

# Otimização de Tempos e Custos nos Testes e no Comissionamento de Sistemas ATP, ATO, CCO e CBTC por meio de Ambientes de Teste Baseados em Simulação

Prof. José Manuel Mera  
Diretor  
UPM - CITEF



[www.citef.es](http://www.citef.es)

## 22ª Semana de Tecnologia Metroferroviária



# CITEF, DESCRIÇÃO GERAL

- O CITEF foi criado em 1997, e faz parte da Fundação para o Fomento da Inovação Industrial da **Universidade Politécnica de Madrid**



POLITÉCNICA



- **Pessoal do Citef (ao redor de 40 pessoas)**
  - 35 Doutores, Engenheiros, ... com dedicação total a projetos do CITEF
  - 5 Professores



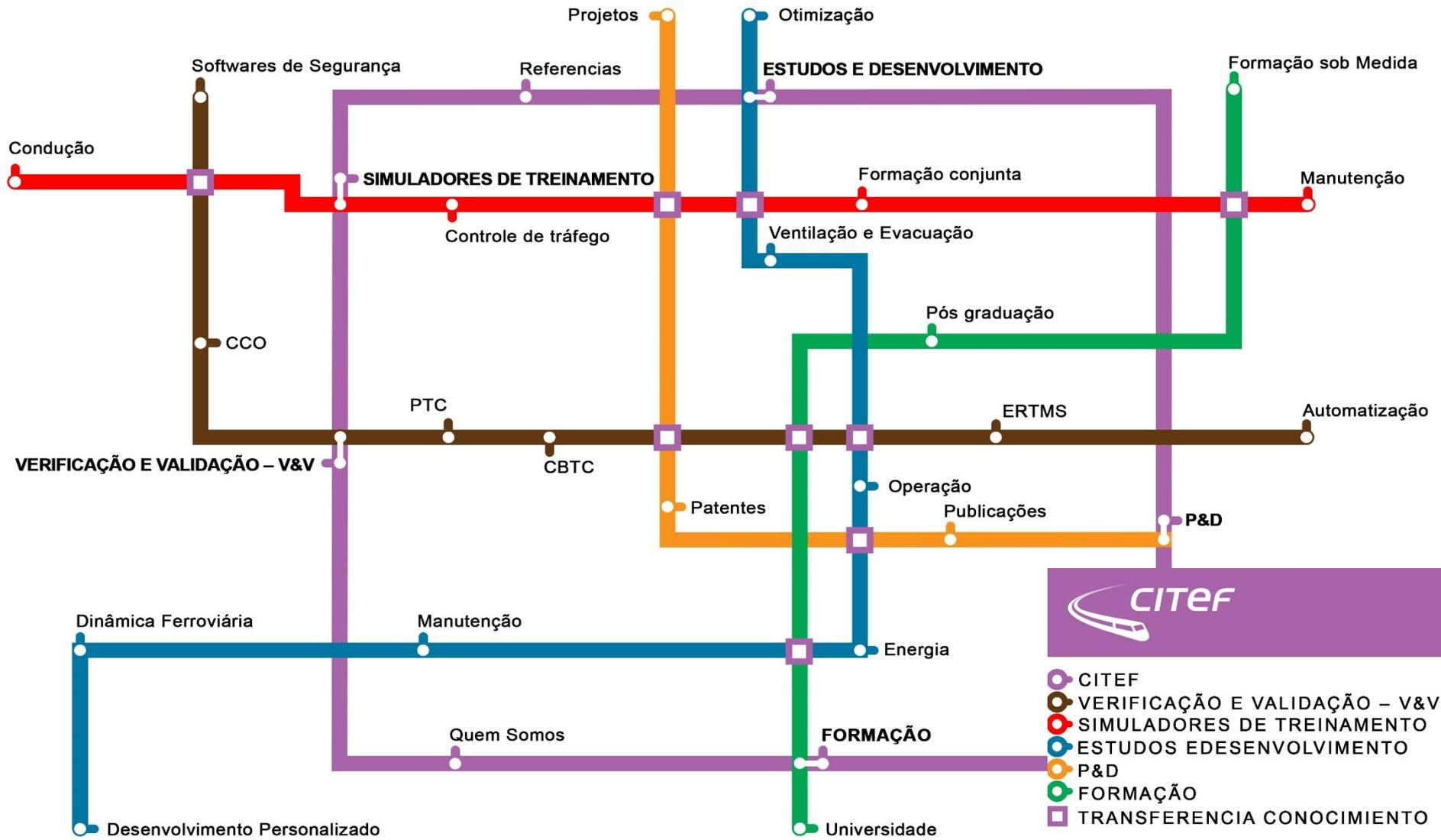
- **Áreas de trabalho e experiência:**

- Simuladores para treinamento
- Validação e Verificação
- Estudos e Desenvolvimento
- P&D aplicados
- Formação e docência

- **Membro / Associado a:**  
EURNEX, ECTRI, PTFE, IRSE, ERA, ALAMYS, UIC ...



# ¿O QUE É CITEF?



# ATIVIDADE INTERNACIONAL... DESDE 2001



22ª Semana de  
Tecnologia  
Metroferroviária  
2016

INVESTIR AVANÇAR

# DEFINIÇÃO DE SIMULAÇÃO

Segundo o dicionário da RAE

Representar algo, fingindo ou imitando o que não é.

Wikipédia:

Simulação é a investigação de uma hipótese ou um conjunto de hipóteses de trabalho utilizando modelos.

R.E. Shannon (1976)

A simulação é o processo de projetar um modelo de um sistema real e levar a cabo experiências com ele, com a finalidade de compreender o comportamento do sistema ou avaliar novas estratégias - dentro dos limites impostos por um certo critério ou um conjunto deles - para o funcionamento do sistema.

# SIMULAÇÃO NO AMBIENTE FERROVIÁRIO

A simulação é, hoje e uma técnica básica no desenvolvimento técnico de todas as disciplinas.

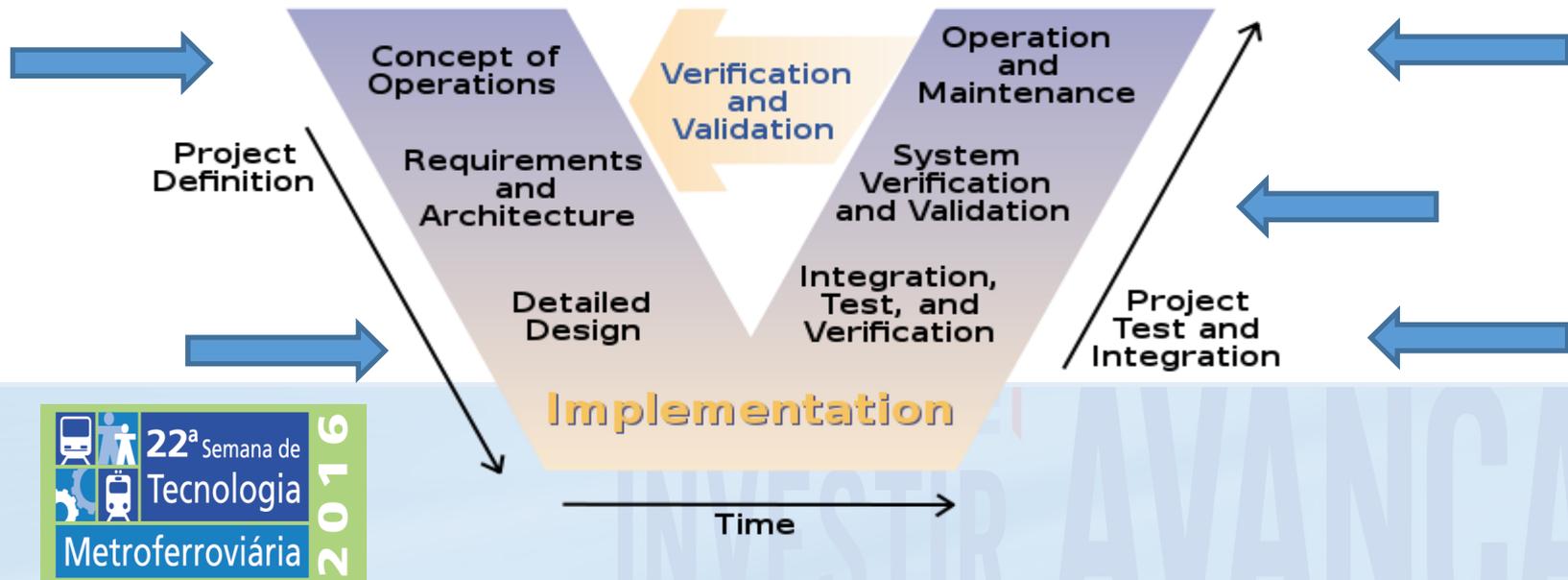
Existem numerosas aplicações de simulação no ambiente ferroviário:

- Cálculo estrutural
- Cálculo de ventilação e de evacuação
- Dinâmica veicular
- Dimensionamento elétrico
- Cálculo de capacidade de transporte e intervalos
- ...

