



Informe de Instrumentación Astronómica

Tarea 1

Integrantes: Diego Espinoza
Profesor: Leonardo Bronfman A.
Auxiliar: Boris Cuevas

Fecha de realización: 19 de septiembre de 2022
Fecha de entrega: 19 de septiembre de 2022
Santiago de Chile

Índice de Contenidos

1. Introducción	1
2. Desarrollo y Resultados	2
2.1. Hot-Cold Test	2
2.1.1. Marco Teórico	2
2.1.2. Datos obtenidos	2
2.1.3. Cálculo de T_{REC}	3
2.2. Antena Dipping	3
2.2.1. Marco Teórico	3
2.2.2. Datos Obtenidos	4
2.2.3. Ajuste de τ_0	4
2.3. Observaciones	5
2.3.1. Lo Observado	5
2.3.2. Raíz cuadrática media del error	6
2.3.3. Ruido y Temperatura del Espectro Promedio	8
2.3.4. Temperatura Integrada vs Coordenadas al promedio	10
3. Conclusiones	11

Índice de Figuras

1. Logaritmo natural de la diferencia de potencias (ambiente y cielo) versus la secante del ángulo elevación, restado de 90 grados.	5
2. Gráfico de temperatura en función de la velocidad para un punto de coordenadas en el cielo " l " y " b ". Se muestra además, un ajuste gaussiano para el mismo punto.	6
3. En la imagen de la izquierda se muestra el método de incluir el error bajo la campana de Gauss, en la imagen de la derecha se muestra el cual no incluye tal error, es decir, excluye cierta cantidad de datos, partiendo del máximo de la función temperatura y sustrayendo 20 datos a la izquierda y 20 a la derecha, para l y b fijas.	7
4. Respectivamente (de izquierda a derecha y de arriba a abajo), se muestra los puntos 111,116,121, 112,117,122, 113,118,123, 114,119,124, 115,120,125 de la cruz, donde T es la temperatura en Kelvin y v es la velocidad en kilómetros por segundo. Una vez más, " l " y " b " son las coordenadas de cada punto en el cielo	8
5. Gráfico de temperatura (y el ajuste de la gaussiana para las 3 temperaturas máximas obtenidas del promedio de los 3 errores) versus coordenadas, para el eje X y el eje Y. Además, se incluye un gráfico 3d de lo que sería considerar la temperatura en función de las coordenadas en todo el espacio de visión.	9
6. Gráfico de temperatura integrada versus coordenadas, para el eje X y el eje Y. Además, se incluye un gráfico 3d de lo que sería considerar la temperatura integrada en función de las coordenadas en todo el espacio de visión.	10

Índice de Tablas

1.	Aquí se muestra tanto la temperatura de ambas cargas calientes T_{HOT} y frías T_{COLD} , como sus potencias W_{HOT} y W_{COLD} (donde se pasó de dBm a nano watts), junto con la temperatura del receptor T_{REC}	3
2.	Aquí se muestran los resultados de tomar logaritmo natural a la parte izquierda y segunda parte de la derecha de la última expresión. "el" es la elevación y $W[W]$ es la potencia en Watts.	4
3.	Opacidad obtenida de todas las tangentes, entre cada punto y su vecino siguiente . . .	5
4.	Datos obtenidos para el primer método a la izquierda (es decir, para el que consiste en considerar en la suma del RMS el error que está justo debajo de la campana de Gauss que ajusta bien a los datos mismos) y para el segundo método a la derecha (en donde se ignoran los datos bajo la curva gaussiana).	7
5.	Esta tabla nos dice por medio del parámetro P, qué tan bien apuntó el telescopio en dirección a la fuente, con respecto a los dos ejes coordenados, donde el eje X es fijando la coordenada "B", y el eje Y es fijando la coordenada "L".	9
6.	Esta tabla nos dice por medio del parámetro P, qué tan bien apuntó el telescopio en dirección a la fuente, con respecto a los dos ejes coordenados, donde el eje X es fijando la coordenada "B", y el eje Y es fijando la coordenada "L".	10

1. Introducción

La Radioastronomía observacional consiste en calibraciones, cálculos y ajustes de datos obtenidos acerca de una fuente observacional celestial por medio de un instrumento astronómico, que por lo general es un radio telescopio u otro tipo de telescopio, dependiendo de la línea de emisión que se busca analizar de cierta fuente o del medio interestelar.

El telescopio funciona como con una antena principal y otras menores en cuanto que reciben menos flujo de temperatura de antena tales que compuestos obtienen una mayor resolución del cielo, y esencialmente el telescopio posee en su sistema interno un resistor cuya temperatura de antena es la del resistor, que produce la misma potencia espectral que la de la antena. En este caso se asume que la antena y el resistor están en equilibrio termodinámico, razón por la cual se dice que ambas temperaturas son iguales.

