

# Tarea 1

Tema a tratar

Integrantes: Integrante 1

Integrante 2

Profesor: Profesor 1

Auxiliar: Auxiliar 1

Ayudantes: Ayudante 1  
Ayudante 2

Ayudante de laboratorio: Ayudante 1

Fecha de realización: 14 de octubre de 2024

Fecha de entrega: 14 de octubre de 2024

Santiago de Chile

---

## Resumen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

# Índice de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Descripción general de la empresa u organización</b>	<b>2</b>
<b>3. Descripción del trabajo realizado</b>	<b>3</b>

# Índice de Figuras

1. Ingenieros y estudiantes que son parte del laboratorio de ondas milimétricas. . . . .	1
2. Contextualización de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimétricas . . . . .	3
3. Esquema conceptual del Array de antenas a implementar para el proyecto CHART, donde se tendrán un arreglo de 16x16, dando un total de 256 antenas.	3
4. Descripción general de una antena LPDA, considerando parámetros clave como las distancias relativas entre los elementos $d_n$ , el ángulo $\alpha$ que indica la apertura y distribución de los dipolos, la alimentación de la antena visible al principio y, finalmente, las longitudes $L_n$ . (Stutzman & Thiele 1997) . . . . .	4
5. Espacio relativo $\sigma$ en función del parámetro $\tau$ para una LPDA, es importante destacar además, que el gráfico inferior corresponde a el crecimiento exponencial en el número de elementos que se deben añadir en caso de buscar más ganancia y por tanto una mayor directividad . . . . .	4
6. Algunas de las ecuaciones importantes que permiten obtener la cantidad de elementos necesarios para una LPDA, además de otras características como la relación entre elemento y elemento. . . . .	5
7. Contextualización de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimétricas . . . . .	6
8. Ganancia normalizada en función del ángulo (grados). Esto se realiza para los planos E y H, permitiendo el análisis del campo de visión (FOV) así como la distribución espacial del patrón de radiación, para frecuencias de 300 MHz, 400 MHz y 500 MHz, cubriendo el ancho de banda de interés. . . . .	6
9. Contextualización de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimétricas . . . . .	7
10. Comparación entre el parámetro $S_{11}$ simulado (rojo) y el parámetro $S_{11}$ obtenido del VNA (azul). Se obtienen resultados deficientes para las mediciones, pero esto se debe a la conexión, lo cual se resolverá en futuras iteraciones. . . . .	8
11. Se realizó un cambio en la conexión, implementándose mediante un perno en cada cara interna del BOOM, lo que permitió que se asemejara más a la simulación	8
12. Se mantuvo la conexión anterior, pero se cambió el valor del GAP a 7.5 mm, siendo este el valor óptimo. Como se mencionó anteriormente, este parámetro mejora significativamente la adaptación de la antena. . . . .	9

13.	La conexión se mejoró implementando una línea Microstrip, lo que permitió una distribución de corriente más uniforme a lo largo de las caras internas del BOOM. Además, se eliminó la extensión del BOOM que anteriormente se utilizaba para conectar mediante los pernos, haciéndolo más similar a la simulación.	9
14.	Contextualización de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimetricas	10

## Índice de Tablas

2.	Patrón de radiación . . . . .	6
3.	Materiales utilizados en la construcción de la antena LPDA . . . . .	7

# 1. Introducción

El Laboratorio de Ondas Milimétricas (MWL) de la Universidad de Chile, es un centro dedicado al diseño y construcción, diseño y diferentes elementos para aplicaciones en radioastronomía, y otras áreas de la ingeniería según sea el proyecto que adquieran. Este laboratorio se destaca por su enfoque en la investigación tecnológica avanzada y colabora en proyectos internacionales de gran relevancia, particularmente en el campo de la observación astronómica y microondas. El MWL está compuesto por un equipo multidisciplinario de astrónomos, ingenieros y estudiantes(3), quienes combinan sus conocimientos para llevar a cabo estudios de frecuencias que abarcan desde el espectro decamétrico hasta el submilimétrico.

