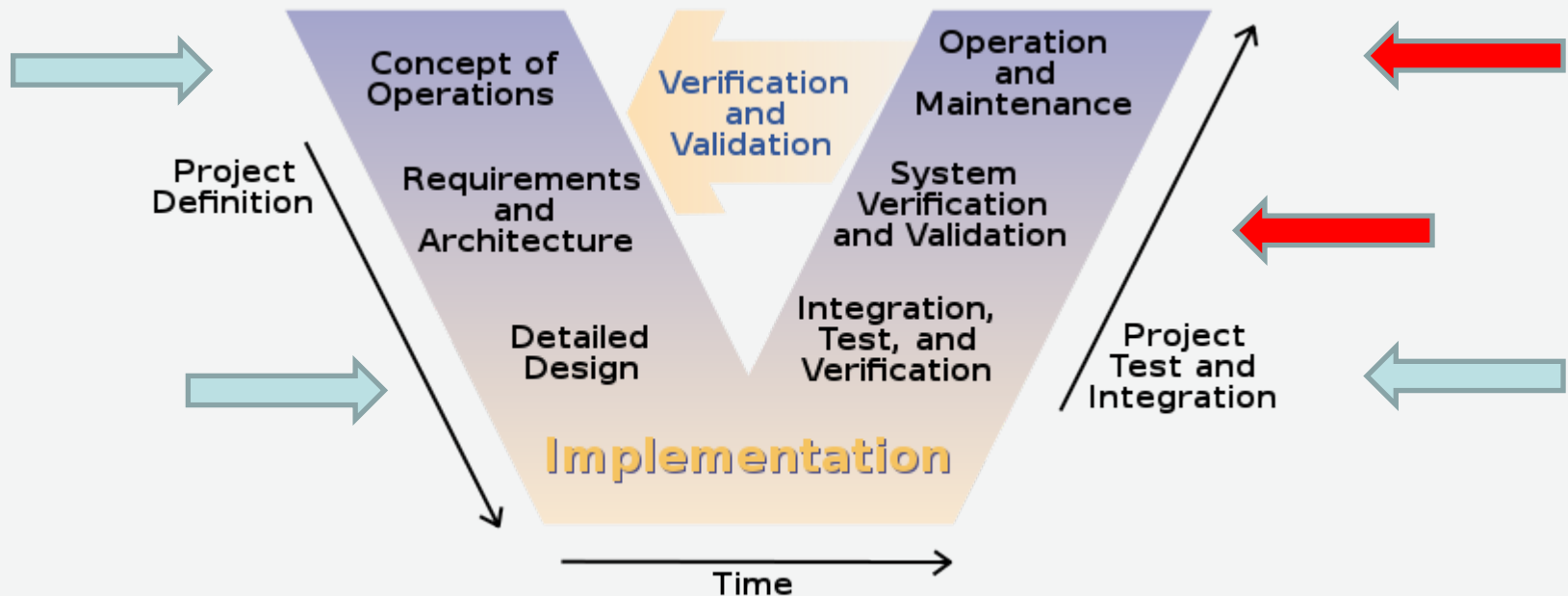
CICLO DE VIDA Y SIMULACIÓN

- En el clásico ciclo de vida en V, para sistemas de instalaciones de seguridad y control de tráfico (señalización, enclavamiento, ATP, ATO, CTC ...) estamos utilizando la simulación en varias fases:
 - Definición conceptual de la línea
 - Validación y optimización del diseño
 - Entornos de pruebas de equipo aislado y de integración
 - Entornos de Validación y Verificación a nivel sistema
 - Entornos de formación por simulación



CICLO DE VIDA Y SIMULACIÓN

- Optimización de Tiempos y Costes en la Puesta en Servicio de Sistemas ATP, ATO, CTC... por medio de Entornos de Pruebas Basados en Simulación



- OBJETIVOS

- Desarrollo de una herramienta que reduzca los tiempos y esfuerzos necesarios por medio de la simulación del entorno ferroviario
 - Cumpliendo con rigor las interfaces entre subsistemas y componentes.
 - Integrando elementos reales del sistema, tales como: ATP, ATO, BP – ZC, IXL, CTC...
 - Integrando datos de seguridad de la vía, en el mismo formato que en los equipos reales.

PASOS SEGUIDOS EN EL DESARROLLO

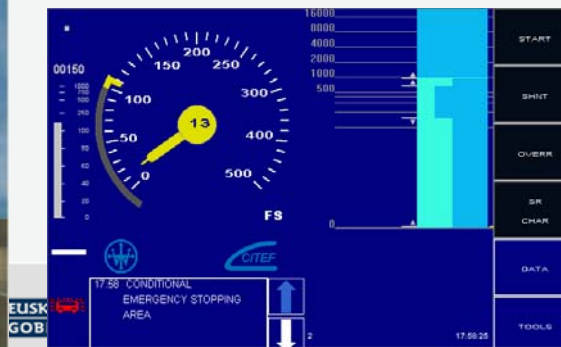
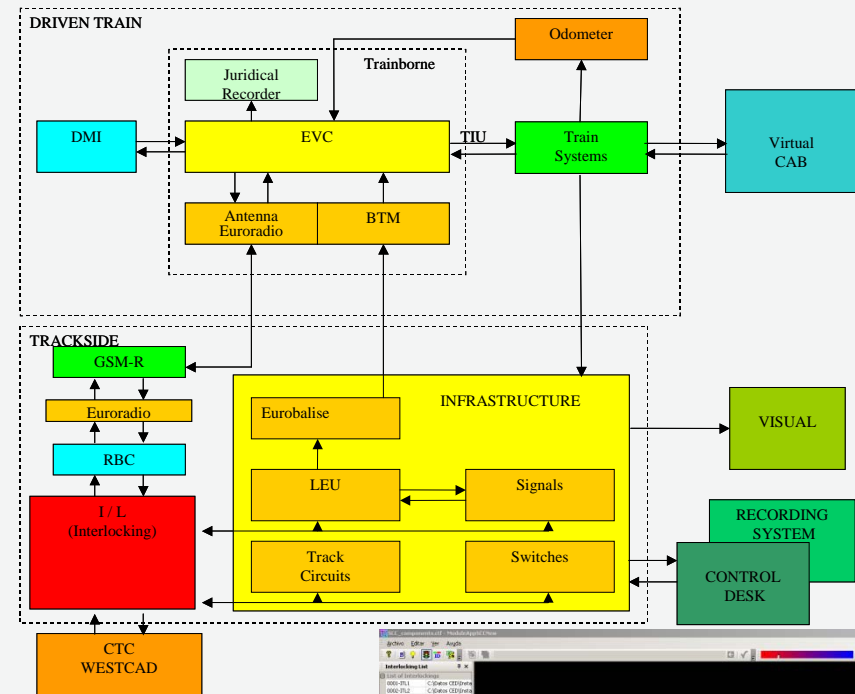
- 2001 – :
 - La primera realización fue para entornos ERTMS (alta velocidad y líneas suburbanas).
- 2007 – :
 - Adaptación y mejoras para entornos CBTC (líneas metropolitanas y suburbanas).
- 2008 – :
 - Aplicación a entornos de verificación y validación de CTCs (líneas metropolitanas y ferrocarril).
 - Extensión a entornos de formación.
- 2011 – :
 - Aplicación al primer sistema ATO - ETCS

