

Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)

Escuela de Ingeniería

**Máster universitario en Diseño y Gestión de
Proyectos Tecnológicos**

Caracterización y cualificación de carne porcina con técnicas de microondas

Trabajo Fin de Máster

presentado por: Trillos Gutiérrez, Juan Leonardo

Director/a: Dr. Yenes Gallego, José Ignacio

Ciudad: Bogotá, Colombia

Fecha: Enero 2019

TABLA DE CONTENIDO

1) Resumen.....	7
2) Abstract.....	7
1) INTRODUCCIÓN	8
1.1) Motivación	8
1.2) Planteamiento del proyecto	8
2) CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE	9
2.1) Marco teórico.....	9
2.1.1) Conceptos básicos del proceso.....	9
2.1.2) Proceso de sensado y obtención de datos	16
2.1.3) Tecnologías para el desarrollo de software	21
2.2) Estado del arte	24
2.3) Identificación del entorno tecnológico	25
3) IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	26
3.1) Objetivos	26
3.1.1) Objetivo general	26
3.1.2) Objetivos específicos	26
3.2) Justificación del proyecto.....	26
3.3) Alcance y limitación del proyecto	26
3.4) Metodología de trabajo	27
4) DESARROLLO ESPECÍFICO DE LA CONTRIBUCIÓN.....	29
4.1) Descripción funcionalidades del sistema	29
4.2) Gestión de la configuración	29
4.2.1) Identificación de la configuración.....	30
4.2.2) Definiciones y establecimiento de bibliotecas de software.....	31
4.2.3) Sistema de Versionamiento.....	32
4.3) Definición paquetes de trabajo	33
4.4) Comunicaciones del proyecto.....	39
4.5) Elaboración del presupuesto	41

4.6) Conformación equipo del proyecto.	44
5) PLANES DE GESTIÓN	50
5.1) Plan de gestión de riesgos.....	50
5.1.1) Identificación de Riesgos	50
5.1.2) Análisis de riesgos	52
5.1.3) Planificación de respuesta al riesgo	54
5.1.4) Control y monitoreo del riesgo.....	56
5.2) Plan de calidad	57
5.2.1) Lista de chequeo para requerimientos	58
5.2.2) Lista de chequeo para gestión de la configuración	61
5.2.3) Lista de chequeo para la arquitectura de la solución	62
5.2.4) Lista de chequeo para el modelo de diseño	62
5.3) Plan de divulgación y explotación	64
5.3.1) Canales de divulgación y herramientas	64
6) CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	66
6.1) Conclusiones	66
6.2) Trabajo futuro	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación de las ondas de microondas por bandas [1]	9
Figura 2.2 Diagrama entrada/salida sensor	10
Figura 2.3 Sensor de transmisión en espacio libre [4]	11
Figura 2.4 Sensor de onda guiada [4].....	12
Figura 2.5 Sensor de reflexión [4].....	14
Figura 2.6 Permitividad en función de la frecuencia [6]	15
Figura 2.7 Procedimiento de caracterización.....	16
Figura 2.8 Analizador de redes vectoriales.....	17
Figura 2.9 Sensor Probe 85070.....	17
Figura 2.10 Cable coaxial.....	18
Figura 2.11 Diagrama metodología	18
Figura 2.12 Asignación de variables a los músculos	19
Figura 3.1 Manifiesto Ágil	27
Figura 5.1 Pasos para la estructura de gestión de riesgos en SCRUM	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de las muestras	20
Tabla 4.1 Descripción de funcionalidades del sistema	29
Tabla 4.2 Códigos según tipo de documento para SCCPM.....	31
Tabla 4.3 Modelo biblioteca de SW	32
Tabla 4.4 Paquete de trabajo 01	33
Tabla 4.5 Paquete de trabajo 02	34
Tabla 4.6 Paquete de trabajo 03	34
Tabla 4.7 Paquete de trabajo 04	35
Tabla 4.8 Paquete de trabajo 05	35
Tabla 4.9 Paquete de trabajo 06	36
Tabla 4.10 Paquete de trabajo 07	36
Tabla 4.11 Paquete de trabajo 08	37
Tabla 4.12 Paquete de trabajo 09	37
Tabla 4.13 Paquete de trabajo 10	38
Tabla 4.14 Paquete de trabajo 11	38
Tabla 4.15 Salarios equipo de trabajo	42
Tabla 4.16 Presupuesto total proyecto	43
Tabla 4.17 Rol director de proyectos.....	44
Tabla 4.18 Rol product Owner.....	44
Tabla 4.19 Rol Scrum Master.....	45
Tabla 4.20 Rol Líder Técnico	45
Tabla 4.21 Rol Ingeniero de Desarrollo Senior	46
Tabla 4.22 Ingeniero de desarrollo Junior	46
Tabla 4.23 Rol de tester de software.....	47
Tabla 4.24 Rol de Community Manager	47
Tabla 4.25 Rol Arquitecto de Software	48
Tabla 4.26 Rol Asesor externo (Experto en big data)	48
Tabla 4.27 Rol Asesor externo (Experto en proceso de sensado y análisis de las muestras de carne porcina)	49
Tabla 5.1 Riesgos del proyecto	51
Tabla 5.2 Matriz de probabilidad e impacto	52
Tabla 5.3 Valores de riesgo obtenido	52
Tabla 5.4 Matriz de cuantificación y priorización de los riesgos.....	53
Tabla 5.5 Mitigación a los riesgos del proyecto	56
Tabla 5.6 Lista de chequeo para requerimientos.....	60

Tabla 5.7 Lista de chequeo para gestión de la configuración	61
Tabla 5.8 Lista de chequeo para arquitectura de solución.....	62
Tabla 5.9 Lista de chequeo para el modelo de diseño.....	63

Resumen

El presente trabajo de fin de master TFM contiene el diseño y planificación para el desarrollo de una plataforma tecnológica moderna y ágil, orientada a calcular, analizar y valorar la calidad de la carne porcina a través de la evaluación de la permitividad (constante dieléctrica) efectuada previamente (valores provenientes de sensor con técnicas de microondas) y almacenada en archivos planos.

Para este propósito se estableció un plan de trabajo basado en las mejores prácticas y guías que ofrece PMBOK y la metodología SCRUM adoptando necesidades tales como la definición de paquetes de trabajo, gestión de la configuración, elaboración de presupuesto, plan de gestión de recursos, de riesgos, de calidad y plan de explotación para finalmente validar el prototipo de la solución cumpliendo con los objetivos propuestos en la planificación del desarrollo de esta solución.

Palabras Clave: carne porcina, plataforma, permitividad, microondas.

Abstract

The present work, end of master TFM contains the design and planning for the development of a modern and agile technological platform, aimed to calculating, analyzing and assessing pork meat's quality through the evaluation of the permittivity carried out previously (values coming from of sensor with microwave techniques) and stored in flat files.

For this purpose, a work plan was established based on the best practices and guides offered by PMBOK and the SCRUM methodology, adopting needs such as the definition of work packages, configuration management, preparation of the budget, resource management plan, risk's plan, quality's plan and exploitation' plan to finally validate the prototype of the solution fulfilling the objectives proposed in the planning of the development of this solution.

Keywords: Pork meat, platform, permittivity, microwave.

1) INTRODUCCIÓN

1.1) Motivación

El aumento en consumo de carne porcina a nivel mundial implica incursionar en la búsqueda y análisis de diferentes técnicas referentes al reconocimiento y medición de la calidad de la carne.

Este trabajo fin de master se enfoca en optimizar la forma en que se analiza y se mide la calidad de la carne porcina usando técnicas modernas y sistemas tecnológicos de punta para obtener un software eficiente, rápido y veraz, capaz de mostrar datos contundentes que permitan concluir de manera óptima la calidad de la carne.

La principal motivación en el desarrollo de este proyecto se da a través del entusiasmo y proyección de los ejecutores en la optimización de procesos a través de software. Además, se encontraron varios estudios referentes a la caracterización de carne animal que no cuentan con un sistema que contribuya a gestionar, calcular, analizar y mostrar resultados claros para cualquier persona a través de una interfaz gráfica.

1.2) Planteamiento del proyecto

Se pretende construir una plataforma moderna que almacene, analice, calcule y muestre resultados concluyentes referentes a la calidad de carne porcina teniendo como entrada una serie de archivos planos con los datos de las mediciones realizadas sobre la carne con técnicas de microondas.

Teniendo como entrada las mediciones de permitividad de la muestra de carne porcina, que son realizadas con un sensor Probe-85070 (Anexo A) y un Analizador de redes vectoriales VNA-9918A (Anexo B) se efectuará una caracterización por cole-cole para obtener: edad del animal y estado de la carne (fresco y no fresco).

2) CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE

2.1) Marco teórico

En este apartado se encontrarán tres secciones, las dos primeras enfocadas en la investigación de la caracterización de la carne porcina con técnicas de microondas y la última basada en las tecnologías para desarrollo de software.

2.1.1) Conceptos básicos del proceso

Introducción a las Microondas

Las microondas son radiaciones electromagnéticas no ionizantes. Estas emisiones reciben esta asignación porque no poseen la energía necesaria para producir ionizaciones; es decir no tienen la potencia suficiente para arrancar electrones de los átomos con los que interactúa, se encuentran asignadas al espectro no visible con frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz, con longitudes de onda entre 1 mm y 1 m y periodos de oscilación entre 3×10^{-12} s y 3×10^{-9} s.

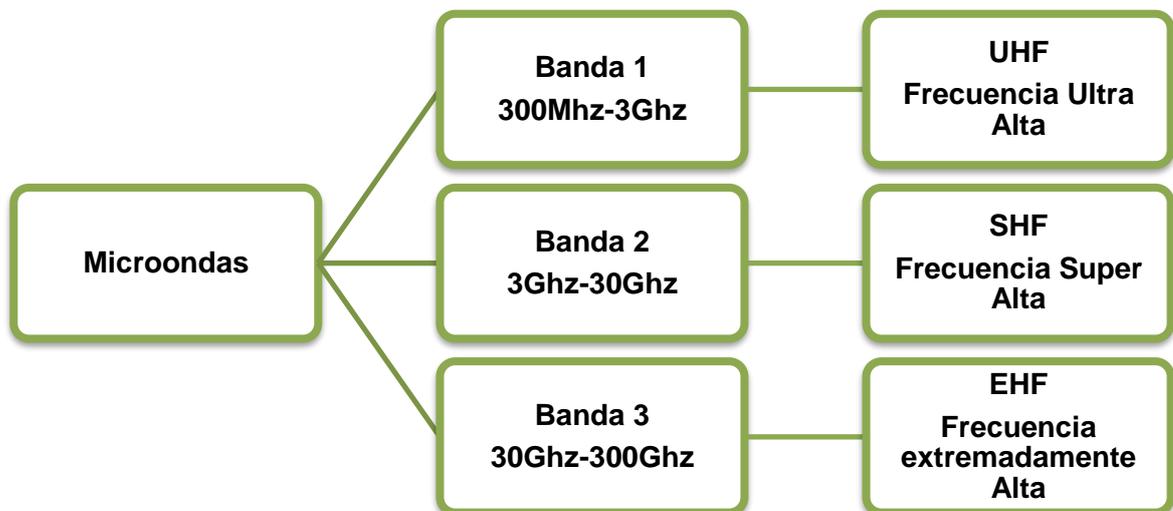


Figura 2.1 Clasificación de las ondas de microondas por bandas [1]

Existen tres bandas de frecuencias pertenecientes a las microondas, las cuales se clasifican de la siguiente manera: Ultra alta frecuencia (UHF) desde los 300 MHz a 3GHz, súper alta frecuencia (SHF) desde los 3GHz a 30GHz y la extremadamente alta (EHF) desde los 30GHz a 300GHz como se muestra en la Figura 2.1.

Sensores de Microondas

Los sistemas de monitoreo en cualquier tipo de proceso necesitan poder medir cambios de una manera eficiente y precisa; es allí donde los sensores aparecen como alternativa, siendo estos también llamados captadores ya que toman variaciones de fenómenos físicos, químicos, entre otros y lo transforman en una señal que se pueda interpretar [2], como se visualizan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

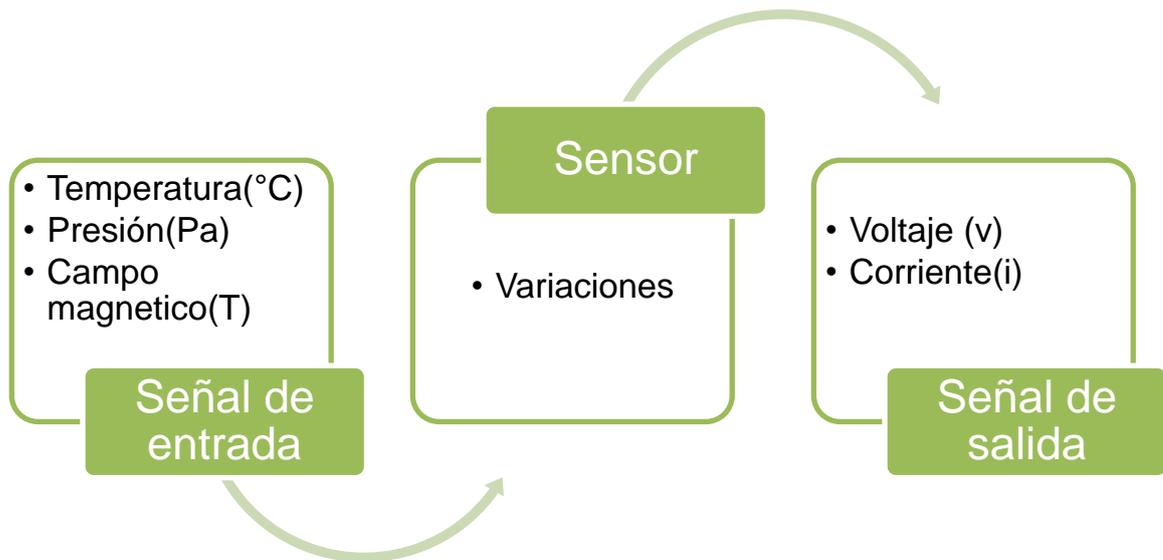


Figura 2.2 Diagrama entrada/salida sensor

Los sensores de microondas pueden ser empleados para medir diferentes tipos de variables tales como: temperatura, distancia, nivel, movimiento, velocidad, tamaño y propiedades de un material (ϵ) [3].

Los sensores de microondas tienen múltiples arreglos para realizar mediciones. Todos tienen características diferentes, lo que los hace adecuados para diferentes aplicaciones. A continuación, se brinda un breve resumen de los principales grupos con algunos ejemplos.

Sensores de transmisión en espacio libre

La configuración geométrica básica consiste en tener dos antenas, una transmitiendo y una recibiendo; en el espacio entre ellas se coloca la muestra, haciendo que esta afecte la fase y la amplitud de la señal de microondas.

Este tipo de sensores es utilizado principalmente en la medición de una corriente de material en una tubería, las microondas deben ser transmitidas a través de ventanas dieléctricas en lados opuestos de la tubería con una antena transmisora en un lado y una antena receptora en el otro lado (Figura 2.3). En el camino entre las antenas, la señal de microondas penetra en el material que fluye por la tubería. La permitividad de la muestra afecta tanto a la fase como a la amplitud de la señal. La ventaja de esta configuración es su simplicidad, y el principal problema es la sensibilidad a las reflexiones en varias partes del sistema, como las ventanas dieléctricas y las interfaces dentro del material que dependen del régimen de flujo.

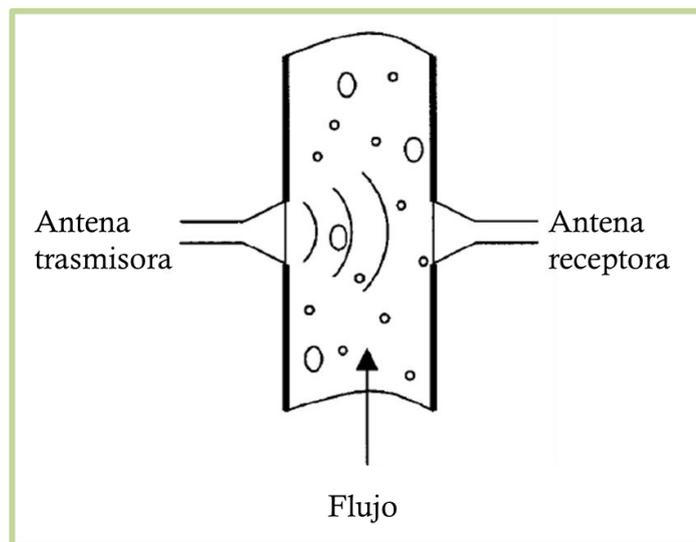


Figura 2.3 Sensor de transmisión en espacio libre [4]

Las reflexiones en el sistema causan ondulaciones en la respuesta de frecuencia, y la amplitud es mucho más afectada que la fase. Si el sensor se basa en la medición de un solo parámetro de microondas, normalmente se obtiene una mayor precisión midiendo la fase que la atenuación [4].

Sensores de transmisión especial

Un sensor de transmisión especial, se obtiene variando el canal de referencia de un sensor de transmisión convencional, este realiza las mediciones a partir de la fase.

Un ejemplo es el medidor multifásico fabricado por Roxar en Noruega, que se utiliza para medir las tasas actuales de petróleo, agua y gas. Tiene una antena transmisora y dos antenas receptoras a diferentes distancias. Con esta configuración los canales son más parecidos entre sí, lo que puede eliminar algunas fuentes de error como la respuesta de frecuencia de las antenas. El medidor multifásico también evita errores causados por los modos de guía de onda en la tubería al variar la frecuencia de medición. El medidor consta de dos conjuntos de antenas separadas a cierta distancia en la dirección del flujo. La velocidad se obtiene[4],

mediante la realización de las mismas mediciones en ambos conjuntos y la correlación cruzada de los resultados.

Sensores de ondas guiadas

Los sensores con guías de onda como su nombre lo indica, están compuesto de una guía por la cual se propaga la onda, esta puede ser; un cable coaxial o una línea de placas. En estos sensores la muestra se pone en contacto con el campo eléctrico en una sección de la línea, afectando así al factor de propagación (fase y atenuación).

El sensor de onda guiada presenta dos ventajas: mejor control de la adaptación de la impedancia y una menor influencia del entorno, una desventaja es que el campo eléctrico que detecta la permitividad de la muestra, es normalmente sólo el campo marginal. Por lo tanto, la sensibilidad es menor y el sensor sólo mide una pequeña fracción de la cantidad total. El sensor también es sensible a la contaminación en la superficie. Para mezclas homogéneas sin riesgo de contaminación, un sensor de transmisión de onda guiada puede ser una buena alternativa.

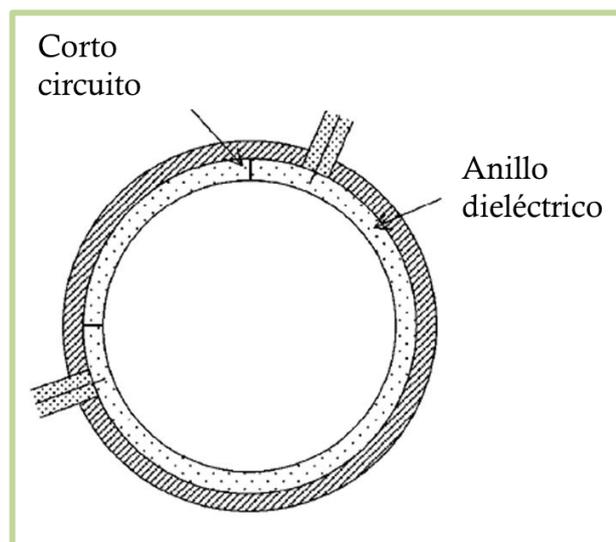


Figura 2.4 Sensor de onda guiada [4]

La Figura 2.4 muestra un ejemplo de un diseño, que está destinado principalmente a medición de líquidos, el cual consiste en un anillo dieléctrico sumergido en una ranura que ha sido cortada en la pared en el interior de una tubería; las microondas se propagan en el anillo como en una guía de onda dieléctrica. Los sensores de transmisión de ondas guiadas generalmente no son adecuados para aplicaciones en la industria petrolera, excepto para emulsiones de aceite y agua con un tamaño de gota muy pequeño[4].

