

Observatorio Astronómico de la UNI - OAUNI: primera luz

Antonio Pereyra¹, Julio Tello², Erick Meza^{2,3}, William Cori², José Ricra², Marisela Zevallos²

¹*Instituto Geofísico del Perú*

²*Grupo Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería*

³*Observatorio de Paris, Francia*

apereyra@igp.gob.pe

Recibido el 11 de Junio del 2015; aceptado el 25 de Junio del 2015

Presentamos los avances del proyecto de implementación del Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional de Ingeniería (OAUNI) que incluyen su primera luz. El OAUNI ha sido satisfactoriamente instalado en la sede del Observatorio de Huancayo en los Andes centrales peruanos. A la fecha se está concluyendo la fase de comisionamiento que incluye la puesta a punto de todos los instrumentos que lo conforman: tubo óptico, montura robótica, cámara CCD, rueda de filtros, sistema de acceso remoto, etc. La primera luz obtenida de un campo estelar con todos los equipos operativos ha sido bastante promisoria. El siguiente paso será iniciar los programas científicos y dar apoyo a los cursos de pre-grado en astronomía observacional actualmente en desarrollo en la Facultad de Ciencias de la UNI.

Palabras Claves: observatorio, astronomía, instrumentación

We show the actual status of the project to implement the Astronomical Observatory of the National University of Engineering (OAUNI), including its first light. The OAUNI was installed with success at the site of the Huancayo Observatory on the peruvian central Andes. At this time, we are finishing the commissioning phase which includes the testing of all the instruments: optical tube, robotic mount, CCD camera, filter wheel, remote access system, etc. The first light gathered from a stellar field was very promissory. The next step will be to begin the scientific programs and to bring support to the ongoing undergraduate courses in observational astronomy at the Faculty of Science at UNI.

Keywords: observatory, astronomy, instrumentation

1 Introducción

El proyecto de un observatorio astronómico para la Universidad Nacional de Ingeniería (OAUNI, [1, 2]) se inició a comienzos del 2009. La iniciativa y fuerte colaboración de los miembros del Grupo de Astronomía (GA) de la Facultad de Ciencias (FC) de la UNI fue fundamental para este propósito. Rápidamente el proyecto recibió el apoyo de astrónomos profesionales peruanos en el extranjero, siendo la mayoría de ellos ex-integrantes del GA.

El objetivo fundamental es dotar a la FC de una facilidad para observaciones astronómicas de modo que proyectos científicos puedan realizarse y tesis puedan desarrollar trabajos en esta área. En esta misma línea, el OAUNI permitirá apoyar los cursos de astronomía observacional que existen en el currículo de la especialidad de Física de la FC. Entre los programas científicos serán prioritarios los de búsqueda y pruebas de calidad de sitio [3, 4, 5, 6, 7], fotometría estelar incluyendo variabilidad de medio y largo término, espectroscopia estelar [8] y polarimetría astronómica. Eventos astronómicos de ocasión tales

como observación de supernovas, novas y ocultaciones estelares [5] también serán considerados. Asimismo, la divulgación de la astronomía deberá ser beneficiada con el OAUNI.

El proyecto ha estado avocado en los últimos años a la implementación de los equipos e instrumental apropiados. El proyecto ha recibido apoyo económico de diversas fuentes desde su inicio. En el año 2011, el Rectorado de la UNI apoyó con financiamiento para la adquisición del tubo óptico del telescopio. La importación de este equipo fue completada a finales de ese año. Nuevas fuentes de financiamiento fueron exploradas y en el año 2013 el proyecto recibió un *grant* de *The World Academy of Sciences* (TWAS). Con este financiamiento se adquirieron la montura robótica y un detector CCD en el 2014. Cabe mencionar que tanto el Rectorado de la UNI como la FC apoyaron con los diversos gastos asociados al desdoblaje de estos equipos. Adicionalmente, una subvención para un tesista de maestría asociado al proyecto también fue aprobada por la TWAS.

