

Abstract

The student worked in a team with Vitorrio Nurzia, the Systems and Optics chief, and astronomer Pascale Hibbon. The objective of this project was to create tools to be able to monitor the performance of the Very Large Telescope (VLT). Monitoring performance indicators of the telescope is a critical factor in achieving the goal of having the best possible instruments and technology for astronomic research. For this project, the objective was to focus on metrics most relevant for science operations.

The project was performed through Jupyter notebook files called dashboards, where each one had an implemented interface to make the information easily accessible for astronomers and Technical Instrument Operators (TIOs). The dashboards implemented by the students where UT Preset Sequence, UT Preset Time Analysis, Focus Change Sequence, Focus Change Time Analysis, Pointing Model Accuracy and Image Analysis Convergence Speed.

At the end of this project, all these dashboards were available for the professionals at ESO, transforming a large quantity of data into meaningful information. This project made it possible to develop company standards of focus change time, preset time and image quality, as well as tools in the Pointing Model Accuracy that will allow to determine when to update the mathematical model for better quality observations.

Indice de Contenido

1. Introducción	2
1.2 Problema a Resolver	3
1.3 Descripción del Proyecto y Objetivo	4
2. Proyectos realizados	6
2.1. Metodología y Herramientas Propuestas	6
2.2 UT Preset Overhead	7
2.2.1. UT Preset Sequence	8

2.2.2 UT Preset Time Analysis	9
2.3 Focus Change Overhead	10
2.3.1 Focus Change Sequence	12
2.3.2 Focus Change Time Analysis	12
2.4 Pointing Model Accuracy	13
2.5 Image Analysis Convergence Speed	16
3. Resultados y Conclusiones	18
3.1. Resultados Obtenidos	18
3.2. Conclusiones a Partir de los Resultados	18
3.3 Limitaciones y Pasos a Seguir	19
4. Referencias	21
5. Anexos	22
5.1 Reflexión personal	22
5.2 Dashboard UT Preset Time Analysis	24
5.3 Dashboard Focus Change Time Analysis	25
5.4 Dashboard Pointing Model Accuracy	26
5.5 Dashboard Image Analysis Convergence Speed	27
5.6 Bitácora	28

1. Introducción

ESO es la Organización Intergubernamental Astronómica más importante en Europa y el observatorio más productivo del mundo. La organización es apoyada por Austria, Bélgica, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Los Países Bajos, Polonia, Portugal, España, Suecia, Suiza y Gran Bretaña, en conjunto con Chile como país anfitrión.

“La contribución anual a ESO de los estados miembros asciende a unos 130 millones de Euros, y ESO cuenta con alrededor de 680 empleados” (ESO, 2018).

ESO tiene como misión entregar infraestructura de punta a astrónomos y astrofísicos permitiéndoles así llevar a cabo ciencia del más alto nivel, en las mejores condiciones. ESO opera en Alemania y Chile. Los Headquarters se encuentran en Garching, Alemania, cerca de Munich. En Chile, ESO opera en Santiago y en 3 observatorios, La Silla, Paranal y Chajnantor. La estudiante realizó su práctica específicamente en Observatorio Paranal.

“En el observatorio Paranal se ubica el *Very Large Telescope array* (VLT). El conjunto del Very Large Telescope (VLT) es, hasta el momento, el buque insignia de la astronomía terrestre europea de nuestra era. Es el instrumento óptico más avanzado del mundo.” (ESO, 2018).

1.2 Problema a Resolver

El monitoreo de los indicadores de rendimiento de los telescopios es un requisito para mantener el VLT con los estándares operativos más altos posibles. El VLT es un telescopio que consiste en un *array* de telescopios.

“Los cuatro Telescopios Unitarios (*Unit Telescopes*, UTs) de 8,2 metros de diámetro cada uno, operan de forma individual con una gran batería de instrumentos “(ESO, 2018).

Diariamente los telescopios y sistemas generan a partir del VLT una cantidad aproximada de 2GB de *logs* cada noche, los cuales no son posibles de analizar manualmente y no es posible visualizar lo que está ocurriendo. Una de las herramientas para solucionar este problema es Kibana, implementada en el ecosistema de *Elastic Search* que utiliza ESO. Esta herramienta es de gran ayuda, sin embargo solo puede hacer visualizaciones de los datos que se registran, sin un análisis previo de éstos. Mucha de la información necesaria para poder visualizar y obtener información significativa no se puede obtener directamente de los *logs*; sino que se necesita hacer un análisis previo y de gran complejidad para poder obtener y mostrar estos datos de forma apropiada y significativa

Previo a la realización del proyecto habían muchos criterios importantes para el monitoreo del VLT que no se podían obtener de forma sencilla. Se debía analizar caso a caso con una búsqueda y análisis exhaustivo de los *logs*. Esto impedía que se utilicen en el día a día, como también encontrar relaciones a lo largo del tiempo, entre diferentes telescopios con el fin de obtener y definir estándares. La resolución de este problema es de gran importancia para poder

mantener los mayores estándares en los aparatos astronómicos, uno de las prioridades y objetivos definidos por ESO.

Por temas de confidencialidad, el informe no muestra datos y resultados sensibles obtenidos por la alumna en el proyecto.

1.3 Descripción del Proyecto y Objetivo

En el Observatorio Paranal las operaciones están divididas en dos áreas principales: MSE (*Maintenance-Support-Engineering*) y PSO (*Science Operations*). MSE es esencialmente el departamento de ingeniería, encargado del funcionamiento de todos los instrumentos del telescopio. La segunda área es PSO, departamento en donde se encuentran los científicos, principalmente astrónomos, a cargo de las investigaciones y desarrollo de la astronomía a través del telescopio.

El proyecto de la estudiante fue definido como *Telescope Performance Monitoring Tool Kit*, propuesto por el departamento de PSO. En este departamento hay astrónomos de planta que están encargados de supervisar las observaciones de los telescopios, quienes plantearon la necesidad de tener una mejor visibilidad del rendimiento de los telescopios. El equipo de trabajo de la estudiante contaba con supervisores de ambos departamentos: Vitorio Nurzia, jefe de área de *System and Optics* de MSE, al igual que la astrónoma Pascale Hibbon del departamento PSO. La estudiante trabajó en la oficina de *System and Optics*, bajo la supervisión de ambos profesionales. El proyecto fue definido dentro de un contexto de práctica, con una duración de 2 meses. Se utilizaron herramientas del *DataLab*, plataforma construida en ESO para el análisis de los datos obtenidos del VLT, conectada a una base de datos con *Elastic Search*, junta a herramientas como *Jupyter Notebooks*, *Kibana* y *Chronicle*.

