



DESARROLLO DEL SIMULADOR REPLICA DE ANGRA 1 & APLICACIONES DE LOS SIMULADORES EN INGENIERIA

Fernando Ortega

LAS –ANS SIMPOSIO 2013
Buenos Aires – 24-28 de Junio de 2013

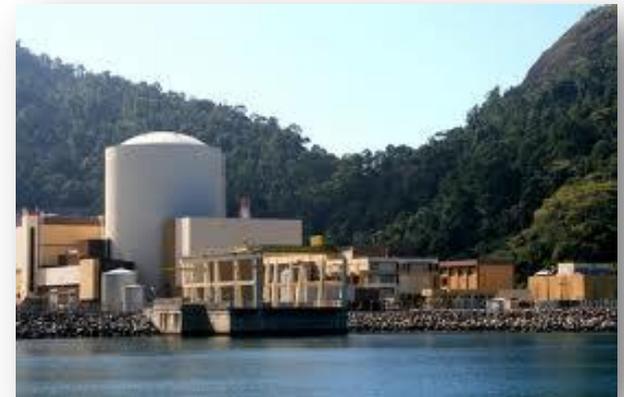


Eletrobras
Eletronuclear

 **tecnatom**

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

- ◆ Angra 1 (PWR-W2L - 640 MWe). Inició su operación comercial en 1985
- ◆ La formación de los operadores se ha venido realizando en simuladores de plantas similares, con adaptaciones específicas. Actualmente en el simulador de la central de Almaraz, en Tecnatom.
- ◆ **ETN** decidió abordar el desarrollo del proyecto de simulador réplica de alcance total para la mejora de la formación del personal de operación.
- ◆ **ETN** adjudicó a **Tecnatom** mediante una licitación internacional el 13 de Febrero de 2012 el proyecto de construcción del Simulador de Alcance Total de Angra 1



ALCANCE DEL SIMULADOR DE ANGRA 1

- ◆ Desarrollo de un simulador que modela todos los Sistemas de C.N. Angra 1 operados y controlados desde los paneles y consolas de la Sala de Control:
- ◆ **Simulador Réplica de Sala de Control de Alcance Total**
- ◆ **Simulador de aula**
- ◆ Cumplimiento de la normativa ANSI-3.5 / 2009
- ◆ El alcance de la simulación soporta, con la máxima fidelidad, las evoluciones de la planta en los distintos modos de operación:
 - ◆ Operación normal: Potencia, arranque, espera caliente, parada caliente, parada fría.
 - ◆ Operación anormal y de emergencia, mediante las malfunciones simuladas del proceso.
 - ◆ Amplia variedad de malfunciones (específicas y genéricas) y operación sobre equipos locales

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL SIMULADOR

El alcance incluye:

- ◆ **Paneles Hardware**
- ◆ **Sistema de entrada/salida:** Mediante el sistema TESIS+.
- ◆ **Modelos de simulación:** Desarrollo de todos los modelos de simulación, utilizando la tecnología de Tecnatom.
- ◆ **Process Information System (SICA):** Estimulación del sistema real de la central.
- ◆ **Sistema de audio y video:** Sistema de sonidos ambientes de SC y videocámaras on-line.
- ◆ **Consola del Instructor** (incluye consola mediante tablet).
- ◆ **Simulador en aula:** 3 módulos con pantallas táctiles de 46" con una representación virtual de los elementos de la sala de control.

