

---

*ALMA:*

# *UNA CONSTRUCCIÓN JUNTO A LAS ESTRELLAS*

PARA VER EL UNIVERSO COMO NADIE HABÍA QUE  
ACERCARSE A ÉL LO MÁS POSIBLE POR EL  
RADIO TELESCOPIO ALMA SE CONSTRUYÓ ENTRE  
LOS 2900 Y 5100 METROS DE ALTITUD HACERLO  
REQUIRIÓ DIEZ AÑOS.

---

*Por Jorge Velasco Cruz \_Fotos gentileza almaobservatory.org*



ESO/B. Tafreshi (twamight.org)

Huellas de estrellas arremolinadas sobre las antenas de ALMA



Las antenas de ALMA han sido diseñadas y construidas para resistir duras condiciones climáticas. Si bien ALMA está situado en uno de los lugares más secos del mundo, en muy raras ocasiones la nieve llega a cubrir el llano de Chajnantor, donde se ubican las antenas a 5.000 metros de altitud.

**Es el más grande en su tipo. No hay otro igual.** Ninguno tiene su capacidad de observación ni su definición. El Gran Radiotelescopio de Atacama ("The Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array", ALMA) es el radiotelescopio más poderoso del mundo y se ubica a cinco mil metros de altura en el llano de Chajnantor, Región de Antofagasta, a unos 50 kilómetros de San Pedro de Atacama. Cuando esté operando a plena capacidad, tendrá instaladas 66 antenas de alta precisión de 7 y 12 metros de diámetro, que detectan las ondas de radio emitidas naturalmente por el gas y el polvo presentes en el espacio. Dichas ondas son procesadas por una súper computadora con capacidad para procesar más de 17 mil millones de operaciones por segundo, que genera imágenes con una resolución 100 veces mejor que cualquiera que se conozca. La máxima distancia posible entre las

antenas más lejanas es de 16 kilómetros.

Las nuevas imágenes ya les están facilitando a los astrónomos la posibilidad de examinar procesos que hasta ahora eran invisibles o incomprensibles, relacionados con la evolución de los planetas, las estrellas y las galaxias. "Permitirá a la ciencia dar un gran paso en el estudio de la formación de planetas y estrellas, al estudiar lo que llamamos 'el Universo frío'. Hay muchos objetos en el espacio que los observatorios ópticos no logran observar, pero que sí un radiotelescopio como ALMA logrará medir y estudiar la temperatura, presión y composiciones químicas en otras galaxias", explica Diego Rojas, gerente de sitio. Sus palabras, de alguna manera, son complementadas por las que emitió el Presidente, Sebastián Piñera, cuando visitó las instalaciones con motivo de su inauguración el 13 de marzo: "ALMA nos va a permitir expandir las fron-

teras del conocimiento, llegar más lejos de lo que nuestros antecesores han llegado y, probablemente, adentrarnos en los secretos del origen del universo".

Que el radiotelescopio esté en Chile no es casualidad. Gracias a sus buenas condiciones climáticas y topográficas, el altiplano nacional fue seleccionado por su amplia superficie para instalar un proyecto que puede ocupar hasta 200 kilómetros cuadrados. Pero, sobre todo, la sequedad del Desierto de Atacama garantiza a los operadores las condiciones ideales para detectar ondas de radio milimétricas, que se dispersarían en una atmósfera más húmeda.

## OSF Y AOS

El observatorio es un esfuerzo multinacional, diseñado y puesto en marcha por quince países de Europa, Estados Unidos y Canadá, Japón y Taiwán, que ha contado



Crédito: W. Garnier

Vista aérea del Centro de Operaciones de ALMA, ubicado a 2.900 metros sobre el desierto de Atacama. Aquí es donde se ensamblan las antenas y se preparan para viajar hasta su destino final en el llano de Chajnantor.



Crédito: S. Stranghellini (ESO)

La primera antena europea para ALMA alcanza nuevas alturas, después de haber sido transportada al sitio de operaciones del observatorio (AOS). La antena, de 12 metros de diámetro, llegó para unirse a las antenas de los otros socios.

con la activa colaboración de Chile. Del total de 66 antenas que se van a instalar, América del Norte aportará 25 (a cargo del National Radio Astronomy Observatory), Europa entregará otra cantidad igual (aportadas por el Observatorio Europeo Austral) y Asia del Este dispondrá de 16 unidades (National Astronomical Observatory de Japón). La inversión total alcanza los US\$ 1.400 millones.

