

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, COMPUTACIÓN Y CONTROL  
INFORME DE AVANCE DE PASANTÍA**

**INFORME DE AVANCE DE PASANTÍA**

**DISEÑO DE UN EQUIPO ELECTRÓNICO  
CONTROLADOR DE INTERRUPTORES Y  
ATENUADORES EMPLEADO EN LA MEDICIÓN DE LA  
FIGURA DE RUIDO EN DISPOSITIVOS DE RADIO  
FRECUENCIA**

Br. Arias Bustamante, Jose A.  
C.I. 14.66.744.

Caracas, septiembre 2017.

---

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Descripción del Proyecto</b>	<b>1</b>
2.1. Metodología de trabajo . . . . .	2
2.2. Metodología inicial . . . . .	2
<b>3. Actividades Realizadas</b>	<b>4</b>
3.1. Documentación . . . . .	5
3.2. Investigación y recopilación de software asociado al SMFR . . . . .	5
3.3. Investigación e instalación de aplicaciones de software . . . . .	6
3.4. Desarrollo de software . . . . .	7
3.5. Informe técnico descriptivo del SMFR . . . . .	7
<b>4. Fase 2</b>	<b>7</b>
4.1. Ingeniería de software . . . . .	7
4.1.1. Captura de requerimientos de software . . . . .	7
4.1.2. Documento de captura de requerimientos de software . . . . .	9
4.1.3. Diseño de software . . . . .	9
4.1.4. Diseño de hardware . . . . .	9
4.1.5. Búsqueda, selección y pedido de componentes electrónicos . . . . .	9
<b>5. Elaboración de instrucciones de trabajo</b>	<b>9</b>

## 1. Introducción

Describe el proceso de instalación adaptador USB/GPIB Agilent 82357B, la instalación y construcción de la librería `c` de soporte (`linux-gpib`) a partir del código fuente y la obtención y carga del firmware para el adaptador.

## 2. Descripción del Proyecto

En la figura 1 se muestra un sistema propuesto por Agilent Technologies para medición de la figura de ruido en dispositivos de radio frecuencia y de microondas. Este sistema esta conformado por tres instrumentos fundamentales.

De los tres equipos listados, el Cendit dispone solo dos de ellos: el analizador de figura de ruido N8975A y el equipo para pruebas con fuente de ruido N2002A. Para que la institución pueda colocar en servicio el SMFR, requiere del controlador electrónico de atenuadores de la serie 11713 de Keysight Technologies. Por motivos presupuestarios, este equipo no ha podido ser adquirido.

Para suplir esta carencia, el Cendit requiere el diseño de un equipo electrónico que pueda suplir la funcionalidad de los equipos de la serie 11713 dentro del sistema. El diseño de este dispositivo es el tema del TEG del cual este documento es un informe de avance de pasantía.

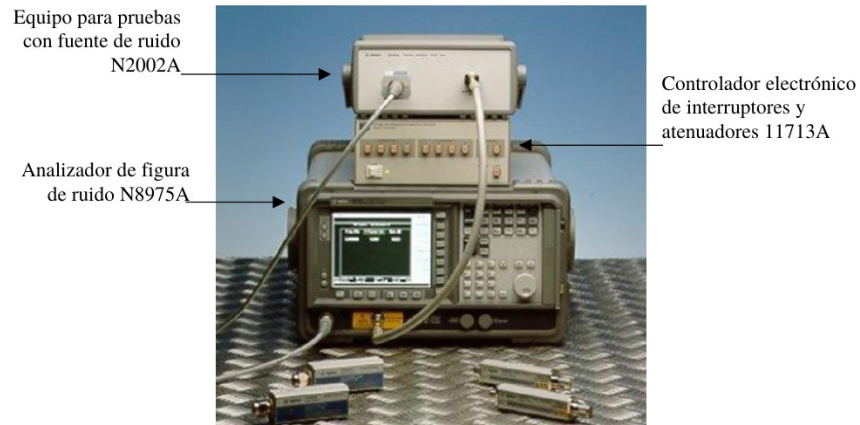


Figura 1: Sistema para medición de figura de ruido



Analizador de figura de ruido (NFA) N8975A



Equipo para pruebas con fuente de ruido N2002A



Controlador electrónico de interruptores y atenuadores, serie 11713

## 2.1. Metodología de trabajo

## 2.2. Metodología inicial

Al iniciar la pasantía en el Cendit, en el anteproyecto de TEG entregado como parte de los recaudos exigido para su inscripción, se planteo el cronograma de actividades a seguir durante el desarrollo del proyecto que se muestra en la tabla 1.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Fase 1																												
Fase 2																												
Fase 3																												
Seminario																												
Fase 4																												
Fase 5																												

