

Posgrado en Ciencias de la Información

Doctorado en Ciencias de la Información

Seminario de Tesis:

“Desarrollo del Sistema de Control del Detector ADA/ADC del Proyecto ALICE”

Octavo Semestre

Alumno: Juan Carlos Cabanillas Noris

Asesores: Dr. Ildelfonso León Monzón

Dr. Mario Iván Martínez Hernández



ALICE
A JOURNEY OF DISCOVERY



28 de Agosto de 2017



ÍNDICE



- 1. TRABAJO DE TESIS**
 - 2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS**
 - 3. REUNIÓN ANUAL DE LA DIVISIÓN DE PARTÍCULAS Y CAMPOS 2017**
 - 4. ARTÍCULOS ESCRITOS UML-DCS**
 - 5. SERVICE TASK**
 - 6. CONCLUSIONES**
- REFERENCIAS**



1. TRABAJO DE TESIS

ÍNDICE

1.- Introducción

1.1 Motivación y antecedentes

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Objetivos

1.2.1.1 Objetivo general

1.2.1.2 Objetivos específicos

1.2.2 Justificación

1.2.3 Hipótesis

1.2.4 Metodología

2.- El Gran Colisionador de Hadrones (LHC)

3.- Operación y Control del Experimento ALICE

4.- Detector ALICE Diffractive (AD)

5.- Modelado de Sistemas

6.- Descripción del DCS Desarrollado para el Detector AD

7.- Análisis de Resultados, Conclusiones y Trabajo Futuro

Referencias

Apéndices



1. TRABAJO DE TESIS

ANTECEDENTES

- Experimento ALICE (A Large Ion Collider)
 - Interacción fuerte de la materia (iones pesados)
 - Altas energías
- LHC (Large Hadron Collider)
- CERN (European Organization for Nuclear Research)
- DCS (Detector Control System)
- Sistemas en Línea:
ECS, DCS, DAQ, HLT, CTP

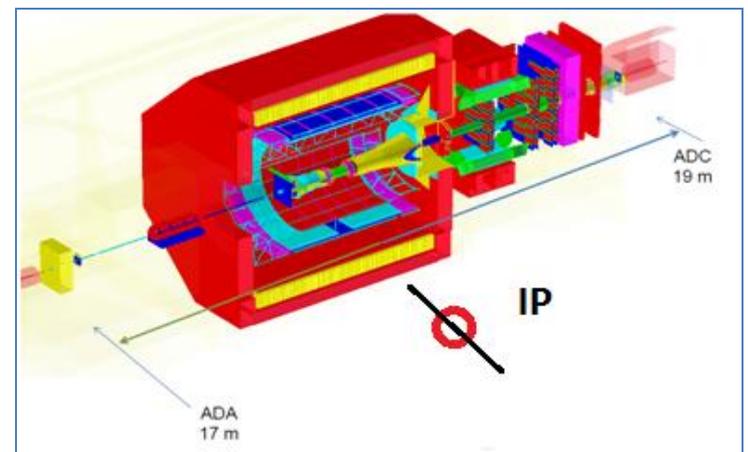
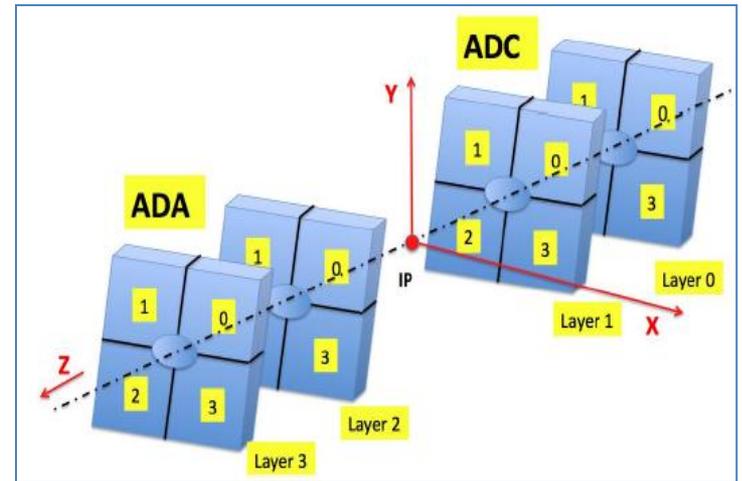




1. TRABAJO DE TESIS

ANTECEDENTES

- El detector ALICE Diffractive (AD) está conformado por los subdetectores ADA y ADC.
- Cuatro planos contadores de partículas.
- Diseñado para expandir la capacidad de eventos difractivos.
- Colisiones protón-protón (p-p), plomo-plomo (Pb-Pb) y protón-plomo (p-Pb).





1. TRABAJO DE TESIS

MOTIVACIÓN

- La instalación de cualquier detector para Física de Altas Energías (HEP) requiere obligatoriamente de:
 - Un sistema de control (DCS, Detector Control System) para ese detector en particular;
 - Integración el DCS del detector en el DCS central del experimento (ALICE).
- La integración del detector AD a la toma de datos de ALICE implica el diseño de un nuevo sistema de control específico para este detector.
- El DCS permite el control, monitoreo y configuración de los equipos y dispositivos desde un único lugar de trabajo, denominado *Centro de Control de Corridas* de ALICE (ALICE RCC, *ALICE Run Control Center*).



1. TRABAJO DE TESIS

MOTIVACIÓN

- El DCS también permite la comunicación con varios servicios y sistemas, tales como (*Chochula et al, 2010*):
 - Acelerador (LHC)
 - Enfriamiento
 - Electricidad
 - Magnetos
 - Seguridad
 - Control de acceso, entre otros;
- El experimento ALICE está conformado por los sistemas en línea (*ALICE Collaboration, 2004*):
 - Sistema de Control del Detector (DCS, Detector Control System)
 - Sistema de Adquisición de Datos (DAQ, Data Acquisition)
 - Procesador de Disparo Central (CTP, Central Trigger Processor)
 - Disparador de Alto Nivel (HLT, High Level Trigger)



1. TRABAJO DE TESIS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- 1. El detector AD necesita participar en la toma de datos del experimento (*ALICE Collaboration, 2008*):**
 - Debidamente integrado al sistema central de ALICE
 - Seguir lineamientos, normatividad y requerimientos (ALICE- LHC)
- 2. Se requieren sistemas de control coherentes y homogéneos (*ALICE Collaboration, 1998*):**
 - Permitir fácil integración de componentes
 - Sistema flexible y escalable
 - Operación concurrente e independiente
- 3. Sistema DCS apegado a la normatividad y requerimientos de los grupos de trabajos y herramientas de desarrollo (JCOP Framework Team, 1998):**
 - URD (*User Requirements Document*)
 - Grupos ACC, JCOP-LHC
 - JCOP Framework, software WinCC-OA, FSMs



1. TRABAJO DE TESIS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4. **Un gran número de detectores, sub-detectores y subsistemas en el experimento implica (Fukunaga, 2000):**
 - Necesitan ser controlados por los sistemas de control del experimento
 - Enormes diferencias conceptuales y estructurales
 - Tipos de eventos
 - Parámetros que monitorea y controla (sensores y actuadores)
 - Número de canales
 - Dimensiones
 - Infraestructura, entre otras.
 - Permitir combinaciones entre detectores

5. **No existe un documento de referencia metodológico que describa (Beltrán y González, 2003):**
 - Funcionamiento general
 - Procesos y elementos involucrados
 - Requerimientos de diseño, desarrollo y operación del DCS de ALICE-LHC
 - Reducir tiempos de desarrollo para nuevos sistemas de control.



1. TRABAJO DE TESIS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar, desarrollar y poner en marcha el software del Sistema de Control (DCS) del detector AD (conformado por los sub-detectores ADA y ADC)
 - Integrarlo al sistema central del experimento ALICE
 - Participar en la toma de datos síncronos durante la Corrida 2 (*Run 2*) del Gran Colisionador de Hadrones (LHC)
 - Aplicando una metodología del modelado de procesos para los sistemas de control de este experimento.



1. TRABAJO DE TESIS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Analizar la normatividad, lineamientos y documentos relacionados con el diseño, desarrollo, integración y operación del Sistema de Control del Detector (DCS)
 - Aprobados por la Coordinación de Controles de ALICE (ACC) y el Proyecto de Controles Comunes (JCOP)
 - Aplicados en el detector AD.

- 2) Desarrollar la propuesta de una metodología para modelar:
 - Procesos de diseño
 - Puesta en marcha
 - Funcionamiento del software en el DCS central del experimento ALICE
 - Aplicando técnicas de Ingeniería de Software.



1. TRABAJO DE TESIS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3) Diseñar y desarrollar una arquitectura de control conforme a los requerimientos de hardware y prestaciones del detector AD aplicando el software SCADA denominado WinCC-OA®.
- 4) Integrar el DCS del detector AD en el sistema de control global del experimento ALICE para participar en la toma de datos.
- 5) Evaluar y analizar el desempeño del DCS del nuevo detector AD para las diferentes tipos de corridas, y comparar el comportamiento de sus parámetros más importantes con respecto a los demás detectores y sistemas centrales.



1. TRABAJO DE TESIS

JUSTIFICACIÓN

1. La selección de eventos de difracción en ALICE estaba limitada por el corto rango angular sobre el cual se podían detectar partículas creadas en las colisiones.
 - Mejorar las mediciones mediante la ampliación del intervalo de direcciones.
 - La cobertura de partículas detectadas se amplía.
 - AD proporciona redundancia en un intervalo parcial de direcciones..
2. Alrededor del 25% de los resultados de los eventos de colisiones p-p son del tipo difractivo.
3. Estudio de eventos difractivos con ALICE en colisiones p - p , Pb - Pb y p - Pb .
4. Tener el detector AD integrado a la toma de datos del experimento para los diferentes tipos de corridas (físicas, cósmicos, técnicas, calibración, etc.).



1. TRABAJO DE TESIS

JUSTIFICACIÓN

5. Permite realizar análisis de datos para otros trabajos de investigación en ALICE (*grupo de física difractiva*).
6. Facilitar las actividades de análisis y desarrollo de los sistemas de control a los nuevos colaboradores mediante el desarrollo de la propuesta de una metodología que recopile y modele:
 - Diversos procesos estandarizados de desarrollo del DCS
 - Elementos que intervienen
 - Uso de la metodología RUP
 - Lenguaje de modelado UML
7. Evaluar el comportamiento del DCS del detector AD con respecto a los demás detectores y subsistemas del experimento ALICE.