EL DESARROLLO ORIGINAL: FESIM

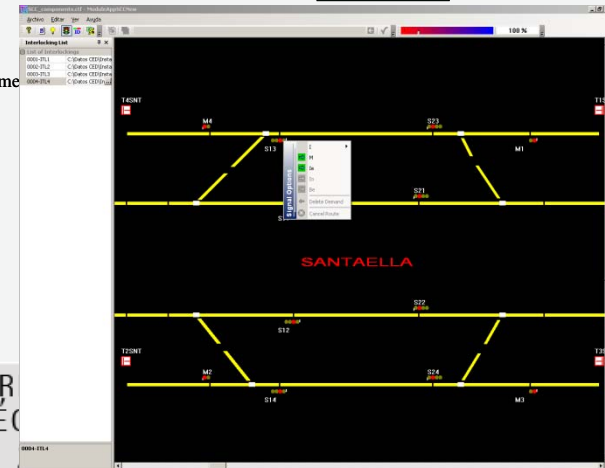
Sistema Integrado para Prueba de equipos y datos ERTMS

- **V&V en laboratorio, antes de vía, pero con datos y configuración de vía**
- Integración de equipos reales
 - Host / target:
 - EVC, DMI, RBC, I/L, SCC
- Datos reales de línea
 - Análisis de datos, LEUs y RBCs
- Trenes automáticos para estudio de capacidad y rendimiento
- Configuración de Test Bench para líneas comerciales:
 - Línea Piloto España, Madrid Cercanías, Madrid – Levante, Córdoba – Málaga, Ankara – Konia, Línea Piloto Australia, Cercanías Nueva Zelanda ...

