

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

### TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Interdisciplinario

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 14/02/2017

Título del proyecto:

*Diseño e implementación del subsistema de RF y antenas de un Radar de Apertura Sintética (SAR), para aplicaciones de observación remota de la Tierra*

### TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUCIÓN:

1. ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES DE INFORMACIÓN (DETRI)

2.

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Hardware de Comunicaciones ✓

2. Propagación y Antenas ✓

### RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

#### Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
CARRERA SUÁREZ LUIS FERNANDO	1710856871	12 ✓	DETRI	Ph.D.

#### Codirector (Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
NAVARRO MENDEZ DIANA VERONICA	1714856667	6 ✓	DETRI	Ph.D.

#### Colaborador(es)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Colaboradores Externos

<b>Apellidos y nombres</b>	<b>No. de identificación</b>	<b>HSS</b>	<b>Institución</b>	<b>Título de mayor nivel y mención.</b>
ZOZAYA SAHAD ALFONSO JOSE	084555003	1	Instituto Espacial Ecuatoriano	Ph.D.

\* HSS = Horas Semana Semestre



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

**DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:**

1. Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información.
- 2.

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. Hardware de Comunicaciones.
2. Propagación y Antenas

**DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)**

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

**OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)**

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	X
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	





## 1 Proyecto de Investigación

### Título:

Diseño e implementación del subsistema de RF y antenas de un Radar de Apertura Sintética (SAR), para aplicaciones de observación remota de la Tierra.

### Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Este proyecto consiste en el diseño, fabricación y prueba de los subsistemas de RF y antenas de un prototipo básico de radar de apertura sintética SAR, para la observación remota de la tierra.

Los subsistemas que se diseñarán, forman parte de un radar de onda continua con modulación lineal de frecuencia (radar FMCW, por sus siglas en inglés), por lo que en primera instancia se realizará el análisis del funcionamiento del mismo, a partir de experiencias previas de otras universidades como el Massachusetts Institute of Technology, la Brigham Young University y la University of Cape Town.

Se adquirirán componentes comerciales de todos los elementos discretos de los sistemas de transmisión y recepción de Radio Frecuencia (amplificadores, VCOs, filtros, etc) del radar FMCW y posteriormente, se caracterizarán utilizando el equipamiento disponible en el Laboratorio de Investigación del DETRI.

Asimismo, se diseñarán y fabricarán las antenas de los sistemas de transmisión y recepción del radar, utilizando tecnología de microcinta. Los prototipos de 2 antenas (transmisión y recepción) se medirán en la cámara anecoica del Laboratorio de Antenas.

Finalmente se ensamblarán todos los componentes y se realizarán distintas pruebas para verificar el correcto funcionamiento de todos los sistemas.

### Palabras clave (4-6):

SAR, radar de apertura sintética, observación remota, modulación lineal de frecuencia

## 2 Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación

### 2.1 Objetivos

#### 2.1.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar el subsistema de RF y antenas de un radar de Apertura sintética (SAR) de onda continua y modulación lineal de frecuencia (FMCW). ✓

#### 2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar el principio de funcionamiento de un radar de onda continua con modulación lineal de frecuencia, en lo que tiene que ver con el subsistema de RF y antenas. ✓
- b. Caracterizar en el laboratorio todos los elementos discretos de los sistemas de transmisión y recepción de Radio Frecuencia (amplificadores, VCOs, filtros, etc). ✓
- c. Diseño y fabricación de los PCBs (printed circuit board), ensamblaje y prueba de los circuitos de banda base del radar
- d. Diseñar, fabricar y probar las antenas de los sistemas de transmisión y recepción. ✓





- e. Integrar los diferentes componentes para conformar un prototipo básico del subsistema de RF y antenas de un radar de apertura sintética.

## 2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. En este proyecto no se analizarán los algoritmos de procesamiento de los datos recibidos por la cadena de RF.  
b.

## 2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a.  
b.  
...

## 2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Reporte técnico con una descripción del principio de funcionamiento de un radar de apertura sintética FMCW.  
b. Base de datos de las mediciones de los parámetros característicos de todos los elementos circuitales.  
c. Protocolo de las pruebas realizadas a las antenas de transmisión y de recepción para su validación.  
d. Protocolo de las pruebas de validación del subsistema de RF y antenas del SAR y base de datos de los resultados de las mismas.