1. TRABAJO DE TESIS

HIPÓTESIS

- ❑ Desarrollar la propuesta de una metodología de modelado de los procesos de diseño, puesta en marcha y operación del DCS del experimento ALICE
 - Para su aplicación en el desarrollo e integración del DCS de los nuevos subdetectores ADA y ADC
 - Uso del sistema SCADA WinCC-OA®.

- ❑ Facilitar las actividades a los actuales y nuevos expertos y operadores:
 - Actividades de desarrollo
 - Análisis de los sistemas de control
 - Estandarizar los requerimientos y procesos más importantes, haciendo uso de la metodología RUP



1. TRABAJO DE TESIS

HIPÓTESIS

- ❑ Evaluar cuantitativamente el desempeño del DCS del detector AD con respecto a los demás detectores y sistemas del experimento, mediante la estimación y comparación de parámetros tales como:
 - Número y duración de corridas
 - Eficiencia de la toma de datos
 - Desempeño en los procesos de terminación de corridas
 - Procedimientos de Pausa y Reconfiguración

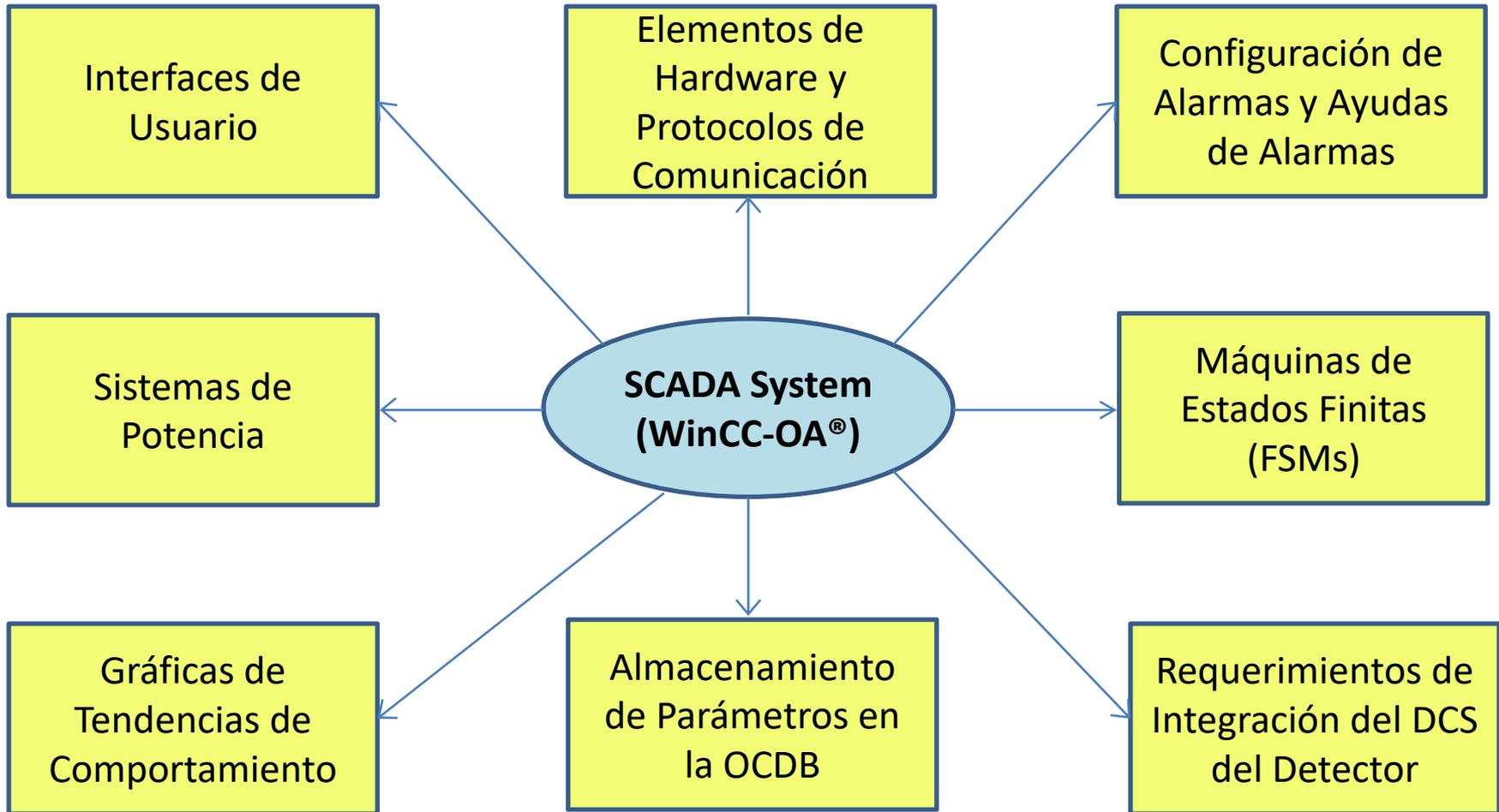
- ❑ Corridas de diversos tipos:
 - Adquisición de datos (físicas)
 - Rayos cósmicos
 - Individuales **

** Un solo detector, fuera de la toma general de datos. Se denominan *Standalone Pulse* o *Standalone Bunch Crossing*



1. TRABAJO DE TESIS

METODOLOGÍA



Arquitectura de contexto de los principales aspectos de diseño y desarrollo del DCS teniendo como eje central el sistema de software SCADA denominado WinCC-OA®



2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS

OBJETIVOS

- El sistema de control de ALICE debe proporcionar un **monitoreo y operación** constante del detector, tanto durante la toma de datos como en las paradas del LHC; así como **seguridad**.
- Lo anterior es realizado por medio de:
 - Configuración de parámetros relevantes del detector para los modos de operación.
 - Monitoreo y control del estatus de los subsistemas del detector durante las corridas.
- Este trabajo es una primera aproximación para **evaluar cuantitativamente** la ejecución de esas tareas.
- Este análisis es una manera de conocer el **impacto y relevancia** del sistema de control del detector (DCS) en el desempeño del detector AD y, en general, del experimento ALICE.



2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS

ESCENARIOS

- Resultados del desempeño del detector AD:
 - Corridas del LHC 2015 y 2016
- Evaluación y Comparación de los principales parámetros de los sistemas de control (DCS):
 - AD y otros detectores y subsistemas de ALICE
 - Corridas Físicas
 - Corridas Cósmicas
 - Corridas Standalone Pulse / Bunch Crossing (BC)
- Parámetros:
 - Número y duración de corridas
 - Eficiencia de la toma de datos (DTE, *Data Taking Efficiency*)
 - Terminación de corridas (EOR, *End of Runs*)
 - Procedimientos de Pausa y Reconfiguración (PAR, *Pause and Reconfiguration*)
- ALICE Logbook



2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS

ANÁLISIS DE CONTEXTO

- ***Corridas físicas
(Physics Runs)***

Tipo de colisiones:

- Protón-Protón (p-p)
- Plomo-Plomo (Pb-Pb)
- Protón-Plomo (p-Pb)

Año	LHC15	LHC16
Haz (Beam)	Si	Si
Tipo de Corrida	Física	Física
Partición	PHYSICS_1	PHYSICS_1
Modo del HLT	C	C
Duración de las corridas	> 10 minutos	> 10 minutos
Tiempo inicio del ECS	De 15/03/2015 A 20/12/2015	De 01/03/2016 A 20/12/2016
Tiempo final del ECS	De 15/03/2015 A 20/12/2015	De 01/03/2016 A 20/12/2016

Tabla 1. Características de los filtros de las corridas físicas seleccionadas en el ALICE Logbook

* HLT C mode: full HLT functionality - trigger and data processing

** Time reasonably enough for a run to produce useful data for physical analysis.



2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS

ANÁLISIS DE CONTEXTO

- **Corridas físicas (Physics Runs)**

Los detectores pueden operar durante cada corrida como:

- Readout Detector
- Trigger Detector
- Trigger & Readout Detector

Detectores			Sistemas On-line
ACO	AD	CPV	<i>HLT</i>
EMcal	FMD	HMPID	<i>TRIGGER</i>
MUON TRG	MUON TRK	PHOS	<i>ECS/DAQ</i>
SDD	SPD	SSD	
TO	TOF	TPC	<i>DCS</i>
TRD	VO	ZDC	

Tabla 2. Listado de los sistemas en línea y detectores más recurrentes en la partición PHYSICS_1 del experimento ALICE



2. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS DEL DCS

ANÁLISIS DE CONTEXTO

- *Corridas de Rayos Cósmicos (Cosmic Runs)*

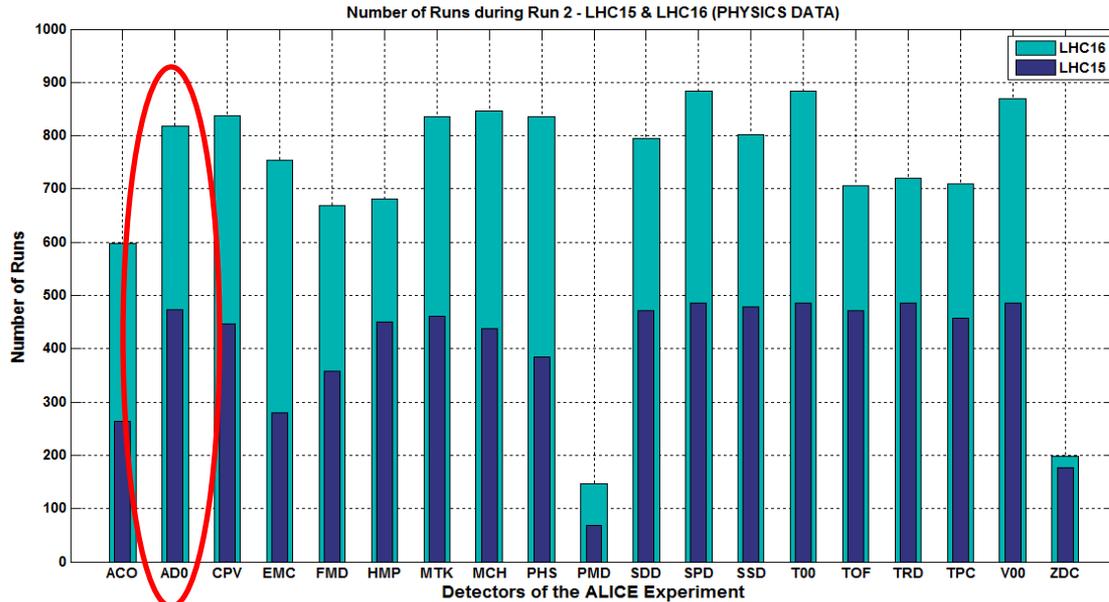
Año	LHC15	LHC16
Modo del HLT	C	C
Duración de las corridas	> 10 minutos	> 10 minutos
Shuttle done **	Yes	Yes
Tipo de corrida	Cosmic	Cosmic
Tiempo inicio del ECS	De 01/03/2015 A 20/12/2015	De 01/03/2016 A 20/12/2016
Tiempo final del ECS	De 01/03/2015 A 20/12/2015	De 01/03/2016 A 20/12/2016

