

Universidad ECCI

Diseño y análisis de antena dipolo Blade para
radioastronomía

Jose Alejandro Sotelo Manrique

TESIS PROYECTO DE GRADO

Proyecto de grado

Bogota, Colombia

[Marzo, 2022]

, 2022

ABSTRACT

En este documento se presenta los diseños, simulaciones y resultados de una antena dipolo Blade los cuales permiten observar el comportamiento de una antena dipolo Blade sometida al rango de frecuencia para la señal de hidrogeno, la cual tiene una banda entre 40 a 120 MHz. En la etapa inicial, se realizó una búsqueda de datos y referencias que permitan adoptar diseños que se adapten y funcionen para la detección de la señal de hidrogeno para hallar de los cuerpos celestes más antiguos del cosmos. Para la fase de simulación, se usó el software de diseño HFSS, el cual permite evaluar los distintos comportamientos del elemento o estructura diseñada, en este caso se realiza un análisis basado en los parámetros S11, Z11 y ganancia los cuales permiten verificar el comportamiento del elemento sometido a las condiciones terrestres, como lo son el aire, el material empleado y las interferencias por radiofrecuencia locales. Los resultados de la simulación son similares a los de la medición, esta etapa es una de las más importantes, porque con ella avala el estudio realizado y se acerca a la propuesta más adecuada para que la antena sea un componente optimo y funcional en el radiotelescopio.

Key Words: Antena, Radiotelescopio, Simulación, Caracterización
parámetro S11.

Contents

1	Introducción	1
2	Objetivos del proyecto	5
3	Diseño de la antena dipolo Blade	6
3.0.1	Modelo inicial y cálculos para antena dipolo Blade	7
3.0.2	Optimización y mejoras de la estructura de la antena .	10
3.0.3	Antena dipolo Blade escalada y mecanizada	17
4	Resultados obtenidos de antena dipolo Blade	24
5	Conclusiones	28

List of Figures

3.1	Diseño inicial vista superior antena dipolo Blade.	7
3.2	Diseño inicial vista frontal antena dipolo Blade.	8
3.3	Antena inicial en software HFSS	10
3.4	Parametro S11 de antena variando plano a tierra	12
3.5	Parametro S11 de antena variando el Gap o separación de las placas	14
3.6	Parámetro S11 de la antena simulado en HFSS	17
3.7	Parámetro Z11 diseño antena dipolo Blade	18
3.8	Patrón de radiación 2D diseño antena dipolo Blade	19
3.9	Patrón de radiación 3D diseño antena dipolo Blade	20
3.10	Modelo de la estructura diseñado en HFSS	22
3.11	Implementación de la estructura	22

<i>LIST OF FIGURES</i>	iv
3.12 Medición antena dipolo Blade	23
4.1 Comparación entre simulación vs medición	25

List of Tables

3.1	Diseño inicial de antena dipolo Blade	11
3.2	Variación del plano a tierra	13
3.3	Variación del Gap o separación de las placas	15
3.4	Antena resultante en software HFSS	16
3.5	Tabla de dimensiones 1 a 10.9	21
4.1	Datos obtenidos entre simulación vs medición	27

Chapter 1

Introducción

La historia habitual del universo habla de un principio, un desarrollo y un final. Las teorías modernas llaman a este comienzo Big Bang, que sucedió hace 13.800 millones de años, en esta época el universo era una concentración densa llena de energía y muy caliente, posterior a este acontecimiento, vino la expansión exponencial del universo en una microfracción de segundo, a este proceso se le conoce como “inflación cósmica”, cuando este proceso finalizó el universo siguió en una expansión constante y así mismo su temperatura iba disminuyendo, en los primeros 380.000 años el universo temprano solía ser tan denso que ni la luz podía desplazarse a través de él; posterior a este periodo y constante expansión, con las partículas dispersas se produce la formación de los primeros cuerpos celestes[1]. El hidrógeno al ser el material más abundante en el universo produce una señal de 1.4 GHz cuando las partículas están sometidas a una gran concentración de energía, la cual es equivalente a la formación de cuerpos celestes en el espacio, esta señal con el pasar del tiempo tiende a

cambiar su frecuencia y con ello se estima que la señal de los astros más antiguos del cosmos esté por el orden de los 40 a 120MHz.

El objetivo es poder captar la señal producida a través del espacio de los cuerpos celestes más antiguos del universo posterior a la inflación cósmica, en la investigación presentada en [2] se muestra el desarrollo y despliegue de tecnologías y técnicas en la formación de estructuras en el Universo temprano, incluyendo las primeras estrellas, galaxias y agujeros negros. Su investigación actual se centra en el desarrollo y despliegue de tecnologías y técnicas para implementar sondas de observación de la línea de 21 cm de gas de hidrógeno neutro desplazado al rojo durante la época de reionización. La absorción de fotones de fondo de microondas cósmicos por hidrógeno neutro a través de la línea de 21 cm permite la detección de la emisión UV de los primeros objetos luminosos que se formaron después del Big Bang. La característica espectral predicha, una inmersión en el brillo de todo el cielo, nos alcanza a una frecuencia desplazada al rojo en la banda de VHF. La amplitud prevista es de unos 100 mK a 75 MHz, y se espera que el ancho de inmersión sea de 20 a 100 MHz. Para que un experimento sea capaz de diferenciar esta señal de la temperatura de brillo sincrotrón galáctico aproximadamente a 5000K.

La antena necesita cubrir al menos una octava del espectro con pequeñas y suaves variaciones de impedancia a un lado y un patrón de radiación sin lóbulos y sin rasgos distintivos que se puede calibrar con precisión. Con la necesidad de encontrar una antena que cumpla con las características antes descritas se propone estudiar la geometría propuesta por [3]EDGES. Para abordar la construcción y el diseño de la antena, el instrumento estará situado en algún punto fijo de la tierra, en el cual no tenga problemas de

interferencia de radiofrecuencia por emisores locales y el movimiento de rotación y traslación que realiza permanentemente el planeta es el que estaría realizando el barrido a través del cielo para la búsqueda de la señal de hidrogeno; existen limitaciones, como tratar de apuntar la antena a los cuerpos celestes más antiguos o calcular la histéresis y el movimiento de la tierra para saber exactamente en qué lugar o punto se obtiene la señal más limpia y sin interferencias. La propuesta en este proyecto es desarrollar una antena dipolo Blade que permita obtener un resultado adecuado para que la adaptabilidad del diseño se adapte a el rango de frecuencia de 40 a 120 MHz, con esta implementación se busca la solución del problema para el diseño de una antena dipolo Blade teniendo en cuenta los rangos de frecuencia, las restricciones y limitaciones que puedan afectar la detección de la señal, como lo son las dimensiones, la separación o el gap de los dipolos, la distancia de la antena respecto al plano a tierra, los materiales de construcción tanto para los dipolos como para la base y conectores que componen el dispositivo.