En 2002, el European Southern Observatory (ESO) y la Associated Universities Inc. (AUI), de Estados Unidos, presentaron el Estudio de Impacto Ambiental ante las autoridades locales, quienes fallaron favorablemente en marzo de 2003. A fines de ese año se colocó la primera piedra, la construcción empezó en 2005 y las antenas comenzaron a instalarse en 2008. El observatorio inició sus operaciones científicas en septiembre de 2011, con 16 antenas. Entre

medio, en 2004, se aseguró el uso del sitio para el telescopio por 50 años y Japón se integró oficialmente al proyecto. Las primeras observaciones de antenas coordinadas se llevaron a cabo en 2010.

Las obras consistieron en la construcción del Centro de Operaciones (Operation Support Facility, OSF), a 2.900 msnm (metros sobre el nivel del mar). Allí se encuentran la sala de operaciones de las antenas, los laboratorios de criogénia, el front end y back end (softwares de operación) y la planta de poder, que consta de tres turbinas de gas que suministran energía a todo el observatorio. En el OSF, además, está el campamento o dormitorio, con capacidad para albergar a 230 personas con habitaciones con baño privado, calefacción y televisión. Ahí también se levantó un centro de recreación llamado ARA (ALMA Recreation Association), donde el personal puede relajarse

## EL GRAN RADIO-telescopio de Atacama (ALMA) es el más poderoso del mundo y se ubica a cinco mil metros de altura. Cuando esté operando a plena capacidad, tendrá instaladas 66 antenas de alta precisión, que detectan las ondas de radio emitidas naturalmente en el espacio.

y compartir después del horario de trabajo. Aquí hay gimnasio, mesas de pool, taca-taca y ping pong, una sala de música con instrumentos para tocar, una habitación de lectura y otra para ver películas.

El lugar, sin embargo, no es permanente y será reemplazado por la "Residencia", que podría comenzar a construirse a fines de este año y quedar concluida en 2015. El proyecto, cuyo diseño fue adjudicado a la empresa finlandesa Kouvo & Partanen, tendrá 120 habitaciones plenamente equipadas, con restaurante y zonas de esparcimiento. El edificio tendrá un diseño arquitectónico en armonía con el paisaje, gracias al uso de materiales locales como piedras, cobre y roca volcánica.

La otra sección del observatorio es el AOS (Array Operation Site), a 5.050 msnm y ubicado a 28 kilómetros del OSF. En este lugar se ubica el edificio técnico -que próxi-



Fotografía aérea del Sitio de Operaciones del Conjunto ALMA (AOS): El llano de Chajnantor en toda su dimensión a los 5.000 metros de altura sobre el Desierto de Atacama. Este es el lugar donde las 66 antenas de ALMA comenzarán a escudriñar el Universo frío, actuando al unísono como un enorme telescopio.

mamente será oxigenado- y las 192 fundaciones o pads donde se pueden instalar las 66 antenas que tendrá el observatorio en total. Casi en paralelo con el término de su edificación, se comenzó con los primeros ensamblajes de las antenas, proceso que demoró por el uso de tecnologías nuevas que todavía estaba en desarrollo. Al mismo tiempo, se trabajó en la construcción de dos transportadores de las antenas tanto dentro del OSF como hacia el AOS (5.050msnm). En esta etapa, dice Rojas, el desafío fue múltiple: cumplir con las especificaciones técnicas, poner en operación equipos únicos en el mundo y que las primeras antenas (de 115 toneladas cada una en promedio) operaran como estaba previsto en la etapa de diseño.

#### OBRA SUSTENTABLE

La construcción de ALMA implicó diversos desafíos. Poner de acuerdo a diversos países para una iniciativa como ésta de por

sí es uno importante. Pero la gran dificultad en terreno tuvo que ver con la construcción del camino entre el AOS y el OSF, y el levantamiento de los edificios técnicos en condiciones climáticas y geográficas adversas. Su nivel de exigencia fue extremo, considerando que las instalaciones más elevadas de ALMA son consideradas la segunda construcción (de carácter complejo) a más altura hecha por el hombre. Para el éxito de la misión fue fundamental la experiencia previa en otras iniciativas, como el Proyecto Experimental APEX (Atacama Pathfinder Experiment), que se ejecutó en el mismo llano de Chajnantor.

En este contexto, explica Diego Rojas, la misión consistió en llevar a cabo una obra que respetara la infraestructura del terreno, que utilizara materiales locales para complementar la arquitectura y que privilegiara la captura de vistas. “En la arquitectura del Proyecto ALMA se consideró un concepto minimalista: líneas simples

y geométricas, capaz de albergar un crecimiento orgánico del proyecto, sin afectar el entrono donde se ubica. El objetivo es que éste sea amigable con el medio ambiente, protegiendo las zonas arqueológicas y la flora y fauna del sector”, explica el gerente de sitio en ALMA.