Sensores de resonancia

Estos sensores están basados en el principio de una guía de onda la cual está formada por diferentes estructuras en las cuales las señales de microondas pueden propagarse; los materiales de dichas estructuras pueden presentar limitaciones o discontinuidades de impedancia generando reflexiones. Estas estructuras buscan a través de una interferencia constructiva en forma de resonancia, obtener reflexiones múltiples en fase a una frecuencia. Debido a esta condición cuando se coloca la muestra en el resonador se obtiene una variación en la permitividad y en la frecuencia de resonancia.

Este resonador se denomina de diferentes maneras dependiendo de sus estructuras entre las cuales se listarán las más implementadas: resonador coaxial, de microtip, de placas paralelas, de cavidad o de ranura. Por esta característica de versatilidad este tipo de sensores se pueden desarrollar para la medición de múltiples materiales en diferentes estados como: gases, líquidos, sólidos.[3], [4].

Sensores de reflexión, TDR y radar

Un sensor de reflexión se basa en la medición del coeficiente de reflexión de una onda reflejada desde el extremo de una línea de transmisión. El diseño está hecho de tal manera que el campo de franja al final, está en contacto con la muestra, lo que afecta la fase y la magnitud del coeficiente de reflexión. Un ejemplo típico es el sensor coaxial abierto, que es un dispositivo conveniente para medir la permitividad en un amplio rango de frecuencias, o en ciertas frecuencias armónicas, si el otro extremo está en cortocircuito o abierto, de tal manera que el coaxial se convierte en un resonador[3], [4]. Este sensor es ampliamente utilizado en mediciones de permitividad en el laboratorio y está disponible como equipo opcional para analizadores de redes vectoriales (VNA).

Las ventajas presentes en este tipo de sensores, son la amplia gama de frecuencias en las que trabaja y la baja necesidad de preparación de muestras. Una desventaja es la sensibilidad a un espacio de aire entre el sensor y la muestra, por ejemplo, como resultado de la rugosidad de la superficie. Para muestras blandas, como tejidos biológicos o líquidos, el problema no existe debido al pequeño volumen de muestra que afecta a una medición; las mezclas no homogéneas causan mucha dispersión entre mediciones individuales.

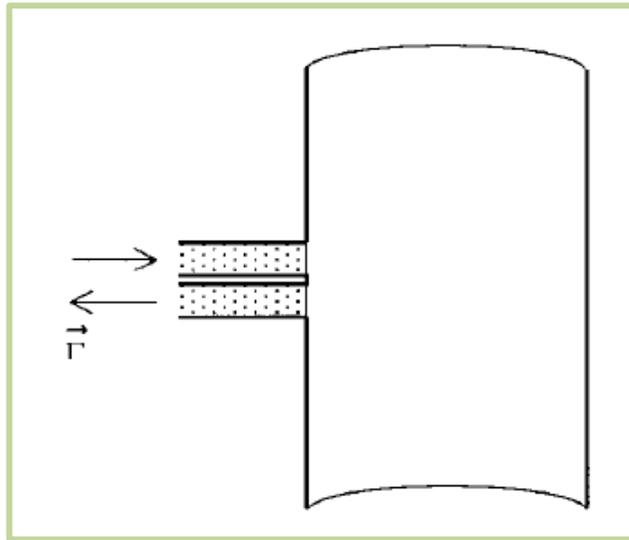


Figura 2.5 Sensor de reflexión [4]

El sensor coaxial de extremo abierto se puede utilizar para realizar mediciones en línea en una tubería, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2.5; sólo mide una pequeña fracción de la masa que fluye en la tubería, y es sensible a la contaminación, debido a que mide a partir del campo de borde en la superficie frontal del sensor; es adecuado para la medición de mezclas homogéneas donde no hay riesgo de contaminación, para ello, proporciona una solución de un sensor sencillo que se puede utilizar para realizar mediciones de banda ancha. La información independiente se recupera de diferentes partes del espectro, si diferentes fenómenos, como la conductividad iónica y las pérdidas de relajación de Debye, afectan la permitividad en diferentes partes del espectro de microondas.

Polarización

Es el proceso por el cual aparecen dipolos (eléctricos o magnéticos) debido a la presencia de un campo de su misma naturaleza, el cual le da orientación al dipolo, los materiales donde se presenta el fenómeno son llamados dieléctricos.

Polarización en dieléctricos

Los materiales dieléctricos presentan cuatro tipos predominantes de polarización: iónica, que se manifiesta a frecuencias bajas; dipolar, la cual se da en frecuencias dentro del rango de las microondas; atómica, que se encuentra en el rango del infrarrojo; electrónica; que abarca el rango de frecuencias de violeta y ultravioleta.

La permitividad está compuesta por la constante dieléctrica(ϵ') y el factor de pérdida(ϵ''); en la Figura 2.6, se puede apreciar el comportamiento de ϵ' y ϵ'' en cada una de los tipos de polarización.

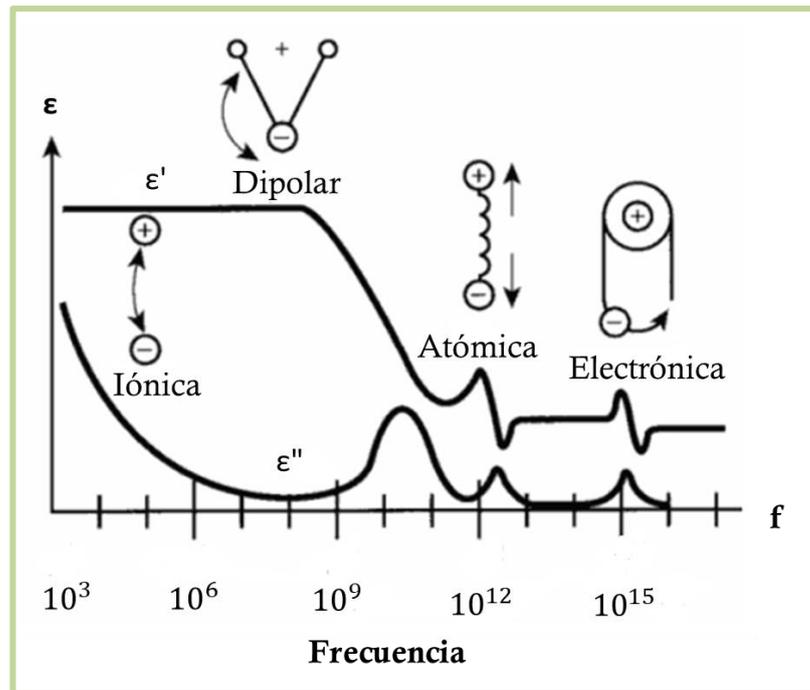


Figura 2.6 Permitividad en función de la frecuencia [6]

Modelo de Debye

Es un modelo basado en la propiedad de un material dieléctrico para alinear dipolos permanentes o inducidos con respecto a un campo eléctrico, este proceso puede ser medido en función del tiempo y denominado, tiempo de relajación (τ), dicho modelo fue desarrollado por Peter Debye y es modelado por la ecuación (2.1).

$$\epsilon(w) = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_{\infty}}{1 + (jw\tau)} \quad (2.1)$$

Donde:

- $\epsilon(w)$ es la permitividad compleja.
- w es la frecuencia angular.
- τ es el tiempo de relajación.
- ϵ_{∞} es la permitividad en una frecuencia infinita.
- ϵ_s es la permitividad en una frecuencia estática.

Ecuación de Cole – Cole

Esta ecuación está basada en el modelo de Debye, es una solución matemática para describir el comportamiento de la permitividad compleja de un material dieléctrico, teniendo en cuenta su dispersión y sus múltiples tiempos de relajación.

Teniendo en cuenta que el material a trabajar es un musculo, se asumen dos tiempos de relajación en la ecuación (2.2).

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}}{1 + (w\tau_1)^2} - j \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{\infty}(w\tau_1)}{1 + (w\tau_1)^2} \quad (2.2)$$

Posteriormente se realiza el despeje para los dos tiempos de relajación mencionados anteriormente y se obtiene la ecuación (2.3).

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} + \frac{\Delta\varepsilon_1(1 + \omega\tau_1)}{1 + (w\tau_1)^2} + \frac{\Delta\varepsilon_2(1 + \omega\tau_2)}{1 + (w\tau_2)^2} - j \left\{ \frac{\Delta\varepsilon_1\omega\tau_1}{1 + (w\tau_1)^2} + \frac{\Delta\varepsilon_2\omega\tau_2}{1 + (w\tau_2)^2} \right\} \quad (2.3)$$

2.1.2) Proceso de sensado y obtención de datos

En este apartado se describen los materiales y procedimientos efectuados en todas las fases requeridas para realizar el proceso correspondiente a la caracterización de la carne de cerdo, este procedimiento se puede visualizar en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Procedimiento de caracterización

a) Localización del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad de Guanajuato campus Irapuato-Salamanca en el laboratorio de comunicaciones de alta frecuencia.

b) Materiales y equipos

Materiales

Músculos frescos de cerdo Hembra

- *Gluteus Superficiales*
- *Semitendinosus*
- *Bíceps Femoris*

Músculos frescos de cerdo Macho

- *Gluteus Superficiales*
- *Semitendinosus*
- *Bíceps Femoris*

Equipos

- Analizador de redes vectoriales VNA (9918A)



Figura 2.8 Analizador de redes vectoriales

- Sensor (sensor coaxial de extremo abierto Probe-85070)



Figura 2.9 Sensor Probe 85070

- Cable coaxial de bajas pérdidas



Figura 2.10 Cable coaxial

- Equipo de cómputo
- Software de medición de materiales 85071E
- Termómetro industrial

c) Metodología

Para el desarrollo de las mediciones se efectuaron una serie de pasos que se describirán en su orden cronológico en la Figura 2.11

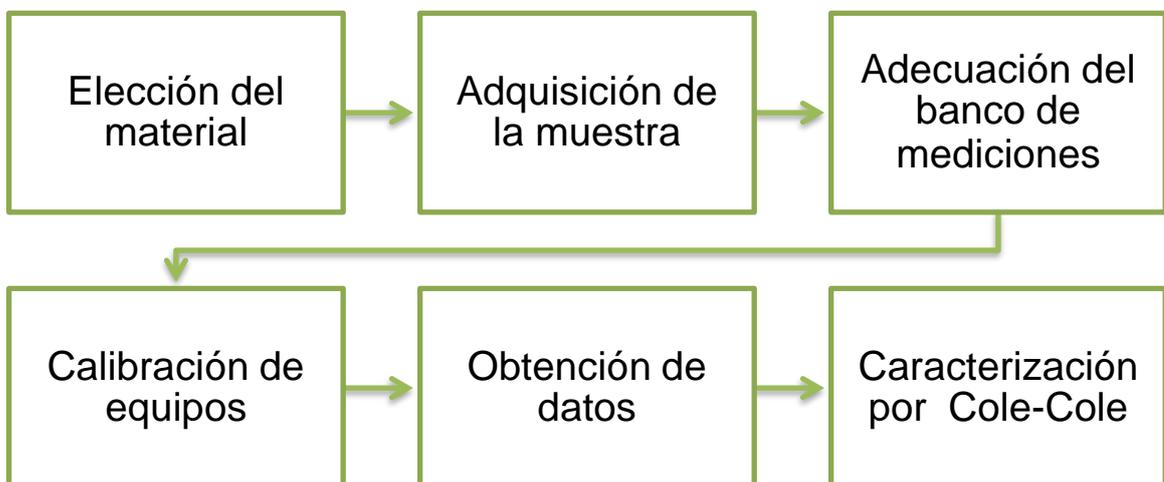


Figura 2.11 Diagrama metodología

Elección del material

Primero se seleccionó el tipo de material a medir, en este caso carne de cerdo por las razones anteriormente descritas (fácil obtención y demanda). Luego se eligió la región del animal donde fuese más fácil reconocer la dirección de las fibras en el tejido.

Se decidió que la región del animal adecuada para este procedimiento fue la pierna, de donde se tomaron muestras en tres diferentes formaciones musculares: Gluteus Superficiales (músculo interior) a la cual se le asignó la variable A, Semitendinosus (músculo exterior) a la cual se le asignó la variable B y Bíceps Femoris (músculo anterior) a la cual se le asignó la variable C como se observan en la Figura 2.12.



Figura 2.12 Asignación de variables a los músculos

Adquisición de la muestra

Se utilizó carne fresca de la pierna de cerdo (tres diferentes músculos), cortada en forma de cubos justo después que el cerdo fue sacrificado, el tamaño de los cortes fue aproximadamente de 10 cm de lado, no tenían hueso y poseían piel; estas muestras se obtuvieron en el rastro municipal de la ciudad de Salamanca del estado de Guanajuato México.

Luego de tener los tres cortes de carne fresca se dispuso a realizar el traslado de estos al laboratorio, el tiempo transcurrido en este recorrido no supera los 60 minutos, las muestras fueron introducidas individualmente en bolsas *Stomacher* estériles, previamente marcadas con las variables respectivas, para su transporte y conservación dentro de una caja de unicel con hielo.

Posteriormente se obtuvo una muestra cúbica de 3 cm de longitud para cada corte y luego se dispuso en un plato de unicel de 10cm de diámetro y un centímetro de altura.

Adecuación del banco de mediciones

Para este proceso se dispuso de una mesa banco de pruebas, donde se ubicó la base para la línea coaxial de extremo abierto Probe-85070 y se realizó la conexión de esta, adicionalmente se posicionó el VNA para su manipulación dentro de este banco.

Posteriormente se conectó la línea coaxial de alta calidad con el VNA a un extremo y el otro extremo a la Probe-85070. Para la transmisión de los datos se conectó el VNA con un sistema de cómputo a través de la tarjeta Ethernet.

Calibración de equipos

Para el desarrollo de esta actividad fue necesario realizar los siguientes pasos de manera cronológica; primero se asignó el rango de frecuencias a trabajar en el VNA, para este caso de 500MHz a 20GHz, segundo, se procedió a realizar la toma de medidas de aire, corto circuito (Bloque de acero inoxidable) y agua destilada (recipiente de vidrio a 25°C).

Obtención de datos

Para este proceso fue necesario que la sonda de extremo abierto entrara en contacto firme con la carne de cerdo, posteriormente se ejecutó el software 85070E, con el cual se realizó la captura de las medidas correspondientes para cada muestra; se tomaron cuatro muestras para cada corte de carne clasificadas como se indica en la Tabla 2.1.

Tipo de Carne	Dirección de las fibras
Carne con grasa	Paralelo
	Perpendicular
Carne sin grasa	Paralelo
	Perpendicular

Tabla 2.1 Clasificación de las muestras

Se realizaron cinco capturas (con el sensor) por muestra, las mediciones se realizaron a una temperatura de 25°C.

Coeficientes de Cole-Cole

Luego de obtener los valores de constante dieléctrica (ϵ') y factor de pérdida (ϵ'') se migraron estos datos a archivos de Excel (.txt), donde se almacenaron de acuerdo a la clasificación del músculo y su ubicación para tomar la medida, adicional se realizó el cálculo de la permitividad en magnitud.

Posteriormente se dispuso a utilizar el software Matlab y su herramienta *curve fitting tool*, la cual esta implementada para realizar regresiones, se toman los 99 datos de ϵ' , ϵ'' , $|\epsilon|$ y frecuencia, se almacenan para su posterior adquisición.

En el editor de Matlab se dispone a realizar el llamado de los datos y su almacenamiento con nombres de variables conocidas para su manipulación. Luego de corroborar su

almacenamiento, se ingresa a la herramienta *curve fitting* en la barra principal del software, se selecciona el ítem APPS y su subdivisión *curve fitting*.

Luego se selecciona la opción *custom equation*, se coloca la ecuación de Cole Cole en magnitud para cada caso y se asignan los valores de X y Y del sistema. Después del primer ajuste, se selecciona *Fit options* para asignar los valores de *Lower* en cero.

Con este procedimiento se obtienen los coeficientes de la ecuación de Cole Cole, para fines de evaluar si el proceso de regresión de la herramienta y la obtención de los coeficientes eran congruentes, se realizó la validación gráfica entre los valores ingresados de magnitud de la permitividad y los arrojados por la regresión, por medio del cálculo del factor de correlación.

2.1.3) Tecnologías para el desarrollo de software

Big Data

Este término que se traduce como “grandes datos”, hace referencia a altos volúmenes de datos representados en cualquier forma. El mundo que nos rodea está inundado de grandes cantidades de datos diariamente, algo tan rutinario como las redes sociales podría generar millones de datos de los usuarios conectados tales como ubicación geográfica, edad, gustos musicales, gustos gastronómicos. Lo que hace relevante el término no es la gran cantidad de datos sino lo que se puede hacer con esta información.

La terminología puede ser nueva, pero el concepto de guardar miles o millones de datos y posteriormente analizarlos tiene varios años y fue impulsado por Doug Laney en la década del 2000 cuando realizó la definición ahora muy popular del “big data” como las tres Vs:

Volumen. Gracias a distintas fuentes se puede recopilar la información, incluyendo transacciones bancarias, citas médicas, uso de transporte masivo, información de sensores. En tiempos anteriores, almacenarlos habría sido casi imposible, pero gracias al surgimiento de nuevas tecnologías, este proceso se ha facilitado.

Velocidad. La información se transmite a una velocidad inigualable y se debe dirigir adecuadamente. Sensores y la medición inteligente crean la necesidad de distribuir flujos de miles de datos casi en tiempo real.

Variación. Los datos vienen en toda clase de formas y formatos desde las bases de datos tradicionales hasta correo electrónicos, audios, transacciones bancarias, documentos de texto.

Hadoop

Es una herramienta Big Data de código abierto desarrollada por Apache[5]. Se considera el framework [6] estándar para el almacenamiento de grandes cantidades de datos.

Hadoop utiliza modelos básicos de programación para el almacenamiento y procesamiento distribuido de grandes conjuntos de datos en clusters[7], proporcionando redundancia para no perder ningún dato.

Soporta diferentes sistemas operativos y se puede usar sobre la mayoría de las principales plataformas en la nube como Amazon EC2/S3, Microsoft Azure, Oracle cloud platform o Google Cloud.

Dispone de un sistema de archivos distribuido en cada nodo del cluster: el HDFS (Hadoop Distributed File System), y se basa en el proceso de MapReduce[8] de dos fases.

La última versión (3.1) fue liberada en abril del 2018.

MongoDB

Dentro de las bases de datos NoSQL[9], una de las más usadas y funcionales es MongoDB. Está desarrollada bajo el concepto de código abierto y permite gran flexibilidad a la hora de almacenar la información.

Este tipo de base de datos graba la información en documentos, no en registros como las bases de datos relacionales. Estos documentos son almacenados en BSON, que es una representación binaria de JSON[10].

Es especialmente útil en proyectos que requieran escalabilidad. Con sus opciones de replicación y sharding[11], podemos conseguir un sistema que escale horizontalmente de manera óptima y sin inconvenientes.

Está disponible para los sistemas operativos Windows, Linux, OS X y Solaris y soporta la mayoría de lenguajes de programación de la actualidad.

Elasticsearch

Elasticsearch es un motor de búsqueda y análisis. Está desarrollado en Java y está publicado como código abierto bajo las condiciones de la licencia Apache. Es principalmente usado cuando los datos son de tipo complejo.

Permite la inserción, modificación, búsqueda y borrado de datos utilizando REST APIs[12] y llamados CRUD[13].

Con Elasticsearch podemos hacer búsquedas de texto complejas, ver estadísticas de nodos y diferentes opciones que permiten un gran manejo.