Fecha de inicio: 6 de Marzo de 2017.

Jornada de 8 horas diarias, lunes a viernes, de 8:00 AM a 12:00 M y de 1:30 PM a 4:30 PM.

Cuadro 1: Cronograma de actividades inicial

La ejecución de proyecto se dividió en cinco fases, a desarrollar en un lapso de 28 semanas. A continuación

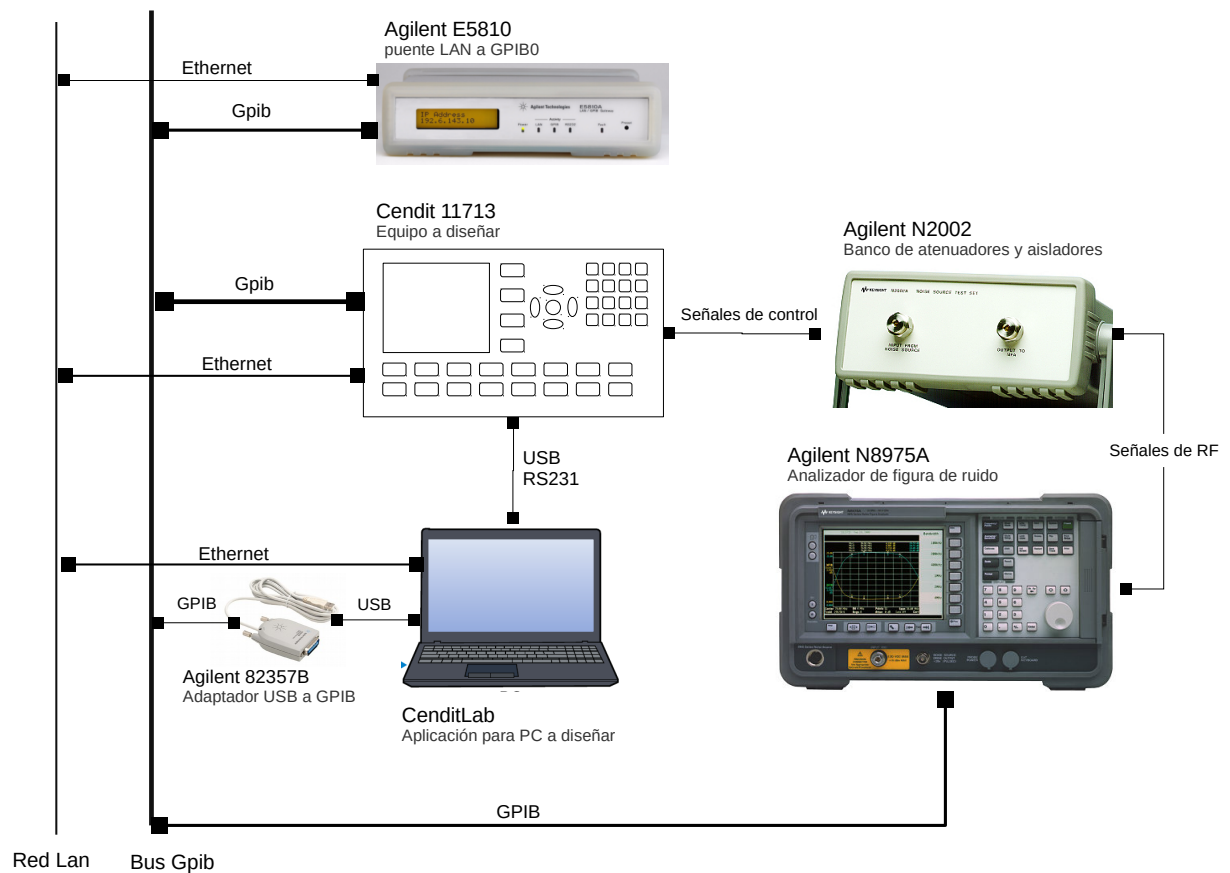


Figura 2: Esquema de sistema para medición de figura de ruido

se da una descripción general de las actividades propuestas en cada fase.