“Elasticsearch es un motor de analítica y análisis distribuido (...) es el componente principal del Elastic Stack, un conjunto de herramientas open source para la ingesta, el enriquecimiento, el almacenamiento, el análisis y la visualización de datos. Comúnmente referido como el ELK Stack (por Elasticsearch, Logstash y Kibana)” (Elastic, 2020).

El objetivo del proyecto fue implementar una herramienta de monitoreo integrada que permitiera disponibilizar información accesible y completa sobre el rendimiento de los telescopios. El proyecto se enfocó en métricas que son principalmente relevantes para las operaciones científicas, siendo algunas de ellas: calidad del modelo de puntería, calibración de forma de espejo de orden cero (*OneCal*), velocidad y calidad de convergencia de análisis de imagen, tiempo de finalización de adquisición y tiempo de cambio de foco. De esta forma, en el futuro, podrán generar información valiosa de fácil acceso para permitir monitorear el rendimiento del estado de los telescopios, pudiendo mantener los mayores estándares del VLT.

2. Proyectos realizados

2.1. Metodología y Herramientas Propuestas

El proyecto consistió en crear diferentes plataformas o *dashboards* para hacer diferentes tipos de análisis y visibilizar información. Cada visualización era un proyecto individual que culmina con una plataforma interactiva con la información disponible y en tiempo real. Cada *dashboard*, a grandes rasgos, seguía la misma metodología.

En primer lugar, la estudiante se reunía con sus supervisores para definir la prioridad para ESO. En esta reunión se evaluaban los datos y análisis requeridos para llevarlo a cabo, además de un esquema inicial de cómo se vería la plataforma y los gráficos con los que contaría.

La siguiente etapa consistía en buscar información relevante en los registros de los telescopios. Estos se encontraban en forma de *logs* de computador. En general éstos no eran descriptivos y no existía un lugar donde estuviesen detallados todos los *logs*. Dada la gran cantidad de *logs* generados diariamente, no es posible realizar un análisis manual. Por este motivo, se requería hablar con diferentes departamentos y analizar parte de los *logs* y así obtener los necesarios para cada proyecto en particular.

Luego el código del proyecto en sí. La estudiante primero recolectaba los datos necesarios a través de *Elastic Search* y posteriormente realizaba los análisis necesarios para obtener la información deseada a mostrar. El código y el análisis se realizó a través de *Jupyter Notebooks*, programando en *Python* y con la utilización de librerías como *pandas*, *numpy* y *astropy*.

Posteriormente fue la etapa de tomar los datos procesados y reflejarlos de la mejor manera, tanto en diferentes gráficos como análisis estadísticos. También, fue necesaria la creación de una interfaz de usuario, la que debía ser amigable

e interactiva. Dependiendo del proyecto, las interfaces permitían seleccionar diferentes fechas, telescopios focos y una serie de otros filtros. Esta etapa se desarrollaba en múltiples iteraciones, donde la estudiante presentaba el proyecto a supervisores y otros profesionales de ESO. Se utilizaron herramientas tales como *Jupyter Notebooks*, *Voila* y *Jupyter Widgets* para poder crear la interfaz intuitiva, clara y de fácil uso.

A continuación se explicarán de forma detallada los proyectos individuales o *dashboards* donde trabajó la alumna. A causa de temas de confidencialidad no se mostraran datos y resultados numéricos obtenidos, adicionalmente en los gráficos se borraron ejes con información significativa y datos específicos.

2.2 UT Preset Overhead

Previo a realizar una observación astronómica en los telescopios se debe hacer una configuración de este, el cual es denominado para Observatorio Paranal como *preset*. En este proceso, se le entregan todas las indicaciones al telescopio para que pueda comenzar la observación astronómica. El tiempo que toma este proceso es de gran importancia para ESO, porque es un tiempo perdido en medición astronómica, con los consecuentes costos involucrados.

Previamente a este proyecto no se tenía acceso a lo que ocurría en los *presets* cada noche. Toda la información era guardada en *logs* por los diferentes sistemas del telescopio, pero estos no eran fáciles de entender y se pierden entre tanta información.

En este contexto se trabajó en un análisis de los procesos e información de cada *preset*. Con esta información se generaron dos *dashboards* separados con el objetivo de dar claridad a la interfaz, los cuales serán explicados a continuación.

2.2.1. UT Preset Sequence

El primer *dashboard* del problema antes mencionado corresponde al *UT Preset Sequence*. El objetivo de este proyecto fue mostrar todos los *presets* ocurridos en un rango de tiempo, y por cada uno de éstos, mostrar los *logs* de los procesos que ocurren desde el comienzo del *preset* hasta que el telescopio está en estatus *ready-for-science*. La secuencia de pasos que se deben hacer para el *preset* fue establecido hace muchos años, por lo que esta herramienta identificaría el cumplimiento de esta secuencia, viendo todos los procesos que ocurrieron en el telescopio e identificando problemas en éste.

Para obtener esta secuencia, la alumna primero tuvo que analizar cuándo se inicia el *preset*, con ciertos *logs* que lo determinan y verificar que éste fuera un *preset* válido. Con estos datos se busca cuándo se terminó el *preset* y comenzó la observación científica. Por último, se identifican ciertos elementos que ocurrieron entre estos dos eventos. Los utilizados para este *dashboard* fueron:

- Corrección calibrada de *active optics*
- Comienzo del *guiding system*
- Vector de error medido por el *guiding system*
- Comienzo *active optics*
- Medidas de calidad del *image analysis*

A través de la plataforma es posible elegir el rango de noches, telescopio y focos de la cual se quiere extraer la información. Para cada uno de los telescopios y focos seleccionados es posible mostrar todos los *presets* ocurridos y, al seleccionar uno, se muestran todos los procesos y acciones que ocurrieron. Así, podrían observar claramente si se cumplió con la secuencia estipulada y el detalle de todo lo ocurrido.

Esta herramienta tiene mucho poder, porque si por diferentes razones se desea ver de forma detallada lo que ocurrió en cada *preset*, el *dashboard* tiene

toda la información en forma clara y de fácil acceso. Actualmente, está siendo utilizada para ver casos específicos de problemas o éxitos, visualizando lo que ocurrió en cada uno de ellos y mostrando toda la información sobre el estado del telescopio en cada momento del proceso.

