


# CONESCAPANHONDURAS2025paper52.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

---

## Document Details

### Submission ID

trn:oid:::14348:477758478

### Submission Date

Jul 31, 2025, 11:28 PM CST

### Download Date

Aug 12, 2025, 2:36 PM CST

### File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper52.pdf

### File Size

520.6 KB

4 Pages




2,584 Words

13,796 Characters

# 18% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 18%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Integrity Flags




### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## Top Sources

- 18%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
docplayer.es		5%
2	Internet	
sesweb03.servoescolar.mx		3%
3	Internet	
www.icao.int		2%
4	Internet	
pt.scribd.com		1%
5	Internet	
revista.soyuo.mx		1%
6	Internet	
academia-lab.com		1%
7	Internet	
www.coursehero.com		<1%
8	Internet	
documentop.com		<1%
9	Internet	
fdocuments.es		<1%
10	Internet	
inba.info		<1%
11	Internet	
www.politicamigratoria.gob.mx		<1%

12 Internet

www.planetaius.com.ar <1%

---

13 Internet

www.grin.com <1%

---

14 Internet

es.slideshare.net <1%

# Ayudas a la Radio Navegación – Balizas No Direccionales (NDB) - Identificación

**Abstract—** The following document is presented as a hands-on approach to radionavigation aids, exploring specifically the NDB type and its corresponding identification signal transmitted by land-based equipment to aid in the navigation for airplanes while in the air; all of this implemented in a software defined radio environment.

**Keywords—** GNU Radio, SDR, AM Modulation, NDB identification signal, ICAO Annex 10, Morse Code

## I. INTRODUCCIÓN

Se entrega este documento con el fin de demostrar la aplicación de conocimientos adquiridos en el área de telecomunicaciones en la carrera de Ingeniería Eléctrica, específicamente en el campo de la radionavegación aérea. Con ayuda de un sistema SDR (radio definida por software, por sus siglas en inglés) se procede a emular el sistema de identificación de equipos de ayuda basados en tierra a la navegación de aeronaves, el cual consiste en la transmisión de una señal en código Morse, la cual debe cumplir ciertas características normadas por la ICAO/OACI en su Anexo 10.

## II. CONSIDERACIONES INICIALES

El punto de partida para nuestro trabajo es basado en obtener un contacto a la operación cotidiana de los equipos que se suelen usar comúnmente en aeropuertos para ayudar a las operaciones de las aeronaves, siendo estos despegues, aterrizajes o tránsito en sus rutas previamente establecidas. Específicamente, se ha seleccionado los sistemas ILS (por sus siglas en inglés), o Sistemas de Aterrizaje basados en Instrumentos, entre los cuales se puede destacar un componente en específico que es el que estaremos abordando, el cual es la señal de identificación emitida por equipos en tierra en forma de una baliza no direccional (o NDB, por sus siglas en inglés). Este tipo de sistemas y señales tienen el propósito de diseño que puedan ser usadas de forma práctica por los pilotos/operadores aéreos para su ubicación e interacción con su ambiente o maniobras en operaciones aéreas.

También, tomamos como fundamento de este trabajo el uso de un radio definido por software, como lo es GNU Radio, aprovechando todas las ventajas que éste nos brinda, como la implementación y prueba de sistemas de radio sin ningún costo asociado a hardware, ya que es posible por medio de diagramas de bloques, código y simulaciones dentro del entorno del SDR implementar conceptos de sistemas de comunicación por radio bastando con el uso de una computadora sin necesidad de equipo especializado. Esto será particularmente útil para nuestro trabajo debido a que el componente del ILS que estaremos abordando

consiste esencialmente de una transmisión en AM. Por lo que, en un resumen simplificado de nuestro trabajo, estaremos emitiendo una señal modulada en amplitud, cuyo mensaje contendrá 3 caracteres en código Morse, la cual tendrá como objetivo hacerle saber a la tripulación de aeronaves los equipos que se comunican con ellos.

Toda esta aproximación se ha realizado de acorde a las normas respectivas, que en este escenario corresponde al Anexo 10 de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional, o también ICAO, por sus siglas en inglés), el cual detalla y especifica las regulaciones para el diseño y funcionamiento de diversos sistemas para la navegación aérea.