Tabla 3. Características de los filtros de las corridas cósmicas seleccionadas en el ALICE Logbook

** Se verifica que en la operación del Shuttle no haya generado un error



RESULTADOS - Physics Runs -



Número y duración de corridas físicas

Figura 1. Gráfica del número de corridas físicas en los detectores del experimento ALICE durante los años 2015 y 2016

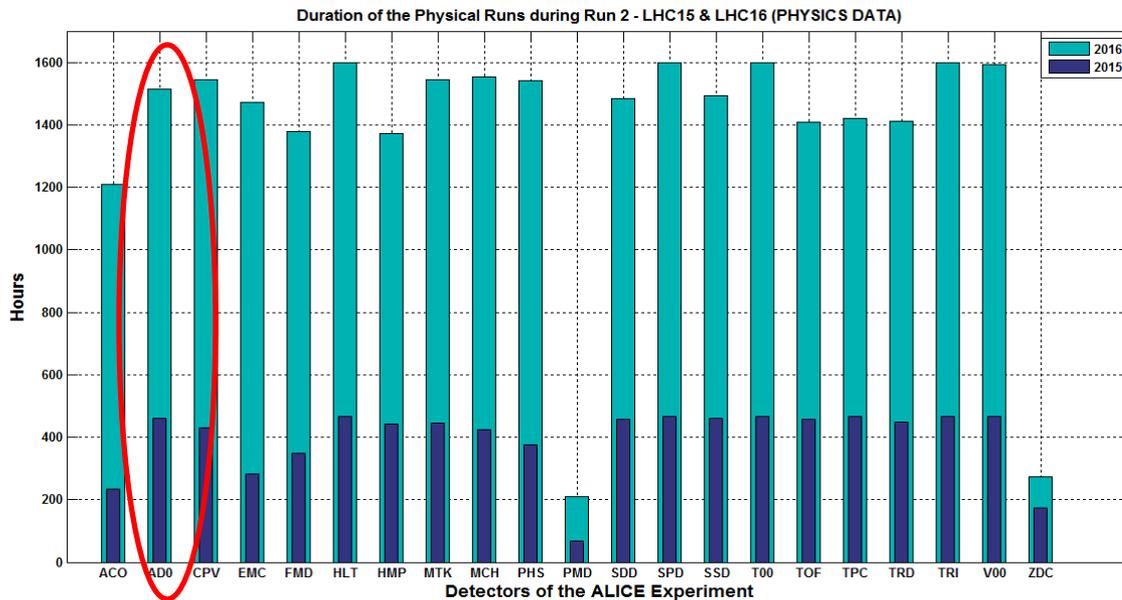


Figura 2. Gráfica de la duración en corridas físicas de los detectores del experimento ALICE durante los años 2015 y 2016



RESULTADOS - Physics Runs -

Número y duración de corridas físicas

- De acuerdo a los resultados de las gráficas anteriores se puede concluir que el detector AD:
 - Fue uno de detectores del experimento que más frecuentemente participó en las corridas del LHC durante 2015 y 2016 para toma de datos físicos.
 - Este detector tuvo un considerable número de horas de operación para datos físicos con respecto a los otros detectores.



RESULTADOS - Physics Runs -

End of Runs (EORs)

- Detectores y sistemas (internos y externos) que originaron EORs.
- Algunos EORs fueron automáticos durante la toma de datos, y otros fueron realizados por el operador debido a solicitudes explícitas o disturbios en los sistemas.

Relation of the Number of EOR generated by Detectors and Systems (PHYSICAL DATA)

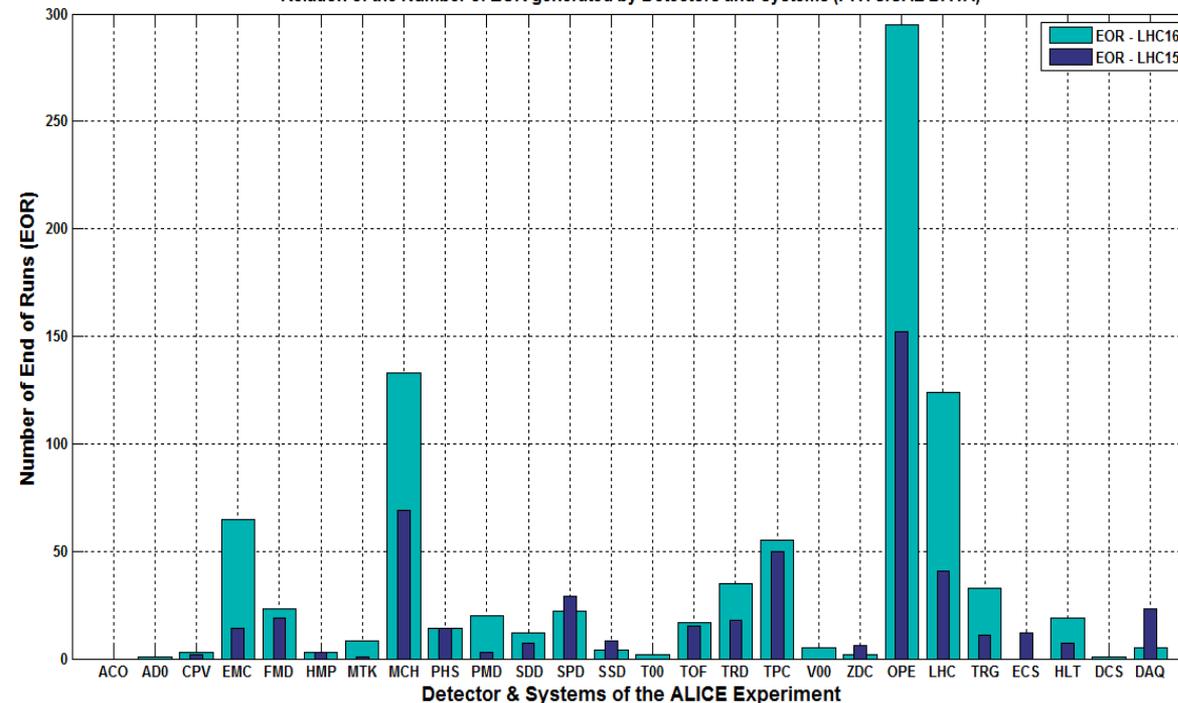


Figura 3. Gráfica del número de EORs originados por los detectores y sistemas en corridas físicas en el experimento ALICE durante 2015 y 2016



RESULTADOS - Physics Runs -



Eficiencia de la Toma de Datos (DTE)

La eficiencia de la toma de datos (DTE) es calculada, para cada *fill*, como la razón entre el tiempo de duración de las corridas en el *fill* y el tiempo que los haces fueron declarados como estables.

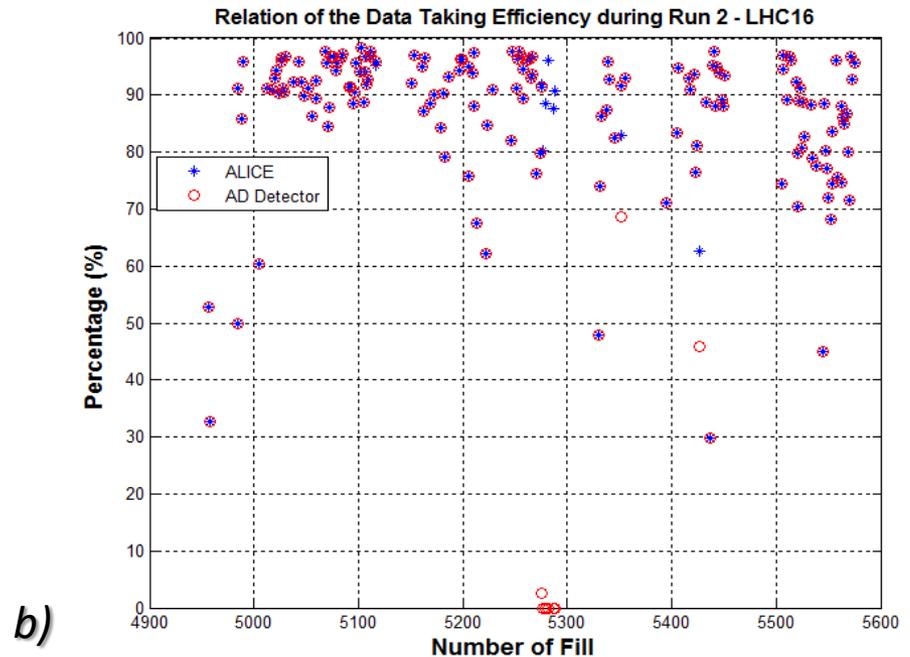
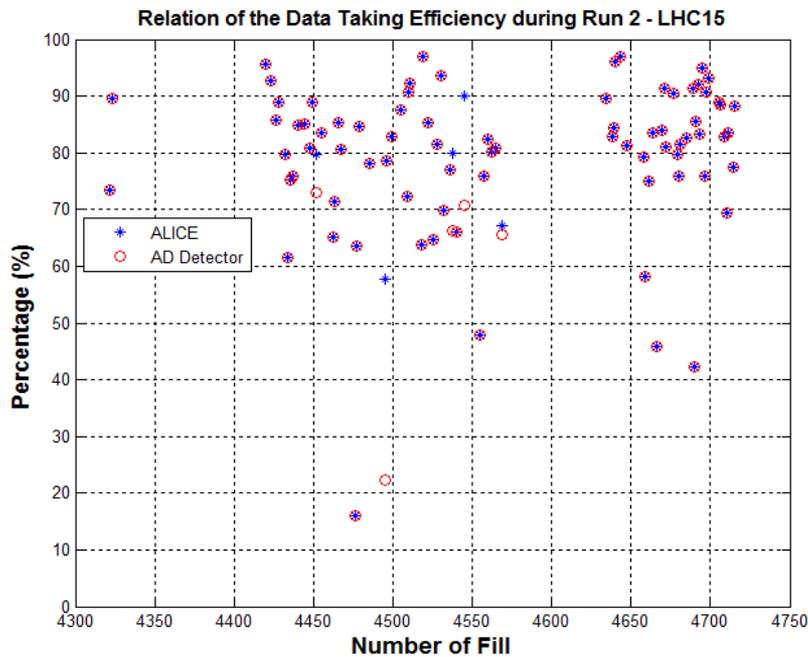
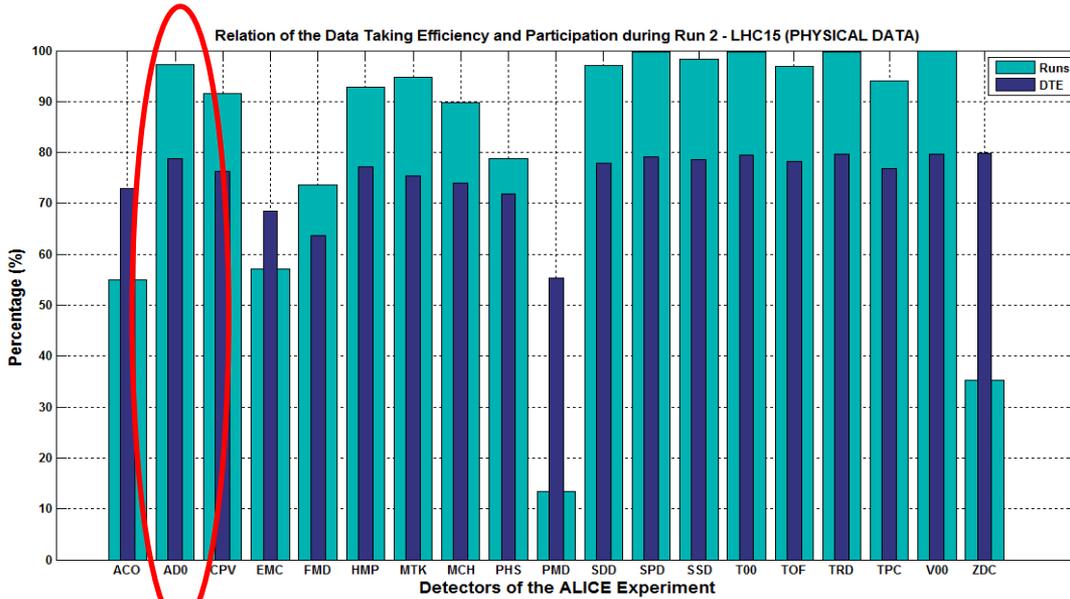