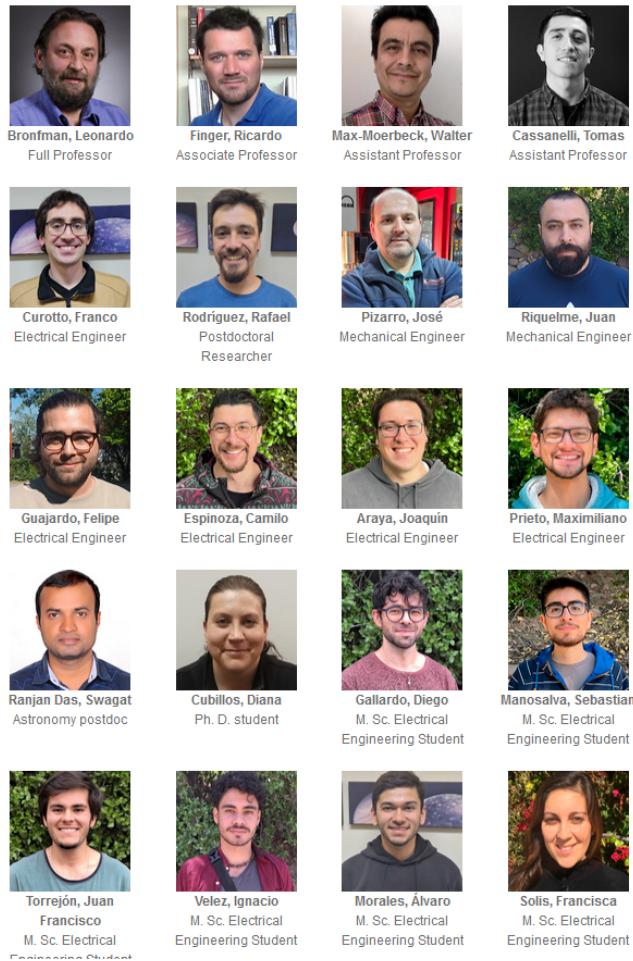


Figura 1: Ingenieros y estudiantes que son parte del laboratorio de ondas milimétricas.

Se realizó trabajos asociados al Proyecto CHART, cuyo principal objetivo es diseñar y optimizar un arreglo de antenas capaz de detectar aproximadamente 100 ráfagas rápidas de

radio (FRBs) al año, dentro de un rango de frecuencias de 300 a 500 MHz, con un campo de visión de 90 grados. Este proyecto involucra tanto el desarrollo de prototipos de diversos componentes de Microondas, como el uso intensivo de simulaciones avanzadas (Por ejemplo los utilizados para simular pulsos de FRBS), optimización de parámetros y la integración de diversos elementos tecnológicos.

El trabajo a realizar consistió en el diseño de una antena Log-Periodic Dipole Array (LPDA), una antena ampliamente utilizada en radioastronomía y telecomunicaciones, conocida por su capacidad de operar en un amplio rango de frecuencias. La optimización de esta antena se enfocó en maximizar su ganancia y mejorar la adaptabilidad de su patrón de radiación, considerando diferentes factores clave.

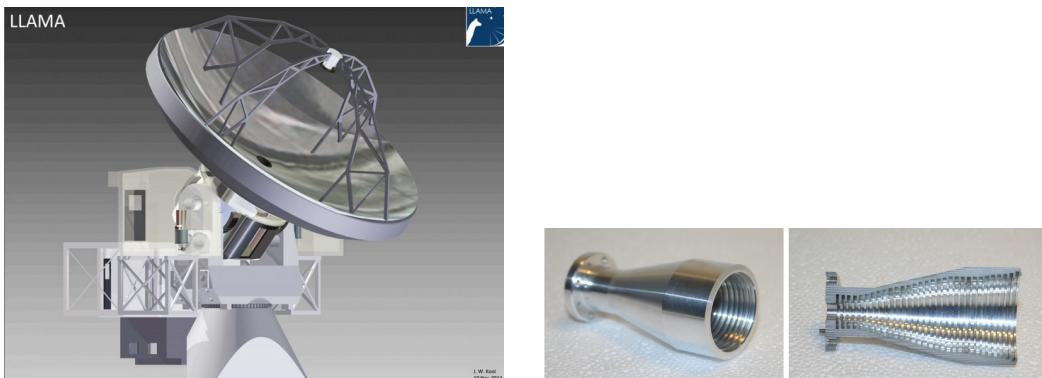
La elección de esta práctica responde a mis intereses en el área de la instrumentación astronómica electrónica, campos que requieren un dominio avanzado del diseño y optimización de sistemas de antenas como de simular, además del permitirme acercarme de mejor manera a las investigaciones y proyectos nuevos. Esta experiencia me permitió colaborar de manera efectiva con otros profesionales, fortaleciendo sus capacidades de trabajo en equipo y el aprender a incorporar diferentes partes de un proyecto en un todo coherente.