2.2.2 UT Preset Time Analysis

El segundo *dashboard* sobre la información de los *presets* corresponde a al *UT Preset Time Analysis*. Consistió en el análisis del tiempo que demoraba cada *presets* en un rango de tiempo más amplio. Para realizar el análisis se dividieron los *presets* que siguieron la secuencia establecida y los que no; realizando un análisis de comparación entre los tiempos que toman cada uno.

A diferencia del *dashboard* anterior, al seleccionar un rango de tiempo no se mostraba cada *preset* específico con su secuencia. En este caso, se mostró un análisis cuantitativo con los tiempos de éstos: un histograma, un gráfico de caja, parámetros estadísticos y tablas de búsqueda de los *presets*. Estos se pueden utilizar para determinar *presets* específicos de interés que posteriormente se revisan con detalle en el *dashboard* anterior, *UT Preset Sequence*.

Este *dashboard* entrega información que permite determinar y analizar las consecuencias de no seguir el estándar de la empresa, así como las consecuencias e importancia de poder tener información clara de cuánto se demora un *preset* en los UT y poder comparar *presets* específicos con la norma general.

En la imagen 2.1 se puede ver un ejemplo de resultados graficados en forma de histograma. Estos datos corresponden al foco de un telescopio con datos recolectados desde el 2018. Para ver el ejemplo del *dashboard* completo revisar el anexo 5.2

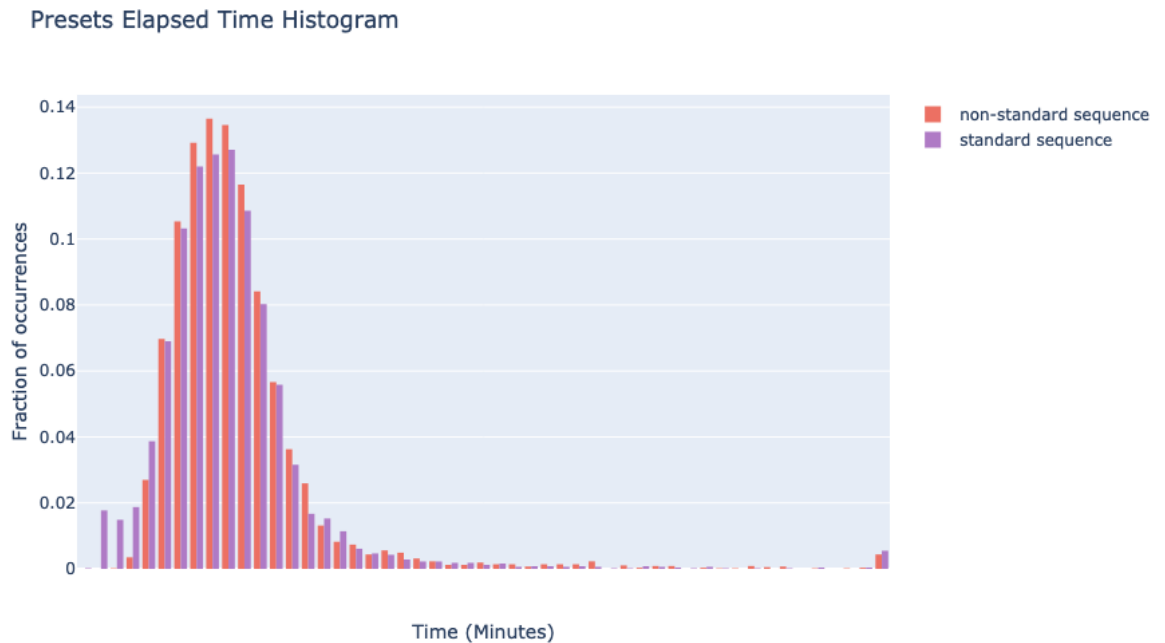


Ilustración 2.1: Ejemplo resultados de *UT Preset Time Analysis*, reflejado en un histograma Fuente: Elaboración propia

2.3 Focus Change Overhead

El *Focus Change Overhead* es un proyecto similar al *Preset Overhead*. La estudiante trabajó para dar visibilidad de todas las secuencias de pasos y procesos que suceden cuando un telescopio cambia de foco.

En la Ilustración 2.2 se pueden ver los diferentes focos de un telescopio, NA NB y CA. Llamados *Nasmyth A*, *Nasmyth B* y *Cassegrain* respectivamente. Se utilizan diferentes focos para poder utilizar diferentes instrumentos de observación en un mismo telescopio.

Los instrumentos son elementos pesados y delicados que no se pueden mover fácilmente. Es por ésto que se ubica un instrumento permanentemente

en cada foco y se utiliza un espejo (M3) para desviar la luz al instrumento que desea ser utilizado.

“The stellar light is collected by the primary mirror (M1), concentrated by the combination of the primary and the secondary mirror (M2) either directly to the Cassegrain focus located below the primary or to one of the two Nasmyth foci” (ESO, 2018).

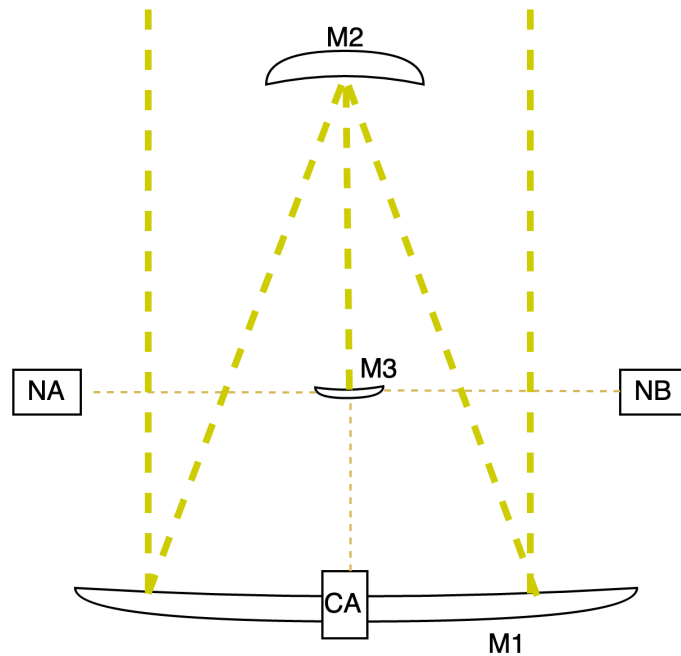


Ilustración 2.2: Representación de los diferentes focos de un UT.