Figura 4. Gráficas comparativas de la eficiencia del experimento ALICE y detector AD durante cada inyección de haz para las corridas físicas del LHC durante: a) 2015, y b) 2016



RESULTADOS - Physics Runs -

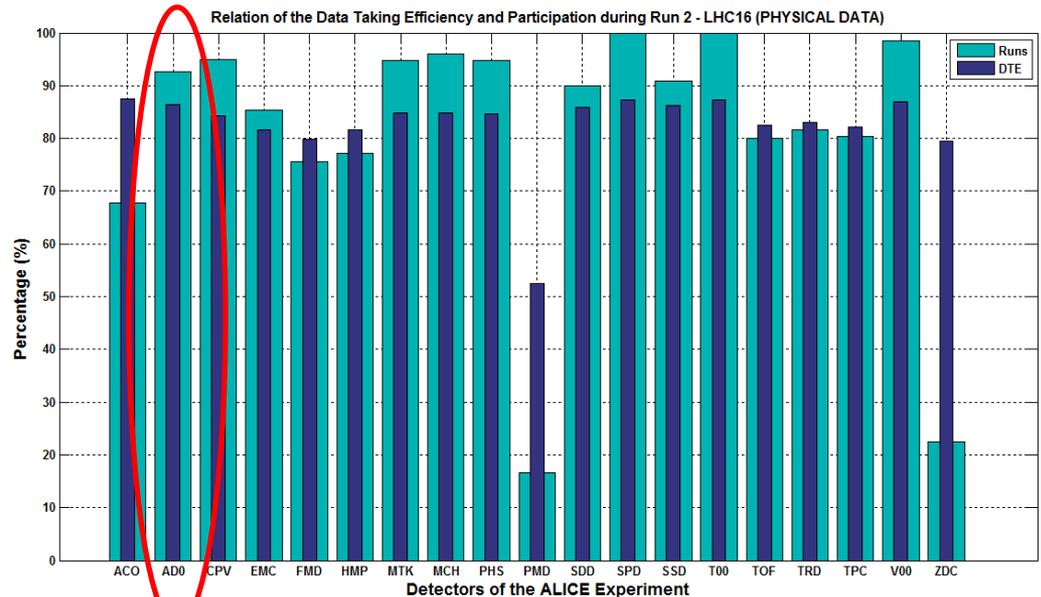


Eficiencia de la Toma de Datos (DTE)

a)

b)

Figura 5. Porcentaje de la eficiencia de la toma de datos (DTE) y participación estandarizada de los detectores en las corridas físicas de la Run 2 durante: a) 2015 y b) 2016





RESULTADOS - Physics Runs -

Eficiencia de la Toma de Datos (DTE)

- Estas últimas gráficas muestran un buen balance entre la eficiencia (DTE) y el número de corridas del detector AD durante los años 2015 y 2016.
- Este detector presentó altos valores de eficiencia y un alto número de corridas.
- Algunos detectores tuvieron una eficiencia aceptable, pero su participación en las corridas es bajo, y viceversa; como los casos de los detectores PMD y ZDC.



RESULTADOS - Physics Runs -

Procedimiento Pausa y Reconfiguración (PAR)

El grupo de trabajo DAQ-ALICE estableció un procedimiento denominado PAR (Pause and Reconfiguration) para:

- Recuperación individual de los detectores en medio de una corrida activa, mediante el disparo de mensajes en los datos, cambios de estado en el DCS o comandos enviados por operadores (*shifters*) de ALICE.
- Monitorear detectores para verificar sus estatus y eventualmente recuperarlos, en caso de ser necesario.
- Mantener en buena condición , i.e. tomando datos, a los detectores que están en una corrida.



RESULTADOS - Physics Runs -



Procedimiento Pausa y Reconfiguración (PAR)

Figura 6. Lista de procedimientos PAR erróneos en el experimento ALICE para las corridas físicas durante el año 2015

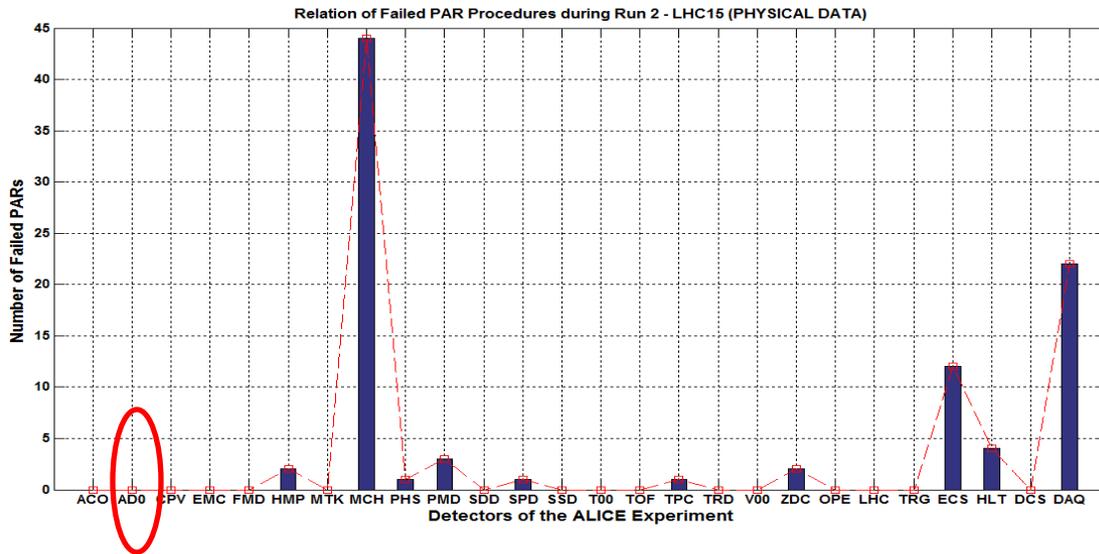
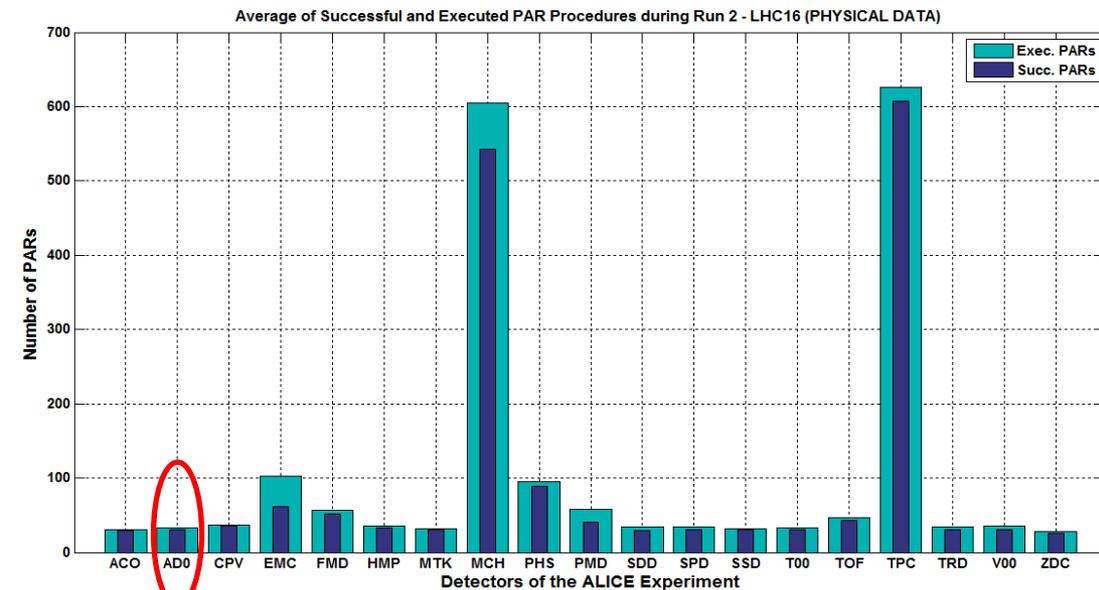


Figura 7. Número de procedimientos PAR exitosos y ejecutados en los detectores del experimento ALICE para las corridas físicas en el año 2016