## 2. Descripción general de la empresa u organización

El Laboratorio de Ondas Milimétricas (MWL), perteneciente al Departamento de Astronomía y al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Chile, se enfoca en el desarrollo tecnológico avanzado dentro del campo de la radioastronomía como se presentó previamente. Desde su fundación, ha logrado consolidarse como un centro clave en la investigación científica y en la fabricación de equipos. El MWL está dentro del sector de investigación y desarrollo científico-tecnológico, particularmente en las áreas de radioastronomía y telecomunicaciones. Su trabajo abarca desde el diseño de receptores de ondas milimétricas hasta la optimización de antenas para la observación astronómica, colaborando con instituciones internacionales como por ejemplo con ALMA y el Centro de Excelencia en Astrofísica y Tecnologías Afines (CATA).

La misión principal del laboratorio es diseñar, fabricar y optimizar receptores de ondas milimétricas, entre otros aspectos, además del análisis y estudio de datos astronómicos, esto con el fin de contribuir al avance de la ciencia y la tecnología en el ámbito astronómico.

El MWL cuenta con un equipo multidisciplinario que incluye astrónomos, ingenieros, técnicos y estudiantes de pregrado y postgrado. Está dirigido por el profesor Ricardo Finger y



(a) Visualización Conceptual del proyecto LLAMA, el cual corresponde a un radiotelescopio de 12 metros de diámetro.  
 (b) Horn utilizado para la banda 1 de ALMA, que opera entre 35 y 50 GHz.

Figura 2: Contextualización de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimétricas

Tomas Cassanelli, quienes son encargados de variados proyectos.

### 3. Descripción del trabajo realizado

Como se menciono inicialmente, se realizaorn trabajos en el marco del Proyecto CHART, el cual busca diseñar y optimizar un arreglo de antenas capaz de detectar ráfagas rápidas de radio (FRBs) en un rango de frecuencias de 300 a 500 MHz. En este contexto, se me fue asignada la tarea de diseñar y optimizar una antena Log-Periodic Dipole Array (LPDA).

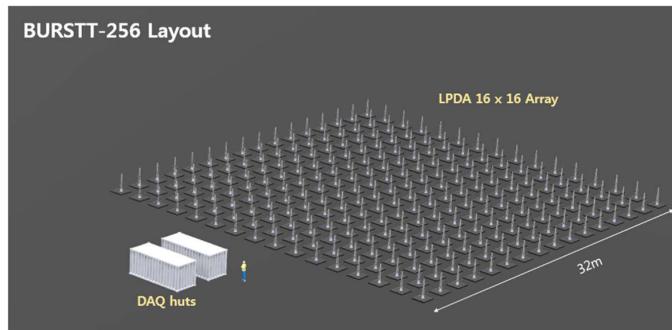


Figura 3: Esquema conceptual del Array de antenas a implementar para el proyecto CHART, donde se tendran un arreglo de 16x16, dando un total de 256 antenas.