Diversos contratiempos surgidos en los últimos meses han impedido completar algunas de las fases en el tiempo estipulado, provocando que la fases anteriores se traslapen que le prosiguen.

La situación de conflictividad que se presento en la ciudad de Caracas en los últimos meses provocó que el Cendit se viese obligado a recortar la jornada laboral e incluso suspender días completos de actividad en varias ocasiones, para resguardar la integridad física del personal.

Se debe considerar que el proyecto asignado presenta un buen grado de complejidad, abarca el diseño y desarrollo de hardware, software y firmware. En un proyecto complejo, resulta difícil especificar de antemano un plan de trabajo, que detalle con exactitud las actividades a realizar y su extensión en tiempo, antes de involucrarse de lleno en su desarrollo.

En vista de lo anterior, en este tipo de proyectos, se debe considerar que el cronograma planteado es tentativo, no ha podido ser seguido al pie de la letra, sin embargo ha servido como una guía de la secuencia general de actividades a realizar.

Las actividades de investigación y desarrollo realizadas para la ejecución del TEG hasta la fecha, han demostrado que el proyecto requiere de tiempo adicional.

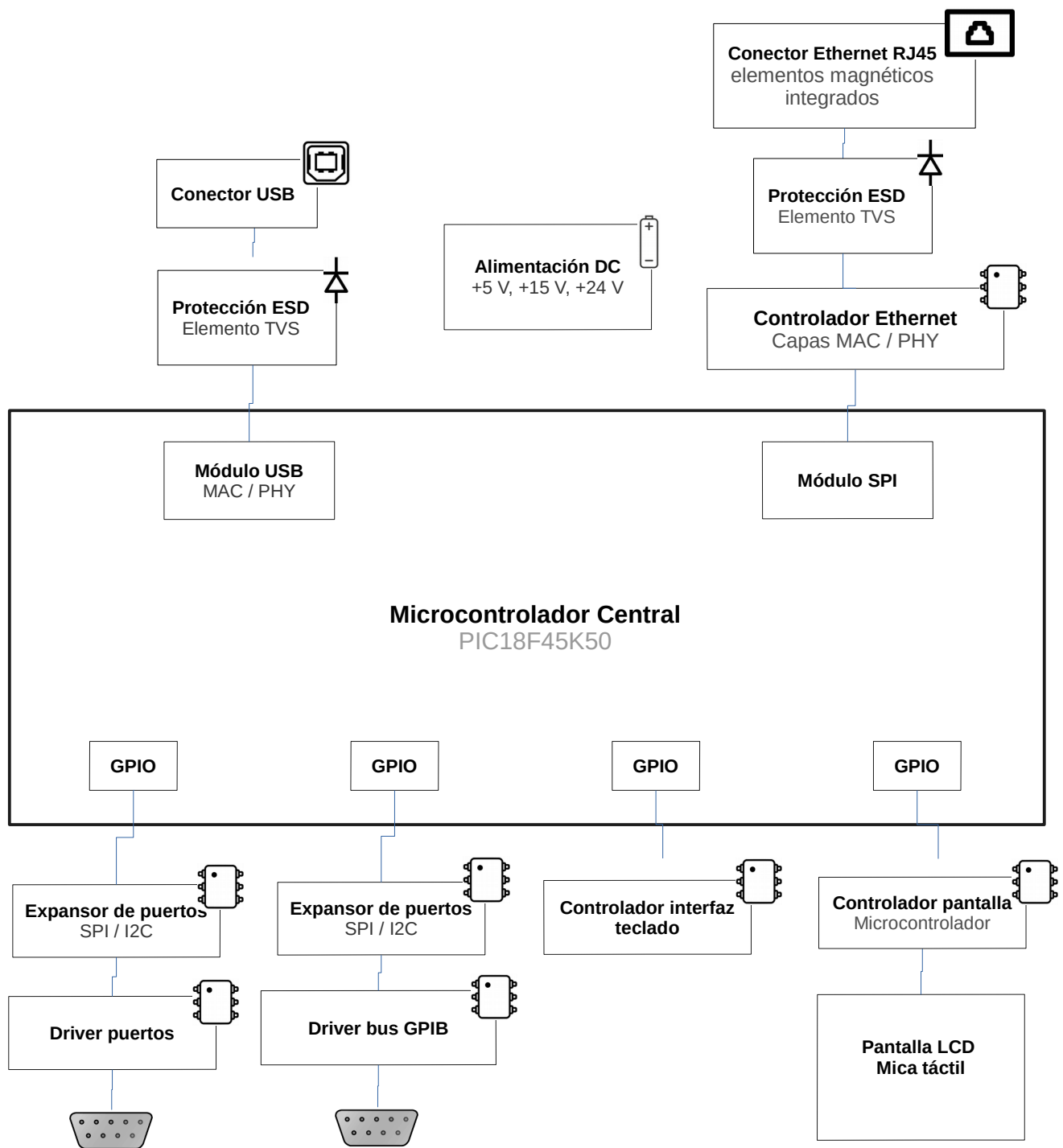


Figura 3: Diagrama de Bloques Hardware

### 3. Actividades Realizadas

En esta sección se detallan de forma sucinta las actividades realizadas en el desarrollo del TEG, para cada una de las fases, en los últimos 5 meses.

- 
- Fase 1** Preparación e investigación. Dedicada a investigar el funcionamiento de cada uno de los equipos que integran el sistema de medición de figura de ruido. La recopilación y lectura de la documentación de estos equipos que ofrecen las empresas Agilent y Keysight y a través de ensayos sobre el sistema se obtendrá un entendimiento del funcionamiento del mismo. La información obtenida se plasmará en un informe descriptivo del SMFR.