A la fecha, el principal instrumental con que cuenta el OAUNI está compuesto de un tubo óptico de 0.51 m de óptima calidad, una montura robótica de precisión,



Figura 1. Localización del OAUNI (círculo) a 315 km por carretera de Lima y a 3300 m.s.n.m en los Andes Centrales Peruanos. El OAUNI se encuentra instalado en el Observatorio de Huancayo del IGP (*Google maps*).

un par de detectores CCD, un espectrógrafo, y un sistema de filtros fotométricos astronómicos con su carrusel respectivo. En el primer semestre del 2014 se completó la fase de pre-comisionamiento que incluyó el montaje del tubo óptico sobre la propia montura robótica. Estas pruebas se realizaron en ambiente cubierto dentro de las instalaciones de la FC.

Dentro de una colaboración con el área de Astronomía del Instituto Geofísico del Perú (IGP), el OAUNI ha sido instalado en la sede del IGP de Huancayo en los Andes centrales peruanos (ver Figura 1). Dicha instalación fue posible gracias a un presupuesto adicional obtenido del Instituto General de Investigación (IGI) de la UNI en el segundo semestre del 2014.

En el presente trabajo describiremos en detalle el equipo con que actualmente cuenta el OAUNI (Sec. 2), así como la fase de su reciente instalación en Huancayo (Sec. 3). El inicio de la fase de comisionamiento y su primera luz también serán abordadas (Sec. 4). Finalmente comentaremos las perspectivas futuras del proyecto (Sec. 5).

2 Instrumentos del OAUNI

Los principales instrumentos con los que actualmente cuenta el OAUNI son los siguientes (ver Figura 2):

2.1 Tubo Óptico

El tubo óptico (TO) es la parte más importante del telescopio que compone el OAUNI. El TO del OAUNI es tipo Cassegrain y diseño Ritchey-Chrétien. El diámetro del espejo primario es de 0.51 m y es manufacturado por la RC Optical Systems (RCOS). Este diseño óptico está optimizado para eliminar la coma y proporcionar un amplio campo de visión. Sus espejos primario y secundario hiperbólicos ayudan a este fin. Igualmente el sistema está libre de aberración esférica y por ser un sistema reflector la aberración cromática es nula. Por estas características

es el tipo de telescopio patrón en los observatorios profesionales. Su razón focal $f/8.2$ le permite tener un buen compromiso de campo amplio de visión para aplicaciones tipo *survey*.

2.2 Montura Robótica

El proceso de apuntamiento en un telescopio es realizado a través de una montura automatizada. El OAUNI cuenta con una montura robótica marca Paramount modelo ME II de alta precisión. Su capacidad de carga es de 109 kg, siendo esto suficiente para soportar el TO y los instrumentos adicionales (cámara y filtros). A través del software apropiado (*The Sky Pro*) que la controla, la precisión en el apuntamiento es no mayor a $30''$. Esto le permite ubicar objetos astronómicos con suma facilidad.

2.3 Cámara CCD

La adquisición de imágenes astronómicas es realizada digitalmente a través de una cámara con detector CCD. La cámara CCD principal del OAUNI es de la marca Santa Barbara Instruments Group (SBIG), modelo STXL-6303E. Cuenta con un chip de alta sensibilidad de $9\mu\text{m}/\text{pixel}$ y con un área total de 3072×2048 pixels². Su gran tamaño aunado a la razón focal del TO, permite tener un generoso campo de visión de $\sim 23' \times 15'$, con una escala de placa de $0.45''/\text{pixel}$.

A la cámara se le adapta una rueda de filtros (SBIG FW8G-STXL) que permite colocar filtros ópticos para separar la luz en longitudes de onda predeterminadas. La rueda permite registrar imágenes estelares hasta en 8 filtros diferentes. Adicionalmente, esta rueda posee otro detector CCD, de menor tamaño que el principal, que permite el auto-guiado durante una integración dada. Para esto se hace uso de la imagen de una estrella guía en el campo de visión colateral. Esto, claro, facilita el seguimiento en largas integraciones.