Las observaciones que se hacen con el telescopio son mediciones de la temperatura, flujo de energía, potencia, velocidad de alejamiento o acercamiento, etc. El espectro de temperatura versus velocidad se interpreta como diciendo a qué velocidad de alejamiento se maximiza la temperatura del resistor equivalente. Las calibraciones necesarias para medir esta temperatura son la eficiencia del propio telescopio en cuanto condiciones internas, y la calibración de la opacidad en cuanto condición externa al telescopio. Estas calibraciones son necesarias, en primer lugar para saber qué tan ciego o qué tan bien ve el telescopio al objeto, y en segundo lugar para tener una idea de que tan opaco y qué tanta absorción de luz hay debido a las moléculas de agua en rotación, que son las que principalmente se toman en cuenta como responsables de la opacidad de la atmósfera.

En este informe se procederá a hacer tres diferentes instancias experimentales para cinco puntos de una cruz que representan en coordenadas a una fuente que emite en el cielo, la primera es un intento de medir la eficiencia del receptor por medio del Hot-Cold Test, la segunda consiste en calibrar la opacidad por medio del método Antenna Dipping y la tercera consiste en calcular tanto el error de la temperatura promedio por punto de la cruz (se usarán dos métodos, tanto la sustracción de un ajuste de gaussiana como otro que ignora los datos debajo de la campana de Gauss), como los ajustes a las temperaturas máximas e integrada por eje, tanto para el eje X e Y.

Además, se analiza qué tan bien apuntó el telescopio teniendo como referencia un ajuste gaussiano para cada uno de los gráficos temperatura (máxima e integrada respectivamente) versus coordenadas del cielo.

2. Desarrollo y Resultados

2.1. Hot-Cold Test

En esta sección se intenta calibrar la temperatura de Ruido T_{REC} , mediante la técnica Hot-Cold Test. Ésta consiste en comparar las potencias a diferentes temperaturas del receptor, y por tanto, relacionar la temperatura de ruido recibida por el mismo mediante las dos relaciones.

2.1.1. Marco Teórico

Digamos que el receptor tiene una temperatura de ruido característica T_{REC} y una ganancia G_{REC} . Si ponemos una carga a temperatura ambiente T_{HOT} de cara a la antena de bocina o *Horn Antenna*, la potencia espectral detectada será:

$$W_{HOT} = G_{REC}kT_{REC} + G_{REC}kT_{HOT}$$

donde k es la constante de Boltzmann. Ahora bien, si ponemos una carga a temperatura fría T_{COLD} en frente de la antena de bocina (usualmente nitrógeno líquido), la potencia espectral detectada es:

$$W_{COLD} = G_{REC}kT_{REC} + G_{REC}kT_{COLD}$$

Una vez hecho esto, podemos hacer la división entre ambos términos, definiéndola como Y :

$$Y = \frac{W_{HOT}}{W_{COLD}} = \frac{G_{REC}kT_{REC} + G_{REC}kT_{HOT}}{G_{REC}kT_{REC} + G_{REC}kT_{COLD}}$$

Y reduciendo términos:

$$Y = (T_{REC} + T_{HOT}) / (T_{REC} + T_{COLD})$$

lo cual parece conveniente, porque nos quita trabajo de cálculo de G_{REC} y de uso de k . Ahora bien, despejando T_{REC} de ésta última ecuación:

$$T_{REC} = \frac{T_{HOT} + YT_{COLD}}{Y - 1}$$

De donde, está claro que solo necesitamos 4 datos para conocer la temperatura del receptor, W_{COLD} , W_{HOT} , T_{HOT} y T_{COLD} . Así, a mayor valor de Y podemos decir que el receptor en sí tiene una mayor sensibilidad, porque puede distinguir dentro de un mayor rango de potencias, diferentes temperaturas. Por otro lado, de la última ecuación, si $Y=1$, entonces no se puede distinguir entre la potencia a temperatura caliente y fría, por tanto, el rango es nulo, por tanto la sensibilidad es nula o mejor dicho, el receptor es ciego" (asumiendo claro, que la temperatura T_{COLD} es estrictamente menor que la temperatura T_{HOT} , pues en caso contrario $T_{REC} = -T_{HOT}$, lo que es una contradicción pues no existen temperaturas por debajo del mínimo 0 °K).