## III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La OACI, o según sus siglas, la Organización de Aviación Civil Internacional es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas, la cual tiene como función central mantener una burocracia administrativa y especializada (la Secretaría de la OACI) que facilita las interacciones diplomáticas entre los estados miembros con el fin de favorecer entre ellos la vía diplomática y cooperación en el transporte aéreo, e investigar nuevas políticas de transporte aéreo e innovaciones de normalización de acuerdo con el mandato que recibe de los gobiernos a través de la Asamblea de la OACI, o del Consejo de la OACI que la asamblea elige. [1]

La OACI no es un ente regulador de la aviación internacional, ya que su papel es más bien organizar grupos expertos y equipos especiales para analizar aspectos técnicos, políticos, socioeconómicos y demás; para posteriormente presentar ante los gobiernos los mejores resultados y asesoramiento posible para que sean los gobiernos miembros quienes en un proceso colectivo y diplomático establezcan las nuevas normas y métodos recomendados para la aviación civil internacional.

La transmisión de la identificación se fundamentará en una técnica de modulación de señales análoga, siendo ésta la modulación por amplitud, o AM. Las especificaciones técnicas para las Telecomunicaciones aeronáuticas están listadas por la OACI en el Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional, específicamente en el Volumen I, que aborda las Radio ayudas para la navegación. Para nuestro trabajo, estaremos abordando con especial atención el inciso 3.4, que aborda las especificaciones para el radiofaro no direccional (NDB).

Dentro de la sección 3.4 encontramos las especificaciones técnicas de este tipo de señales, para los cuáles daremos especial

atención en los incisos 3.4.4 y 3.4.5, los cuales contienen el texto siguiente [2]:

- 3.4.4:

- Radiofrecuencias asignadas a los NDB se seleccionan de entre las que estén disponibles en la parte del espectro comprendida entre los 190 y los 1750kHz.

- 3.4.5:

- Todo NDB se identificará individualmente por un grupo de dos o tres letras en código Morse internacional transmitido a una velocidad correspondiente a 7 palabras por minuto.
- Cada 30s se transmitirá al menos una vez la identificación completa, salvo cuando la identificación del radiofaro se efectúe por manipulación que interrumpa la portadora. Así mismo, para los NDB con un radio medio de cobertura nominal igual o menor que 92.7km (50 NM) que se usen como ayudas para la aproximación y la espera en las proximidades de un aeródromo, se transmitirá la identificación por lo menos 3 veces cada 30s, a intervalos iguales en ese periodo de tiempo.
- La frecuencia del tono de modulación para la identificación será de  $1020\text{Hz} \pm 50\text{Hz}$  o de  $400\text{Hz} \pm 25\text{Hz}$ .

Así mismo, en la señal de identificación se puede predecir la identificación por la letra "I" en código Morse internacional cuando sea necesario distinguir la instalación ILS de otras instalaciones de navegación existentes en el área inmediata. Tomando también un valor de profundidad de modulación que se debe mantener entre los límites del 5 y 15% [3].

Con estas especificaciones técnicas en consideración, tomamos las siguientes bases para nuestra implementación del sistema:

- Frecuencia portadora: 515kHz
- Profundidad de modulación: 10%
- Mensaje a transmitir: I EQF
- Repetición: Se tomará como un NDB con radio de cobertura menor a 50 NM por lo que se repetirá el mensaje 3 veces cada 30 segundos.

Esta señal de identificación, será transmitida por medio de una señal modulada en amplitud, usando en específico, una transmisión en doble banda lateral con portadora total, conocida de igual manera como AM Comercial o AM DSB-FC.

Doble Banda Lateral con Portadora Total (AM Comercial) (DSB-FC): es una transmisión en la que las frecuencias producidas por la modulación de amplitud (AM) están espaciadas simétricamente por encima y por debajo de la frecuencia de la portadora, así mismo, la portadora sí se conserva en el proceso de modulación. Un detalle importante se puede observar desde el inicio de la modulación ya que al ser con

portadora total en el lado del receptor debemos agregar un bloque de suma después del primer multiplicador para cumplir la ecuación siguiente [4]:

$$A_c \cos \omega_c t + A_c \mu x(t) \cos \omega_c t \quad (1)$$

Para ilustrar el siguiente punto de entrada en el diagrama de bloques:

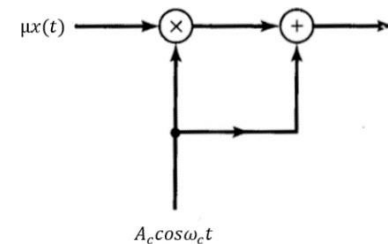


Figura 1. Punto de multiplicación y suma entre fuente de entrada y portadora.