- Fase 2** Diseño de hardware. Comienza con la formulación de un concepto para un equipo que permita suplir la funcionalidad de un equipo de la serie Keysight 11713. Por medio de un proceso iterativo que implica el diseño de hardware, de firmware y mecánico se logrará la documentación de diseño, que permita construir el hardware en la siguiente fase.
- Fase 3** Implementación del hardware. Se construirá el hardware diseñado y se verificará su desempeño dentro del SMFR. Esta fase implica la depuración firmware y software además de verificar que el hardware cumpla los objetivos de diseño.
- Fase 4** Preparación de manuales. Se producirá un manual de usuario para el equipo implementado, que contendrá instrucciones para instalación, operación y resolución de fallas.
- Fase 5** Preparación de documentos. Cierra el proyecto con la preparación de un informe de pasantía para el Cendit. También se elabora el tomo parra TEG, a presentar en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCV.

### 3.1. Documentación

Correspondientes a la fase 1, las tareas de documentación realizadas son las siguientes

- Investigación sobre caracterización de dispositivos en alta frecuencia: parámetros de dispersión.
- Investigación sobre edición de figura de ruido en RF y microondas.
- Documentación acerca de cada uno de los instrumentos que integran el SMFR.
- Documentación acerca del software asociado o que brinda soporte al SMFR.

Para entender con propiedad el funcionamiento del SMFR, se debe entender el concepto de figura de ruido. Se realizó un estudio sobre la medición de figura de ruido en dispositivos de RF y microondas, haciendo énfasis en la técnica de medición de figura de ruido conocida como el método del factor Y, la cual es empleada por el SMFR.

Como el sistema mide figura de ruido en dispositivos de alta frecuencia, fue necesario estudiar el concepto de parámetros de dispersión en dispositivos de RF y de microondas. Los parámetros de dispersión son utilizados para caracterizar en frecuencia a dispositivos multipuertos en alta frecuencia, de forma análoga a las matrices de impedancia o admitancia.