invenSYSTM
Rail

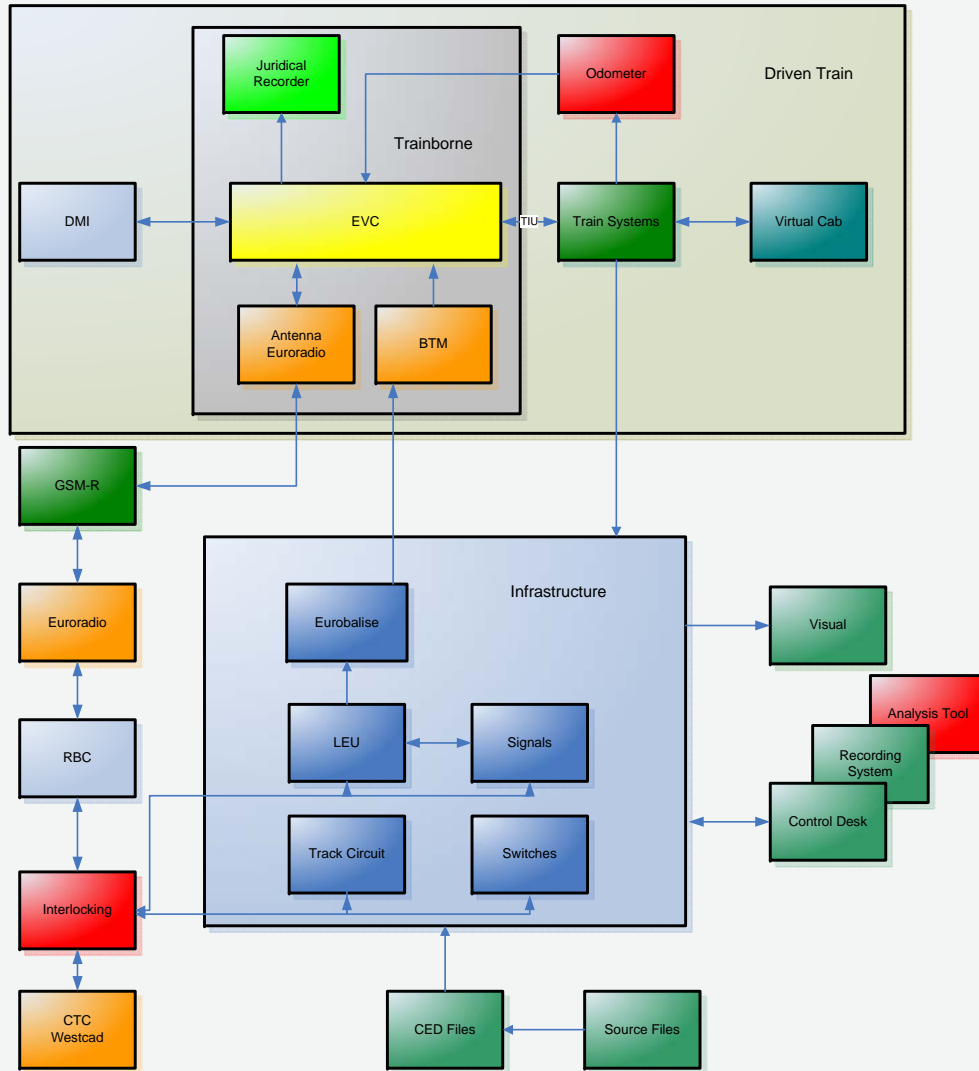


General Scheme

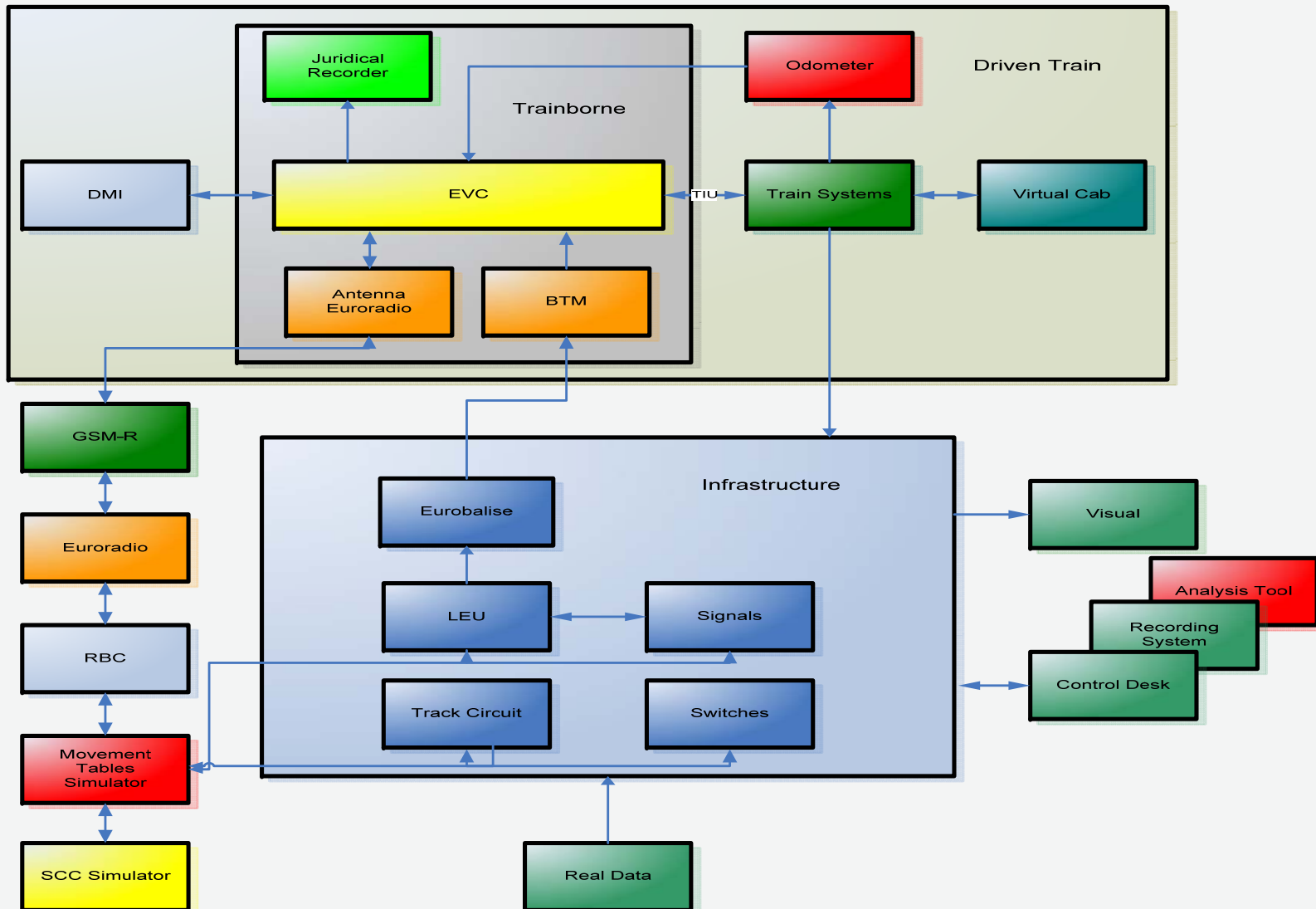


3-7 de junio de

EL DESARROLLO ORIGINAL: ERTMS



ARQUITECTURA DE MODULOS: TREN CONDUcido



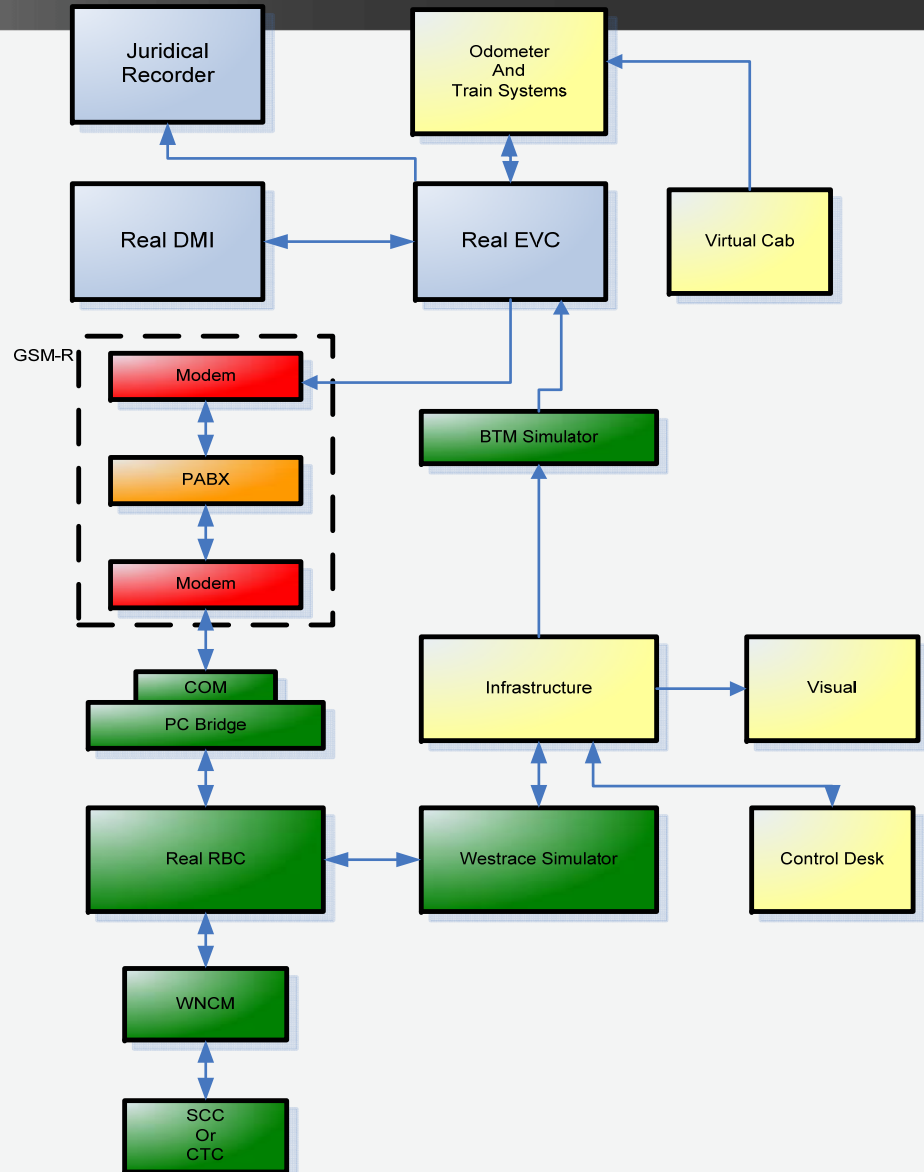
EQUIPOS REALES INTEGRADOS

- **Equipos Reales Integrados:**

- RBC
- IXL: Westrace
- EuroCab: EVC + DMI + JRU
- ...

- **Datos Reales Integrados:**

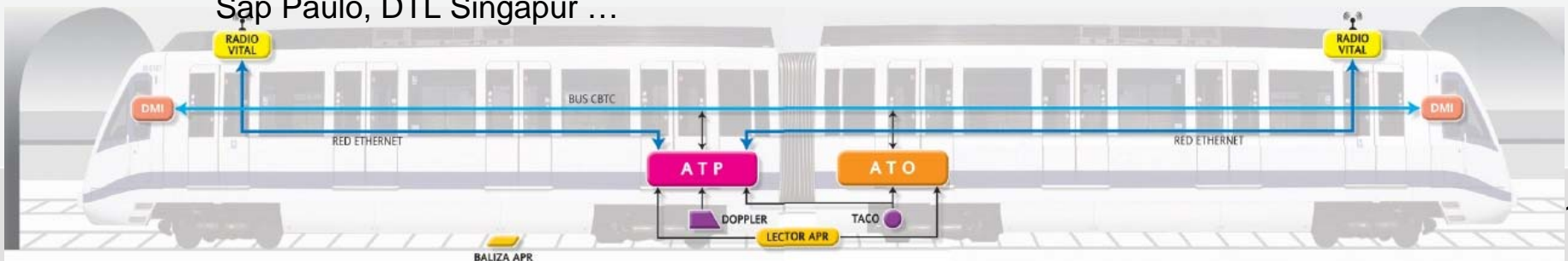
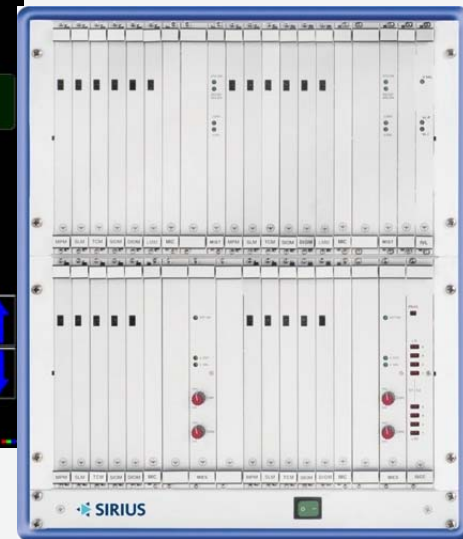
- Balizas.
- LEUs
- ...