2.1.2. Datos obtenidos

A continuación podemos ver los datos obtenidos para el Hot-Cold Test en una tabla:

Tabla 1: Aquí se muestra tanto la temperatura de ambas cargas calientes T_{HOT} y frías T_{COLD} , como sus potencias W_{HOT} y W_{COLD} (donde se pasó de dBm a nano watts), junto con la temperatura del receptor T_{REC}

$W_{HOT}[nW]$	$W_{HOT}[nW]$	$T_{HOT}[^{\circ}K]$	$T_{COLD}[^{\circ}K]$	$T_{REC}[^{\circ}K]$	Y
35	16	300	77	107.6	2.208

Algo interesante de estos resultados es que, primero que todo, el telescopio en sí no es ciego, lo cual no es muy bueno porque el valor de Y está muy cercano a 1. Otra cosa que es notable, es que la temperatura del receptor es más cercana a la temperatura de la carga fría que a la de la caliente, lo que de cierto modo nos dice que el resistor - una resistencia equivalente con la cual el telescopio que recibe la señal está en equilibrio termodinámico- está a 107 grados Kelvin, lo cual podría parecer útil ya que a menor temperatura, hay menor ruido espectral termal producido por el mismo resistor.

2.1.3. Cálculo de T_{REC}

Como se puede ver de la tabla anterior, $T_{REC} = 107.6$ °K, lo que comparado con el término Y cercano a uno nos dice que es probable que esta calibración del telescopio para la temperatura esté equivocada.

2.2. Antena Dipping

Ahora lo que nos interesa es medir la opacidad Zenital τ_0 , lo que nos da una idea de cuán difícil u obstaculizado se encuentra el telescopio para realizar una observación del cielo a tal o cual inclinación angular, siendo que en la atmósfera terrestre existe cierta cantidad de moléculas (principalmente de agua en forma gaseosa, las que poseen cierta cantidad no nula de grados de libertad debido a la rotación que poseen).

Para ello relacionaremos potencia y opacidad zenital mediante una relación, a fin de poder obtener ésta última, comparando la potencia del cielo a cualquier elevación con la potencia que obtendríamos de tener una carga a temperatura ambiente.

2.2.1. Marco Teórico

Medimos entonces la potencia detectada por el telescopio, para un intervalo de frecuencias dado, a diferentes elevaciones:

$$W_{SKY}(el) = G_{REC}k[T_{REC} + T_{ATM}[1 - e^{-\frac{\tau_0}{\sin(el)}}]]\Delta\nu$$

donde T_{REC} , T_{ATM} , τ_0 , son, respectivamente, la temperatura del receptor, temperatura de la atmósfera, la opacidad cenital, la elevación, el rango de frecuencias en el que se toma la potencia. En segundo lugar, medimos la potencia de una carga a temperatura ambiente T_{AMB} en frente de la antena:

$$W_{SKY}(el) = G_{REC}k[T_{REC} + T_{AMB}]\Delta\nu$$

Ahora bien, podemos decir que aproximadamente la temperatura ambiente es igual a la temperatura de la atmósfera, suponiendo claro que la temperatura es uniforme y no varía dependiendo de la inclinación a la que se observa el cielo. Además, esto es válido solo cuando se mira a nivel de la baja atmósfera, es decir, cuando la mayor cantidad de vapor de agua se concentra, pues el componente

que se considera de mayor contribución a la opacidad es el vapor de agua que se encuentra en la atmósfera. Por tanto, se calcula la diferencia de potencia teniendo en cuenta $T_{ATM} = T_{AMB}$:

$$\Delta W(el) = W_{AMB} - W_{SKY}(el) = G_{REC} k \Delta \nu T_{AMB} e^{-\frac{\tau_0}{\sin(el)}}$$

Y si tomamos el logaritmo natural a ambos lados de la ecuación, se obtiene:

$$\ln(\Delta W(el)) = \ln(G_{REC} k \Delta \nu T_{AMB}) - \frac{\tau_0}{\sin(el)}$$

Lo único que es necesario ahora es graficar el término de la izquierda versus el segundo término de la derecha para obtener τ_0 como la pendiente de la gráfica.

2.2.2. Datos Obtenidos

Los datos obtenidos se pueden ver a continuación en la tabla 2, mientras que en la tabla 3 se hacen las conversiones correspondientes,

Tabla 2: Aquí se muestran los resultados de tomar logaritmo natural a la parte izquierda y segunda parte de la derecha de la última expresión. "el" es la elevación y W[W] es la potencia en Watts.

$1/\sin(el[^\circ])$	$\ln(\Delta W[W])$
0,919	-6,672
1,252	-6,751
1,504	-6,799
1,704	-6,829
1,871	-6,847
2,015	-6,864
2,139	-6,868
2,251	-6,877
2,350	-6,884
2,442	-6,887

Como se puede apreciar, no hay mucho cambio en la diferencia de potencia con respecto a la secante de la elevación, por lo tanto no es de esperar una opacidad cenital muy grande ni muy pequeña.