Después de lograr un diseño adecuado en el software de simulación, se realiza una réplica de la estructura en un factor de 1 a 10.9, con el fin de hacer una reducción del instrumento diseñado y obtener las mediciones de la antena, esta fase es de gran importancia, ya que hay limitaciones con la construcción de la antena a escala real ya sea por el costo de los materiales, la fabricación, la manipulación y transporte de la antena; con la reducción de la estructura es posible realizar una implementación versátil que permita tomar medidas y hacer ajustes, con esto se puede extrapolar la frecuencia y trabajar en un rango más alto para hacer los análisis de los resultados en la frecuencia de interés y realizar las similitudes con los datos simulados.

Se observó un comportamiento adecuado de la antena basado en la similitud de las gráficas del parámetro S_{11} , se evidenció que los datos obtenidos en la medición son acordes con los datos simulados, la antena medida sigue la gráfica del diseño en el software HFSS con algunas perturbaciones, pero con las características esperadas en los rangos de frecuencias y adaptabilidad simulados, estas variaciones son atribuidas al material y a la incorporación del puerto para energizar las placas de la antena, pero los resultados obtenidos son adecuados y avalan el estudio para que la geometría dipolo Blade sea un instrumento funcional para el radiotelescopio.

Chapter 2

Objetivos del proyecto

Diseñar e implementar una antena dipolo Blade para aplicaciones en radioastronomía sobre la banda de frecuencia de 40 a 120 MHz

Diseñar un modelo de la antena Blade dipolo para la banda de frecuencia deseada, teniendo como referencia el estudio del estado del arte.

Simular el desempeño de la antena dipolo Blade usando el software HFSS, obteniendo la respuesta de los parámetros S11, Z11 y patrones de radiación.

Implementar la antena y hacer una caracterización de su respuesta en frecuencia usando el Analizador de Redes (VNA) de la universidad ECCI.

Chapter 3

Diseño de la antena dipolo

Blade

En esta etapa se construye un diseño básico en el software de simulación HFSS, con esta herramienta es posible conocer las características que puede llegar a tener la antena como ganancia, Perdidas por retorno, Impedancia y llegar a las dimensiones precisas para la configuración más adecuada a los distintos parámetros propuestos, para lograr la detección de la señal de hidrogeno mediante la geometría de la antena dipolo Blade, básicamente es mejorar la configuración de algunos parámetros del dispositivo para someter a la antena a la señal de interés y ver el comportamiento para el análisis de la antena con esta estructura.

En el software se implementó una antena con dos dipolos rectangulares, un plano a tierra de 5m, se realizó la estructura con una frecuencia de trabajo de 105MHz, por lo cual el largo de cada dipolo es de 69.3cm, la separación de los dipolos es de 2.04cm y la distancia de las placas al plano a tierra es

de 75cm, con estas configuraciones iniciales se puede obtener el comportamiento del parámetro S11, Z11, ganancia total y directividad de la antena (Figura 3.1.) y (Figura 3.2.)

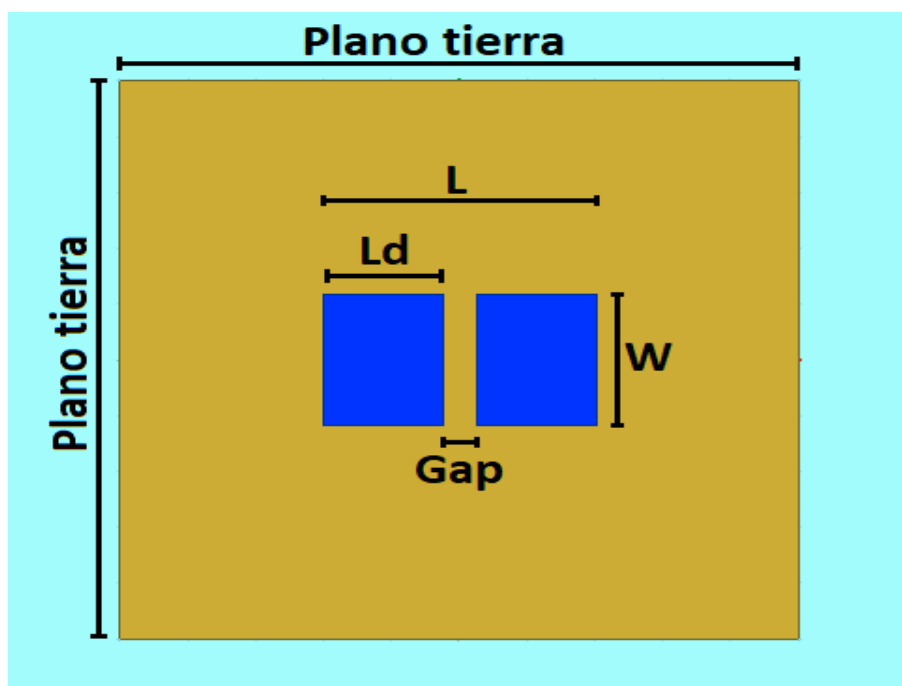


Figure 3.1: Diseño inicial vista superior antena dipolo Blade.

3.0.1 Modelo inicial y cálculos para antena dipolo Blade

Para el desarrollo y simulación nos centramos en el software HFSS, el cual nos permite realizar parametrizaciones del sistema y las ecuaciones usadas para la construcción y variación de cualquier parámetro en específico, para los diseños iniciales nos basamos en el desarrollo de la antena bajo los parámetros de la longitud de onda el cual es:

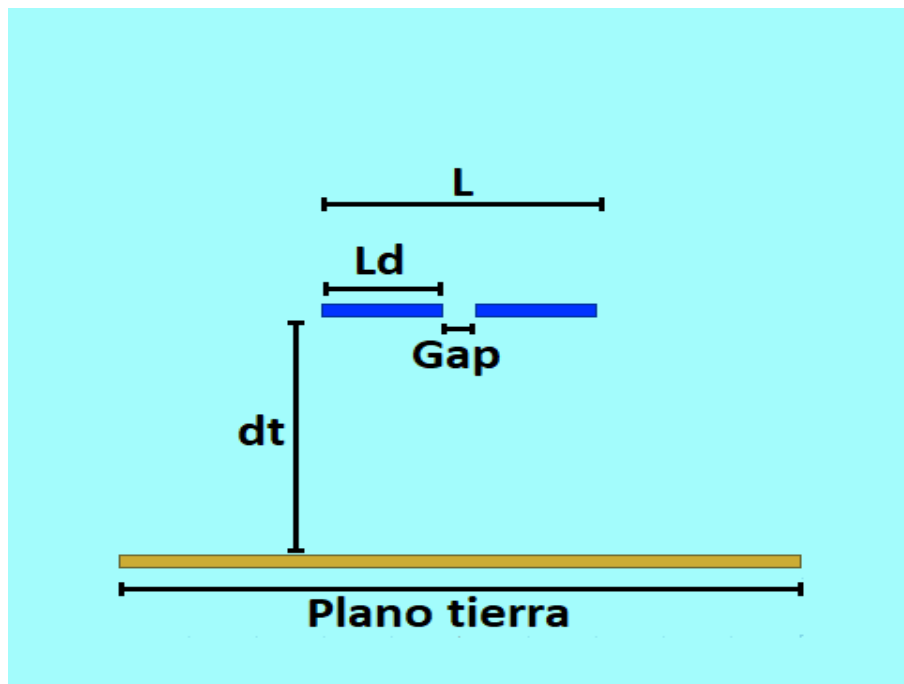


Figure 3.2: Diseño inicial vista frontal antena dipolo Blade.

$$\lambda = c/f \quad (3.1)$$

con el resultado inicial de esta operación desarrollamos la construcción inicial de la antena y de allí partimos para encontrar las dimensiones de cada uno de los parámetros y distancias que componen la figura en el aplicativo, para la longitud de las placas incluyendo el gap o la separación trabajamos con (l) largo de la antena que equivale a:

$$l = \lambda/2 \quad (3.2)$$

en cuanto el ancho de las placas, la ecuación y el diseño dice que no puede

ser mayor al 80 por ciento del largo de la antena, por lo tanto, la ecuación resultante es ancho del dipolo:

$$(0.826)(l) = W \quad (3.3)$$

Para el gap o la distancia de separación de los dipolos se realizó una disminución en el factor de separación a causa de las limitaciones físicas para incorporar el puerto a la antena, los cálculos del diseño nos dan como resultado:

$$Gap = l/70 \quad (3.4)$$

para el largo de cada uno de los dipolos y la separación de la antena al plano a tierra, los cálculos y la ecuación para el diseño es de largo del dipolo que equivale a:

$$ld = \lambda/4 - Gap \quad (3.5)$$

para la separación o distancia de la antena al plano a tierra se tomo el calculo base y se aproximo a una distancia que corresponde a lambda/4 la cual es equivalente a:

$$dt = \lambda/4 \quad (3.6)$$

Con estos valores se logra hacer una construcción detallada en el software y permite dar inicio a la geometría base para el estudio y comprensión de la antena en el software HFSS, para abordar el sistema de interés, se toma una frecuencia inicial de 105MHz con un plano a tierra de 5m, una caja de aire que simule las condiciones a las cuales el instrumento está expuesto y se tomó el grosor del sustrato como 2mm, como se aprecia en la (Figura 3.3.), encontramos la estructura diseñada en el software a partir de los anteriores cálculos, adicional se detalla las dimensiones del dispositivo en la (Tabla 3.1), detallando los parámetros para la construcción de la antena.

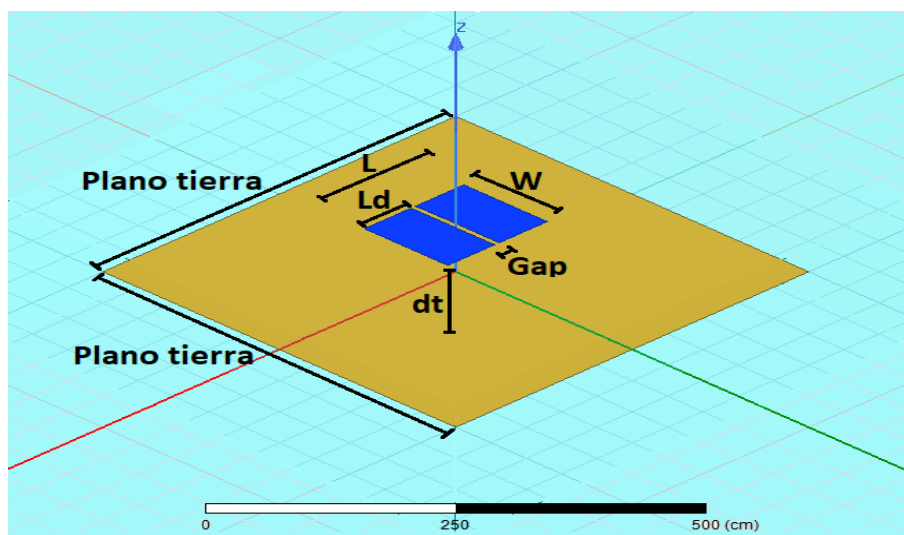


Figure 3.3: Antena inicial en software HFSS

3.0.2 Optimización y mejoras de la estructura de la antena

La adaptabilidad de la antena es una variable de suma importancia, para llegar a un diseño adecuado de la antena, se realizaron estudios como del

Table 3.1: Diseño inicial de antena dipolo Blade

Nombre	Descripción	Dimensión
Co	velocidad luz	3000000000m/s
Fo	Frecuencia	105MHz
Lambda	Co/Fo	2.85m
L	Lambda/2	1.42m
W	0.826*1	1.18m
Gap	1/70	2.04cm
G	Grosor sustrato	2mm
Ld	Lambda/4-Gap	69.38cm
dt	Lambda/4	75cm
Pt	Plano tierra	5m
Caw	caja de aire ancho	6.42m
Caa	caja de aire alto	2.17m

plano a tierra y separación o gap de las placas para buscar una mejor adaptabilidad, esto se realizó con el fin de visualizar la señal de hidrogeno por debajo de los -10dB ya que por encima de este valor las lecturas o resultados no son concluyentes, en esta parte del desarrollo se usó la herramienta de HFSS Optimetrics, la cual nos permite variar alguna de las dimensiones de la estructura diseñada en el software y obtener el comportamiento de la antena mientras se aumenta la dimensión del plano a tierra o la separación de las placas, lo ideal es que el plano a tierra sea infinito para llegar a la adaptabilidad más adecuada, pero las limitantes las encontramos en la realidad porque no es posible construir un plano a tierra tan extenso, así que se tomó valores que permitiera realizar una posible

implementación y se realizó la simulación comenzando desde los 5m con pasos de un metro hasta llegar al plano a tierra de 12m, como se aprecia en la (Figura 3.4.)