Sistema Integrado para Prueba de equipos y datos CBTC

invenysTM
Rail

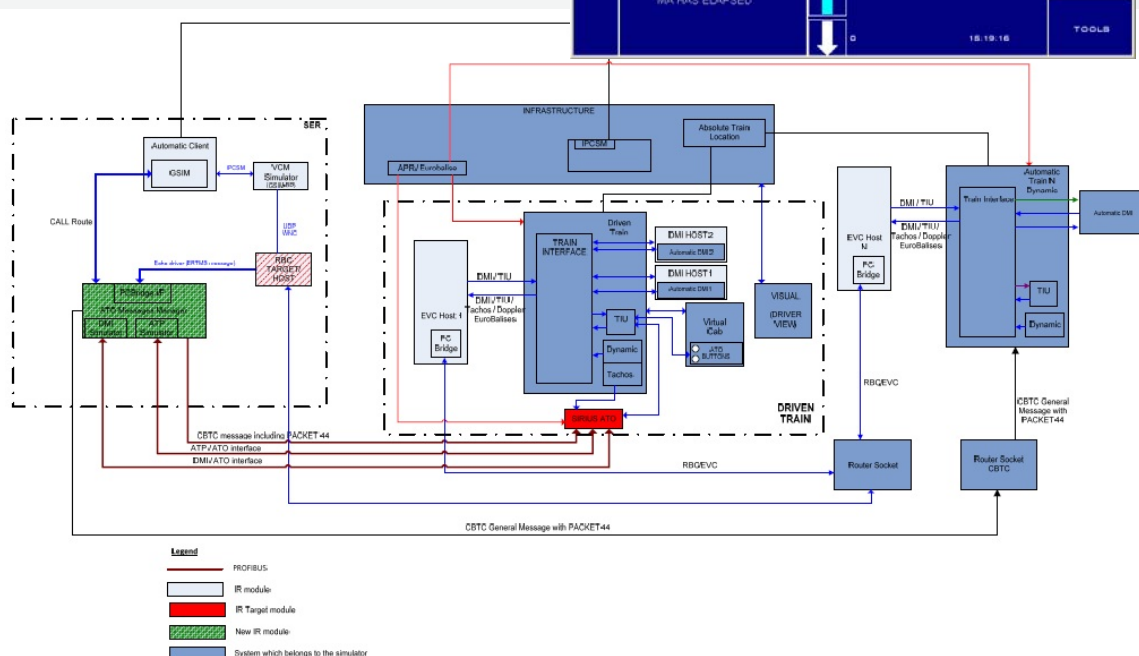
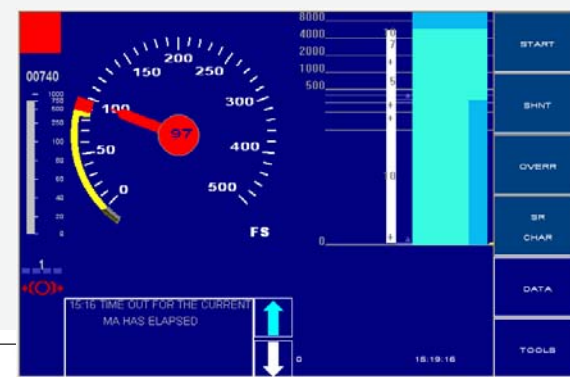
- **V&V en laboratorio, antes de vía, pero con datos y configuración de vía**
- Integración de equipos reales
 - Host / target:
 - ATP, DMI, ATO, BP, I/L, SCC, PSDs, ATS
- Datos reales de línea
 - Análisis de datos
- Trenes automáticos para estudio de capacidad y rendimiento
- Configuración de Test Bench para líneas comerciales:
 - Metro Madrid, Metro Caracas, CPTM Sap Paulo, DTL Singapur ...



