

**EVALSO:
Infraestructura de vanguardia que conecta a los observatorios de ESO Paranal y Cerro
Armazones a Europa generando grandes sinergias con la comunidad académica chilena**

**EVALSO:
High-Bandwidth Infrastructure to efficiently connect the ESO Paranal and the Cerro
Armazones Observatories to Europe in synergy with the Chilean NREN**

Sandra Jaque¹

RESUMEN

Se describe la exitosa experiencia de trabajo conjunto que enfrentó el desafío de proporcionar una infraestructura de alta capacidad (>1Gbps) al observatorio ESO Paranal y al observatorio de Cerro Armazones, ambos ubicados en la zona del Desierto de Atacama en el norte de Chile, para su comunicación con la comunidad académica especialmente la Europea y de paso generar importantes sinergias con la red académica chilena REUNA. A lo largo de esta publicación, se revisan las etapas desarrolladas, las opciones tecnológicas analizadas y las decisiones adoptadas. Según lo planificado, el sistema entrará en operación en el 2do semestre del 2010. La infraestructura se enmarca dentro de las Actividades de Servicio del proyecto EVALSO [1] ((Enabling Virtual Access to Latin-America Southern Observatories) ejecutado por un consorcio de 9 instituciones y co-financiado por la Comisión Europea (EC) bajo el llamado FP7-INFRASTRUCTURES-2007-1.2-02, “Despliegue de e-Infraestructuras para Comunidades Científicas”. Mayor información del proyecto se puede encontrar en: www.evalso.eu

Esta publicación se basa en el artículo presentado en SPIE-2010 Instrumentación Astronómica, artículo Número 7740-53, se traduce al español y se agrega información en particular concerniente a la comunidad académica beneficiada en el proyecto EVALSO.

Palabras clave: Infraestructura de Comunicaciones, e-Infraestructuras, Observatorios, Colaboración, Red Académica y de investigación, DWDM

ABSTRACT

This paper describe the successful collaboration experience to face the challenge of provision a high-bandwidth infrastructure (>1Gbps) to the observatory ESO Paranal and the observatory Cerro Armazones, both located in the Desert of Atacama in the Northern of Chile, to efficiently connect them to the research community specially the European community, generating along the effort relevant synergies with the research and education network in Chile, REUNA. The developed stages, the technological options and decision taken are review along the paper. The complete system is planned to be in place by mid-2010. This infrastructure is part of the EVALSO[1] (Enabling Virtual Access to Latin-America Southern Observatories) project that is done by a consortium of 9 members and co-founded by the EC (European Commission) within the frame of the FP7-INFRASTRUCTURES-2007-1.2-02, Deployment of e-Infrastructures for Scientific Communities. More on the project is available at www.evalso.eu.

This publication is base on the paper presented in SPIE-2010 Astronomical Instrumentation, paper Number 7740-53, it is translated to Spanish and added more information in special related to the scientific and academic community benefits by the project.

Keywords: Telecommunication Infrastructure, e-Infrastructures, Observatories, Collaboration, Academic and Research Network, DWDM

¹ Corporación Red Universitaria Nacional (REUNA[10]), Canadá 239 Providencia Santiago, Chile. sjaque@reuna.cl

INTRODUCCIÓN

Por diversas razones, los observatorios tienden a ser construidos en zonas remotas donde, entre muchos otros elementos, las infraestructuras de comunicación de alta capacidad no están disponibles o su acceso no es nada simple. En esta situación estaba el observatorio de ESO Paranal (PAO) y el observatorio de Cerro Armazones (OCA), ambos ubicados en el Desierto de Atacama al sur de la ciudad de Antofagasta, en el norte de Chile. Sin embargo, la evolución tecnológica de los observatorios hace que localmente cuenten con una infraestructura de computación y redes en constante evolución, quedando por tanto limitada la posibilidad de utilizar estos recursos, al ancho de banda que disponga el observatorio para su conexión al resto del mundo. Una muestra de esto, tanto el VISTA como el VLT, telescopios que contarán con cámaras de una altísima definición por tanto de un gran número de píxeles, producirán al cabo de un año de operación un volumen de información que excederá todo lo producido por el VLT desde sus inicios en 1999. Así, para utilizar las inmensas posibilidades que brindan los observatorios (transferencia de datos en alta velocidad, monitoreo e ingeniería remota, presencia virtual o telepresencia) es necesario contar con enlaces de alta capacidad, es decir, enlaces con anchos de banda superiores a los giga bit por segundos (Gbps). Por otro lado, las redes académicas han enfrentado este tipo de desafíos a lo largo de todo su desarrollo, existiendo un cúmulo de experiencias exitosas en diversos ámbitos científicos y geográficos que han permitido que las redes académicas sean un motor en el desarrollo de las tecnologías de comunicación, han empujado fuertemente al despliegue de fibra óptica para las redes y el transporte sobre éstas de canales de muy alta velocidad, múltiples decenas de giga bit por segundos en simultáneo.