2.4 Sistema de filtros fotométricos

El sistema de filtros fotométricos del OAUNI es el Johnson-Cousins (*UBVRI*), que es el sistema patrón para fotometría astronómica (ver Figura 3). Los cinco filtros disponibles se insertan individualmente en la rueda respectiva de modo a poder tomar imágenes estelares en cada banda espectral. El diámetro de cada uno de ellos es de 50mm. Su calidad es comprobada para hacer investigación y su alta transmisión ($> 95\%$) permite la observación de objetos débiles. El fabricante de estos filtros es Astrodon Inc.

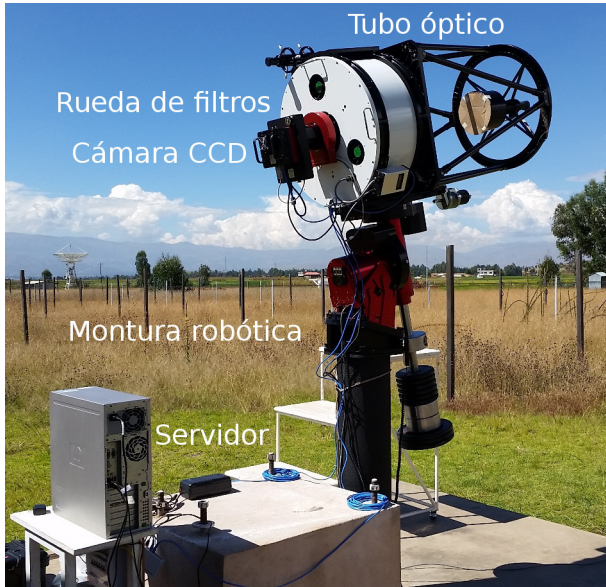


Figura 2. Equipos e instrumentos principales del OAUNI.

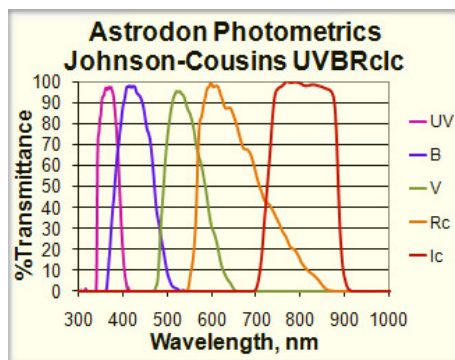


Figura 3. Curvas de transmitancia del sistema de filtros fotométricos del OAUNI (<http://www.astrodon.com/uvbri.html>).

3 Instalación del OAUNI en Huancayo

Después de finalizado el pre-comisionamiento, se inició la fase de instalación de los equipos asociados al OAUNI en el Observatorio de Huancayo (OH), sede desconcentrada

del IGP. El transporte de los mismos fue realizado en sucesivas misiones al OH durante el último trimestre del 2014 y el primer trimestre del 2015.

3.1 Misión 1

En esta primera fase se transportó el pedestal de acero sobre el cual descansaría el telescopio. Fue necesario retirar el antiguo astrógrafo de su fundación original pues sobre dicha fundación se instalaría el OAUNI. El tamaño de la caseta corrediza del antiguo astrógrafo calzó perfectamente a las dimensiones requeridas para albergar el OAUNI. La fundación fue convenientemente preparada para poder empotrar el nuevo pedestal, lo cual requirió un cuidado especial. En particular, la dirección Norte-Sur fue apropiadamente alineada con el pedestal para facilitar el seguimiento sideral del OAUNI. El alineamiento del antiguo astrógrafo ayudó para este propósito.