Esquema general de LPDA Para el diseño e implementacion de la antena, se toma en consideracion el siguiente esquema general (??), , donde se observan los parametros mas importantes a considera

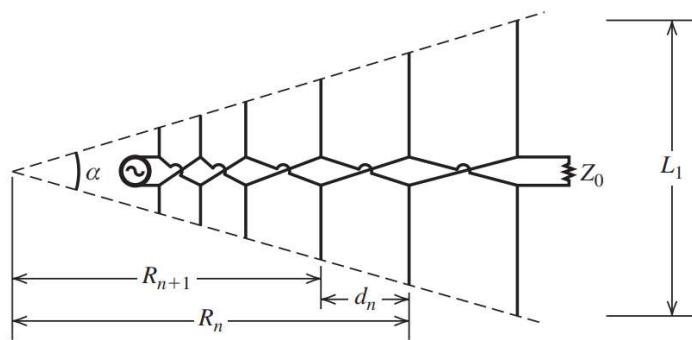


Figura 4: Descripción general de una antena LPDA, considerando parámetros clave como las distancias relativas entre los elementos  $d_n$ , el ángulo  $\alpha$  que indica la apertura y distribución de los dipolos, la alimentación de la antena visible al principio y, finalmente, las longitudes  $L_n$ . (Stutzman & Thiele 1997)

Dos parámetros críticos,  $\tau$  y  $\sigma$ , serán tomados en cuenta, donde el primero está asociado con la relación entre los diferentes elementos de la antena, y el segundo corresponde al espaciamiento relativo. La selección de ambos parámetros es arbitraria, con el objetivo de optimizar una ganancia máxima.

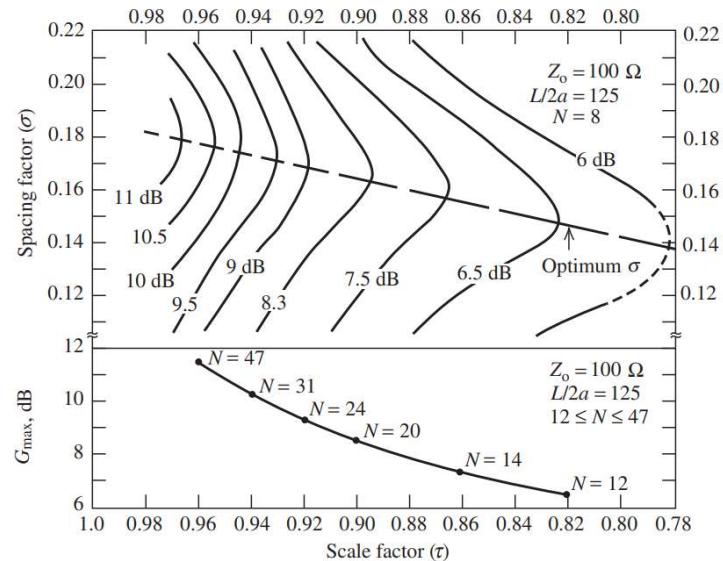


Figura 5: Espacio relativo  $\sigma$  en función del parámetro  $\tau$  para una LPDA, es importante destacar ademas, que el grafico inferior corresponde a el crecimiento exponencial en el numero de elementos que se deben adicionar en caso de buscar mas ganancia y por tanto una mayor directividad

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} & \cot(\alpha) &= \frac{4\sigma}{1-\tau} \\ l_1 &= \frac{\lambda_1}{2} & B &= \frac{f_n}{f_1} \\ B_{ar} &= 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot(\alpha) & N &= 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln\left(\frac{1}{\tau}\right)}\end{aligned}$$

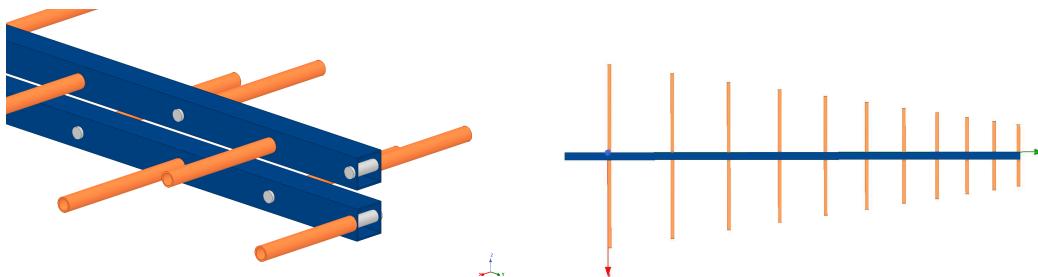
Figura 6: Algunas de las ecuaciones importantes que permiten obtener la cantidad de elementos necesarios para una LPDA, ademas de otras características como la relacion entre elemento y elemento.