## 3 Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación

La observación remota de la tierra, provee información única para enfrentar los retos sociales y ambientales de dimensiones globales. Su uso para fines científicos abarca las siguientes áreas de estudio: cambio climático, ambiente, recursos naturales, desarrollo sustentable, planificación de mega-ciudades, movilidad vehicular, peligros y desastres naturales, entre otras.

Debido a su ubicación geográfica, el territorio nacional Ecuatoriano se puede encontrar cubierto de nubes hasta en un 60 %, lo cual hace difícil, sino imposible, su observación remota mediante el uso de sensores ópticos. El radar de apertura sintética es un sensor alternativo, activo, que puede operar a cualquier hora del día y por lo tanto posibilita la observación del territorio nacional aún en condiciones de alta nubosidad.

La observación remota del territorio ecuatoriano mediante radares de apertura sintética permitiría, entre otras cosas: monitorizar los glaciares, realizar seguimiento a la actividad volcánica, controlar y clasificar cultivos, monitorizar la evolución de la biomasa, hacer seguimiento de la deforestación, ejercer control sobre cultivos ilícitos, ubicar con precisión fallas geológicas, realizar seguimiento de la actividad sísmica, supervisar derrames industriales, supervisar inundaciones, realizar vigilancia y reconocimiento militar, etc.

Los radares de apertura sintética son diseñados y fabricados, en general, por agencias espaciales, agencias militares y universidades. Las versiones comerciales de los SAR son muy escasas y de alto costo; además, la adquisición de esos sensores a terceros mantendría al país en una condición de dependencia tecnológica y de vulnerabilidad, si a la par no se emprenden iniciativas de investigación y desarrollo para la implementación de sensores propios.

En el Ecuador, debido al escaso desarrollo tecnológico y a la inexistencia de currículos tecnológicos afines, no se fabrican radares de este tipo ni se posee la pericia para ello. La fabricación de prototipos de radares de apertura sintética propios, sin embargo, está supeditada a la realización intensiva de investigación en el área, lo cual requiere de formación especializada y de la creación de líneas de investigación afines.

El presente proyecto es parte de un PROYECTO PROMETEO de la SENESCYT, que el DETRI mantiene en conjunto con el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), aprobado en agosto de 2016, y cuyo objetivo general es la implementación de un prototipo básico de radar de apertura sintética (software y hardware) para ser utilizado en aplicaciones de observación remota de la Tierra. Para la realización de este proyecto se cuenta con la colaboración del Dr. Alfonso Zozaya, investigador Prometeo.





Este trabajo permitirá afianzar la investigación no solamente en una de las líneas del DETRI, como es la de Emisiones Radioeléctricas, sino que además permitiría plantear la creación de nuevas líneas de investigación en el área de radares de apertura sintética.

#### 4 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"	
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X	✓
b. Disertación a la comunidad politécnica;		
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X	✓
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	X	✓
e. Patente presentada;		
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.		

#### 5 Descripción, metodología y diseño del proyecto

##### 5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

###### DESCRIPCION:

En la teledetección se utilizan en general sensores ópticos e infrarrojos y de microondas. Entre los ópticos e infrarrojos los hay pasivos de alta resolución, multi-espectrales e hiper-espectrales. También los hay activos, como el Lidar. Entre los sensores de microondas también los hay pasivos, como los radiómetros, y activos, como los altímetros y el radar de apertura sintética.

A diferencia de los sensores ópticos, los radares de apertura sintética poseen capacidad de alta resolución, independientemente de la altitud de vuelo, y mediante una selección apropiada de la frecuencia de trabajo, pueden operar en cualquier condición climática. Debido a su capacidad activa, los radares de apertura sintética pueden obrar tanto en el día como en la noche.

Los radares de apertura sintética han entrado en su edad de oro [1] más de 15 sensores a bordo de vehículos espaciales se encuentran hoy día operando, y unos 10 nuevos sistemas SAR serán lanzados en los próximos 5 años. Una lista completa de las misiones en ejecución y programadas para el estudio remoto de la tierra se puede leer en el Manual de Observación de la Tierra (The Earth Observation Handbook) [2].

