

**Instalación del sistema de criogenia y
climatización del radiotelescopio RAEGE en
Yebes.**

C. Albo, J. Fernández, J.M^a Yagüe
Informe Técnico IT-CDT-2015-11



Los desarrollos descritos en este informe técnico han sido cofinanciados por el Programa Operativo Fondo Tecnológico FEDER de la UE bajo el convenio IGN-MINECO denominado "Radiotelescopio de VLBI geodésico y astrométrico para su integración en la red VGOS (VGOSYEBES)"

Indice

1	Introducción.....	2
2	Sistemas auxiliares de criogenia.....	2
2.1	Instalación de tubos de Helio.....	2
2.1.1	Tramo Rx.....	3
2.1.2	Tramo en tubo.....	4
2.1.3	Tramo desde el tubo cónico hasta la cabina de acimut.....	4
2.1.3.1	Fabricación de canaleta exterior.....	5
2.1.3.2	Taladros de sujeción de canaleta exterior.....	6
2.1.3.3	Instalación de la canaleta exterior.....	7
2.1.3.4	Instalación de los tubos.....	7
2.1.3.5	Remates finales.....	8
2.1.4	Enrollador de tubos en elevación.....	10
2.1.4.1	Montaje del enrollador.....	11
2.1.4.2	Montaje de los soportes en la pared de la cabina de acimut.....	13
2.1.5	Tramo desde enrollador hasta caseta del compresor.....	14
2.1.5.1	Fabricación e instalación de la canaleta.....	15
2.1.5.2	Orificios de paso a la caseta.....	15
2.1.5.3	Instalación de los tubos.....	16
2.1.6	Tramo en caseta del compresor.....	17
2.1.7	Soldadura de racores en tubo de cobre.....	17
2.2	Instalación eléctrica.....	18
2.2.1	Conexión entre la cabeza refrigeradora y el compresor.....	19
2.2.2	Instalación en la caseta del compresor.....	19
2.3	Tobera de salida de aire del compresor.....	20
3	Climatización de las cabinas.....	21
3.1	Asilamiento de la cabina de elevación.....	21
3.2	Instalación del equipo de aire acondicionado.....	22
3.2.1	Instalación de los equipos.....	23
3.2.2	Instalación de los tubos.....	25
3.2.3	Instalación eléctrica.....	26
3.3	Climatización de la cabina de acimut.....	28
3.3.1	Conexión del control remoto.....	28
3.3.2	Configuración del control remoto.....	29
Anexo I.	Lista de materiales.....	30
Anexo II.	Planos.....	33

1 Introducción.

Durante el año 2013 se ha llevado a cabo la construcción del radiotelescopio de 13 metros de diámetro del proyecto RAEGE en el Observatorio de Yebes. Tras la entrega del radiotelescopio, el IGN empezó los trabajos de equipamiento del radiotelescopio para la realización de las observaciones. Uno de los trabajos fue la instalación de receptor en el tubo cónico (ver informe técnico IT-CDT-2014-1).

Para el uso del receptor es necesario realizar la instalación auxiliar de criogenia que conecte la cabeza refrigeradora del receptor al compresor. Además es recomendable instalar un sistema de ventilación de la membrana del receptor para evitar la condensación de agua en su superficie.

Por otro lado hay que acondicionar la cabina de elevación. En dicha cabina se han instalado los equipos de FI y algunos equipos de comunicaciones. Tanto estos como el receptor precisan una temperatura ambiente estable para un correcto funcionamiento. Para acondicionar la cabina se ha instalado un equipo de aire acondicionado y se ha aislado completamente el interior de la cabina.

En el presente informe se describen estos sistemas auxiliares así como los trabajos realizados para su instalación en el radiotelescopio. Los sistemas se han dividido de la siguiente forma:

- Sistemas auxiliares de criogenia.
- Climatización de las cabinas.

2 Sistemas auxiliares de criogenia.

El receptor del radiotelescopio se enfría gracias a una cabeza refrigeradora de Helio. El compresor utilizado es el modelo 1020R de CTI-CRYIGENICS . Se ha ubicado en el balcón de la cabina de acimut, dentro de una caseta que lo protege del exterior. Ambos elementos se tienen que conectar con dos conductos para el Helio (suministro y retorno) y una conexión eléctrica de alimentación a la cabeza. Por otro lado, la caseta del compresor necesita disponer de las tomas de electricidad necesarias para el suministro de energía eléctrica al compresor, así como un punto de luz para iluminación.

2.1 Instalación de tubos de Helio.

La instalación consiste en dos conductos paralelos para el gas entre la cabeza refrigeradora del receptor y el compresor, uno de ida y otro de retorno. El compresor está situado en una caseta del balcón de la cabina de acimut. Por lo tanto la instalación debe de poder admitir el giro de elevación de la antena.

La instalación se ha realizado por tramos. Según el tramo, el tipo de tubo es semirrígido o flexible dependiendo de las necesidades. La siguiente figura indica los distintos tramos y el tipo de tubo usado.

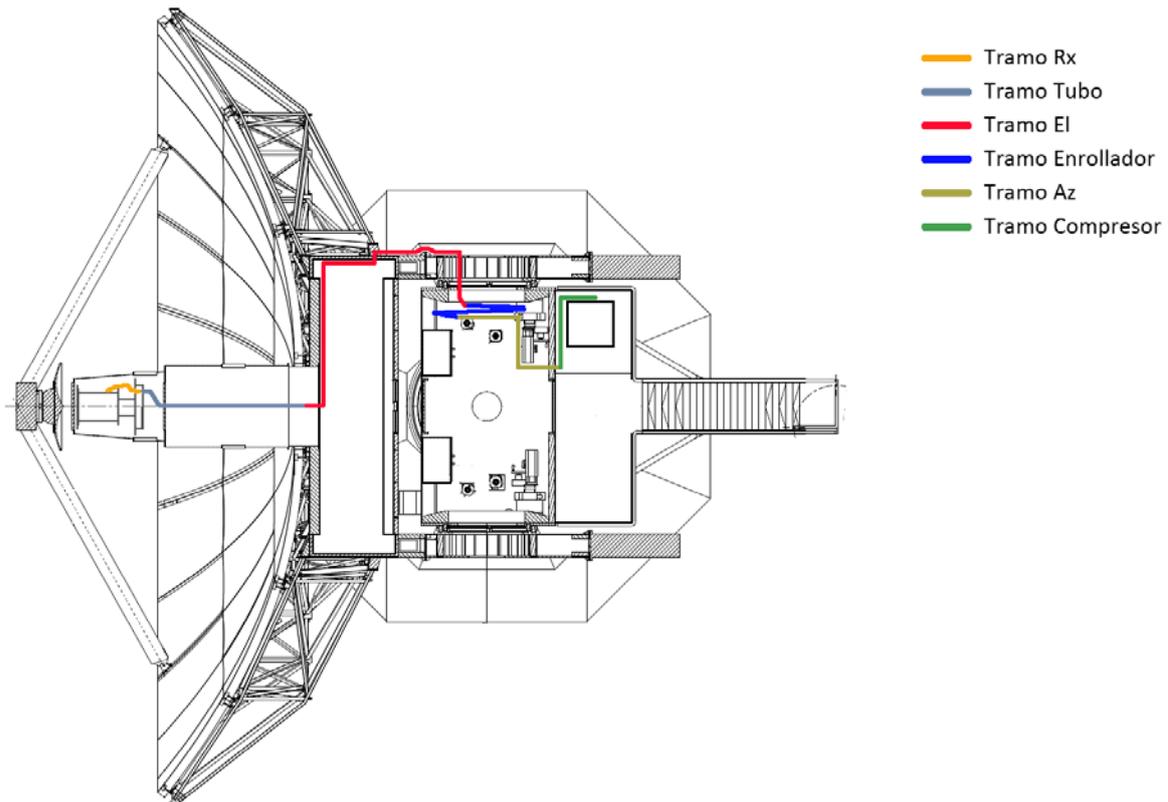


Figura 1. Esquema de la instalación de tubos de Helio.

- Tramo Rx: Conexión entre cabeza refrigeradora y el panel de conexiones del carro. Tubo semirrígido.
- Tramo Tubo: Tramo tendido a lo largo del tubo cónico. Tubo flexible.
- Tramo El: Tramo desde el tubo cónico hasta la cabina de acimut. Tubo semirrígido.
- Tramo Enrollador: Instalación para compensar el movimiento de elevación de la antena. Tubo flexible.
- Tramo Az: Tramo desde el enrollador hasta la caseta del compresor. Tubo semirrígido.
- Tramo compresor: Conexión de los conductos al compresor. Tubo flexible.

2.1.1 Tramo Rx.

Una vez instalado el carro en el tubo cónico, el receptor queda prácticamente inaccesible. Para poder realizar todas las conexiones necesarias con el exterior, se ha provisto al carro con varios paneles de conexiones en su parte trasera con los conectores necesarios. Además de las conexiones de señales, se incluyen la de vaciado del criostato y los dos conductos de Helio.

La conexión entre los conectores de Helio traseros y la cabeza refrigeradora se ha realizado con tubo semirrígido de cobre de media pulgada de diámetro. En cada extremo de los tubos se ha soldado un racor para la conexión de los racores de la cabeza refrigeradora y del panel de conexiones trasera del carro. El proceso de soldadura se explica en el apartado 2.1.7 (página 17).

2.1.2 Tramo en tubo.

A lo largo del tubo se han instalado dos conductos flexibles de acero inoxidable de media pulgada con racores Aeroquip 5400-S5-8. Los tubos son de 3 metros de longitud. Este tramo necesita ser flexible para poder conectar y desconectar los conductos del carro y poder extraer e instalar el carro.

Los conductos van sujetos a una canaleta de rejilla instalada en los travesaños inferiores del tubo.



Figura 2. Tramo de tubos de Helio en el tubo cónico.

2.1.3 Tramo desde el tubo cónico hasta la cabina de acimut..

Se trata del tramo comprendido entre la base del tubo cónico y el inicio del enrollador de tubos en la cabina de acimut. El tramo se ha realizado con tubo semirrígido de cobre de media pulgada de una sola pieza. La longitud del tramo es de aproximadamente 8 metros.

Los tubos pasan desde la cabina de elevación a la cabina de acimut por el exterior del radiotelescopio, a lo largo del contrapeso derecho. En el exterior se ha instalado una canaleta cerrada para el paso tanto de los tubos de Helio como de los de aire acondicionado. Por razones estéticas, la canaleta se ha instalado centrada y en línea con los contrapesos. Los tubos atraviesan las paredes de las cabinas con sendos orificios de 57 mm de diámetro. Dichos orificios tienen que sellarse tras la instalación de los tubos para impedir el paso de agua al interior de las cabinas. La canaleta va atornillada a las paredes en varios puntos.

El orden de los pasos seguidos para realizar la instalación han sido los siguientes:

1. Fabricación de la canaleta exterior.
2. Taladrado de las paredes de las cabinas para el paso de los tubos.
3. Instalación de la canaleta en la pared del contrapeso.
4. Instalación de los tubos.
5. Sellado de los orificios de las cabinas y cierre de la canaleta exterior.
6. Soldadura de los racores.

2.1.3.1 Fabricación de canaleta exterior.

La canaleta exterior utilizada en Yebes es una canaleta completamente cerrada de 200x60 mm. Tras su adquisición se descubrió que en la unión del contrapeso a la cabina de elevación hay un saliente correspondiente a las bridas de ambas partes de aproximadamente 60 mm. Para utilizar la canaleta ha sido necesario doblarla para salvar dicho saliente. Para las siguientes antenas se utilizará una canaleta de 200x100 mm, que solo necesitará recortarla lo justo para salvar las bridas.

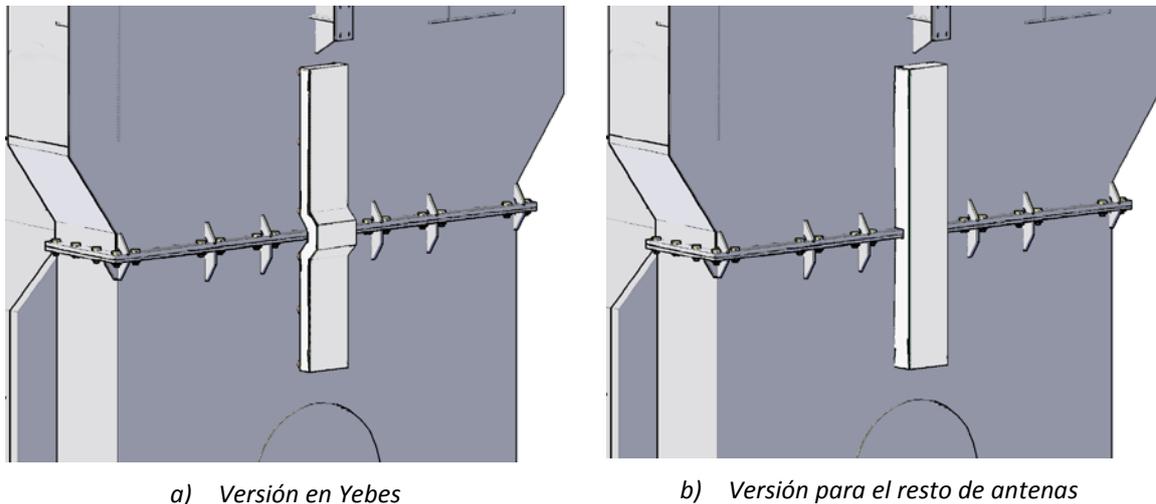


Figura 3. Versiones de canaleta exterior.

Versión de Yebes.

La canaleta se ha fabricado según el plano CDT-RAEGE-02-004 (página 34). Todos los cortes han sido galvanizados en frío para evitar su corrosión. La canaleta va apoyada sobre unos separadores de nylon. Se trata de los soportes tipo 3 y 4 del plano CDT-RAEGE-02-006 (página 39). Los separadores se atornillan a la canaleta desde su interior. Para el paso de los tubos se han construido los soportes tipo 1 y 2 del plano CDT-RAEGE-02-006. Estas piezas ayudarán mas tarde a sellar correctamente los orificios de las cabinas. El orificio de la cabina de acimut se realiza centrado con la canaleta. Sin embargo, es necesario desplazar hacia un lado el orificio en la cabina de elevación para evitar una plancha de refuerzo situada en su interior.

Una vez fabricada la canaleta ha sido pintada de blanco. Por último se le instala todos los separadores.

Versión para el resto de antenas.

La canaleta se fabrica según el plano CDT-RAEGE-02-005 (página 38). Todos los cortes deben ser galvanizados en frío para evitar su corrosión. La canaleta no requiere soportes de nylon, estando directamente apoyada en la pared. La canaleta debe ser pintada de blanco tras su fabricación.

2.1.3.2 Taladros de sujeción de canaleta exterior.

Se realiza a continuación los taladros de sujeción de la canaleta y de paso de los tubos. La canaleta se sujeta a las paredes roscando tornillos M6 en la propia pared. Los taladros deben ser de 5 mm de diámetro para más tarde pasarles un macho de M6. Los taladros en la cabina de elevación son pasantes, pues la pared tiene un espesor de 10 mm. Los taladros del contrapeso son ciegos, pues la pared tiene un espesor de 20 mm. La profundidad de los taladros se hace de aproximadamente 15 mm. Para la sujeción de la canaleta de Yebes se utilizaron tornillos de 30 mm de longitud. Sin embargo, para la canaleta del resto de antenas se debe utilizar tornillos de 10 mm de longitud en el contrapeso, pudiendo ser mayores en la cabina de elevación.

Los taladros de paso de tubos de de 57 mm de diámetro. Estos taladros se realizan con una corona de corte para metales. Previamente se debe realizar un taladro pasante de 6 mm de diámetro para la broca de guía de la corona.

La mayoría de los taladros se realizan desde el exterior. Para realizar esta operación se requiere el empleo de una plataforma elevadora de personal. Los trabajos deben ser realizados por dos personas.