ATO – EVC System Integration

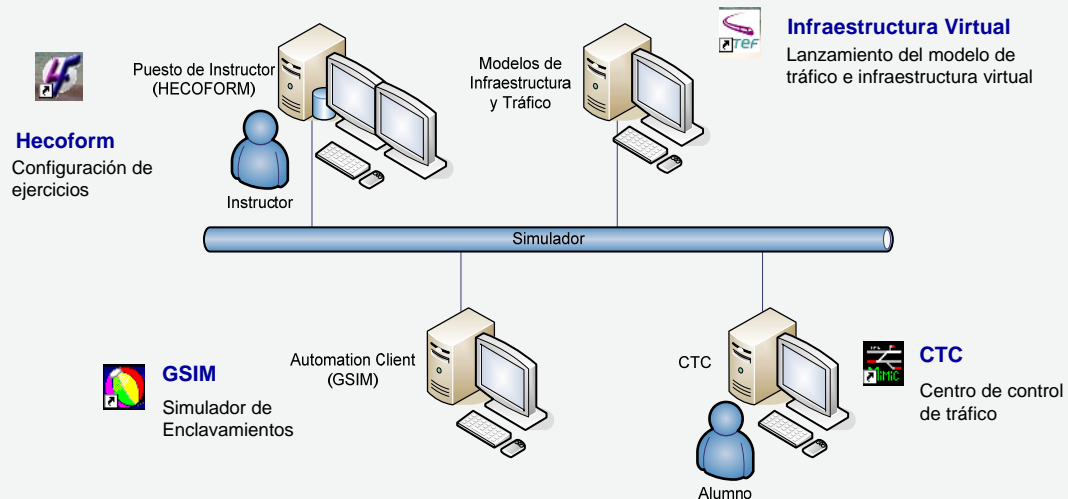
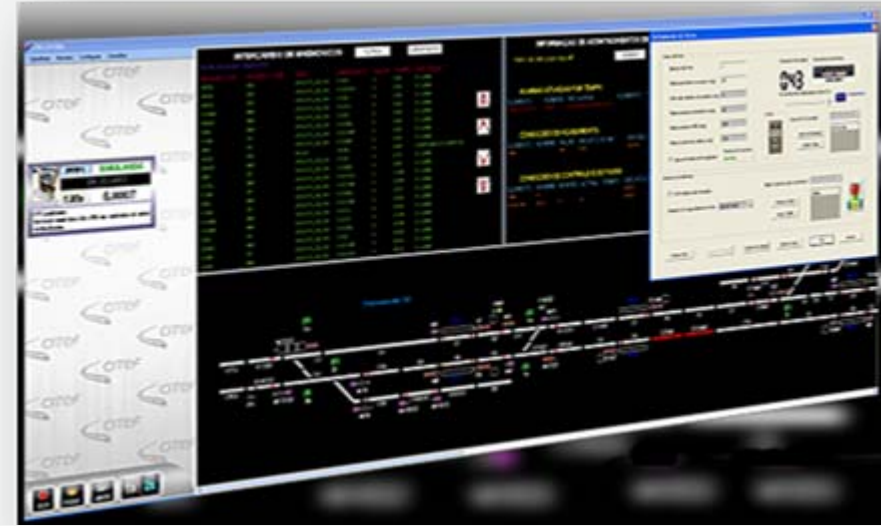
Integración funcionalidad ATO en aplicaciones ETCS

- Entorno de integración y pruebas en laboratorio
- Funcionalidad ATO sobre un sistema ETCS, Nivel 2
- Datos y configuración de vía reales
 - Crossrail (Londres, UK).
 - Thameslink (Londres, UK).
 - HSL UK
- Integración de equipos reales
 - Host / target:
 - ERTMS: EVC, DMI, RBC
 - CBTC: ATO
- Datos reales RBCs y LEUs