RESULTADOS - Physics Runs -

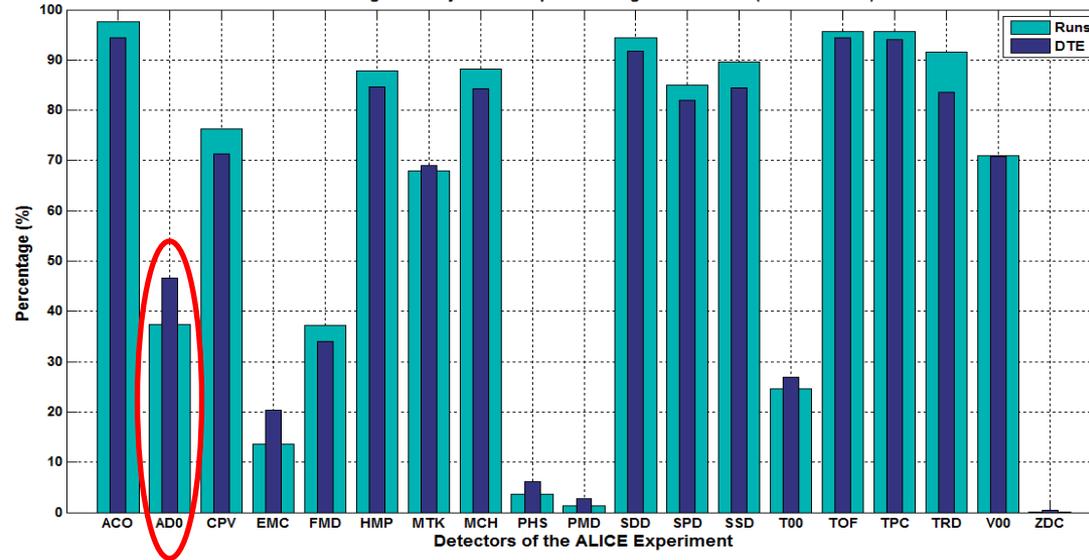
Procedimiento Pausa y Reconfiguración (PAR)

- La mayor parte de los PARs con resultados erróneos durante 2015 fueron debido a los detectores MCH, PMD y HMPID; así como los sistemas ECS, DAQ y HLT, principalmente.
- Durante 2016, los principales detectores que originaron acciones PARs fueron: MCH, TPC, EMCAL, PHOS, y PMD, principalmente. Mientras que los detectores PMD y EMCAL fueron los menos eficientes en los casos de éxito de los PARs ejecutados en ese año.



RESULTADOS - Cosmics Runs -

Data Taking Efficiency and Participation during Run 2 - LHC15 (COSMIC DATA)

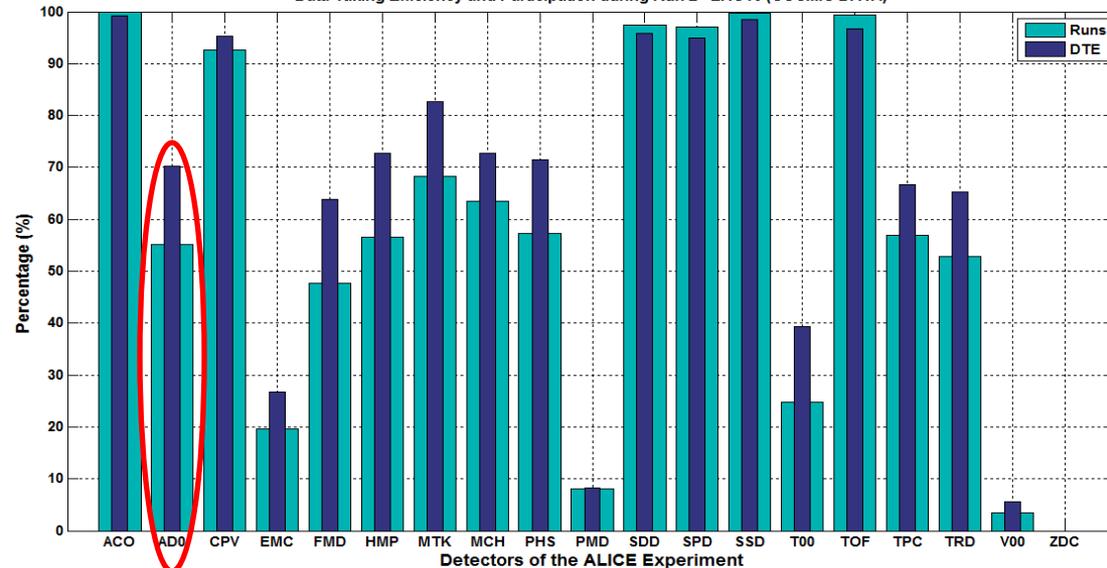


Eficiencia de la Toma de Datos (DTE) & Porcentaje de Participación

a)

Figura 8. Gráficas del porcentaje de la eficiencia de toma de datos y porcentaje de participación de los detectores ALICE en las corridas de rayos cósmicos durante los años: a) 2015, y b) 2016.

Data Taking Efficiency and Participation during Run 2 - LHC16 (COSMIC DATA)



b)



RESULTADOS - Cosmics Runs -



End of Runs (EORs)

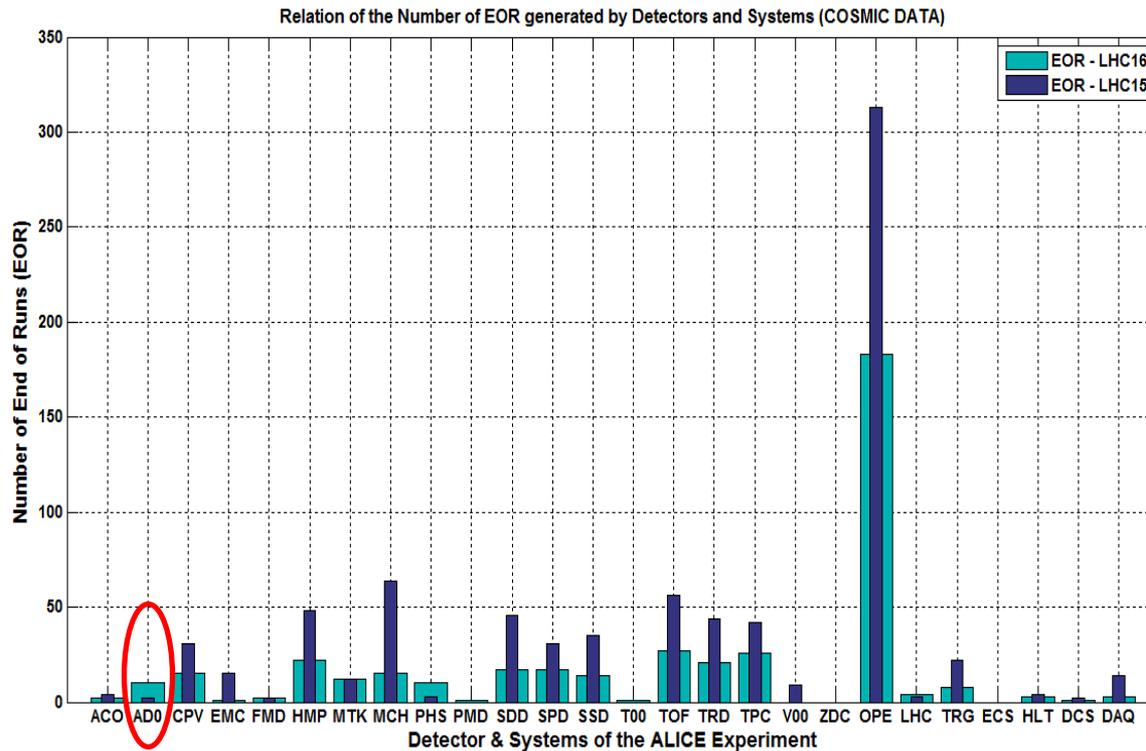
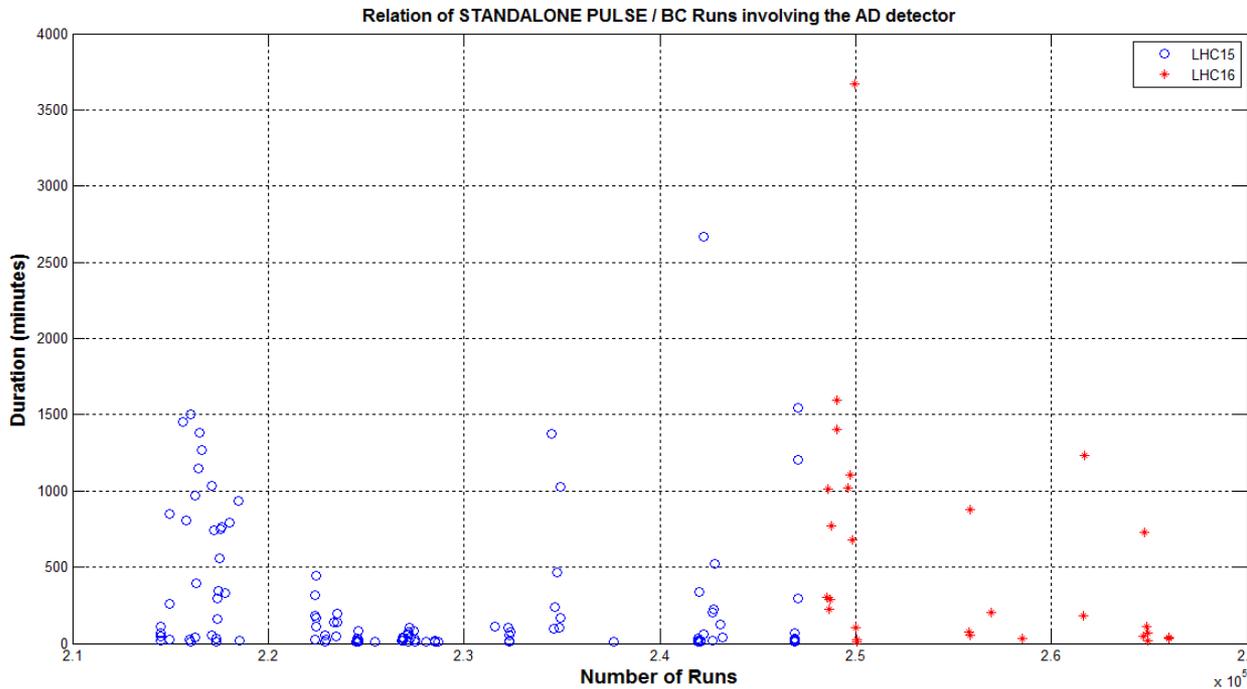


Figura 10. Gráfica del número de EORs que generaron los detectores y sistemas internos y externos del experimento ALICE en las corridas con rayos cósmicos durante los años 2015 y 2016 and 2016



RESULTADOS - Standalone Runs -

Número de corridas Standalone Pulse/BC



• Una alta participación del detector AD en corridas STANDALONE PULSE / BC, tienen como objetivo:

Calibrar los valores correctamente de los parámetros más relevantes del detector.