	<p>RIESGO DE ACIDENTE</p> <p>La antena debe ser bloqueada antes de trabajar con la plataforma elevadora. El bloqueo se realizará pulsando la seta con llave del contenedor. La llave de desbloqueo debe retirarse de la seta y quedar en posesión de uno de los operadores de la plataforma.</p>
---	---

El procedimiento seguido para realizar los taladros ha sido el siguiente:

1. Se posiciona la antena a una elevación de 0 grados y se bloquea.
2. Cada operador sujeta un extremo de la canaleta centrándola en su lugar (ver Figura 4). A lo largo se centra colocando la hendidura centrada con las bridas de unión del contrapeso a la cabina de elevación. A lo ancho se centra por un lado con el soporte de la cincha central de la estructura de la parábola. Por el otro lado se centra con el punto más cercano de la tapa que el contrapeso tiene a la altura del eje de rotación en elevación.
3. Se marca un taladro de los separadores por cada extremo de la canaleta.
4. Se quita la canaleta y se realizan los dos taladros de M6.
5. Se coloca la canaleta sujetándola con dos tornillos usando los dos taladros realizados.
6. Con la canaleta sujeta, se marcan el resto de taladros. Los taladros de guía para el paso de tubo deben estar centrados con los existentes en la canaleta.
7. Se desmonta la canaleta y se realizan los taladros de los soportes de M6.

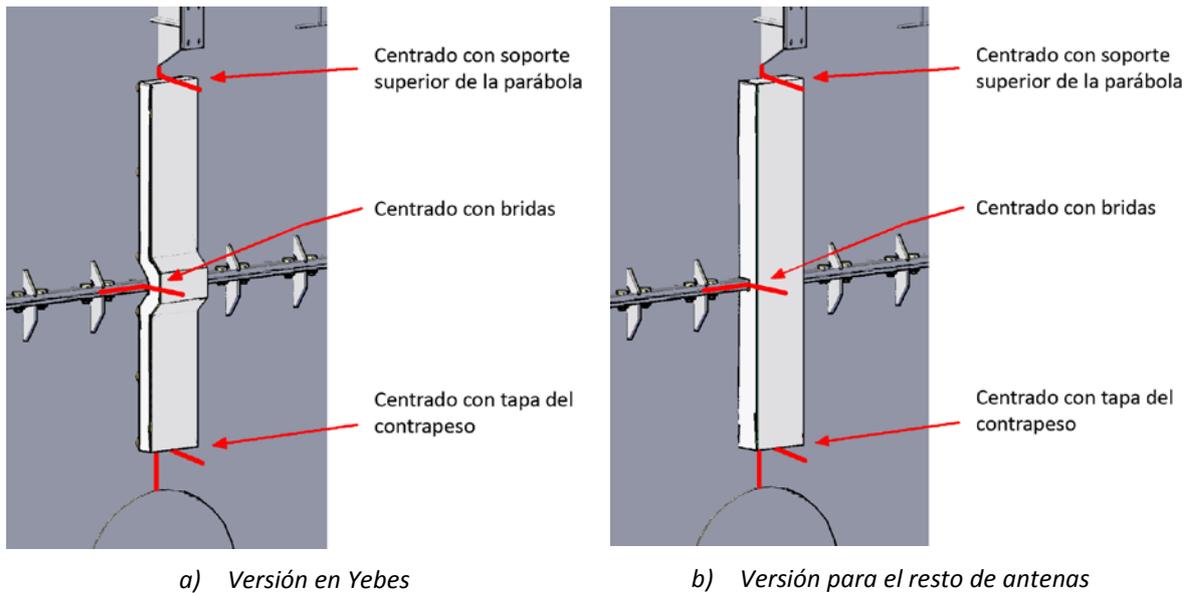


Figura 4. Centrado de canaleta exterior.

8. Se realizan los dos taladros de guía para el paso de los tubos.
9. Se realiza el orificio de paso de tubos en la cabina de elevación (espesor de pared de 10 mm). La corona debe ser refrigerada sumergiéndola en aceite cada poco tiempo. Es importante colocar un envase debajo del orificio para recoger las virutas y aceite que se desprende de la operación. En Yebes se utilizó una bolsa pegada con cinta americana. El orificio de paso de tubos en la cabina de acimut se puede realizar desde la cabina de acimut.
10. Los orificios para los tubos se limpian de aceite y se protegen pintándolos con imprimación.

2.1.3.3 Instalación de la canaleta exterior.

Tras la operación anterior se puede instalar la canaleta (sin tapa) en la pared. Para ello se fija con tornillos M6 por los orificios centrales de los separadores. A la altura de las filas de en medio a cada lado de la brida de la pared se coloca un carril para la sujeción de los tubos, aprovechando los tornillos de fijación de la canaleta a la pared.

Antes de introducir los tornillos se aplica sellador para tornillos al orificio, de forma que estos quedan firmemente sujetos a la pared y se evita la entrada de agua, especialmente en el tramo de la cabina de elevación.

2.1.3.4 Instalación de los tubos.

Con objeto de dejar sellado el orificio para el paso de los tubos cuanto antes, en esta operación se realiza la instalación tanto de los tubos de Helio como los de climatización de la cabina.

Los tubos transcurren pegados a las paredes de la cabina de elevación y de la canaleta. Se instalan carriles de sujeción verticalmente de 16 mm de profundidad con abrazaderas isofónicas como sujeción. Los carriles se han fijado a los refuerzos de la pared. Los taladros han sido pasantes de 6 mm de diámetro y han sido pintados para protegerlos de la corrosión.

Los tubos de Helio empiezan en el tubo cónico colocados en paralelo. Al salir del tubo giran hacia abajo. Después giran hacia la derecha hasta el lateral de la cabina, donde suben hasta el nivel del orificio de la pared. Luego se agrupan y se tienden paralelos al lateral hasta el orificio de salida. Ya en la canaleta se extienden y transcurren en paralelo a esta hasta el orificio de entrada a la cabina de acimut, donde se vuelven a agrupar para entrar. En la cabina de acimut entran perpendicularmente al lateral hasta llegar a la altura del enrollador, donde giran en dirección a este y vuelven a extenderse para colocarse en paralelo entre ellos. A pocos centímetros de ambos extremos los tubos son sujetados por abrazaderas para evitar que se deformen durante la conexión con los tubos flexibles.

Los tubos de climatización se forran de neopreno para aislarlo del ambiente. Su tendido comienza a la salida del equipo interior, pero como no estaba instalado en ese momento, se dejó varios metros de longitud enrollado una vez pasado el tubo cónico. Por lo demás se tienen de igual manera que los de Helio.

2.1.3.5 Remates finales.

Una vez que los tubos están tendidos y fijados, se sellan los orificios de paso de las paredes con silicona selladora de poliuretano. También se coloca la tapa de la canaleta exterior, que se asegura con varios tornillos rosca-chapa a la propia canaleta.

En los tubos de Helio se han colocado cintas de color para identificar el tipo de tubo a lo largo de la instalación. En rojo se ha identificado el tubo "supply" y en verde o azul el tubo "return". Por último se colocan los racores en los tubos de Helio según se indica en el apartado 2.1.7 (página 17).

Los tubos de climatización están identificados claramente porque están aislados con coquilla y entre ellos tienen distinto diámetro. Sus extremos han sido tapados para protegerlos mientras no se instalan los equipos de climatización.

Las siguientes imágenes muestran como ha quedado la instalación.



Conexión de los tubos semirígidos a los tubos flexibles en el tubo cónico. Se observa la primera fijación a la pared de la cabina de elevación.



Tendido a lo largo de la cabina de elevación. Se observan los tres puntos de anclaje a la pared.



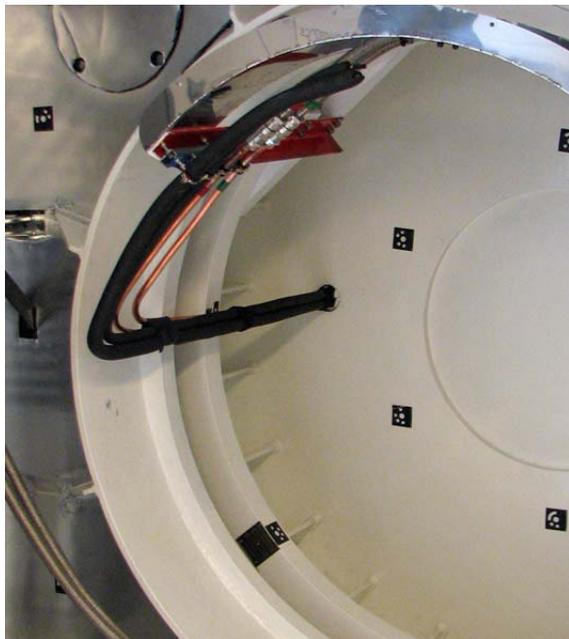
Salida de los tubos en la cabina de elevación.



Instalación en la canaleta exterior. La cabina de elevación está a la derecha.



Aspecto de la canaleta exterior cerrada.



Fin del tramo en la cabina de acimut.

2.1.4 Enrollador de tubos en elevación.

Los conductos de Helio y climatización entran a la cabina de acimut solidarios al contrapeso. Entre la cabina y el contrapeso se produce el movimiento de elevación del radiotelescopio, movimiento que hay que compensar con un tramo flexible de conductos para poder adaptarse al movimiento sin sufrir daño alguno. Los conductos instalados para la instalación de Helio han sido dos conductos flexibles de acero inoxidable de media pulgada con racores Aeroquip 5400-S5-8. La longitud adecuada para la instalación es de 4 m. Para guiar el tubo flexible durante el movimiento se ha colocado un enrollador en el interior de la cabina de acimut.

El enrollador consiste en una bandeja circular solidaria al contrapeso y con un radio superior al radio de curvatura dinámico de los tubos flexibles utilizados (500 mm). La

bandeja está dispuesta en un plano paralelo al contrapeso, su centro está situado en el eje de elevación de la antena y el radio es de 550 mm. Cuando la antena está a 90 grados de elevación, los tubos están suspendidos por ambos extremos, apoyándose en la bandeja en un pequeño tramo en el extremo solidario al contrapeso. La bandeja se encuentra en la parte baja del rodamiento. Según la antena baja, la bandeja empieza a girar por el eje de elevación en sentido contrario a las agujas del reloj. Los tubos empiezan a apoyarse en la bandeja, adoptando una curvatura con el mismo radio que la bandeja. A cero grados de elevación, la bandeja ocupa el lado derecho del rodamiento y los tubos están apoyados en toda la longitud de ésta.

La Figura 5 muestra una representación del sistema en las dos posiciones extremas de elevación. El enrollador es la pieza circular verde. En marrón se muestra el tramo flexible de tubos, y en gris el tramo semirrígido, unidos por conectores representados en rojo. En naranja se representan los soportes del enrollador y de los tubos fuera del enrollador.

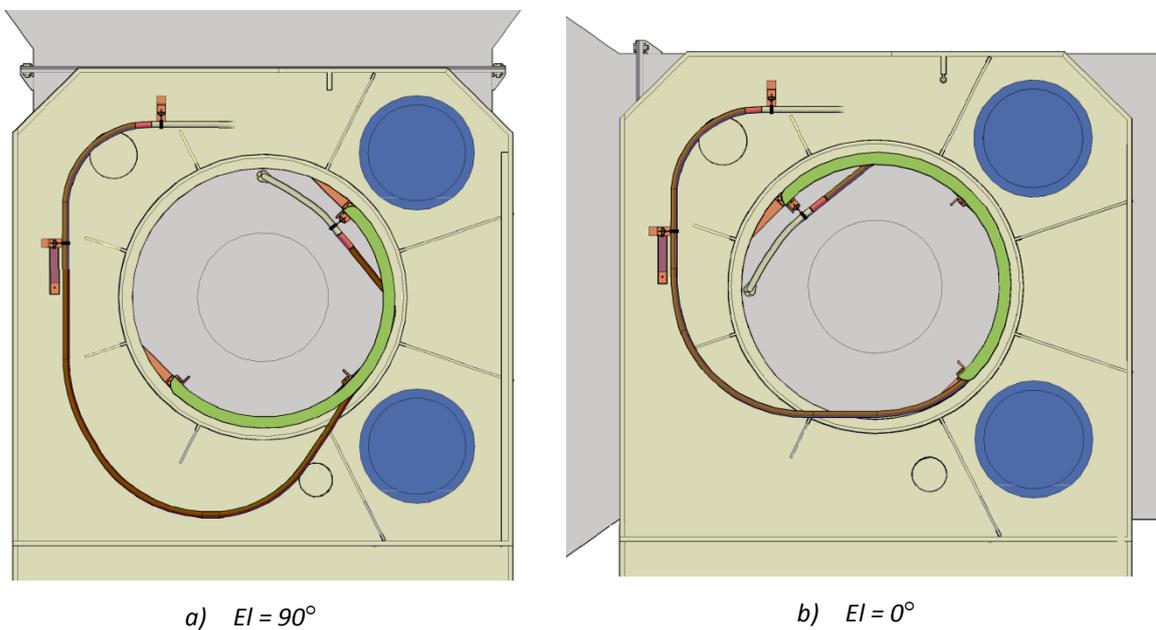


Figura 5. Enrollador de tubos.

Las dimensiones del enrollador se encuentran en el plano CDT-RAEGE-02-001 (página 34). Se ha fabricado con chapa de acero inoxidable AISI 304 cortado con laser. Los laterales se han soldado a la base por tramos de 25 mm soldados y 25 mm sin soldar. Está formado por una base y una tapa. La base es el cuerpo del enrollador que guía los tubos. La tapa solo cubre la mitad de la base que no es sobrepasada por los tubos durante el movimiento de la antena.

La base se sujeta al contrapeso en tres puntos. Se ha aprovechado el mecanizado que tiene el contrapeso para sujetar las cabezas del codificador de elevación (el contrapeso está preparado para instalar un segundo codificador, pero no está previsto hacerlo).

2.1.4.1 Montaje del enrollador.

El enrollador va sujeto mediante tres soportes fabricados según el plano CDT-RAEGE-02-001 (página 35). La Figura 6 muestra la disposición de los soportes, y la Figura 7 el montaje del soporte en el contrapeso y la fijación del enrollador a éste.

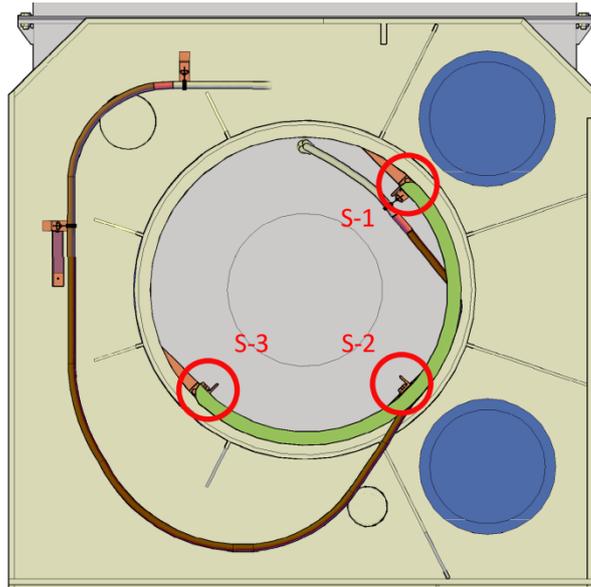


Figura 6. Soportes del enrollador.

El soporte S-1, además de sujetar el enrollador, se ha utilizado para fijar el raíl que sujeta los tubos semirrígidos provenientes de la cabina de elevación. Los taladros que la pieza tiene para la fijación de la canaleta deben ser repasados con una broca de 7 mm de diámetro para poder instalar la varilla de M6 que sirva para sujetar el raíl.