Posteriormente mediante el software *HFSS* (el cual corresponde a un simulador electromagnético basado en el método de elementos finitos), se procedió a parametrizar y optimizar las diferentes variables que caracterizan a la antena, dando como los mejores valores los vistos a continuacion:

Elements for the LPDA antenna					
Frequency Range	300 – 500MHz	Dipole lengths and distances			
Input Impedance	50[Ω]	L1	243 mm	$D_{1 \rightarrow 2}$	174 mm
Square side of BOOM	20 mm	L2	218 mm	$D_{2 \rightarrow 3}$	156 mm
Elements diameter	9.525 mm	L3	194 mm	$D_{3 \rightarrow 4}$	141 mm
BOOM and dipoles material	Aluminum	L4	173 mm	$D_{4 \rightarrow 5}$	127 mm
Gap material	Wood	L5	155 mm	$D_{5 \rightarrow 6}$	114 mm
Aluminum bolts	-1.25 x 40 mm	L6	138 mm	$D_{6 \rightarrow 7}$	103 mm
BOOM gap	11.5 mm	L7	122 mm	$D_{7 \rightarrow 8}$	92 mm
BOOM length	1266 mm	L8	109 mm	$D_{8 \rightarrow 9}$	83 mm
BOOM back	124 mm	L9	96 mm	$D_{9 \rightarrow 10}$	75 mm
$\tau$	0.9	L10	85 mm	$D_{10 \rightarrow 11}$	67 mm
$\sigma$	0.168 (Optimal)	L11	75 mm	-	-
N	11				

(a) Valores seleccionados para la fabricacion de la antena (b) Largos de los dipolos como distancia entre ellos

Se tuvo en consideracion todo lo anterior, ademas variados detalles que permiten acercarse de mejor manera a la realidad en cuanto a distribucion de corrientes sea por ejemplo la adicion de tornillos que sujetaran a los dipolos y el hecho de que los elementos son huecos. Una vez considerado todo lo anterior se tiene que el *E – Plane* y el *H – Plane* viene dado por lo siguiente (Se realiza para un rango de frecuencias desde 300 – 500 Mhz, el cual es el rango de interes para el proyecto CHART):



(a) Vista frontal de la LPDA, que permite observar las consideraciones tomadas para la simulacion, como las varillas de aluminio y el BOOM hueco, asi como la consideracion de los tornillos, que son relevantes en terminos de adaptacion.

(b) Horn utilizado para la banda 1 de ALMA, que opera entre 35 y 50 GHz.

Figura 7: Contextualizacion de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimetricas

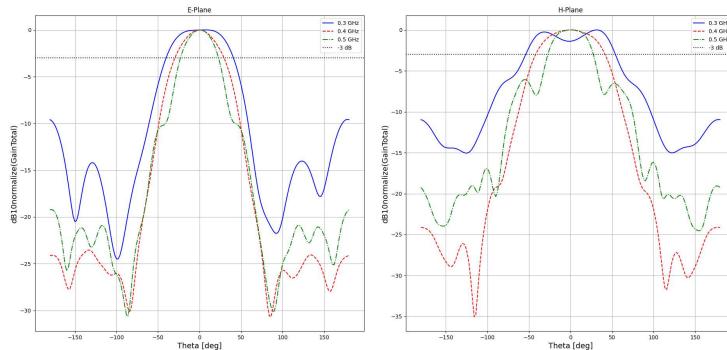


Figura 8: Ganancia normalizada en funcion del angulo (grados). Esto se realiza para los planos E y H, permitiendo el analisis del campo de vision (FOV) asi como la distribucion espacial del patron de radiacion, para frecuencias de 300 MHz, 400 MHz y 500 MHz, cubriendo el ancho de banda de interes.

Se resume los valores obtenidos en cuanto a el HPBW (Half Power Beam Width), asi como los valores de los materiales utilizados para la fabricacion de la antena.