Fue por esto que, especialmente en el diseño de la residencia (que se desarrollaría durante 2014), se incorporaron elementos sustentables como colectores solares, sistemas de iluminación de bajo consumo (LED) y aislación para un bajo consumo de energía. Habrá también compactadores de basura y un punto limpio para reciclar residuos. Junto con ello, la energía es suministrada por una planta generadora constituida por tres turbinas a gas, que tienen una potencia de 3,3MW cada una. Utilizan como combustible LPG (gas licuado de petróleo), con bajos niveles de emisión y contaminación acústica.

Una de las principales preocupaciones



técnicas durante la construcción, comentan Rojas y Eugenio Ureta, supervisor de la construcción de sitio de ALMA, consistió en lograr que los hormigones estructurales tuvieran un tratamiento adecuado, tanto en su colocación como en su curado a cinco mil metros de altitud, de forma que éste permitiera controlar el correcto fraguado y su resistencia final de diseño. El problema se resolvió con la construcción de domos climatizados con control de temperatura y humedad, para conseguir las resistencias adecuadas.

Junto con ello, la instalación de los “ridges” (soportes y anclajes de las antenas) fue otro gran desafío. “Hubo que crear y diseñar un equipo mecánico que pudiera asegurar y lograr la simetría en el montaje. Además que la nivelación y distribución de los tres soportes por antena fue milimétrica, nivelada con láser y georeferenciadas milimétricamente”, explican los expertos.

Todo este proceso se llevó a cabo, ade-

más, considerando la condición sísmica del lugar, especialmente con el cumplimiento de la NCh 433 de 1996 de diseño sísmico de edificios (entre los principales materiales empleados figuran hormigón estructural, mallas y estructura metálicas, estabilizados en general, cables eléctricos y fibra óptica soterrada). Al respecto, señala Ureta, los cálculos estructurales y sísmicos contaron con los servicios de las principales oficinas de ingeniería de Chile y con la reevaluación de revisores independientes, además de otros asesores externos.

Si bien todavía falta ejecutar la residencia o lugar donde se albergará al personal, el proceso constructivo ha sido un éxito y hoy ALMA opera con 47 antenas integradas en el AOS. Actualmente, 60 de las 66 antenas finales ya están ensambladas y testeadas, por lo que se estima que el proyecto estará plenamente operativo al finalizar 2013. A partir de esa fecha, el sueño de mirar el universo comenzará a ser una realidad.

#### PRINCIPALES OBRAS REALIZADAS

- EDIFICIO OSF: 7.000 m<sup>2</sup>
- EDIFICIO AOS: 1.200 m<sup>2</sup>
- EDIFICIO ALMA SCO (STGO.): 6.500 m<sup>2</sup>
- CAMPAMENTO: 2.500 m<sup>2</sup>
- RESIDENCIA (EN LICITACIÓN): 5.500 m<sup>2</sup>
- OBRAS ANEXAS: 2.000 m<sup>2</sup>
- CAMINOS PORTERÍA A AOS: 43 Km.
- CAMINOS CHAJNANTOR: 80 Km.
- FUNDACIONES RADIOTELESCOPIOS: 192

#### PRINCIPALES EMPRESAS PARTICIPANTES

**INGENIERÍA DE DISEÑO GEO AMBIENTAL CONSULTORES (CHILE):** Investigación geotécnica.

**INGELOG (CHILE):** Diseño de caminos principales.

**INGENIERÍA EL ALBA (CHILE):** Diseño del pavimento y de seguridad de caminos.

**EIE (ITALIA):** Diseño de fundaciones.

**FICHTNER (ALEMANIA):** Diseño OSF.

**IGLESIAS PRAT ARQUITECTOS (CHILE):** Diseño SCO (Santiago).

**LANHMEYER (ALEMANIA):** Diseño línea 23 kV.

**KOUVO & PARTANEN ARCHITECTS (FINLANDIA) :** Diseño residencia.

#### EMPRESAS CONSTRUCTORAS

**CONSORCIO VIAL Y VIVES / MENA Y OVALLE (CHILE):** Construcción de edificios OSF y SCO (oficina Santiago).

**OCEGTEL (CHILE):** Fundaciones de antenas AOS.

**MBV (CHILE):** Instalación insertos de antenas.

**ASERCOP (CHILE):** Trabajos de tierra y accesos de caminos.

**MSL PATAGONIA (CHILE):** Ductos y alcantarillado.

**EMEX (CHILE):** Pavimento con aglomerado salino.

**TSK Y TURBOMACH (ESPAÑA, SUIZA):** Generación y operación de energía.

**SCHNEIDER / AREVA / ALUSA (ALEMANIA, FRANCIA, BRASIL, CHILE):** Construcción y operación línea 23 kV.

**ARMADO DE ANTENAS EN SITIO ALMA**

**GENERAL DYNAMICS - VERTEX (EE.UU.)**

**MELCO (JAPÓN)**

**AEM (CONSORCIO EUROPEO)**