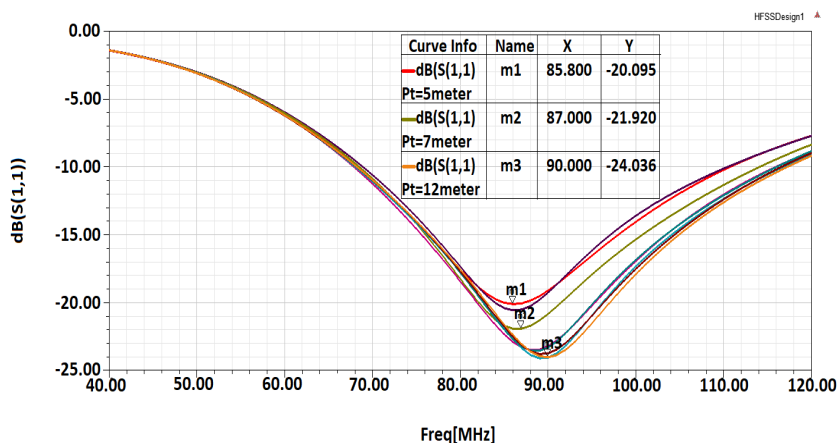


Figure 3.4: Parametro S11 de antena variando plano a tierra

Se puede ver los cambios de adaptabilidad mientras se incrementa el plano a tierra, para un plano tierra de 5m la señal se sitúa -20.116dB, como se menciona anteriormente para el estudio de este tipo de antenas el ancho de banda admisible o de interés se encuentra a partir de los -10dB por lo que se evidencia que el ancho de banda se mantiene pero la adaptabilidad mejora en cuanto se aumenta el plano a tierra, en la gráfica se ve que la adaptabilidad de la estructura con un plano tierra de 12m se encuentra en -24.102dB como se muestra en la (Tabla 3.2)

Para buscar mejoras en la estructura propuesta, el planteamiento también está enfocado a realizar una variación de la distancia que separan los dipolos, en síntesis, es ir aumentando la separación que divide la antena del punto central a donde estaría energizadas las placas o en donde iría el

Table 3.2: Variación del plano a tierra

Plano a tierra	Adaptabilidad dB
5m	-20.116
6m	-20.573
7m	-21.920
8m	-23.499
9m	-23.550
10m	-23.773
11m	-24.036
12m	-24.102

puerto de conexión, el gap tiene una influencia importante en el diseño y construcción de la antena, para este caso se dio inicio al estudio con una separación de 2cm hasta llegar a 6cm de separación de las placas, con la separación o gap de 2cm se obtuvo una adaptabilidad de la estructura diseñada de -17.59dB pero al aumentar la distancia de las placas, se encontró que llegaba a una separación optima y posteriormente la adaptabilidad de la antena se veía seriamente afectada ya que al estar tan separadas perdía las mejoras a las que se había llegado, como se muestra en la (Figura 3.5.)

En este caso como se mencionaba anteriormente, tenemos una adaptabilidad del diseño con una separación de 2cm de -17.591dB, al hacer un incremento de la distancia de separación de las placas de 5mm comenzando en 2cm hasta llegar a 6cm, se visualiza el cambio y mejora de adaptabilidad en la mitad de la escala para posteriormente ir viendo la

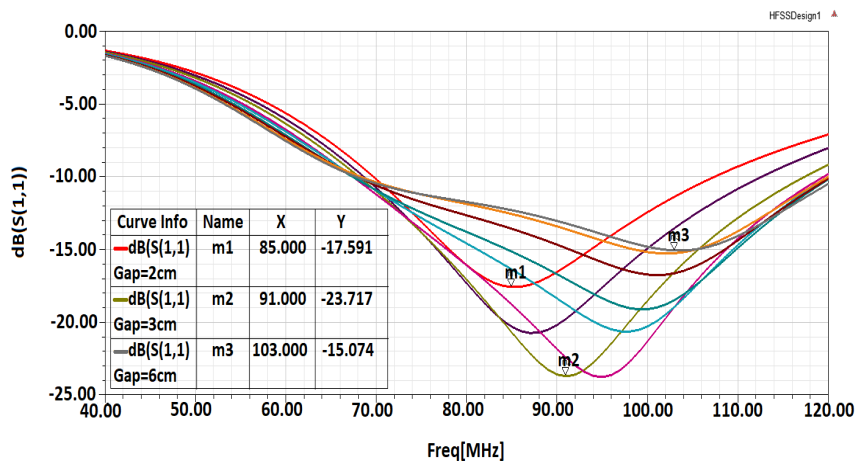


Figure 3.5: Parametro S11 de antena variando el Gap o separación de las placas

perdida de adaptabilidad del diseño, para la separación de 3cm se obtuvo una adaptabilidad de -23.727dB y a partir de esta medida en adelante se empieza a obtener pérdidas en la adaptabilidad del diseño, con 6cm se obtiene -15.074dB y con esto se encontró la relación y mejoras para los siguientes diseños como se muestra en (Tabla 3.3).

Con base a los estudios de la variación del plano a tierra y del gap se opta por realizar la construcción del diseño con una separación de 3cm, un plano a tierra de 12m cuadrados, el ancho de la antena se tomó como 1.18m, el largo de los dipolos son 68.42cm y la separación de la antena al plano a tierra es de 75cm, el grosor del sustrato se toma como 3mm, al incrementar el plano a tierra es necesario aumentar la caja de aire, la cual tiene que estar a una distancia equidistante tanto del plano a tierra como de la antena en ambas partes la cual es equivalente aproximadamente a lambda cuartos, a partir de estas medidas se realizó los ajustes necesarios y se

Table 3.3: Variación del Gap o separación de las placas

Gap	Adaptabilidad dB
2cm	-17.591
2.5cm	-20.747
3cm	-23.727
3.5cm	-23.721
4cm	-20.649
4.5cm	-19.112
5cm	-16.767
5.5cm	-15.285
6cm	-15.074

aplica las mejoras de la estructura diseñada en el software HFSS como se muestra en la (Tabla 3.4.).

Con estas modificaciones es posible observar no solo el comportamiento del parámetro S11, sino también el de la impedancia o parámetro Z11, así mismo se obtuvo el parámetro de la ganancia total de la antena y parámetros de radiación en dos dimensiones, como se evidencia en la (Figura 3.6.) del parámetro S11 de la simulación del modelo con las variables obtenidas, se ve que la adaptabilidad de la antena llega a -23.16dB, con un ancho de banda comprendido en 68 a 116MHz.