PLAN DE PROYECTO

T1 Project Management

T2 FSS Design

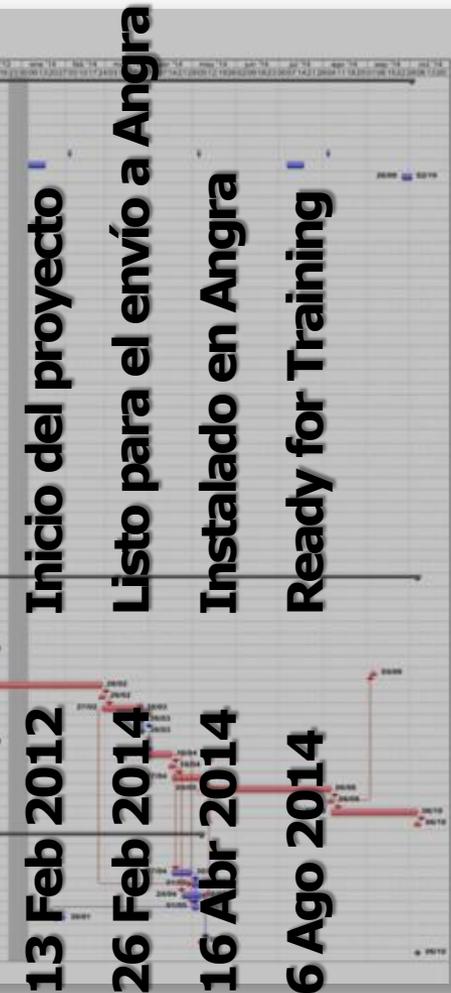
T3 FSS Software Development

T4 FSS HW Development

T5 Integration

T6 Acceptance Tests

T7 Training



HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

Tecnatom Simulation Technology

Modeling

TRAC-RT

NEMO /
PANAC11

TEAM-SUITE
FLOW
LOGIC
ELECTRIC

TEAM-AIDES

TEAM-MAAP

Instructor
Station & HMI

TEAM - STATION

TEAM - SKETCH

TEAM-TRAC

VIRTUAL
REALITY

I/O

TESIS+

O & M

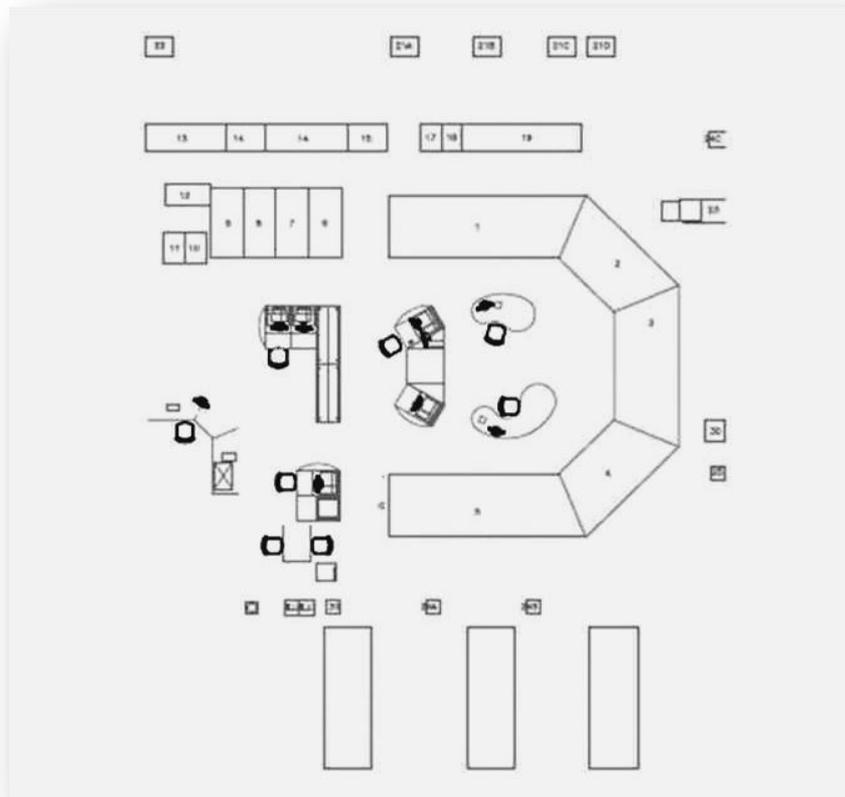
SICOSIS

SOAS_WEB



SALA DE CONTROL DEL SIMULADOR DE ANGRA 1

- Replica 1:1 de los paneles e instrumentos existentes en la Sala de Control: 30 paneles principales y traseros de SC y paneles de parada remota
- Los paneles-instrumentos cumplen con los criterios de fidelidad física y funcional requeridos por la norma ANSI-ANS 3.5



- Mas de 10.000 señales de E/S
- Luces 2.150
- Manetas 740
- Indicadores 500
- Controladoras 70
- Pulsadores 140
- Registradores 56