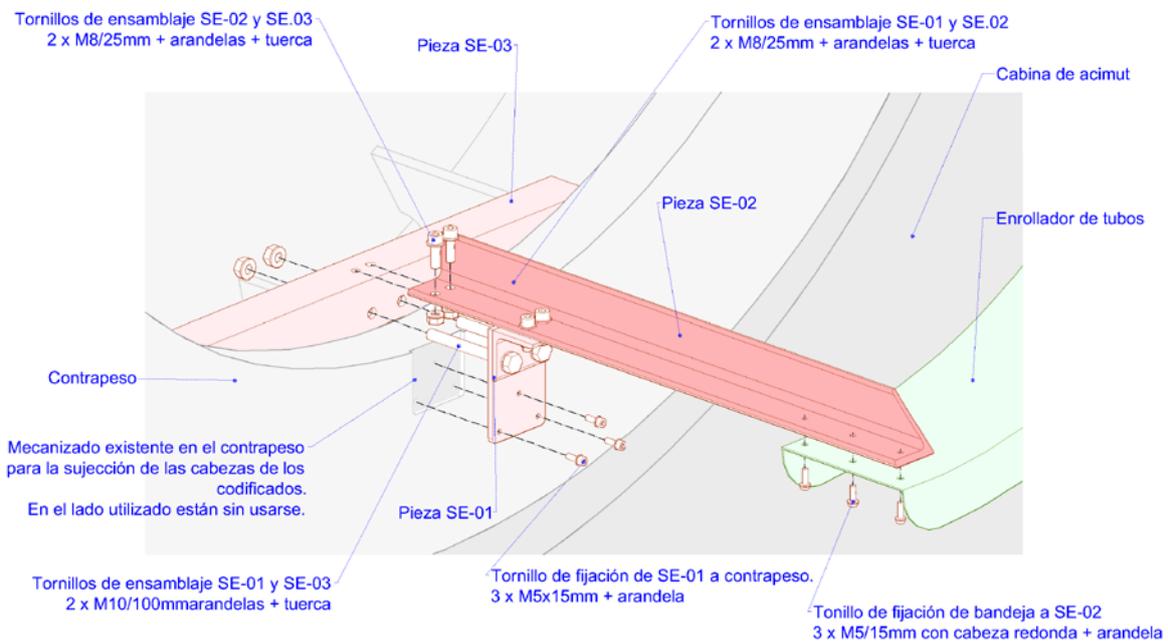


Figura 7. Montaje de soporte del enrollador.

El montaje de los soportes se realiza de la siguiente forma:

1. Se monta la pieza SE-01 en la zona mecanizada del contrapeso para la fijación de cabezas de codificador. Se dejan los tornillos apretados.

2. Se monta la pieza SE-02 sobre la SE-01 sin apretar los tornillos. La pieza con los taladros para el enrollador repasados a 7 mm de diámetro se debe colocar en la posición S-1 (ver Figura 6).
3. Se monta la pieza SE-03 fijándola a las piezas SE-02 y SE-01.
4. Se aprietan a medias los tornillos de unión entre la pieza SE-03 y SE-01.
5. Se aprietan a fondo los tornillos de la pieza SE-02.
6. Se aprietan a fondo los tornillos de unión entre la pieza SE-03 y SE-01.

El montaje del enrollador se realiza de la siguiente manera:

1. Se monta la base del enrollador sobre los soportes y se fija con sargentos.
2. Se marcan los taladros a realizar para la fijación de la base a las piezas SE-02.
3. Se desmonta el enrollador y se realizan los taladros de 6 mm de diámetro.
4. Se vuelve a montar el enrollador sobre los soportes y se fija a estos. En el caso de S-2 y S-3 se utilizan tornillos de cabeza redonda para no dañar los tubos roscándolos en la pieza SE-02. En el caso de S-1 se utilizan dos varillas M6 de 40 mm de longitud sujetos con tuercas por ambos lados.

La siguiente figura muestra el montaje de S-1 con el enrollador y los tubos instalados.



Figura 8. Fijación en el soporte S-1.

2.1.4.2 Montaje de los soportes en la pared de la cabina de acimut.

Los tubos flexibles se sujetan, tras pasar por el enrollador, a la cabina de acimut mediante un soporte colocado en la pared lateral de la cabina. Otro soporte sujeta los extremos de los tubos semirrígidos del siguiente tramo justo después de su unión con los flexibles del presente tramo. Se trata de soportes especiales para instalaciones de pared. El único requisito que deben cumplir es que sean de una longitud igual o mayor a 400 mm para salvar el refuerzo circular en la cabina de acimut y que los tubos queden coplanarios con el enrollador.

Como se observa en la Figura 5, el primer soporte sujeta los tubos verticalmente y el segundo lo hace horizontalmente. Los dos soportes adquiridos (por disponibilidad en

tienda) están diseñados para sujetar tubos horizontalmente. Para la sujeción de los tubos verticales, el soporte ha sido reforzado para poder trabajar en esa posición. El refuerzo se ha fabricado según en el plano CDT-RAEGE-02-003 (página 36). Se ha utilizado un perfil L de hierro de 30x30x3 mm. En ambos extremos se ha soldado una pletina de hierro a 45 grados. Dichas pletinas tienen un taladro para su fijación al soporte y a la pared.

La Figura 9 muestra donde se han instalado los soportes. El procedimiento de instalación es el siguiente:

1. Montar el refuerzo en el soporte vertical. Será necesario taladrar el soporte (con $\phi 9$ mm) para la fijación. Para marcar dicho taladro enfrentar ambas piezas apoyadas sobre una superficie plana.
2. Marcar sobre el aislamiento las esquinas indicadas en la figura.
3. Situar el soporte en posición y marcar el perímetro en el aislante. En el caso del soporte de tubos verticales, situarlo con el refuerzo incorporado y marcar también el perímetro del extremo del refuerzo en contacto con el aislante.
4. Cortar el aislante por las zonas marcadas y retirarlo.
5. Volver a situar los soportes y marcar los taladros.
6. Realizar los taladros para rosca M8 (broca de 7 mm de diámetro y macho de roscar M8) con una profundidad de 25 mm (el espesor de la pared es de 45 mm).
7. Fijar los soportes con tornillos M8 de 20 mm de longitud. Utilizar arandelas ISO 7093 entre el tornillo y el soporte para salvar el rasgado existente en la base.

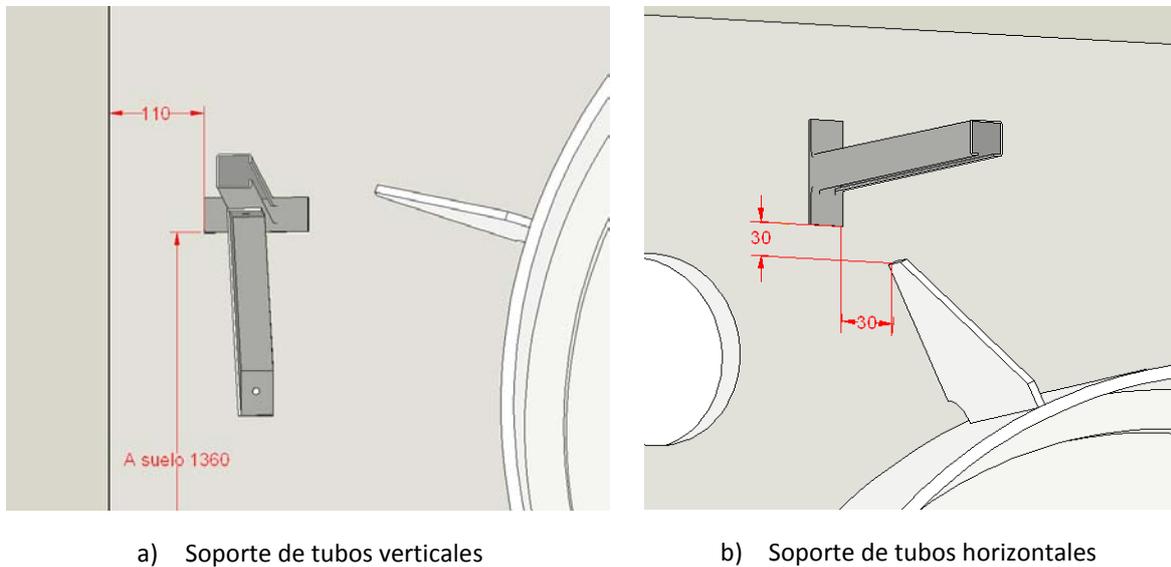


Figura 9. Colocación de soportes en cabina de acimut.

Una vez instalados los soportes se pueden fijar las abrazaderas a estos utilizando tuercas para carril con esparrago incorporado. Las abrazaderas son isofónicas para no dañar los tubos.

2.1.5 Tramo desde enrollador hasta caseta del compresor.

Se trata del tramo comprendido entre el final del tramo flexible del enrollador y la caseta del compresor en el balcón de la cabina de acimut. El tramo se ha realizado con tubo

semirrígido de cobre de media pulgada de una sola pieza. La longitud del tramo es de aproximadamente 4,5 metros.

Los tubos transcurren paralelos al techo por la cabina de acimut hasta un punto donde giran hacia la caseta. De ahí bajan paralelos a la pared hasta la altura donde atraviesan la pared para pasar a la caseta. Una vez en la caseta bajan hasta una altura adecuada para conectar los tubos flexibles de conexión al compresor. Por razones de estética se ha colocado una canaleta colgada del techo para guiar los tubos desde el lateral a lo ancho de la cabina.

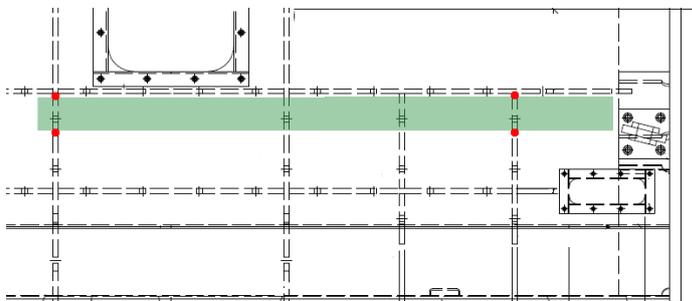
El orden de los pasos seguidos para realizar la instalación han sido los siguientes:

1. Fabricación e instalación de la canaleta.
2. Taladrado de las paredes de la cabina para el paso de los tubos.
3. Instalación de los tubos.

2.1.5.1 Fabricación e instalación de la canaleta.

La canaleta se ha fabricado según el plano CDT-RAEGE-02-007 (página 40). Se trata de una canaleta de 35 x 110 mm con una longitud de 2 m y con cortes en los laterales para la entrada y salida de tubos. Todos los cortes han sido galvanizados en frío para evitar la corrosión. También se han protegido para no dañar los tubos.

La canaleta se ha colgado del techo en dos puntos aprovechando los nervios existentes. Se ha usado varilla de M6 atornillada a los taladros realizados en los nervios. La canaleta se ha fijado a las varillas mediante escuadras en L. La siguiente figura muestra con detalle la fijación.



Puntos de fijación (en rojo)



Detalle de fijación

Figura 10. Canaleta interior

Para poder instalar la canaleta en su sitio ha sido necesario desplazar el plafón de iluminación 6 cm hacia la puerta de entrada a la cabina desde el balcón. El plafón se ha sujetado a nuevos agujeros realizados en los nervios del techo.

2.1.5.2 Orificios de paso a la caseta.

Se han realizado un total de cuatro orificios de paso entre el interior de la cabina de acimut y la caseta del compresor. Dos orificios son para el paso de los dos tubos de Helio. Los otros dos son para el paso de los cables de la instalación eléctrica (ver apartado 2.2 en

página 18). El diámetro de todos los orificios es de 25 mm. Los orificios se han realizado con corona para metales desde la caseta del compresor.

Las cotas de los taladros se muestran en la Figura 11. Se toma como referencia el interior de la cabina de acimut. Estas cotas hay que pasarlas al interior de la caseta, quedando a una distancia del lateral y del suelo que puede variar según las dimensiones finales de la caseta en cada antena.



Figura 11. Orificios en pared para tendido a caseta del compresor.

Una vez realizados los orificios, se pintaron para evitar cualquier corrosión en los mismos.

2.1.5.3 Instalación de los tubos.

Los tubos se han tendido en paralelo en todo el tramo. A lo largo de la canaleta se han fijado con abrazaderas de nylon por falta de espacio. También se han forrado con neopreno para evitar el roce entre los tubos y de estos con la canaleta.

En la caseta se han fijado a la pared con abrazaderas isofónicas en el extremo final de los tubos. Un soporte fabricado según el plano CDT-RAEGE-02-008 (página 41) permite sujetar las abrazaderas a la pared. El soporte se fija a la pared mediante remaches mientras que las abrazaderas se fijan con varilla de M6 roscada en el soporte y asegurada con una tuerca.

Tras colocar los tubos, se soldaron los racores (ver apartado 2.1.7 en página 17).

La siguiente imagen muestra el resultado final.

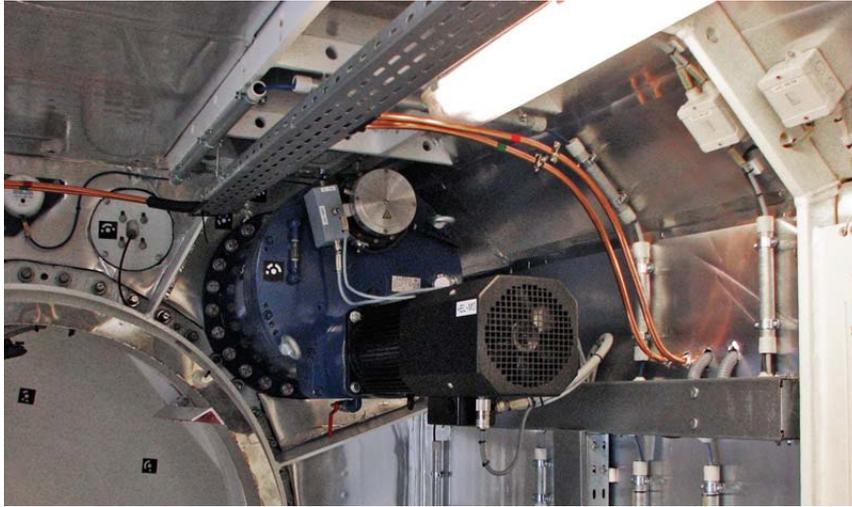


Figura 12. Tramo en cabina de acimut.

2.1.6 Tramo en caseta del compresor.

La conexión entre el compresor y los tubos semirrígidos que llegan a la caseta desde el interior de la cabina de acimut se ha realizado con tubo flexible. Se han utilizado dos conductos flexibles de acero inoxidable de media pulgada con racores Aeroquip 5400-S5-8. La longitud adecuada es de 2 m.

A la salida del compresor se han instalado codos de 90° orientados hacia la cabina de acimut para evitar la salida de aire de refrigeración. En la conexión con los tubos semirrígidos he ha colocado una T en el conducto "supply" con idea de poder colocar en un futuro un manómetro monitorizado a distancia.

2.1.7 Soldadura de racores en tubo de cobre.

Para las conexiones de los conductos de Helio se utilizan racores de la serie 5400 de AEROQUIP. Se trata de racores especiales de muy bajas fugas que permiten la conexión con presión en los conductos. Los tubos flexibles se suministran con racores hembra (tipo 5400-S5-8). Para los tubos semirrígidos se necesitan racores macho con adaptador para tubo de media pulgada (5401-S17-8-8).

En Yebes se utilizaron conectores sacados a partir de codos de 90 grados o uniones en T. Los racores se separaron del tubo cortando el tubo a ras del racor y eliminando el tramo de tubo en el interior del racor con el torno. Este procedimiento se siguió al comprobar que quitarlo con calor facilitaba podía deformar el racor por los puntos donde se sujetaba, y en cualquier caso era necesario repasar el interior en el torno.

Al tubo de cobre hay que soldar el adaptador. Para ello hay que desmontar el cuerpo del conector y quitar la junta tórica del adaptador. La soldadura se realiza con plata. Se utilizan varillas de plata de 22% de pureza y fundente para soldadura de plata. Como fuente de calor se utiliza un equipo de soldadura oxiacetilénica. Para evitar la oxidación de la soldadura, durante su ejecución se hace circular nitrógeno desde el extremo contrario con el fin de desplazar el oxígeno del interior del tubo y evitar la oxidación de la soldadura. Finalmente se limpia y se monta de nuevo el racor. La siguiente imagen muestra el estado final de los tubos de cobre con los racores y unidos a tubos flexibles.