DataTorrent RTS

Se usa para el procesamiento de grandes lotes de información. Es una plataforma de código abierto capaz de procesar millones de eventos por segundo. Es de las plataformas más nuevas y novedosas en cuanto big data se refiere y tiene una gran representación gráfica en tiempo real de los datos que va recibiendo. Es conocido como un “Todo en uno” para el manejo de big data.

Funciona de forma nativa con hadoop y posee una comunidad en continuo crecimiento.

Apache Storm

Apache Storm es un sistema de computación distribuida en tiempo real orientado a procesar flujos constantes de datos.

Storm es altamente escalable y presume de procesar un millón de mensajes de 100 bytes de tamaño en disco en un mismo nodo.

Storm es una de las principales alternativas a la hora de manejar y procesar altos volúmenes de datos en tiempo real. Cada vez más la industria está acogiendo esta tecnología sobre todo en las telecomunicaciones, plataformas de redes sociales y pronósticos del tiempo.

Lenguaje R

R es un lenguaje de programación y entorno de software para cálculo estadístico y gráficos. El lenguaje R es de los más usados por los estadistas y científicos cautivados por la minería de datos, la investigación bioinformática, las matemáticas financieras y las redes neuronales entre otros.

R se parece más al lenguaje matemático que a otros lenguajes de programación y proporciona una amplia variedad a la hora de usar cálculos y operaciones matemáticas.

Con el análisis realizado previamente a la realización de este proyecto, R será una de las herramientas indispensables para la realización del software planteado ya que es el único que permite tal procesamiento matemático y gráfico, siendo ésta última una de sus principales características permitiendo generar gráficos de alta calidad en poco tiempo. Vale resaltar además que permite la manipulación de código desarrollado en C[14].

2.2) Estado del arte

En la definición de la calidad cárnica, se emplean comúnmente parámetros como el contenido de grasa y el porcentaje de carne magra, entre otros. Medir estos parámetros es útil en procesos productivos y comerciales.

Algunos de los métodos de medición de grasa son los siguientes:

- Métodos optoelectrónicos como la Pistola Hennessy Grading Probe [15], la cual determina grosor de grasa dorsal, profundidad de músculo y porcentaje magro, mediante la inserción de una sonda entre las costillas 10 y 11 de la canal.
- Métodos visuales con instrumentos como una regla o un pie de rey, que puede medir los milímetros de un tejido y determinar el espesor de grasa dorsal y músculo sobre la línea media de la canal para estimar el porcentaje magro, utilizando la fórmula europea de estandarización; cabe mencionar que la técnica se concibió para plantas de matanza con procesos de sacrificio de menos de 200 cerdos por semana o en caso de falla de equipos electrónicos.
- Métodos ecográficos, los cuales son fáciles de aplicar in situ, rápidos y con la posibilidad de realizar repeticiones precisas. Su uso es amplio en Europa gracias a equipos de alta tecnología (scanners), por lo que pueden ser poco aplicables a industrias con menor desarrollo. Sin embargo, es posible la replicación de dicho método mediante la adaptación metodológica de instrumentos portátiles de ecografía, como el Preg-Alert Pro[16] diseñado para mediciones de preñez y grasa dorsal en animales vivos.
- Métodos de laboratorio, como el uso del ANKOM XT10[17], un extractor de grasa para alimentos, amparado en el procedimiento oficial de alta eficiencia para dicho fin.

Como se puede observar los métodos actuales de definición de calidad de carne porcina a nivel mundial no están basados en técnicas con microondas ni medidas de permitividad, podemos encontrar dichos análisis únicamente a nivel de investigación y en la academia[18].

Por tal razón hablar de un software y/o sistema que permitan evaluar estos resultados (permitividad con técnicas de microondas) a través de interfaces claras y efectivas es caso perdido. No existe un software que realice tales actividades ni operaciones. Lo más cercano son las aproximaciones y gráficas que realiza Matlab tal cual como se explicó en el marco teórico.

2.3) Identificación del entorno tecnológico

Si bien en el marco teórico se da una descripción somera de las tecnologías a evaluar para el tratamiento de datos, manipulación gráfica y cálculos necesarios (back-end). Es importante indicar que el sistema estará realizado en su parte visual (front-end) con tecnologías que permitan escalabilidad, integración, reutilización de componentes y un comportamiento dinámico. Por estas razones que se ha elegido Angular 6 para todo el manejo visual de la aplicación, esto quiere decir que se tendrá HTML5 en todas las pantallas, también será responsive[19] pensando en posibles mejoras y optimizaciones a futuro.

Angular 6 se acopla muy bien con Typescript[20] lo cual permite una escritura de código limpio, legible, facilita el testing gracias al a inyección de dependencias y cuenta con una comunidad inmensa en crecimiento constante. Con Angular 6 y Typescript se va a tener implícitamente el respaldo de dos gigantes tecnológicos como son Google y Microsoft.

3) IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1) Objetivos

3.1.1) Objetivo general

Diseñar un sistema que permita evaluar eficientemente la frescura de carne porcina, así como la viabilidad para consumo humano y la edad del animal sacrificado obteniendo esta información de archivos planos con mediciones de la carne utilizando tecnología con microondas.

3.1.2) Objetivos específicos

- Explorar las conclusiones del estado del arte frente a la caracterización de carne porcina con técnicas de microondas.
- Identificar los principales componentes de cada uno de los procesos de análisis de información.
- Definir el alcance del sistema final para centrar el esfuerzo en tareas y logros definidos.
- Identificar los módulos que integran el sistema a diseñar en paquetes de trabajo.
- Definir la metodología y el desarrollo específico de la contribución teniendo en cuenta la finalidad del proyecto.
- Diseñar el plan de gestión del proyecto enfocado en el desarrollo del producto final.

3.2) Justificación del proyecto

Actualmente las técnicas existentes para evaluar la calidad de la carne porcina dependen de la identificación sensorial de expertos (color, olor), pero no existe como tal un sistema estandarizado o automatizado que permita obtener rangos o resultados puntuales basados en técnicas no invasivas tal como la técnica de microondas.

Con las lecturas realizadas con técnicas de microondas sobre una canal caliente[21], el sistema a diseñar analizaría y procesaría dicha información para obtener resultados tales como viabilidad para el consumo humano, edad del animal y el estado o frescura del mismo.

3.3) Alcance y limitación del proyecto

El resultado para visualizar en el sistema la edad del animal estará definido únicamente en 2 valores: Joven (0 a 3 años) y Adulto (3 años en adelante).

El sistema podrá identificar la frescura de la carne utilizando dos valores: Fresca y no fresca.

En el análisis se tuvieron en cuenta solo tres formaciones musculares (Gluteus Superficialis, Semitendinosus y Bíceps Femoris) pertenecientes a la pierna del animal por que se podían

identificar de manera clara la orientación de las fibras musculares. Esto permite concluir que no se podría asegurar el resultado obtenido de muestras diferentes a las mencionadas.

3.4) Metodología de trabajo

Se seguirán los lineamientos sugeridos por la PMI (Project Management Institute) ya que es una de las guías más generalizadas, con mayor experiencia y expandidas a nivel mundial con resultados satisfactorios en todas las áreas conocidas.

Se realizará la división del proyecto en paquetes de trabajo y éstos a su vez en tareas específicas lo cual permitirá un mayor control y monitoreo de las actividades. Cada paquete tendrá un responsable el cuál será el encargado de que cada tarea se cumpla satisfactoriamente en el tiempo adecuado.

Para los paquetes de trabajo que tengan que ver con desarrollo de software se utilizará la metodología SCRUM ya que es una sistemática bastante eficaz en la que el equipo de trabajo siempre está motivado, permite flexibilidad y adaptación frente a los cambios, calidad en el software e incluso resultados anticipados.

SCRUM es uno de los marcos ágiles de trabajo más populares. Es adaptable, iterativo, rápido, flexible y eficaz, diseñado para ofrecer un valor considerable en forma rápida a lo largo del proyecto. Debe quedar claro que SCRUM no es una metodología. Además, se basa en los principios del Manifiesto Ágil como se observa en la Figura 3.1:



Figura 3.1 Manifiesto Ágil

Scrum puede aplicarse en forma efectiva a cualquier proyecto en cualquier industria, desde proyectos pequeños o equipos con tan solo seis miembros, hasta proyectos grandes y complejos con varios cientos de integrantes.

Los 6 Principios de Scrum

Los principios de Scrum son las pautas básicas que deben implementarse en forma obligatoria en todos los proyectos Scrum. No están abiertos a discusión, ni pueden modificarse. Estos principios infunden confianza:

1. Control del proceso empírico (Empirical Process Control). Aprendemos con la práctica tres ideas principales de transparencia, inspección y adaptación.
2. Auto organización (self organization). ¿para qué estamos haciendo este proyecto? Para motivarnos. Buscar trabajo proactivamente, hacer el trabajo por sí mismo, comprender la visión del proyecto, entender la necesidad del proyecto.
3. Colaboración (collaboration). co-ubicación. Integrar las partes de nuestro equipo. conocimiento, articulación y apropiación.
4. Priorización basada en valor. ofrecer el máximo valor de negocio
5. Límites de tiempos (Time boxing). ¿en qué momento se hace revisión?
 - Daily standup meeting – 15min
 - Sprint Planning Meeting – 8 horas para un Sprint de un mes
 - Sprint – 1 a 6 semanas
 - Retrospect Sprint Meeting – 4 horas para un sprint de un mes
 - Sprint review – 4 horas para un sprint de un mes
6. Desarrollo iterativo. El desarrollo de software tradicional usa cascada. En el iterativo se hace hincapié en la gestión de mejorar los cambios y crear productos que satisfagan las necesidades finales anteponiéndolo a todo, incluso a la documentación.

4) DESARROLLO ESPECÍFICO DE LA CONTRIBUCIÓN

4.1) Descripción funcionalidades del sistema

El sistema que se pretende desarrollar tendrá una serie de funcionalidades requeridas para tener un software de calidad y escalable.

Requerimiento	Descripción
R01	Acceso vía web. Independientemente si va a ser estático o propagado, el acceso se realiza a través de un navegador web.
R02	Interfaz amigable con funcionamiento intuitivo. No se deben tener demasiados conocimientos técnicos para su correcto uso.
R03	Permitir implementación modular: Esto facilitará el crecimiento del software a medida que vaya evolucionando y a su vez permitirá implementación basado en distintos planes o paquetes.
R04	Garantizar la seguridad de la información: los datos tendrán que estar disponible en cualquier momento y de forma segura.
R05	El sistema debe llevar un estricto control del uso: Esto será posible gracias a un control de auditoria en base de datos y archivos logs.
R06	Debe contar con administrador de usuarios y definición por perfiles de acceso.
R07	Gestión de búsqueda para evaluaciones de calidad ya realizadas
R08	Generación de reportes dinámicos o estadísticas que permitan ver con claridad el resultado de las evaluaciones a lo largo del tiempo. Con posibilidad de descarga en formatos PDF y/o Excel.

Tabla 4.1 Descripción de funcionalidades del sistema

4.2) Gestión de la configuración

Para mantener un orden adecuado en la documentación y en general de todos los artefactos que se obtienen del proyecto es importante establecer una serie de normas y reglas para todos los integrantes del proyecto que necesiten crear, editar y/o manipular cualquier tipo de archivo. Estas normas permitirán que no se realicen cambios no controlados y contribuyen a que todos los miembros del equipo de trabajo estén alineados usando las mismas herramientas y software adecuado para cada una de las tareas.

La gestión de configuración se debe llevar a cabo desde el inicio del proyecto hasta que se realice la entrega oficial del producto final. Es un proceso indispensable para obtener un proyecto de calidad alineado con los objetivos propuestos.

4.2.1) Identificación de la configuración

La identificación tiene como meta definir la estructura para la documentación de forma sistematizada concediendo facilidad a la hora de realizar revisiones y/o cambios y tener la información de ¿Quién realiza el cambio? ¿por qué se realiza? ¿cuándo se realizó? para favorecer el control.

El proceso de identificación de la configuración debe contemplar:

- La definición de todos los elementos de la configuración de software en cada línea base establecida.
- Asignar identificadores apropiados a todos los elementos identificados, usando un esquema único e intuitivo.
- Por último, la identificación debe facilitar el control de cambios.

Pueden aplicarse tres enfoques fundamentales al control de la documentación:

1. Todos los elementos identificados son mantenidos como parte de una biblioteca de documentación de ingeniería ya establecida.
2. Se establece una librería de software especial para todos los elementos identificados.
3. Se establece una librería de software on-line, que proporcione automáticamente información como: quien subió el documento, quién lo modificó, porque se modificó, etc.

Para este proyecto se eligió la tercera opción y se usará la aplicación Atlassian Jira de la cual se da más detalle en el capítulo 4.5.

Independientemente del enfoque del control de la documentación, debe establecerse un sistema de referencia y nombramiento de artefactos. A continuación, se describe cómo va a operar el sistema de nombramiento para este proyecto:

Identificador único del proyecto – identificador del elemento de configuración – título – versión.

- Identificador único del proyecto: **SCCPM**
- Identificador del elemento de configuración:

Tipo de documento	Código
Plan	P
Requerimientos	R
Análisis	A
Diseño	D
Pruebas	T
Manual de usuario	U
Guía de instalación	G

Tabla 4.2 Códigos según tipo de documento para SCCPM

- Título: Nombre que describa en que consiste el documento. Sin espacios.
- Versión: Se utiliza V. (Número). Es incremental con cada nueva versión.

Ejemplos:

El documento que describe el requerimiento para el módulo de gestión de usuarios estaría nombrado del a siguiente forma:

SCCPM-R-MóduloGestiónUsuarios-V.1.0.docx

El documento que contiene el diseño del modelo de base datos del sistema estaría nombrado de la siguiente manera:

SCCPM-D-ModeloBaseDatos-V.2.0.docx

A su vez en la herramienta Jira donde reposarán estos documentos se diligenciará: el Autor/autores y la fecha de creación.

4.2.2) Definiciones y establecimiento de bibliotecas de software

Una biblioteca de software (SW) es una colección controlada de SW y/o documentación relacionada, cuyo objetivo es tener control de las fuentes del sistema, ayudar a desarrolladores y mantenimiento del sistema.

A continuación, se mostrará la estructura general para la biblioteca de SW (Tabla 4.3) Se tiene una carpeta raíz nombrada con el identificador del proyecto SCCPM y dentro de ella dos carpetas principales Fuentes y despliegues.

SCCPM	Fuentes	Desarrollo	SCCPM_ModuloNegocio	Fuentes sistema
			SCCPM_ModuloParametrizacion	Fuentes sistema
			SCCPM_ModuloUsuarios	Fuentes sistema
			SCCPM_ModuloReportes	Fuentes sistema
			SCCPM_ModuloAuditoria	Fuentes sistema
			SCCPM_Integrado	Fuentes sistema
			SCCPM_Branch1_ModuloNegocio	Fuentes sistema
			Fuentes sistema
	Trunk	SCCPM_IntegradoV0	Fuentes sistema	
	Despliegues	SCCPM_Integrado V0	ArchivosDespliegue	SCCPM_IntegradoV0.ear
			
			Scripts	SCCPM_IntegradoV0_usu.sql
			
SCCPM_Integrado V1		ArchivosDespliegue	SCCPM_IntegradoV1.ear	
			
	Scripts	SCCPM_IntegradoV0_Fix1.sql		
.....				

Tabla 4.3 Modelo biblioteca de SW

Dentro de la carpeta fuentes se encontrará cada versión necesaria para los desarrolladores, incluso, las ramas que sean necesarias para complementar el trabajo. Dentro de la carpeta Trunk se va a tener la última versión que esté liberada y sea nuestra referencia o guía para soporte.

Dentro de la carpeta despliegues se tendrán cada uno de los despliegues que se hayan realizado, separando los entregables en 2 carpetas: ArchivosDespliegue y Scripts. Dentro de la primera carpeta reposarán todos aquellos artefactos necesarios para el despliegue de la aplicación y en la segunda todos los scripts que se necesiten ejecutar sobre la base de datos.

4.2.3) Sistema de Versionamiento

El control de versiones es un sistema que registra los cambios realizados sobre un artefacto o conjunto de archivos a lo largo del tiempo, de modo que permita recuperar versiones específicas, generar ramas, exportar versiones y demás.

El control de versiones será utilizado en toda la carpeta de desarrollo **SCCPM** y la herramienta elegida para llevar el control de versiones de las fuentes de desarrollo del sistema es GIT[22].

Ventajas de GIT:

- Comparación selectiva: Se puede especificar por usuario quien puede modificar o editar los diferentes artefactos, así como restringir acciones como la eliminación de archivos, por ejemplo.

- Velocidad y cloud: Git permite implementar toda su estructura en un hosting (alojamiento en la nube) y así evitar que simplemente esté atado a redes o sistemas locales de nuestro sitio de trabajo. Esto proporcionará una flexibilidad enorme a la hora de acceder a cualquier información desde cualquier dispositivo que tenga internet. Obviamente se necesitarán claves de acceso.
- Ramificación: Ofrece una amplia gama de posibilidades a la hora de realizar cambios en la estructura tronco o base, pudiendo crear diferentes ramas para generar entornos aislados de la línea principal cuando se requiera.
- Convergencia: Permite realizar merge (combinar) de una versión ramificada con nuestra línea base de manera rápida y eficiente informando si hay conflictos o no, para tener otra versión lista para ser compartida y desplegada.
- Flujo de trabajo adaptable: Permite multitud de configuraciones que nos permitirán generar estructuras tan sencillas o complejas según lo deseemos.
- Seguridad: Git hace uso de sistemas de árbol SHA-1[21], lo que aumentará la seguridad de la documentación ya que se hará de forma cifrada.

4.3) Definición paquetes de trabajo

A continuación, se listan los paquetes de trabajo definidos:

Fecha Inicio	28/01/2019	Titulo 2
Fecha fin	28/02/2020	
Identificación del paquete	WP-01	Gestión del proyecto
Responsable	Director del Proyecto	
Objetivo:		
Garantizar los objetivos del proyecto, realizando acciones de planeación, monitoreo, control, gestión de recursos, gestión del presupuesto y asegurar la realización del plan de explotación.		
Tareas:		
Planeación del proyecto Monitoreo y control de paquetes de trabajo Administración de recursos Gestión del presupuesto Gestión de cambios Cierre del proyecto		
Entregables:		
Plan de gestión de recursos Plan de gestión de riesgos Plan de calidad. Plan de explotación y comunicaciones del proyecto. Plan de comunicaciones del proyecto. Informes de monitoreo y control. Informes de cambios.		