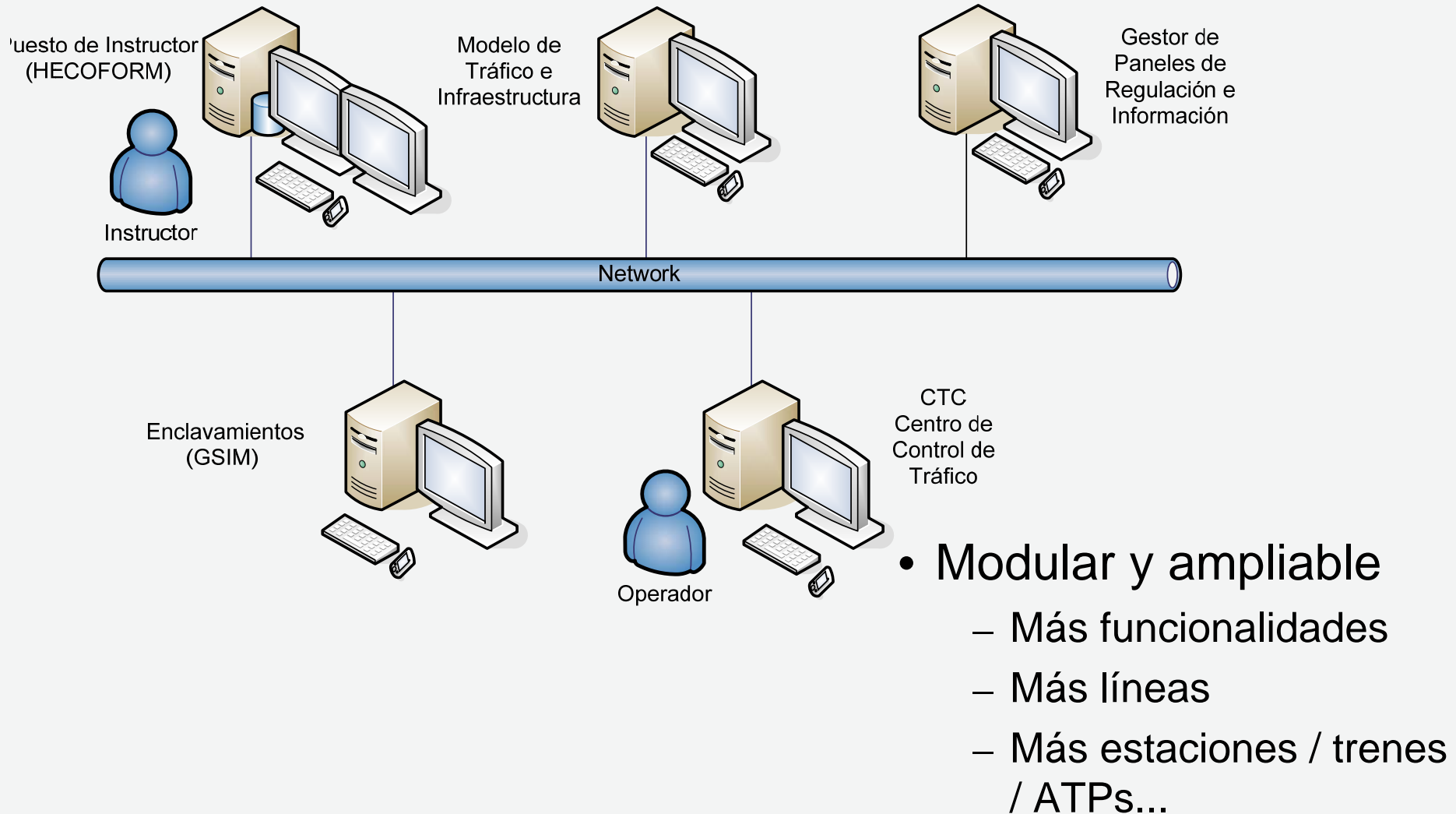


ENTORNO VERIFICACIÓN FUNCIONAL Y FORMACIÓN CTCS

- Herramienta versátil que permite:
 - Probar funcionalidad de enclavamientos
 - Verificar funcionalidad CTC
 - Probar funcionalidad Regulación de tráfico
 - Formar operadores del CTC



ARQUITECTURA SISTEMA



OBJETIVOS PRINCIPALES

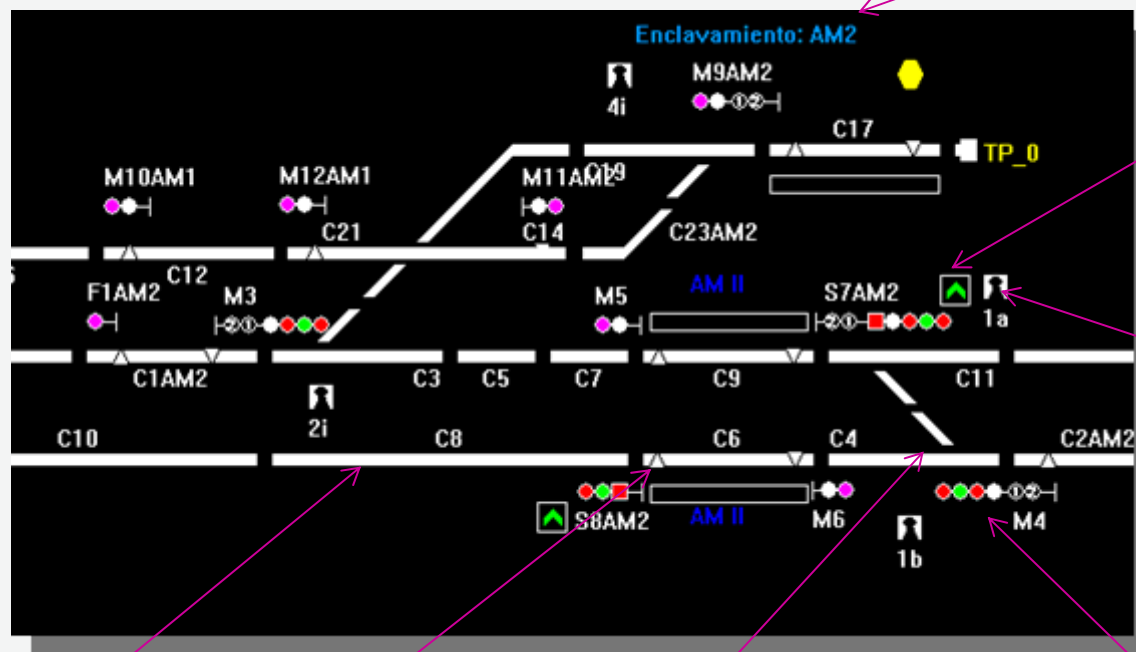
- Objetivo genérico
 - Desarrollar una herramienta de simulación versátil para probar las funcionalidad del CTC y la regulación de tráfico y formación de los operadores de CTC
- Objetivos Específicos
 - Simular la Línea: infraestructura, elementos de campo y comunicaciones
 - Simular el tráfico ferroviario
 - Comportamiento del material rodante
 - Comportamiento de los operadores
 - Hasta 20 trenes simultáneos
 - Sistema ATP