Con los ajustes en el diseño y la estructura, se obtiene la gráfica Z11 en la cual muestra los componentes en impedancia para la antena, en la (Figura 3.7.) tenemos los componentes reales e imaginarios que componen la impedancia del diseño

Table 3.4: Antena resultante en software HFSS

Nombre	Dimensión
Co	300000000m/s
Fo	105MHz
Lambda	2.85m
L	1.42m
W	1.18m
Gap	3cm
G	3mm
Ld	68.42cm
dt	75cm
Pt	12m
Caw	13.428m
Caa	2.182m

Con este diseño también se logró obtener el patrón de radiación en dos dimensiones, para este tipo de antenas lo que se busca es que el Bin o el foco de captación de la antena este apuntando al cielo, esto se hace con el objetivo de que el dispositivo capte la señal de hidrogeno proveniente del espacio exterior, como se ve en la (Figura 3.8.) el patrón de radiación se extiende desde la base o el punto 0 hasta el exterior en el eje Z.

Para terminar esta fase, se analiza el parámetro de ganancia con la estructura diseñada, como se mencionó anteriormente los lóbulos de radiación deben en lo posible apuntar hacia el cielo, como se muestra en la (Figura 3.9.), se obtuvo el resultado al diseño propuesto; con estos datos

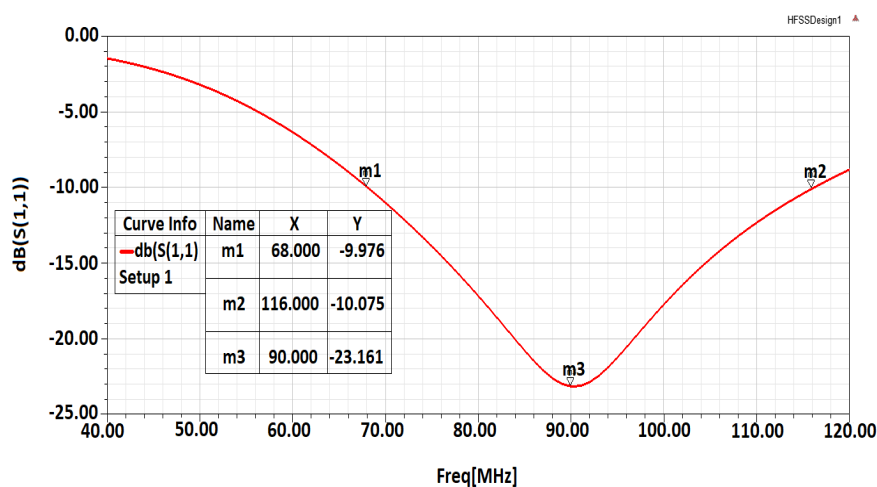


Figure 3.6: Parámetro S11 de la antena simulado en HFSS

nos permite escalar la estructura para realizar las mediciones y obtener el comparativo de la estructura diseñada e implementada.

3.0.3 Antena dipolo Blade escalada y mecanizada

Un aspecto de suma importancia en este proyecto era medir y conocer el comportamiento de una antena a condiciones reales, uno de los problemas ante esta temática es la del tamaño de la antena, por lo cual se optó por escalar la estructura diseñada, después de poder hacer mediciones sobre una antena más adecuada, se obtiene un análisis detallado de varios aspectos y así mismo se puede extrapolar la información a las bandas de frecuencia de interés, en síntesis se realiza una escala de 1 a 10.9 con el fin de optimizar los estudios y datos obtenidos en la simulación y poder llevarlos a un entorno real para poder realizar la comparación de los resultados en el software HFSS (Tabla 3.5.).

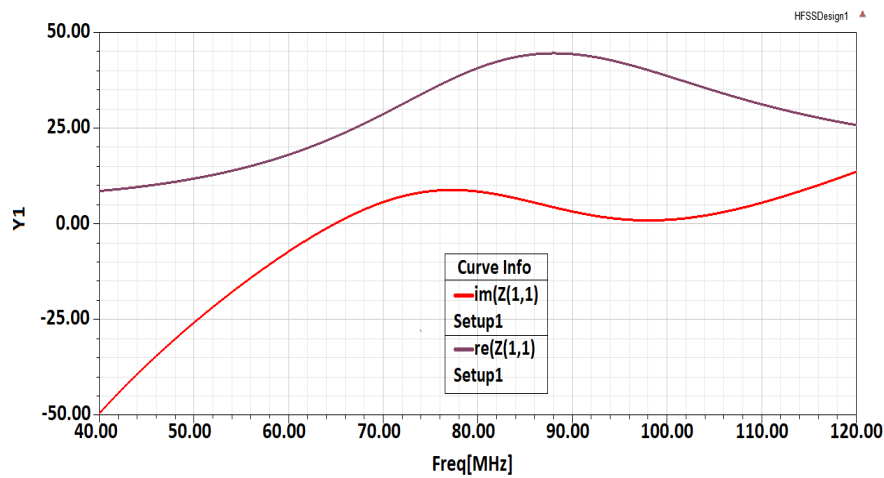


Figure 3.7: Parámetro Z11 diseño antena dipolo Blade

Para llegar a la estructura adecuada para las mediciones, se tenían algunas limitaciones a la hora de incorporar materiales al diseño, por ejemplo las láminas que iban a ser parte del dispositivo tenían que tener características precisas, las cuales no afectarán los resultados esperados, el grosor de las laminas y llegar a un punto en el cual no se deflacten o doblen, afectando con esto las mediciones y los resultados esperados, por lo cual se opto por fabricar los dipolos de la antena en laminas de cobre de 1mm de espesor, el mecanizado y la fabricación de las piezas se realizó con diversas herramientas para lograr la precisión adecuada, la idea era llegar a la obtención de las placas con las medidas simuladas y escaladas.