MONTAJE DEL SIMULADOR

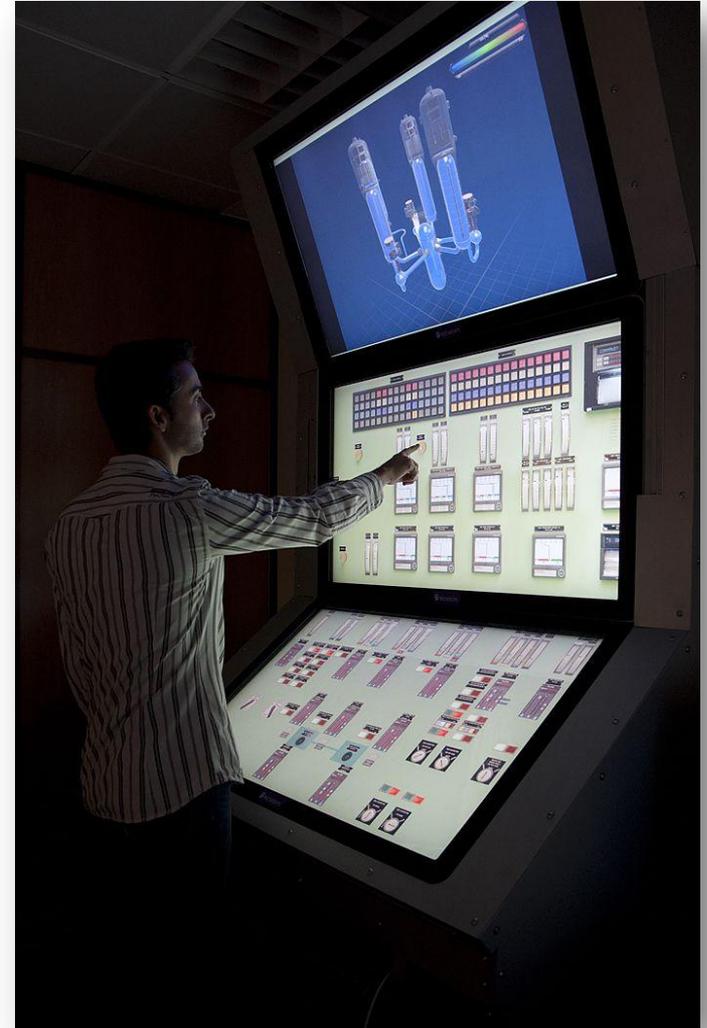


SISTEMA DE INTERFASE I/O

TESIS+ (TECNATOM System Interface for Simulator Plus)



SIMULADOR DE AULA (GLASS-TOP SIMULATOR)



RETOS Y CLAVES

RETOS

- Dificultades asociadas a la disponibilidad de la documentación en soportes antiguos
- Plazos ajustados
- Algunos instrumentación son antiguos y no están disponibles en el mercado

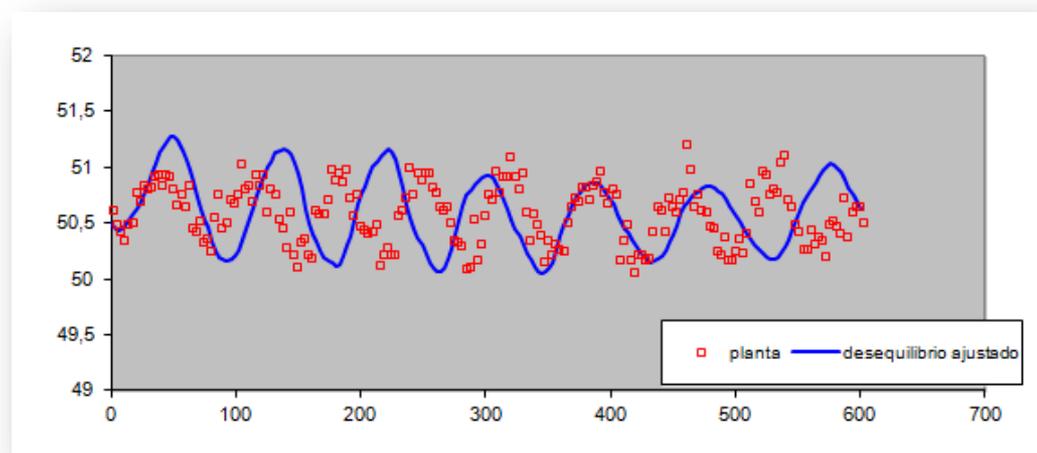
CLAVES

- Gran conocimiento de la tecnología de Angra 1
- Tecnología de simulación potente y contrastada
- Experiencia en el desarrollo de simuladores complejos para entrenamiento e ingeniería



Continuará...