OBJETIVOS PRINCIPALES

- Objetivos Específicos
 - Integrar equipos reales en la simulación, respetando las interfaces:
 - Enclavamientos reales
 - CTC real
 - Sistema de Regulación de Tráfico real
 - Desarrollar e integrar en el entorno de simulación, los mismos sistemas que en la realidad de:
 - Gestor de Paneles de Regulación
 - Gestor de Paneles de Tele-información para público

AVERÍAS E INCIDENTES

- Averías en los elementos de campo



Avería Recepción Mnemónicos
Avería Envío Mnemónicos

Avería: Panel Sin Información

No Permitir Retirar Llave
No Detectar Llave en Monobloco

Averiar Foco ROJO
Averiar Foco VERDE
Averiar Foco ROJO_2
Averiar Foco BLANCO

Motor Aguja Averiado 1bAM2
Coprobadón Aguja Averiado 1bAM2
Ocupacion Intempestiva C4AM2

Baliza Averiado

Ocupacion Intempestiva C8AM2


SIMULACIÓN TRÁFICO

- Control de los trenes automáticos por el “Instructor”

Datos del tren

Nombre de Tren: 123

Velocidad Tren (km/h): 0 12

Representación Estado:  MRM

Tiempo parada en estacion (seg): 30

Intervalo aleatorio de parada (seg): 5

Tiempo rearme automático (seg): 60


Tiempo rearme CME (seg): 300

Tiempo cambio de cabina (seg): 80

Porcentaje de velocidad máxima (%): 90% EN HORARIO

☐ Ignorar Paneles de Regulacion

Modo de Circulación: NORMAL

DTAV: 

Estación "sin parada":

Insertar Estación

Vaciar Tabla

ESTACION

Averías e incidencias

☐ DTAV Embarcado Averiado


Signal a ignorar por el conductor:

Estación en la que detener el tren: NO DETENER

Insertar Señal

Vaciar Tabla

SEÑAL



Destruir tren

Autorizar Rebase

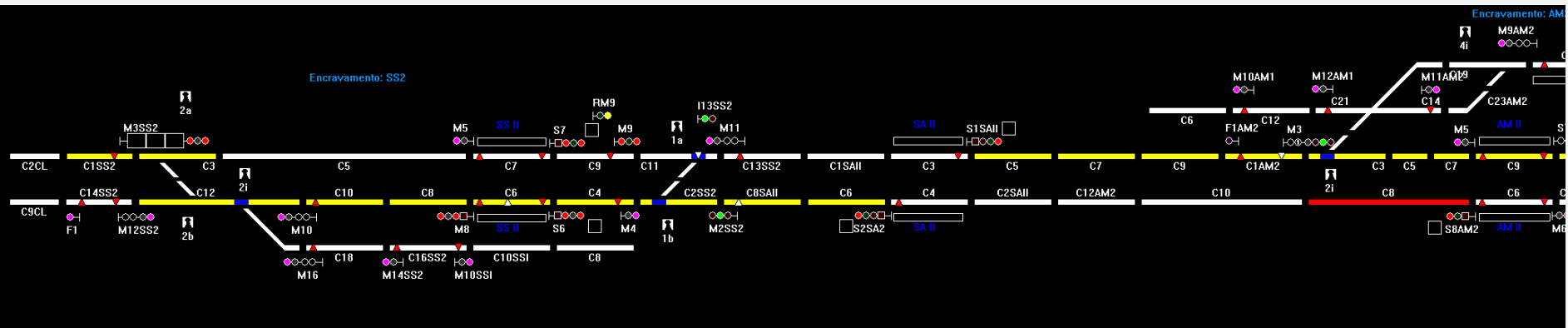
Cambio de Cabina

Aplicar Datos

OK

Cancel

- Información del estado de la línea



- Información intercambiada con los IXL

INTERCÂMBIO DE MNEMONICOS

FILTROS

EXPORTAR TXT

FILTRO APLICADO: SEM FILTRO

ENVIADO POR	RECEBIDO POR	TIPO	MNEMONICO	VALOR	TEMPO	DESCRIÇÃO
C146S2	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC14	1	4.28	Circuito de via livre
C165S2	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC16	1	4.28	Circuito de via livre
C185S2	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC18	1	4.28	Circuito de via livre
C1SAII	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC1SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C2S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC2	1	4.28	Circuito de via livre
C3S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC3	1	4.28	Circuito de via livre
C3SAII	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC3SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C4S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC4	1	4.28	Circuito de via livre
C6S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC6	1	4.28	Circuito de via livre
C6SAII	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC6SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C6S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC6	1	4.28	Circuito de via livre
C7S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC7	1	4.28	Circuito de via livre
C8S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8	1	4.28	Circuito de via livre
C8SAII	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C8S62	S62	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8	1	4.28	Circuito de via livre
C8AM2	AM2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8	0	0.00	Circuito de via livre
S62	M10S62	SERIAL	D.TAV,M10	0	0.00	Baliza DTAV aberta
S62	M10S62	SERIAL	IND-2,M10	0	0.00	luz R2 acesa
S62	M9S62	SERIAL	CR2,M9	1	0.00	luz vermelha2 acesa
S62	M10S62	SERIAL	CB,M10	0	0.00	luz branca acesa
S62	M10S62	SERIAL	CVI,M10	1	0.00	luz roxa acesa



- Definición de Filtros
 - Por tipo de elemento
 - Por elemento específico
 - En una sola dirección...