Fuente: Elaboración propia

A través de este proyecto se generan dos *dashboards* detallados a continuación.

2.3.1 *Focus Change Sequence*

El *Focus Change Sequence dashboard* muestra todos los diferentes cambios de focos que existieron en las diferentes combinaciones de foco por cada telescopio. Para cada uno de éstos se muestra la secuencia de *logs* que ocurrieron en el proceso.

Este *dashboard* permitió ver con claridad lo que pasó en cualquier noche y al mismo tiempo visibilizar los errores del proceso. Los pasos más importantes son los movimientos de los espejos, siendo el principal el movimiento del M3, el cual rota para determinar qué foco se está utilizando.

2.3.2 Focus Change Time Analysis

Al igual que en el caso anterior, la estudiante generó un *dashboard* donde se hace y muestra un análisis del tiempo que toma el cambio de foco de los UT en un rango de tiempo más amplio. Este *dashboard* permite tener claridad sobre el rendimiento del telescopio, al igual que poder identificar cuándo ocurrieron problemas, así como los cambios detallados en el *dashboard Focus Change Sequence*. Adicionalmente, permite comparar diferentes rangos de tiempo en paralelo y tener la posibilidad de ver cómo han influido los cambios y mejoras. En la Ilustración 2.3 se puede ver un ejemplo de resultados graficados en forma de histograma de un UT de un foco específico, para los años 2018, 2019, 2020. Para ver el ejemplo del *dashboard* completo revisar el anexo 5.3

Focus Change Time

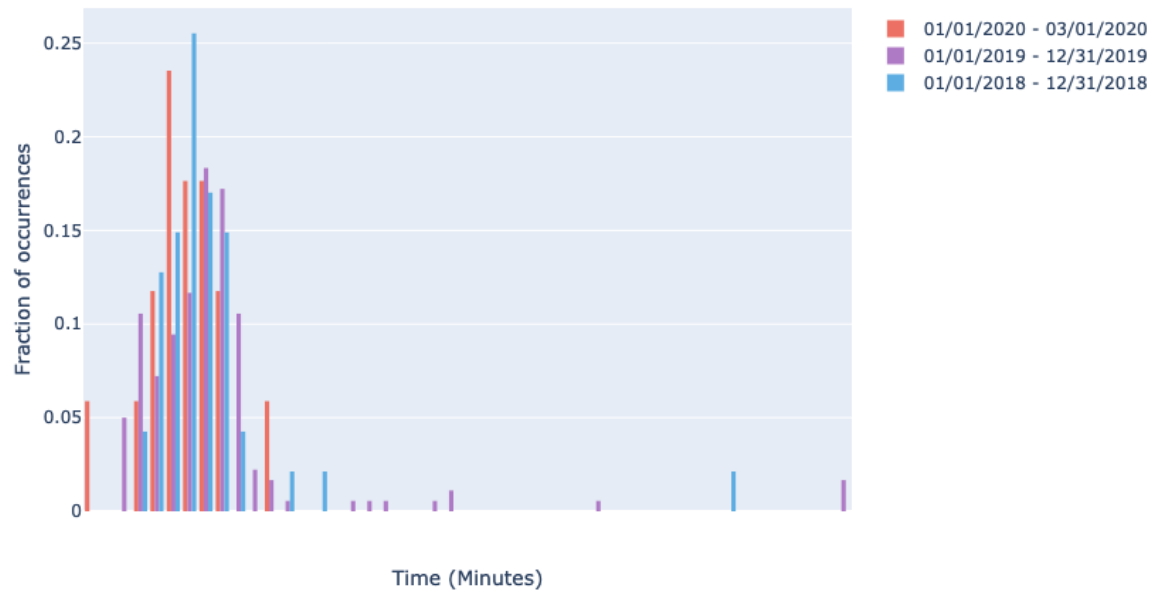


Ilustración 2.3: Ejemplo resultados de *Focus Change Time Analysis*, reflejado en un histograma Fuente: Elaboración propia

2.4 Pointing Model Accuracy

El *Pointing Model Accuracy* ve la relación entre el *pointing model* y el *error vector*. El *pointing model* es una fórmula que transforma las coordenadas del objeto que se desea observar con los movimientos que deben realizar el telescopio para enfocar en un punto específico del espacio. Esta fórmula se ve afectada por diversos factores y requiere ser modificada y actualizada cuando se producen eventos importantes, como un cambio de un instrumento o un terremoto u otros eventos de relevancia.

El *error vector* es un valor aproximado de la diferencia existente entre donde el telescopio apunta y la ubicación de la estrella objetivo. Para calcular este

valor se utiliza una estrella cercana a la estrella objetivo, la cual es conocida en detalle. Este valor se calcula obteniendo el arco de círculo máximo entre la distancia de donde se calcula que debería estar una estrella conocida y donde realmente está en la observación. Por lo tanto, la calidad del *pointing model* se puede medir de cierta forma por el *error vector*. Desde este contexto es que se desarrolló el proyecto.

El proyecto *Pointing Model Accuracy* consistió en ver la relación entre los valores del *position error vector* y cuándo se hizo una actualización del *pointing model*. Previamente el *pointing model* se actualizaba arbitrariamente, dado que no existía un estándar, valores o formas de visualizar la información para determinar cuándo se debía hacer una actualización del modelo. El objetivo del proyecto planteado a la alumna fue el encontrar una relación entre ambas mediciones para así poder crear un estándar y poder monitorear en forma permanente el *pointing model*.

En la ejecución de este proyecto, una de las primeras tareas de la estudiante fue calcular el *error vector*. Para calcularlo, se debe encontrar el primer valor registrado en el *preset*, que es la configuración del telescopio antes de una observación. Este valor no se puede obtener directamente de los *logs*, pero incorporando las conclusiones del anterior proyecto de *Preset Overhead* fue posible encontrarlo.

El *pointing model* tiene mayores dificultades en su obtención. En cada telescopio existen diferentes focos y cada foco tiene un *pointing model* diferente. Para el análisis se necesita saber, para cada foco de cada telescopio, cuándo se hizo un cambio en el *pointing model*. Desafortunadamente, no existe un *log* que indique el *pointing model* que se está utilizando y a qué foco corresponde. Los *logs* que existen son el *log* que identifica el *pointing model* que se está utilizando por telescopio y otro *log* separado que determina qué foco se está utilizando. Si cruzamos esta información se debería poder determinar cuál *pointing model* se utilizó por cada foco, sin embargo, esta

información no es del todo correcta. Las marcas temporales de los datos no son exactos, por lo que al intentar coincidir los *logs*, se generan falsos positivos. El código considera que el *pointing model* cambió, pero lo que ocurrió realmente es que el algoritmo consideró valores de *pointing models* que no son del foco correspondiente.