# CICLO DE VIDA E SIMULAÇÃO

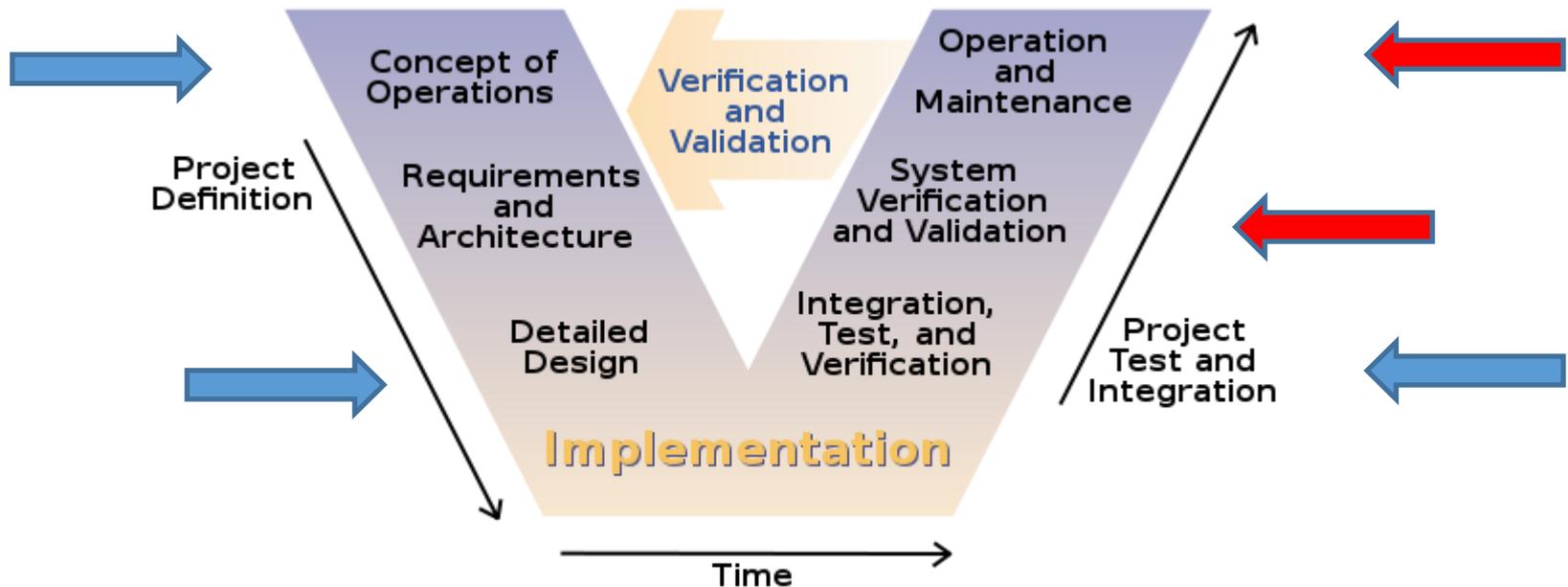
No clássico ciclo de vida em V, para sistemas de segurança e controle de tráfego (sinalização, intertravamentos, ATP, ATO, CCO...) estamos utilizando a simulação em varias fases:

- Definição conceitual da linha
- Validação e otimização do projeto
- Ambiente de testes de equipamentos isolados e de integração
- Ambientes de Validação e de Verificação a nível de sistema
- Ambientes de treinamento por simulação



# CICLO DE VIDA E SIMULAÇÃO

Otimização de Tempos e Custos no teste e comissionamento de Sistemas ATP, ATO, CCO... através de ambientes de testes Baseados em Simulação



# TESTE E COMISSIONAMENTO DE SISTEMAS ATP, ATO, CCO... ATRAVÉS DE AMBIENTES DE TESTES BASEADOS EM SIMULAÇÃO

## OBJETIVOS

- Desenvolvimento de uma ferramenta que reduza os tempos e esforços necessários através da simulação do ambiente ferroviário
- Cumprindo com rigor as interfaces entre subsistemas e componentes.
- Integrando elementos reais do sistema, tais como: ATP, ATO, BP – ZC, IXL, CCO...
- Integrando dados de segurança da via, no mesmo formato que nos equipamentos reais.

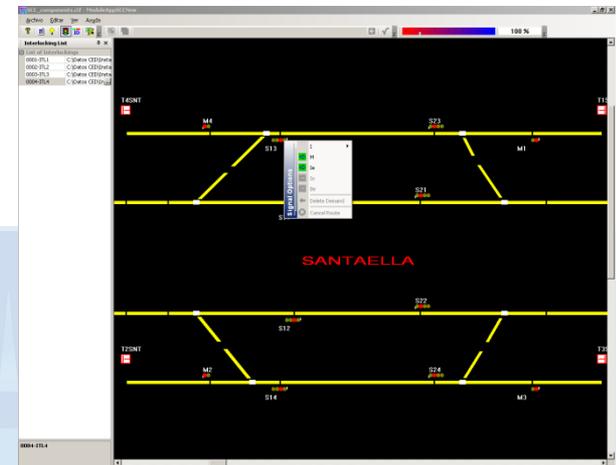
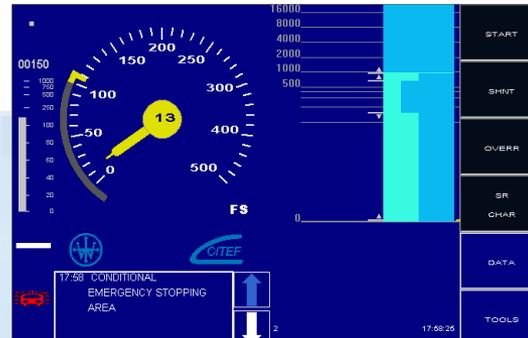
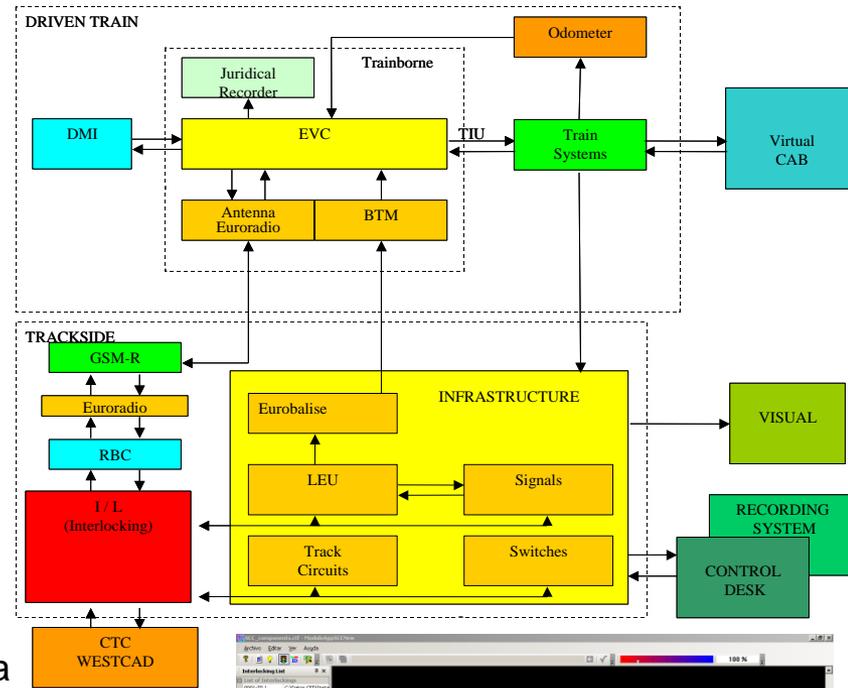
# PASOS SEGUIDOS NO DESENVOLVIMENTO

- 2001 – :
  - A primeira implementação foi para sistemas ERTMS (alta velocidade e linhas de subúrbio).
- 2007 – :
  - Adaptação e melhorias para sistemas CBTC (linhas metropolitanas e de subúrbio).
- 2008 – :
  - Aplicação em ambientes de verificação e validação de CCOs (linhas de metro e ferrovias).
  - Extensão para ambientes de treinamento.
- 2011 – :
  - Aplicação para o primeiro sistema ATO – ETCS
- 2016 – :
  - Aplicação para o primeiro sistema PTC (Positive Train Control)

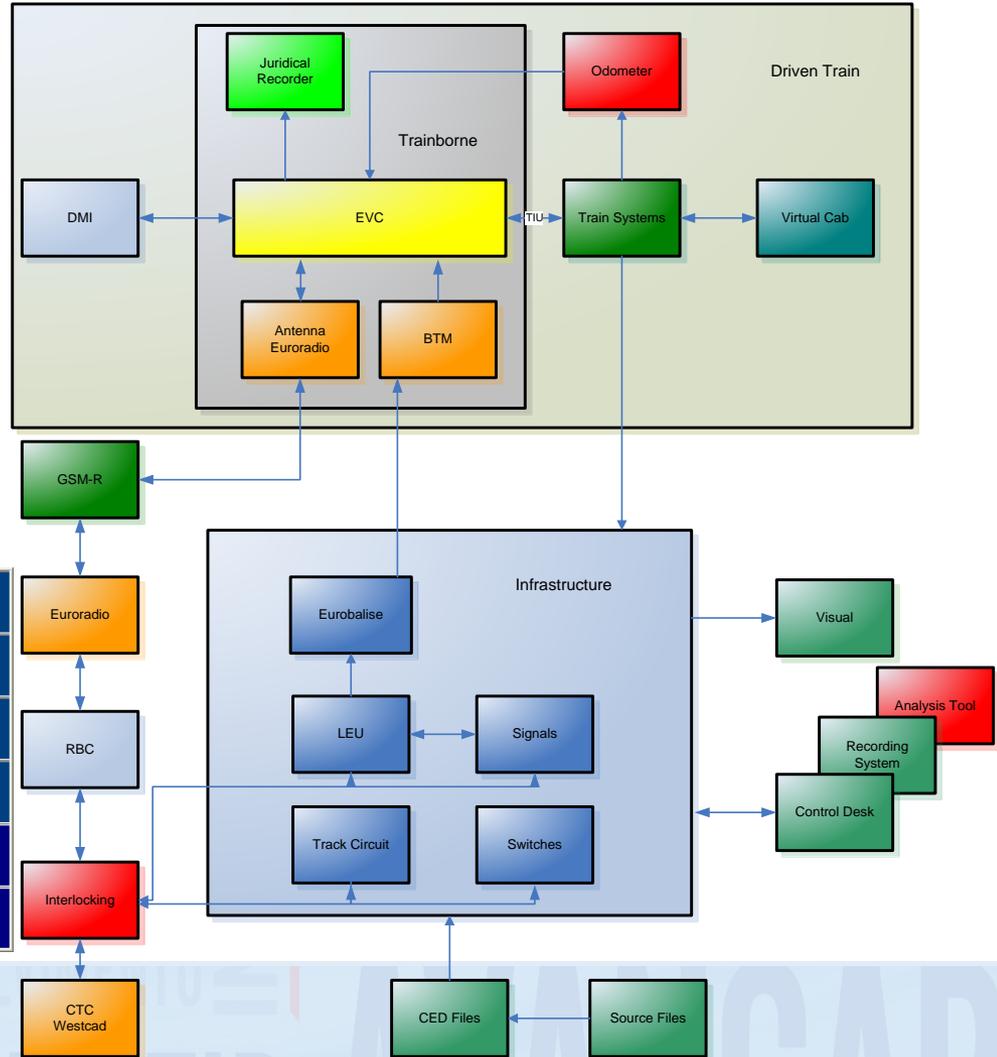
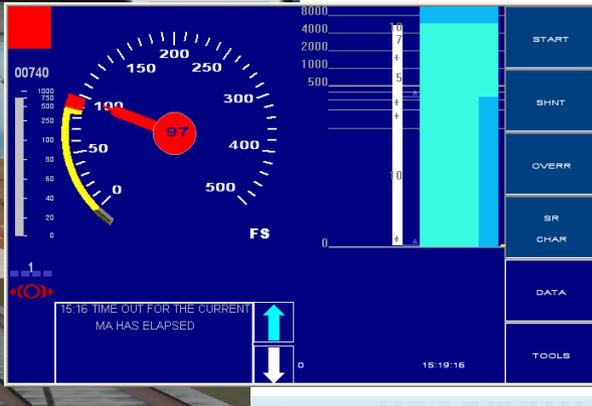
# O DESENVOLVIMENTO INICIAL: FESIM

## Sistema Integrado de Teste de equipamentos e dados ERTMS

- V&V em laboratório, antes da via, porém dados e configuração da via
- Integração de equipamentos reais
  - Host / target:
  - EVC, DMI, RBC, I/L, SCC
- Dados reais da linha
  - Análise de dados, LEUs e RBCs
- Trens automáticos para estudo de capacidade e rendimento
- Configuração de Test Bench para linhas comerciais:
  - Linha Piloto Espanha, Madrid Subúrbio, Madrid – Levante, Córdoba – Málaga, Ankara – Konia, Linha Piloto Austrália, Subúrbio Nova Zelândia, Marmaray ...



# O DESENVOLVIMENTO ORIGINAL: ERTMS



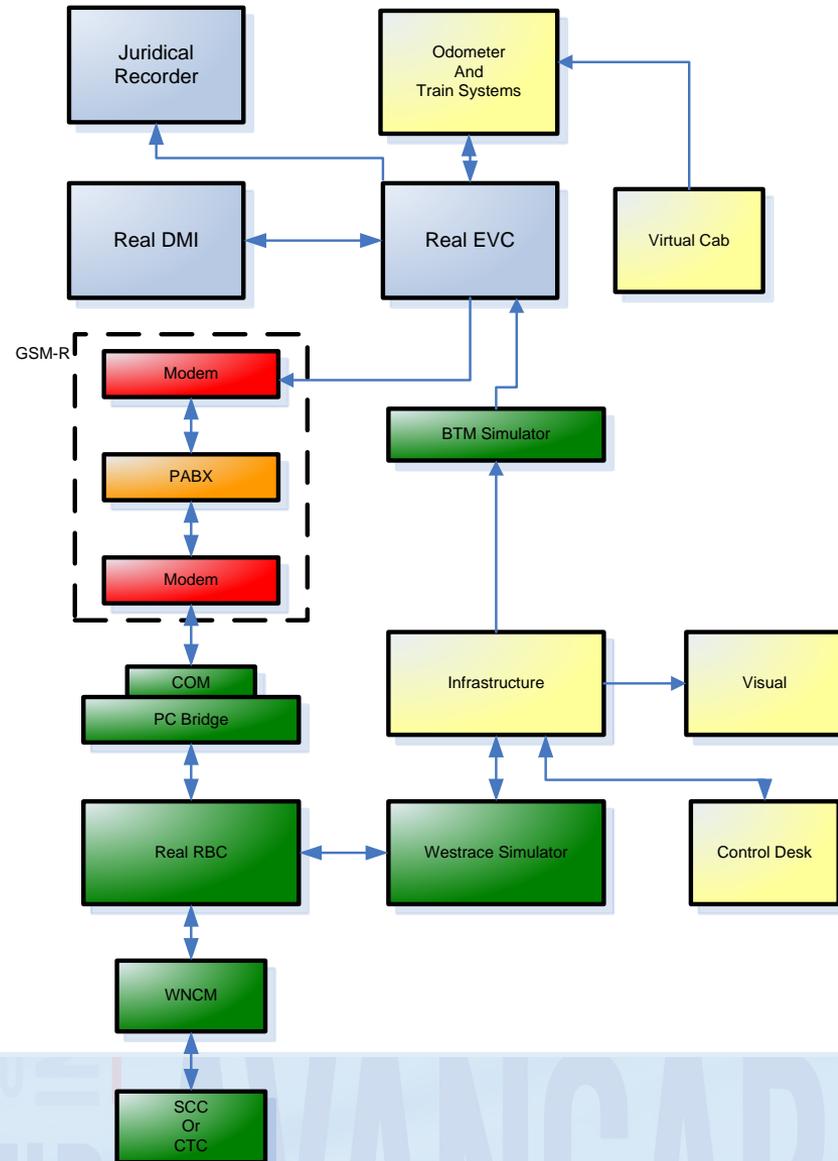
# EQUIPAMENTOS REAIS INTEGRADOS

- **Equipamentos Reais Integrados:**

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

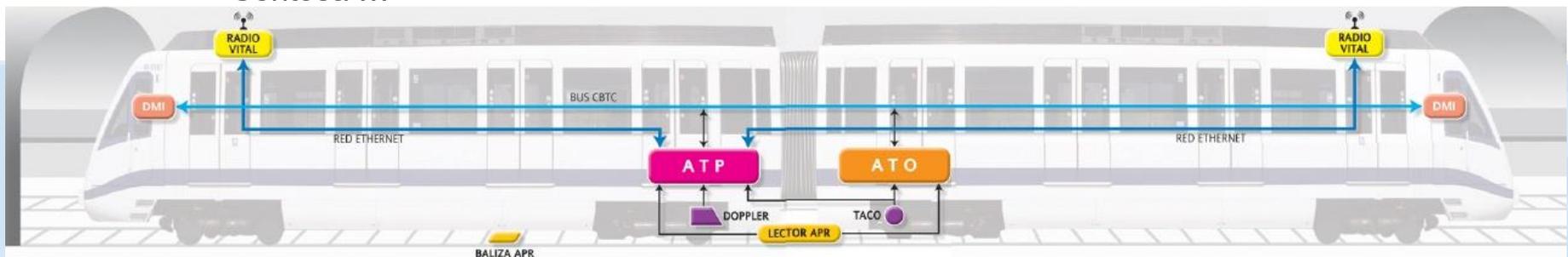
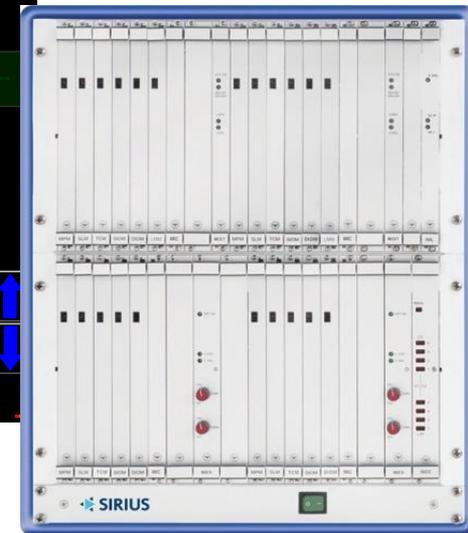
- **Dados Reais Integrados:**

- Balizas.
- LEUs
- ...



# SESIM Sistema Integrado para Teste de equipamentos e dados CBTC

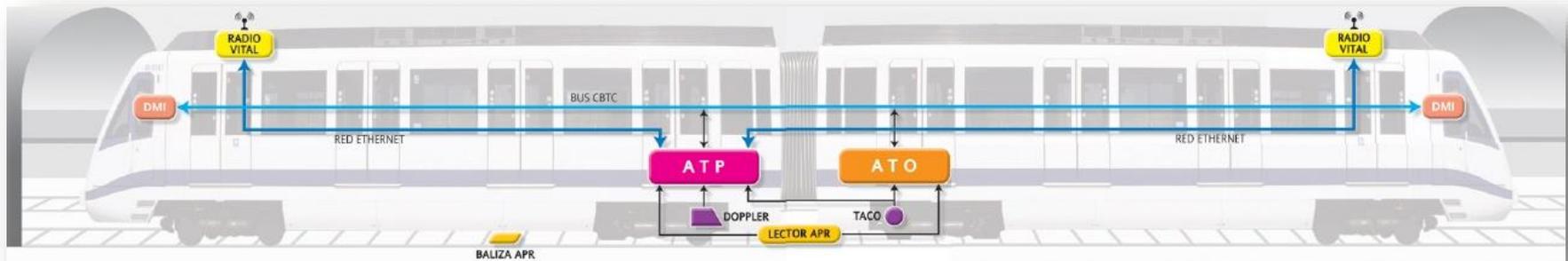
- V&V em laboratório, antes da via, porém dados e configuração da via
- Integração de equipamentos reais
  - Host / target:
  - ATP, DMI, ATO, BP, I/L, SCC, PSDs, ATS
- Dados reais da linha
  - Análise de dados
- Trens automáticos para estudo de capacidade e rendimento
- Configuração de Test Bench para linhas comerciais:
  - Metro Madrid, Metro Caracas, CPTM, DTL Cingapura, Marmaray, Chonching, Sentosa ...



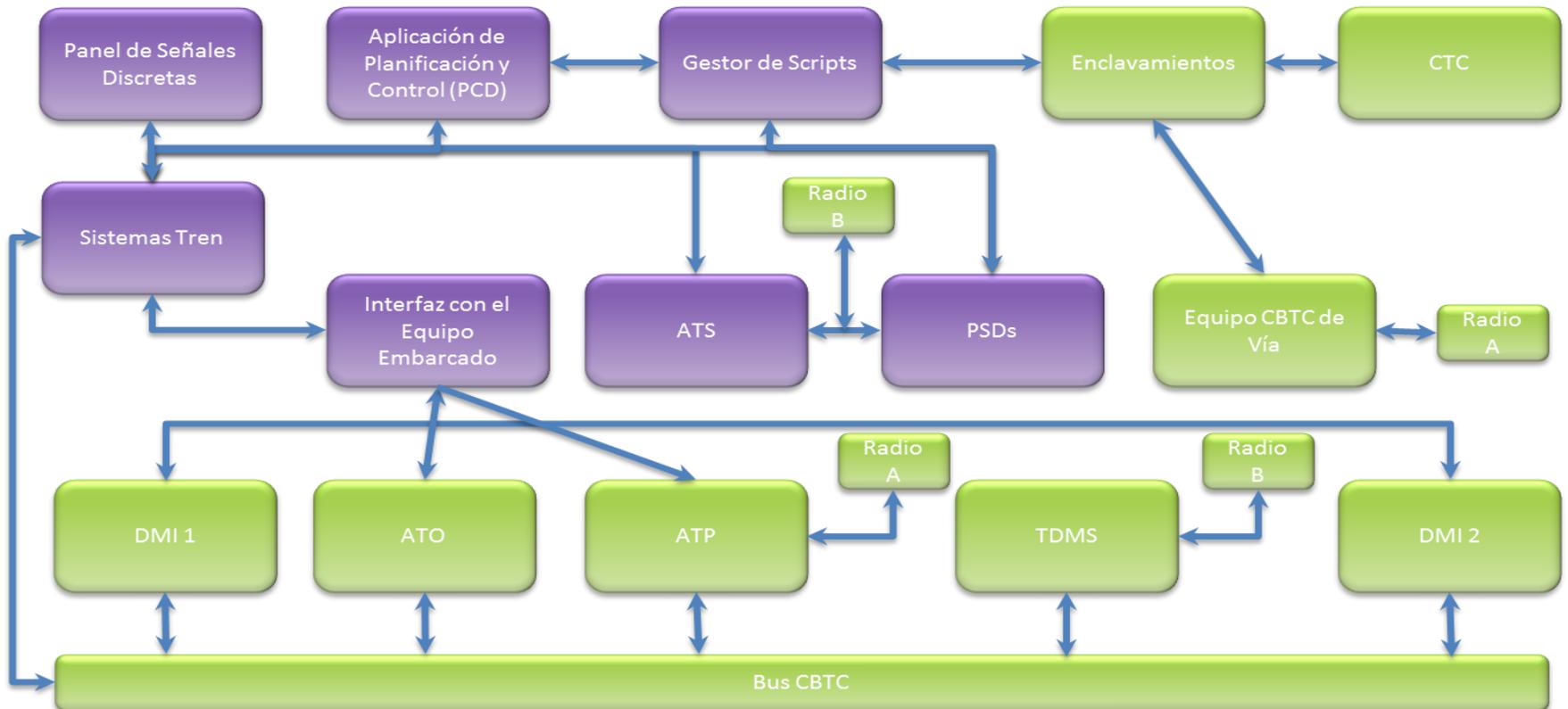
# CBTC Simulator

## Equipamentos Reais Integrados

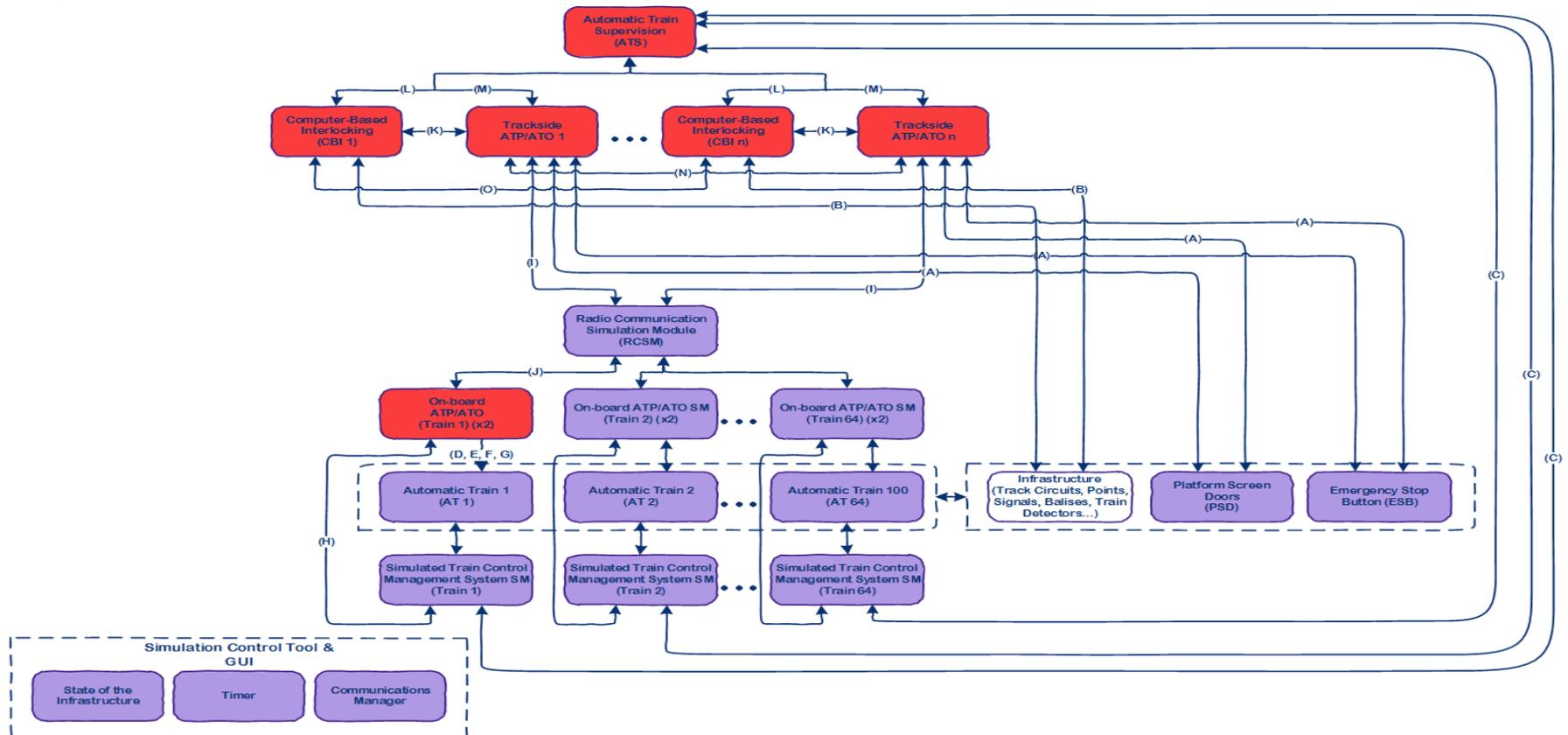
- ATP
- ATO
- DMI
- Equipamentos de Via (BPs)
- Intertravamentos
- SCCs
- TDMS
- ATSSs
- PSDs
- EBs ...



# Esquema Geral Simulador CBTC Siemens (anteriormente Invensys)



# Esquema Geral Simulador CBTC HITACHI



# Análise de Dados

- Requisitos Principais

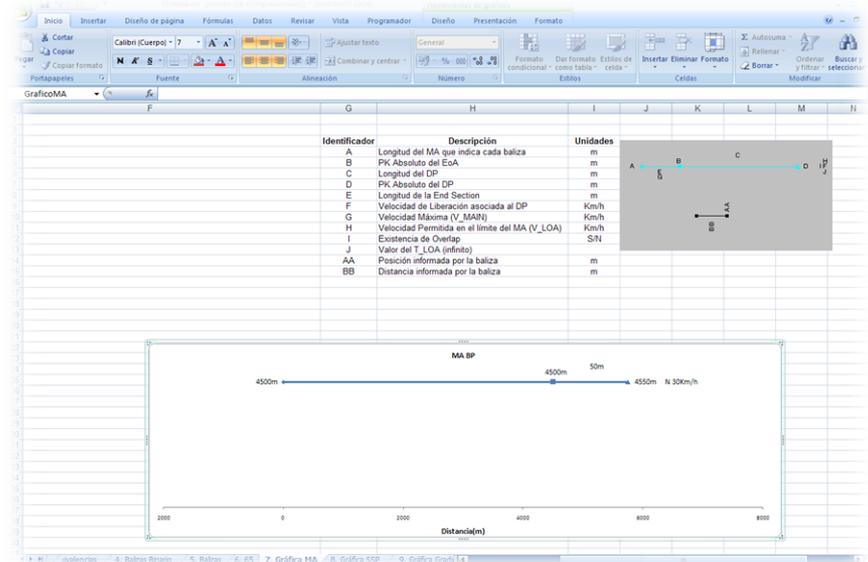
- Integração de Módulos e Dados reais

- ATP, DMI
- BP
- CCO
- Dados da via

- Módulos Simulados

- Códigos de CdV
- Balizas
- Dinâmica do trem
- Sinais Discretos de E/S
- Rotas

- Resultados: Autorizações de Movimentação, Perfis de Velocidade, Gradientes, etc. gráficos e planilhas em formato Excel

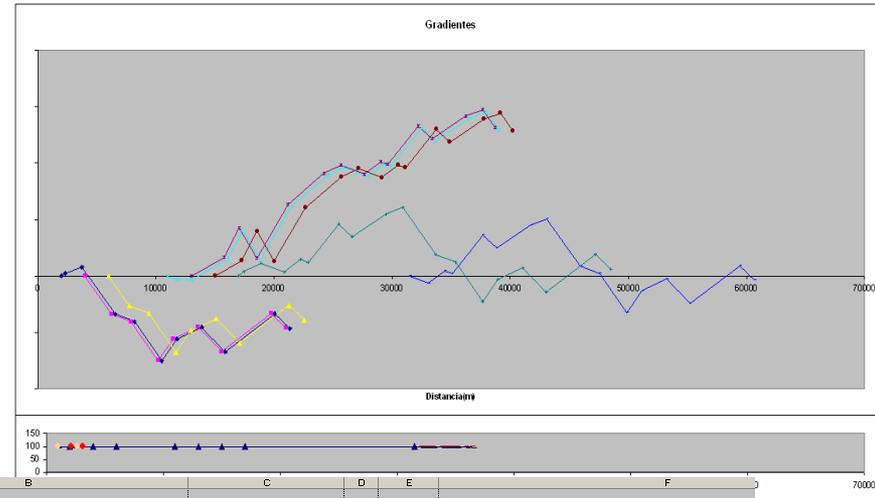


# FERRAMENTA AUTOMÁTICA DE ANÁLISE DE DADOS

- Geração Automática de Gráficos e Fichas de testes
  - Em formato excel
  - Comprovação das funcionalidades e da consistência dos dados
  - Automatização para a realização de testes noturnos

Datos de escenario: C:\Analisis\Datos\Almodovar\_1-7-9\_Friday\_02\_September\_2005\_11\_56\_06.xls

Dependencia: Almodovar  
 Rutas: 1-7-9  
 Fecha: Friday, 02 September, 2005, 11\_56\_06  
 Origen: E AMO MI  
 Fin: S AMO MI  
 LTVs Establecidas: 1-7-9

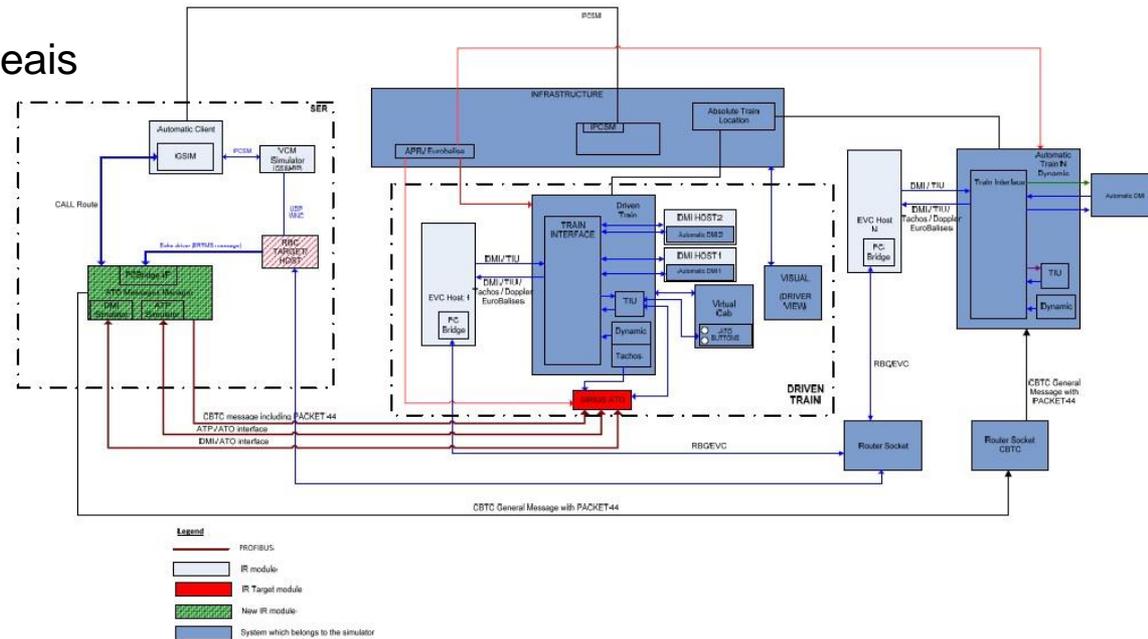
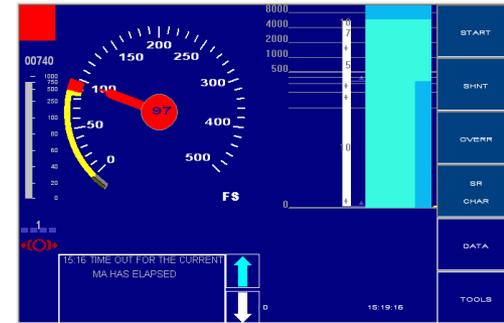


A	B	C	D	E	F
20					
21					
22	1	Existe Continuidad sin solape de Linking	SI		
23	2	Todos los BGs son Linkados	SI		
24	3	Numero BGs con más de 1 iteración	7		
25		<b>Linkado de balizas</b>			
26	4	BG 1026 enlaza con	1605/Aplicar Freno de Servicio		
27	5	BG 1026 enlaza con	1025/Aplicar Freno de Servicio		
28	6	BG 1028 enlaza con	1020/Aplicar Freno de Servicio		
29	7	BG 1605 enlaza con	1025/Aplicar Freno de Servicio		
30	8	BG 1025 enlaza con	1020/Aplicar Freno de Servicio		
31	9	BG 1020 enlaza con	1928/Aplicar Freno de Servicio		
32	10	BG 1020 enlaza con	1928/Sin reaccion		
33	11	BG 1020 enlaza con	1924/Aplicar Freno de Servicio		
34	12	BG 1928 enlaza con	1924/Aplicar Freno de Servicio		
35	13	BG 1924 enlaza con	1922/Sin reaccion		
36	14	BG 1924 enlaza con	1920/Aplicar Freno de Servicio		
37	15	BG 1922 enlaza con	1920/Aplicar Freno de Servicio		
38	16	BG 1920 enlaza con	1918/Sin reaccion		
39	17	BG 1920 enlaza con	1916/Aplicar Freno de Servicio		
40	18	BG 1918 enlaza con	1916/Aplicar Freno de Servicio		
41	19	BG 1916 enlaza con	1914/Sin reaccion		
42	20	BG 1916 enlaza con	1912/Aplicar Freno de Servicio		
43	21	BG 1914 enlaza con	1912/Aplicar Freno de Servicio		
44	22	BG 1912 enlaza con	1328/Aplicar Freno de Servicio		
45	23	BG 1328 enlaza con	1910/Sin reaccion		
46	24	BG 1328 enlaza con	1325/Aplicar Freno de Servicio		
47	25	BG 1328 enlaza con	1320/Aplicar Freno de Servicio		
48	26	BG 1910 enlaza con	1328/Aplicar Freno de Servicio		
49	27	BG 1325 enlaza con	1320/Aplicar Freno de Servicio		
50	28	BG 1320 enlaza con	1908/Sin reaccion		
51	29	BG 1320 enlaza con	1904/Aplicar Freno de Servicio		
52		<b>Balizas Infill linkadas hasta su MAIN</b>			
53	30	BG Infill 1026 linka correctamente con todos los BGs hasta su main			
54	31	BG Infill 1028 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			

# ATO – EVC Integração de Sistemas

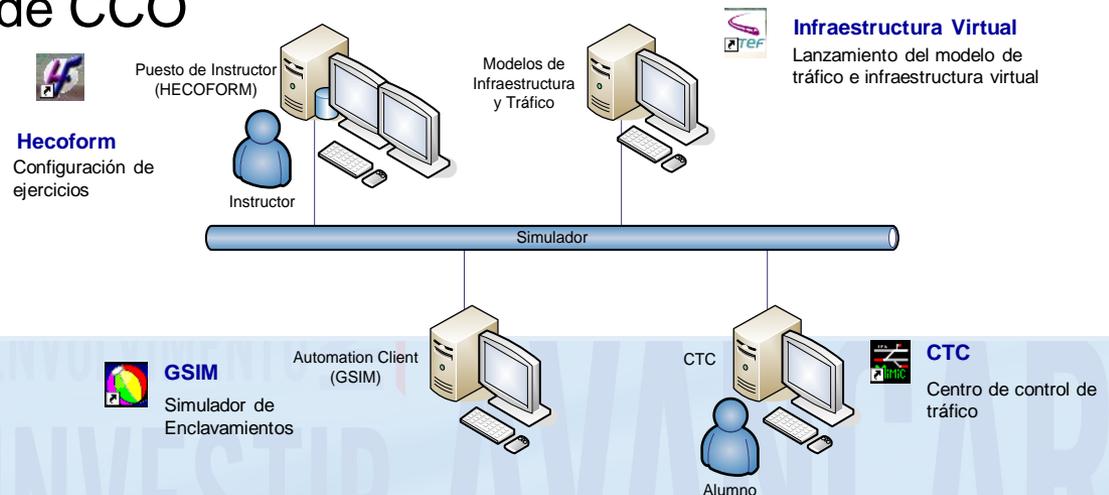
## Integração da funcionalidade ATO em aplicações ETCS

- Ambiente de integração e testes em laboratório
- Funcionalidade ATO implantada em um sistema ETCS, Nível 2
- Dados e configuração de via reais
  - Crossrail (Londres, UK).
  - Thameslink (Londres, UK).
  - HSL UK
- Integração de equipamentos reais
  - ERTMS: EVC, DMI, RBC
  - CBTC: ATO
- Dados reais RBCs e LEUs

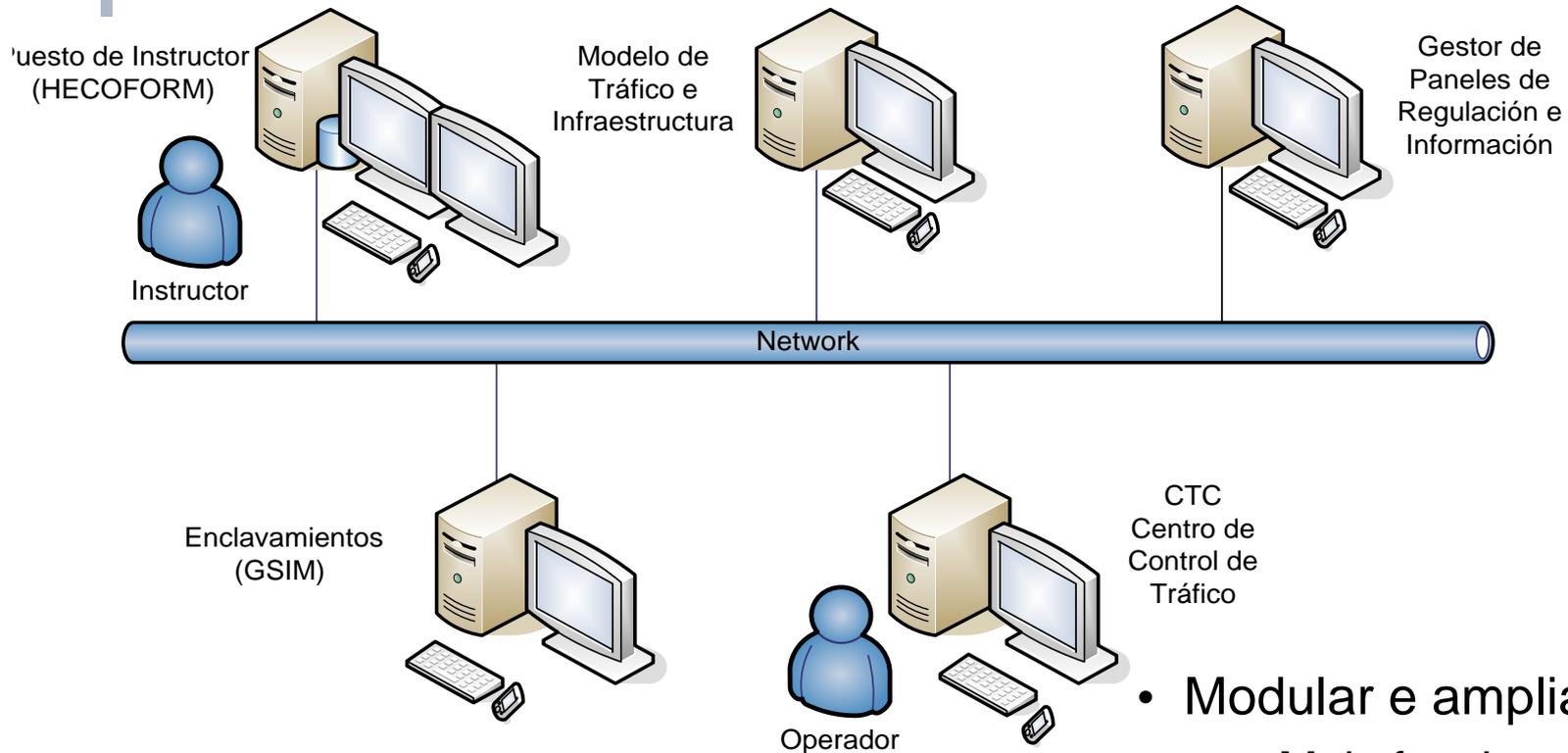


# AMBIENTE DE VERIFICAÇÃO FUNCIONAL E TREINAMENTO PARA CCOs

- Ferramenta versátil que permite:
  - Testar a funcionalidade de intertravamentos
  - Verificar a funcionalidade do CCO
  - Testar as funcionalidades de Regulação do tráfego
  - Formar operadores de CCO



# ARQUITETURA DO SISTEMA



- Modular e ampliável
  - Mais funcionalidades
  - Mais linhas
  - Mais estações / trens / ATPs...

# OBJETIVOS PRINCIPAIS

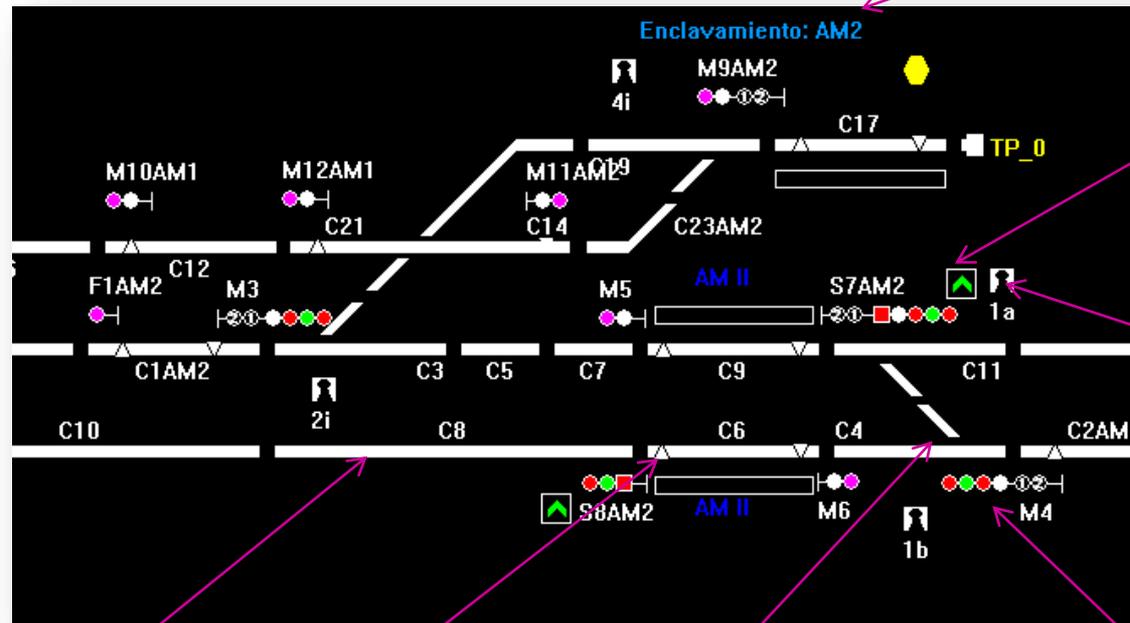
- Objetivo genérico
  - Desenvolver uma ferramenta de simulação versátil para testar as funcionalidades do CCO, a regulação de tráfego e possibilitar a formação de operadores de CCO
- Objetivos Específicos
  - Simular a linha: infraestrutura, elementos de campo e comunicações
  - Simular o tráfego ferroviário
    - Comportamento do material rodante
    - Comportamento dos operadores
    - Até 20 trens simultâneos
    - Sistema ATP

# OBJETIVOS PRINCIPAIS

- Objetivos Específicos
  - Integrar equipamentos reais na simulação, respeitando as interfaces:
    - Intertravamentos reais
    - CCO real
    - Sistema de Regulação de Tráfego real
  - Desenvolver e integrar no ambiente de simulação os seguintes sistemas, que existem na realidade:
    - Gerenciador de Painéis de Regulação
    - Gerenciador de Painéis de Informação para o público(PIS)

# AVARIAS E INCIDENTES

- Avarias nos 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  
Coprobação Aguja Averiado 1bAM2  
Ocupacion Intempestiva C4AM2

Baliza Averiado

Ocupacion Intempestiva C8AM2

# SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO

- Controle dos trens automáticos pelo “Instrutor”

Datos del tren

Nombre de Tren: 123

Velocidad Tren (km/h): 012

Representación Estado:  MRM

Tiempo parada en estacion (seg): 30

Intervalo aleatorio de parada (seg): 5

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

Tiempo rearme automático (seg): 60

Tiempo rearme CME (seg): 300

Tiempo cambio de cabina (seg): 80

Ignorar Paneles de Regulacion

DTAV: 

Estación "sin parada":

Modo de Circulación: NORMAL

Insertar Estación

Vaciar Tabla

Averías e incidencias

DTAV Embarcado Averiado

Estación en la que detener el tren: NO DETENER

Signal a ignorar por el conductor:

Insertar Señal

Vaciar Tabla



Destuir tren

Autorizar Rebase

Cambio de Cabina

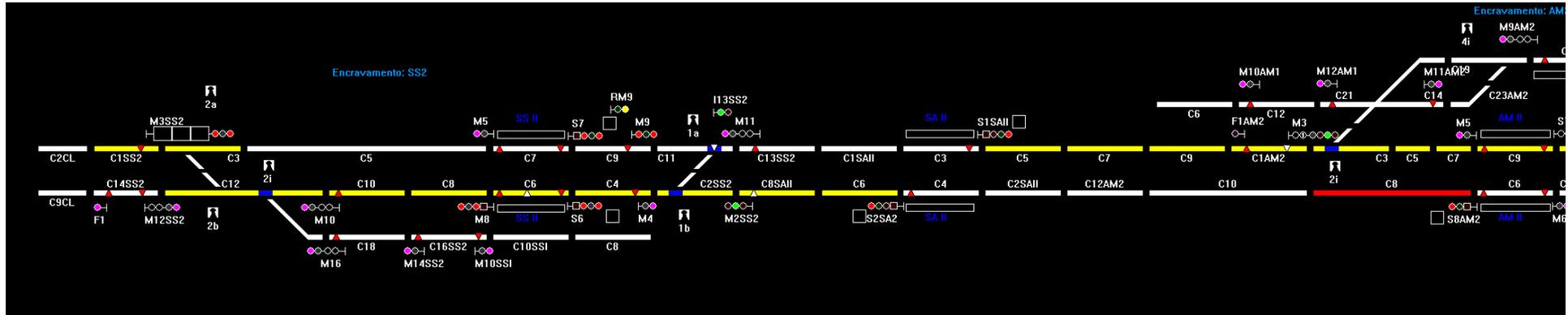
Aplicar Datos

OK

Cancel

# SEQUÊNCIAS DE CENÁRIOS

- Informação do estado da linha



- Informação intercambiada com os IXL

INTERCÂMBIO DE MNEMONICOS						
FILTRO APLICADO: SEM FILTRO						
		FILTROS	EXPORTAR TXT			
ENVIADO POR	RECIBIDO POR	TIPO	MNEMONICO	VALOR	TEMPO	DESCRIÇÃO
C14SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC14	1	4.28	Circuito de via livre
C16SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC16	1	4.28	Circuito de via livre
C18SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC18	1	4.28	Circuito de via livre
C1SAII	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC1SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C2SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC2	1	4.28	Circuito de via livre
C3SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC3	1	4.28	Circuito de via livre
C3SAII	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC3SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C4SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC4	1	4.28	Circuito de via livre
C5SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC5	1	4.28	Circuito de via livre
C5SAII	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC5SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C6SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC6	1	4.28	Circuito de via livre
C7SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC7	1	4.28	Circuito de via livre
C8SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8	1	4.28	Circuito de via livre
C8SAII	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8SAII	1	4.28	Circuito de via livre
C9SS2	SS2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC9	1	4.28	Circuito de via livre
CBAM2	AM2	CIRCUITO_DE_VIA	V.VC8	0	0.00	Circuito de via livre
SS2	M10SS2	SERIAL	DTAV.M10	0	0.00	Baliza DTAV aberta
SS2	M10SS2	SERIAL	IND.2.M10	0	0.00	luz R2 acesa
SS2	M8SS2	SERIAL	CR2.M8	1	0.00	luz vermelha2 acesa
SS2	M10SS2	SERIAL	CB.M10	0	0.00	luz branca acesa
SS2	M10SS2	SERIAL	CVI.M10	1	0.00	luz roxa acesa

- Definição de Filtros
  - Por tipo de elemento
  - Por elemento específico
  - Em uma só direção...



INVESTIR AVANÇAR

# OBJETIVOS CONSEGUIDOS

- O sistema de simulação tem demonstrado ser muito valioso para:
  - Testes das funções do CCO real e da regulação de tráfico
  - Testes das funcionalidades de intertravamentos
  - Testes das funcionalidades dos painéis de informação e de tempos de espera
  - Elaboração e execução dos treinamentos de operadores de CCO
  
- Atualmente estamos desenvolvendo para:
  - Metro de Lisboa, REFER (Portugal), Network Rail (Inglaterra), DTL (Cingapura), Metro Caracas, Marmaray tunnel, Okinawa monorail ...

# CONCLUSÕES

- Principais Vantagens e Funcionalidades destas ferramentas:
  - Não se requer utilizar a infraestrutura, nem o material rodante, para realizar os testes, conseguindo uma redução de custos considerável.
    - Redução de Custos e de Tempo
  - Disponibilidade 24/7 e automatização, redução nos esforços necessários para por linhas em serviço, no que se refere a sistemas ATP / ATO / CCO...
    - Validação mais rápida e mais completa
  - Dado que se utilizam as mesmas interfaces do equipamento real, é possível realizar testes funcionais e de interoperabilidade do equipamento, com a possibilidade de incluir simultaneamente um ou mais equipamentos distintos
    - Testes de cenários difíceis na realidade
    - Testes com diferentes fabricantes (ERTMS)
  - Possibilidade de verificar dados de via antes da instalação e detectar erros.
    - Procedimento robusto e bem documentado

Otimização de Tempos e Custos nos Testes e no  
Comissionamento de Sistemas ATP, ATO, CTC e  
CBTC por meio de Ambientes de Teste Baseados  
em Simulação

Prof. José Manuel Mera  
Diretor  
UPM - CITEF



[www.citef.es](http://www.citef.es)

# OBRIGADO!