En el aplicativo se incorporó la base que iba a realizar la separación de la antena al plano a tierra, se diseño una base y se realizaron las distintas simulaciones de la antena cambiando el material de la base para evidenciar el comportamiento de la adaptabilidad a los diversos materiales, a causa de esto se decidió fabricar la base de la antena en Nylon, como se muestra en

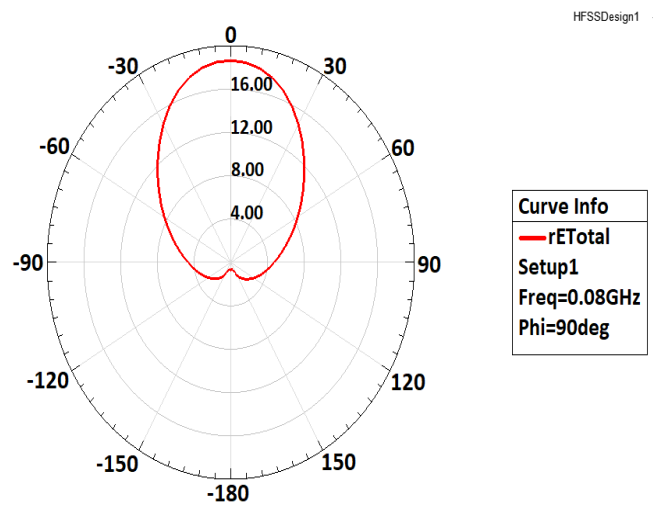


Figure 3.8: Patrón de radiación 2D diseño antena dipolo Blade

la (Figura 3.10.)

Con los datos obtenidos de las diversas simulaciones, realizamos la recopilación de los resultados para construir una antena con las dimensiones adecuadas con los materiales disponibles en la industria, la estructura real se fabricó con los dipolos en cobre, las dimensiones son de 6.2cm de largo para cada dipolo, 10.8cm de ancho de la antena, un espesor de 1mm y la separación o gap de la antena es de 2.75mm. Para la base de la antena el material es Nylon, se diseñó con un largo de 12.7cm, un ancho de 10.9cm, la altura de la base es de 6.7cm y espesor del material de 3mm, se adiciono una estructura interna para el puerto y funcionara como refuerzo adicional para evitar que los puntos de soldadura se despegaran en el proceso de manipulación o transporte del instrumento. Con estas estas dimensiones en el software HFSS, se logró realizar el análisis del parámetro S11 y con estos resultados previos del software se consiguió un diseño óptimo para la construcción y medición de la antena, como se muestra en las (Figura 3.11.)

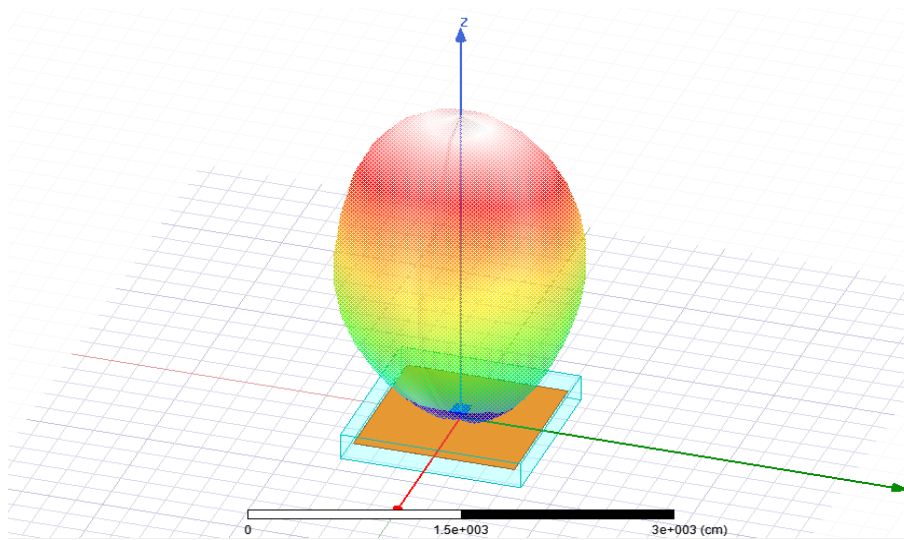


Figure 3.9: Patrón de radiación 3D diseño antena dipolo Blade

y (Figura 3.12.)

Table 3.5: Tabla de dimensiones 1 a 10.9

Nombre	Dimensión
Co	300000000m/s
Fo	1.1445GHz
Lambda	26.212cm
L	13.106cm
W	10.825cm
Gap	2.75mm
G	1mm
Ld	6.277cm
dt	6.880cm
Pt	80cm
Caw	110.428cm
Caa	20.041cm