Tabla 4.4 Paquete de trabajo 01

Fecha Inicio	28/01/2019	Titulo
Fecha fin	15/02/2019	
Identificación del paquete	WP-02	Investigación y afinamiento del proceso manual
Responsable	Product Owner	
Objetivo:		
Tener claridad del proceso manual de la medición y caracterización de la carne, así como de las operaciones necesarias para encontrar los resultados propuestos		
Tareas:		
Calibración de equipos de medición Toma de muestras con el sensor sobre la canal Análisis de información Cálculos con matlab Generación de gráficas Resultados		
Entregables:		
Documentación técnica del proceso de medición Documentación detallada de las operaciones y cálculos realizadas		

Tabla 4.5 Paquete de trabajo 02

Fecha Inicio	18/02/2019	Titulo
Fecha fin	01/03/2019	
Identificación del paquete	WP-03	Levantamiento de requerimientos
Responsable	Product Owner	
Objetivo:		
Realizar el sprint 0, levantamiento, análisis, y definición de requerimientos del sistema teniendo en cuenta todo lo evidenciado en el paquete de trabajo anterior y alineándolo con las metas definidas en el alcance del proyecto.		
Tareas:		
Análisis documentación del paquete de trabajo anterior Levantamiento y análisis de requerimientos Especificación de requerimientos Validación y ajuste de requerimientos		
Entregables:		
Acta de inicio Requerimientos completos y aprobados		

Tabla 4.6 Paquete de trabajo 03

Fecha Inicio	04/03/2019	Titulo
Fecha fin	15/03/2018	
Identificación del paquete	WP-04	Arquitectura y tecnologías del software
Responsable	Arquitecto de Software y Líder técnico	
Objetivo:		
Diseñar la arquitectura general de la solución, modelo de base de datos y los arquetipos de desarrollo.		
Tareas:		
Realizar los patrones de arquitectura del software (back-end) Realizar el modelo de base de datos Diseñar prototipo inicial de la aplicación. (Front-end) Realizar el plan de capacitación a desarrolladores Escoger las tecnologías a usar. Realizar el plan de construcción.		
Entregables:		
Documento de diseño detallado Primer prototipo de la solución Documento del plan de capacitación Plan de construcción detallado		

Tabla 4.7 Paquete de trabajo 04

Fecha Inicio	18/03/2019	Titulo
Fecha fin	12/04/2019	
Identificación del paquete	WP-05	Desarrollo (Módulo de usuarios y perfiles)
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Realizar el desarrollo completo, pruebas unitarias y testing del módulo de usuarios y perfiles según especificación.		
Tareas:		
Backlog de producto Reunión de planificación del sprint Backlog de sprint Daily Desarrollo de componentes Pruebas unitarias Testing y ajustes necesarios Sprint review		
Entregables:		
Fuentes del Módulo de usuarios y perfiles Documentación del módulo Informe de pruebas realizadas Certificación del módulo		

Tabla 4.8 Paquete de trabajo 05

Fecha Inicio	15/04/2019	Titulo
Fecha fin	24/05/2019	
Identificación del paquete	WP-06	Desarrollo (módulo de parametrización de componentes)
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Realizar el desarrollo completo, pruebas unitarias y testing del módulo de parametrización de componentes según especificación.		
Tareas:		
Backlog de producto Reunión de planificación del sprint Backlog de sprint Daily Desarrollo de componentes Pruebas unitarias Testing y ajustes necesarios Sprint review		
Entregables:		
Fuentes del Módulo de parametrización Documentación del módulo Informe de pruebas realizadas Certificación del módulo		

Tabla 4.9 Paquete de trabajo 06

Fecha Inicio	27/05/2019	Titulo
Fecha fin	09/08/2019	
Identificación del paquete	WP-07	Desarrollo (módulo de negocio)
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Realizar el desarrollo completo, pruebas unitarias y testing del módulo de negocio según especificación.		
Tareas:		
Backlog de producto Reunión de planificación del sprint Backlog de sprint Daily Desarrollo de componentes Pruebas unitarias Testing y ajustes necesarios Sprint review		
Entregables:		
Fuentes del Módulo de negocio Documentación del módulo Informe de pruebas realizadas Certificación del módulo		

Tabla 4.10 Paquete de trabajo 07

Fecha Inicio	12/08/2019	Titulo
Fecha fin	06/09/2019	
Identificación del paquete	WP-08	Desarrollo (módulo de reportes y resultados)
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Realizar el desarrollo completo, pruebas unitarias y testing del módulo de reportes según especificación.		
Tareas:		
Backlog de producto Reunión de planificación del sprint Backlog de sprint Daily Desarrollo de componentes Pruebas unitarias Testing y ajustes necesarios Sprint review		
Entregables:		
Fuentes del Módulo de reportes Documentación del módulo Informe de pruebas realizadas Certificación del módulo		

Tabla 4.11 Paquete de trabajo 08

Fecha Inicio	09/09/2019	Titulo
Fecha fin	27/09/2019	
Identificación del paquete	WP-09	Desarrollo (módulo de auditoria y logs)
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Realizar el desarrollo completo, pruebas unitarias y testing del módulo de auditoría según especificación.		
Tareas:		
Backlog de producto Reunión de planificación del sprint Backlog de sprint Daily Desarrollo de componentes Pruebas unitarias Testing y ajustes necesarios Sprint review		
Entregables:		
Fuentes del Módulo de auditoria Documentación del módulo Informe de pruebas realizadas Certificación del módulo		

Tabla 4.12 Paquete de trabajo 09

Fecha Inicio	30/09/2019	Titulo
Fecha fin	11/10/2019	
Identificación del paquete	WP-10	Unión de módulos y puesta en producción
Responsable	Equipo Scrum	
Objetivos:		
Compactar la aplicación realizada por módulos y realizar las últimas pruebas integrales sobre toda la aplicación.		
Tareas:		
Testing y ajustes necesarios Elaboración de manual de uso y operación Elaboración documento de aceptación Elaboración manual de instalación		
Entregables:		
Manual de uso y operación Documento de aceptación Manual de instalación		

Tabla 4.13 Paquete de trabajo 10

Fecha Inicio	12/08/2019	Titulo
Fecha fin	07/02/2020	
Identificación del paquete	WP-11	Explotación y divulgación
Responsable	Director del Proyecto y Community Manager	
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> * Diseñar la estrategia de divulgación para garantizar que los resultados sean publicados en sitios y/o medios estratégicos. * Monitorear la estrategia de divulgación a través de indicadores de impacto. * Diseñar un plan de explotación claro y eficaz donde se especifiquen los beneficios que se tendrán con los resultados del proyecto 		
Tareas:		
Definición del plan de divulgación Monitoreo del plan de divulgación Medición de indicadores Plan de explotación		
Entregables:		
Documento de implementación plan de divulgación Documento plan de explotación de resultados Documento de indicadores y medidas de impacto.		

Tabla 4.14 Paquete de trabajo 11

4.4) Comunicaciones del proyecto.

Es indispensable asegurar una correcta comunicación durante el ciclo de vida del proyecto entre todos los involucrados con el fin de lograr una eficaz transmisión de la información valiosa del proyecto y la evolución del mismo.

Se establecen los siguientes medios de comunicación a los cuales deberá tener acceso todo el equipo involucrado en el proyecto.

- **Teléfono:** Se debe usar cuando se necesita una interacción entre miembros del equipo o una respuesta rápida para tratar algún tema urgente. Es recomendable enviar un correo electrónico previo a la llamada para tener el contexto y razón de la llamada. Dentro del repositorio se mantendrá una ficha actualizada con los datos de contacto de todos los miembros del proyecto y debe estar a disposición de todos ellos.
- **Correo electrónico:** Tal vez es el medio de comunicación más importante debido a que se utilizará para realizar notificaciones oficiales del proyecto, enviar detalles de conversaciones telefónicas o reuniones presenciales, envío de información requerida por alguno de los miembros, citación a reuniones o eventos importantes. Adicionalmente se utiliza para notificar la publicación formal de documentos oficiales en el repositorio.
- **Audio y video conferencias:** En la medida que sea posible, las reuniones se realizarán por este medio para evitar desplazamientos y costos innecesarios. Este tipo de reuniones deben programarse al menos con 3 días de anticipación. Siempre se debe generar un acta con los temas tratados y el responsable del acta se irá rotando por cada reunión. Esto permite que todo el equipo esté involucrado. Estas conferencias deberán realizarse por medios como Skype o Lync para permitir a los expositores compartir presentaciones y/o materiales visuales.
- **Chat:** si bien pueden usarse las mismas herramientas de audio y video conferencia, se especifica como otro medio de comunicación ya que en el chat encontramos conversaciones informales concernientes al proyecto, por ejemplo, conversaciones entre los desarrolladores que permitan solucionar dudas o apoyo técnico entre ellos mismos.

Plataformas de Colaboración

Se dispondrán las siguientes plataformas de colaboración para apoyo constante entre los interesados.

Atlassian JIRA

Se usará como repositorio de documentación oficial del proyecto. Toda la documentación formal, entregables, actas y especificación de requerimientos tendrá que ser resguardada en esta plataforma. Todo el equipo de trabajo tendrá que tener acceso y contar con los permisos necesarios para descargar y editar los documentos allí publicados.

Jira también será utilizado para reportar el esfuerzo diario de cada uno de sus integrantes. Esto permitirá tener un control del avance diario en cada frente del proyecto ya que la herramienta cuenta con reportes dinámicos y varias herramientas que proporcionan ayuda valiosa para la administración de recursos. Es recomendable realizar la carga de esfuerzo diario cada día en la actividad (issue) que corresponda.

Otra de las ventajas de usar esta herramienta es que para el desarrollo de software permite tener un tablero de control en el que se administra y gestiona cada actividad fácilmente.

Mantis Bug Tracker

Se utilizará como plataforma de reporte y gestión de incidentes. El equipo de testing deberá reportar allí todo incidente que detecte durante la ejecución de las pruebas del proyecto y asignarlo a quien corresponda. Así mismo las personas encargadas de solucionar el incidente reportará por éste mismo medio la solución y avance.

Los incidentes corresponderán a las siguientes categorías:

- a. Funcional: Cuando se detecte una anomalía en la funcionalidad de la aplicación.
- b. Visual: Cuando se detecte un error en la interfaz como una palabra mal escrita, errores ortográficos.
- c. Integración: Cuando se detecte un mal funcionamiento en la integración de los diferentes módulos que compone la solución
- d. Infraestructura: Cuando se pueda evidenciar que hay un comportamiento erróneo a nivel de la infraestructura del proyecto.

Los estados de los incidentes se manejarán de la siguiente manera:

- a. Asignado: Estado inicial cuando se reporta el incidente y queda asignado al grupo indicado.
- b. Confirmado: Cuando alguien del grupo asignado toma el caso para analizarlo y evaluarlo.

- c. Resuelto: Cuando la persona encargada resuelve el defecto y el encargado de QA (Quality Assurance – término con el que se conoce al responsable de pruebas) debe probar nuevamente.
- d. Devuelto: Cuando el encargado del análisis encuentra que no hay defecto. Se debe adjuntar explicación y soportes.
- e. Cerrado: Estado que asigna quien reporta el incidente cuando el defecto haya sido corregido y probado nuevamente.
- f. Se necesitan más datos: Estado que asigna quien analizó el caso y no cuenta con suficientes insumos para la solución. Quien reportó el caso lo recibirá nuevamente para adjuntar los solicitado.

Atlassian Bitbucket

Es la herramienta elegida para colaboración entre el equipo de desarrollo ya que permite entre otras funciones:

- Integración con Jira por pertenecer a la misma suite.
- Colaboración con el código entre desarrolladores.
- Facilidad en despliegues.
- Repositorios privados y públicos.
- Creación de grupos de trabajo.

4.5) Elaboración del presupuesto

A continuación, se detalla el presupuesto para llevar a cabo el proyecto, la moneda en la cual se realizan las estimaciones es en pesos colombianos (COP). En la Tabla 4.15 se detalla el salario mensual de cada uno de los participantes del proyecto.

Según como lo establece la ley colombiana, los costes de seguridad social se calculan basados en la siguiente información: 16% para pensión y cesantías, 7% para riesgos laborales, 4% para salud, 4% para caja de compensación familiar. Se debe tener en cuenta las primas legales que actualmente son el 50% del salario cada 6 meses.

Rol	Cantidad	Salario Mensual	Total, mensual por rol
Director de proyecto	1	\$7,800,000	\$7,800,000
Arquitecto de Software	1	\$6,700,000	\$6,700,000
Product Owner (Equipo Scrum)	1	\$6,800,000	\$6,800,000
Scrum Master (Equipo Scrum)	1	\$6,800,000	\$6,800,000
Ingeniero de desarrollo Senior (Equipo Scrum)	2	\$6,100,000	\$12,200,000
Ingeniero de desarrollo Junior (Equipo Scrum)	2	\$4,250,000	\$8,500,000
Tester de pruebas (Equipo Scrum)	2	\$4,150,000	\$8,300,000
Community Manager	1	\$3,250,000	\$3,250,000
Asesor externo (Ingeniero que realizó el estudio con carne porcina)	1	\$5,800,000	\$5,800,000
Asesor Externo (Experto en Big Data)	1	\$7,800,000	\$7,800,000

Tabla 4.15 Salarios equipo de trabajo

Adicionalmente se incluye un promedio de materiales y equipos, así como gastos de explotación calculados en un 20% del total, como se observa en la Tabla 4.16.

Rol	Salario Mensual	Seguridad social	Meses	Primas legales	Total
Director de proyecto	\$7,800,000	\$2,418,000	12	\$7,800,000	\$130,416,000
Arquitecto de Software	\$6,700,000	\$2,077,000	6	\$3,350,000	\$56,012,000
Product Owner (Equipo Scrum)	\$6,800,000	\$2,108,000	10	\$5,666,667	\$94,746,667
Scrum Master (Equipo Scrum)	\$6,800,000	\$2,108,000	7	\$3,966,667	\$66,322,667
Ingeniero de desarrollo Senior (Equipo Scrum)	\$6,100,000	\$1,891,000	7	\$3,558,333	\$59,495,333
Ingeniero de desarrollo Senior (Equipo Scrum)	\$6,100,000	\$1,891,000	7	\$3,558,333	\$59,495,333
Ingeniero de desarrollo Junior (Equipo Scrum)	\$4,250,000	\$1,317,500	7	\$2,479,167	\$41,451,667
Ingeniero de desarrollo Junior (Equipo Scrum)	\$4,250,000	\$1,317,500	7	\$2,479,167	\$41,451,667
Tester de pruebas (Equipo Scrum)	\$4,250,000	\$1,317,500	7	\$2,479,167	\$41,451,667
Tester de pruebas (Equipo Scrum)	\$4,150,000	\$1,286,500	7	\$2,420,833	\$40,476,333
Community Manager	\$4,250,000	\$1,317,500	3	\$1,062,500	\$17,765,000
Asesor externo (Ingeniero que realizó el estudio con carne porcina)	\$5,800,000	\$1,798,000	3	\$1,450,000	\$24,244,000
Asesor Externo (Experto en Big Data)	\$7,800,000	\$2,418,000	2	\$1,300,000	\$21,736,000
Materiales, herramientas, licencias y equipo	\$700,000,000				\$700,000,000
Costos de divulgación (20%)	\$279,012,867				\$279,012,867
Total costos proyecto					\$1,674,077,200
Imprevistos (10%)					\$167,407,720
Total Proyecto					\$1,841,484,920

Tabla 4.16 Presupuesto total proyecto

4.6) Conformación equipo del proyecto.

En esta sección se describirán los perfiles requeridos para la elaboración del proyecto.

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Director de proyectos
Objetivo del rol	
Desarrollar y garantizar la ejecución del plan de proyecto, monitoreando constantemente la realización de todas las actividades del proyecto.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas o afines con especialización en gestión de proyectos o relacionados. Experiencia de 5 años en gestión de proyectos tecnológicos. Certificación PMI Vigente. Sólidos conocimientos en metodologías de diseño y gestión de proyectos. Persona Proactiva, elocuente y con habilidades de liderazgo.	
Responsabilidades	
<p>Asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.</p> <p>Elaborar los planes de gestión del proyecto.</p> <p>Gestionar los recursos del proyecto.</p> <p>Realizar el control de tiempos y costes del proyecto.</p> <p>Gestionar los riesgos del proyecto.</p> <p>Gestionar los cambios al alcance del proyecto.</p> <p>Coordinar la planeación, articulación y ejecución de las actividades.</p>	

Tabla 4.17 Rol director de proyectos

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Product Owner (Dueño del producto)
Objetivo del rol	
Definir las características del producto final, priorizar las funcionalidades según la necesidad y ajustar las prioridades por iteración.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas o afines con más de 5 años de experiencia como Product Owner. Persona de gran intuición y facilidad en aprendizaje de negocios. Persona clara y concisa a la hora de transmitir ideas.	
Responsabilidades	
<p>Conocer el negocio que se va a desarrollar.</p> <p>Optimizar y maximizar el valor del producto.</p> <p>Tener una visión detallada del producto que se quiere construir.</p> <p>Definir los elementos o características que generan valor en el sistema.</p> <p>Priorizar los elementos de desarrollo.</p> <p>Liderar el sprint planning y el sprint review.</p>	

Tabla 4.18 Rol product Owner

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Scrum Master
Objetivo del rol	
Garantizar el cumplimiento de los objetivos hasta el final del desarrollo de software manteniendo al equipo de desarrollo alineado las prácticas SCRUM y altamente motivado.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas o afines con más de 5 años de experiencia como Scrum Master. Deseables certificaciones. Persona intuitiva que se le facilite la resolución de conflictos y transmita confianza en los demás.	
Responsabilidades	
<p>Asesorar a los miembros del equipo para trabajar de forma auto-organizada.</p> <p>Eliminar cualquier impedimento con el que se encuentre el equipo para llegar a los objetivos.</p> <p>Ayudar a llevar a cabo los daily standups manteniendo las actualizaciones de actividades.</p> <p>Asegurar que todos los miembros utilicen la metodología adecuadamente.</p> <p>Colaborar con la detección de riesgos en el desarrollo del software.</p>	

Tabla 4.19 Rol Scrum Master

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Ingeniero de desarrollo Senior (Líder Técnico)
Objetivo del rol	
Codificar y probar la solución según requerimientos planeados dentro de la arquitectura planteada por el arquitecto de software y liderar al equipo de desarrollo.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas con más de 8 años de experiencia en construcción de software. Mínimo 2 años de experiencia de trabajo con metodologías ágiles, 1 año de experiencia liderando equipos de desarrollo. Experiencia en herramientas de Big Data. Persona con habilidades de liderazgo, capacidad de delegar funciones y orientación hacia cooperación.	
Responsabilidades	
<p>Generar los arquetipos base para el desarrollo de los módulos.</p> <p>Implementar la solución con el equipo SCRUM.</p> <p>Garantizar la calidad de los productos y artefactos que se generan.</p> <p>Especificar los casos de uso que incluyan la funcionalidad requerida por módulo.</p> <p>Validar y complementar los requerimientos técnicos.</p> <p>Liderar el equipo de desarrollo.</p> <p>Realizar capacitación al equipo Scrum.</p>	

Tabla 4.20 Rol Líder Técnico

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Ingeniero de desarrollo Senior
Objetivo del rol	
Codificar y probar la solución según requerimientos planeados dentro de la arquitectura planteada por el arquitecto de software.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas con más de 8 años de experiencia en construcción de software. Mínimo 1 año de experiencia de trabajo con metodologías ágiles. Experiencia en manejo de herramientas de Big Data. Persona orientada al logro de objetivos.	
Responsabilidades	
Implementar la solución con el equipo SCRUM. Garantizar la calidad de los productos y artefactos que se generan. Validar y complementar los requerimientos técnicos. Respaldo del líder técnico, cuando éste no se encuentre.	

Tabla 4.21 Rol Ingeniero de Desarrollo Senior

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Ingeniero de desarrollo Junior
Objetivo del rol	
Codificar y probar la solución según requerimientos e instrucciones del líder técnico.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas con más de 2 años de experiencia en construcción de software. Deseable experiencia de trabajo con metodologías ágiles. Persona con facilidad para trabajar en equipo orientada al logro de objetivos.	
Responsabilidades	
Implementar la solución con el equipo SCRUM. Garantizar la calidad de los productos y artefactos que se generan.	