2.2.3. Ajuste de τ_0

Ahora, si se grafican los datos obtenidos anteriormente, se obtiene:

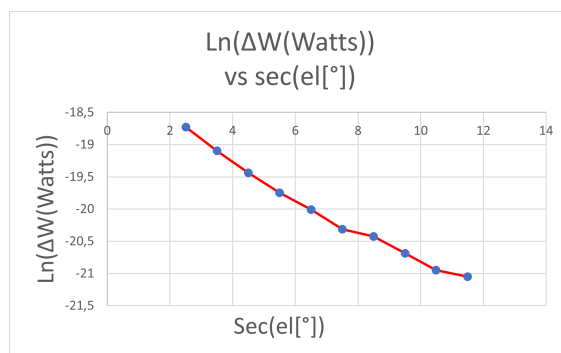


Figura 1: Logaritmo natural de la diferencia de potencias (ambiente y cielo) versus la secante del ángulo elevación, restado de 90 grados.

Pero dado que no tenemos una pendiente constante, tomaremos el promedio de todas ellas, es decir, de las pendientes entre cada dos puntos, que se muestra a continuación en otra tabla:

Tabla 3: Opacidad obtenida de todas las tangentes, entre cada punto y su vecino siguiente

τ_0	0,370	0,345	0,309	0,258	0,304	0,109	0,261	0,262	0,103
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Por tanto, la opacidad será la promedio, es decir, $\bar{\tau}_0 = 0.258$, lo que nos dice que la opacidad no es tan grande y por lo tanto, es buen clima el que proporciona buena calidad a la hora de realizar observaciones, o mejor dicho, la concentración de vapor de agua no es tan grande en la atmósfera y/o ambiente. Esto también puede interpretarse como diciendo que el ambiente es relativamente seco, aunque la temperatura sea alta.

Se debe destacar que aquí, para trabajar correctamente con las potencias, se hizo primero la transformación de dBm a Watts, y luego se restaron las potencias, así como cuando se trabaja en escalas diferentes de temperatura como lo son la Celsius y la Kelvin.

2.3. Observaciones

2.3.1. Lo Observado

Habiendo dicho, pues, que la sensibilidad del telescopio es relativamente buena y que además la opacidad indica un ambiente lo suficientemente seco, ahora se indicarán las observaciones obtenidas de 5 pares de coordenadas (es decir, una fuente observada en 5 diferentes puntos del cielo) para una fuente en el cielo encontrada en la constelación de Orión obtenida el 29 de Marzo de 2019. De aquí en adelante nos referiremos a tal disposición de tales 5 puntos como una cruz. Por otro lado, es interesante que en este caso la opacidad τ_w toma el valor 0.239478, lo que se acerca mucho a 0.258, es decir, el método anterior es super cercano a otros métodos, dando por medio de vías independientes aproximadamente el mismo valor.

Los datos que en esta sección se obtuvieron vienen determinados pues, para un determinado punto, por la temperatura en función de la velocidad:

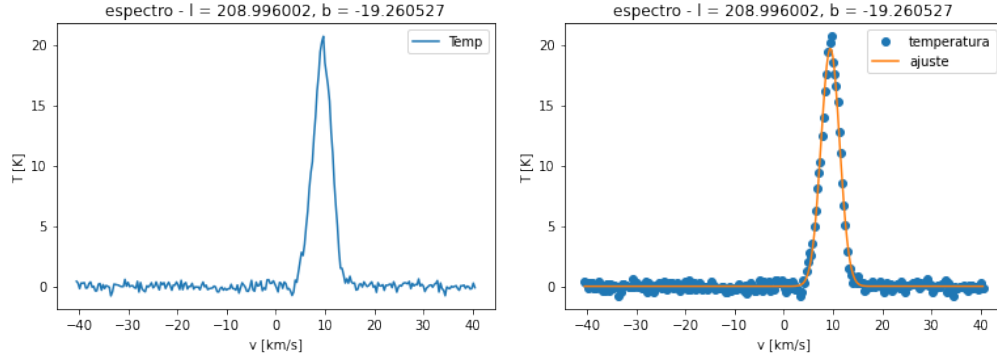


Figura 2: Gráfico de temperatura en función de la velocidad para un punto de coordenadas en el cielo "l" y "b". Se muestra además, un ajuste gaussiano para el mismo punto.

Aquí se puede claramente observar que la temperatura tiene un máximo para cierta velocidad, lo que parece indicar el comportamiento gaussiano de estos tipos de datos.