Optimizar el desempeño.

Figura 9. Gráficas de las corridas STANDALONE PULSE/BC en las que participa el detector AD durante los años 2015 y 2016



RESULTADOS

Año	LHC15	LHC16
No. de Inyecciones de Haz (Fills)	86	162
Periodo de Inyecciones de Haz (Fills)	i, j, k, l, n, o	h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t
No. de Corridas (Runs)	486	883
No. de Fin de Corridas (EORs)	504	901

Tabla 4. Resultados generales de las corridas físicas de los detectores del experimento ALICE durante 2015 y 2016

Año	LHC15	LHC16
Duración (minutos)	64,844.33	53,821.95
No. de Corridas (Runs)	589	340
No. de Fin de Corridas (EORs)	802	414

Tabla 5. Resultados generales de las corridas cósmicas de los detectores del experimento ALICE durante 2015 y 2016



CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE PARÁMETROS

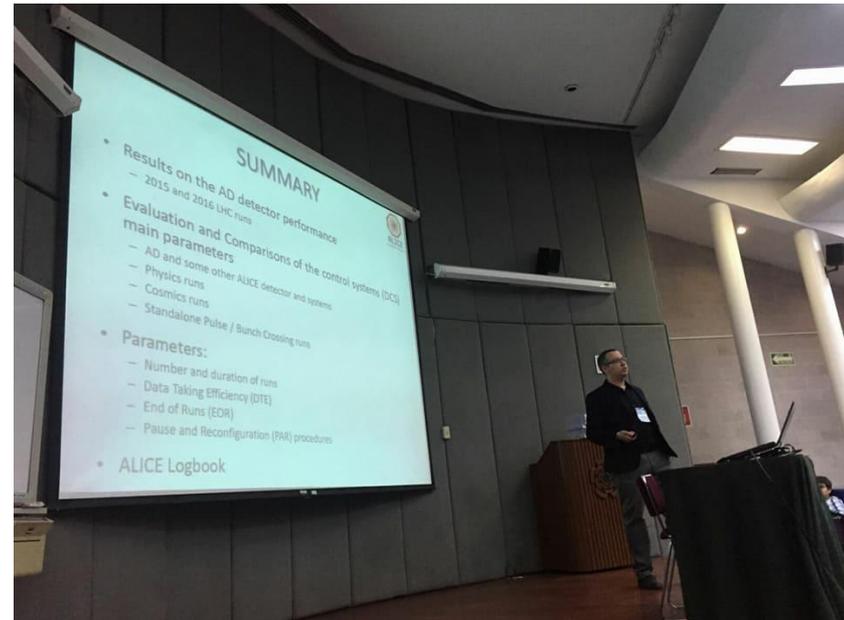
- El DCS del detector AD fue integrado al DCS central del experimento ALICE para permitir el control y monitoreo de sus subsistemas integrados. Este detector fue **completamente funcional** desde los inicios de la Run 2 del LHC en Marzo de 2015.
- El desempeño del DCS de AD fue comparable con los otros detectores de ALICE (TPC, SPD, TRD, etc.). En términos de *eficiencia* de toma de datos y *porcentaje de participación* en corridas de tipo físicas, rayos cósmicos y *standalone*.



3. REUNIÓN ANUAL DE LA DIVISIÓN DE PARTÍCULAS Y CAMPOS 2017



- Se participó en la XXXI Reunión Anual de la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física.
- Ponencia “Performance Analysis of the AD Detector Control System in the ALICE Experiment”.
- CINVESTAV CDMX
24 -26 de Mayo 2017



09:00	México-CERN relationship: recent ALICE result	Prof. Gerardo HERRERA CORRAL
	<i>José Ádem Auditorium, Cinvestav-Zacatenco</i>	09:00 - 09:30
	The ALICE experiment upgrades for LHC Run III and beyond: contribution from mexican groups	Dr. Lizardo VALENCIA PALOMO
	Revealing the source of the radial flow patterns in proton-proton collisions using hard probes	Dr. Héctor BELLO
10:00	Performance Analysis of the AD Detector Control System in the ALICE Experiment	Mr. Juan Carlos CABANILLAS
	Topological Susceptibility under Gradient Flow	Mr. Ilya Oreste SANDOVAL CÁRDENAS



4. ARTÍCULOS ESCRITOS UML-DCS

- Se trabajó en la escritura de dos artículos relativos a la aplicación de la ingeniería de software en el área de diseño e implementación de sistemas de control de detectores de altas energías.
- Se contó con la asesoría del Dr. René Rodríguez Z. en la revisión de estos documentos.
- Propuesta de revistas para publicar:

Revista	Periodicidad / Costos	Indexado
International Journal of Computer Science and Information Security IJCSIS	Mensual 2-3 semanas para responder @ \$90-120 dls	Academia.edu Copernicus DOAJ CiteFactor, etc
International Journal of Advanced Computer Science and Applications IJACSA	Mensual @ 2-3 semanas para responder @ \$ 300-350 dls	Thomson Reuters Emerging Sources Citation Index IET Inspect Direct EBSCO Host Copernicus, etc

4. ARTÍCULOS ESCRITOS UML-DCS

Analysis of Requirements for the Design of a Detector Control System in the ALICE Experiment

Juan Carlos Cabanillas Noris
Ingeniería de Matemáticas
Autonomous University of Sinaloa
Culiacán, Mexico

Mario Ivan Martinez H
Faculty of Mathematics-Physical
Science
Autonomous University of Puebla
Puebla, Mexico

Ildefonso Leon Monzon
Faculty of Mathematics-Physical
Science
Autonomous University of Sinaloa
Culiacán, Mexico

Abstract— The obtaining and managing requirements are fundamental aspects for software engineering in the development of a system. Because precise knowledge of what a system to design requires is a principle that unquestionably marks the success or failure of a software development. This article focuses on the requirements workflow pertaining to the Rational Unified Process (RUP) with the objective of elaborating a proposal for a development model for a detector control system in a High Energy Physics (HEP) experiment. First a brief description of a wide diversity of elements and aspects to be considered in the design of a detector according to its characteristics is presented. Subsequently, general definitions of requirements analysis in the design of a Detector Control System (DCS) are shown. Finally, characteristics, functional and non functional requirements; and use cases of main actors involved in the design, implementation and operation of this software system are specified. This requirements study has been applied and particularized for integration of the AD (ALICE Diffractive) detector in the ALICE (A Large Hadron Collider) experiment for the LHC (Large Hadron Collider) Run 2 belonging to European Organization for Nuclear Research (CERN).

Keywords— ALICE; CERN; Detectors; JCOP; LHC; Requirements; Software engineering.

I. INTRODUCTION

The design, simulation, construction, installation, commissioning and operation of a detector for HEP experiments are usually quite complex, depending on different features. In addition to large number of detectors and subdetectors that need to be controlled by ALICE control systems, there are also huge conceptual and structural differences among them, such as: types of events to be analyzed with particles collisions or cosmic rays, dimensions, materials (semiconductors, scintillator plastics, gas chambers), parameters to be monitored (temperature, radiation, magnetic field, position, cryogenic system, etc.), type of control actuators (cooling, high and low voltage channels, gas system, etc.), infrastructure, number of readout channels, among others [1-12].

Because of systems complexity and diversity that make up a high energy experiment, the development of a definition and requirements analysis of a software system to control a detector should consider the plurality elements that could intervene; but always ruled to normatively and guidelines of regulatory organisms. *ALICE Controls Coordination (ACC)* is the responsible group of operating and maintaining ALICE

experiment control system [13-20] together with DCS experts of the detectors. In the meantime *Joint Controls Project (JCOP)* service group is collaboration between CERN and the four LHC experiments [13-20], in which a number of common tools and components are discussed and developed to be implemented in control systems, such as *framework* called *JCOP Framework* [21-23]. Some previous references of standardization proposals and modeling of the control system of detectors (DCS) of other experiments different than LHC can be found in [24-25].

II. DESIGN ASPECTS IN THE EXPERIMENTAL SYSTEM

Before starting with requisition of design needs of a detector control system (DCS) in the ALICE experiment, it is necessary to analyze main elements with which interacts, as well as collaborative general environment between them. Similarly, interactions between the control system (DCS) and other online systems as: Trigger (TRG), acquisition system (DAQ) and High Level Trigger (HLT) are synchronized by the Experiment Control System (ECS) [18].

Initially, more than 100 individual subsystems are connected to a distributed central system, sharing ALICE control and data [26]. Therefore, each of 19 subdetectors in the ALICE experiment acts as an autonomous control system; which permits each subdetector to be controlled independently of the others. Normatively, the *CERN Control Center (CCC)* of the LHC and its four main experiments use a standardized *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* platform called *WinCC-OA (Open Architecture)* ® of ETM company [27-33].

Devices and equipment that compose the hardware of the subdetectors are: power supply and its cards for high and low voltage, sensors, actuators, *Programmable Logic Controllers (PLCs)*, *Front End Electronic (FEE)* modules, communications networks, *Embedded Local Monitor Board (ELMB)*, mainly [34-35].

A. Context model

A context model is a general architectural representation of the interactions data flow between the system and external entities with which it can interact; also this model provides a system overview, without showing details of its internal

- ❑ Conceptos básicos de los detectores
- ❑ Aspectos a considerar en el diseño del DCS para HEP (ALICE)
- ❑ Revisión del análisis de requerimientos
 - RUP, UML
 - Actores, Objetivo, Justificación
- ❑ Descripción de Actores (características, RF, RNF, casos de uso tabular y diagrama)

4. ARTÍCULOS ESCRITOS UML-DCS

Application of a Software Engineering Methodology in the Control System Design of a Single Detector in the ALICE Experiment

First A. Author, Fellow, IEEE, Second B. Author, and Third C. Author, Jr., Member, IEEE

Abstract— This document presents the development of a methodology to model the design and operation processes of a control software required for a single detector in the ALICE (A Large Ion Collider) experiment at the Large Hadron Collider (LHC) applying software engineering techniques. This proposal uses Rational Unified Process (RUP) to model a control system of a detector considering the workflow of requirements, analysis, coding and tests for all phases of this model. Firstly a brief description of the control system architecture and main aspects of the experiment is presented. Subsequently, the results of RUP workflows are presented, such as: analysis and design requirements. The description of these workflows in RUP is done through application of associated UML models. Finally, operation and performance of this modeling methodology of the control system for AD (ALICE Diffractive) detector installed in the experiment are evaluated. This analysis is a way to know the impact and relevance of the detector control system (DCS) for the performance of the AD detector and, in general, of the ALICE experiments.

Index Terms—ALICE, CERN, Detectors, JCOP, LHC, RUP, UML Diagrams.

I. ALICE EXPERIMENT

The ALICE experiment is dedicated to the study of strongly interacting matter, by means of heavy ion (Pb) collisions. This experiment is designed to study matter at extreme energy densities, when the state of the matter known as the *Quark-Gluon Plasma* (QGP) is formed and where the quarks and gluons are free in a very small region of space-time [1]. The ALICE collaboration studies how the quark-gluon plasma expands and cools down, and how progressively gives rise to other particles (like photons, protons, electrons, pions,

kaons, etc.).

ALICE detector weighs approximately 10,000 tons and is 26 m long, 16 m high and 16 m wide. The experiment is located in a cavern below ground level, near St Genis-Pouilly community in France. The ALICE collaboration has more than 1,000 scientists from more than 100 physics institutes in 30 countries. Currently, the ALICE experiment is composed of 19 detectors for operation during the Run 2 of LHC that started in march 2015 and will end up in december 2017.

II. DETECTOR CONTROL SYSTEM (DCS)

A. General description

One of the key systems of this experiment is the ALICE control system, which performs all control activities in order to ensure safe and proper operation of this experiment [2]. The ALICE control system consists of four online systems: *Detector Control System* (DCS), *Data Acquisition* (DAQ), *Central Trigger Processor* (CTP) and *High Level Trigger* (HLT), interconnected through the *Experiment Control System* (ECS).

In particular, the DCS allows the operator of the experiment to control, monitor and configure the experimental equipment from a single workspace, called *ALICE Run Control Center* (ALICE RCC) using a graphical interface. Similarly, the DCS communicates the ALICE experiment with various services and systems, for example: LHC accelerator, cooling, electricity, magnets, security, among others; it also provides feedback to them.

The DCS is a coherent and homogeneous system that eases the integration of hardware, software or firmware of the subdetectors. To this purpose it has been necessary to develop DCS common templates for *general aspects* (hierarchical system and partitions, distribution networks, naming conventions) as well as for *technical issues* (libraries and drivers for common devices, templates for user interfaces and finite state machines, behavior and reaction of the alarm levels, access control) [3]. Finally, DCS is flexible and scalable to allows changes in the experiment during its lifetime.

B. SCADA software

The *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) system named WINCC-OA from the ETM company was chosen as the central software for control systems

- ❑ Conceptos básicos del experimento (Sistemas en línea, Frameworks, Software)
- ❑ Arquitectura de Capas
- ❑ Modelos RUP, UML
- ❑ Especificación de Requerimientos (Casos de uso)
- ❑ Modelo de Análisis
- ❑ Modelo de Diseño
- ❑ Aplicación a un detector HEP
- ❑ Resultados de Desempeño

Cabrerillas-Noris J. C. is with Informatics Faculty, Autonomous University of Sinaloa (UAS), Joséfa Ortiz de Domínguez S/N Culiacan Rosales, Sinaloa, Mexico, CP: 80013 (phone: +52 667 716 13); e-mail: juan.carlos.cabrerillas.noris@uasm.mx

Martínez-Hernández M. I. is with Faculty of Mathematics-Physical Sciences, Autonomous University of Puebla (BUAP), Cd. Universitaria, 72570 Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, Mexico (phone: +52 222 229 5500, e-mail: mario.martinez.hernandez@uap.mx)

Latorre-Morales I. is with Faculty of Mathematics-Physical Sciences, Autonomous University of Sinaloa (UAS), Calle Universitaria Ote, Culiacan Rosales, Sinaloa, Mexico, CP: 80010 (phone: +52 667 758 1403); e-mail: ildelfonso.latorre.morales@uasm.mx

The authors are members of the ALICE Experiment collaboration in the Large Hadron Collider (LHC).



5. SERVICE TASK

- Se elaboró un reporte en formato de artículo de los avances actuales del proyecto.
- Falta por terminar:
 - Implementar y evaluar el desempeño del simulador en un servidor de ALICE.
 - Modificar el tipo de base de datos para incrementar las prestaciones del software.

ALICE DCS Archiving Simulation

First A. Author, *Fellow, IEEE*, Second B. Author, and Third C. Author, Jr., *Member, IEEE*

Abstract— This document aims to present current advances of the DCS archiving simulator that reproduces the sending of conditional data generated by the detectors that integrate ALICE (A Large Ion Collider) experiment. First, application of the Rational Unified Process (RUP) model is described, considering its workflows in the modeling and design of the simulator software system. Also, simulator requirements are analyzed from point of view of software engineering. Likewise, in this work, the use of Unified Modeling Language (UML) is used to declare workflows of RUP. Afterwards, details of simulator implementation are explained applying WinCC-OA® SCADA software, including features and behavior parameters, types of simulation, user panels, and general operation of this simulator. Finally, types of results that system throws are shown.

Index Terms—ALICE, Archiving, Database, DCS, RUP, Simulator, UML.

I. INTRODUCTION

The Detector Control System (DCS) in the ALICE experiment interacts with many systems and service, both internal and external to ALICE. A major interaction with the DCS is online systems, including the Experiment Control System (ECS). The DCS also controls and monitors the detector devices, provides configuration data to and from the *configuration database* and stores acquired values in the *archival database*. Figure 1 shows the context model of the ALICE central DCS [1].

The DCS system allows continuous and asynchronous monitoring, as well as storing *online conditional parameters* of the detectors when experiment is running. These conditional data provide information regarding to detector status and its environment, in addition to physics data reconstruction [2-6]. Some examples of these data are: voltages and currents for high voltage (HV) and low voltage (LV), electronics values, temperature and gas pressure values, among others. Initially, these conditional values are stored in

the *archive database*, and by using a system called *Shuttle* are finally transferred to the *Off-line Conditions Database (OCDB)* [4]. This database allows storing historical values of specific parameters (which are not directly related to the physical data) and using trending plots.

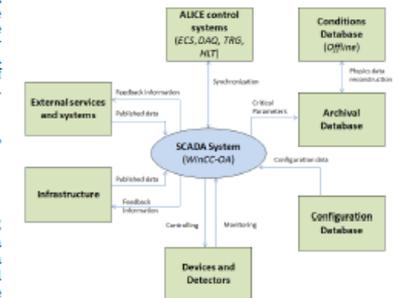


Fig. 1. Context model of the ALICE central DCS

WinCC-OA® software from the ETM Company was chosen as the central software for control systems development in the LHC experiments [7]. Device data in a DB WinCC OA is called *Data Point (DP)* of a predefined *Data Point Type (DPT)*. WinCC OA permits modeling devices using DPTs / DPs / DPEs. DPs are similar to the instantiated objects of DPT class in an oriented to objects terminology. The individual variables are referred like *Data Point Elements (DPE)*. For each DPE a lot of parameters are stored, among them: *value, timestamp* and *flags*.

At least at the beginning and end of each run, conditional data are sent to *archive database*, and then to the *offline conditions database*. The expert in the detector can configure the DCS to define archiving characteristics; either for a given period of time or when values of the selected parameters are outside certain allowed ranges.

A special service called AMANDA allows retrieving the *conditional data* from *archive database* and sends them to the *Shuttle* [2-6]. In addition, the *Shuttle framework* performs other activities, among which are: a) copy the produced data by DAQ, DCS, and HLT systems of each detector, b) standardize information to a ROOT format [8], c) store in the

Ceballos-Noris J. C. is with Informatics Faculty, Autonomous University of Simolao (UAS), Josefa Ortiz de Domínguez S/N Culiacan Rosales, Simolao, Mexico, CP. 80013 (phone: +52 667 716 13; e-mail: juan.carlos.ceballos.noris@uas.mx).

Martínez-Hernández M. I. is with Faculty of Mathematics-Physical Sciences, Autonomous University of Puebla (BUAP), Cd. Universitaria, 72570 Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, Mexico (phone: +52 222 229 5500; e-mail: mario.martinez.hernandez@uas.mx).

León-Mouzon I. is with Faculty of Mathematics-Physical Sciences, Autonomous University of Simolao (UAS), Calle Universitarias Ota, Culiacan Rosales, Simolao, Mexico, CP. 80010 (phone: +52 667 736 1403; e-mail: ildelfonso.leon.mouzon@uas.mx).

The authors are members of the ALICE Experiment collaboration in the Large Hadron Collider (LHC).



6. CONCLUSIONES

- Escritura y Revisión de Tesis – **Terminado**
- Publicación en una revista JCR/Indexada – **Terminado**
- Service Task de ALICE – **Realizando**
Última etapa – Estancia CERN
- Publicación de un artículo científico – **Realizando**
- Presentar examen de grado – **Pendiente**



REFERENCIAS



- [1] ALICE Collaboration (2008). The ALICE experiment at the CERN LHC. Journal of Instrumentation, Volume 3.
- [2] ALICE Collaboration (2004). ALICE Technical Design Report of Trigger, Data Acquisition, High-Level Trigger and Control System. CERN LHCC-2003-602- ALICE TDR 10.
- [3] Fukunaga, C. (2000). Standardization of Detector Control Systems. Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39 (2000), pp. 1898-1902.
- [4] ETM Company (2017). [Online Website]. Available in: www.etm.at [Consultation: April 2017].
- [5] ALICE Collaboration (1998). Detector Control System for an LHC experiment - User Requirements Document. ALICE-INT-1998-03, CERN ALICE-INT-1998-03.
- [6] Daneels, A. and Salter, W. (1999). Selection and evaluation of commercial SCADA systems for the controls of the Cern LHC experiments, Proceedings of the ICALEPCS99 conference, Trieste Italy. <http://cdsweb.cern.ch/record/532627>
- [7] JCOP Framework Team (2010). JCOP Framework Sub-Project Guidelines and Conventions. CERN. Version 1.3. Recovered from: <https://edms.cern.ch/ui/file/1100577/1.3/jcopFrameworkGuidelines.pdf>
- [8] Gaspar, C (2001). JCOP Framework, Hierarchical Controls: Configuration & Control. CERN. Version 1. Recovered from: <http://lhcb-online.web.cern.ch/lhcb-online/ecs/fw/FSMConfig.pdf>
- [9] Burkimsher, P. (2014). WinCC-OA and the JCOP Framework Part 3 (Framework). WinCC-OA 3.11 & JCOP-Framework Course. CERN.
- [10] Burkimsher, P. (2014). WinCC-OA and the JCOP Framework Part 4 (Framework). WinCC-OA 3.11 & JCOP-Framework Course. CERN.
- [11] Holme et al (2005). The JCOP Framework. Proceedings of ICALEPCS2005. Geneva, Switzerland.
- [12] Chochula et al (2013). Operational Experiences with the ALICE Detector Control System. Proceeding of ICALEPCS2013, San Francisco, CA, USA. FRCOAAB07.
- [13] Chochula et al (2015). The Evolution of the ALICE Detector Control System. Proceeding of ICALEPCS2015, Melbourne, Australia. Recoverd from: <http://icalepcs.synchrotron.org.au/papers/thha3o01.pdf>
- [14] Chochula et al (2010). The ALICE Detector Control System. IEEE Transactions On Nuclear Science, Vol. 57, No. 2.
- [15] Chochula et al (2012). The Design and Operation of the Detector Control System of the ALICE Experiment at CERN. [Real Time Conference \(RT\), 2012 18th IEEE-NPSS.](#)



REFERENCIAS



- [16] Augustinus et al (2011). Computing Architecture of the ALICE Detector Control System. Proceedings of ICALEPCS2001. Grenoble, France. p. 134-136. Recovered from:
<https://accelconf.web.cern.ch/accelconf/icalepcs2011/papers/mopkn018.pdf>
- [17] Augustinus et al (2011). The Wonderland of Operating the ALICE Experiment. Proceedings of ICALEPCS2011. Grenoble, France.
- [18] ALICE DCS group (2008). The Standard DCS User Interface in ALICE. Ver. 3.0.7. Recovered from:
http://alicedcs.web.cern.ch/alicedcs/Software/Downloads/AliceDcsUi_v3.0.pdf
- [19] Architecture Working Group (2001). Framework Design Proposal. LHC Experiments' Joint Controls Project. Ver. 4.0. Issue. 1. CERN-JCOP-2000-007. Recovered from:
<https://wikis.web.cern.ch/wikis/download/attachments/14778736/AWGReport.pdf?api=v2>
- [20] Rodríguez-Penin, A. (2013). Sistemas SCADA. Alfaomega Editorial. Third edition. Mexico.
- [21] Cali et al (2007). The ALICE Silicon Pixel Detector Control System and Online Calibration Tools. Proceeding of 12th Workshop on Electronic for LHC and Future Experiment (LECC06). Valencia, Spain.
- [22] Beltrán, D. and González, M. (2003). A proposal for Modeling the Control System for the Spanish Light Source in UML. Proceedings of ICALEPCS2003. Gyeongju, Korea. p. 264-268. 2003.
- [23] Chochula, P. (2016) User's Guide to ALICE Detector Control System. Part 1: Introduction to DCS. Version 1.1. The ALICE DCS Training Course. Recovered from: <http://espace.cern.ch/alicecontrols>
- [24] Chochula, P. (2016). User's Guide to ALICE Detector Control System. Part 2: System Components and Shifter Instructions. Version 1.4. The ALICE DCS Training Course. <http://espace.cern.ch/alicecontrols>
- [25] Mercado-Pérez, J. (2008). Development of the control system of the ALICE Transition Radiation Detector and of a test environment for quality-assurance of its front-end electronics. PhD thesis. CERN-THESIS-2008-141. Universitat Heidelberg.
- [26] Cabanillas, J.C., Martínez, M. I. and León, I. (2016) A Large Ion Collider Experiment (ALICE) Diffractive Detector Control System for RUN-II at the Large Hadron Collider. International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering. Vol: 10, No: 3.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



DIAPPOSITIVAS ADICIONALES

DATA TAKING EFFICIENCY

- Quantify the success of the experiment's data taking activities

$$E_{fill} = \frac{\sum(Rd - Rp)}{Fsb - Fusb} \cdot 100$$

Where:

- *Rd*: run duration, given by the difference in seconds between the stop and the start of the trigger online subsystem;
- *Rp*: run pause duration, period in seconds during the run in which the data taking was paused;
- *Fsb*: fill stable beams duration, given by the difference in seconds between the declaration of stable beam conditions and the end of the fill;
- *Fusb*: fill unusable stable beams duration, period during a fill in which - even if declared as stable - the LHC beam was unusable for data taking (e.g. high background noise).

TRABAJOS PUBLICADOS

- 1) Cabanillas J.C., Martínez M.I., León M. ALICE Diffractive Detector Control System for Run-II in the ALICE Experiment. Journal of Physics: Conference Series 761 (2016) 012025.

<http://iopscience.iop.org/1742-6596/761/1/012025>

IOPscience iopscience.iop.org

Home Search Collections Journals About Contact us My IOPscience

ALICE Diffractive Detector Control System for RUN-II in the ALICE Experiment

This content has been downloaded from IOPscience. Please scroll down to see the full text.

[View the table of contents for this issue](#), or go to the [journal homepage](#) for more

Download details:

IP Address: 128.141.47.188
This content was downloaded on 21/10/2016 at 08:42

Please note that [terms and conditions apply](#).

MWPF IOP Publishing

Journal of Physics: Conference Series **761** (2016) 012025 doi:10.1088/1742-6596/761/1/012025

ALICE Diffractive Detector Control System for RUN-II in the ALICE Experiment

J C Cabanillas¹, M I Martínez², I León¹

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Josefa Ortiz de Domínguez S/N Culiacan Rosales, Sinaloa, México, CP: 80013
² Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Cd. Universitaria, 72570 Heróica Puebla de Zaragoza, Puebla, México

Email: juan.carlos.cabanillas.noris@cern.ch, mario.martinez.hernandez@cern.ch, ildefonso.leon.monzon@cern.ch

Abstract. The ALICE Diffractive (AD0) detector has been installed and commissioned for the second phase of operation (RUN-II). With this new detector it is possible to achieve better measurements by expanding the range of pseudo-rapidity in which the production of particles can be detected. Specifically the selection of diffractive events in the ALICE experiment which was limited by the range over which rapidity gaps occur. Any new detector should be able to take data synchronously with all other detectors and to be operated through the ALICE

TRABAJOS PUBLICADOS

2) Akiba K. LHC Forward Physics. J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 43 (2016) 110201 (5pp).

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0954-3899/43/11/110201/meta>

– Nota Interna: CERN-PH-LPCC-2015-001. SLAC-PUB-16364. DESY 15-167.

 CERN-PH-LPCC-2015-001
SLAC-PUB-16364
DESY 15-167

September 3 2015

LHC Forward Physics

Editors: N. Cartiglia, C. Royon
The LHC Forward Physics Working Group

K. Akiba²¹, M. Akbiyik¹, M. Albrow², M. Arneodo^{3,4}, V. Avati^{5,6}, J. Baechler⁶, O. Villalobos Baillie⁸⁷, P. Bartalini⁷, J. Bartels⁸, S. Baur¹, C. Baus¹, W. Beaumont⁹, U. Behrens¹⁰, D. Berge¹¹, M. Berretti^{6,12}, F. Bossini¹², R. Boussarie¹³, S. Brodsky¹⁴, M. Broz¹⁵, M. Bruschi¹⁶, P. Bussey¹⁷, W. Byczynski⁸¹, T. C. Cabanillas Noris¹⁸, E. Calvo Villar¹⁹, A. Campbell¹⁰, F. Caporale²², W. Carvalho²¹, G. Chachamis²², E. Chapon²³, C. Cheshkov²⁴, J. Chwastowski²⁵, R. Ciesielski²⁶, D. Chinellato⁸³, A. Cisek²⁵, V. Coco⁶, P. Collins⁶, J. G. Contreras¹⁵, B. Cox²⁷, D. de Jesus Damiao²¹, P. Davis²⁸, M. Deile⁶, D. D'Enterria⁶, D. Druzhkin^{29,6}, B. Ducloux^{30,31}, R. Dumps⁶, R. Dzhalilov⁸², P. Dziurdzia⁶, M. Eliachevitch¹, P. Fassnacht⁶, F. Ferro³², S. Fichtel³³, D. Figueiredo²¹, B. Field³⁴, D. Finogeev³⁵, R. Fiore^{29,36}, J. Forshaw²⁷, A. Gago Medina¹⁹, M. Gallinaro³⁷, A. Granik⁸², G. von Gersdorff³³, S. Giani⁶, K. Golec-Biernat^{25,38}, V. P. Goncalves³⁹, P. Göttlicher¹⁰, K. Goulianos²⁰, J.-Y. Grossord²⁴, L. A. Harland-Lang⁴⁰, H. Van Haevermaet⁹, M. Hentschinski⁴¹, R. Engel⁴², G. Herrera Corral⁴³, J. Hollar³⁷, L. Huertas²¹, D. Johnson⁶, I. Katkov¹, O. Kepka⁴³, M. Khakzad⁴⁴, L. Kheifets⁴⁵, V. Knatchatryan⁴⁶, V. A. Khoze⁴⁷, S. Klein⁴⁸, M. van Klundert⁹, F. Krauss⁴⁷, A. Kurepin³⁵, N. Kurepin³⁵, K. Kutak⁴⁹, E. Kuznetsova¹, G. Latino¹², P. Lebiedowicz²⁵, B. Lenzi⁶, E. Lewandowska²⁵, S. Liu²⁸, A. Luszczak^{25,38}, M. Luszczak²⁵, J. D. Madrigal⁵⁰, M. Mangano⁶, Z. Marccone³⁴, C. Marquet⁵¹, A. D. Martin⁴⁷, T. Martin⁵², M. J. Martinez Hernandez⁵³, C. Martins²¹, C. Mayer²⁵, R. Mc Nulty⁵⁴, P. Van Mechelen⁷, R. Macula²⁵, E. Melo da Costa²¹, T. Mertzimekis⁵⁵, C. Mesropian²⁶, M. Mieskolainen³¹, N. Minafra⁵⁶, I. L. Monzon¹⁸, Mundim²¹, B. Murdaca^{20,36}, M. Murray⁵⁷, H. Niewiadowski⁵⁸, J. Nystrand⁵⁹, E. G. de Oliveira⁶⁰, R. Orava³¹, S. Ostapchenko⁶¹, K. Osterberg³¹,

IOPscience iopscience.iop.org

Home Search Collections Journals About Contact us My IOPscience

LHC forward physics

This content has been downloaded from IOPscience. Please scroll down to see the full text.

View [the table of contents for this issue](#), or go to the [journal homepage](#) for more

Download details:

IP Address: 187.149.35.99
This content was downloaded on 06/01/2017 at 00:10

Please note that [terms and conditions apply](#).