Se recopiló la documentación asociada a los instrumentos y componentes que integran el SMFR. Esta documentación, en forma de manuales de usuario, notas técnicas y hojas de datos, se consiguió de forma libre en internet, en los sitios web de Keysight Technologies y Agilent Technologies.

### 3.2. Investigación y recopilación de software asociado al SMFR

El proceso de medición en el SMFR puede ser totalmente automatizado por medio de aplicaciones de software apropiadas. El estudio de la documentación del SFMR permitió conocer que existe un buen soporte de software para este sistema, en forma de librerías, entornos de desarrollo y programas de utilidad general.

---

El estudio de la documentación permitió conocer que existe una especificación que estandariza las comunicaciones entre instrumentos a través de diversos medios de transporte de datos en instrumentos de prueba y medición (Test & Measurement), como el bus de interfaz de propósito general (GPIB), o sobre protocolos como TCP/IP o USBTMC empleando puertos estandarizados de PC. Esta especificación se conoce como Virtual Instrument Software Architecture, conocida comúnmente como VISA, es una API que brinda una interfaz uniforme al programador para las operaciones de intercambio de datos.

Keysight Technologies suministra un amplio soporte de software para los dispositivos del SFMR, en especial un paquete de software conocido como Keysight IO Libraries Suite, que contiene las librerías VISA, exclusivamente para ambiente Windows.

National Instruments también proporciona librerías VISA para ambiente Windows y para algunas distribuciones de Linux, entre las cuales no se encuentra Ubuntu, sistema operativo que se emplea en el Cendit.

Se realizó un estudio y pruebas con las aplicaciones contenidas en la suite de Keysight, y se empleó la librería VISA que contiene para acceder a los instrumentos del SMFR en ambiente Windows.

Como el Cendit requiere el uso de software libre, se intentó instalar las librerías VISA que National Instruments ofrece para Linux, sin resultados satisfactorios, ya que esta empresa proporciona una librería para Ubuntu.

Ante la carencia de una librería VISA que pueda ejecutarse en Ubuntu, se buscaron alternativas, por ejemplo para el acceso a instrumentos en el bus GPIB se logró por medio de la librería conocida como linux-gpib.

### 3.3. Investigación e instalación de aplicaciones de software

Para la elaboración de documentos se instaló el paquete de oficina *LibreOffice* en su versión 5.3.4.2.

Para generar documentos con formato pdf con alta calidad tipográfica, se instaló una distribución de  $\text{\LaTeX}$  conocida como *TeX Live* (<https://www.tug.org/texlive/>) acorde al sistema operativo Ubuntu.

Obtenida esta distribución de  $\text{\LaTeX}$ , fue necesario instalar un editor de documentos en formato .tex conocido como *TeX Studio* (<http://texstudio.sourceforge.net/>).

Los cálculos matemáticos se realizaron por medio de dos herramientas de software: un paquete de cálculo simbólico y una aplicación para cálculo numérico. Para el cálculo simbólico se emplea *Maple* versión 13 para Linux y para el cálculo matricial se emplea el software de fuente libre *Scilab* (<https://www.scilab.org/>) versión 6.0.0

El desarrollo tanto de software como de firmware existen aplicaciones de software que facilitan en gran medida en trabajo del desarrollador, conocidas como *entornos de desarrollo integrados*, *IDE* por sus siglas en inglés. Las herramientas IDE permitan gestionar cada una de las actividades implicadas durante el ciclo de vida de desarrollo: edición de código, compilación, depuración, administración de dependencias y librerías y control de versiones.

Para el desarrollo de firmware con microcontroladores y dispositivos de Microchip, se emplea el MPLAB IDE, versión 3.50 para Ubuntu.

Para el desarrollo de aplicaciones de escritorio en C/C++ se instaló la *plataforma de desarrollo de software* conocida como *QT* (<https://www1.qt.io/es/>). El interés por usar esta herramienta es que incluye un SDK - Source Development Kit, el cual es un conjunto de librerías que da soporte al diseño de interfaces gráficas y, además, integra un IDE conocido como QT creator.