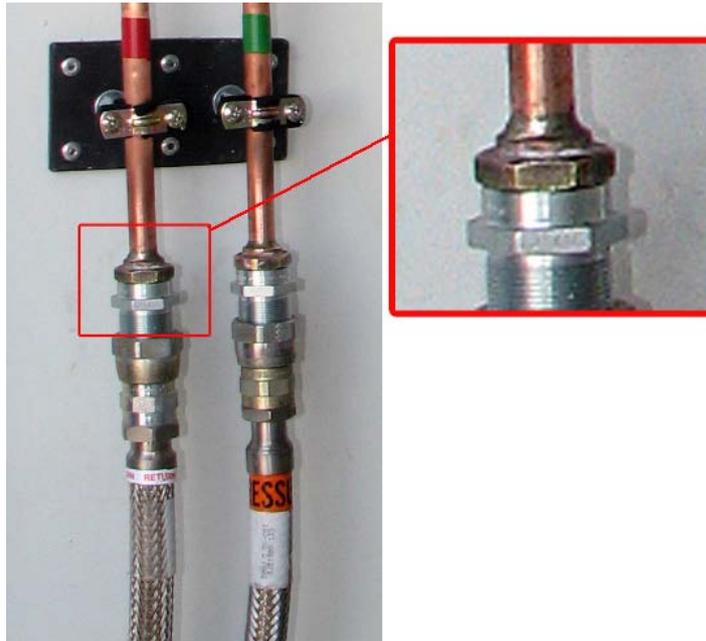


Figura 13. Racores soldados en tubos de cobre.

2.2 Instalación eléctrica.

La instalación eléctrica necesaria para el sistema de criogenia consiste en la conexión entre la cabeza refrigeradora y el compresor, la instalación de tomas eléctricas e iluminación necesaria en la caseta del compresor, y el tendido para el suministro eléctrico al sistema. La Figura 14 muestra como se ha realizado el tendido de los cables para las diferentes conexiones.

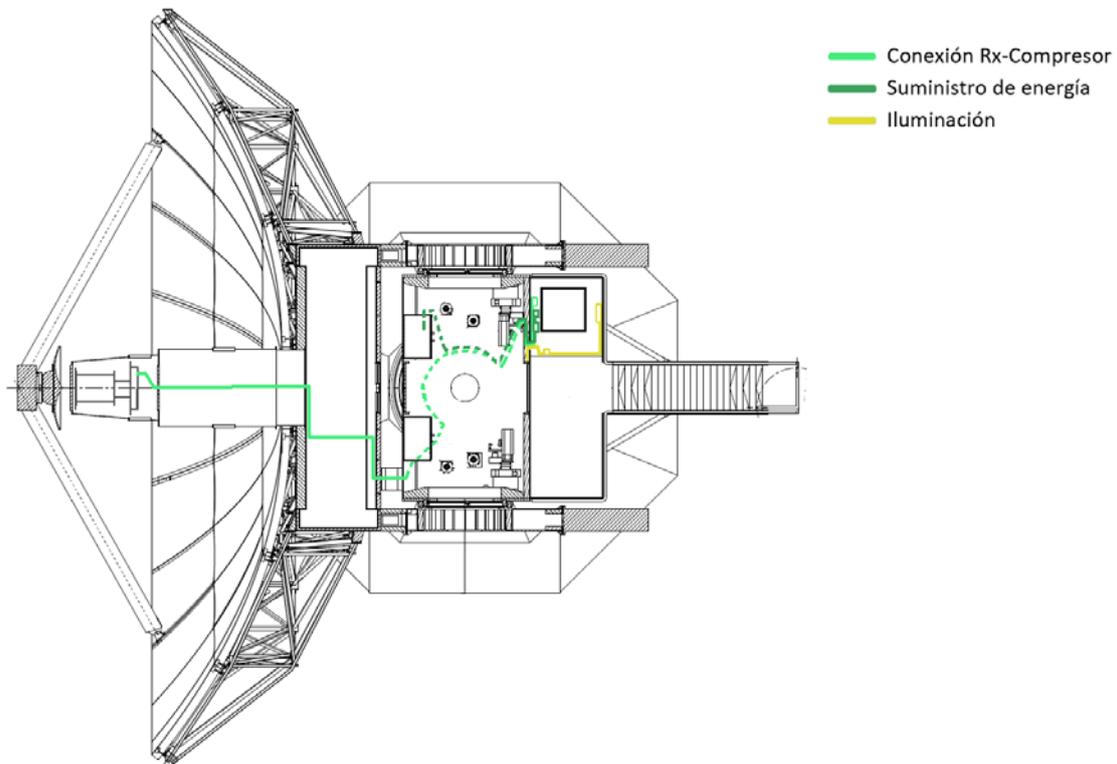


Figura 14. Esquema de la instalación de electricidad para el sistema de criogenia.

2.2.1 Conexión entre la cabeza refrigeradora y el compresor.

El compresor de criogenia alimenta a la cabeza refrigeradora a través de una conexión específica entre ellos. Aunque para el modelo utilizado solo se utilizan dos hilos, se ha instalado un cable de cuatro hilos para tener flexibilidad a la hora de cambiar de compresor.

El cable utilizado es de $4 \times 1 \text{ mm}^2$ de una longitud de 27 m. El cable se ha tendido en la cabina de acimut por dentro de las canaletas ya existentes en las paredes y por debajo del suelo. Entre la cabina de acimut y la de elevación se ha tendido por el enrollador de cables de elevación. Una vez en la cabina de elevación, se ha tendido por las canaletas ya existentes hasta el tubo cónico, donde se ha llevado hasta el carro por la rejilla colocada sobre los travesaños superiores del tubo.

En el extremo del carro se ha soldado un conector AMPHENOL C091 de 4 pines. En la caseta del compresor se ha tendido por dentro de tubos hasta una caja PLEXO 80x80 mm. La caja ha sido modificada para alojar un conector de panel NEUTRIK NC5MP para poder enchufar el conector NEUTRIK NC5FC del compresor. El cable se ha soldado a dicho conector. Las conexiones realizadas han sido las siguientes:

Conector carro	Cable	Conector caseta
1	negro	1
2	marron	2
3	gris	3
4	verde-amarillo	4
5	-	5

2.2.2 Instalación en la caseta del compresor.

Además de la conexión con la cabeza refrigeradora descrita en el apartado anterior, el compresor necesita un suministro trifásico y otro monofásico para su funcionamiento. La alimentación del compresor se ha tomado directamente del cuadro +P2 de la cabina de acimut. Dicho cuadro está preparado para conectarle un compresor. El compresor debe ser conectado al bornero +XP327, protegido por el interruptor magnetotérmico de tres polos +FL327. El bornero está provisto de neutro y tierra de protección. Desde dicho bornero se ha tendido un cable de $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$ de 7 m de longitud hasta la caseta a través de las canaletas existentes en la cabina por debajo del suelo y paredes. Desde la salida de los cables por canaleta metálica de la cabina hasta el interior de la caseta del compresor se han instalado sendos tubos flexibles por los que se han pasado los cables. La canaleta ha sido taladrada con corona de 25 mm para pasar los tubos a su interior, proceso durante el que se protegió con una chapa metálica los cables de la canaleta.

En la caseta se han cubierto los dos orificios para la instalación eléctrica mediante una caja registro, desde donde se reparten los cables a los distintos elementos. Todos los cables se han cubierto con tubo flexible, incluyendo los de paso desde la canaleta de la cabina de acimut hasta la caseta. En otra caja registro, el cable de alimentación al compresor se bifurca hacia las dos tomas eléctricas.

También se ha dotado a la caseta de un punto de luz. La conexión se ha realizado a la instalación para la iluminación existente en la cabina. En concreto se ha tendido un cable desde la caja registro –BHL321 hasta la caseta con un cable de 3x1 mm². El punto de luz se ha colocado en la pared opuesta a las tomas eléctricas, y el interruptor a la entrada de la caseta.

La siguiente figura muestra la instalación terminada.



Figura 15. Instalación en caseta del compresor.

2.3 Tobera de salida de aire del compresor.

El compresor de Helio se refrigera por aire mediante un ventilador interno que fuerza la entrada de aire fresco por el frontal y lo expulsa por la parte trasera. Para facilitar la refrigeración, la caseta del compresor dispone de varias rejillas de ventilación. Dos están situadas en la puerta a modo de entrada de aire. Una tercera está situada en la parte baja de la pared contraria, enfrentada con la salida de aire del compresor.

Los cables de alimentación y los conectores del circuito de Helio del compresor se encuentran en su parte trasera. Esto impide que se pueda colocar el compresor pegado a la pared, lo que provoca que gran parte del aire caliente expulsado se quede dentro de la caseta. La temperatura ambiente que se alcanza es suficientemente alta como para que el compresor no pueda refrigerarse correctamente y actúe su protección térmica, parando su funcionamiento. La consecuencia es que el receptor se calienta.

Para evitar esta situación se ha fabricado una tobera que guía el aire de salida del compresor a la rejilla de ventilación de la pared sin ninguna fuga en la caseta. La tobera consiste en una estructura metálica forrada con lona. Los marcos en contacto con el compresor y la pared se han cubierto de aislante de neopreno que hace de junta para

evitar la fuga de aire por dichas zonas. La estructura metálica se ha fabricado a medida según el plano CDT-RAEGE-04-001 (página 42). Después se ha pintado convenientemente para evitar su corrosión.

Las siguientes imágenes muestran la tobera fabricada e instalada en su posición. Tras la instalación la temperatura ambiente se ha mantenido en el rango admisible.

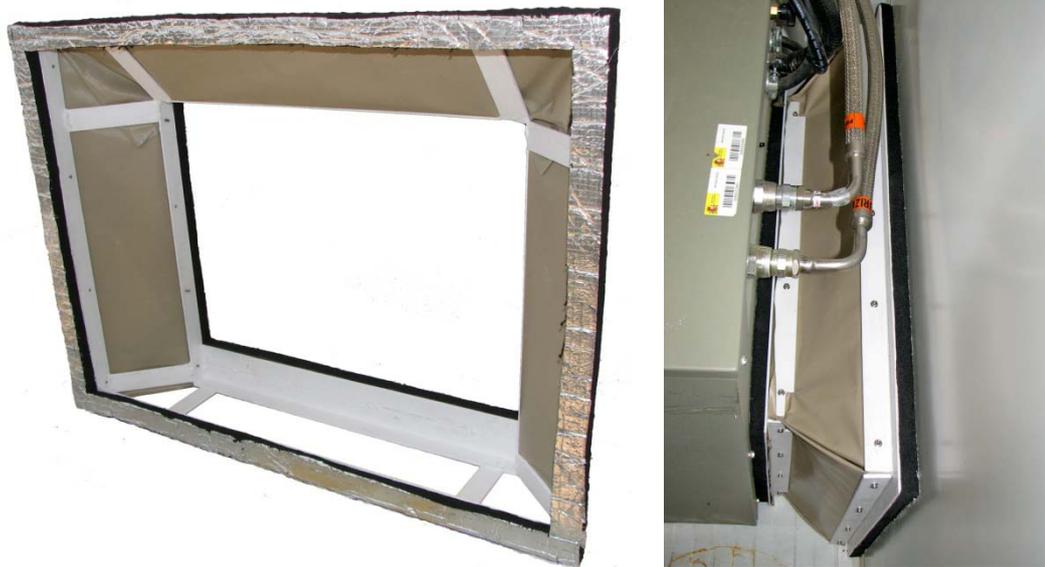


Figura 16. Tobera de salida de aire del compresor.

3 Climatización de las cabinas.

La cabina de elevación está comunicada directamente con el tubo cónico, donde se encuentra el receptor. Contiene el rack de F.I. del receptor y un rack de comunicaciones. Todos estos equipos producen calor. Como la cabina está herméticamente cerrada para evitar la entrada de agua en cualquier posición, la temperatura ambiente puede superar valores aconsejables para el buen funcionamiento de los equipos. Para evitarlo se necesita climatizar la cabina.

Para climatizar eficientemente la cabina se necesita primero aislarla completamente. El tubo cónico ya está cubierto con aislante del mismo tipo al usado en la cabina de acimut. Solo será necesario aislar la cabina propiamente dicha.

La cabina de acimut está climatizada con un equipo de aire acondicionado ya instalado. Sin embargo presenta el problema de que la instalación actual no permite al equipo reponerse automáticamente de un fallo del suministro eléctrico. Se ha procedido a modificar la instalación para permitir dicha funcionalidad.

3.1 Asilamiento de la cabina de elevación.

Para aislar la cabina se utiliza el mismo tipo de aislante que el usado en la cabina de acimut y en el tubo cónico. Se trata de un aislante autoadhesivo de neopreno de 20 mm de espesor con una capa de aluminio liso y por encima una lámina de plástico que le confiere una alta resistencia al roce y a la presión. El aislante es el siguiente:

Fabricante: ARMACELL
Gama: ARMA-CHECK SILVER
Producto: AFSI-19MM/EA
m² utilizados: 34 m² (6 rollos de 6x1 m)

Con este aislante se ha recubierto el techo, las paredes, y el tramo de tubo soldado a la cabina de elevación. Los recortes se han ido realizando de forma que se aproveche el máximo de los rollos de aislamiento.

El **suelo** se ha aislado por debajo del suelo técnico, colocando el aislante en la chapa de la cabina. Puesto que el aislante queda oculto, se puede utilizar un aislante con el mismo espesor de neopreno pero peor calidad de recubrimiento. El aislante utilizado ha sido el siguiente:

Fabricante: ARMACELL
Gama: ARMAFLEX
Producto: ADU-19MM/EA-L
m² utilizados: 5 m² (1 rollo de 1,5x12 m)

El procedimiento de colocación ha sido el siguiente en todos los casos:

1. Limpiar y secar la superficie a cubrir.
2. Medir la superficie. En las zonas donde hay tornillos de la estructura, esquinas con varios nervios y zonas con curvas, se ha fabricado primero una plantilla de cartón.
3. Cortar el aislante según las necesidades. Se ha procurado aprovechar al máximo el aislante minimizando los recortes pequeños.
4. Comprobar que encaja bien en su sitio antes de quitar la cubierta del aislante. Modificar si es necesario.
5. Quitar la cubierta del aislante por un extremo.
6. Colocar dicho extremo en su sitio y pegarlo.
7. Ir tirando de la cubierta y pegando el aislante hasta que esté completamente pegado.
8. En las zonas donde es difícil introducir la pieza de aislante entera, ésta se corta en dos partes.
9. Rematar con cinta de aluminio las zonas donde se considere necesario (zonas con aislante sin recubrimiento en el borde, zonas con cortes, etc.).

3.2 Instalación del equipo de aire acondicionado.

La cabina de elevación puede girar entre 0 y 90 grados por el eje de elevación de la antena, definido por la línea que une los centros de los rodamientos de elevación. El equipo interior de aire acondicionado a colocar en la cabina debe estar preparado para poder recolectar y evacuar al exterior el agua condensada en su interior en cualquiera de las posiciones comprendidas dentro del rango de movimiento de la cabina. De no ser así se derramaría el agua.

Tras un estudio de los equipos existentes en el mercado, se llegó a la conclusión de que el equipo más adecuado es el que se indica a continuación, que ha resultado coincidir con el que se ha instalado en la antena gemela de TOYO Corporation:

- Equipo interior: DAIKIN FLXS-50BAVMB
- Equipo exterior: DAIKIN RXS-50J2

Las principales características del equipo son las siguientes:

- Equipo inverter con bomba de calor.
- Capacidad frigorífica: 4.9 KW
- Capacidad calorífica: 6.1 KW
- Consumo nominal: 100 W
- Posibilidad de ser instalado en posición horizontal (techo) o vertical (pared) sin ninguna modificación adicional.