Tabla 4.22 Ingeniero de desarrollo Junior

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Tester de software
Objetivo del rol	
Asegurar el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos del software cumpliendo con las actividades del plan y metodologías impuestas.	
Perfil requerido	
Profesional de cualquier ingeniería con facilidad de manejo de herramientas tecnológicas, experiencia de 3 años como tester de pruebas, experiencia de 1 año con técnicas de automatización. Persona motivada y orientada al logro de objetivos.	
Responsabilidades	
<p>Evaluar que el software coincida con el requerimiento.</p> <p>Verificación del correcto flujo de proceso.</p> <p>Verificación de navegabilidad.</p> <p>Diligenciar las fichas de pruebas.</p> <p>Generar set de pruebas con sus respectivos resultados.</p> <p>Levantar los incidentes y gestionarlos en las herramientas establecidas.</p>	

Tabla 4.23 Rol de tester de software

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Community Manager
Objetivo del rol	
Asegurar la correcta explotación en redes sociales y social media del software elaborado.	
Perfil requerido	
Profesional en mercadeo, publicidad o afines experto en manejo de redes sociales. Experiencia de 3 años como Community Manager. Persona intuitiva con facilidad para comunicarse.	
Responsabilidades	
<p>Ayudar a diseñar la estrategia de divulgación junto con el director del proyecto.</p> <p>Generar campaña de expectativa del producto en redes sociales.</p> <p>Realizar la estrategia de divulgación en redes sociales.</p> <p>Hacer seguimiento y control de las estrategias de divulgación en redes sociales.</p>	

Tabla 4.24 Rol de Community Manager

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Arquitecto de Software
Objetivo del rol	
Estructurar el diseño del sistema, realizar el modelo de implementación del sistema y crear la estructura completa para los desarrolladores.	
Perfil requerido	
Profesional en ingeniería de sistemas o afines con especialización o maestría en ingeniería de software, experiencia profesional de 5 años como arquitecto. Indispensable que haya laborado como desarrollador de software. Se requiere experiencia específica creando arquetipos de soluciones modernas. Persona proactiva, con capacidad de delegar funciones, facilidad de trabajo en equipo, tolerancia ante la frustración y orientación hacia cooperación.	
Responsabilidades	
Estructurar el modelo de implementación. Elegir tecnologías y estructuras base de cada una. Identificar componentes e interfaces. Generar arquetipos base para el desarrollo. Validar arquitectura y modelos mediante pruebas de concepto. Realizar el diseño del sistema con el apoyo del líder técnico. Realizar capacitación al equipo SCRUM de toda la base requerida para el desarrollo.	

Tabla 4.25 Rol Arquitecto de Software

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Asesor externo (Experto en Big Data)
Objetivo del rol	
Asesorar al equipo de trabajo con la elección de herramientas adecuadas, manejo de la información y entendimiento conceptual del procedimiento de obtención de estadísticas.	
Perfil requerido	
Profesional en Ingeniería de sistemas o afines con amplia experiencia en Big Data. Indispensable especializaciones, certificaciones o estudios superiores en Big Data. Experiencia en manejo de herramientas de Big Data de 5 años.	
Responsabilidades	
Analizar y evaluar el proceso manual de obtención de datos con herramientas de big Data. Colaborar con el diseño de la arquitectura de la solución. Colaborar con el entendimiento de negocio para el product Owner. Realizar la capacitación al equipo de trabajo del análisis realizado de la solución.	

Tabla 4.26 Rol Asesor externo (Experto en big data)

Identificación del rol	
Nombre del rol:	Asesor externo (Experto en proceso de sensado y análisis de las muestras de carne porcina)
Objetivo del rol	
Asesorar, acompañar y explicar el proceso completo (sensado y análisis) al product owner y director de proyecto	
Perfil requerido	
Profesional que realizó su tesis de maestría basado en la caracterización de la carne porcina basado en técnicas de microondas.	
Responsabilidades	
Realizar la calibración de equipos de medición. Tomar las muestras con los equipos indicados. Realizar el proceso de obtención de resultados y gráficas. Resolver cualquier inquietud que tenga el product owner y/o el director de proyecto.	

Tabla 4.27 Rol Asesor externo (Experto en proceso de sensado y análisis de las muestras de carne porcina)

5) PLANES DE GESTIÓN

5.1) Plan de gestión de riesgos

En este capítulo se pretende mostrar la planificación para controlar y mitigar los riesgos que se puedan presentar en el proyecto.

Debido al carácter iterativo de las metodologías ágiles, la gestión del riesgo hace parte del ciclo de vida del proyecto implícitamente.

Michele Sliger (co-autora del libro “*The Software Project Manager’s Bridge to Agility*”) sugiere que, en el desarrollo de software Ágil, el riesgo se gestiona todo el tiempo: tanto en el Scrum diario, como en cada una de las reuniones del proyecto. Sin embargo, ella sugiere un enfoque estructurado para la gestión de riesgo. Para dicho enfoque estructurado son necesarios los pasos se incluyen en la Figura 5.1:

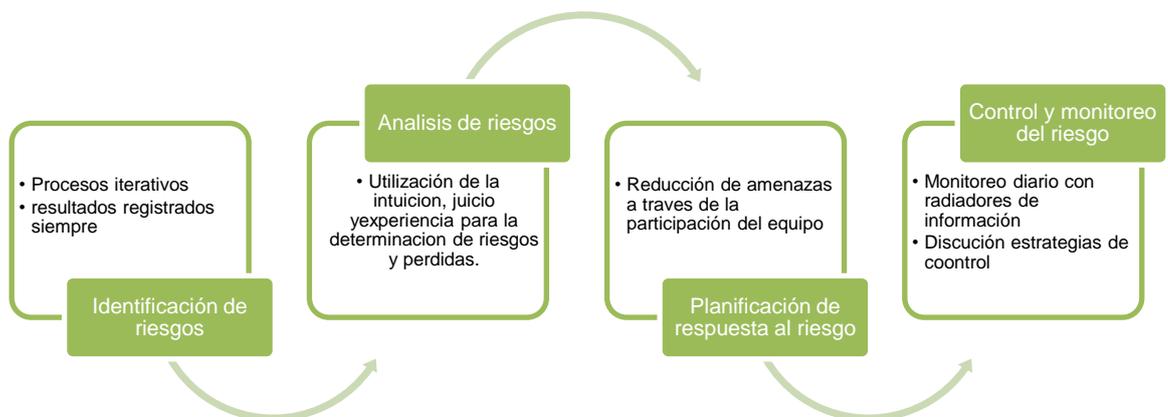


Figura 5.1 Pasos para la estructura de gestión de riesgos en SCRUM

5.1.1) Identificación de Riesgos

Los riesgos inicialmente establecidos se enumeran en la Tabla 5.1:

Tipo	Riesgo	Descripción
Técnico	Requerimientos	Condiciones insuficientes
		Requerimiento mal definido
	Diseño	Arquitectura mal definida
		Arquitectura muy compleja
		Mal diseño de base de datos
		Arquetipos mal definidos
	Tecnología	Tecnología obsoleta
		Tecnología muy compleja
		Bajo rendimiento
		Mala elección de pila tecnológica
		Incertidumbre técnica
		Tecnologías desconocidas
		Equipos incompatibles
Herramientas de apoyo no óptimas		
Externo	Social	Problemas económicos regionales
		Conflicto armado
		Problemas sociales
	Mercado	Competencia
		Baja demanda
	Naturales	Inundaciones
		Terremoto
	De fuerza mayor	Accidentes
Robos		
Gestión del proyecto	Costes	Presupuesto insuficiente
		Gastos extras no presupuestados
	Tiempo	Incumplimiento del cronograma
	Alcance	Demasiadas modificaciones
		No finalización
	Calidad	Mala calidad en el software
		Mal set de pruebas
	Recursos	Despidos de personal
		Problemas entre los miembros
		Renuncia de personal
Comunicación	Pérdida de información valiosa	
	Comunicación deficiente	

Tabla 5.1 Riesgos del proyecto

5.1.2) Análisis de riesgos

El análisis de riesgos estará basado en el nivel de impacto y probabilidad de ocurrencia que tengan durante el ciclo de vida del proyecto. En la Tabla 5.2 se describen los valores a tener en cuenta para la priorización de riesgos.

				Impacto				
				Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
				A	B	C	D	E
				0.15	0.3	0.45	0.6	1
Probabilidad	Muy Baja	A	0.1	0.02	0.03	0.05	0.06	0.1
	Baja	B	0.3	0.05	0.09	0.14	0.18	0.3
	Media	C	0.5	0.08	0.15	0.23	0.3	0.5
	Alta	D	0.7	0.11	0.21	0.32	0.42	0.7
	Muy alta	E	0.9	0.14	0.27	0.41	0.54	0.9

Tabla 5.2 Matriz de probabilidad e impacto [23]

En la Tabla 5.3 se detalla el valor del riesgo calculado por la Probabilidad y el Impacto.

Riesgo = Probabilidad x Impacto.

	Muy Baja	A	0.01 <Riesgo<= 0.09
	Baja	B	0.09 <Riesgo<= 0.30
	Media	C	0.30 <Riesgo<= 0.50
	Alta	D	0.50 <Riesgo<= 0.70
	Muy Alta	E	0.70 <Riesgo<= 1

Tabla 5.3 Valores de riesgo obtenido [23]

En base a los valores determinados se realizará la cuantificación y priorización inicial en función del riesgo obtenido, tal como se indica en la Tabla 5.4

Tipo	Riesgo	Descripción	Probabilidad	Impacto	Riesgo(Pxl)	Prioridad
Técnico	Requerimientos	Condiciones insuficientes	B	E	B	Baja
		Requerimiento mal definido	B	E	B	Baja
	Diseño	Arquitectura mal definida	B	D	B	Baja
		Arquitectura muy compleja	C	C	B	Baja
		Mal diseño de base de datos	A	D	A	Muy Baja
		Arquetipos mal definidos	B	D	B	Baja
	Tecnología	Tecnología obsoleta	B	D	B	Baja
		Tecnología muy compleja	B	C	B	Baja
		Bajo rendimiento	C	D	B	Baja
		Mala elección de pila tecnológica	B	C	B	Baja
		Incertidumbre técnica	C	D	B	Baja
		Tecnologías desconocidas	C	D	B	Baja
		Equipos incompatibles	C	E	C	Media
		Herramientas de apoyo no óptimas	A	C	A	Muy Baja
Externo	Social	Problemas económicos regionales	A	C	A	Muy Baja
		Conflicto armado	A	C	A	Muy Baja
		Problemas sociales	B	C	B	Baja
	Mercado	Competencia	A	C	A	Muy Baja
		Baja demanda	C	C	B	Baja
	Naturales	Inundaciones	A	D	A	Muy Baja
		Terremoto	A	D	A	Muy Baja
	De fuerza mayor	Accidentes	A	D	A	Muy Baja
		Robos	B	D	B	Baja
	Gestión del proyecto	Costes	Presupuesto insuficiente	A	D	A
Gastos extras no presupuestados			C	D	B	Baja
Tiempo		Incumplimiento del cronograma	B	C	B	Baja
Alcance		Demasiadas modificaciones	B	D	B	Baja
		No finalización	B	E	B	Baja
Calidad		Mala calidad en el software	B	D	B	Baja
		Mal set de pruebas	B	D	B	Baja
Recursos		Despidos de personal	A	C	A	Muy Baja
		Problemas entre los miembros	B	C	B	Baja
		Renuncia de personal	C	C	B	Baja
Comunicación	Pérdida de información valiosa	B	D	B	Baja	
	Comunicación deficiente	B	D	B	Baja	

Tabla 5.4 Matriz de cuantificación y priorización de los riesgos

De acuerdo a la Tabla 5.3 y Tabla 5.4, se realizó el cálculo respectivo para cada riesgo identificado y de esta manera se obtuvo la prioridad de cada uno de los riesgos. Ejemplos de algunos de ellos:

Tipo: Técnico.

Riesgo analizado: Diseño.

Descripción: Mal diseño de base de datos.

Probabilidad: Muy Baja (A).

Impacto: Alto (D).

Riesgo: Probabilidad x Impacto = $0.1 \times 0.6 = 0.06$ (A).

Riesgo = 0.06 (A) = Prioridad Baja

Tipo: Técnico.

Riesgo analizado: Tecnología.

Descripción: Equipos incompatibles.

Probabilidad: Media (C)

Impacto: Muy Alto (E)

Riesgo: Probabilidad x Impacto = $0.5 \times 1 = 0.5$ (C)

Riesgo = 0.5 (C) = Prioridad Media

De acuerdo al resultado de cada caso se establecerán las medidas y/o recursos para dar solución. Por ejemplo, para un riesgo de prioridad baja se dará un tratamiento totalmente diferente que un riesgo de prioridad Media.

5.1.3 Planificación de respuesta al riesgo

Realizando la identificación, análisis y priorización de los riesgos, es de vital importancia tener la forma de mitigar cada uno de ellos. La Tabla 5.5 describe cada una de las respuestas a los riesgos planteados.

Tipo	Riesgo	Descripción	Cómo mitigar
Técnico	Requerimientos	Condiciones insuficientes	El equipo del proyecto debe verificar los objetivos y finalidad del proyecto para alinearlos con los requerimientos y así realizar el feedback al product owner. Evaluar e inspeccionar los diseños por parte del equipo scrum usando técnicas de detección de errores. En los daily se deben informar los hallazgos para corregir rápidamente.
		Requerimiento mal definido	
	Diseño	Arquitectura mal definida	
		Arquitectura muy compleja	
		Mal diseño de base de datos	
		Arquetipos mal definidos	

	Tecnología	Tecnología obsoleta	Investigar y evaluar las tecnologías elegidas pensando en dar continuidad en necesidades futuras.
		Tecnología muy compleja	Se debe proponer la elección de pila tecnológica a todo el equipo para evitar elegir tecnologías muy complejas. No debe estar en manos de una sola persona esta elección.
		Bajo rendimiento	El set de pruebas debe contener pruebas de carga, estrés y rendimiento para mitigar este riesgo.
		Mala elección de pila tecnológica	Se debe proponer la elección de pila tecnológica a todo el equipo para evitar elegir tecnologías muy complejas. No debe estar en manos de una sola persona esta elección.
		Incertidumbre técnica	Se debe proponer la elección de pila tecnológica a todo el equipo para evitar elegir tecnologías muy complejas. No debe estar en manos de una sola persona esta elección.
		Tecnologías desconocidas	Además de realizar consenso con la elección de tecnologías se deben elegir aquellas que tengan soporte o comunidades en constante crecimiento.
		Equipos incompatibles	Es necesario realizar pruebas de concepto antes de iniciar con los desarrollos para detectar incompatibilidades rápidamente.
		Herramientas de apoyo no óptimas	Tan pronto se detecten anomalías con las herramientas, se deben notificar inmediatamente al scrum master para encontrar una solución rápida.
Externo	Social	Problemas económicos regionales	Implementar políticas internas que minimicen la afectación ante problemas de este tipo y ayuden al equipo a continuar las funciones.
		Conflicto armado	
		Problemas sociales	
	Mercado	Competencia	Desde el inicio del proyecto se debe pensar en la explotación del producto para detectar el mercado y tomar acciones.
		Baja demanda	

	Naturales	Inundaciones	Contar con seguros en los equipos para que no se pierdan los insumos. Así mismo los datos deben tener respaldo en la nube y que no se dependa de pérdidas físicas.
		Terremoto	
	De fuerza mayor	Accidentes	Contar con seguros en los equipos para que no se pierdan los insumos. Así mismo los datos deben tener respaldo en la nube y que no se dependa de pérdidas físicas.
		Robos	
Gestión del proyecto	Costes	Presupuesto insuficiente	Monitorear constantemente los gastos para priorizar gastos y mantener equilibrado el gasto total.
		Gastos extras no presupuestados	
	Tiempo	Incumplimiento del cronograma	Gracias a la metodología SCRUM cualquier retraso permite tomar acciones rápidamente para que no se incumplan las entregas.
	Alcance	Demasiadas modificaciones	Establecer y definir de manera concreta el alcance del sistema en función de los objetivos para evitar cambios repentinos.
		No finalización	
	Calidad	Mala calidad en el software	Es indispensable tener un correcto deck de pruebas desde el inicio y seguir los lineamientos del proyecto en cuanto a calidad se refiere.
		Mal set de pruebas	
	Recursos	Despidos de personal	Gracias a la metodología SCRUM el equipo debería mantenerse motivado y enfocado en lograr los objetivos del proyecto. Ante eventualidades el director de proyecto debe enterarse para ejercer un plan de acción.
		Problemas entre los miembros	
		Renuncia de personal	
	Comunicación	Pérdida de información valiosa	Se debe seguir el plan de gestión de configuración y asistir siempre a los daily standups para mitigar y controlar cualquier problema de comunicación.
		Comunicación deficiente	

Tabla 5.5 Mitigación a los riesgos del proyecto

5.1.4) Control y monitoreo del riesgo

Si bien se realiza una entrada general (Tabla 5.1) con riesgos latentes que administrará el director del proyecto, podemos delegar al equipo Scrum el control y monitoreo de los riesgos porque implícitamente en las prácticas Scrum se van a abordar.

Como se ha mencionado anteriormente, en la metodología SCRUM la gestión de riesgos está inmersa implícitamente en las actividades requeridas en el desarrollo iterativo. Una de las principales razones de la realización del Daily Scrum es que todos los miembros del equipo respondan a la pregunta: ¿Qué impedimentos se han encontrado? Si cada miembro del equipo responde esta pregunta con algún impedimento para continuar sus actividades es sin duda alguna una detección temprana de un riesgo, el cual, deberá ser tenido en cuenta para una pronta solución o control el Scrum Master.

Otro momento vital par el control de riesgos es la retrospectiva del sprint. Estando todo el equipo Scrum reunido, el scrum master debe focalizar esfuerzos en detectar que riesgos globales que se detectaron en el sprint y que impedimentos se puedan tener en un futuro próximo.

Una de las principales tareas del Scrum Master es la de actuar sobre los impedimentos, ya sea eliminándolos de raíz o mitigarlos en el mayor porcentaje posible, esto es posible lograrlo gracias a la continua comunicación que debe tener el equipo de trabajo.

Con esta breve explicación se puede decir que el control y monitoreo de riesgos lo asumirá el equipo Scrum en cabeza del Scrum Master, el cual estará en continua comunicación con el director de proyecto quien realizará las actividades de actualización de riesgos y ayudará a mitigar aquellos que no pueda resolver el equipo Scrum en sus actividades diarias.

5.2) Plan de calidad

En scrum prima el producto final sobre la documentación, funcionalidad sobre vistosidad, esto permite que se centren esfuerzos en generar un producto estable, funcional y con la mínima cantidad de errores posibles generando un software de calidad gracias a las cualidades incrementales usadas durante el proceso de desarrollo.

Scrum tiene un enfoque de mejora continua para asegurar que los proyectos cumplan con la calidad correspondiente, promoviendo al equipo para que mejore de acuerdo a sus experiencias manteniendo al equipo cohesionado y actualizando constantemente la lista de prioridades.

Los errores o defectos se van detectando durante las pruebas de calidad de cada sprint, y no cuando el producto se ha finalizado. Esto permite que el estándar de calidad sea muy alto ya que se estará trabajando prácticamente desde la primera entrega que es a las pocas semanas de inicio del proyecto.

Es importante dar claridad que la parte de trabajo SCRUM corresponde únicamente al desarrollo del software, por ende, las actividades anteriores o posteriores que no sean de desarrollo dependerán exclusivamente de una correcta configuración, monitoreo y control por parte del director de proyectos.

Una ayuda notable para mantener calidad en un proyecto tanto en la documentación como en el software y los entregables es el uso de listas de chequeo de verificación.

5.2.1) Lista de chequeo para requerimientos

Nro.	Pregunta	Si	No	NA
1	¿Los requerimientos están escritos en un lenguaje no técnico y comprensible para los miembros?			
2	¿Hay algún requerimiento que pueda tener más de una interpretación?			
3	¿Cada característica del producto final es descrita con una única terminología?			
4	¿Hay un glosario en el cual el significado específico de cada término está definido?			
5	¿Los requerimientos pueden ser entendidos, implementados y verificados por un grupo independiente?			
6	¿Hay un índice?			
7	¿Están todas las figuras, tablas y diagramas necesarios?			
8	¿Todas las figuras, tablas, y diagramas tiene referencias cruzadas?			
9	¿Todas las figuras, tablas y diagramas están rotulados?			

10	¿Todas las unidades de medida están definidas?			
11	¿Algún requerimiento debería estar especificado con más detalle?			
12	¿Algún requerimiento debería estar especificado con menos detalle?			
13	¿Todos los requerimientos están definidos?			
14	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con la funcionalidad?			
15	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con el rendimiento?			
16	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con software a utilizar?			
17	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con comunicaciones?			
18	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con el hardware?			
19	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con informes?			
20	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con seguridad?			
21	¿Están incluidos todos los requerimientos relacionados con la disponibilidad?			
22	¿La probabilidad del cambio está especificada para cada requerimiento?			