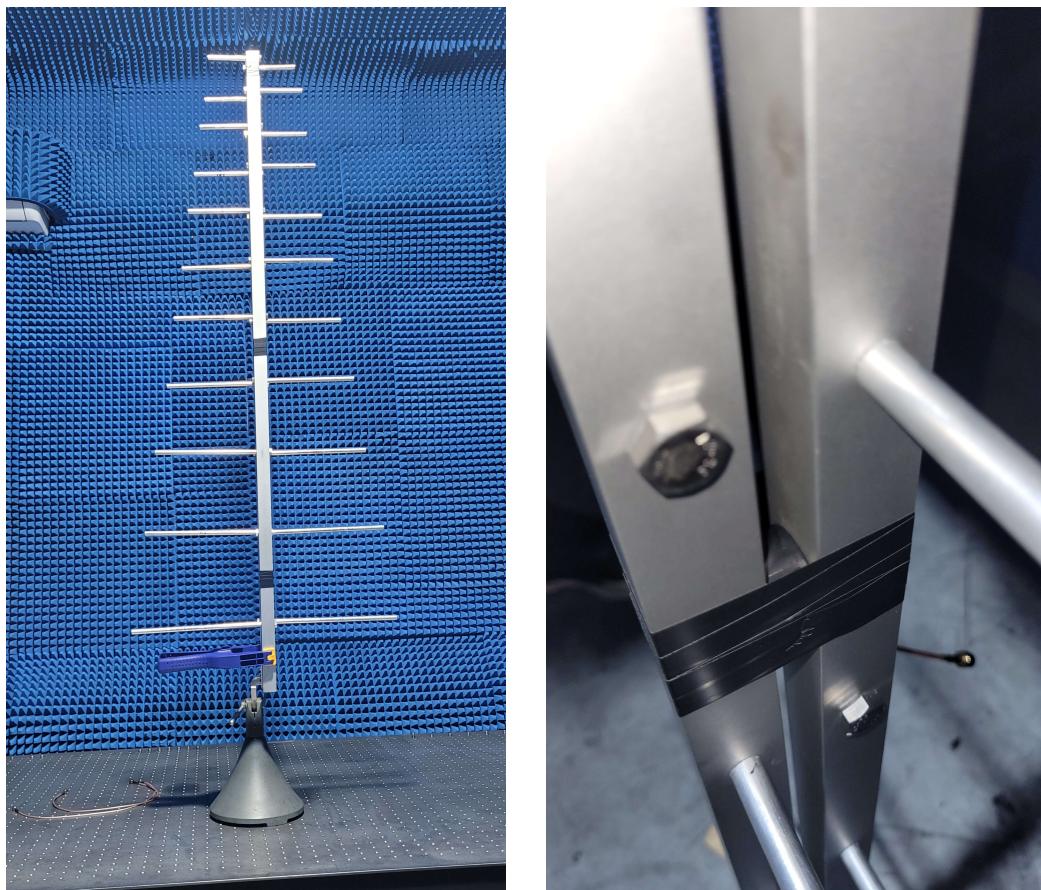
Tabla 2: Patrón de radiación

	300MHz	400MHz	500MHz
Plano E	81.1°	60°	46°
Plano H	111.04°	83°	55°

Tabla 3: Materiales utilizados en la construcción de la antena LPDA

Material	Descripción	Costo (USD)
Perfiles de aluminio	Dos perfiles (25mm x 25mm), longitud total 1.3m	20.34
Barras de aluminio	Seis barras (diámetro de 3/8 pulgadas), longitud total 6m	15.32
Pernos	50 pernos P.HEX.DIN 933 (H-T) INOX.A2 M8-1.25 x 40	11.93

Por lo tanto, se obtuvo un valor aproximado de \$47.59 USD, lo que permite la producción de aproximadamente 2 prototipos (considerando solo elementos esenciales y excluyendo herramientas ya disponibles en el taller donde fue fabricado). Posteriormente se tiene el primer prototipo el cual se visualiza en lo siguiente: Posteriormente se realizaron mediciones para



(a) Vista frontal de la LPDA, que permite observar las consideraciones tomadas para la simulacion, como las varillas de aluminio y el BOOM hueco, asi como la consideracion de los tornillos, que son relevantes en terminos de adaptacion.