La capacidad frigorífica es más que suficiente. La carga térmica del exterior se ha reducido considerablemente tras el aislamiento de la cabina, y la potencia disipada por los equipos no superará los 2 KW. La característica que lo hace ideal para la aplicación es la posibilidad de funcionar tanto en posición vertical como en horizontal. La bandeja de condensados, que recoge el agua condensada en el intercambiador de calor, lo hace en cualquier posición comprendida en el rango de movimiento de la cabina.

La Figura 17 muestra la posición del equipo interior en varias posiciones. En azul se representa la bandeja de condensados en su interior, y en gris el desagüe de agua hacia el exterior. Como se observa, la bandeja nunca desborda y el orificio para el desagüe siempre está por debajo de la bandeja.

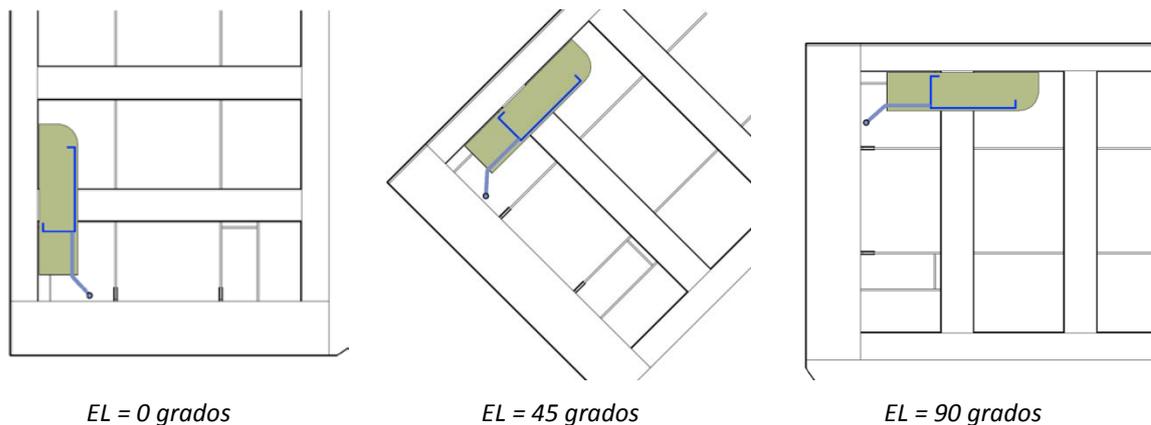


Figura 17. Posiciones del equipo interior de climatización de la cabina de elevación.

3.2.1 Instalación de los equipos.

El equipo interior se tiene que colocar en la pared de la cabina donde se encuentra el tubo cónico. Solo en dicha pared cambia de posición “pared” a “techo” con el movimiento de elevación. A la derecha de la cabina se encuentra el rack de FI, y si se instala el equipo impediría el paso a la parte trasera del rack. Por ello se ha colocado a la izquierda del tubo. Para fijar el equipo a la pared, previamente se han colocado dos listones de las medidas adecuadas a la pared, fijando el equipo a dichos listones.

El equipo exterior se ha colocado en el balcón de la cabina de acimut, por encima del equipo exterior de climatización de la cabina de acimut. Se han instalado dos soportes de pared atornillados a la pared de la cabina, sobre los cuales se ha colocado el equipo. A los tornillos utilizados se le aplicó sellador de rosca para asegurar la fijación y para evitar la

oxidación del taladro. Se ha colocado un tubo rígido de desagüe que evita que el agua gotee sobre el equipo situado debajo.



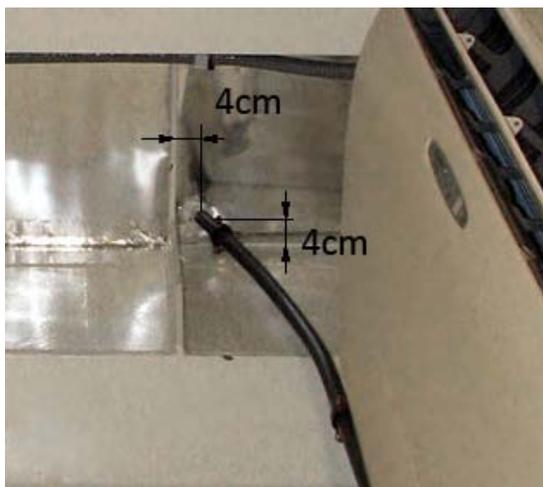
a) *Compresor*



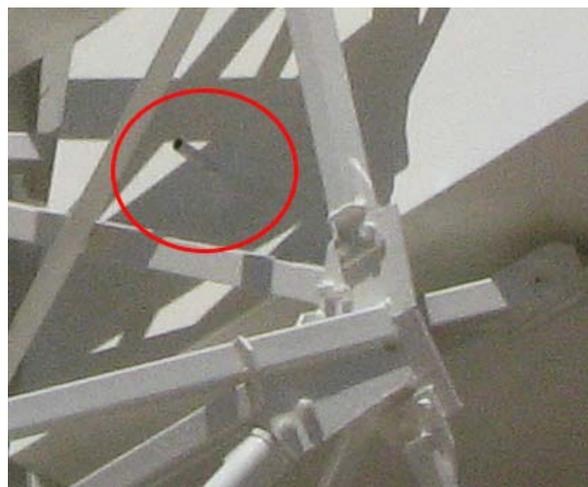
b) *Evaporadora*

Figura 18. Instalación de los equipos de a/a de la cabina de elevación.

El orificio para el drenaje del agua condensada en la evaporadora se ha realizado en el punto indicado en la Figura 19. Primero se ha taladrado un orificio de 6 mm de diámetro desde el interior y a continuación se ha realizado el taladro de 25 mm de diámetro con una corona desde el exterior. El orificio se ha pintado y a continuación se ha colocado el tubo de drenaje, que asoma aproximadamente 10 cm por el exterior. Posteriormente se ha sellado con silicona de poliuretano. El tubo se ha pintado de blanco por el exterior para mimetizarse con el resto de la antena.



a) *Tubo en el interior*



b) *Tubo en el exterior*

Figura 19. Tubo de drenaje de agua.

3.2.2 Instalación de los tubos.

Para la instalación fija se ha utilizado tubo semirrígido de cobre de $\frac{1}{2}$ de pulgada para el tubo de gas y de $\frac{1}{4}$ de pulgada para el tubo de líquido. Los tubos están convenientemente aislados a lo largo de todo su recorrido. La instalación de los tubos se han realizado a la vez y siguiendo el mismo recorrido de los utilizados para el Helio (ver apartado 4, página 5). Únicamente la conexión al equipo interior y el tramo en la cabina de acimut se han realizado posteriormente. La siguiente figura muestra el recorrido completo.

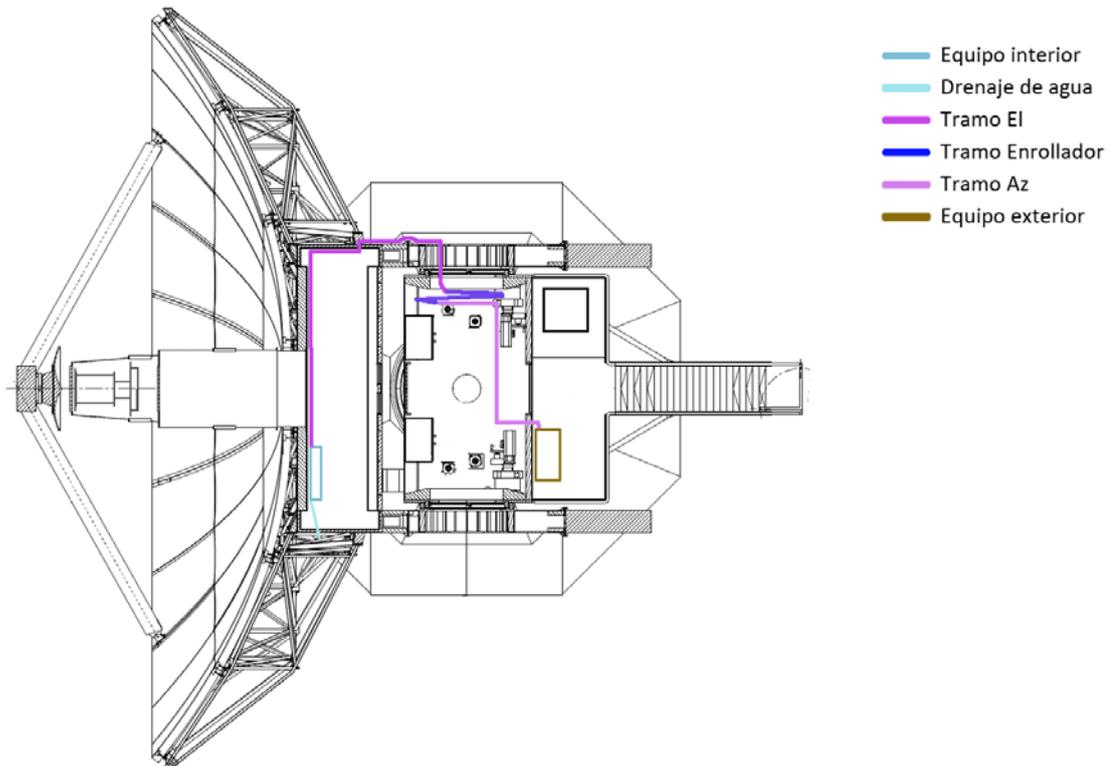


Figura 20. Esquema de la instalación de tubos de aire acondicionado.

El tramo de tubo semirrígido entre el equipo de la cabina de elevación y el enrollador de tubos es de aproximadamente 11,5 metros de longitud. El tramo en la cabina de acimut entre el enrollador de tubos y el equipo exterior es de aproximadamente 6 metros de longitud.

En el enrollador de tubos se han utilizado tubos flexibles adquiridos a medida para esta aplicación. Se trata de dos tubos de 4 metros de longitud, uno de $\frac{5}{16}$ " y otro de $\frac{13}{32}$ " de diámetro interior. Las características de las mangueras son las siguientes:



Figura 21. Manguera flexible para climatización..

Las mangueras se han probado durante 3 días con nitrógeno en su interior a una presión de 30 bares sin detectar fuga alguna. La unión entre los tubos semirrígidos y los flexibles se ha realizado mediante racores bicono de compresión. Los tubos se han adquirido con los racores apropiados en ambos extremos para la conexión a los tubos semirrígidos (13/32" con 1/2" y 5/16" con 3/4).

Para el paso de los tubos desde la cabina de acimut al balcón se ha realizado un orificio de 57 mm de diámetro, que se ha pintado para protegerlo de la oxidación. Tras la colocación de los tubos y de la manguera para los cables, el orificio se ha sellado con silicona de poliuretano. La siguiente figura muestra el punto de ubicación del agujero.

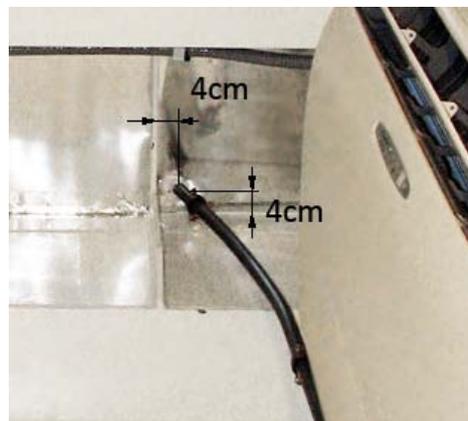


Figura 22. Posición del taladro para el desagüe del equipo interior.

3.2.3 Instalación eléctrica.

Se ha suministrado energía al sistema desde el cuadro eléctrico +P2 situado en la cabina de acimut. También se ha realizado la conexión entre equipo exterior y equipo interior.

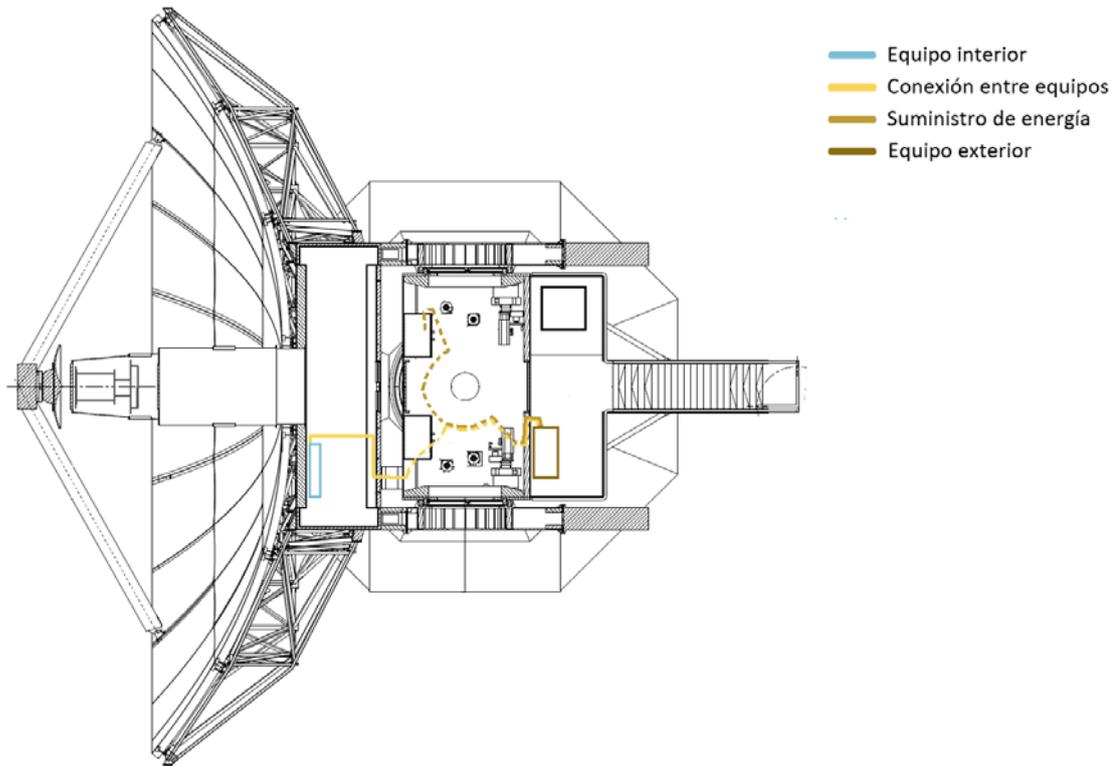


Figura 23. Esquema de la instalación de electricidad para el aire acondicionado de la cabina de elevación.

El equipo de climatización debe ser conectado a la instalación de SAI para asegurar su funcionamiento en caso de fallo de suministro eléctrico. De no ser así el equipo se apagará tras un corte de suministro y permanecerá apagado hasta que no se encienda manualmente aunque el suministro se restablezca. El suministro de energía se ha tomado desde el bornero etiquetado como $-XP14$ del cuadro eléctrico $+P2$, tal y como está contemplado en el esquema eléctrico del radiotelescopio. El suministro es de red normal. En caso de fallo del suministro eléctrico, el equipo vuelve a ponerse en marcha automáticamente cuando éste se repone. La conexión se ha realizado mediante un cable de $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ de 9 metros de longitud.

La conexión entre el equipo interior y el exterior se ha realizado mediante un cable de $5 \times 1 \text{ mm}^2$. El tendido se ha realizado por las canaletas de pared y bajo el suelo de la cabina de acimut hasta el panel de salida al enrollador de cables de elevación, por donde transcurre hasta entrar en la cabina de elevación. En la cabina de elevación se ha tendido hasta el equipo interior por el lateral izquierdo sujetándolo con grapas a las vigas existentes. La longitud aproximada del cable es de 20 m.