En la Ilustración 2.4 se puede ver uno de los resultados para el telescopio UT3, foco NA desde el 2018 en adelante. Las líneas rojas representan un cambio de *pointing model*, las azules los valores del *error vector* y la negra el *RMS* de los valores del *error vector*. Como se puede analizar en este ejemplo, podemos ver que algo sucedió en mayo y que el *pointing model* debió ser actualizado. Sin embargo, en ese momento no existía ninguna herramienta para poder visualizar este problema. Podemos ver como este error se corrigió al momento que se actualizó el modelo. Este caso implicó alrededor de 6 meses de observaciones y tiempos de *setup* no óptimos, los cuales podrían haber sido evitados.

Para ver un ejemplo del *dashboard* en su totalidad ver el anexo 5.4

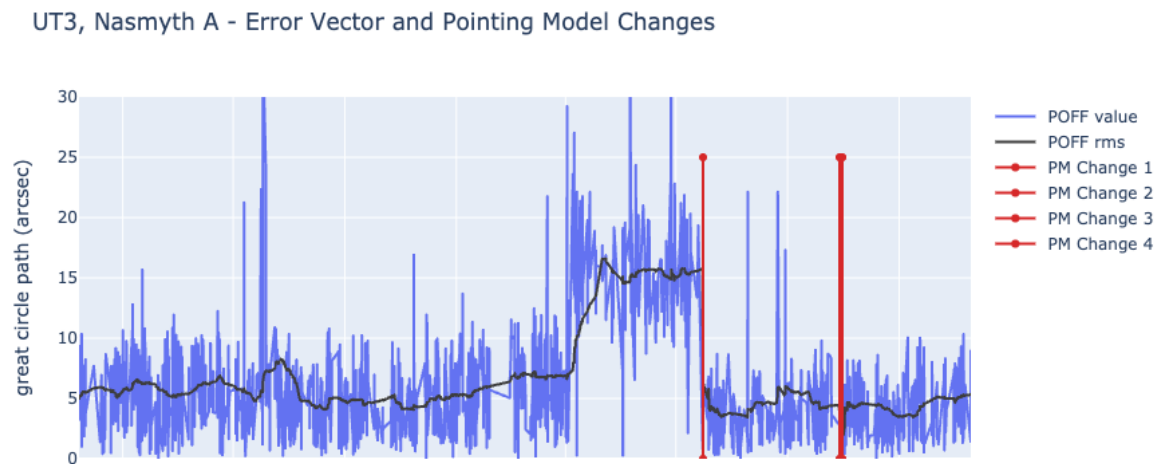


Ilustración 2.4: Ejemplo graficado de resultados del *Pointing Model Accuracy* del telescopio UT3 foco NA. Fuente: Elaboración propia

2.5 Image Analysis Convergence Speed

En el proyecto de *Image Analysis Convergence Speed* se analiza y grafica la cantidad de correcciones ópticas requeridas para tener un buen ajuste de aberración y el primer *RMS (Root Mean Square)* del valor residual.

Ambos valores son medidas que determinan la calidad de la imagen de la observación. En una observación astronómica se utiliza un modelo matemático para ajustar la imagen observada. A este modelo se le hacen correcciones para que el ajuste de aberración se encuentre en un valor aceptable. El valor es considerado bueno cuando el *RMS* del valor residual es menor a 200. En este proyecto se analizó cuántas veces se debe ajustar este modelo hasta llegar a un valor de acuerdo a los parámetros establecidos y al primer valor de la observación.

El objetivo principal era visibilizar estos valores en el tiempo, definir estándares de rendimiento, comparar datos individuales y relacionar observaciones con problemas, para así tener la posibilidad de analizarlas en detalle en el *UT Preset dashboard*. Un objetivo adicional fue el analizar la relación de los valores de calidad de imagen con la altitud. Gráficamente se desarrolló un fondo codificado por colores que representa la altitud.

En la figura 2.5 que podemos ver los resultados de la visualización. Gracias a esta herramienta tanto astrónomos, operadores del telescopio (TIOs) e Ingenieros podrán tener acceso a información de forma fácil y visualizar para tener claridad de lo que está ocurriendo en los telescopios.

Una imagen de la visualización completa incluyendo en panel interactivo es posible verlo en el anexo 5.5

UT1, Cassegrain - Image Analysis Convergence

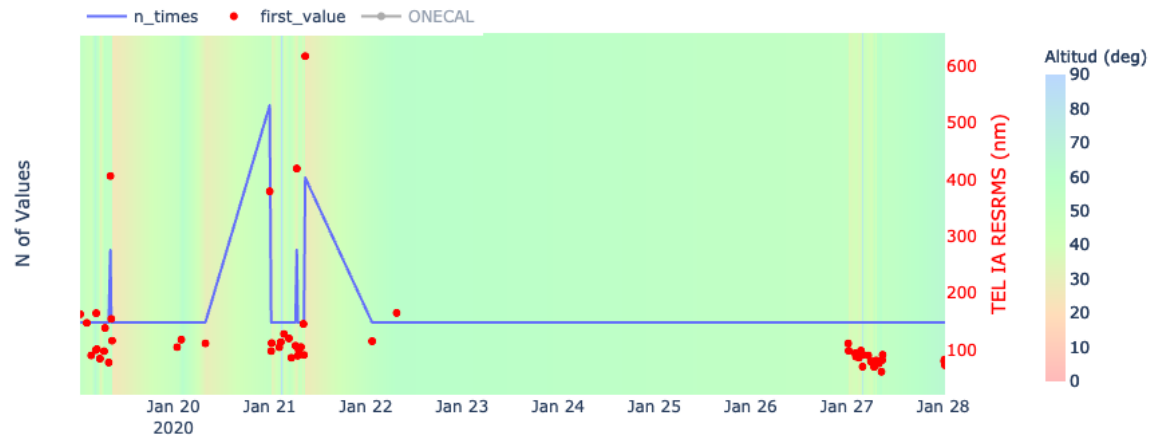


Ilustración 2.5: Ejemplo graficado de resultados del *Image Analysis Coverage* del telescopio UT1 foco C. Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y Conclusiones

3.1. Resultados Obtenidos

Como cierre del proyecto, la estudiante realizó una presentación a astrónomos y TIOs, la cual fue grabada como tutorial de las herramientas para el futuro. Los resultados de los diferentes proyectos fueron demostrados en esta presentación.