(b) Horn utilizado para la banda 1 de ALMA, que opera entre 35 y 50 GHz.

Figura 9: Contextualizacion de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimetricas

ver su desempeño en cuanto a las reflexiones o equivalentemente su parámetro  $S_{11}$  dando como resultado lo siguiente:

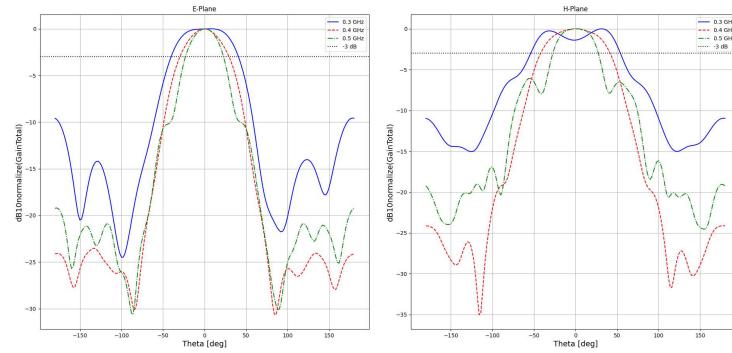


Figura 10: Comparación entre el parámetro  $S_{11}$  simulado (rojo) y el parámetro  $S_{11}$  obtenido del VNA (azul). Se obtienen resultados deficientes para las mediciones, pero esto se debe a la conexión, lo cual se resolverá en futuras iteraciones.

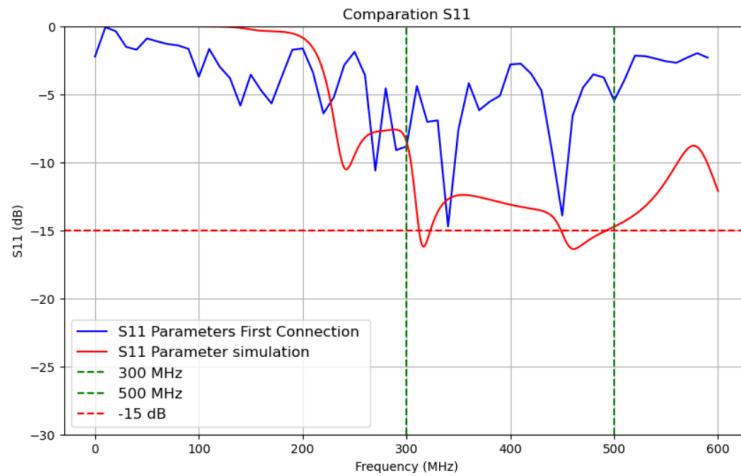


Figura 11: Se realizó un cambio en la conexión, implementándose mediante un perno en cada cara interna del BOOM, lo que permitió que se asemejara más a la simulación

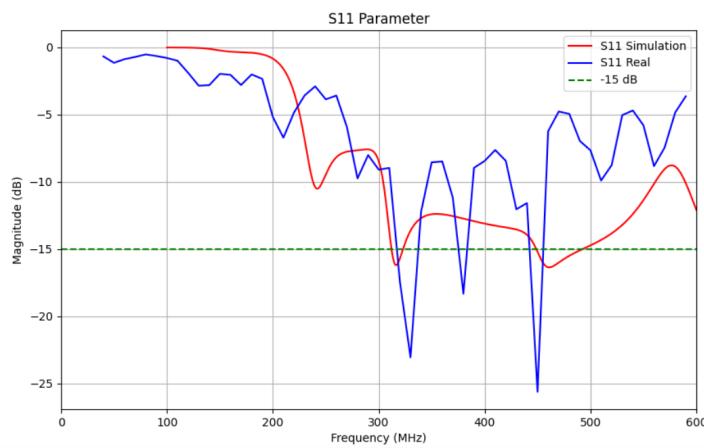


Figura 12: Se mantuvo la conexión anterior, pero se cambió el valor del GAP a 7.5 mm, siendo este el valor óptimo. Como se mencionó anteriormente, este parámetro mejora significativamente la adaptación de la antena.