23	¿Todos los requerimientos son trazables desde necesidades específicas del usuario?			
24	¿Hay algún requerimiento que es imposible de verificar?			
25	¿El documento de requerimientos está organizado clara y lógicamente?			
26	¿La estructura del documento se adhiere a un estándar aceptado?			
27	¿Hay alguna redundancia en los requerimientos?			
28	¿Todas las fuentes de entrada están especificadas?			
29	¿Todas las funciones del software están especificadas?			
30	¿Todos los aspectos de procesamiento exitoso para cada función están especificados?			
31	¿Todas las interfaces de usuario están especificadas?			
32	¿Todos los tiempos de procesamiento esperados están especificados?			
33	¿Todos los productos de software adquiridos que se usarán con el sistema están especificados?			
34	¿Los requerimientos son verificables?			
35	¿Los requerimientos son realistas?			

Tabla 5.6 Lista de chequeo para requerimientos [24]

5.2.2) Lista de chequeo para gestión de la configuración

Nro	Pregunta	Si	No	NA
1	¿Los productos de software a controlar están identificados claramente en el plan?			
2	¿Existe una regla para nombrar a cada producto de software?			
3	¿Se especifica cuándo se crea una nueva línea base?			
4	¿Se especifica qué productos son incluidos en la nueva línea base?			
5	¿Se especifica quienes son responsables por los productos incluidos en la línea base?			
6	¿Existe una regla para identificar las líneas base (versión)?			
7	¿Existe un procedimiento de control de cambios bien definido (qué debe hacer un integrante del grupo cuando quiere modificar cualquier producto presente en la línea base)?			
8	¿Se especifica en el plan si se reportará el estado de implementación de los cambios permitidos?			
9	¿El plan asigna a cada actividad de configuración un responsable?			
10	¿El plan describe qué herramientas son utilizadas para implementar las actividades de configuración?			

Tabla 5.7 Lista de chequeo para gestión de la configuración [24]

5.2.3) Lista de chequeo para la arquitectura de la solución

Nro	Pregunta	Si	No	NA
1	¿Se han considerado varios estilos arquitectónicos diferentes antes de la definición de la arquitectura resultante?			
2	¿La arquitectura seleccionada ha sido ejercitada en escenarios reales?			
3	¿Se especifican en el documento los mapeos entre los requerimientos y el Modelo de Diseño?			
4	¿Se especifican en el documento los mapeos entre el Modelo de Diseño y el Modelo de Implementación?			
5	¿Se tienen en cuenta todas las propiedades de calidad que debe tener el sistema?			
6	¿Se ha alcanzado un grado adecuado de modularidad?			
7	¿Se ha diseñado para el cambio?			

Tabla 5.8 Lista de chequeo para arquitectura de solución [24]

5.2.4) Lista de chequeo para el modelo de diseño

Nro	Pregunta	Si	No	NA
1	¿Se han definido subsistemas como parte de la representación del diseño?			
2	¿El modelo de diseño permite cumplir con todos los requerimientos explícitos?			
3	¿El modelo de diseño permite cumplir con todos los requerimientos implícitos?			

4	¿Se definieron los aspectos claves de la interfaz de usuario?			
5	¿Se describen y justifican los algoritmos claves? Manejo de filtro, manejo de threads, ordenamiento de eventos.			
6	¿Se localizaron operaciones críticas y se ubicaron en un número reducido de subsistemas con poca comunicación? (¿se pensó en el desempeño?)			
7	¿El diseño toma en cuenta todas las situaciones y condiciones esperadas?			
8	¿Se ha tenido en cuenta la identificación y manejo de excepciones?			
9	¿Se ha tenido en cuenta la prevención de faltas o la tolerancia a faltas?			
10	¿Se apunta a la reutilización de componentes? ¿Cuáles componentes son reusables?			
11	¿La notación utilizada es consistente?			
12	¿Se ha tenido en cuenta la facilidad de implementación?			
13	¿Se ha alcanzado un grado adecuado de modularidad?			
14	¿El diseño está libre de contradicciones internas?			
15	¿El diseño es de baja complejidad?			

Tabla 5.9 Lista de chequeo para el modelo de diseño [24]

5.3) Plan de divulgación y explotación

Nuestro público objetivo son todas aquellas personas naturales o jurídicas que trabajen o interactúen con carne porcina a nivel mundial.

Los objetivos definidos dentro de la estrategia de divulgación y explotación son:

- Dar a conocer el sistema y sus características a través de diferentes canales de comunicación, mostrando sus ventajas, aplicabilidad y prestaciones.
- Promover los beneficios del proyecto en general y generar una activa participación con expertos del tema.
- Fomentar el uso de la tecnología mostrando las ventajas que nos puede presentar en el ámbito alimenticio.
- Promover el uso de técnicas de medición no invasivas para los alimentos.

5.3.1) Canales de divulgación y herramientas

Sitio Web

El sitio web del proyecto debe ser un sitio moderno, ágil, rápido y que exponga de manera sencilla lo que pretende y puede realizar la plataforma, así como las ventajas y facilidades que permite. Debemos tener claro el público objetivo para de esta forma presentar el lenguaje adecuado en nuestro sitio web.

Criterios de diseño y dominio:

- El dominio a adquirir debe ser sencillo y de fácil memorización.
- El servicio de hosting para alojar la web debe ser de buena reputación, estable, y con soporte 24 horas.
- Los colores a utilizar deben ser colores relacionados con la alimentación como verde y blanco.
- La web debe adaptarse a cualquier dispositivo donde se visualice de manera idónea.
- El contenido debe ser claro, directo y eficaz.
- La primera pantalla debe indicar toda la información relevante del sistema sin entrar al detalle.
- Debe ser intuitivo y de fácil navegación.
- Debe tener una interacción directa con los visitantes de la web por medio de un chat, por ejemplo, que permita resolver dudas.
- Se debe realizar un correcto SEO (Search engine optimization) [25] y SEM (Search Engine marketing) [26] para fácil detección en los principales buscadores.

- El sitio web debe estar realizado con tecnologías modernas que permitan un correcto mantenimiento y actualización. (Angular/Nodejs/Flux)
- El sitio web debe ser dinámico, con posibilidad de incluir artículos en línea sin necesidad del desarrollador. Portal de contenidos.
- Debe contener un portfolio en un lugar visible y de fácil descarga en el que se provea la información de futuros eventos, información detallada y demás.

Conferencias y eventos.

Se tiene planteado que el community manager junto con el director de proyectos realicen una investigación exhaustiva para detectar sitios y conferencias relacionadas con los sectores involucrados, no solo técnicos sino también referentes a porcicultores y empresas del sector cárnico. La idea es que se involucren en el sector y logren exponer el proyecto y darlo a conocer. Algunos ejemplos son:

<http://www.infoporcinos.com>

<https://www.miporkcolombia.co/>

Capacitaciones

Inicialmente se llevarán a cabo capacitaciones virtuales que serán expuestas desde el sitio web y a medida que se vaya generando interés y recolectando el público objetivo se programarán sesiones presenciales.

Radio

Se tiene planteado realizar publicidad en emisoras FM inicialmente colombianas. La idea es nombrar frases cortas y concisas en espacios de no más de 30 segundos para generar expectativa y de esta manera lograr que el interesado ingrese al sitio web oficial para documentarse mejor.

Redes sociales

Todo lo enumerado anteriormente debe estar alineado con la exposición en redes sociales y para ello se cuenta con la asesoría de un Community manager experto que será el encargado de realizar esta función y lograr una correcta divulgación del producto final.

6) CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6.1) Conclusiones

Con la realización de este proyecto se considera que se logró crear el plan completo para un sistema que evalúa eficientemente la frescura de la carne porcina, así mismo se identificaron los principales componentes requeridos en la realización del proyecto para una administración completa y competente de los recursos.

Se logró el planteamiento de paquetes de trabajo específicos orientado en la planeación y organización, entregando como resultado un plan de gestión de proyecto enfocado en el sistema de evaluación de frescura de la carne porcina a través de mediciones con técnicas de microondas.

La investigación realizada para la composición de este proyecto evidencia la necesidad de tener o generar estándares para la evaluación de calidad de la carne porcina a nivel mundial. Cada país utiliza sus propios recursos y medios tecnológicos para conocer y medir la calidad de la carne, por ejemplo, en varios países latinoamericanos, la evaluación de calidad de carne porcina depende en gran medida de los rasgos o características sensoriales percibidas por expertos, color, olor, etc.

En el desarrollo de este TFM se encontró que no hay un software, sistema o plataforma que evalúe la calidad de la carne porcina con las características indicadas en este trabajo. Por tal razón, el proyecto tiene un alcance inmenso sobre todo para trabajos futuros ya que se tiene tan solo la primera aproximación de este tipo de software para evaluar la carne porcina a través de mediciones con técnicas microondas.

6.2) Trabajo futuro

Dentro de las consideraciones para trabajos futuros tenemos:

- Caracterizar la carne de cerdo, de macho y hembra, utilizando muestras provenientes de todo el cuerpo del animal, para determinar si hay variaciones con respecto a los resultados obtenidos en este software y en la investigación base para este desarrollo.
- Caracterizar la carne de cerdo realizando mediciones en muestras que tengan un tiempo de sacrificio diferente, para analizar su estado y clasificarlas de acuerdo a las tres características de calidad de la carne de cerdo; color muscular, textura y marmóreo.
- Realizar los estudios de caracterización de materiales con microondas, que se desarrollaron en este proyecto, para otro tipo de carne, por ejemplo, carne de res, de oveja, incluso experimentar con otro tipo de materiales como el café.
- A nivel del software se planteó realizarlo de manera modular y paramétrica con el fin de poder implementar más módulos y/o características que enriquezcan aún más el alcance y nivel del software.

REFERENCIAS

- [1] N. L. Chin, G. M. Campbell, y F. Thompson, «Characterisation of bread doughs with different densities, salt contents and water levels using microwave power transmission measurements», *Journal of food engineering*, 2005.
- [2] R. P. Areny, *Sensores y acondicionadores de señal*, Cuarta. España: Marcombo, 2004.
- [3] E. Nyfors, «Industrial Microwave Sensors—A Review», *Subsurface Sensing Technologies and Applications*, vol. 1, n.º 1, pp. 23-43, ene. 2000.
- [4] E. Nyfors y P. Vainikainen, *Industrial microwave sensors*. Artech House, 1989.
- [5] «What is the Apache Software Foundation (ASF)? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/5987/apache-software-foundation-asf>. [Accedido: 03-ene-2019].
- [6] «What is Software Framework? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/14384/software-framework>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [7] «What is Computer Cluster? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/6581/computer-cluster>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [8] «What is MapReduce? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/13816/mapreduce>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [9] «What is NoSQL? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/27689/nosql-database>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [10] «What is JavaScript Object Notation (JSON)? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/3930/javascript-object-notation-json>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [11] «What is Sharding? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/22041/sharding>. [Accedido: 04-dic-2018].
- [12] «What is a RESTful API? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/33060/restful-api>. [Accedido: 03-ene-2019].
- [13] «What is Create, Retrieve, Update and Delete (CRUD)? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/25949/create-retrieve-update-and-delete-crud>. [Accedido: 03-ene-2019].
- [14] «What is C (Programming Language)? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/24068/c-programming-language-c>. [Accedido: 03-ene-2019].
- [15] «Hennessy Grading Systems :: Grading». [En línea]. Disponible en: <http://www.hennessy-technology.com/index.php/grading/>. [Accedido: 11-dic-2018].
- [16] «Preg-Alert Pro | Mammal Pregnancy Detection», *Renco Corporation*.
- [17] admin, «ANKOM XT10 Extractor», *ANKOM Technology*, 15-jul-2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.ankom.com/product-catalog/ankom-xt10-extractor>. [Accedido: 11-dic-2018].
- [18] A. Y. Mantilla Gutiérrez, «Sensado de materiales con técnicas de microondas», Tesis de Maestría, Universidad de Guanajuato, Salamanca, México, 2018.
- [19] «What is Responsive Web Design (RWD)? - Definition from Techopedia». [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/30004/responsive-web-design-rwd>. [Accedido: 09-dic-2018].
- [20] «¿Qué es TypeScript?», *DevCode Tutoriales*, 26-jul-2016. [En línea]. Disponible en: <https://devcode.la/tutoriales/que-es-typescript/>. [Accedido: 09-dic-2018].
- [21] «InfoPorcinos™ - ¿Qué tipo de parametros se miden en una canal caliente porcina?» [En línea]. Disponible en: <http://www.infoporcinos.com/ParametrosTecnicos.aspx>. [Accedido: 27-nov-2018].

- [22] «Git - Fundamentos de Git». [En línea]. Disponible en: <https://git-scm.com/book/es/v1/Empezando-Fundamentos-de-Git>. [Accedido: 09-dic-2018].
- [23] L. M. Ibujés-Factos, «Diseño del Sistema Web de Administración de Proyectos Tecnológicos para Organizaciones - capítulo 4.4», jul. 2017.
- [24] «Checklist de un Plan de aseguramiento de la calidad», *Scribd*. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/117949274/Checklist-de-un-Plan-de-aseguramiento-de-la-calidad>. [Accedido: 08-ene-2019].
- [25] «What is Organic Search Engine Optimization (Organic SEO)? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/5184/organic-search-engine-optimization-organic-seo>. [Accedido: 12-dic-2018].
- [26] «What is Search Engine Marketing (SEM)? - Definition from Techopedia», *Techopedia.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/definition/25079/search-engine-marketing-sem>. [Accedido: 12-dic-2018].

ANEXO A

Keysight 85070E

Dielectric Probe Kit 200 MHz to 50 GHz

Technical Overview



Swept High-Frequency Dielectric Measurements

The Keysight Technologies, Inc. 85070E Dielectric Probe Kit determines the dielectric properties, or complex permittivity, of many materials. Because a materials dielectric properties are determined by its molecular structure, if the molecular structure changes, so will the dielectric properties. Measuring them can indirectly measure other properties that are also correlated to the molecular structure, and can be a valuable alternative when the property of interest is difficult to measure directly.

Measurements are made by simply immersing the probe into liquids or semi-solids – no special fixtures or containers are required. Measurements are non-destructive and can be made in real time. These important features allow the Dielectric Probe Kit to be used in process analytic technologies.

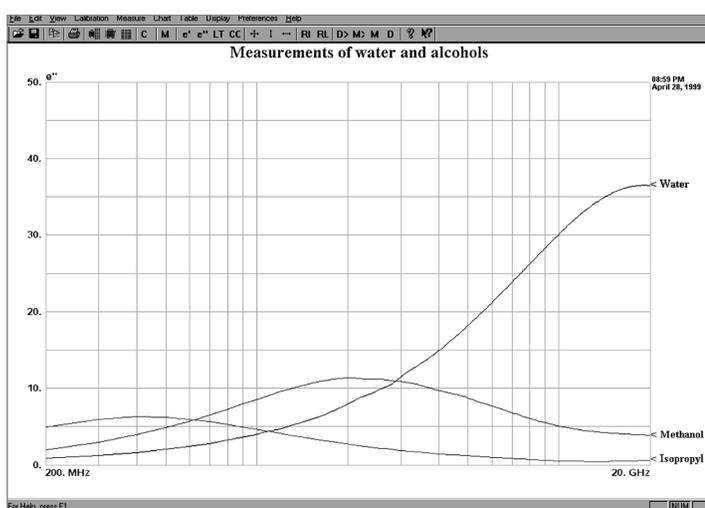
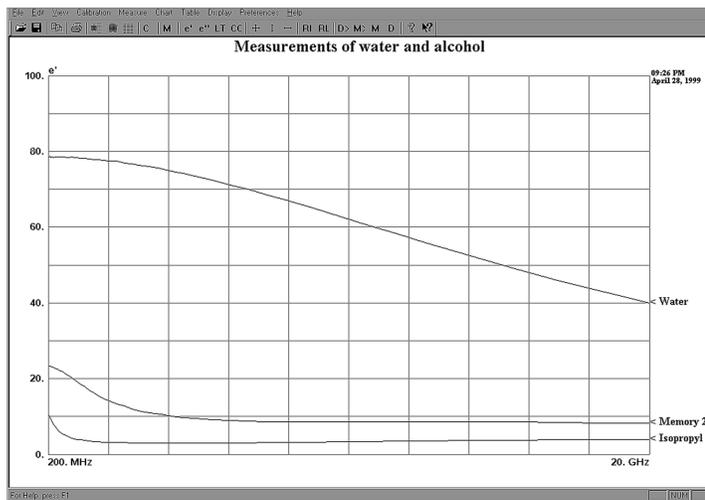
The complete system is based on a network analyzer, which measures the material's response to RF or microwave energy. The probe transmits a signal into the material under test (MUT). Depending on the Keysight network analyzer and probe used, frequencies can extend from 200 MHz to 50 GHz.

The included software controls the network analyzer and guides the user through easy setup and measurement steps. In seconds, it calculates and displays complex permittivity in a variety of formats, including dielectric constant, dielectric loss factor, loss tangent or Cole-Cole.

Features

- Measures complex permittivity
- over a broad frequency range
- Results can be viewed in a variety of formats: ϵ_r' , ϵ_r'' , loss tangent, and Cole-Cole
- Data is easily shared with other Windows based programs or through the user programmable Component Object Model (COM) interface

New connection manager works with Keysight Connection Expert to bring ease and flexibility to interface between software and analyzer. GPIB and LAN are both supported with most PNA and ENA network analyzers.



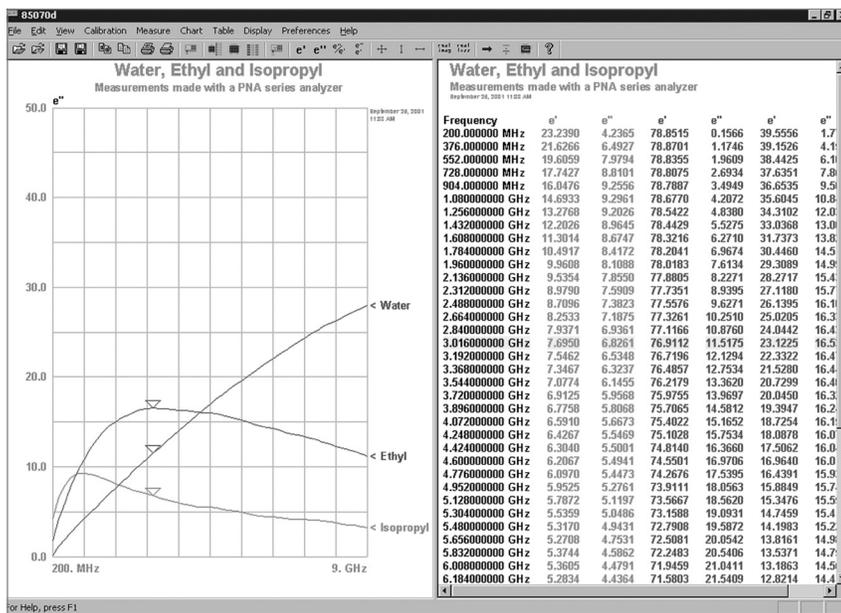
Software displays dielectric constant and loss factor as a function of frequency.

Easy Data Analysis Display

The split screen window and marker aids in data analysis. Simply click on a point on the chart or table to activate and move the marker.

Connect to other programs

Data charts and tables can easily be copied and pasted into any Windows-based application for further analysis or report generation. The component object model (COM) interface allows the measurement to be setup, triggered, and read from a user written program. This is valuable for analyzing material changes over time. Example Visual Basic® and C++ projects are included to aid program development.



Display data in chart form, table form, or both.