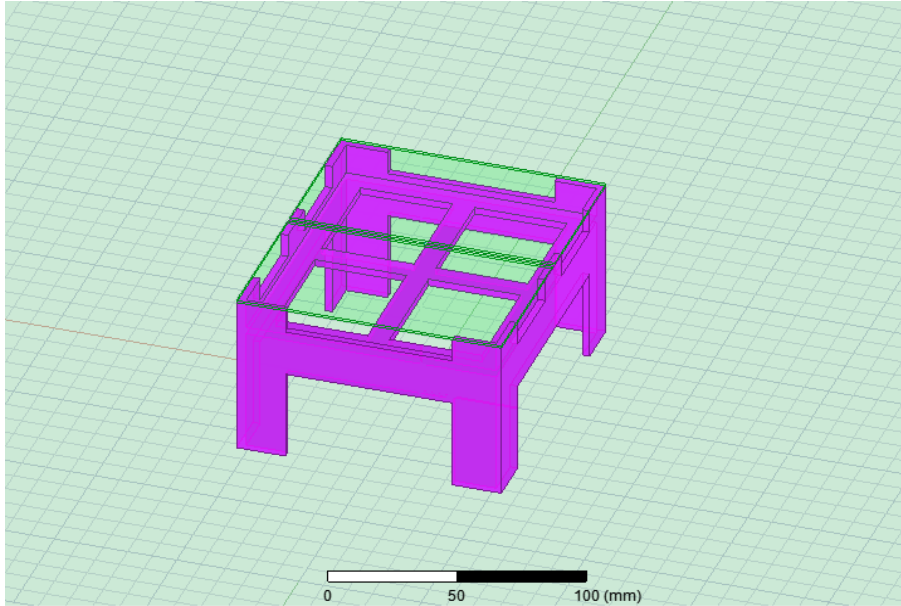


Figure 3.10: Modelo de la estructura diseñado en HFSS

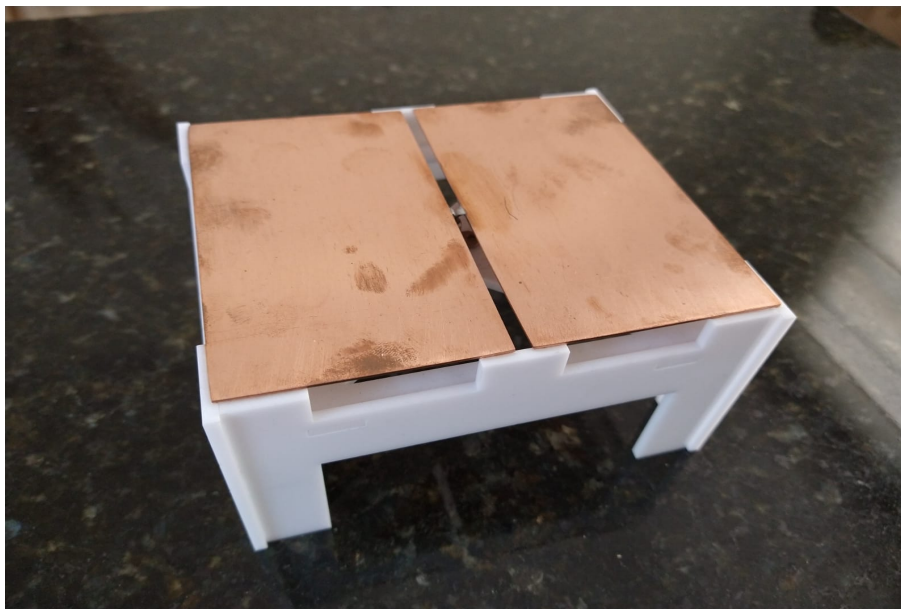


Figure 3.11: Implementación de la estructura

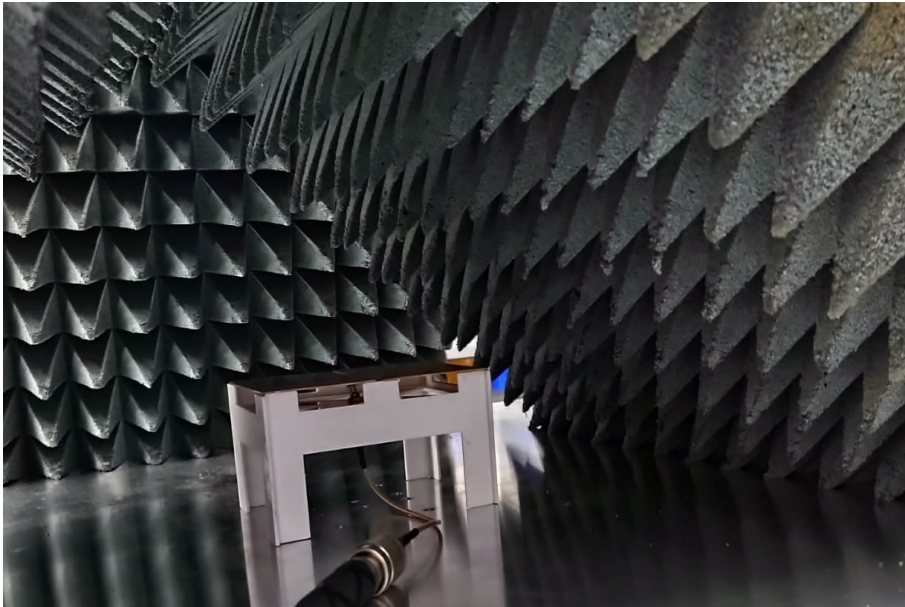


Figure 3.12: Medición antena dipolo Blade

Chapter 4

Resultados obtenidos de antena dipolo Blade

En el desarrollo de esta fase, se realiza la comparativa de los valores simulados respecto a los valores medidos en el laboratorio con el instrumento de medición KEYSIGHT ENA Network Analyzer E5061B (100 KHz - 3 GHz) de la universidad ECCI[4], se realizó las medidas en la antena implementada a partir de las simulaciones con un plano a tierra real de 80cm cuadrados, se realiza la calibración del dispositivo y se usan las sondas correspondientes para evitar las interferencias por malas conexiones, para evitar interferencias radiales se usa paneles con un recubrimiento que se encuentran en cámaras anecoicas para realizar este tipo de mediciones.

Para obtener una similitud a los valores medidos, se toma la gráfica correspondiente al parámetro S11 de la estructura simulada junto con el plano a tierra correspondiente a 80cm, en la práctica se obtienen algunas variaciones a causa de factores como lo son el tipo de puerto usado en la

implementación, el modo en la cual se suelda e incorpora el puerto para energizar las placas; encontramos que la antena tiene correlación con respecto a los valores simulados, para escalar la antena se optó por tomar un factor de 10.9 por lo cual el ancho de banda para la antena está comprendido en la banda de frecuencia de 40 a 120Mhz y al multiplicarlo por el factor para replicar la antena tenemos un ancho de banda que equivale a 0.436 a 1.308GHz.

Para esta fase fue necesario exportar los datos que se obtuvieron en la simulación y en la medición, esto con el fin de realizar un análisis detallado del comportamiento de la antena implementada respecto a los resultados simulados como se muestra en la (Figura 4.1.)

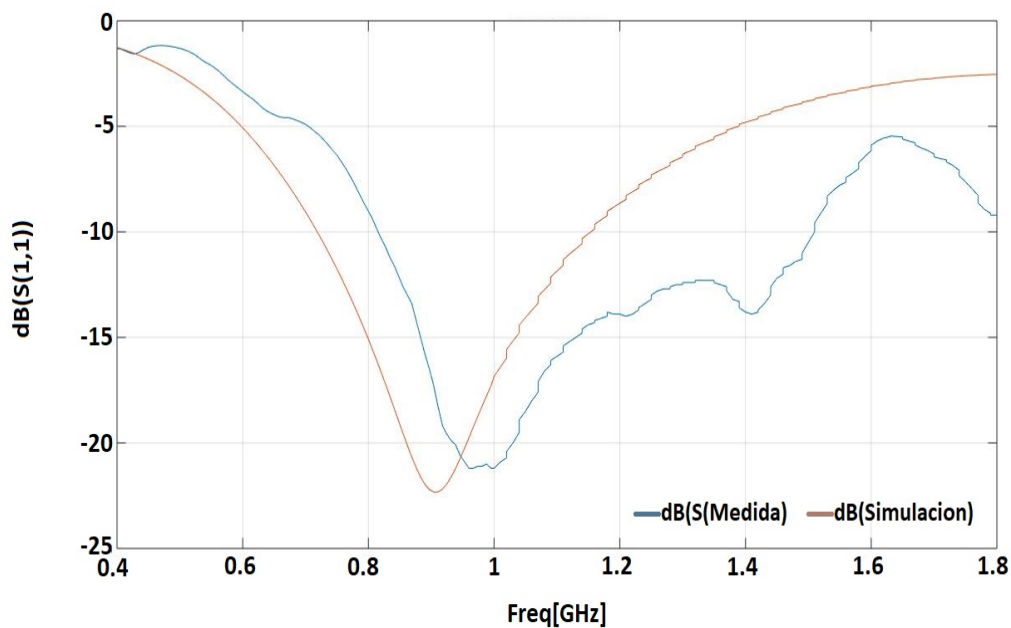


Figure 4.1: Comparación entre simulación vs medición

Como se puede apreciar en el gráfico, la línea naranja corresponde a los

datos obtenidos en el software de simulación, esta curva caracteriza el comportamiento de la antena en el software y la línea azul representa los datos medidos en el laboratorio, el resultado que se obtuvo en la implementación cumple con las características del diseño que se construyó en el software, adicional a esto el comportamiento de la antena medida o real tiene un comportamiento centrado a este tipo de estructuras, se encontró que las gráficas tienen un aspecto similar, pero las variaciones notables son atribuidas al tipo de puerto y como se soldó a las placas para energizarlas.