Por los mismos motivos expuestos para la climatización de la cabina de elevación, se ha aprovechado el desarrollo de los trabajos para conectar el equipo de climatización de la cabina de acimut al SAI en lugar de al suministro de red normal. El equipo está conectado originalmente al bornero $+XP328$ mediante el cable $WP328A$. Este cable se ha desconectado del bornero original y se ha conectado al mismo que el equipo de climatización de la cabina de elevación ($-XP322$), utilizando una fase distinta.

3.3 Climatización de la cabina de acimut.

Se ha procedido a modificar la instalación de climatización existente en la cabina de acimut para permitir al equipo arrancar automáticamente después de un fallo del suministro eléctrico. Esta funcionalidad es posible solo cuando se controla el equipo con un control remoto cableado tipo RC-E5. En la actualidad el control se realiza con un mando inalámbrico, que no posee esta funcionalidad.

Los trabajos consisten en desconectar el módulo de control remoto y conectar en su lugar el controlador RC-E5. Una vez conectado éste se debe configurar para activar la funcionalidad. Leer las instrucciones de instalación del controlador antes de iniciar los trabajos.

3.3.1 Conexión del control remoto.

El control remoto cableado y el módulo del inalámbrico instalado en el equipo se conectan a la placa base de la unidad interior usando el mismo conector y la misma configuración de hilos. Para conectar el cableado de forma sencilla se ha procedido a cortar el cable de conexión del módulo inalámbrico y conectar el cableado al cable que va hasta la placa base.

La conexión debe mantener las siguientes uniones:

Control remoto	Cable de interconexión	Cable en unidad	Placa de control
X	blanco + verde	blanco	X
Y	rojo + marrón	negro	Y

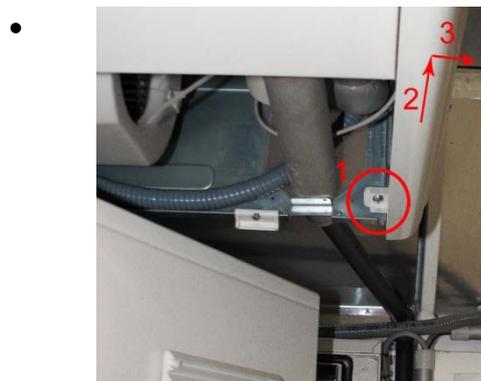
El proceso ha sido el siguiente:

- Apagar la unidad y desconectar el interruptor automático –XP328 en +P2.



Desmontar la trampilla derecha del filtro.

Para ello abrir la trampilla el máximo posible y desplazar el pasador de plástico con ayuda de un destornillador. La trampilla izquierda ayuda a ver como hay que desplazarlos.



Desmontar el lateral de la unidad interior.

Para ello hay que quitar el tornillo que la fija (1), desplazar la cubierta (2) y finalmente extraerla (3).

Para acceder al tornillo es necesario abrir el cuerpo del rack +C2, lo cual se consigue actuando con una llave de doble paletón en la cerradura secundaria que queda al descubierto tras abrir la puerta frontal.

-  En el lateral hay dos cables, uno conectado al motor de la compuerta de salida del aire (en el lateral) y otro al módulo inalámbrico, en la figura resaltado en cyan (el que se mete hacia abajo). Cortar éste último.
-  Conectar el cable cortado que viene de la placa de control al cable del controlador remoto.
- Volver a montar las cubiertas.

El control remoto se ha colocado al lado de la puerta de entrada desde las escaleras en el lado opuesto al equipo de climatización, tal como se observa en la siguiente imagen. El controlador ha sido pegado a la pared con cinta adhesiva de doble cara.

Una vez realizada la instalación, se cierra el interruptor – XP328. Entonces se inicia una transferencia de información entre la unidad y el controlador que puede durar varios minutos.



3.3.2 Configuración del control remoto.

El funcionamiento del controlador se ha fijado con la siguiente configuración:

- Temperatura: 21 °C.
- Modo de funcionamiento: AUTO.
- Velocidad de ventilación: 1.
- Posición del deflector: 2.
- Funciones del controlador remoto:
 - Auto Restart: VALID (Arranque automático tras un corte de suministro eléctrico)
 - Room temperatura indication: INDICATION ON (En el controlador se muestra la temperatura ambiente detectada)
- Funciones de la unidad interior:
 - Filter Sign Set: TYPE 2 (Aviso para la limpieza del filtro de aire cada 600 horas de funcionamiento).

Anexo I. Lista de materiales.

Criogenia y climatización.

Cantidad	Descripción	Uso
3	Plano CDT-RAEGE-02-002	Soporte de enrollador
1	Plano CDT-RAEGE-02-001	Enrollador
1	Plano CDT-RAEGE-02-003	Refuerzo de soporte de tubos
1	Plano CDT-RAEGE-02-008	Soporte de tubos en caseta.
1	Plano CDT-RAEGE-04-001	Tobera de salida de aire del compresor de Helio.
8	AEROQUIP 5401-S17-8-8	Racores para tubos de Helio
2		Tramo flexible de Helio en tubo cónico
2		Tramo flexible de Helio en enrollador
1	Manguera 13/32 gas refrigerante 4m T/loca SAE 3/4 3/8 Campana 1/2 R!/R2	Tramo flexible de alta para climatización en enrollador
1	Manguera 5/16 gas refrigerante 4m T/loca SAE 7/8 con adaptador Campana 5/16 R!/R2	Tramo flexible de baja para climatización en enrollador
3	Rollo cobre recocido 1/2" 15m	Tubo He + a/a de baja
2	Rollo cobre recocido 1/4" 15m	Tubo a/a de alta
30 m	Coquilla caucho 12-6mm 1/2"	Aislamiento a/a baja + tramos He
20 m	Coquilla caucho 6-6mm 1/4"	Aislamiento tubo a/a alta
20	Abrazadera noke isofonica 12mm	Fijación de tubo semirrígido de He
10	Abrazadera noke isofonica 18mm	Fijación de tubo a/a alta
10	Abrazadera noke isofonica 28mm	Fijación de tubo a/a baja
1	Sellador rosca metalica easyfit 50ml	Sellado de tornillos de fijación de canaleta exterior
2	Silicona sintex foliu pu-50 bl	Sellado de orificios de tubos
1	Corona bimetálica 57 mm + husillo	Orificios de tubos agrupados
1	Corona bimetálica 25 mm + husillo	Orificios de tubos a caseta de compresor
2	Soporte pared 38/40x2x360 mm	Soportes de tubos en pared de cabina de acimut.
1	Perfil multitub V 27x18 2 6 x 190 mm 2 x 100 mm	Soportes de tubos 4 tubos en cabina de elevación 2 tubos en cabina de elevación en canaleta exterior
35	Tornillo guía EPR perfil 12-14 M6x35	Sujeción abrazaderas a soportes de tubos

Cantidad	Descripción	Uso
1	PEMSABAN CLICK ciega 100x200 SENDZ 3m Según plano CDT-RAEGE-02-004.	Canaleta exterior (versión para resto de antenas)
1	Tapa Recta 200 Galv sendz 3m Según plano CDT-RAEGE-02-004.	Tapa de canaleta exterior
1	PEMSABAN CLICK 35x100 SENDZ 2m Según plano CDT-RAEGE-02-007.	Bandeja interior en cabina de acimut
1	Decapante plata easy FLO 0,5K PRAXAIR 225812,6	Soldadura de racores a tubo de cobre
5	Varilla de plata AG-530 1,5mm 1Kg 127/U PRAXAIR 224642,5	Soldadura de racores a tubo de cobre
2 m		Desagüe de agua para climatización
1	Varilla roscada M6	Acoplamiento de abrazaderas de tubos Soporte bandeja en techo de cabina de acimut.
4	Soporte L 30x30 mm	Sujeción bandeja en techo de cabina de acimut.
6	Tornillo hexagonal M10 100mm	Soporte canaleta
4	Tornillo Allen M10 20mm	Soportes de pared en cabina de acimut
12	Tornillo Allen M8 20mm	Soporte canaleta
12	Tornillo Allen M6 10mm	Sujeción de canaleta exterior
10	Tornillo Allen M6 20mm	Sujeción de soportes de tubo en pared
4	Tornillo cabeza circular M6	Sujeción bandeja en techo de cabina de acimut.
9	Tornillo Allen M5 15mm	Soporte canaleta
6	Tornillo cabeza circular M5	Sujeción de enrollador
31	Tornillo plano M3 15 mm	Sujeción de separadores de canaleta exterior
8	Tornillo rosca-chapa	Sujeción de tapa de canaleta exterior
12	Arandela ϕ 10	
4	Arandela ϕ 10 ISO 7093	Soportes de pared en cabina de acimut
24	Arandela ϕ 8	
46	Arandela ϕ 6	
9	Arandela ϕ 5	
31	Arandela ϕ 3	
6	Tuerca M10	
12	Tuerca M8	

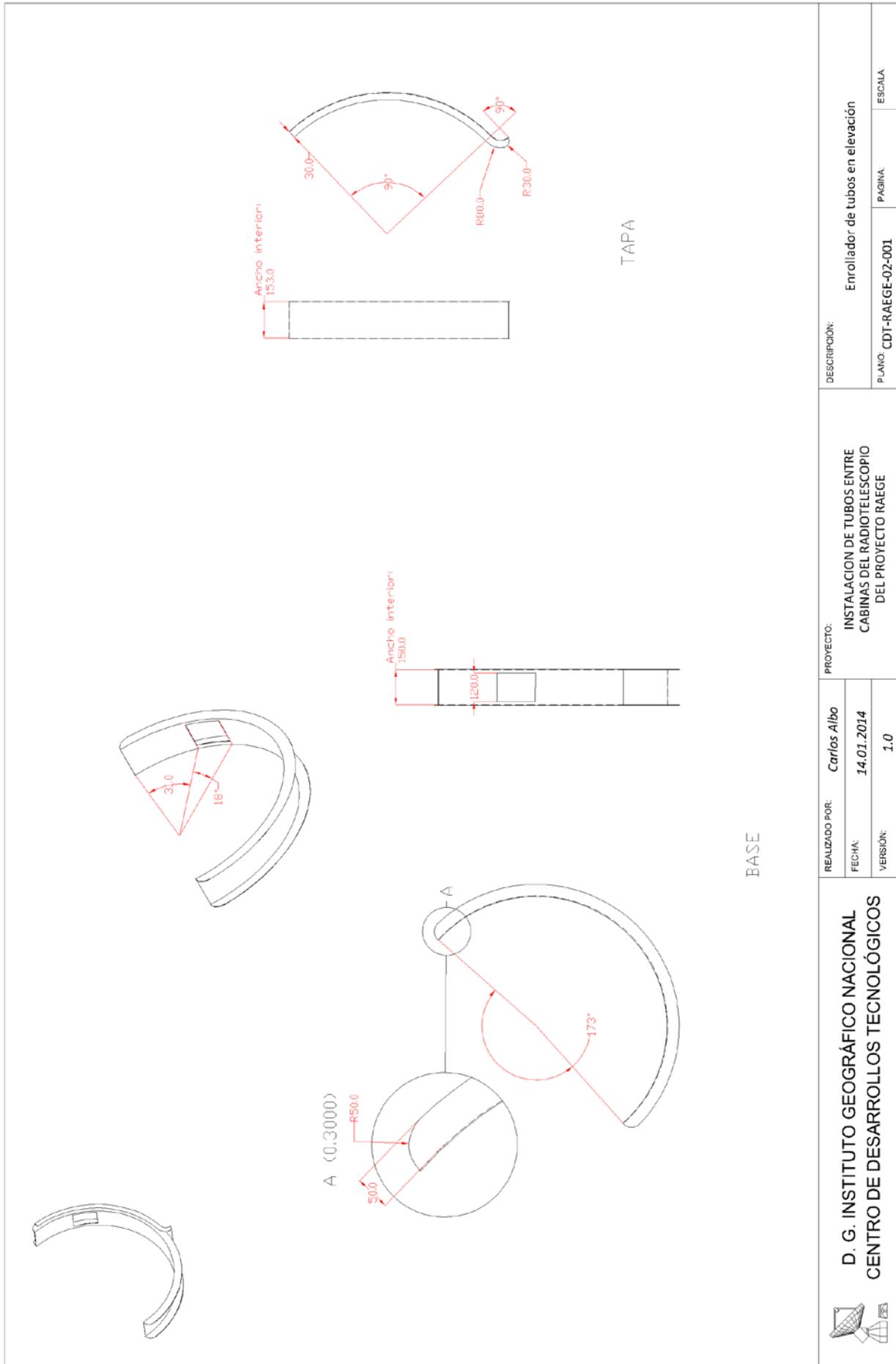
Cantidad	Descripción	Uso
80	Tuerca M6	
6	Remache en flor $\phi 5$	

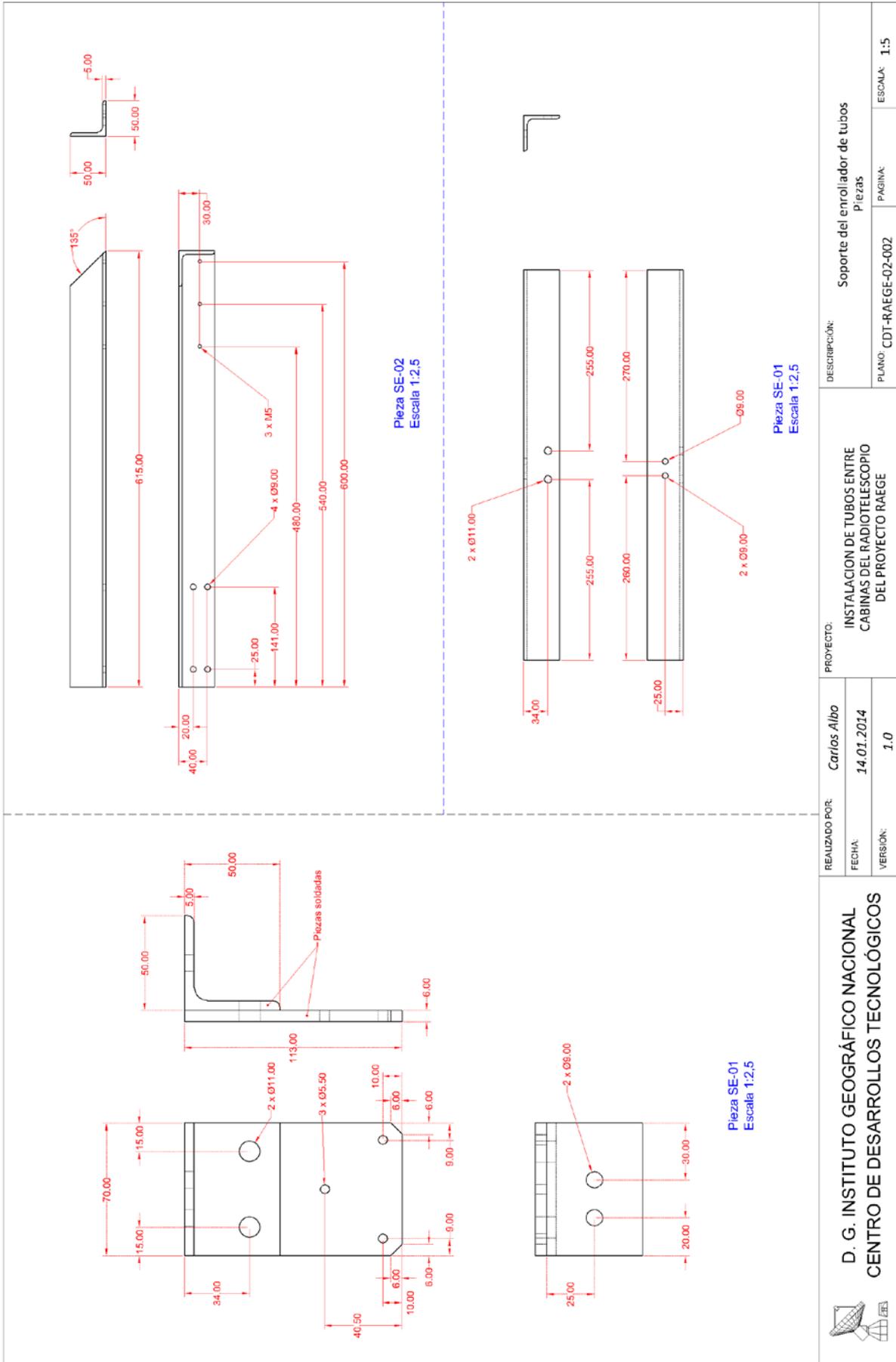
Instalación eléctrica.