Esta técnica de modulación presenta el siguiente diagrama de bloques en su estructura transmisor – receptor:

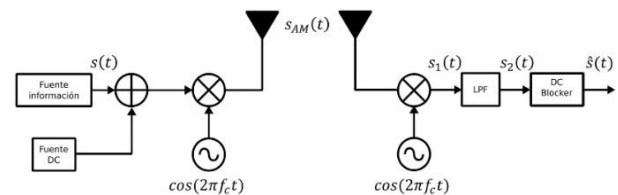


Figura 2. Sistema emisor – receptor DSB-FC coherente.

## IV. IMPLEMENTACIÓN

Para esta etapa de implementación de la transmisión de la señal de identificación, se procede a realizar el armado de los diagramas de bloque dentro de GNU Radio. Esto debido a que a pesar de que el software soporta también entrada por código escrito en Python, nos resulta más conveniente el uso de los bloques al aprovechar la alta visibilidad que estos proveen en el momento de la configuración del sistema a emular en la interfaz gráfica del software. Esto facilita en gran medida la implementación no solo por la practicidad de la metodología sino también por la forma de comunicar errores de conexión, tipos de datos o configuración de los bloques que el software presenta.

La implementación para este sistema de identificación perteneciente a una radio ayuda, será ejecutado como un sistema transmisor – emisor de AM comercial, puesto que esta modulación es particularmente útil para la aplicación. Este sistema constará de una sección emisor/modulador, un bloque de canal y una sección receptora/demoduladora. Cada sección tendrá todos sus parámetros debidamente justificados en base a la documentación mencionada anteriormente en base al anexo 10 de la OACI, junto a valores seleccionados por las

características de la aplicación que estaremos llevando a cabo, siendo estos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema o simplemente seleccionados por conveniencia para optimizar su funcionamiento.

La identificación a usar en código Morse será la de una estación con denominación 'EQF', en nuestra aplicación hemos también hecho uso del inciso que establece que es posible anteceder una letra 'I' para denotar que la señal es de identificación. Para facilitar el proceso de repetición del mensaje y tomando ventaja de las funcionalidades de GNU Radio, se ha optado a usar un archivo de audio .wav que contiene el mensaje con la denominación seleccionada, ya que de esta forma la ejecución dentro del SDR y su uso en bucle se ve simplificada de gran manera, ya que esto elimina la necesidad de implementar dentro del mismo diagrama de bloques un generador de código Morse, que tendría que tener como parámetros claves la velocidad requerida de 7 palabras por minuto y una frecuencia de tono de 1020 kHz. En nuestro escenario estos dos parámetros han sido ya cubiertos al momento de generar el archivo de audio usado para la implementación de nuestro sistema de identificación.

Cumpliendo los requisitos determinados, se procede a realizar el siguiente cálculo para garantizar que el índice de modulación seleccionado (10%) es el valor correcto dentro de la implementación:

$$\text{indice mod} = \frac{\text{Amplitud}_{\text{mensaje}}}{\text{Amplitud}_{\text{portadora}}} = \frac{1}{10} = 0.1 = 10\% \quad (2)$$

El diagrama de bloques junto a las definiciones de variables se muestra en su totalidad en la siguiente figura:

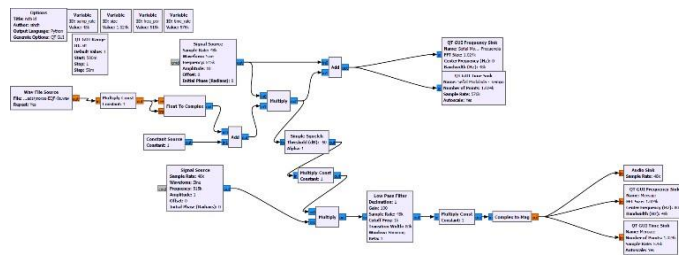


Figura 3. Diagrama de bloques – Sistema DSB-FC de identificación NDB

Procediendo a detallar las partes de los bloques a continuación:

Emisor/Modulador:

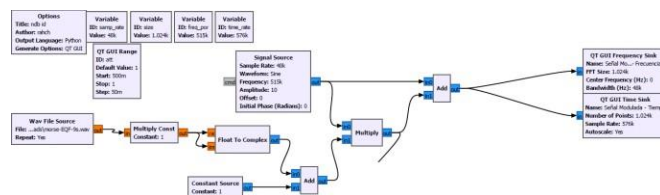


Figura 4. Diagrama de bloques – Emisor/Receptor – Sistema DSB-FC de identificación NDB

Esta sección contiene en sus bloques el bloque mensaje y la representación del emisor o parte moduladora del sistema de

transmisión. Podemos notar que el bloque localizado a la izquierda es el bloque que nos permite inyectar el mensaje como un archivo .wav con una frecuencia de muestreo de 48kHz, razón por la cual se elige este valor como frecuencia de muestreo de la señal moduladora. Se puede apreciar cómo se ejecuta el diagrama de bloques mostrado en la figura 2 con los puntos de multiplicación, suma y el uso de una señal constante en forma de una señal seno compleja. Así mismo, se añade que se usan convertidores de tipo para poder realizar la modulación con la señal seno compleja, ya que todas estas operaciones son realizadas en términos de números complejos. Junto a esta sección, se observan dos bloques en el lado derecho que generan las gráficas de funcionamiento en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

Canal:

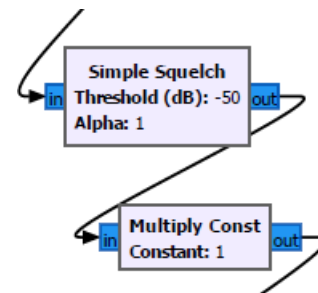


Figura 5. Diagrama de bloques – Cana l– Sistema DSB-FC de identificación NDB

Esta sección es la menos compleja de todo el diagrama. Es comprendida por solo dos bloques; siendo el squelch el bloque que ayuda al bloqueo de ruido cuando no existe mensaje transmitido (es decir, en los momentos donde la amplitud del mensaje modulado es cero) y el bloque 'Multiply Const' es usado junto a un slider de variable para simular atenuación de la señal enviada a través de un canal. Esto es realizado al usar este bloque descrito anteriormente como un reductor de amplitud, o dicho de otra manera, un amplificador cuyos valores nominales de operación estarán localizados entre 0.7 y 1, reduciendo en los factores seleccionados la amplitud del mensaje que proviene del emisor/modulador y que es recibida en el receptor/demodulador.

Receptor/demodulador:

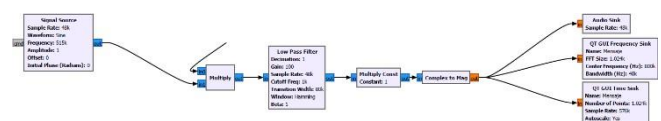


Figura 6. Diagrama de bloques – Receptor/demodulador – Sistema DSB-FC de identificación NDB

Esta sección contiene la última parte de un sistema de transmisión DSB-FC, entre los que vemos el punto de multiplicación entre la señal modulada y la señal moduladora junto a un filtro pasa-bajas, para poder recuperar el mensaje. De igual manera, se utiliza un convertidor de tipo para convertir la naturaleza compleja de esta operación para poder generar un mensaje audible en los parlantes de la computadora usando el bloque 'audio sink' e igualmente usando dos bloques para poder



generar las gráficas en el dominio del tiempo y frecuencia luego de modular el mensaje.