###### IMPACTO:

Ecuador es uno de los países más biodiversos del planeta con la mayor cantidad de especies vegetales y animales por km<sup>2</sup>, posee además, una gran variedad de recursos naturales. Lamentablemente, la actividad productiva está afectando seriamente a la calidad y disponibilidad de estos recursos, una tasa de deforestación de 74.000 hectáreas/año (-0,6%) pone en duda la conservación a largo plazo de este patrimonio único [3]. Además, Ecuador está expuesto a riesgos y amenazas como deslaves, volcanes en erupción, sismos, inundaciones, marejadas, tsunamis, sequías e incendios forestales, entre otros desastres, cuyos efectos pudieran manejarse de mejor manera si se tuviese la información adecuada.

El desarrollo de sensores SAR para la observación remota del territorio ecuatoriano permitiría contar con información de suma importancia para el estado, así como a otras instituciones del sector privado, entre otras, en las siguientes áreas:

**Topografía:** generación de modelos de elevación digital usando interferometría (In-SAR).

**Oceanografía:** estimación de corrientes oceánicas y de la velocidad del viento.

**Glaciología:** estimación de la humedad de la nieve, control de glaciares.

**Agricultura:** control y clasificación de cultivos, estimación de la humedad del suelo.

**Geología:** discriminación de terrenos, generación de imágenes subterráneas.





**Ciencias forestales:** control de la altura de los bosques, la biomasa y la deforestación  
**Control de terremotos y actividad volcánica:** mediante interferometría diferencial.  
**Supervisión ambiental:** de derrames de petróleo, inundaciones, crecimiento urbano, cambio climático global, etc.  
**Vigilancia y reconocimiento militar:** para generar políticas estratégicas y realizar evaluaciones tácticas.

#### METODOLOGIA Y DISEÑO DEL PROYECTO:

El proyecto se desarrollará en 3 etapas, las cuales se describen a continuación:

1. En la primera parte se analizará el funcionamiento de un radar de apertura sintética de onda continua con modulación lineal de frecuencia específico, a partir de los diagramas de bloques y esquemáticos disponibles en las referencias [4-11].

El propósito de este análisis es el determinar los parámetros técnicos de funcionamiento de dicho radar y deducir las expresiones matemáticas de las señales en cada punto de interés.

Esta parte requiere entre 3 a 4 meses para su ejecución y podrá solaparse parcialmente con el inicio de la siguiente fase. Además, en esta etapa se adquirirán los componentes electrónicos del radar con los fondos contemplados dentro del Proyecto Prometeo de la SENESCYT.

2. La segunda parte del proyecto comprende:

- El diseño y fabricación de los PCBs (printed circuit boards), el ensamblaje y prueba de los circuitos de banda-base del radar, a saber: el generador de funciones y el filtro de video. En su conjunto, estos circuitos constituyen la unidad lógica del radar.

Estos circuitos serán probados en los laboratorios del DETRI usando, entre otros equipos y partes, un osciloscopio digital y un generador de funciones arbitrarias.

- La caracterización, en el laboratorio de Investigación del DETRI, de los siguientes componentes discretos de radiofrecuencia (RF): oscilador controlado por voltaje, divisor de potencia, amplificadores de RF, mezclador de RF, cables coaxiales, atenuador, etc. Para ello se utilizará principalmente un analizador vectorial de redes, un generador de señales de RF, un generador de funciones arbitrarias, y un analizador de espectro, entre otros.
- El diseño, la fabricación y prueba de dos antenas idénticas, una para transmisión y otra para recepción, las cuales serán de microcinta. Para el diseño de las antenas se podrá usar el software Advanced Design System (ADS), disponible en el Laboratorio de Investigación del DETRI, sin embargo no se descarta el uso de otros programas comerciales. Las mediciones de validación de las antenas se harán preferiblemente en la cámara anecoica del Laboratorio de Antenas, para lo cual se utilizará un generador de señales de RF y un analizador vectorial de redes, entre otros equipos.

La segunda parte del proyecto tomará entre 6 y 8 meses.

3. La última parte del proyecto comprende la integración de todo el hardware de la unidad lógica del radar, la realización de pruebas de funcionamiento en el laboratorio y la aplicación de correcciones y ajustes finales del prototipo.

Esta fase del proyecto requerirá de 3 a 4 meses.

Se debe señalar que las diferentes fases del proyecto podrán solaparse parcialmente entre sí, de modo que la duración total del proyecto será de 12 meses.