3.2 Misión 2

La siguiente fase de la instalación incluyó el transporte de la montura robótica y su cuña de ajuste en latitud. Se tuvo cuidado en orientar convenientemente la montura de modo que se consiga el ángulo necesario para hacer coincidir el eje de la montura con la dirección del polo Sur celeste. El mecanismo de precisión del nivelado de la montura facilitó esta tarea. Paralelamente, se hicieron los trabajos necesarios para dotar de energía eléctrica a la caseta del telescopio.

3.3 Misión 3

Seguidamente se realizaron pruebas de la montura robótica usando un telescopio pequeño de 8 pulgadas de diámetro. Esto permitió mejorar el alineamiento del eje de la montura con el meridiano Norte-Sur. En este procedimiento se probó satisfactoriamente el software de control del apuntamiento *The Sky Pro*. Adicionalmente se dotó a la caseta del telescopio con sistemas de seguridad apropiados y se inició el acondicionamiento del ambiente destinado a la sala de control (SECASI), a 60 metros de distancia. Una red local LAN fue probada con éxito para permitir el control a distancia del telescopio y sus periféricos.

3.4 Misión 4

Una fase crucial de la instalación del OAUNI fue el transporte del tubo óptico de 80 kg de Lima a Huancayo. La contratación de una transportadora profesional fue necesaria para garantizar el éxito de esta empresa. Una vez llegado el tubo óptico al OH, se procedió a su delicada instalación sobre la montura robótica. Esto fue realizado con apoyo de una grúa hidráulica que permitió un lento pero seguro anclaje. Nuevas reparaciones a la caseta del telescopio fueron realizadas, especialmente en lo que concierne a la presencia de goteras en su techado de aluminio. La sala de control también fue mejorada con nuevo mobiliario.