El funcionamiento del sistema, arroja las siguientes gráficas de funcionamiento, en las siguientes gráficas se utiliza un mensaje sin pausas por efectos de ilustración:

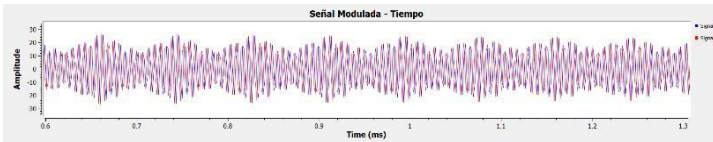


Figura 7. Señal modulada – Dominio del Tiempo

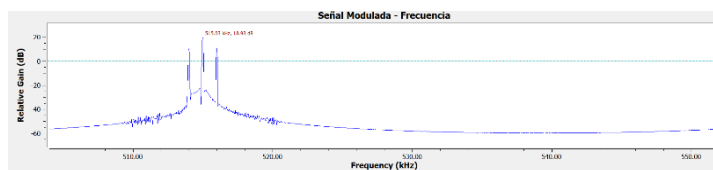


Figura 8. Señal modulada – Dominio de la Frecuencia

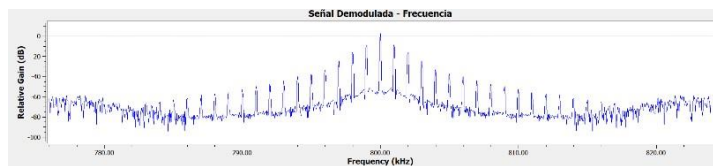


Figura 9. Señal demodulada – Dominio de la Frecuencia

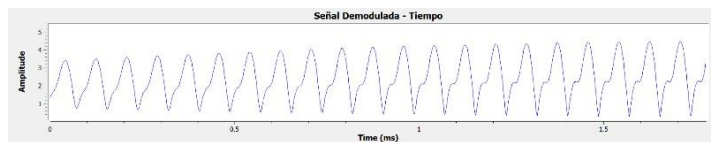


Figura 10. Señal demodulada – Dominio del Tiempo

## V. CONSIDERACIONES ADICIONALES.

Ya que la señal de identificación de un NDB no es usada en casos o equipos aislados, se deben tomar en cuenta en las aplicaciones de vida real las demás señales que entran en trabajo al momento de analizar este tipo de señales, por ejemplo tomando en consideración las señales que también utiliza un VOR o un DME que en conjunto son todas usadas y esenciales para la radionavegación actual, ya que se podrían producir casos de interferencias entre el mismo equipo si no son consideradas

estas características de este tipo de sistemas. Un excelente punto de partida para poder llevar a cabo una interpretación correcta de estos sistemas para poder ser implementados, es el anexo 10 de la OACI, el cual ha sido el documento del que se han extraído las especificaciones de operación que este trabajo ha utilizado para la implementación de la señal de identificación.

## VI. CONCLUSIONES FINALES

Por medio de las implementaciones presentadas en el inciso IV de este documento, y las consideraciones del inciso V, es posible concluir que la utilidad de los SDR en el ambiente académico es invaluable, ya que presenta una excelente oportunidad para aproximarse a conceptos y aplicaciones que pueden llegar a ser un poco abstractos al ser explorados en la normativa OACI, pero que al examinarlos para una implementación de la naturaleza expuesta, se vuelven relativamente sencillos al utilizar conceptos ya explorados con detalle en anteriores ocasiones de la carrera de ingeniería eléctrica. Las virtudes que presenta el uso del SDR junto a la normativa que contiene las especificaciones técnicas, provee una gran oportunidad para poder tener un abordaje y entendimiento práctico de sistemas o equipos fundamentales en la radionavegación. Comprobando de esta forma igualmente, que tecnologías que podrían parecer desfasadas tomando como punto de vista nuestra cotidianeidad siguen siendo muy relevantes en la operación del mundo que conocemos, como hemos comprobado en esta ocasión al usar la modulación AM y el código Morse para conocer de primera mano cómo tripulaciones de aeronaves civiles identifican equipos que les proveen valiosa información.

## VII. REFERENCIAS

- [1] ONU-OACI. Sobre la OACI. Disponible: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/ES/default.aspx>
- [2] ONU-OACI. *Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Volumen I. Radioayudas para la Navegación*. 6ta edición. Julio de 2006.
- [3] ONU-OACI. *Anexo 10 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Volumen I. Radioayudas para la Navegación*. 6ta edición. Julio de 2006.
- [4] Carlson, A. Bruce, *Communication Systems* 4th ed. New York: McGraw Hill. 2002.