Si analizamos la frecuencia en la que se adaptó mejor, vemos que para la antena simulada en 904MHz la señal llega a -22.32dB y para la antena que se midió está en -17.31dB, para la adaptabilidad más óptima de la antena medida encontramos que en 1GHz la señal se encuentra en -21.23dB y para la antena simulada en este mismo punto se encuentra en -16.87dB; con estos datos se evidencia un corrimiento en frecuencia de 96MHz y una diferencia en la adaptabilidad de la señal de 1.09dB, al realizar el análisis del ancho de banda con los datos recopilados y para el estudio de este tipo de antenas en rango admisible es desde -10dB. Tenemos que la antena simulada tiene un ancho de banda de 715MHz a 1.14GHz por lo que el rango esperado estaba en 425MHz y para la antena que se midió, se tiene un ancho de banda de 820MHz a 1.51GHz por lo que el rango obtenido estaba en 692MHz, en la (Tabla 4.1) se encuentra un poco más detallado las frecuencias y adaptabilidad de interés.

Para el estudio realizado se evidenció que los resultados fueron congruentes, ya que la gráfica que entregó la antena medida en laboratorio sigue la curva característica que se diseñó en el aplicativo, las variaciones son atribuidas al

Table 4.1: Datos obtenidos entre simulación vs medición

	Freq(GHz)	Adaptabilidad	BW	Error porcentual
Simulación	0.918	-22.265dB	425MHz	13.52
Medición	1.000	-21.250dB	692MHz	25.96

puerto y la manera en la que se soldó cada una de las partes a las placas que conforman los dos dipolos de la antena, estos datos permitirán el estudio posterior para que la tipología dipolo Blade sea una opción viable para el radiotelescopio.

Chapter 5

Conclusiones

Al evaluar los datos obtenidos del ancho de banda de la antena que se midió en el laboratorio 820MHz a 1.51GHz, se encontró que el rango de 692MHz cumple con los requerimientos base para que la tipología dipolo Blade sea una opción para que conforme la estructura de un radio telescopio.

Las variaciones que hubo entre la estructura simulada y la antena que se implementó son diferencias de menor escala, pero permitirán seguir con el estudio para que la estructura sea un elemento viable y funcional, encontramos una diferencia de 1.09dB en la adaptabilidad y un corrimiento en frecuencia, pero con una diferencia de rangos de 267MHz, con lo cual aumenta la viabilidad para la implementación de esta estructura en el futuro.

Con la antena que se implementó y con los resultados obtenidos en el laboratorio, se evidencio que la cromaticidad de la antena mejoro notablemente, ya que la adaptabilidad respecto al ancho de banda no se

encuentra desfasados, para esta antena se esperaba tener un rango de 800MHz con una adaptabilidad inferior a -10dB y al analizar los datos obtenidos se logró un rango de 692MHz que es una frecuencia cercana al rango al cual se quería llegar.

Con el estudio del plano a tierra y de la separación de los dipolos que compone la antena en el software HFSS, se llegó a optimizar la estructura deseada, esto permitió hacer una implementación adecuada para ahorrar recursos al momento de ejecutar la construcción de la antena escalada.

Como se logró ver con la implementación de una estructura de la antena dipolo Blade, los detalles de la construcción son de suma importancia, como el corrimiento en frecuencia y adaptabilidad de la señal son atribuidos a la manera en que se incorpora el puerto a los dipolos o las variaciones mínimas que pueden tener los dipolos en las dimensiones, con esas pequeñas variaciones en la estructura se puede ver las perturbaciones en los datos.

La medición de la antena respecto a diseño en el aplicativo es muy acertada, los datos obtenidos tienen correlación, ya que las curvas de la señal medida son similares a las curvas del software y aportan al avance del estudio en esta geometría.

Con los datos obtenidos en la simulación y medición de la antena dipolo Blade, encontramos que son acertados y permitirán seguir el estudio y análisis de esta tipología para que la propuesta estudiada sea parte funcional del radiotelescopio.

Bibliography

Las provocadoras teorías alternativas al Big Bang que plantean que el universo no tiene límites. (2020, enero 25).
<https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-51245606>

Dr. Judd Bowman. (2017, April 29). Retrieved June 22, 2021, from Colorado.edu website: <https://www.colorado.edu/ness/dr-judd-bowman>

EDGES: Experiment to detect the global EoR signature. (2020, July 2). Retrieved June 22, 2021, from Mit.edu website:
<https://www.haystack.mit.edu/astronomy/astronomy-projects/edges-experiment-to-detect-the-global-eor-signature/>

(S/f). Edu.co. Recuperado el 25 de febrero de 2022, de
<https://www.ecci.edu.co/>

Alan E.e. rogers. (2020, July 2). Retrieved June 22, 2021, from Mit.edu website: <https://www.haystack.mit.edu/researcher/alan-e-e-rogers/>

Raul A. Monsalve. (n.d.). Retrieved June 22, 2021, from Raulmonsalve.com website: <https://raulmonsalve.com/>

Nosrati, M., Jafargholi, A., Pazoki, R., Tavassolian, N. (2018). Broadband slotted blade dipole antenna for airborne UAV applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 66(8), 3857–3864.

Nosrati, M., Jafargholi, A., Tavassolian, N. (2016). A broadband blade dipole antenna for UAV applications. 2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI), 1777–1778. IEEE.

Koohkan, E., Naimolhoda, S. H., Bod, M. (2019). A miniaturized tunable blade antenna for UHF frequencies. 2019 27th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), 1461–1464. IEEE.

27th Iranian Conference on Electrical Engineering- ICEE 2019. (n.d.).

Retrieved June 22, 2021, from Msrt.ir website:

<https://www.msrt.ir/en/news/46299/27th-iranian-conference-on-electrical-engineering-icee-2019>