Calibration Refresh Reduces Drift Errors¹

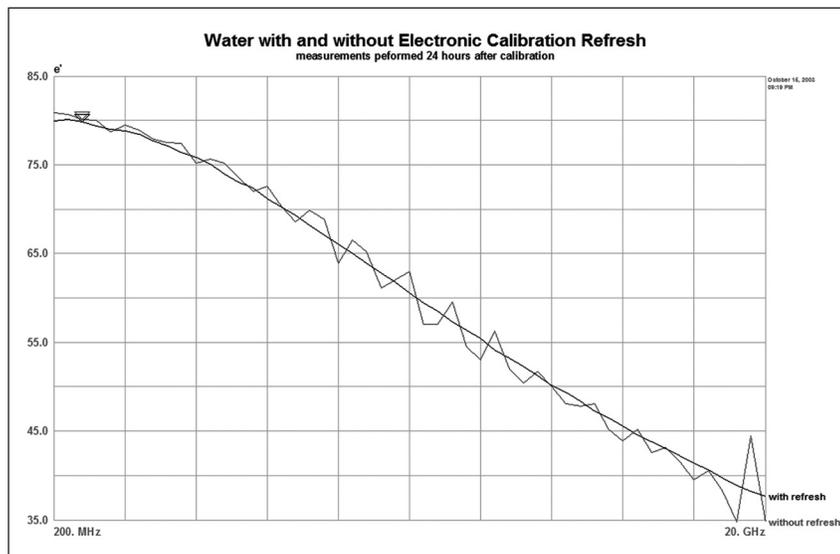
The new automated Electronic Calibration Refresh feature recalibrates the system automatically, in seconds, just before each measurement is made. This virtually eliminates cable instability and system drift errors. Processes can now be monitored over long time periods, including tests that vary MUT temperature and pressure over time.

How it works:

The Keysight Electronic Calibration module (ECal) microwave ports are connected in line between the probe and the network analyzer test port cable. The ECal module communication port is connected either to the PC or PNA Series network analyzer running the 85070E software. The software guides the user through a normal “three standard” calibration, (usually open, short, water), performed at the end of the probe. This calibration is then transferred to the ECal module. The ECal module remains in line and a complete ECal calibration is automatically performed before each measurement. Errors due to test port cable movement are removed by the new calibration.



ECal module connected in line



Water with and without Electronic Calibration Refresh

This measurement shows the effects of system drift and cable instability on a dielectric measurement of water and the improvement with Electronic calibration refresh. Both measurements were made 24 hours after the original calibration. The lighter colored, noisier, trace was made before the Electronic Calibration refresh was turned on. The darker, smoother, trace shows the improvement made after the Electronic Calibration refresh was turned on.

For systems without an ECal module, a simpler, “one standard” refresh calibration feature is also available, which can reduce the effects of system drift over time or temperature. After the initial “three standard” probe calibration is performed, the calibration can be refreshed at any time with the connection of a single standard. Any one of the three calibration standards can be defined as the refresh standard.

1. Not compatible with FieldFox RF analyzers

New Options Allow You to Configure Kit to Meet Your Needs

Now three probe designs to choose from

Performance Probe

Combines rugged, high temperature, and frequency performance in a slim design.

This probe features rugged, high temperature and frequency performance in a slim design, perfect for your most demanding applications. The probe is sealed on both the probe tip and the connector end, which make it our most rugged probe. The probe withstands a wide $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperature range, which allows measurements versus frequency and temperature.

The probe can be autoclaved, so it is perfect for applications in the food, medical, and chemical industries where sterilization is a must. The slim design allows it to fit easily in fermentation tanks, chemical reaction chambers, or other equipment with small apertures.

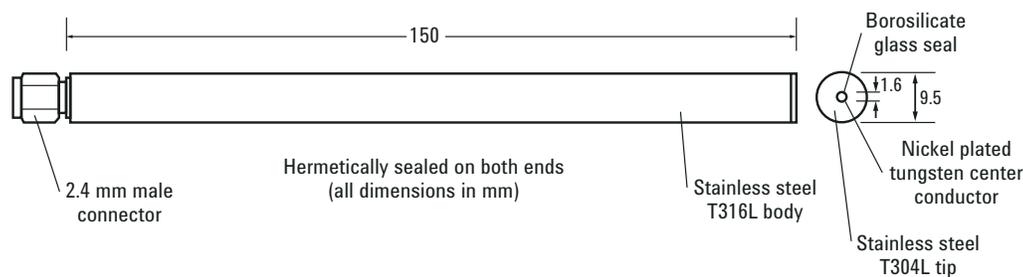
The small diameter also allows it to be used with smallest sample sizes of all Keysight's probes. It is useful for measuring liquid, semi-solid, as well as flat surfaced solid materials. The Performance Form Probe Kit comes complete with a calibration short.

Frequency range 500 MHz to 50 GHz.

2.4 mm male connector



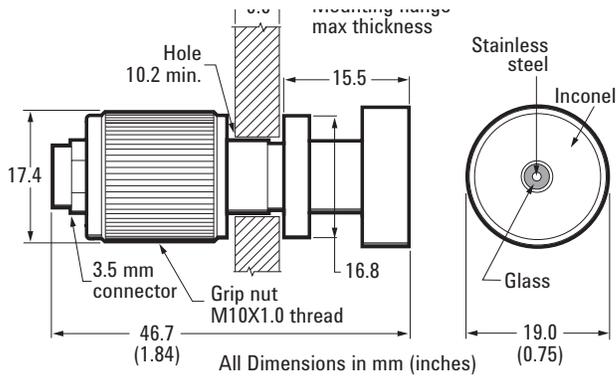
Performance Probe Kit



High temperature probe

Survives corrosive chemicals and high temperatures
 Frequency range: 200 MHz to 20 GHz. 3.5 mm male connector.

Rugged in design, this probe features a hermetic glass-to-metal seal, which makes it resistant to corrosive or abrasive chemicals. The probe withstands a wide -40 °C to +200 °C temperature range, which allows measurements versus frequency and temperature. The large flange makes it easier to measure flat surfaced solid materials, in addition to liquids and semi-solids. The 3.5 mm aperture has a larger sensing volume than our other probes.



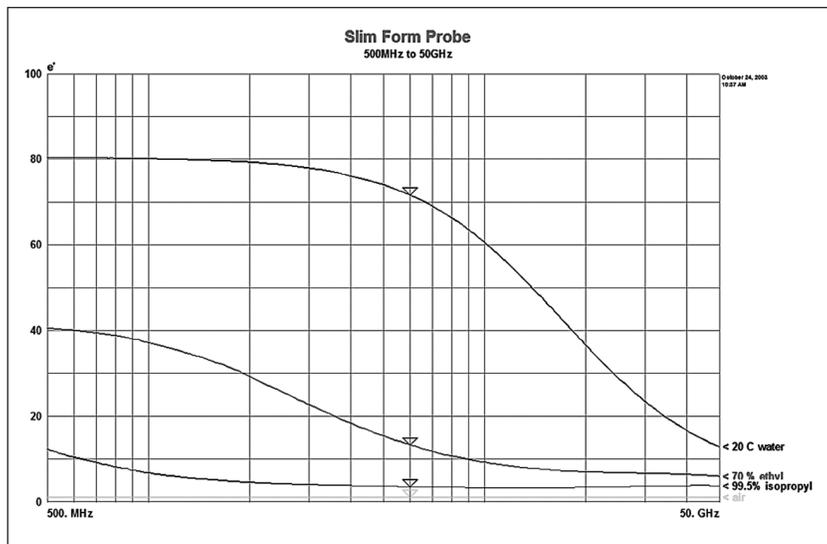
High Temperature Probe Kit

Slim Form Probe

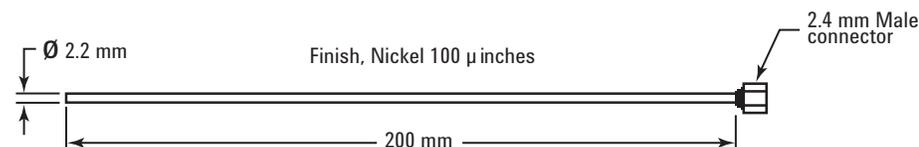
Smaller diameter fits into tight spaces.
 Frequency range 500 MHz to 50 GHz. 2.4 mm male connector.

This probe features a slim design, which allows it to fit easily in fermentation tanks, chemical reaction chambers, or other equipment with small apertures. The slim design also allows it to be used with smaller sample sizes. Best used for liquids and soft semi-solids.

For castable solids, the probe is economical enough to be cast into the material and left in place. Because of the consumable nature of this design, these probes are offered in sets of three. The Slim Form probe kit comes with a sealed Slim Form holder that adapts 2.2 mm outer diameter to 10 mm inner diameter bracket included in the kit as well as commercially available "Midi" sized adapters and bushings.



Slim Form Probe measurement to 50 GHz



Three Cables to Choose From

20 GHz Flexible Cable

Cable to choose when temperature performance is not critical. SMA female connectors connect to High Temperature probe. When connecting to Slim Form probe, an additional adapter may be needed (see configuration guide).

50 GHz Flexible Cable

Cable to choose for high frequency applications. 2.4 mm female connectors connect directly to Slim Form Performance probes.

20 GHz High Temperature Cable

Use with High Temperature or Performance probes for high temperature applications from -40°C to $+200^{\circ}\text{C}$. SMA female connectors connect directly to High Temperature probe. Adapter included in kit connects High Temperature Cable to Performance probe.

Accessories

Probe Stand

The probe stand has a 13 x 7 inch porcelain base and 24 inch high by 0.5 inch diameter metal support. This stand works with mounting bracket and ECal holder included in the standard kit. It is highly recommended to stabilize measurement setup.

Software Menu Items

File

Save or recall measurement setups or previous measurement results. Print copies of the measurement results in a tabular or graphical format.

Edit

Copy the measurement results to the clipboard. Either graph or the tabular listing can be copied. This allows your measurement results to be pasted into other applications.

View

Select the section you want to view. Selections include the toolbar, status bar, table of the measurement data, and chart of the measurement data.

Calibration

Select the frequency range, number of points, linear or log sweep. Guided calibration sequence; choice of calibration materials or user-specified; refresh calibration for single standard or ECal; recalibration versus temperature; automatic refresh on or off.

Measure

Trigger a measurement.

Chart

Select the format to be displayed on the chart. Choices include ϵ_r' , ϵ_r'' , loss tangent, and Cole-Cole. Set Graticule scale factors or "autoscale". Select from linear, semi-log, or log-log representations.

Software Menu Items (continued)

Table

Choose between a tabular formatting of real and imaginary or real and loss tangent

Display

Display current measurement data; save/display up to 3 memory traces; compare data to reference trace with trace math. Turn the marker on or off.

Preferences

Select your preference of fonts, colors, and annotations used to plot and list the measurement data.

Help

On-line help including the product manual.

Toolbar

Provides single click access to the most important menu items.

Performance Characteristics

Specifications describe the warranted performance over the temperature range 0 to 55 °C. Supplemental characteristics are intended to provide information useful in applying the instrument, by giving typical but non-warranted performance parameters. These are denoted as “typical,” “nominal,” or “approximate.”

Probe Characteristics Table

	Performance Probe	Slim Form Probe	High Temperature Probe
Frequency Range (nominal)	500 MHz to 50 GHz Maximum limited by MUT properties $\frac{(285-j125)\text{GHz}}{\sqrt{ \epsilon_r^* }}$	500 MHz to 50 GHz Maximum limited by MUT properties $\frac{(285-j125)\text{GHz}}{\sqrt{ \epsilon_r^* }}$	200 MHz to 20 GHz with network analyzer 10 MHz to 3 GHz with E4991A Impedance analyzer with option 10. Maximum limited by MUT properties $\frac{100\text{ GHz}}{\sqrt{ \epsilon_r^* }}$
Temperature Range	-40 to +200 °C	0 to +125 °C	-40 to +200 °C
Temperature Slew Rate	< 10 degrees/minute	< 10 degrees/minute	< 10 degrees/minute
Immersable Length (approximate)	140 mm	200 mm	35 mm
Connector	2.4 mm male	2.4 mm male	3.5 mm male
Repeatability and Resolution	Two to four times better than accuracy	Two to four times better than accuracy	Two to four times better than accuracy
Material Under Test (assumptions)	Material is “infinite” in size, non-magnetic ($\mu_r^* = 1$), isotropic (uniform orientation), and homogeneous (uniform composition) ² . Solids have a single, smooth, flat ³ surface with gap-free contact at the probe face.	Liquid or soft semi-solid. Material is “infinite” in size, non-magnetic ($\mu_r^* = 1$), isotropic (uniform orientation), and homogeneous (uniform composition) ² .	Material is “infinite” in size, non-magnetic ($\mu_r^* = 1$), isotropic (uniform orientation), and homogeneous (uniform composition) ² . Solids have a single, smooth, flat ³ surface with gap-free contact at the probe face.
Sample size (requirements)	Minimum 5 mm insertion and 1 mm around tip of probe	Minimum 5 mm insertion and 5 mm around tip of probe	Diameter: > 20 mm 20 Thickness: > $\frac{20}{\sqrt{ \epsilon_r^* }}$ mm Granule size ⁴ : < 0.3 mm
Expected Value (requirements)	Maximum recommended ϵ_r' : < 100 Minimum recommended loss tangent > 0.05 Not recommended for low loss (loss tangent < 0.5) materials with $\epsilon_r' > 5$	Maximum recommended ϵ_r' : < 100 Minimum recommended loss tangent > 0.05 Not recommended for low loss (loss tangent < 0.5) materials with $\epsilon_r' > 5$	Maximum recommended ϵ_r' : < 100 Minimum recommended loss tangent > 0.05 Not recommended for low loss (loss tangent < 0.5) materials with $\epsilon_r' > 5$
Accuracy (typical) ¹	Dielectric constant, $\epsilon_r' = \epsilon_r' \pm 0.05 \epsilon_r^* $. $\epsilon_r'' = \epsilon_r'' \pm 0.05 \epsilon_r^* $	Dielectric constant, $\epsilon_r' = \epsilon_r' \pm 0.05 \epsilon_r^* $. $\epsilon_r'' = \epsilon_r'' \pm 0.05 \epsilon_r^* $	Dielectric constant, $\epsilon_r' = \epsilon_r' \pm 0.05 \epsilon_r^* $. $\epsilon_r'' = \epsilon_r'' \pm 0.05 \epsilon_r^* $

1. Practical frequency range, accuracy and resolution depend on properties of the MUT. Value indicates typical accuracy at 23 ± 3 °C, not including effects of probe contact and cable flexure.
2. If the material is not homogeneous, the result is an average value weighted by the intensity of the E-field, which is highest at the center conductor of the probe tip.
3. Sample must be as flat as the probe face, which is lapped to ±100 μ inches.
4. Measurement repeatability for granular materials is dependent on density variation.

Configuration Guide

Choose one of our suggested configurations

High Temperature Configuration

85070E

- Performance Probe Kit, Option 050, or High-Temperature Probe Kit, Option 020
- High Temperature Cable, Option 002
- Probe Stand, Option 001
- USB Security Key, Option UL8



High Temperature Probe Kit (Option 020)

Rugged High Frequency Configuration

85070E

- Performance Probe, Option 050
- Probe Stand, Option 001
- USB Security Key, Option UL8

Economy Configuration

85070E

- Slim Form Probe Kit, Option 030
- 20 GHz Flexible Cable, Option 022
- USB Security Key, Option UL8



Performance Probe Kit (Option 050)



Slim Form Probe Kit (Option 030)

Configuration Guide (continued)

Or, customize your own

Dielectric Probe Kit, 85070E

Includes:

- Dielectric Probe Software application on CD-Rom
- 1 mounting bracket to connect probes to Option 001 Probe Stand or similar stand
- 1 10 mm holder to connect performance probe or slim form holder to mounting bracket
- 1 3 mm hex key for 10 mm holder and Ecal holder screws
- 1 ECal holder to connect ECal module to mounting bracket
- 1 Type-N male to 3.5 mm male adapter, 1250-1743
- 1 3.5 mm male to 2.4 mm female adapter 11901D
- 1 foam lined walnut box.

Probes – Choose one or all

Performance Dielectric Probe Kit, Option 050

Includes:

- 1 Performance Dielectric Probe
- 1 Calibration Short
- 1 Conductive Elastomer Disk

High-Temperature Dielectric Probe Kit, Option 020

Includes:

- 1 High Temperature Probe
- 1 Calibration Short

Slim Form Probe Kit, Option 030

Includes:

- 3 Slim Form probes
- 1 connector saver
- 1 Calibration short
- 1 10 mm dia sealed probe holder.
- 6 O-rings

Slim Form probe replenishment Kit, Option 033

Contains 3 extra Slim Form Probes

Cables –

(Optional, choose any or all)

- High Temperature Cable, Option 002
- 20 GHz Flexible Cable, Option 022
- 50 GHz Flexible Cable, Option 032

Accessory –

(Optional, highly recommended)

- Probe Stand, Option 001

Security Key –

- USB Hardware Key, Option UL8

Additional available parts

- 8710-2036 High-Temperature Dielectric Probe
- 85070-60003 Shorting block and clamp for high temperature probe
- 85070-60004 Short for Slim Form Probes
- 85070-60007 Slim Form Probe holder
- 85070-60008 ECal Holder
- 85070-60009 Set of three Slim Form Probes
- 85070-60010 Performance Probe
- 85070-60012 Short for Performance Probe
- 85070-60011 10mm Holder for Performance Probe and Slim Form Probe
- 8120-6286 High Temperature Cable
- 8120-6192 20GHz Flexible Cable
- 8121-1290 50GHz Flexible Cable
- 9301-1298 Probe Stand
- 1250-3449 Connector Saver for Slim Form Probe
- 85070-20036 Conductive Elastomer Disk

85070E Dielectric Probe Kit Upgrades

Software only upgrade to the E version for customers who own the 85070D or earlier version.

- 85070EU Software Upgrade Kit

Probe hardware only upgrade kits are now available to customers who own the 85070E or 85070EU. These kits contain the probe, short and any other small accessories included in the standard probe option.

- 85070E-021 High Temperature Probe Upgrade Kit
- 85070E-031 Slim Form Probe Upgrade Kit
- 85070E-051 Performance Probe Upgrade Kit

Adapter Selection Guide

Some configurations may need extra adapters. The Keysight adapter part numbers are charted below.

Network analyzer port to cable			
Network analyzer port connector	High Temperature 20 GHz Cable	Flexible 20 GHz Cable	Flexible 50 GHz Cable
Type-N female	1250-1743 (included in kit)	1250-1743 (included in kit)	11903A
3.5 mm male	None needed	None needed	11901C
2.4 mm male	11901D (included in kit)	11901D (included in kit)	None needed
Probe to cable			
Probe	High Temperature 20 GHz Cable	Flexible 20 GHz Cable	Flexible 50 GHz Cable
High Temperature Probe	None needed	None needed	11901C
Slim Form Probe	11901D (included in kit)	11901D (included in kit)	None needed
Performance Probe	11901D (included in kit)	11901D (included in kit)	None needed

Adapters needed when using automated Electronic Calibration Refresh

Ecal module to cable			
ECal Module Connector	High Temperature 20 GHz Cable (3.5 mm female)	Flexible 20 GHz Cable (3.5 mm female)	Flexible 50 GHz Cable (2.4 mm female)
Type-N male	1250-1750	1250-1750	11903C
Type-N female	1250-1743 (included in kit)	1250-1743 (included in kit)	11903A
3.5 mm male	None needed	None needed	11901C
3.5 mm female	1250-1748	1250-1748	11901A
2.4 mm male	11901D (included in kit)	11901D (included in kit)	None needed
2.4 mm female	11901C	11901C	11900A
Ecal module to probe			
ECal Module Connector	High Temperature Probe	Performance and Slim Form Probe	
Type-N male	1250-1745	11903B	
Type-N female	1259-1744	11903D	
3.5 mm male	83059B	11901B	
3.5 mm female	None needed	11901D (included in kit)	
2.4 mm male	11901B	11900B	
2.4 mm female	11901C	None needed	

Compatible ECal modules¹

ECal module requires USB connection to PC or PNA Series network analyzer
N469xA series
8509xC series

Compatible network analyzers

A list of compatible network analyzers can be found on the 8507xE Series Support site at: <http://na.support.keysight.com/materials/>

PC requirements

- Windows XP, Windows 7
- Keysight IO Libraries
- CD drive or internet connection to load software.

Free Trial Demo

Evaluate a demo version of 85070E software for up to two weeks. Visit the Keysight web site at www.keysight.com/find/materials to download this demo program.