El desarrollo de aplicaciones Java requiere el uso de una distribución del JDK -Java Development Kit- apropiado para sistema operativo Linux. Se emplean dos variantes de JDK, con fines de establecer diferen-

cias. Se instalaron la distribución del JDK de Oracle (<http://www.oracle.com/technetwork/es/java/index.html>) en su versión 1.8.0 y la implementación en código abierto suministrada por OpenJDK (<http://openjdk.java.net/>) con versión 1.7.0.

El IDE empleado para el desarrollo de aplicaciones Java es *Intelli J IDEA* (<https://www.jetbrains.com/idea/>).

Como se hace uso del *lenguaje unificado de modelado*, UML por sus siglas en ingles, para el diseño de software, se instaló una aplicación que permita generar los distintos tipos de diagramas UML. La aplicación elegida para este fin es *StarUML* (<http://staruml.io/>), version 2.8.0.

### 3.4. Desarrollo de software

Para el desarrollo de software se comenzó elaborando el concepto de la aplicación dentro del SMR que se muestra en la figura

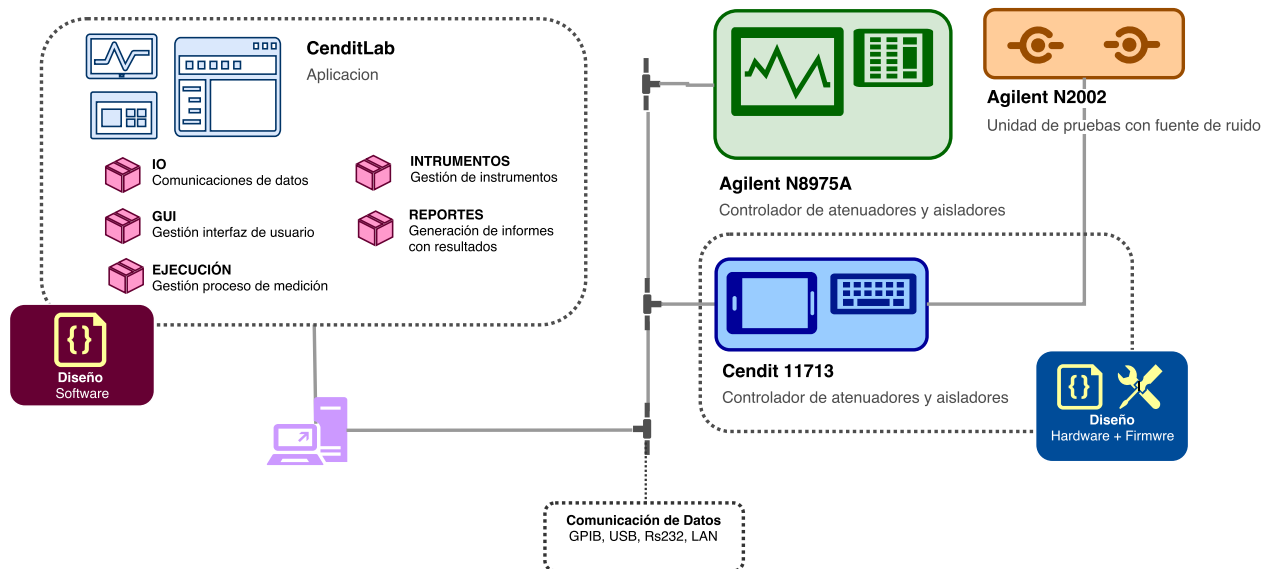


Figura 4: Diagrama de Bloques Hardware

### 3.5. Investigación de librerías de software

La aplicación CenditLab presentará una interfaz gráfica, se decide emplear *JavaFX* la cual es una tecnología dentro del ecosistema Java que permite desarrollar *aplicaciones de internet enriquecidas* (rich internet application - RIA). De esta tecnología se toma la facilidad que brinda para desarrollar interfaces de usuario de alta calidad.

CenditLab otorgará al usuario la funcionalidad de generar reportes de resultados en formato pdf.