Además, cabe resaltar que una vez terminado este proyecto (de fabricación y prueba de los subsistemas de RF y antenas del SAR), se incorporarán los algoritmos de enfoque de datos (que se desarrollarán en otro proyecto interno) para obtener un prototipo básico de un SAR completo, cuyos resultados se reportarán a la SENESCYT.

#### REFERENCIAS:

1. Moreira, A., et al., *A tutorial on synthetic aperture radar*. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 2013. 1(1): p. 6-43.
2. Ward, S. and P. Bond. *The Earth Observation Handbook*. in *ESA Special Publication*. 2008.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, *Estado de los Bosques del Mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. 2016, Roma: FAO. 137.
4. Fenn, A.J. *Antenna design for the laptop radar project. Build a small radar system capable of sensing range, doppler, and synthetic aperture radar imaging*. 2011 [cited febrero, 2017; Available

el





- from: [https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES\\_LL\\_003IAP11\\_lec02.pdf](https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES_LL_003IAP11_lec02.pdf).
5. Williams, J.H. *Modular system rf design. Build a small radar system capable of sensing range, doppler, and synthetic aperture radar imaging*. 2011 [cited febrero, 2018; Available from: [https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES\\_LL\\_003IAP11\\_lec03.pdf](https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES_LL_003IAP11_lec03.pdf).
  6. Charvat, G.L. *Synthetic aperture radar (sar) imaging using the mit iap 2011 laptop based radar. Build a small radar system capable of sensing range, doppler, and synthetic aperture radar imaging*. 2011 [cited febrero, 2017; Available from: [https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES\\_LL\\_003IAP11\\_lec04.pdf](https://ocw.mit.edu/resources/res-ll-003-build-a-small-radar-system-capable-of-sensing-range-doppler-and-synthetic-aperture-radar-imaging-january-iap-2011/lecture-notes/MITRES_LL_003IAP11_lec04.pdf).
  7. Charvat, G.L., *Small and short-range radar systems*. 2014: CRC Press.
  8. Edwards, M.C., *Design of a continuous-wave synthetic aperture radar system with analog dechirp*. 2009, Brigham Young University.
  9. Kit, C.Y., et al. *The design and development of airborne synthetic aperture radar*. in *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2000. Proceedings. IGARSS 2000. IEEE 2000 International*. 2000. IEEE.
  10. Chan, Y.K., B.-K. Chung, and H.-T. Chuah, *Transmitter and receiver design of an experimental airborne synthetic aperture radar sensor*. *Progress In Electromagnetics Research*, 2004. **49**: p. 203-218.
  11. Chan, Y.K., et al., *Design and development of a C-band RF transceiver for UAVSAR*. *Progress In Electromagnetics Research C*, 2011. **24**: p. 1-12.

## 6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

### 6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Osciloscopio Real Time (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Analizador de espectros WiFi, WiMax, LTE, ISDBT (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Analizador de Microondas (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Juego de Antenas desde 800MHz a 26GHz	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Analizador Vectorial de Redes (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Generador Vectorial de Señales (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI





Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Atenuadores Coaxiales	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Kit de cables y adaptadores de RF de 18 a 26 GHz	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Medidor de potencia de hasta 40GHz (Keysight)	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI
Laboratorio de investigación y simulación para telecomunicaciones	Software de automatización de diseño electrónico ADS	Laboratorio de Investigación, Departamento: DETRI

### 6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos **solicitados** para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

### 6.3 Fondos Adicionales

- Los fondos necesarios para la realización del presente proyecto, han sido tomados en cuenta dentro del Proyecto Prometeo "Implementación de un prototipo de sensor de radar para la observación remota de la tierra".



## DECLARACIÓN FINAL

### TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Interdisciplinario

### TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

### TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño e implementación del subsistema de RF y antenas de un Radar de Apertura Sintética (SAR), para aplicaciones de observación remota de la Tierra.

### DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que, todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que, aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, estos serán compartidos entre los investigadores y las instituciones participantes en el proyecto.




-----  
Firma del Director del Proyecto  
Nombre: Fernando Carrera Suárez  
C.I.: 1710856871

### DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de PETRI, en sesión del día 26/09/17 mediante resolución No. R.D.047

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



-----  
Firma del Jefe del Departamento  
Nombre: David Mejía  
C.I.: 1714370333