Gracias al proyecto fue posible entregar y visibilizar información que anteriormente no estaba disponible. Entre otros, se estructuró información relativa al rendimiento del *pointing model*, el *image convergence*, los tiempos de configuración y cambio de foco, además de entregar herramientas para analizar en detalle casos particulares pasados y a futuro en tiempo real.

La información que se puso a disposición equivale a cientos de *gigabytes* que previamente estaba sin utilizar, generando herramientas que entregarán información útil para cumplir con los estándares de los telescopios. Así mismo, se generaron estándares de los tiempos que requiere hacer un *preset* y un cambio de foco, para cada combinación de foco; además de los valores estándar de métricas de calidad como el *fit aberration* y el *error vector*

3.2. Conclusiones a Partir de los Resultados

El proyecto *Telescope Performance Monitoring Tool Kit* tendrá un gran impacto en la organización y en la toma de decisiones de aspectos muy relevante para el cumplimiento de sus objetivos y con los consecuentes y altísimos costos involucrados. La estudiante durante la presentación tuvo la oportunidad de ver el interés de los profesionales sobre las herramientas

creadas y discusiones de sus diferentes usos en el día a día. A través del proyecto, se podrán tomar decisiones a través de datos, identificar en forma sencilla problemas y analizar profundamente sus causas e ir mejorando los estándares en forma permanente.

“Data performs multiple roles. On the one hand, it serves to benchmark what currently exists, which allows you to better understand the impact that any decision you make will have on your business” (Harvard Business School, 2019).

ESO es una institución gubernamental que tiene como objetivo proveer los centros de investigación de mayor estándar en el mundo. Por esta razón, una mentalidad de mejora permanente y avance en los estándares de todos los instrumentos y telescopios es imprescindible. Parte esencial del mejoramiento continuo es tener información de lo que ocurre en todo momento, solucionar los problemas en tiempo real y utilizar la información del pasado para producir mejoras futuras.

Por este motivo, hace algunos años se comenzó a trabajar en el proyecto de *Data Lab* con el objetivo de contar con mejor información. El proyecto de la estudiante se incorpora dentro de este contexto para aportar al mejoramiento de este proyecto mayor.

3.3 Limitaciones y Pasos a Seguir

El proyecto de crear herramientas para el acceso y análisis a información sobre el rendimiento de los telescopios tiene muchas oportunidades de mejora. El proyecto realizado por la estudiante tiene limitaciones producto de características de la data existente. Los datos desde el 2013 en adelante están disponibles en la plataforma de *Elastic Search*. Para *dashboards* como *pointing model* e *image analysis* sería beneficioso tener información de más años, para así poder sacar mejores conclusiones. Está planificado en el futuro migrar la

información más antigua a los nuevos sistemas, permitiendo así, con un mayor número de datos, utilizar otras herramientas de predicción y análisis más complejo, como por ejemplo *Machine Learning*.

Una limitante diferente del proyecto es el trabajo para crear un nuevo *dashboard*. Cada nuevo *dashboard* que se quiera crear debe ser producido desde cero y en general se necesitan conocimientos de computación, así como largos tiempos para su implementación. Un paso a seguir es generar herramientas para la creación de *dashboards*, disminuyendo la complejidad y costo para acceder a la información. Este paso es necesario si se quiere seguir avanzando consistentemente en el futuro, dado que la información disponible y necesaria para astrónomos, ingenieros y TIOs puede variar en el tiempo. Esencial para cualquier trabajo en el futuro es contar con un monitoreo del rendimiento de los telescopios permanente y con acceso expedito a la información.

4. Referencias

ESO. *Acerca de ESO*, 2018 [en línea]. [fecha consulta: 6 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://www.eso.org/public/chile/about-eso/?lang>

ESO. *Very Large Telescope*, 2018 [en línea]. [fecha consulta: 10 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://www.eso.org/public/spain/teles-instr/paranal-observatory/vlt/>

ESO. *Telescopios e Instrumentos*, 2018 [en línea]. [fecha consulta: 16 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://www.eso.org/public/chile/teles-instr/>

Harvard Business School. *The Advantages of Data-Driven Decision-Making: HBS Online*, 2019 [en línea]. [fecha consulta: 16 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://online.hbs.edu/blog/post/data-driven-decision-making>

ESO. *VLT Unit Telescopes*, 2018 [en línea]. [fecha consulta: 12 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/ut.html>

Elastic. *¿Qué es Elasticsearch?*, 2020 [en línea]. [fecha consulta: 14 de Agosto 2020]. Disponible en: <https://www.elastic.co/es/what-is/elasticsearch>

5. Anexos

5.1 Reflexión personal

Existían muchas opciones interesantes a la hora de elegir una práctica profesional, sin embargo, la oportunidad de trabajar en ESO junto al telescopio óptico más grande del mundo era para mí una experiencia única e inolvidable.

La posibilidad de trabajar en un lugar en donde el objetivo final es crear conocimiento, junto a los profesionales más destacados en sus disciplinas, postulantes a Premios Nobel y con proyectos tan relevantes, fascinantes y trascendentales para la humanidad hacían de ESO un sueño hecho realidad. La experiencia de trabajar en una organización tan diferente, en donde las ganancias se miden por la calidad (y cantidad) de sus *papers*, sus nuevas investigaciones y el impacto que éstas generarán hace de ESO una organización muy diferente a las tradicionales, enfocadas a la generación de utilidades.

A lo largo de mi vida, siempre he sentido curiosidad y pasión por la astronomía; más aún cuando veo que puedo unir, de forma maravillosa, mis conocimientos aprendidos a lo largo de los años de universidad para empujar los límites del conocimiento en el ámbito astronómico.

A lo largo de mi práctica en ESO pude vivir lo que es estar en una organización internacional, ver cómo funciona una organización tan única, de primer nivel, coordinando profesionales destacados y adicionalmente políticas, intereses y apoyos de más de 15 países. Su cultura y funcionamiento interno es un aprendizaje que habría sido imposible de conocer, de no haber vivido esta experiencia.

Otro aprendizaje crucial fue trabajar con la calidad de profesionales que hay en ESO y aprender sobre su carrera profesional y cómo han llegado a donde están. El entender la metodología que utilizan para trabajar, cómo aprenden de forma permanentemente, cómo se cuestionan, su rigurosidad, trabajo

intercultural es impresionante. Como estudiante fue increíblemente valioso ver como en la presentación final profesionales de alto nivel comenzaron a hablar sobre la utilidad de mi trabajo en el día a día. El aprender a trabajar con ellos y lograr un resultado que les entregue valor en su trabajo diario, que tenga uso y repercusión y que sea algo completamente nuevo, será un recuerdo imborrable.