Motivados por estas ideas y experiencias, en el 2007 se creó un consorcio de nueve miembros[2][3][4][5][6][7][8][9][10], con el espíritu de crear una infraestructura física (y las herramientas o aplicaciones para su máxima utilización) que conectara eficientemente a los dos observatorios con la comunidad astronómica europea y que además generara sinergias con la comunidad académica especialmente la chilena pero también con la latinoamericana, a través del uso compartido de la infraestructura. La propuesta fue presentada al 7º Programa Marco de la Comisión Europea (FP7)[11] logrando a fines del 2007 su aprobación y cofinanciamiento. Naciendo así el proyecto EVALSO (Enabling Virtual Access to Latin-American Southern Observatories) (ver fig.1). EVALSO se inicia oficialmente en Enero-2008 con un financiamiento de 1,7MM Euros por parte de la Comisión Europea, con una valorización total de 4,3MM Euros.



Figura 1: Logos EVALSO y 7º Programa Marco CE

El proyecto es abordado desde dos ámbitos (ver fig.2):

- **Infraestructura.** Mediante la creación del sistema de comunicación necesario para conectar eficientemente, los observatorios mencionados a la comunidad astronómica europea, procurando los tramos faltantes y enlazando éstos a las infraestructuras internacionales creadas a lo largo de los últimos años con el fuerte apoyo de la Comisión Europea (ALICE[12] y ALICE2[13] enlace trans-atlántico y GEANT[14] red académica europea). Permitiendo también que la infraestructura, a lo largo de su recorrido, genere importantes sinergias con las redes académicas tanto a nivel nacional como latinoamericano.

- **Científico.** A través del desarrollo de un conjunto de actividades de investigación con el objetivo de generar y validar nuevas formas de interactuar con las instalaciones remotas, mediante la utilización de las nuevas capacidades de comunicación de alta-capacidad [15][16][17][18].

Esta publicación se concentra en detallar actividades relacionadas a la Infraestructura, se describen el proceso, las alternativas tecnológicas y los resultados obtenidos en la implementación de estas capacidades.

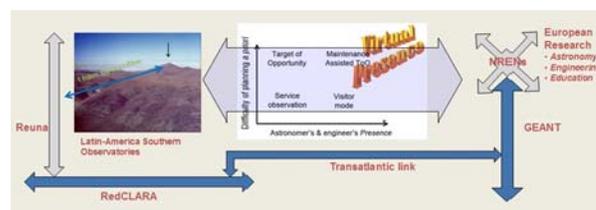


Figura 2. Idea conceptual del proyecto EVALSO

2. ZONAS INVOLUCRADAS

La infraestructura creada por el proyecto involucra las siguientes zonas (ver fig.3):

- El Observatorio ESO Paranal (PAO) y el observatorio de Cerro Armazones (OCA), ubicados en el norte de Chile en la zona del desierto de Atacama al sur de la ciudad de Antofagasta.
- Nodo de REUNA en la ciudad de Antofagasta (a aproximadamente 120 km de la zona de los Observatorios)

- Nodo de REUNA y la oficina de ESO ambas en la ciudad de Santiago de Chile (a aproximadamente 1200 km al sur de la ciudad de Antofagasta)



Figura 3: Zonas Involucradas en la Infraestructura

3. ESTUDIO PRELIMINAR

Como primera actividad se realizó una identificación de las alternativas tecnológicas y comerciales disponibles en Chile, llevando a cabo durante todo el 2008 un estudio preliminar, el que se realizó tanto con las grandes empresas operadoras de Telecomunicaciones en Chile como con empresas dedicadas a construcción de infraestructura específicamente. Se tuvo presente también, el proyecto AUGERACCESS[19] llevado a cabo en Argentina.

El estudio arrojó que la infraestructura de comunicación más cercana a los observatorios se encuentra a lo largo de la panamericana norte-sur (Ruta 5, ver fig.2) por tanto era necesario construir una infraestructura desde cero para los observatorios, al menos hasta un punto de intersección con la infraestructura existente en la zona. Para este nuevo tramo se analizó un tendido en modalidad aérea como soterrada. Para el tramo larga distancia entre Antofagasta-Santiago, el proyecto consiguió consignar interés de dos operadores de telecomunicaciones con factibilidad técnica para entregar una solución mediante una longitud de onda (λ) y no tan sólo OTU-1 (2,5Gbps) como eran las expectativas más optimistas del proyecto, sino que inclusive en OTU-2 (10Gbps). Es muy relevante destacar que este es un hito del proyecto debido a que las operadoras en Chile no ofrecen este servicio dentro de su portafolio, por lo que fue fundamental el trabajo realizado así como el tiempo involucrado en el estudio que permitió explicar la

relevancia que esta infraestructura tendría para la comunidad académica, científica y de investigación chilena, representada en el proyecto EVALSO por la corporación REUNA, cuyo rol permite también garantizar un uso para la ciencia y educación sin fines de lucro.

Respecto al equipamiento que debía ser involucrado en el proyecto, estaba claro que una solución basada en tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) era la que representaba las mejores ventajas en términos de flexibilidad, operación y escalabilidad.

Una vez obtenidas las factibilidades técnicas y una estimación optimista en términos presupuestarios, el proyecto pasó a la siguiente etapa, la fase de licitaciones.

4. FASE DE LICITACIONES

Con la finalidad de simplificar los procesos de licitación y adaptarse a las competencias de los miembros del proyecto, el sistema se dividió en dos partes:

- La infraestructura de enlaces ópticos para conectar OCA, ESO-PARANAL, REUNA-ANTOFAGASTA, ESO-VITACURA y REUNA-SANTIAGO fue licitada por ESO a nombre del proyecto EVALSO.
- El equipamiento DWDM a ser desplegado en todos los nodos fue licitada por REUNA a nombre del proyecto EVALSO.

Los procesos de licitación se ejecutaron durante el 2009 e inicios del 2010 y arrojaron resultados que superaron las expectativas en términos técnicos y económicos. La infraestructura se encuentra en curso de instalación a la fecha de preparación de esta publicación y el plan es que esté operativa durante el último cuarto del 2010. En las secciones siguientes se resumen los resultados obtenidos.

5. ENLACES OPTICOS

Tanto por razones técnicas como de procedimiento, la infraestructura de enlaces se dividió en los siguientes elementos (los números de referencias son los que se utilizaron en los documentos de licitación, ver fig.4)

- Tendido de fibra nueva OCA/ESO Paranal/La Varilla: *Fibra nueva para conectar ESO Paranal (1a) y OCA (4) al punto definido en Ruta 5 (La Varilla).*
- Fibra La Varilla–Antofagasta: *Dos hilos de fibra (1b) para extender la fibra de la Varilla a Antofagasta.*
- Lambda entre Antofagasta y Santiago: *Una longitud de onda (2) entre Antofagasta y Santiago.*

- Fibras dedicadas en el área de Santiago: *Fibras oscuras* (5) entre el Centro de Datos del TELCO Santiago y los puntos terminales ESO/Vitacura y REUNA/Providencia ambos en Santiago.
- Albergue en los centros de datos del TELCO en Antofagasta y Santiago: *Albergue para los equipos de EVALSO en Antofagasta* (6) y *Santiago* (3).

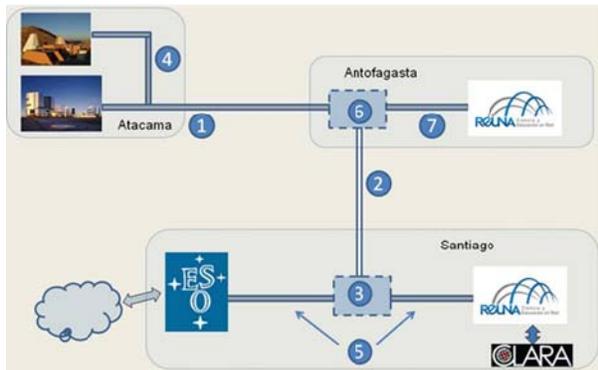


Figura4: Desglose de la infraestructura de enlaces ópticos de EVALSO

5.1 Tendido de fibra nueva OCA/ESO Paranal/La Varilla (Ruta 5)

Para lograr la conectividad de los dos observatorios al punto de interconexión La Varilla, se debieron construir tres nuevos cables (fig.5): El cable principal a lo largo de la Ruta B-70 y dos cables de derivación hacia PAO y OCA.

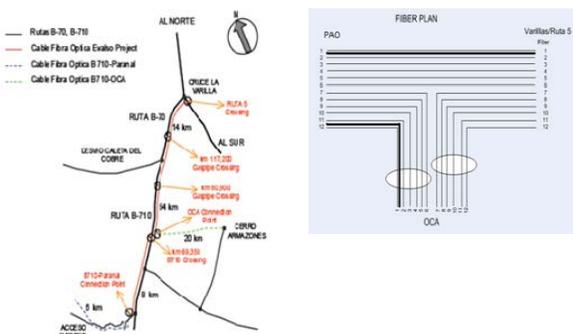


Figura5: Trayectoria y distribución de la fibra

Se seleccionó una fibra de 12-hilos ITU G652.D con un tendido soterrado. Este tendido, es otra de las mejoras obtenidas respecto a las expectativas iniciales, además de las ventajas en materia de seguridad se minimiza también la intervención en el impacto visual en la prístina zona del desierto. La instalación de la fibra se realiza utilizando maquinaria especial que abre una zanja de 20cm de ancho a una profundidad de 80 a120 cms, la fibra se deposita directamente sobre la zanja (sin ductos). Cada 4Km de longitud (largo de los rieles utilizados) se instalan cámaras para el empalme de la fibra. El tendido obligó a

realizar varios cruces tanto sobre la ruta como sobre los ductos de gas existente en la zona.

En enero del 2010 se obtuvo los permisos para instalar la nueva fibra por parte del Ministerio de Obras Públicas (MOP) del gobierno chileno.

Cabe indicar que, la instalación del cable de fibra entre OCA y PAO y luego transportar estos en una sola fibra hacia Antofagasta, se justifica por razones de costos. Esto último refuerza la necesidad de equipamiento DWDM, los que transportan múltiples canales de alta velocidad sobre una misma fibra. Los pares de fibra restantes quedan disponibles para necesidades futuras, siendo un uso potencial el E-ELT de ESO que recientemente seleccionó Cerro Armazones como ubicación. Las figuras 6 y 7 ilustran la instalación.



Figura 6. Máquina que realiza la zanja, la fibra es instalada directamente en ésta, se cubre con el mismo material compactado de la excavación.



Figura 7. (Derecha) Cámara donde irá empalme de fibra que viene de PAO y la que va hacia Antofagasta. (Izquierda) Señal ética utilizada a lo largo del camino para cumplir los reglamentos de seguridad solicitados.

5.2 Fibra La Varilla – Antofagasta (a lo largo de Ruta5 o Panamericana)

Entre el nuevo cable tendido a La Varilla y el punto donde llega el lambda en Antofagasta hay alrededor de 50Kms, distancia cubierta mediante la adquisición, en una modalidad de IRU - Derecho Irrenunciable de Uso (Infeasible Right of Use) - a 10 años, de un par de fibra sobre infraestructura ya existente. La fibra en este tramo es también ITU G652.D pero bajo tendido aéreo a lo largo de la Ruta 5. Así dos hilos de fibra del cable nuevo y los dos hilos de fibra del cable existente se fusionan para crear un enlace óptico continuo desde el observatorio en Paranal (PAO) hasta el punto de presencia de la TELCO en Antofagasta, resultando un total de 125kms de, distancia que puede ser cubierta con los equipos DWDM sin necesidad de amplificación o

regeneración intermedia evitando tener que disponer de equipamiento activo a lo largo del tendido.

5.3 “LAMBDA” entre Antofagasta y Santiago

Para el transporte entre Antofagasta y Santiago se adquirió una longitud de onda (lambda), en una modalidad de IRU a 10 años. La longitud de onda es parte de las otras que el proveedor adjudicado posee a lo largo de la ruta, por tanto la solución tiene el mismo grado de respaldo y disponibilidad que la troncal de la red del proveedor. La interconexión a la lambda por parte de los equipos del proyecto es vía interfaces OTU-2 (10Gbps). Es importante resaltar que el transporte es transparente, no hay gestión del tráfico por parte del proveedor, la gestión se realiza en los equipos del proyecto en cada nodo de la infraestructura. Otro elemento relevante de mencionar, es que debido a la sinergia generada con la red académica chilena REUNA, se solicitó la factibilidad que el lambda bajara en los dos nodos que tiene la red de REUNA a lo largo de la ruta, esto es Copiapó y La Serena.

5.4 Fibras dedicadas en el área de Santiago

Por último, fueron adquiridos dos tramos de fibra oscura, también en modalidad de IRU a 10 años, para conectar en Santiago tanto a las oficinas de ESO en Vitacura y las de REUNA en Providencia contra el nodo del TELCO en Santiago, que es donde se recibe la lambda desde el norte.

5.6 Albergue en los centros de datos de Antofagasta y Santiago del TELCO

De manera de facilitar la interconexión de los equipos del proyecto contra los equipos de la empresa de Telecomunicaciones (TELCO), se solicitó albergue en los centros de datos de ésta en los nodos de Antofagasta y Santiago, con condiciones de acceso controlado, espacio de rack protegido en términos de energía y climatización. Se incluyó también otra fibra que conecta en Antofagasta el nodo IP de la red de REUNA al equipo DWDM del proyecto.

6. EQUIPAMIENTO DWDM

Para utilizar de manera efectiva la infraestructura de enlaces así como resolver los requerimientos planteados en el proyecto y por otro lado incorporar proyección de crecimiento, se decidió adquirir una solución basada en tecnología DWDM, la fig.9 muestra un diagrama general de la solución.

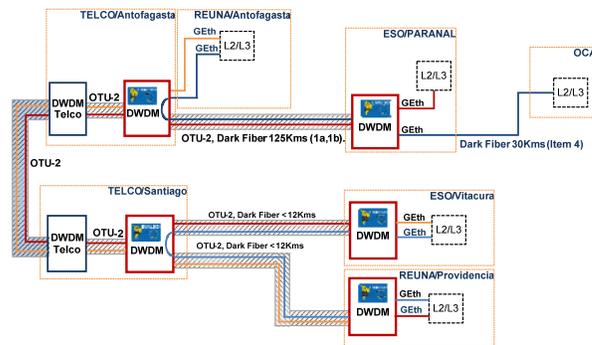


Figura 9. Diagrama general de los equipos del proyecto

Hay cinco sitios donde se instalarán los equipos:

- Observatorio Paranal, campo base. Gestionará el tráfico de ESO PAO así como el que se recibirá desde OCA.
- TELCO Antofagasta. Recibe tráfico desde ESO PAO y lo transportará sin intervención hasta Santiago. Recibe el tráfico de OCA y lo entrega en nodo IP REUNA Antofagasta. Incorpora el tráfico de REUNA y lo transporta por el lambda larga distancia.
- TELCO Santiago. Recibirá los tráficos que vienen desde Antofagasta y distribuirá en los nodos ESO/Vitacura y REUNA/Providencia.
- ESO/Vitacura, Santiago. Recibirá el tráfico desde el observatorio ESO PAO e intercambiará el tráfico hacia las redes académicas en particular la europea vía REUNA.
- REUNA/Providencia, Santiago. Integra el tráfico desde la zona norte con el resto del tráfico de la red de REUNA, así como recibe el tráfico de ESO hacia la red académica en particular la Europa.

Algunas de las características de los equipos seleccionados son:

- Transporte transparente, en capa 2, de tráfico entre distintos extremos. Así por ejemplo, una VLAN desde PAO hasta ESO/Santiago es transportada sin intervención entre los nodos intermedios por el cual pasa el tráfico.
- Escalable en soporte de lambdas aunque al inicio se transporta sólo uno.
- Interfaz hacia el cliente Giga Ethernet y hacia la red OTU-2 OTN G.709
- Equipos de alto desempeño, sin bloqueo (el bus interno soporta 4xODU1, es decir, posee una matriz de conexión entre las interfaces de 30Gbps)
- Gestión en-línea y fuera de línea bajo distintas plataformas, sistema de gestión propietaria, CLI, html y java.

- Equipos de alta disponibilidad, redundancia en componentes del chasis (fuente de poder y ventiladores)

- Interfaces utilizadas:

F10-A: 2 x (10Mbps a 2,7Gbps) + 1xOTU-2 (10Gbps)

M3 : 3 x 10Mbps a 2,7Gbps

G10 : 10 x 1Gbps o 9x1Gbps + 1xOTU-1 (2,7Gbps)

Es importante indicar que se solicitó que los equipos fuesen compatibles con el equipamiento del TELCO, la interconexión entre ambos es vía un lambda no coloreado en la longitud de onda de 1550nm mediante interfaz OTU-2, por tanto las pruebas de compatibilidad durante el plan de implementación cobran especial importancia.

7. USO EN EL PROYECTO y FUTURO

Según el plan de implementación se espera que todo el sistema, enlaces ópticos y equipamiento desplegado, esté operativo a fines de Agosto de 2010. La infraestructura, por el periodo de ejecución del proyecto (mediados 2011), se utilizará para los fines del proyecto entre estos la adecuada ejecución de las actividades de investigación de EVALSO. Posterior a esto la infraestructura se utilizará según el acuerdo de uso entre los miembros, documento que se encuentra en preparación. Algunos conceptos claves del acuerdo:

- ESO tendrá a su cargo el mantenimiento de la infraestructura óptica.
- REUNA llevará la operación de la infraestructura completa creada por EVALSO, y se ocupará también del mantenimiento de los equipos DWDM.
- Existirán canales de comunicación dedicados entre: OCA y REUNA/Antofagasta, ESO/Paranal y ESO/Santiago, REUNA/Antofagasta y REUNA/Santiago, ESO/Santiago y REUNA/Santiago
- Existirá la posibilidad de crear nuevos canales ya sea por proyectos o acuerdos futuros.

8. CONCLUSIONES

Las comunicaciones de alta capacidad se han transformado en un componente clave para instalaciones de desarrollo científico cómo son los observatorios. Por un lado, no es posible obtener estas capacidades a través servicios convencionales como accesos a Internet

comercial y por otro las instalaciones de los observatorios se realizan en lugares donde de manera natural, no existe este tipo infraestructuras de comunicación, por tanto se requiere esfuerzos específicos para cumplir estos requerimientos. El proyecto EVALSO demuestra que, a través de una adecuada articulación de esfuerzos y colaboración es posible conseguir resultados exitosos, ya que pondrá a disposición de los miembros del proyecto, hacia fines del 2010, una infraestructura de alta capacidad (10Gbps) la que será utilizada en común acuerdo entre los miembros del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.evalso.eu/>
- [2] <http://www.eso.org/>
- [3] <http://www.units.it/>
- [4] <http://www.astro.ruhr-uni-bochum.de/>
- [5] <http://www.garr.it/>
- [6] <http://www.strw.leidenuniv.nl/nova/>
- [7] <http://www.ts.astro.it/>
- [8] <http://www.qmul.ac.uk/>
- [9] <http://www.redclara.net/>
- [10] <http://www.reuna.cl/>
- [11] http://cordis.europa.eu/fp7/ict/e-infrastructure/home_en.html
- [12] <http://alice.dante.net/>
- [13] <http://alice2.redclara.net/>
- [14] <http://www.geant.net/pages/home.aspx>
- [15] R. Cirami, et al., "EVALSO: Enabling Virtual Access to Latin-America Southern Observatories", Proc. SPIE 2008 – Advanced Software and Control for Astronomy (Marseille), June 23-28, Vol. 7019, 701936, (2008)
- [16] F.Comeron et Al, "A fast link with Paranal: new operational opportunities", Proc. SPIE 2008 – Observatory Operations: Strategies, Processes, and Systems (Marseille), June 23-28, (2008)
- [17] R.Cirami et Al., "The EVALSO Project: Software-Hardware architecture and remote test results", ICALEPCS 2009, October 12-16, Kobe, Japan , (2009)
- [18] Romaniello et Al., "From Chile to Europe in minutes: handling the data stream from ESO's Paranal Observatory", SPIE 2010, 7737-81, (2010)
- [19] <http://www.augeraccess.net/menu.htm>