2.3.2. Raíz cuadrática media del error

Ahora lo que se pone en tela de juicio es la raíz cuadrática media del error, que viene dada por

$$E_{rms} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N e_i^2$$

pero más nos sirve otra forma más fácil de calcularla en python, que es usando la definición de varianza:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N e_i^2 \right) - N\mu^2$$

Y en el primer término de la parte de la derecha reconocemos al E_{rms} , por lo cual lo despejamos como:

$$E_{rms} = \sigma^2 + \mu^2$$

donde μ es la media de los datos. Así, queda una forma fácil de calcular la raíz cuadrática media. Ahora, lo que se busca demostrar es que promediando las 3 pasadas por la cruz en cada uno de los cinco puntos da como resultado algo tal que:

$$\langle E_{rms} \rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} E_{rms}$$

Donde N es la cantidad de pasadas por cada punto de la fuente, que en este caso son 3. Se usarán dos métodos diferentes para medir el RMS del error de la medición de temperatura. El primero de ellos consiste en ver el error que existe cuando se sustrae un ajuste de función gaussiana, mientras que el segundo consiste en ignorar el rango de valores en donde se nota la función gaussiana. Con el primer y segundo método se obtiene la siguiente tabla de valores:

Tabla 4: Datos obtenidos para el primer método a la izquierda (es decir, para el que consiste en considerar en la suma del RMS el error que está justo debajo de la campana de Gauss que ajusta bien a los datos mismos) y para el segundo método a la derecha (en donde se ignoran los datos bajo la curva gaussiana).

cuadrícula	$\langle E_{rms} \rangle_1$	E_{rms1}	$\langle E_{rms} \rangle_1 / E_{rms1}$
11	0.061	0.119	0.517
16		0.099	0.623
21		0.092	0.671
12	0.099	0.148	0.666
17		0.163	0.605
22		0.129	0.763
13	0.079	0.116	0.676
18		0.120	0.657
23		0.125	0.632
14	0.124	0.181	0.687
19		0.154	0.811
24		0.168	0.740
15	0.130	0.162	0.803
20		0.180	0.723
25		0.170	0.766

cuadrícula	$\langle E_{rms} \rangle_2$	E_{rms2}	$\langle E_{rms} \rangle_2 / E_{rms2}$
11	0.028	0.073	0.387
16		0.067	0.423
21		0.063	0.446
12	0.033	0.094	0.350
17		0.087	0.380
22		0.074	0.446
13	0.034	0.083	0.418
18		0.068	0.510
23		0.071	0.489
14	0.030	0.085	0.357
19		0.066	0.458
24		0.066	0.459
15	0.033	0.079	0.420
20		0.073	0.459
25		0.073	0.459

Ahora, es interesante este resultado, porque a pesar de que con el segundo método se excluyeron al menos 40 puntos de temperatura vs velocidad (en comparación con un total de 256), la fracción de $\langle E_{rms} \rangle / E_{rms}$ no se ha acercado sustancialmente (ni con el primer ni con el segundo método) al valor que se esperaba de $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 0.577, aunque sí es del orden de esa fracción, por lo que se debe concluir que la fracción tiende a uno sobre la raíz de la cantidad de observaciones por cuadrícula. Por tanto, sería de esperar que a medida que se tiende a aumentar la fracción, disminuiría más y más, como si en realidad fuesen menos datos o como si fuese menos dispersión por dato.

A continuación se mostrará un gráfico con un ejemplar para una cuadrícula (como por ejemplo la que viene dada por las mediciones 111, 116, 121) representada en ambos métodos, en el primero que incluye el error "gaussiano", y en el segundo que no lo incluye:

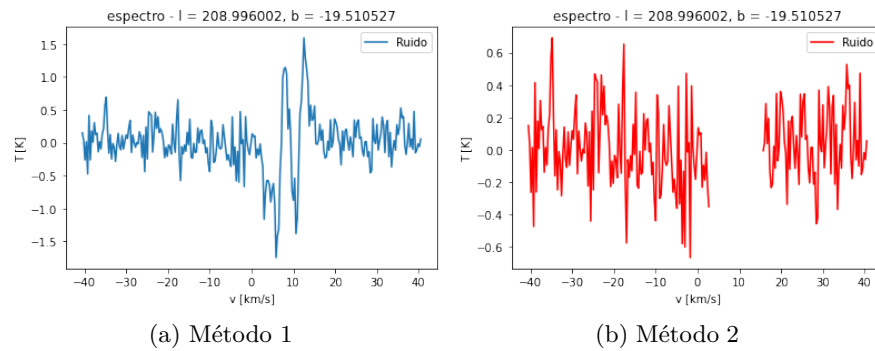


Figura 3: En la imagen de la izquierda se muestra el método de incluir el error bajo la campana de Gauss, en la imagen de la derecha se muestra el cual no incluye tal error, es decir, excluye cierta cantidad de datos, partiendo del máximo de la función temperatura y sustrayendo 20 datos a la izquierda y 20 a la derecha, para l y b fijas.