---

### 3.6. Informe técnico descriptivo del SMFR

### 3.7. Ingeniería de software

#### 3.7.1. Captura de requerimientos de software

Para sistema de medición de ruido de la figura 1 se diseñará e implementará una aplicación de software que permita gestionar y automatizar el proceso de medición con el SMFR empleando un PC. Conocidas como aplicaciones para sistemas *Test and Measurement (T & M)*, Keysight Technologies suministra varias aplicaciones de este tipo, para ambiente Windows, su uso requiere de la compra de una licencia, aunque se pueden descargar versiones pruebas con limite de tiempo. El Cendit requiere que el desarrollo de la aplicación se haga bajo los principios que rigen el software libre, destinada inicialmente a ejecutarse en Ubuntu.

Se inicio la captura de requerimientos de software por medio de dos vías: el estudio de aplicaciones de tipo T & M y captura de requerimientos por parte de los usuarios potenciales dentro del Cendit. En la primera de ellas se estudiaron las características esenciales del software para ambiente Windows que suministra la empresa Keysight Technologies, entre estas se tienen aplicaciones como BenchVue o Keysight VEE Pro la cual es un entorno de programación de instrumentos gráfico, que guarda buena similitud con la aplicación de National Instruments LabView.

Se estudiaron además las aplicaciones de tipo T & M que dispone el Cendit, entre ellas la aplicación conocida como *EmcTest32* en el laboratorio de compatibilidad electromagnética conducida (EMC), empleada para el control de la instrumentación que se emplea en ensayos de EMC en equipo electrónico.

El estudio se enfoco en dos aspectos fundamentales de estas aplicaciones, como lo son la interfaz de usuario y sus funciones principales.

Dentro del Cendit, su personal técnico cuenta con amplia experiencia en el uso de aplicaciones de tipo T & M, en especial para ensayos de EMC por medios guiados y radiados. Es por ello que se considero la opinión de la Ing. Katherine Moncada y el TSU José Rodríguez sobre la funcionalidad que debe brindar una aplicación que autoatice el proceso de medición de figura de ruido. También resultado de importancia la opinión que dieron los usuarios potenciales de la futura aplicación dentro del Cendit, ya que ellos cuentan con la experiencia en el uso de estas aplicaciones. Se seleccionaron dos miembros del personal Cendit dieron sus

Para sistematizar el proceso de captura de requerimientos de software, el tutor sugirió estudiar los estándares ISO/IEC/IEEE, que brindan un marco teórico y una metodología estandarizada para la captura de requerimientos de sistemas de software. Los documentos estudiados se lista a continuación,

1. Systems and Software Engineering Architecture Description (ISO/IEC/IEEE 42010, 2011).
2. System and Software Engineering Life Cycle Processes Requirements Engineerng (ISO/IEC/IEEE 29148, 2011).
3. Systems and Software Engineering Vocabulary (ISO/IEC/IEEE 24765, 2011).

El documento número 1 brinda una base conceptual, en el se definen de cada uno de los elementos e integrantes involucrados en desarrollo de un sistema de software. A partir de la definición de las partes, detalla como se interrelacionan entre si para formar lo que en el documento se conoce como la arquitectura del sistema.

Del documento número 2 se obtienen pautas para elaborar el documento de captura de requerimientos de software. Este documento trata sobre la ingeniería de requerimientos, definida como una disciplina interdisciplinaria que se encarga de mediar entre los dominio de las personas participantes del sistema para así establecer los requisitos que este debe cumplir. De este documento se obtienen las características

---

que debe poseer un requerimientos de software bien plateado, además del esquema del documento escrito que los contiene.

El documento 3 es un glosario que contiene la definición de una gran cantidad de terminos de uso común en la ingeniería de software. Pretende estandarizar la terminología.

### **3.7.2. Documento de captura de requerimientos de software**

Con la información obtenida en la sección anterior, se procede a elaborar el documento de requerimientos de software. En el se describen de forma textual los requisitos que debe cumplir la aplicación en lo relativo a presentación y funcionalidad. Este documento sigue la estructura propuesta en el estándar ISO/IEC/IEEE 29148.

### **3.7.3. Diseño de software**

### **3.7.4. Diseño de hardware**

Diagrama conceptual y adquisición de componentes.

### **3.7.5. Búsqueda, selección y pedido de componentes electrónicos**

## **4. Elaboración de instrucciones de trabajo**