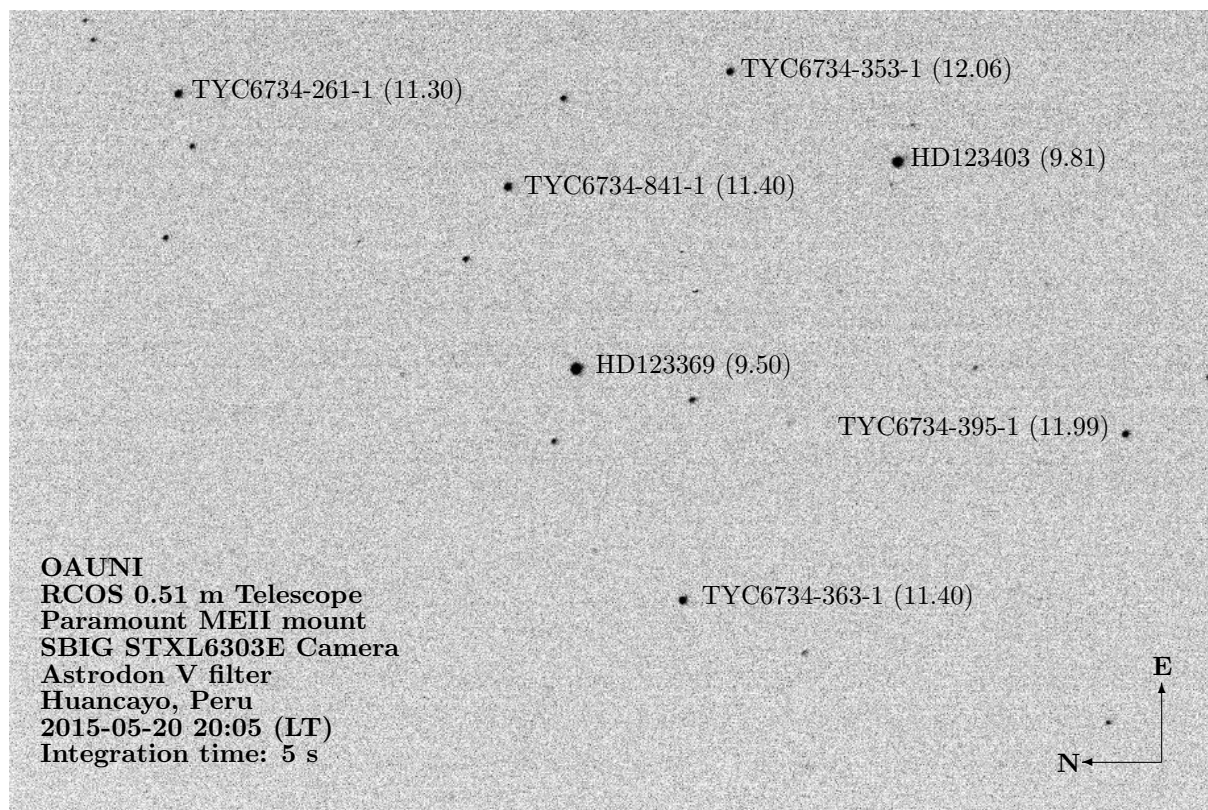


Figura 4. Primera luz del OAUNI el 20/05/2015. Las estrellas del campo están identificadas con su magnitud visual entre paréntesis. El campo de visión es de $23' \times 15'$.

3.5 Misión 5

Algunos periféricos adicionales del telescopio fueron probados en el eje óptico del mismo como el dispositivo rotador de campo. Junto a esto se hicieron pruebas exhaustivas con el sistema electrónico de control del telescopio. Entre otras cosas, este sistema permite controlar la focalización en el espejo secundario, registrar la temperatura en ambos espejos y gerenciar la potencia de los ventiladores del espejo primario de modo a estabilizar térmicamente al tubo óptico. Nuevas pruebas de la calidad de la transmisión de datos fueron realizadas usando la red interna LAN entre el telescopio y sala de control. Adicionalmente, se hicieron pruebas de un adaptador (especialmente construido) para poder utilizar la antigua cámara CCD ST7E también con el OAUNI.

3.6 Misión 6

Previamente a esta fase se concluyó la importación del sistema de filtros astronómicos para la cámara STXL-6303E (ver Sec. 2.4). Todo el sistema de detección completo (cámara, carrusel y filtros) fue transportado al OH, donde fue instalado apropiadamente. Las pruebas locales realizadas indicaron un perfecto funcionamiento de las partes mecánicas y electrónicas. La instalación de un servidor (ver Figura 2) que controle la montura robótica también fue realizada con éxito. Finalmente, con todos los equipos y periféricos instalados en el OAUNI, se procedió al balanceo final del telescopio. Pruebas de apuntamiento y focalización del telescopio fueron realizadas siendo que la fase de instalación se

dio por concluida. En este punto el telescopio estaba listo para iniciar el comisionamiento propiamente dicho.

4 Comisionamiento y Primera Luz

La primera observación de un campo estelar a través del OAUNI se realizó el día 20 de mayo del 2015 (ver Figura 4) en el OH. Esto se realizó durante las etapas iniciales del comisionamiento del OAUNI. Esta primera luz se realizó en condiciones que estaban lejos de ser las mejores para observaciones astronómicas. Excesiva humedad relativa ($\sim 70\%$) y nubosidad presente jugaron en contra de una mejor calidad de imagen. La medida fue realizada a través del filtro visual (V) con una focalización también lejos de la ideal. A pesar de esto, una integración de 5 segundos reveló estrellas bien resueltas hasta magnitud 12. El gran campo de visión de la combinación tubo óptico y cámara (RCOS 0.5m + STXL6303E) mostró todo su potencial. En particular, la practicidad de contar con un dispositivo rotador de campo, permitió colocar los ejes del detector CCD orientados al sistema ecuatorial con suma facilidad. Los sistemas de apuntamiento tanto manual como por *software* funcionaron sin mayor problema.