Cantidad	Descripción	Uso
30 m	Cable H05vv-F 4G 1mm ² NG R-100	Conexión entre cabeza refrigeradora y compresor.
7 m	Cable RV-K 0.6/1Kv 5G 2.5mm ² NG	Suministro de energía a compresor de criogenia.
10 m		Suministro de energía a compresor de climatización.
1		Conector de cable anterior a cabeza refrigeradora.
1		Conector de panel para conexión de cable anterior en compresor
1		Base de enchufe de potencia para compresor de criogenia
1		Base de enchufe monofásico para compresor de criogenia
1	CAJA PLEXO 175x130mm S/ENTRADA	Caja para conector de panel para conexión de cable anterior en compresor
1	CAJA PLEXO 105x105mm S/ENTRADA	Caja registro de entrada en caseta
1	CAJA PLEXO 80x80mm S/ENTRADA	caja registro de bifurcación en caseta
1		Interruptor de luz en caseta
1		Punto de luz en caseta
3 m	Tubo corrugado 20 mm	Tubo flexible para cables en caseta
10	Abrazadera poliamida para tubo 20 mm	Abrazaderas para tubo flexible anterior
40	Remache en flor $\phi 5$	Instalación en caseta.

Anexo II. Planos.

CDT-RAEGE-02-001..... Enrollador de tubos en elevación.....	34
CDT-RAEGE-02-002..... Soportes del enrollador de tubos en elevación	35
CDT-RAEGE-02-003..... Refuerzo de soporte vertical de tubos.....	36
CDT-RAEGE-02-004..... Canaleta exterior de Yebes	34
CDT-RAEGE-02-005..... Canaleta exterior para resto de antenas.....	38
CDT-RAEGE-02-006..... Soportes de canaleta exterior de Yebes.....	39
CDT-RAEGE-02-007..... Bandeja Interior en cabina de acimut	40
CDT-RAEGE-02-008..... Soporte de tubos en caseta.....	41
CDT-RAEGE-04-001.....Tobera de salida de aire del compresor	42



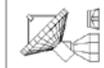
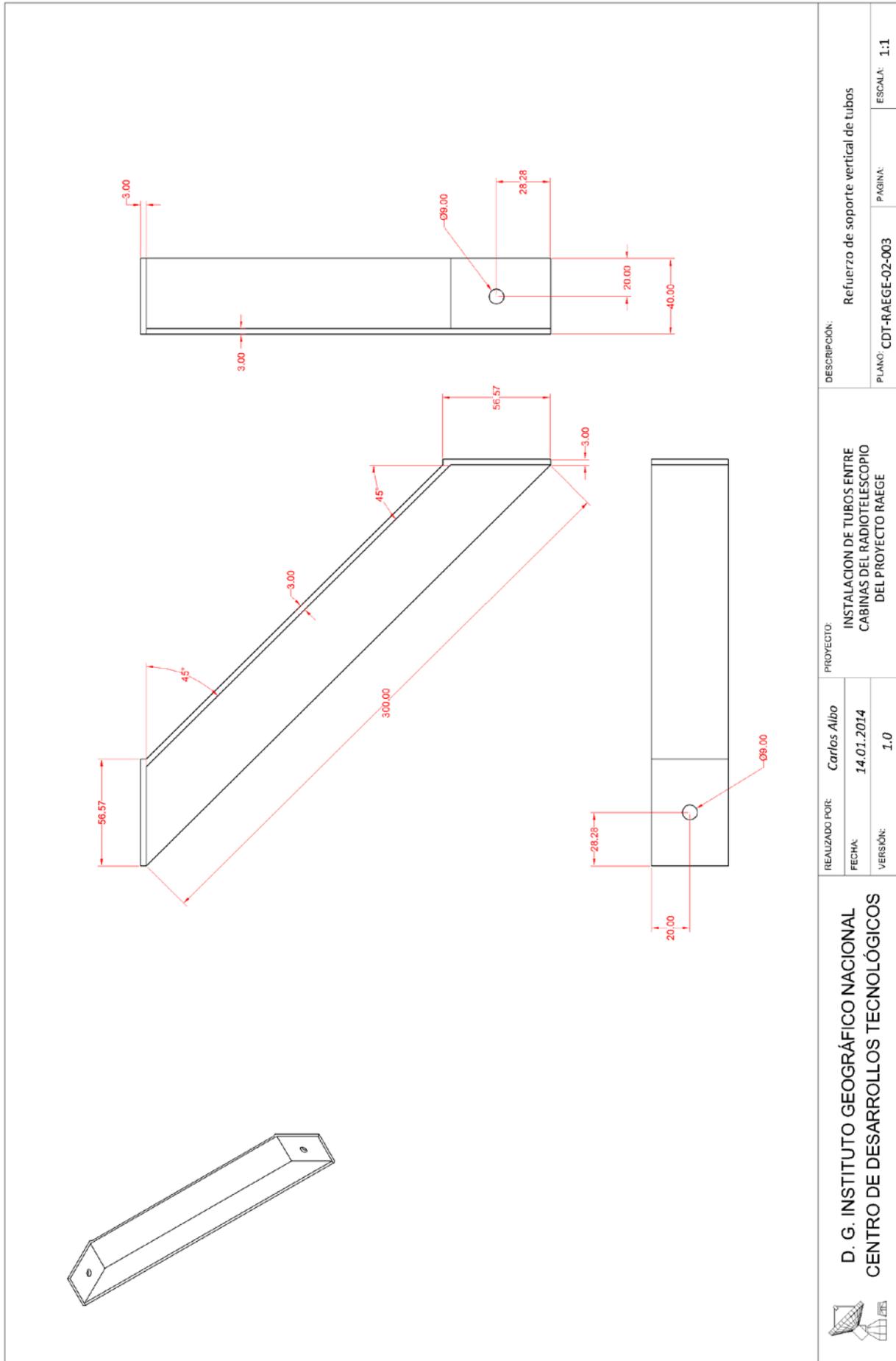


D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

REALIZADO POR: **Carlos Albo**
FECHA: **14.01.2014**
VERSION: **1.0**

PROYECTO: **INSTALACION DE TUBOS ENTRE CABINAS DEL RADIOTELESCOPIO DEL PROYECTO RAEGE**

DESCRIPCIÓN: **Soporte del enrollador de tubos Piezas**
PLANO: **CDT-RAEGE-02-002**
PAGINA: **1**
ESCALA: **1:5**



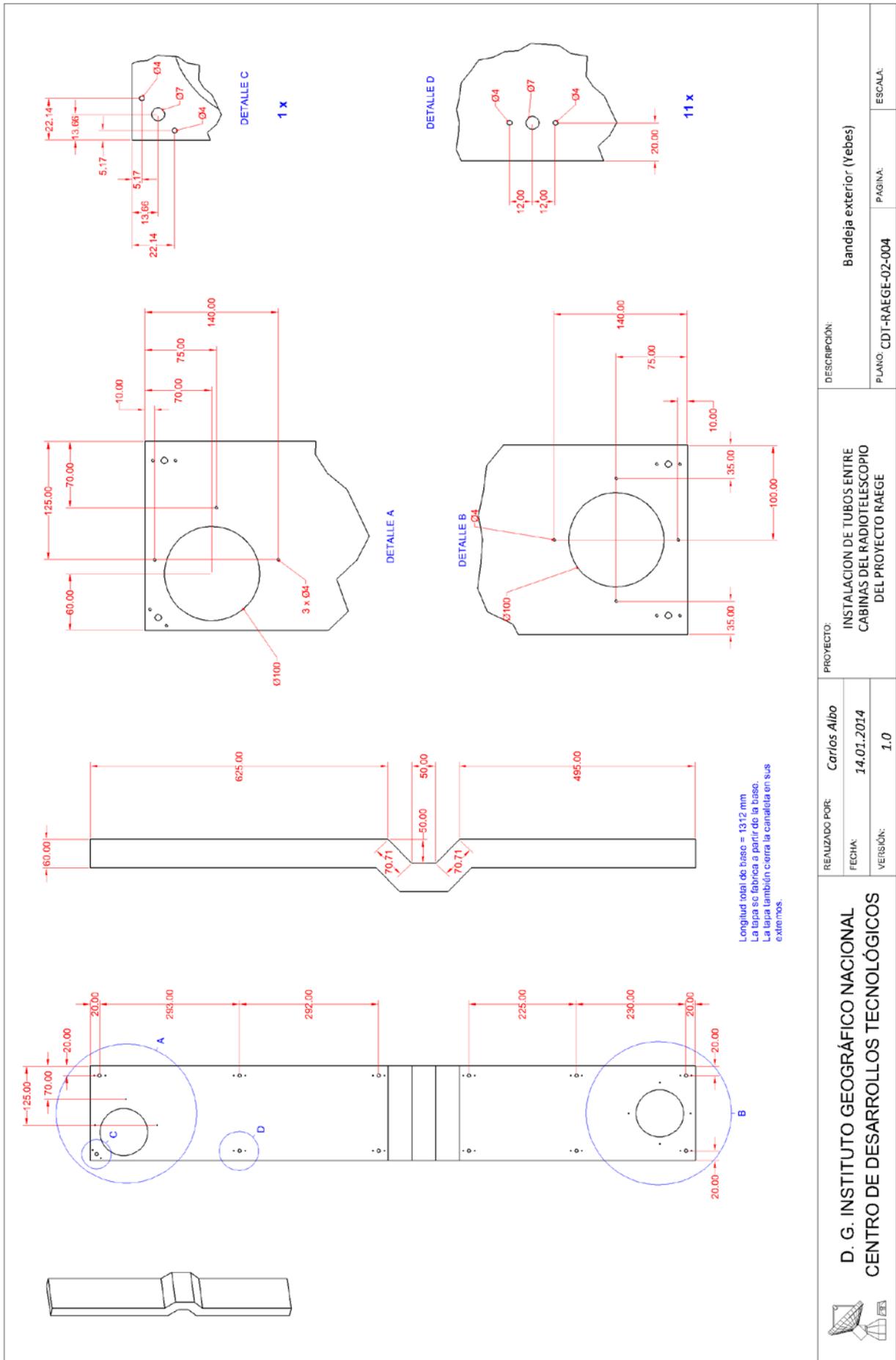
D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS

REALIZADO POR: *Carlos Albo*
 FECHA: **14.01.2014**
 VERSIÓN: **1.0**

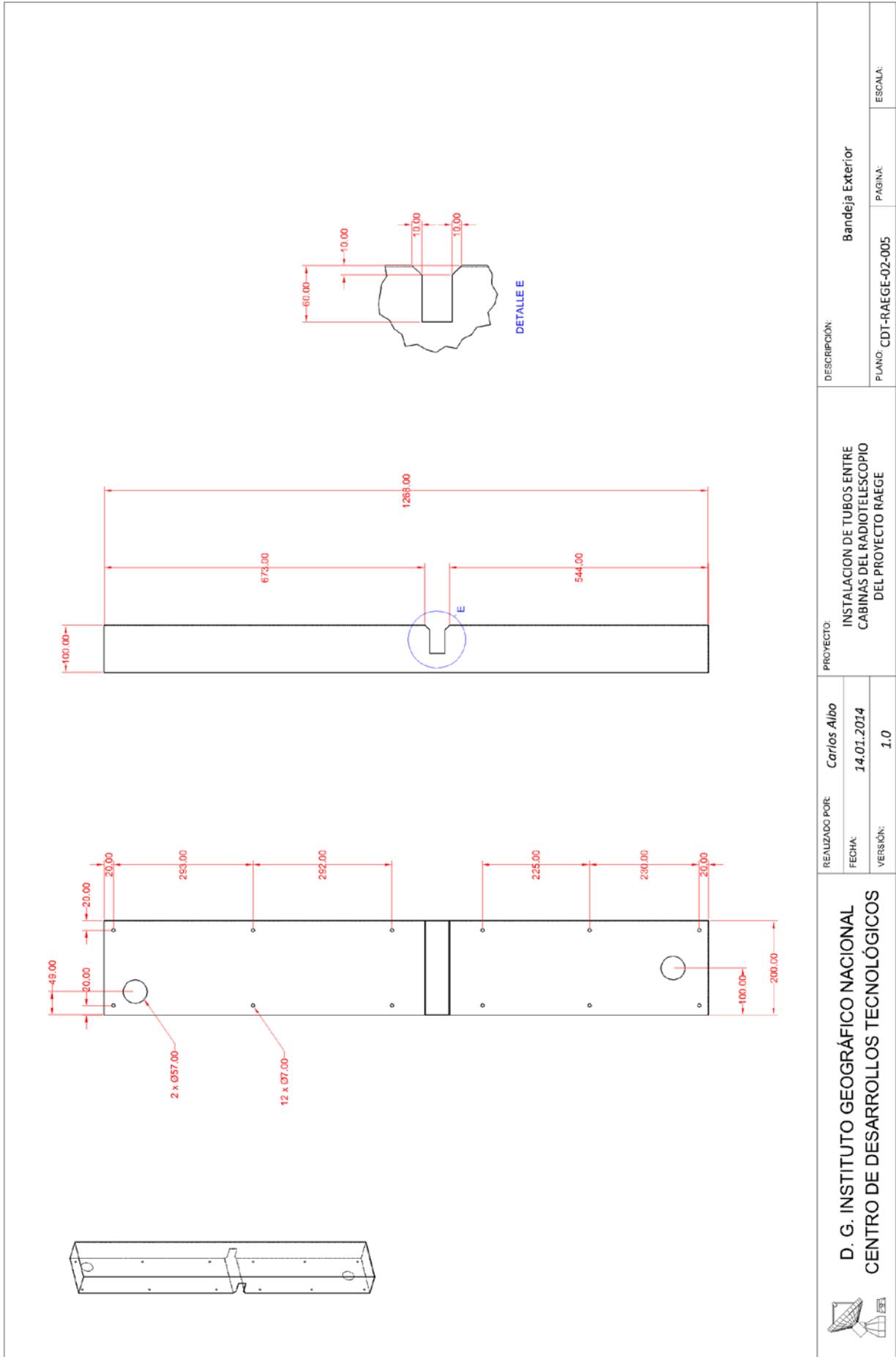
PROYECTO:
INSTALACION DE TUBOS ENTRE CABINAS DEL RADIOTELESCOPIO DEL PROYECTO RAEGE