APLICACIONES DE LOS SIMULADORES EN INGENIERIA

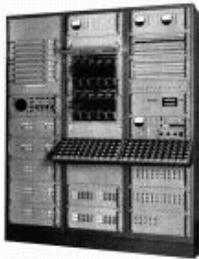


Eletrobras
Eletronuclear

tecnaTom

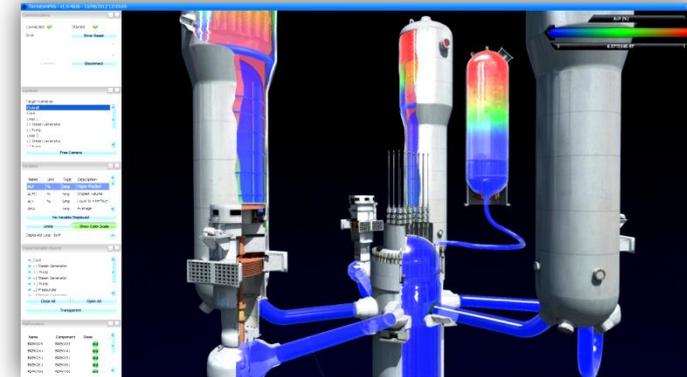
Tecnología de Simulación en la actualidad

De Hasta.....



June 17, 1968
Dresden 2 Simulator
24 months
\$2 million

- Respecto al **Alcance de la Simulación:**
 - Operación normal y anormal
 - Escenarios de emergencia
 - Accidentes Severos
 - Operación Local y de Sala de Control
- Respecto a la **Precisión de los modelos:**
 - Codigos TH de 6 ecuaciones – Best estimate codes
 - Códigos neutrónicos con nodalización detallada de $\frac{1}{2}$ grupos de energía
 - Herramientas de modelación de logica y control
- Respecto a la **plataforma de computación:**
 - Potencia de cálculo
 - Portabilidad – Uso remoto
- Respecto al **entorno de simulación:**
 - Entorno Windows
 - Easy to use
 - Easy to develop
- Respecto a la **Interfase Hombre Máquina**
 - Simulador Replica
 - Simulador Gráfico
 - Glass-top simulador
 - 3D Virtual y realidad aumentada



Ventajas de los simuladores específicos

Un simulador de alcance total proporciona:

- Modelos de alta fidelidad
- Todos los sistemas de la central integrados
- Ejecución en tiempo real
- Entorno gráfico de simulación que facilita la simulación de condiciones iniciales y el análisis de las evoluciones

Supone una poderosa herramienta que puede ser utilizada, además del entrenamiento, en:

- El diseño y validación de las modificaciones de diseño (sintonización de lazos de control, ...)
- El análisis de ingeniería de factores humanos relativos a la interfase hombre-máquina,
- La validación de procedimientos de operación
- El análisis de nuevas estrategias de operación
- Etc.



Metodología para la aplicación de los simuladores a la ingeniería

Aunque la aplicación de los simuladores al ámbito de la ingeniería (“**SAE**” Simulation Assisted Engineering) puede parecer sencilla, es **necesario utilizar una metodología** bien probada para **asegurar** los resultados correctos.

En Tecnatom esto se hace mediante la aplicación de los siguientes pasos:

- Clara identificación del problema y objetivos del análisis
- Evaluación y análisis del alcance de los modelos implicados
- Diseño del plan de pruebas
- Mejora o desarrollo de modelos (si aplica) y ajuste con datos de planta actualizados
- Ejecución y análisis de las pruebas
- Análisis de incertidumbres y medidas conservadoras