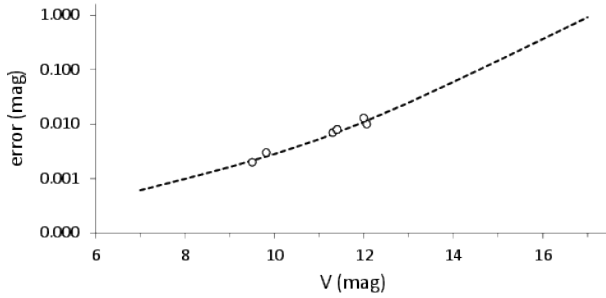


Figura 5. Simulación de la precisión fotométrica del OAUNI considerando las características del detector STXL6303E (línea punteada). Fue asumido un TI = 5 s, un seeing de 2" y un brillo de cielo de 20 mag/"². Los errores fotométricos calculados directamente de los objetos identificados en la imagen de la primera luz también son mostrados (círculos).

Las siguientes fases del comisionamiento permitirán refinar la precisión del apuntamiento que permita llegar al valor de referencia del sistema (< 30"). Adicionalmente se afinará la colimación del tubo óptico de modo que no haya pérdidas de luz innecesarias en el punto focal. Nuevas misiones están programadas para el presente semestre (2015-II) las cuales darán continuidad a este proceso e iniciarán también los proyectos de ciencia.

5 Perspectivas

En el corto plazo, el OAUNI tiene como prioridad desarrollar programas observacionales fundamentalmente fotométricos. Así, la precisión de la medida fotométrica es de suma importancia para programas de variabilidad estelar. A continuación mostramos un análisis de la primera luz que muestra que la precisión de la medida se ajusta perfectamente a los valores esperados.

La Figura 5 muestra la curva modelada del error fotométrico considerando las características de nuestro detector (ganancia = 1.5 e-/ADU, ruido de lectura = 11 e- rms). La calidad de cielo asumida fue apenas razonable para ser consistentes con lo observado en la primera luz (seeing de 2" y un brillo de cielo de 20 mag/"²). Podemos notar que una precisión fotométrica de 0.1 mag es factible para objetos débiles de magnitud 15, usando tiempos de integración (TI) cortos (5 s). Este tiempo fue usado a propósito para hacerlo coincidir con el TI utilizado en la primera luz. Obviamente objetos más débiles podrán ser observados con esa precisión aumentando apropiadamente los tiempos de integración.

Como indicamos líneas arriba, la imagen de la primera luz registró objetos bien muestreados hasta magnitud 12. Para la identificación astrométrica de los objetos de campo se utilizó *Astrometry.net* [9]. Posteriormente,

la realización de fotometría de apertura [10, 11] sobre los objetos identificados (ver Figura 4) permitió calcular los errores fotométricos respectivos. Para esto último se utilizó el *software* patrón de reducción de imágenes astronómicas con CCD (*IRAF*¹). En la Figura 5 hemos mostrado la precisión fotométrica alcanzada por los datos analizados y claramente vemos que se ajustan perfectamente a los valores esperados de la simulación. Esto nos da confianza que medidas fotométricas de calidad podrán ser llevadas a cabo con el actual *setup* del OAUNI.

El comisionamiento actual del OAUNI también contempla realizar pruebas con un espectrógrafo astronómico. Una vez implementado permitirá que la opción de espectroscopia astronómica de baja resolución también esté disponible en el OAUNI para realizar proyectos científicos. Adicionalmente, una cámara CCD rápida fruto de una colaboración con el Observatorio de Paris también será probada intensivamente en esta fase. Esta cámara servirá para potenciar el proyecto de ocultaciones estelares. Así, estimamos que el OAUNI debe crecer en instrumental y equipos en el tiempo. En este sentido, nuevas fuentes de financiamiento están siendo exploradas para este fin.