OBJETIVOS CONSEGUIDOS

- El sistema de simulación ha demostrado ser muy valioso para:
 - Pruebas de las funciones del CTC real y de la regulación de tráfico
 - Pruebas de la funcionalidad de enclavamientos
 - Pruebas de la funcionalidad de los paneles de teleinformación y tiempos de espera
 - Configuración y ejecución de la formación de operadores de CTC
- Hoy en día se ha desarrollado o está en desarrollo para:
 - Metro de Lisboa
 - REFER (Portugal),
 - Network Rail (Inglaterra)
 - DTL (Singapur),
 - Metro Caracas
 - CPTM
 - ...

HERRAMIENTA AUTOMÁTICA DE ANÁLISIS DE DATOS

- Generación Automática de Gráficas y Comprobaciones
 - En formato de excel
 - Comprueba la funcionalidad de los datos y la consistencia
 - Automatizado para realizar pruebas nocturnas

Datos de escenario: C:\Analisis\Datos\Almódovar_1+7+9_Friday_02_September_2005_11_56_06.xls

Dependencia: Almódovar

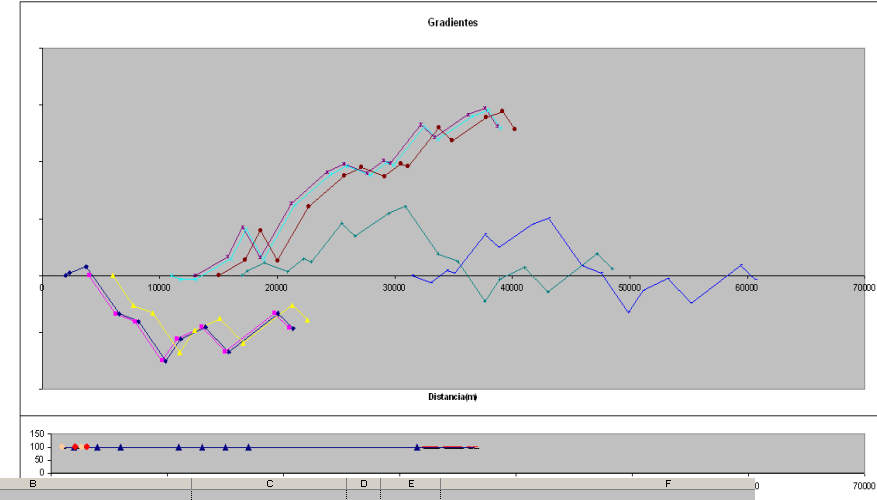
Rutas: 1+7+9

Fecha: Friday, 02 September 2005, 11_56_06

Origen: E AB00 MI

Fin: S AB00 MI

LTVs Establecidas: 1+7+9



A	B	C	D	E	F	G
20						
21						
22	1	Existe Continuidad sin solape de Linking	SI			
23	2	Todos los BGs son Linkados	SI			
24	3	Numero BGs con más de 1 iteración	7			
25		Linkado de balizas				
26	4	BG 1028 enlaza con	1025Aplicar Freno de Servicio			
27	5	BG 1028 enlaza con	1025Aplicar Freno de Servicio			
28	6	BG 1028 enlaza con	1020Aplicar Freno de Servicio			
29	7	BG 1605 enlaza con	1025Aplicar Freno de Servicio			
30	8	BG 1025 enlaza con	1020Aplicar Freno de Servicio			
31	9	BG 1020 enlaza con	1928Aplicar Freno de Servicio			
32	10	BG 1020 enlaza con	1928Sin reacción			
33	11	BG 1020 enlaza con	1924Aplicar Freno de Servicio			
34	12	BG 1928 enlaza con	1924Aplicar Freno de Servicio			
35	13	BG 1924 enlaza con	1922Sin reacción			
36	14	BG 1924 enlaza con	1920Aplicar Freno de Servicio			
37	15	BG 1922 enlaza con	1920Aplicar Freno de Servicio			
38	16	BG 1920 enlaza con	1918Sin reacción			
39	17	BG 1920 enlaza con	1916Aplicar Freno de Servicio			
40	18	BG 1918 enlaza con	1916Aplicar Freno de Servicio			
41	19	BG 1916 enlaza con	1914Sin reacción			
42	20	BG 1916 enlaza con	1912Aplicar Freno de Servicio			
43	21	BG 1916 enlaza con	1910Aplicar Freno de Servicio			
44	22	BG 1912 enlaza con	1328Aplicar Freno de Servicio			
45	23	BG 1328 enlaza con	1910Sin reacción			
46	24	BG 1328 enlaza con	1325Aplicar Freno de Servicio			
47	25	BG 1328 enlaza con	1320Aplicar Freno de Servicio			
48	26	BG 1910 enlaza con	1325Aplicar Freno de Servicio			
49	27	BG 1325 enlaza con	1320Aplicar Freno de Servicio			
50	28	BG 1320 enlaza con	1906Sin reacción			
51	29	BG 1320 enlaza con	1904Aplicar Freno de Servicio			
52		Balizas Infill linkadas hasta su MAIN				
53	30	BG Infill 1028 linka correctamente con todos los BGs hasta su main.				
54	31	BG Infill 1025 linka correctamente con todos los BGs hasta su main.				
55	32	BG Infill 1328 linka correctamente con todos los BGs hasta su main.				
56	33	BG Infill 1325 linka correctamente con todos los BGs hasta su main.				

CONCLUSIONES

- Principales Ventajas y Funcionalidades de estas herramientas:
 - No se requiere utilizar la infraestructura, ni el material rodante para realizar las pruebas, se consigue una reducción de costes considerables.
 - Reducción de Costes y Tiempos
 - Disponibilidad 24/7 y automatización, reducción en los esfuerzos necesarios para poner en servicio líneas, en lo referente a sistemas ATP / ATO / CTC...
 - Validación más rápida y más completa
 - Dado que se utilizan las misas interfaces del equipo real, es posible realizar pruebas funcionales y de interoperabilidad del equipamiento, con la posibilidad de incluir simultáneamente uno o más equipos distintos
 - Pruebas de escenarios difíciles en la realidad
 - Pruebas con diferentes fabricantes (ERTMS)
 - Posibilidad de verificar datos de vía antes de la instalación y detectar errores.
 - Procedimiento robusto y bien documentado

Gracias por su atención

Obrigado

Prof Jesús Félez / Prof Jose Manuel Mera

citef.jimmera@etsii.upm.es