La oportunidad de utilizar mis conocimientos de computación obtenidos a lo largo de mi estudio profesional en astronomía fue increíble y no habría sido capaz de desarrollarlo sin los conocimientos técnicos de base aprendidos en la Escuela de Ingeniería. Para desarrollar los *dashboards* debía utilizar mis conocimientos de bases de datos, especialmente bases de datos relacionales como SQL y herramientas de análisis como *pandas*. Adicionalmente, todo el análisis lo realizaba en *Python*, un lenguaje que aprendí en profundidad en mis ramos de computación. Otro conocimiento técnico de computación que debí aplicar es la habilidad de crear interfaces gráficas claras, interactivas y fáciles de utilizar.

La forma de pensar y analizar, competencias aprendidas en Ingeniería, también fue crucial para enfrentar problemas nuevos y desconocidos y resolver problemas. Por último, la habilidad y aprender a aprender fue esencial al enfrentarse a contextos diferentes y desconocidos, y que me obligó a incorporar temas de astronomía que requería integrar a mi solución.

La práctica realizada en ESO fue lo que esperaba y más. La posibilidad de estar en una empresa de características tan excepcionales y compartir con gente del nivel de los profesionales con los que estuve, es algo que me formó como profesional y me ayudará, sin lugar a dudas, en los próximos pasos que seguiré como ingeniera.

5.2 Dashboard UT Preset Time Analysis

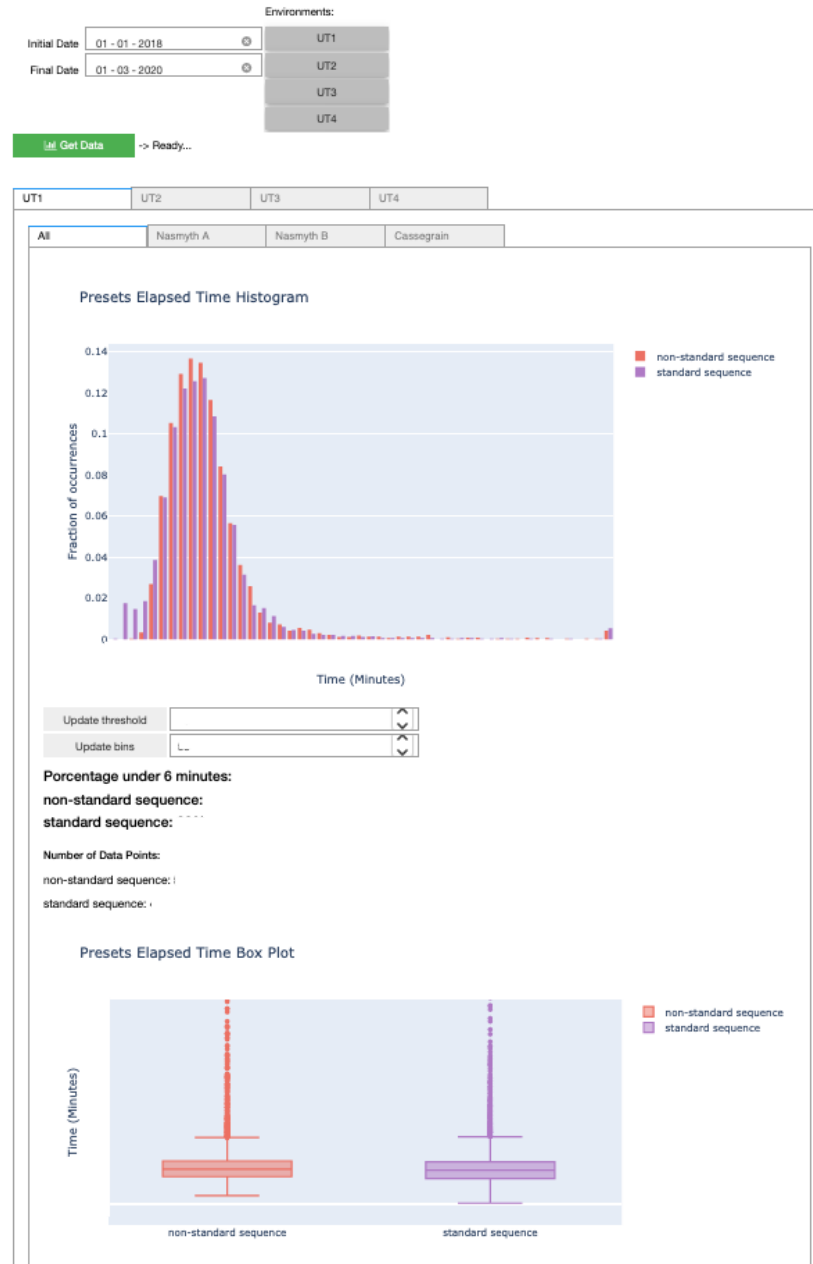
User instructions:

Please **select days or a range of days** (all times are in UT time) and **one or more telescopes**, then click on get data. The text will indicate the program actions.

When the interface is displayed please select the tab you are interested.

In the plots the **non-standard sequence** represent all the presets that the start of the active optics is done before the start of the autoguiding.

If the **lines plots are not shown** (and a sad face icon is in the right up corner) please **click on box select icon** or the graph lines labels in the plot.



5.3 Dashboard Focus Change Time Analysis

User instructions:

Please **select one or more time frames** (all times are in UT time) and **one or more telescopes**, then click on get data. The text will indicate the program actions.

When the interface is displayed please select the tab you are interested.

The results will be displayed in a **histogram** and **box plot color coded** for the **times frames** you selected.

In the histogram and box plot you can see the times it takes the focus to change, showed separately for each combination of focus changes occurred.

If the **lines plots are not shown** (and a sad face icon is in the right up corner) please **click on box select icon** or the graph lines labels in the plot.



5.4 Dashboard Pointing Model Accuracy

User instructions:

Please **select days or a range of days** (all times are in UT time), **one or more telescopes** and **one or more focus** then click on get data. The text will indicate the program actions.

When the interface is displayed please select the tab you are interested.