Finalmente, los cursos de astronomía observacional de la FC también tendrán soporte en el OAUNI. En el mediano plazo, está previsto que estudiantes de fin de curso de Física o Ing. Física puedan realizar sus prácticas con el OAUNI. Con esto, tesis de grado podrán ser realizadas rutinariamente con datos observados con el OAUNI lo que redundará en el aumento de la masa crítica de estudiantes ávidos de involucrarse en astronomía. Esto, claro, favorecerá la natural y posterior fase de seguir estudios de postgrado en esta área. Con esto, el objetivo de potenciar el desarrollo de la astronomía en la UNI, que es uno de los pilares de este proyecto, podrá ser conseguido.

6 Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico del Rectorado de la UNI, de la TWAS, de la Facultad de Ciencias de UNI y del Instituto General de Investigación de la UNI al desarrollo del proyecto OAUNI. El Dr. Pedro Canales acogió y apoyó decididamente el proyecto en sus inicios, por lo que somos gratos. Un agradecimiento especial a los Drs. Abel Gutarra, Humberto Asmat, Armando Bernui, Susana Petrick y José Ishitsuka, así como al Mg. Hugo Trigo, por su apoyo al proyecto. Una mención especial de agradecimiento a la Sra. Elena Ascanio, Secretaria de la FC-UNI por su apoyo invaluable en la logística del proyecto. También a los miembros del GA, Erika Torre, Diego Berrocal y MSc. Guido Granda, así como al Dr. Nobar Baella por su apoyo en la fase de pre-comisionamiento. Los autores también agradecen el apoyo del personal del OH en toda la fase de instalación del OAUNI.

¹*IRAF* es distribuido por *National Optical Astronomy Observatory*, el cual es operado por *Association of Universities for Research in Astronomy (AURA)* bajo acuerdo de cooperación con *National Science Foundation*.

1. E. MEZA, A. PEREYRA ET AL., *OA-UNI: an Astronomical Observatory at the Peruvian Andes*. Abstract Book, Special Session, The International Year of Astronomy, IAU XXVII General Assembly, (p. 407), Rio de Janeiro, 2009
2. A. PEREYRA, W. CORI, E. MEZA, J. RICRA, Y G. GRANDA, *OA-UNI: an astronomical observatory at UNI*. REVCUNI, 15, 1, 209, 2012
3. A. PEREYRA Y N. BAELLA, *Medidas de Seeing en el Observatorio de Huancayo*. REVCUNI, 7, 1, 103, 2003
4. N. BAELLA Y A. PEREYRA, *Calibraciones Fotométricas en el Observatorio de Huancayo*. TECNIA, 13, 1, 15, 2003
5. A. DALMAU Y A. PEREYRA, *Medidas fotométricas en el Observatorio de Huancayo*. TECNIA, 14, 1, 49, 2004
6. E. MEZA, A. PEREYRA, B. SICARDY, G. COMINA, Y J. ISHITSUKA, *Medidas de calidad de cielo (seeing) usando la técnica DIMM en el Observatorio de Huancayo*. TECNIA, 23, 2, 5, 2013
7. E. MEZA, *Implementación del OA-UNI DIMM Seeing Monitor y Observaciones de Ocultaciones Estelares por Cuerpos del Sistema Solar desde los Andes Peruanos*. Tesis, Facultad de Ciencias, Especialidad Ingeniería Física, UNI, 2014
8. A. DALMAU, *Fundamentos de espectroscopía astronómica con CCD*. Tesis, Facultad de Ciencias, Especialidad Ingeniería Física, UNI, 2007
9. D. Lang, D. W. Hogg, K. Mierle, M. Blanton, y S. Roweis, *Astrometry.net: Blind astrometric calibration of arbitrary astronomical images*. The Astronomical Journal 139, 1782, 2010
10. L. WELLS, *Photometry Using IRAF*. IRAF home page (<http://iraf.noao.edu/docs/photom.html>), 1994
11. L. DAVIS, *A Reference Guide to the IRAF/DAOPHOT Package*. IRAF home page, 1994