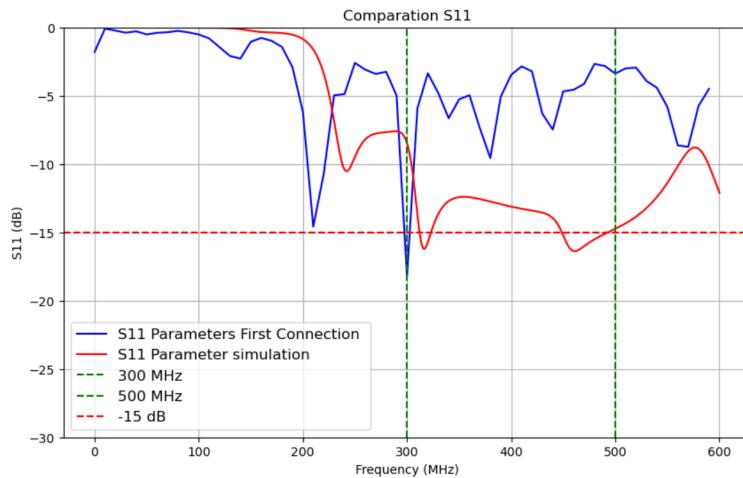
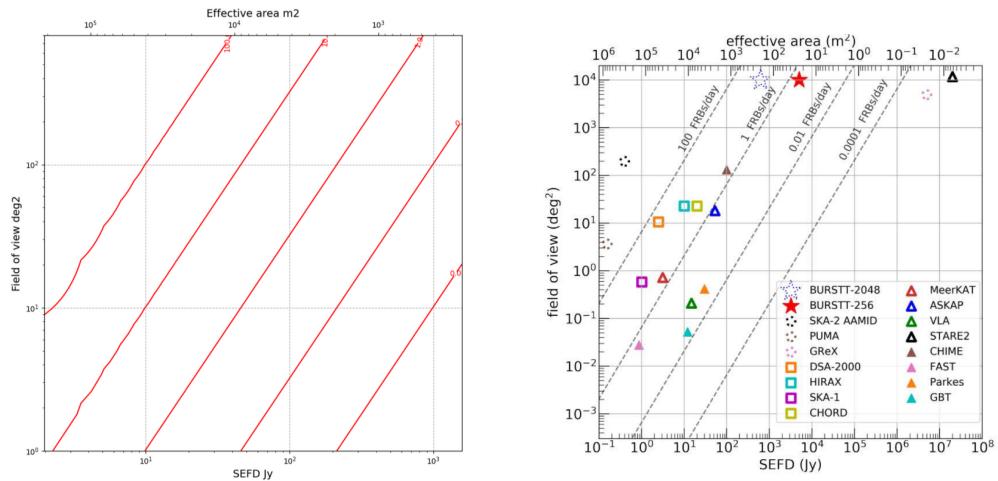


Figura 13: La conexión se mejoró implementando una línea Microstrip, lo que permitió una distribución de corriente más uniforme a lo largo de las caras internas del BOOM. Además, se eliminó la extensión del BOOM que anteriormente se utilizaba para conectar mediante los pernos, haciéndolo más similar a la simulación.

Finalmente se observó una buena respuesta con la tercera configuración de la antena. Se realiza una comparación con los resultados obtenidos en BURSTT, que muestran prometedores resultados para el modelo. Sin embargo, es esencial considerar que el orden de magnitud aún está en desarrollo, ya que planeamos incorporar el parámetro de Medida de Dispersión (DM).



(a) Vista frontal de la LPDA, que permite observar las consideraciones tomadas para la simulacion, como las varillas de aluminio y el BOOM hueco, asi como la consideracion de los tornillos, que son relevantes en terminos de adaptacion.

(b) Horn utilizado para la banda 1 de ALMA, que opera entre 35 y 50 GHz.

Figura 14: Contextualizacion de alumnos proyectos de ejemplos llevado a cabo por el laboratorio de ondas milimetricas