2.3.3. Ruido y Temperatura del Espectro Promedio

A continuación se muestran las tres pasadas por cada uno de los cinco puntos de la cruz promediadas, para la temperatura, justo con su ajuste gaussiano:

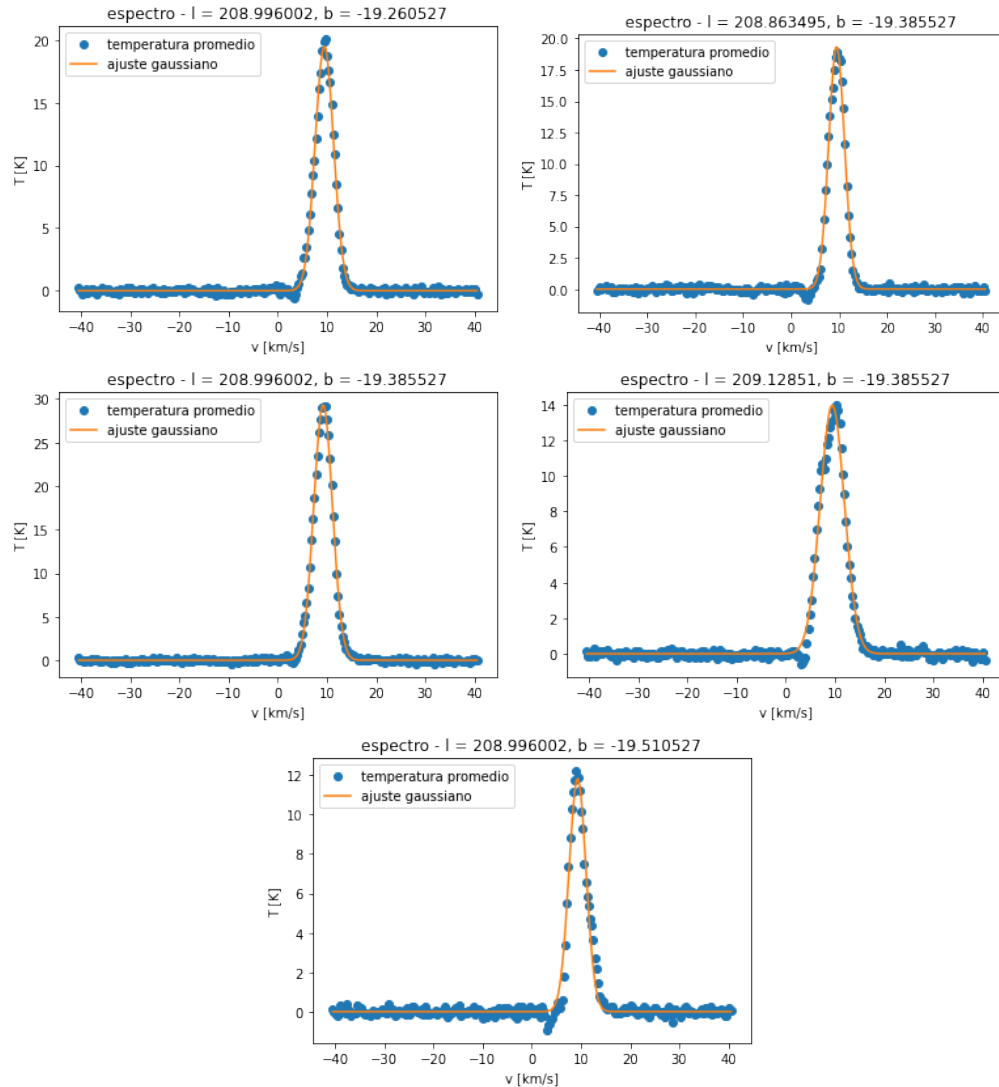


Figura 4: Respectivamente (de izquierda a derecha y de arriba a abajo), se muestra los puntos 111,116,121, 112,117,122, 113,118,123, 114,119,124, 115,120,125 de la cruz, donde T es la temperatura en Kelvin y v es la velocidad en kilómetros por segundo. Una vez más, " l " y " b " son las coordenadas de cada punto en el cielo

Como puede apreciarse, el promedio de las temperaturas es bastante cercano a la gaussiana, con mucho menos error que en el caso en que no se promedia, seguramente debido a la anulación de algunos términos aleatorios o estadísticos que pertenecían a las muestras. Ahora se busca encontrar la temperatura máxima de cada punto y ajustar dos gaussianas para cada eje, tanto para el eje equis como para el eje i griega.