DESCRIPCIÓN:
Refuerzo de soporte vertical de tubos

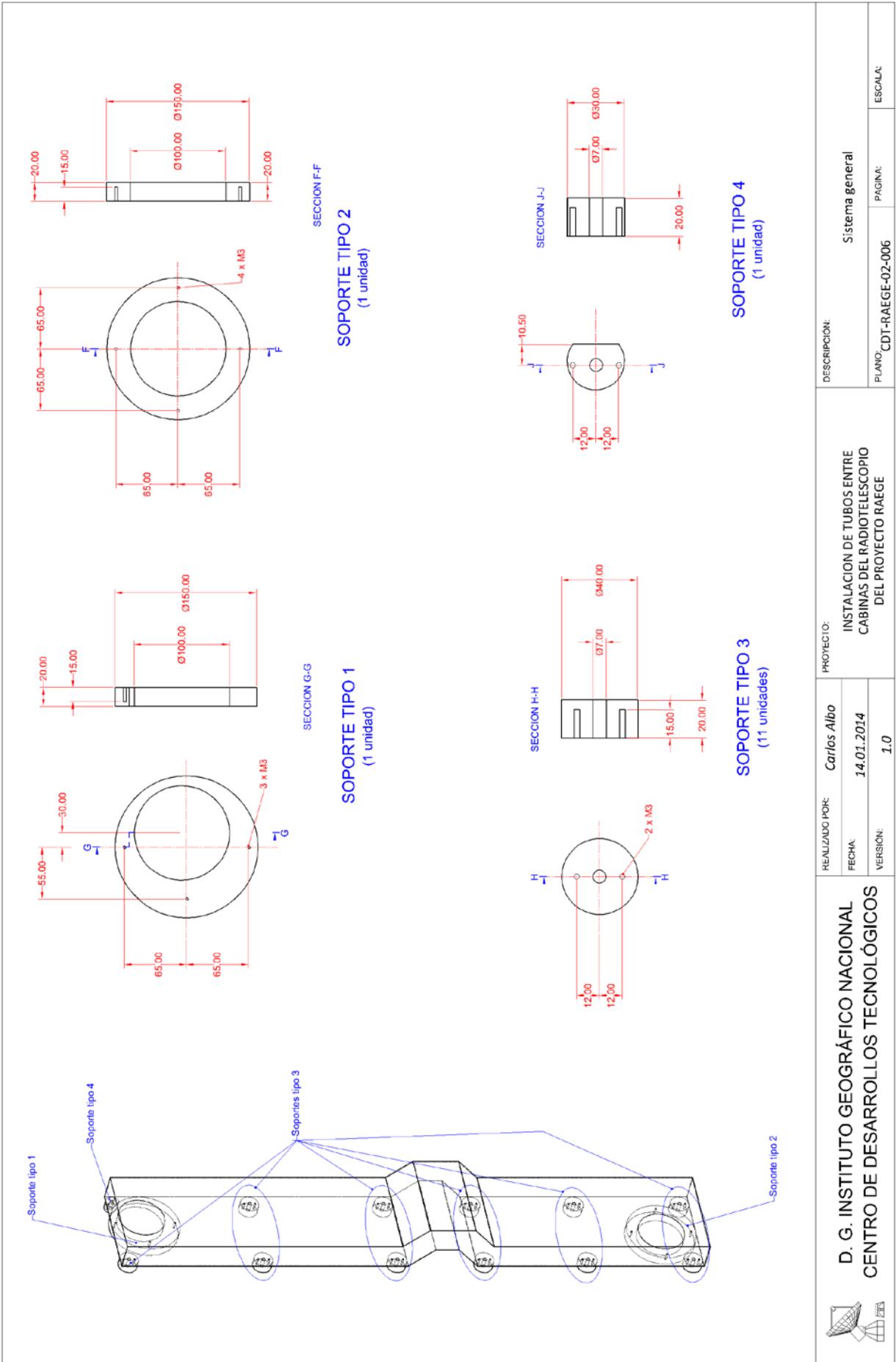
PLANO: **CDT-RAEGE-02-003** PÁGINA: ESCALA: **1:1**

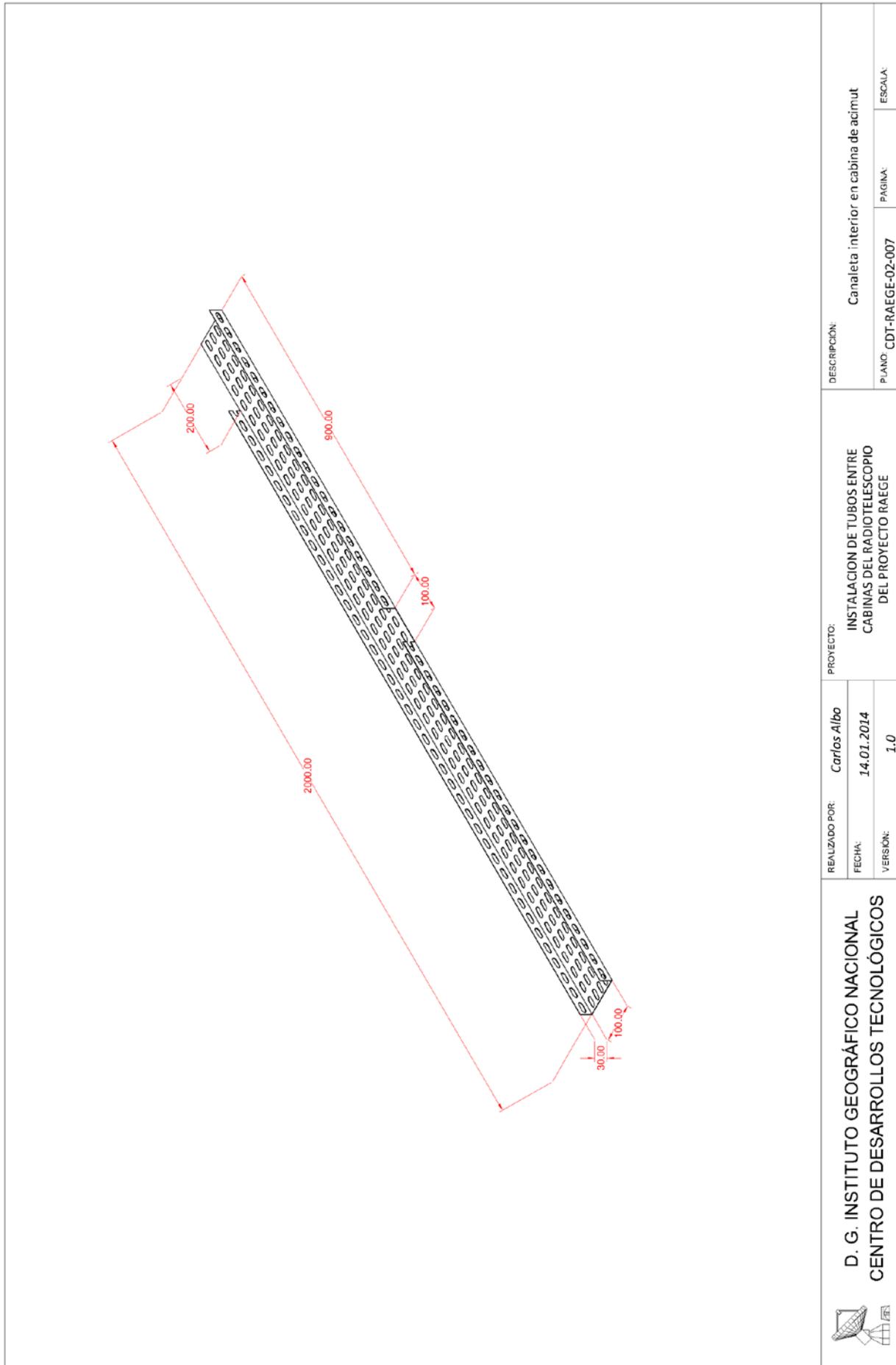


REALIZADO POR: Carlos Albo FECHA: 14.01.2014 VERSIÓN: 1.0	PROYECTO: INSTALACION DE TUBOS ENTRE CABINAS DEL RADIOTELESCOPIO DEL PROYECTO RAEGE	DESCRIPCION: Bandeja exterior (Yebes)
	D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS	PLANO: CDT-RAEGE-02-004

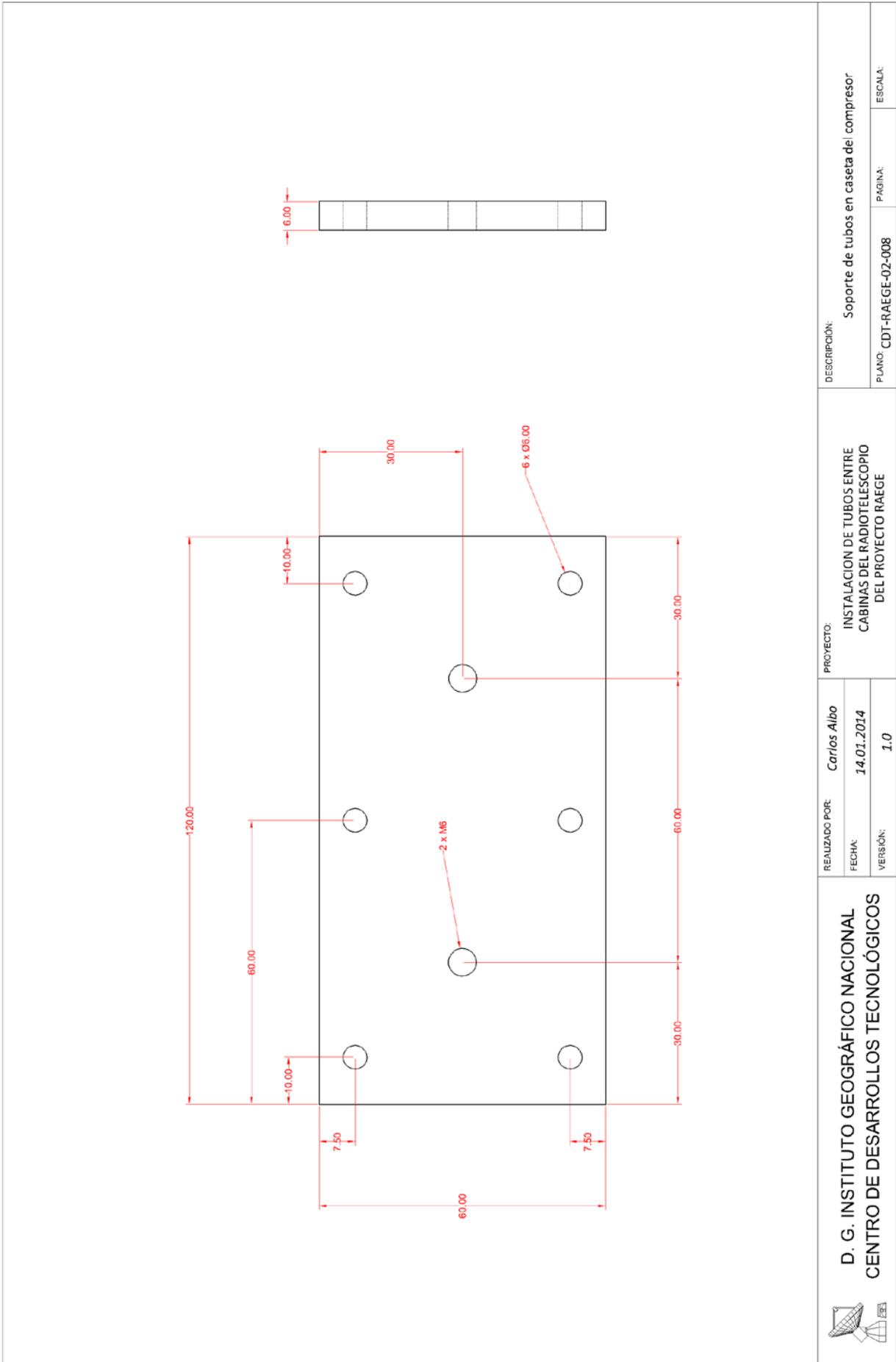


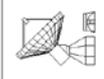
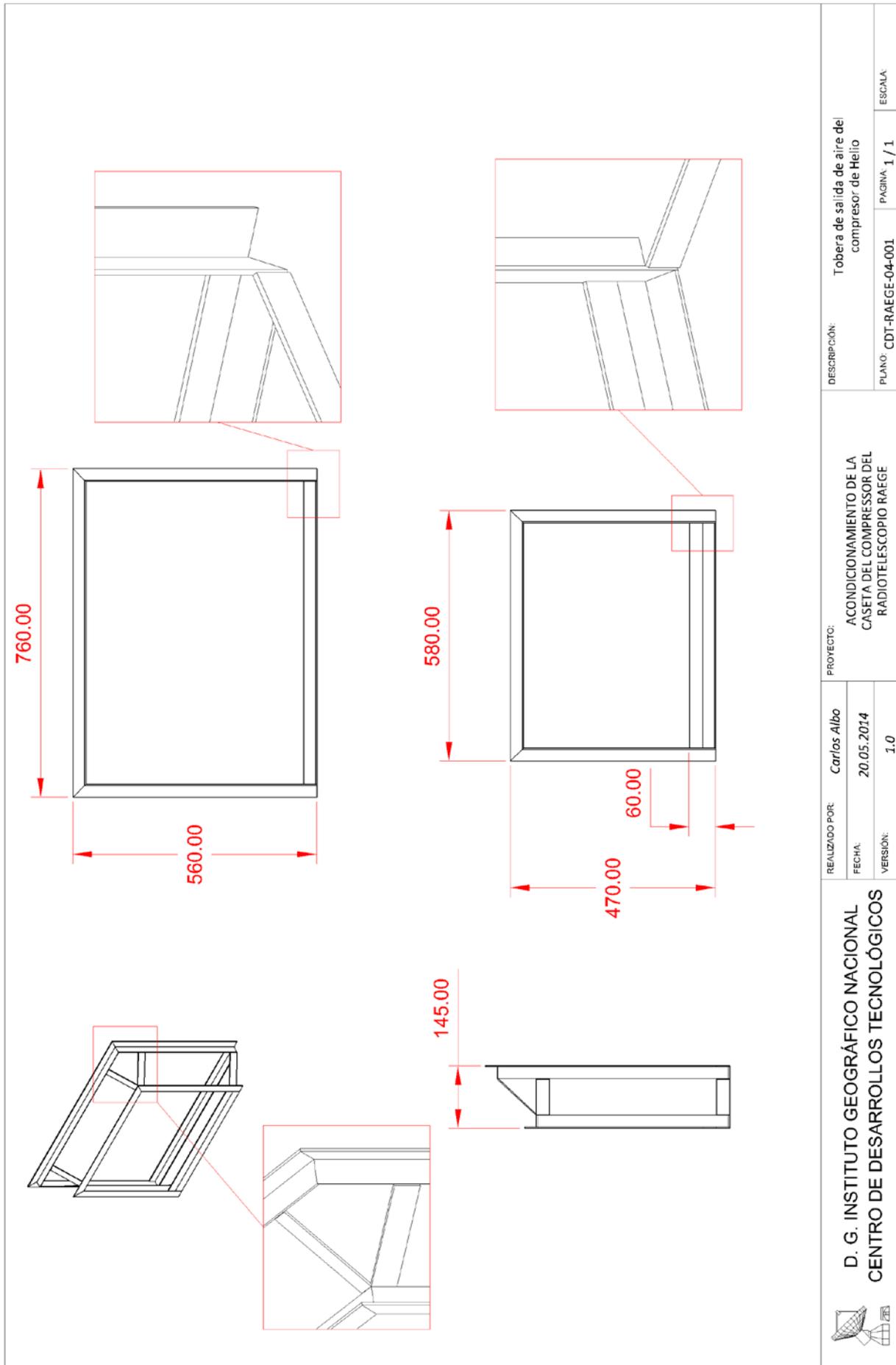
D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS	REALIZADO POR: <i>Carlos Albo</i>	PROYECTO: INSTALACION DE TUBOS ENTRE CABINAS DEL RADIOTELESCOPIO DEL PROYECTO RAEGE	DESCRIPCIÓN: Bandeja Exterior
	FECHA: <i>14.01.2014</i>	VERSIÓN: <i>1.0</i>	PLANO: CDT-RAEGE-02-005
			ESCALA:





D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS	REALIZADO POR: <i>Carlos Albo</i>	PROYECTO: INSTALACION DE TUBOS ENTRE CABINAS DEL RADIOTELESCOPIO DEL PROYECTO RAEGE	DESCRIPCIÓN: Canaleta interior en cabina de acimut
	FECHA: 14.01.2014	VERSION: 1.0	PLANO: CDT-RAEGE-02-007
		PAGINA:	ESCALA:





**D. G. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO DE DESARROLLOS TECNOLÓGICOS**

REALIZADO POR: *Carlos Albo*
FECHA: *20.05.2014*
VERSION: *1.0*

PROYECTO: **ACONDICIONAMIENTO DE LA
CASETA DEL COMPRESOR DEL
RADIOTELESCOPIO RAEGE**

DESCRIPCIÓN: **Tobera de salida de aire del
compresor de Helio**
PLANO: **CDT-RAEGE-04-001** PAGINA: **1 / 1** ESCALA: