

Título: PREPARACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DEL CHERENKOV TELESCOPE ARRAY: ANÁLISIS DE LST Y PERSPECTIVAS PARA EL ESTUDIO DE LA GRAN NUBE DE MAGALLANES

Nombre: Bernardos Martín, María Isabel

Universidad: Universidad Autónoma de Madrid

Departamento: Física teórica

Fecha de lectura: 22/07/2020

Programa de doctorado: Programa de Doctorado en Astrofísica por la Universidad Autónoma de Madrid

Dirección:

> **Director:** Carlos José Delgado Méndez

Tribunal:

> **presidente:** JOSELUIS CONTRERAS GONZALEZ

> **secretario:** Miguel Ángel Sánchez Conde

> **vocal:** JUAN CORTINA BLANCO

Descriptores:

> ASTRONOMIA Y ASTROFISICA

> RAYOS GAMMA

> FISICA DE ALTAS ENERGIAS

> TELESCOPIOS

El fichero de tesis ya ha sido incorporado al sistema

> <http://hdl.handle.net/10486/693927>

Localización: REPOSITORIO DE TESIS – BIBLIOTECA UAM

Resumen: La Red de Telescopios Cherenkov (Cherenkov Telescope Array (CTA) en inglés) es un proyecto que tiene como objetivo la construcción de un observatorio para la observación de rayos gamma de muy alta energía. Estará compuesto de alrededor de 100 telescopios de imagen de radiación Cherenkov atmosférica (Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes (IACTs) en inglés), de tres tipos (tamaño pequeño, mediano y grande), repartidos en dos emplazamientos, en los hemisferios Norte y Sur, con el propósito de poder cubrir todo el cielo. CTA ha sido diseñado con el objetivo de abarcar un rango de energías desde los 20 GeV hasta los 300 TeV, con una resolución energética y espacial sin precedentes, que le permitirán alcanzar una sensibilidad un orden de magnitud mayor que la actual generación de instalaciones que emplean la técnica de los IACTs.

Esta tesis está dedicada a dos frentes relativos a la preparación de CTA: La puesta en marcha del primer telescopio grande de CTA, el Large Size Telescope (LST); y el

estudio de la emisión de rayos γ en la Gran Nube de Magallanes (Large Magellanic Cloud (LMC) en inglés) con el objetivo de hacer predicciones de los resultados esperables que se obtendrán tras las observaciones con CTA de esta galaxia, tanto relativo a fuentes astrofísicas de rayos γ , como a una posible detección de señal de aniquilación de materia oscura.

La primera parte de la tesis se centra en el primer prototipo de LST, instalado en el emplazamiento Norte de CTA en la isla de La Palma, cuya primera luz tuvo lugar en Diciembre de 2018. Durante el trabajo de esta tesis, he participado en varias tareas relativas a la puesta en marcha del telescopio. Principalmente, me he dedicado al desarrollo de las herramientas de software para el análisis de los datos del LST, durante su tiempo de operación en solitario. La observación con un solo telescopio Cherenkov requiere de unas técnicas de reconstrucción de eventos específicas, por ello, ha sido necesario desarrollar todo un paquete de herramientas dedicado al LST1, como complemento al software oficial de CTA. Este software ha sido desarrollado y verificado utilizando simulaciones de Monte Carlo especialmente producidas para el LST y, posteriormente, ha podido ser aplicado con éxito a los datos reales recogidos con el LST1 a lo largo de las tres campañas de toma de datos de la Nebulosa del Cangrejo que tuvieron lugar entre Noviembre de 2019 y Febrero de 2020. En el capítulo 4 se presentó una descripción completa de la cadena de análisis, y se muestran sus resultados aplicada a simulaciones y a los datos reales del LST1. Además, he desarrollado un método alternativo para el cálculo de los parámetros de Hillas de las imágenes de cascadas Cherenkov, que no requiere la aplicación previa de un método de limpieza (o 'cleaning') de las imágenes, y permite recuperar información de cascadas con pocos fotones. Los resultados de este método comparados con el método tradicional, aplicado tanto a simulaciones como a datos reales son presentados también en este capítulo. Además, como trabajo complementario, he participado en algunas tareas relativas a la puesta en marcha de la cámara del LST1, cuya estructura mecánica y parte de la electrónica han sido diseñadas y construidas en el CIEMAT. Los apéndices B, C y D están dedicados a estas tareas, que consistieron en una caracterización de los Application-Specific Integrated Circuits (ASICs) del nivel L1 del sistema de trigger del telescopio, y a la calibración del de dicho sistema de trigger. La segunda parte de esta tesis está dedicada a una caracterización de la emisión en rayos γ de la LMC a las energías observables por CTA. El estudio detallado de esta galaxia, con más de 300 horas de observación asignadas, es uno de los principales proyectos científicos de CTA. Para poder hacer una estimación de los resultados científicos que se obtendrán con este proyecto, ha sido necesario hacer una recopilación de la información obtenida por otros telescopios (tanto en rayos γ como en otras longitudes de onda) de la LMC con el objetivo de construir un modelo de emisión extrapolado a las energías de CTA. El modelo de emisión construido contiene fuentes conocidas de rayos γ , como Nebulosas de Viento de púlsar (Pulsar Wind Nebulae (PWNe)) o remanentes de supernova (Supernova Remnants (SNRs)) detectadas por otros telescopios (H.E.S.S. y Fermi-LAT), una emisión difusa de rayos γ producida por la interacción de rayos cósmicos con el medio interestelar, y una población sintética

de PWNe producida con el objetivo de estimar el número de nuevas fuentes de este tipo que podrán ser detectadas por CTA. Este modelo de emisión ha sido utilizado para realizar simulaciones de las observaciones con CTA de la región de la LMC, que después se han ajustado al modelo utilizando un método de máxima verosimilitud para obtener estimaciones de la sensibilidad de CTA a la detección de las diferentes fuentes. El modelo de emisión y los resultados de este ajuste han sido utilizados posteriormente, como un fondo sobre el que estudiar de las posibilidades de CTA para detectar una señal de materia oscura producida por la aniquilación de partículas pesadas que interactúan débilmente (Weak Interacting Massive Particles (WIMPs)) en la LMC. La descripción del modelo de emisión desarrollado y de las técnicas de simulación y ajuste, así como los resultados obtenidos están contenidos en el capítulo 5 de esta tesis.

A modo de introducción y puesta en contexto de la temática de la tesis, los tres primeros capítulos están dedicados al estado-del-arte de la astrofísica de rayos γ (capítulo 1), las técnicas de detección y actual generación de telescopios de rayos γ (capítulo 2), y a una descripción detallada de CTA (capítulo 3).