In the first line graph:

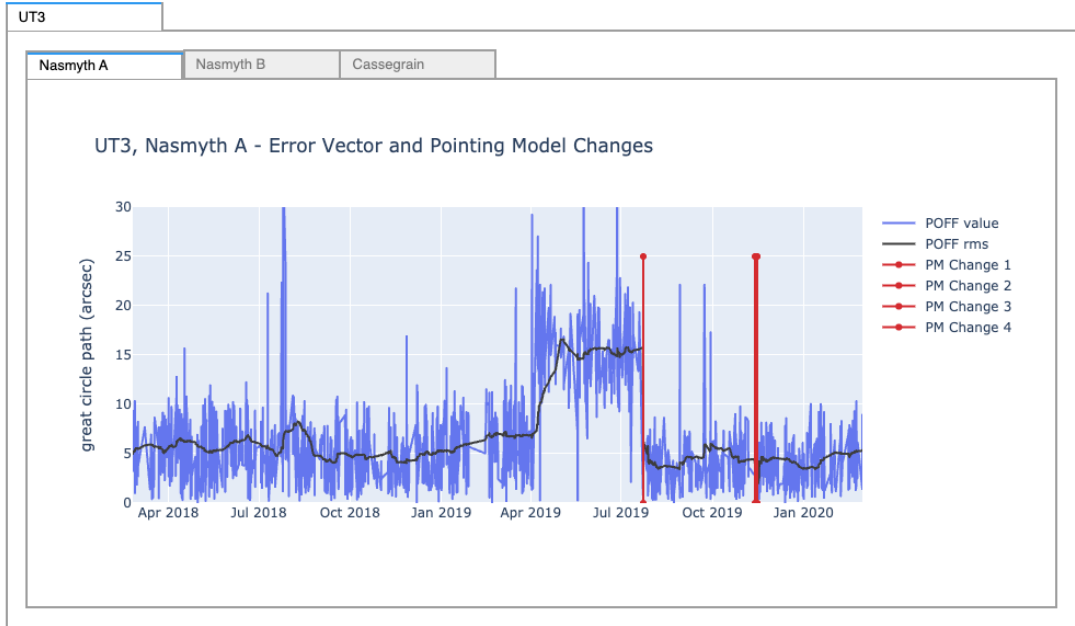
- The **Blue** line represent the **Error Vector Position in the Sky**
- The **Black** line represent the **RMS of the Error Vector Position in the Sky**
- The **Red** lines represent a **Pointing Model change**

The histogram shows the fist IA value

If the **lines plots are not shown** (and a sad face icon is in the right up corner) please **click on box select icon** or the graph lines labels in the plot.

		Environments:	Focus:
Initial Date	23/02/2018	UT1	Nasmyth A
Final Date	01/03/2020	UT2	Nasmyth B
		UT3	Cassegrain
		UT4	

 Get Data -> Rendering.



5.5 Dashboard Image Analysis Convergence Speed

User instructions:

Please **select days or a range of days** (all times are in UT time), **one or more telescopes** and **one or more focus** then click on get data. The text will indicate the actions.

When the interface is displayed please select the tab you are interested.

In the first line graph:

- The scatter **red** plots represent the **first Residual RMS** (TEL.IA.RESRMS) value
- The **blue** lines represent the number of **times it takes to reach a good aberration fit** TEL.IA.RESRMS ≤ 200
- The colour-coded **background** shows the **altitude**
- The **black** lines represent the **TEL ACTO ONECAL**, click the legend to plot them

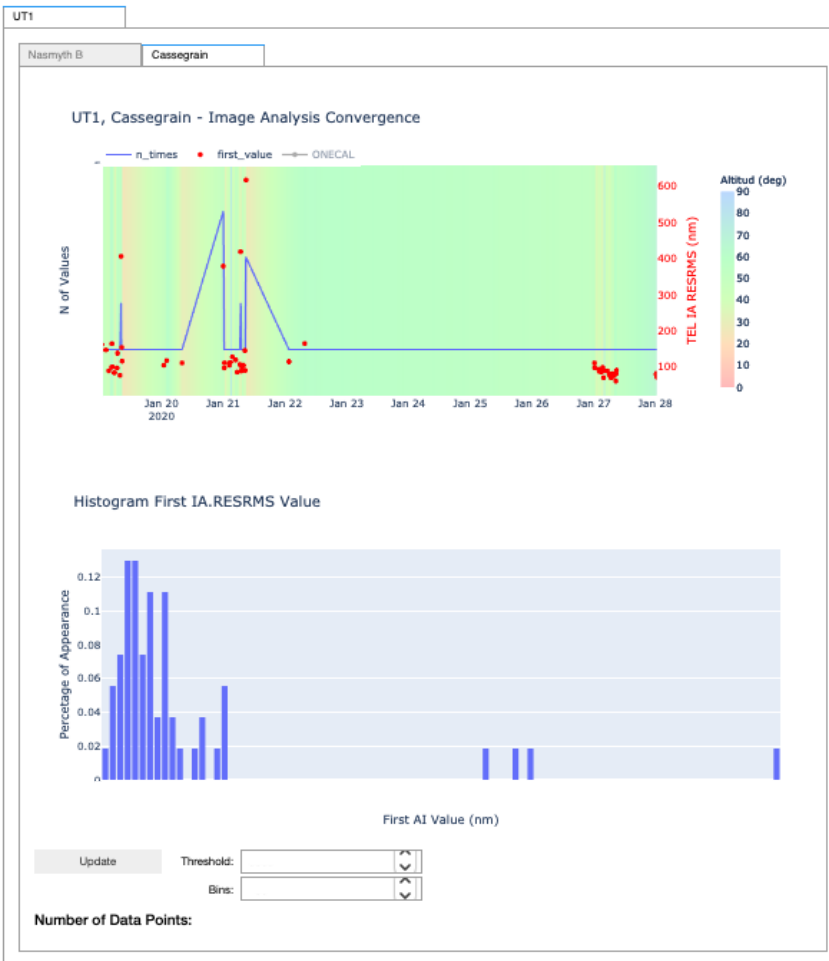
The histogram shows the first TEL.IA.RESRMS value

If the **lines plots are not shown** (and a sad face icon is in the right up corner) please **click on box select icon** or the graph lines labels in the plot.

		Environments:	Focus:
Initial Date	18 - 01 - 2020	UT1	Nasmyth A
Final Date	28 - 01 - 2020	UT2	Nasmyth B
		UT3	Cassegrain
		UT4	

Get Data --> Ready...

- No data retrieved for UT1 Nasmyth A.



5.6 Bitácora