Ahora, el *pointing*, es decir, la precisión o qué tan bien apuntó el telescopio, podemos medirla ya

sea restando o dividiendo la temperatura máxima por cada punto de la cruz por el punto máximo del ajuste gaussiano para cada punto, y en este caso servirá la relación: $P = \frac{T_{max_{obs}}}{T_{max_{ajuste}}} \cdot 100$ donde P dice qué tan cerca está el valor observado del que se tiene en el máximo del ajuste gaussiano. A continuación se muestra una tabla con los resultados:

Tabla 5: Esta tabla nos dice por medio del parámetro P, qué tan bien apuntó el telescopio en dirección a la fuente, con respecto a los dos ejes coordenados, donde el eje X es fijando la coordenada "B", y el eje Y es fijando la coordenada "L".

Eje	$T_{max_{obs}}$ [K]	$T_{max_{ajuste}}$ [K]	$P(\text{porcentaje})$
X	29.195	29.921	97.572
Y	29.195	29.487	99.009

Lo que convenientemente demuestra que la eficiencia para apuntar a la fuente es muy buena, virtualmente no tiene error, lo que es muy favorable, evidentemente, una cosa es qué tan bien puede apuntar en teoría la maquinaria, y otra es cómo se utilizan ese mecanismo, cómo se logra apuntar a la fuente, pero dentro de todo, si se incluyen errores sistemáticos en el *pointing*, no hay error considerable. A continuación se muestra el fiteo de Gaussiana para cada eje, obtenido de esta última experiencia:

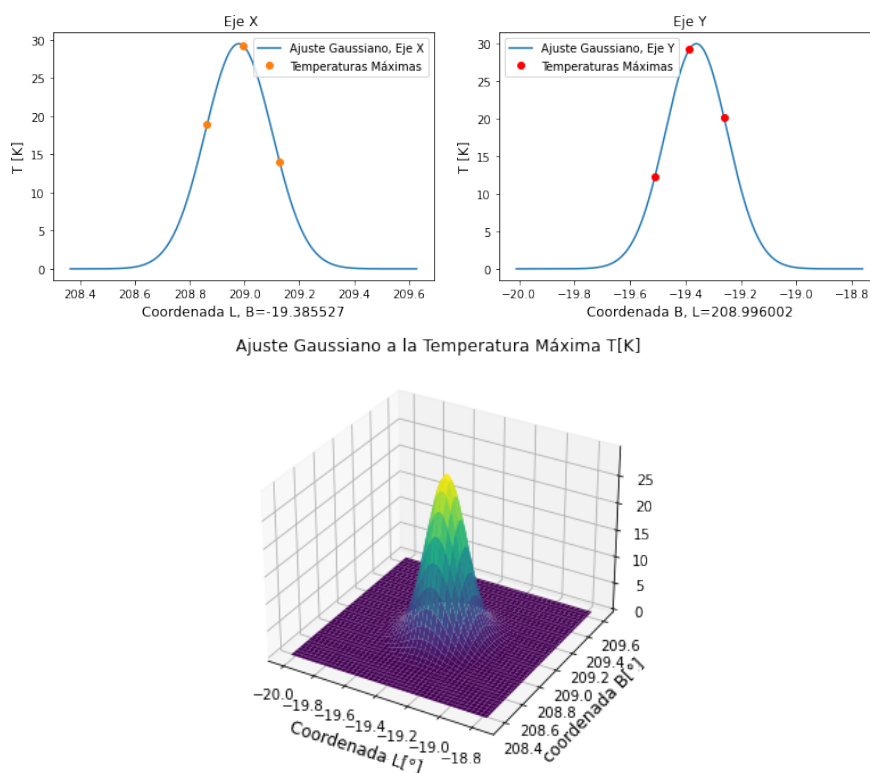


Figura 5: Gráfico de temperatura (y el ajuste de la gaussiana para las 3 temperaturas máximas obtenidas del promedio de los 3 errores) versus coordenadas, para el eje X y el eje Y. Además, se incluye un gráfico 3d de lo que sería considerar la temperatura en función de las coordenadas en todo el espacio de visión.

2.3.4. Temperatura Integrada vs Coordenadas al promedio

En esta última sección se mostrará la temperatura integrada con respecto a la velocidad (promediando las tres pasadas por cada uno de los cinco puntos de la cruz), en un gráfico versus las coordenadas X e Y, y se mostrará además un gráfico equivalente en 3d:

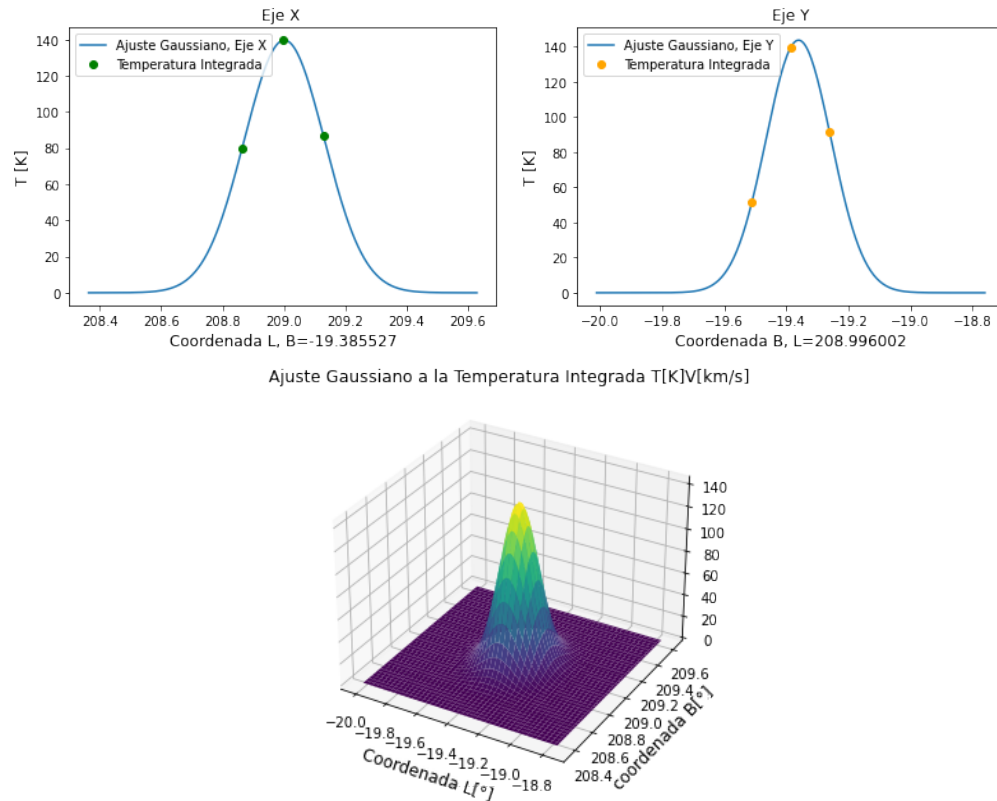


Figura 6: Gráfico de temperatura integrada versus coordenadas, para el eje X y el eje Y. Además, se incluye un gráfico 3d de lo que sería considerar la temperatura integrada en función de las coordenadas en todo el espacio de visión.

Si vemos la tabla generada por estos últimos datos, para la temperatura integrada, da:

Tabla 6: Esta tabla nos dice por medio del parámetro P, qué tan bien apuntó el telescopio en dirección a la fuente, con respecto a los dos ejes coordenados, donde el eje X es fijando la coordenada "B", y el eje Y es fijando la coordenada "L".

Eje	$T_{int_{obs}}$ [K]	$T_{int_{ajuste}}$ [K]	$P(\text{porcentaje})$
X	139.495	143.601	97.140
Y	139.495	139.598	99.926

, que habla de que la temperatura integrada con respecto a la velocidad es casi certera en el punto de máxima temperatura, lo que indica una alta precisión para apuntar. Ahora bien, es de interés conocer la temperatura integrada pues nos dice qué tanto cambia el área de la curva, lo que además es importante pues así se mantiene una constante de movimiento, por ejemplo, si se buscara encontrar

una fuente que tuviera tal propiedad y a la vez tuviera tal curva de temperatura versus velocidad. Entonces tal técnica podría servir para automatizar la búsqueda de una fuente luminosa en el cielo. Por otro lado, parece evidente el resultado, en un punto del cielo se encuentra la mayor temperatura, es decir, el punto geométrico que indica el centro del astro.

3. Conclusiones

Se pueden extraer algunas conclusiones de todo lo anterior, a saber, en primer lugar, que el telescopio tiene una suficiente calidad o eficiencia de medición de potencias (cuando en el hot-cold test se muestra que el cociente entre la potencia de una carga fría y una a temperatura ambiente es más del doble del mínimo, mínimo en el cual se dice que el receptor está ciego) como para no estar ciego, en segundo lugar, que el ambiente en el cual está ubicado es relativamente seco con muy poco vapor de agua a nivel atmosférico o ambiental (a partir del experimento de Antenna Dipping), y en tercer lugar, que la precisión del telescopio a la hora de identificar un objeto no puntual en el cielo es muy buena (con respecto a los ejes coordenados X e Y), virtualmente perfecta. Además, el ruido promediado da como resultado un RMS aproximadamente uno sobre la raíz de la cantidad de pasadas por cada punto de la cruz, por el RMS no promediado, es decir, el error tiende a disminuir a medida que aumenta la cantidad de mediciones, pues las fluctuaciones tienden a anularse entre sí.