Principales Experiencias SAE en Tecnatom

- Replacement of control level valves in plant start up. (CO)
- Steam valves replacement by ejectors. (CO)
- Available operation time to change the ejectors train. (CO)
- Power generation breaker installation. (CO)
- Plant power uprate to 112% . (CO)
- Level master controller capacity. (CO)
- Honeywell DCS set up (several phases). (CO)
- P40 system hydraulic analysis. (CO)
- FW/CD system hydraulic analysis. (CO)
- MSRs alternative drain analysis (CO)
- Turbine control DCS Mark-VI plant installation. (CO)
- FWCS DCS Mark-VI validation. (CO)
- Steam Generators replacement (TH GV y FW, FW control). (AL)
- Available time to avoid SI after a reactor trip (AL)
- Turbine change (control valves capacity in loss of performance transients). (AL)
- High level trips analysis caused by unbalanced operation on the 17/07/1999. (AL)
- Turbine DEH Manual closure behavior when 200%/m and 133%/m. (AL)
- New SCDR implementation (24 control loops). (AL)
- New DCS for MSRs drains. (AL)
- New SSGG control level stability analysis, MSRs, tracking activated or not, control loops configuration ... (AL)
- Plant power uprate to 108%. (AL)
- Analysis of the software used to calculate the core power generation. (AL)
- RHR safety valves capacity analysis (AL)
- New Steam Generators (AS)
- Control level response in turbopumps speed demand steps avoiding run-out zone. (AS)
- Pressurizer control level optimization. (AS)
- Turbine runbacks efficiency analysis. (AS)
- Low power problems analysis with FW fail to one SG. (AS)
- Turbine valves capacity to accept a TM program drop. (VN)
- Operation feasibility with one spray valve unavailable. (VN)
- Steam collector depressurization pace through seals and purges. (VN)
- Blackout available time without diesel in starting core melting. (VN)
- EG system capacity analysis with flow reduction. (VN)
- EJ new system start up. (VN)
- EG performance with limited flow (VN)
- Turbopumps DP program changes verification. (VN)
- Analysis of involved logic in YP instrument failures. (TR)
- Analysis of consequences when the YA20T055 transmitter is replaced by other similar from other loop. (TR)
- Protection logic goals surveillance. (TR)
- Neutronic noise impact simulator in protection logics. (TR)
- New Steam Generators impact (TH GV y FW, FW control). (AN)
- New ADFWCS implementation at plant. (AN)
- SAGAs (7).
- Enlarging the Scope of SAGA litoral.
- Adaptive logics utilization in a Steam generator level control.



Experiencias en Angra 1: Cambio de los GGVV (2009)

OBJETIVO:

Determinar el mejor ajuste para el control de nivel de los nuevos GGVV

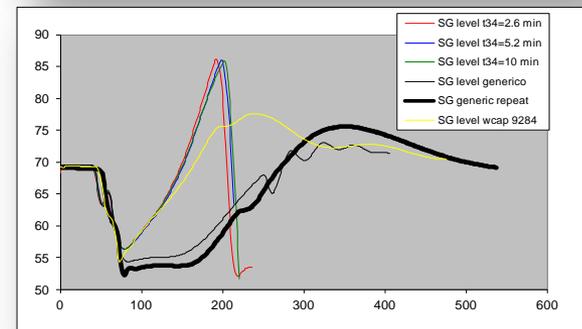
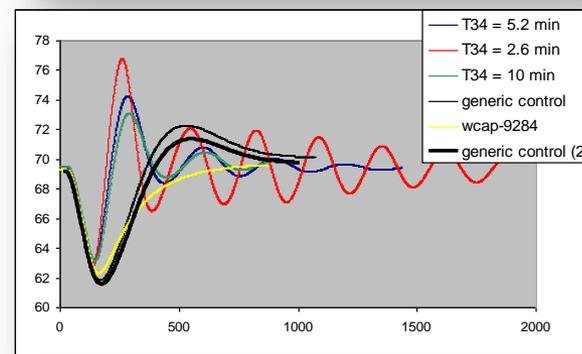
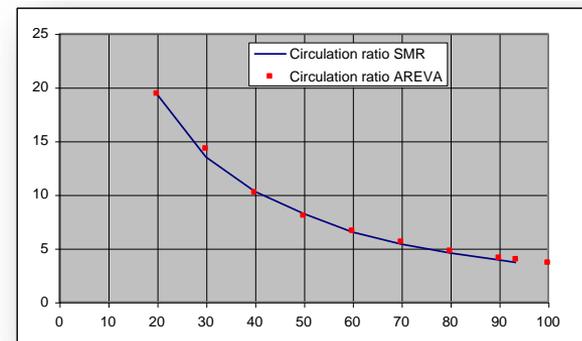
- Estabilidad ante cualquier condición de operación
- Evitar Disparos del reactor

ACTIVIDADES:

- Desarrollo de los modelos mediante TEAM-TRAC y TEAM-LOGIC
- Validación de los modelos con datos del fabricante y datos de planta
- Identificación y especificación de las pruebas de validación
- Ejecución de las pruebas y análisis de estabilidad y transitorios mas limitantes

CONCLUSIONES:

- Se determinó un rango de estabilidad para los ajustes del control
- Se propusieron a ETN los mejores ajustes del nuevo control, y se implementaron en la central
- Los resultados de planta confirmaron los análisis



Experiencias en Angra 1: Modernización del control de AA (2012)

OBJETIVO:

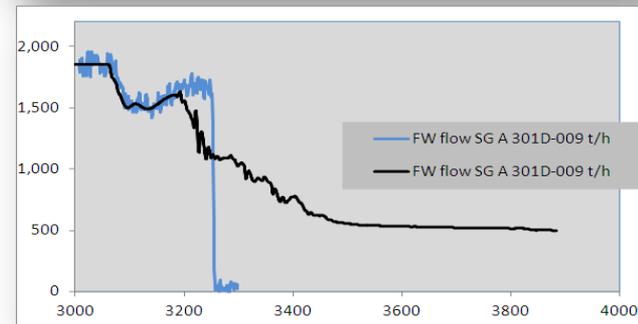
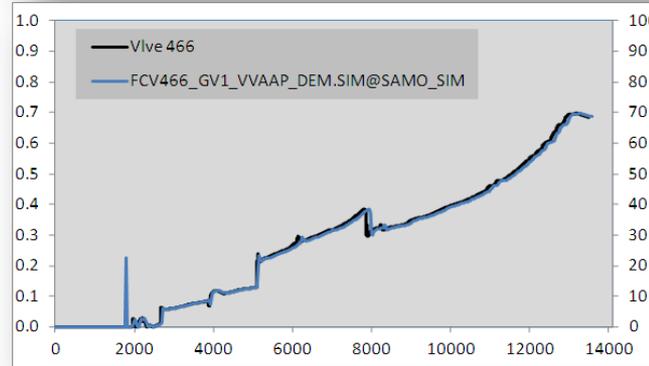
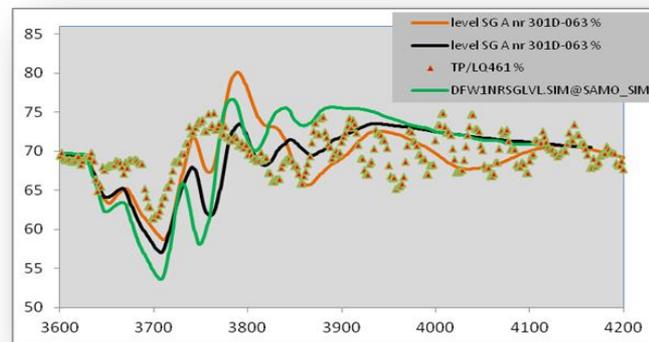
Verificar, Validar y Optimizar el comportamiento del nuevo control de Agua de Alimentación

ACTIVIDADES:

- Desarrollo de los modelos y estimulación del sistema real de I&C (OVATION)
- Validación del simulador incluyendo transitorios de lazo abierto
- Verificación de estados estacionarios a distintas potencias
- Verificación de la operación normal con procedimientos de operación
- Análisis de transitorios (46) (antes y después)
- Evaluación de la sintonización de los lazos de control con criterios de optimización
- Evaluación del impacto de incertidumbres específicas

CONCLUSIONES:

- Se eliminaron oscilaciones (bajas cargas)
- Se mejoró la estabilidad ante transitorios
- Se optimizó el rendimiento del sistema
- Se identificaron y corrigieron ciertos errores en los algoritmos



Conclusiones

El empleo de unos modelos de simulación de alta fidelidad conjuntamente con una metodología adecuada permite llegar a conclusiones fiables, estableciendo recomendaciones, que:

- ➔ Identifiquen y eliminen tempranamente discrepancias de diseño e implementación,
- ➔ Verifiquen el comportamiento en múltiples situaciones operativas
- ➔ Optimicen la sintonización de los lazos de control,
- ➔ Faciliten la elaboración y verificación de procedimientos de operación
- ➔ Sirvan de soporte a la operación de la central
- ➔ Reduzcan las incertidumbres de instalación, ajuste y comisionamiento en la central
- ➔ Redundan en una operación segura de la central





www.tecnatom.es