PC is optional for PNA and newer ENA series network analyzers where software can be installed directly on the analyzer. All other analyzers require a PC with a GPIB or LAN interface card. LAN is supported with PNA, newer ENA, and FieldFox models. GPIB is supported with newer PNA, ENA and E4991A models. Please see: <http://na.support.keysight.com/materials/> for model number and firmware requirements.

1. Optional, needed for Automated Electronic Calibration Refresh

Evolving Since 1939

Our unique combination of hardware, software, services, and people can help you reach your next breakthrough. We are unlocking the future of technology.

From Hewlett-Packard to Agilent to Keysight.



myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

A personalized view into the information most relevant to you.

www.keysight.com/find/emt_product_registration

Register your products to get up-to-date product information and find warranty information.

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

Keysight Services

www.keysight.com/find/service

Keysight Services can help from acquisition to renewal across your instrument's lifecycle. Our comprehensive service offerings—one-stop calibration, repair, asset management, technology refresh, consulting, training and more—helps you improve product quality and lower costs.



Keysight Assurance Plans

www.keysight.com/find/AssurancePlans

Up to ten years of protection and no budgetary surprises to ensure your instruments are operating to specification, so you can rely on accurate measurements.

Keysight Channel Partners

www.keysight.com/find/channelpartners

Get the best of both worlds: Keysight's measurement expertise and product breadth, combined with channel partner convenience.

www.keysight.com/find/materials

www.keysight.com/find/pna

www.keysight.com/find/ecal

www.keysight.com/find/accessories

For more information on Keysight Technologies' products, applications or services, please contact your local Keysight office. The complete list is available at:

www.keysight.com/find/contactus

Americas

Canada	(877) 894 4414
Brazil	55 11 3351 7010
Mexico	001 800 254 2440
United States	(800) 829 4444

Asia Pacific

Australia	1 800 629 485
China	800 810 0189
Hong Kong	800 938 693
India	1 800 11 2626
Japan	0120 (421) 345
Korea	080 769 0800
Malaysia	1 800 888 848
Singapore	1 800 375 8100
Taiwan	0800 047 866
Other AP Countries	(65) 6375 8100

Europe & Middle East

Austria	0800 001122
Belgium	0800 58580
Finland	0800 523252
France	0805 980333
Germany	0800 6270999
Ireland	1800 832700
Israel	1 809 343051
Italy	800 599100
Luxembourg	+32 800 58580
Netherlands	0800 0233200
Russia	8800 5009286
Spain	800 000154
Sweden	0200 882255
Switzerland	0800 805353
	Opt. 1 (DE)
	Opt. 2 (FR)
	Opt. 3 (IT)
United Kingdom	0800 0260637

For other unlisted countries:

www.keysight.com/find/contactus
(BP-9-7-17)

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

Keysight Technologies, Inc.
DEKRA Certified ISO 9001:2015
Quality Management System



ANEXO B



TECHNICAL
OVERVIEW

FieldFox Handheld Analyzers

4/6.5/9/14/18/26.5/32/44/50 GHz

N9913A

N9914A

N9915A

N9916A

N9917A

N9918A

N9925A

N9926A

N9927A

N9928A

N9935A

N9936A

N9937A

N9938A

N9950A

N9951A

N9952A

N9960A

N9961A

N9962A



Carry Precision with You

Measuring up and earning a spot in your field kit is the driving idea behind Keysight's FieldFox handheld analyzers. They're equipped to handle routine maintenance, in-depth troubleshooting and anything in between. Better yet, FieldFox delivers precise microwave and millimeter-wave measurements - wherever you need to go.

Why choose FieldFox?

- Measure with confidence - precise measurements agree with benchtop results
- Withstands your toughest working environments - rugged enough to meet MIL-specs
- Weighs less than alternative solutions - 7.1 lb (3.2 kg)
- Offers budget flexibility - choose capabilities you need today and easily upgrade later



**RF and microwave
(combination) analyzers**

**Base: Cable and antenna
analyzer**

Key options:

- Spectrum analyzer
- Vector network analyzer
- Built-in power meter
- Pulse measurements
- Channel scanner
- GPS receiver
- Real-time spectrum analyzer
- 89600 VSA software connection
- I/Q analyzer
- Noise figure
- Over-the-Air (OTA) LTE FDD and 5GTF



**Microwave vector
network analyzers**

**Base: Transmission/ reflection
vector network analyzer (VNA)**

Key options:

- Cable and antenna analyzer
- TDR cable measurements
- Full 2-port S-parameters
- Time domain
- QuickCal
- Vector voltmeter
- Built-in power meter
- External USB power sensor support
- Pulse measurements
- GPS receiver



**Microwave
spectrum analyzers**

Base: Spectrum analyzer

Key options:

- Full-band tracking generator
- Full-band preamplifier
- Built-in power meter
- Pulse measurements
- Channel scanner
- GPS receiver
- Real-time spectrum analyzer
- 89600 VSA software connection
- I/Q analyzer
- Noise figure
- Over-the-Air (OTA) LTE FDD and 5GTF

Leverage Our Legacy of Measurement Leadership

With FieldFox, you're carrying the precision of our industry-standard benchtop analyzers. By delivering levels of consistency not available in any other handhelds, FieldFox ensures confidence in your results.

Inside, we leveraged well-tested algorithms from Keysight's high-performance VNAs. To lighten your load, we simplified calibration by adding built-in standards and eliminating the need to carry calibration kits.

To enhance spectrum analysis, FieldFox includes the same PowerSuite measurements used in Keysight signal analyzers, enabling fast, accurate, one-button characterization of channelized communication systems. The InstAlign capability lets you instantly make accurate power measurements in the field, even when temperature fluctuates.

FieldFox industry innovations

First 50 GHz handheld microwave analyzer

Cable and antenna analyzer

DTF and TDR in a single sweep

Vector network analyzer

Dynamic range up to 100 dB

Spectrum analyzer

Absolute amplitude accuracy ± 0.5 dB



2015 | FieldFox 50 GHz handheld microwave analyzer

“FieldFox’s result is almost identical to my PNA. I want one of these for all of my engineers.”

-- Senior calibration engineer from spacecraft research and development center.

2012 | FieldFox handheld microwave analyzer



2008 | FieldFox handheld RF analyzer



2006 | PXA X-Series signal analyzer



2007 | PNA-X vector network analyzer



2001 | PSA spectrum analyzer



2000 | PNA vector network analyzer



1984 | 8510A vector network analyzer



1978 | HP 8566B spectrum analyzer

Increase System Uptime and Reduce Mission Risk

Install and maintain cellular systems with the cable and antenna (CAT) tester

- Ensure communication continuity with all the essential measurements needed to troubleshoot and maintain microwave links
- Increase your team's preparedness in the harshest environments with a completely sealed instrument rugged enough to meet MIL specs
- Always be at the ready with an instrument display easily optimized for clear viewing in direct sunlight or darkness
- Reduce measurement complexity and time-to-repair with quick and accurate line sweeps in the field without calibration kits
- Protect your investment by adding software license key upgrades as your needs change



Photo courtesy of IN/TELSAT

Work better and faster in radar installation and maintenance (I&M)

- Improve your team's efficiency with a single analyzer that provides network, spectrum, and power measurements up through the Ka and Q bands
- Increase your confidence with system and component measurements that agree with trusted Keysight/Agilent/HP benchtop instruments
- Ensure your team's readiness with an instrument rugged enough to meet MIL-PRF-28800F Class 2 and IP53 specs
- Increase system uptime and reduce mission risk with fast and accurate characterization of cables, waveguides, and components
- Reduce your cost of ownership, with only one instrument to purchase and maintain



Photo courtesy of IN/TELSAT

Accelerate I&M work at satellite ground stations

- Validate system performance with fast, detailed analysis of up uplink and downlink signals
- Maintain cable, waveguide, and antenna systems consistently and efficiently with calibrated VNA and CAT measurements
- Quickly diagnose faults using built-in cable and antenna analysis, network analysis, and power measurements
- Perform accurate frequency translation gain/loss measurements to verify upconverters and downconverters at the LRU level
- Depend on MIL-spec ruggedness and a completely sealed instrument, designed to withstand harsh environments



Photo courtesy of INDRA S.A.

Learn more about FieldFox applications and download resources at:
www.keysight.com/find/fieldtest

Enhance Research and Education

Add the ultimate companion tool to every R&D bench

- Equip your lab with must-have measurements up to 50 GHz with the affordable FieldFox
- Increase your confidence with measurements that agree with trusted Keysight/Agilent/HP benchtop instruments
- Get unprecedented flexibility with the multi-function FieldFox
- Give your team measurement convenience with a portable form factor and battery operation
- Free up high-performance benchtop instruments with FieldFox



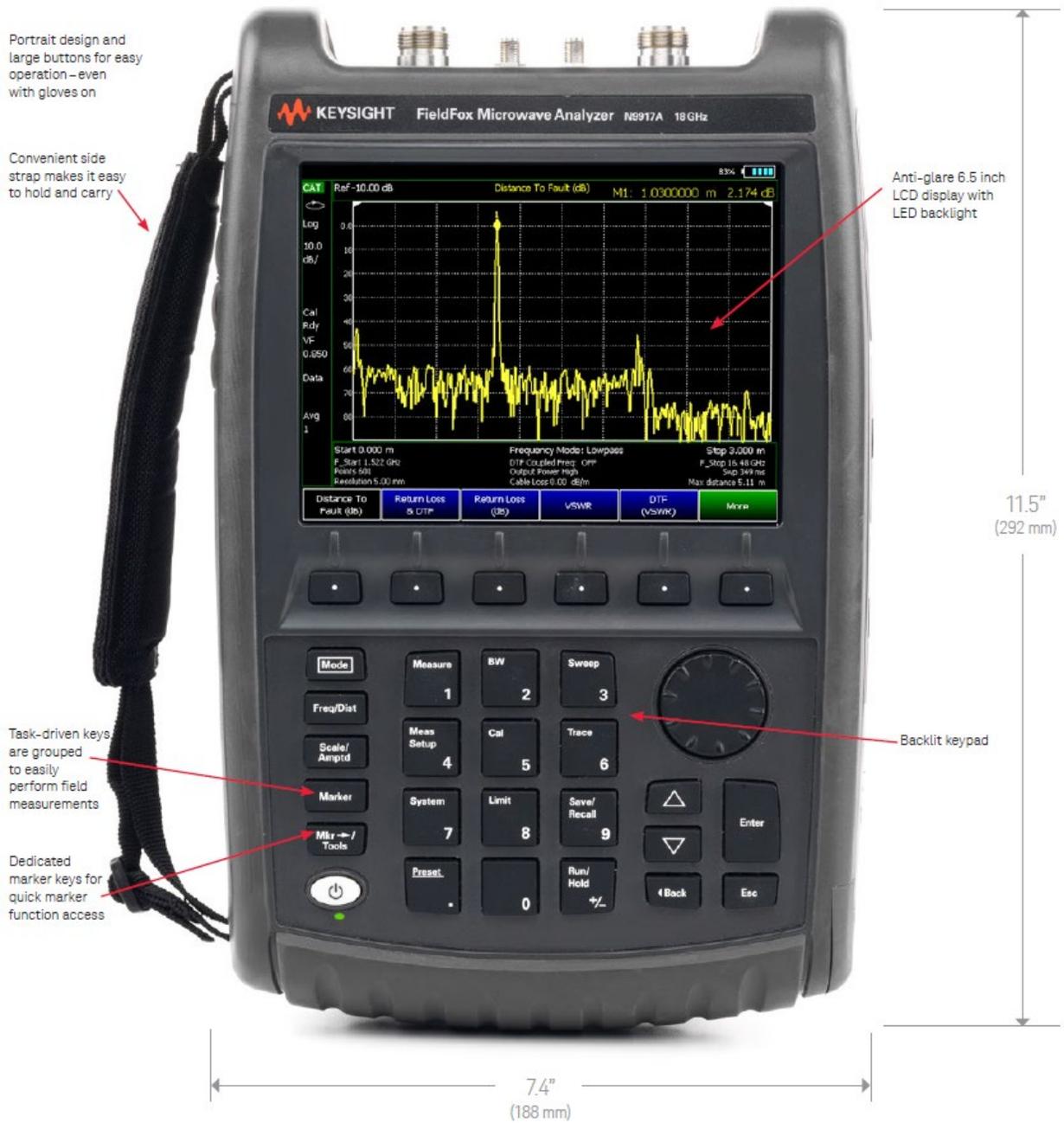
Bring a new dimension to engineering classes and labs

- Optimize EE/ECE department budgets with as many as 20 instrument capabilities in one
- Buy what you need today, and add features via software license keys as your curriculum changes
- Achieve maximum teaching efficiency with a portable instrument that is easy to carry from class to lab and provides battery life of 3.5 hours
- Enhance student comprehension by remotely projecting, monitoring, and controlling the instrument
- Reinforce theoretical concepts by easily demonstrating measured results
- Save time developing your curriculum with complimentary ready-made lesson plans



Learn more about FieldFox applications and download resources at:
www.keysight.com/find/fieldtest

Pick Up FieldFox for its Ergonomics

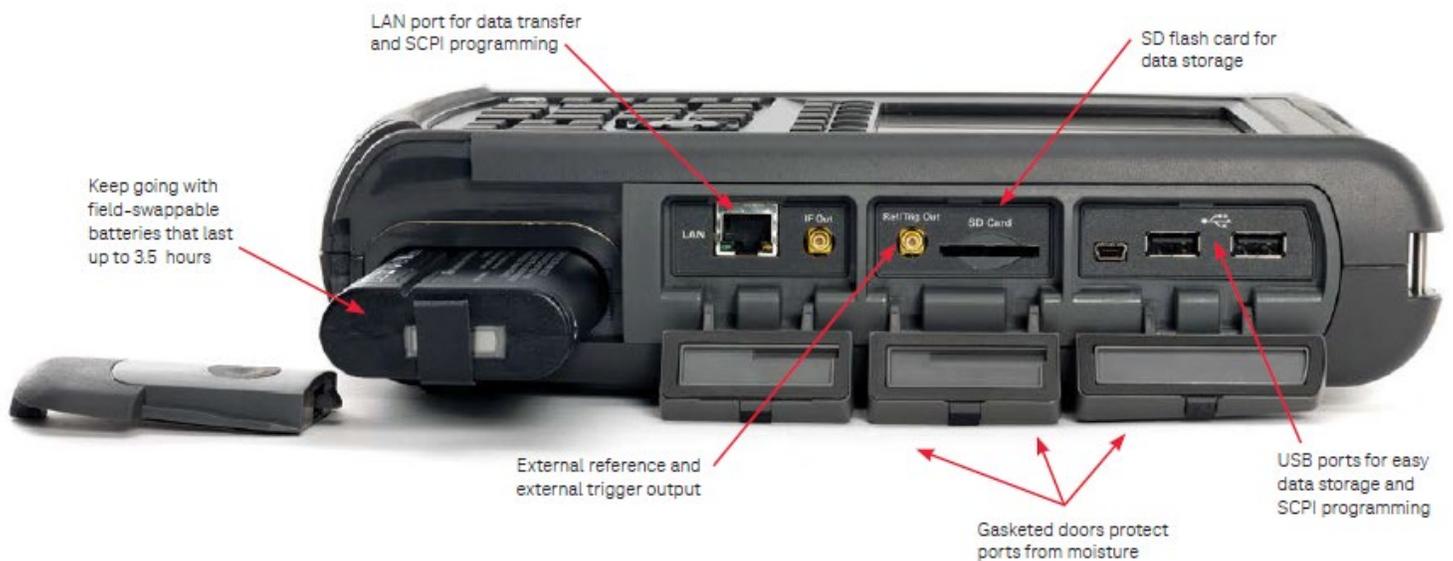


... and Depend on Its Durability and Convenience

TOP



RIGHT SIDE



LEFT SIDE



Utilize the Industry's Most Comprehensive Handheld Analyzers



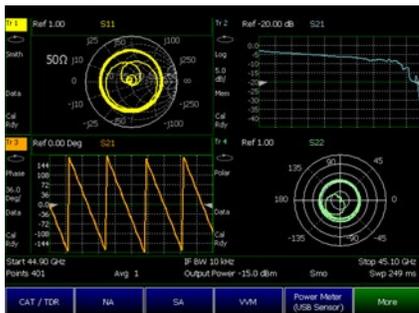
Cable and antenna analyzer

- Distance-to-fault (DTF) and return loss/VSWR
- 1-port cable loss, 2-port insertion loss, and time-domain reflectometry (TDR)
- Integrated QuickCal up to 18 GHz for simple field measurements - no calibration kit required



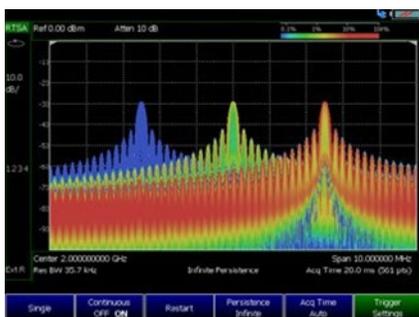
Spectrum analyzer

- Unprecedented amplitude accuracy of ± 0.5 dB with InstAlign¹ - no warm-up required
- Tracking generator, independent source, and preamplifier covering the full frequency range
- Channel power (CHP), occupied bandwidth (OBW), interference analysis, analog demodulation



Vector network analyzer

- All four S-parameters, magnitude and phase
- Time-domain analysis, mixed-mode reflection S-parameters
- CalReady, QuickCal, full 2-port cal, TRL, waveguide cal, ECal support, and a Guided Calibration Wizard



Real-time spectrum analyzer (RTSA)

- Capture signals as short as 12 μ s with 100% POI with a maximum 10 MHz real-time bandwidth and full amplitude accuracy
- Visualize small signals as short as 22 ns independent of amplitude accuracy
- Detect a low-level signal in the presence of a high-power transmitter using the spectrum density view

¹ With FieldFox InstAlign, internal amplitude alignments occur automatically as environmental conditions change, without any user intervention.

Utilize the Industry's Most Comprehensive Handheld Analyzers (continued)



Built-in power meter

- Power measurements over a defined bandwidth, without an external sensor
- Easy to view analog and digital displays
- ± 0.5 dB accuracy with InstAlign¹



Power measurements using a USB power sensor

- Accurate absolute power measurements at a CW frequency
- Swept-frequency power measurements
- Frequency-offset capability for converter test



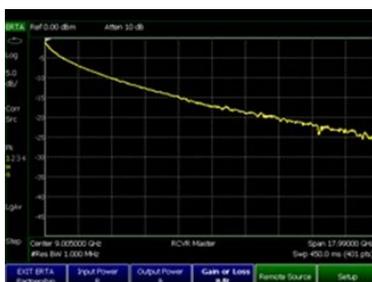
Pulse measurements using a USB peak power sensor

- Peak power, average power and peak-to-average ratio measurements
- Pulse profile characterization
- Portable solution for radar pulse analysis



Vector voltmeter

- Cable trimming, phase shift, and electrical length measurements
- A/B and B/A ratio measurements
- Similar functionality to the HP 8508A VVM



Extended range transmission analysis (ERTA)

- Scalar insertion loss measurement of in-situ cables with long distances between test ports
- InstAlign enables accurate microwave measurements with no warm-up
- Converter test using ERTA's frequency-offset capability

¹With FieldFox InstAlign, internal amplitude alignments occur automatically as environmental conditions change, without any user intervention.

Utilize the Industry's Most Comprehensive Handheld Analyzers (continued)



Channel scanner

- Channel power measurements up to 20 channels
- Customizable frequency and bandwidth settings for each channel
- Data logging capability with geo tagging



Noise figure (NF)

- Portable Y-factor noise figure measurements for amplifiers, downconverters, upconverters, and converters
- Auto integration mode optimizes gain to avoid compression and measurement time to achieve jitter goal
- User definable loss compensation for loss (dB) before and after DUT
- Built-in uncertainty calculator displays vertical bars representing the calculated measurement uncertainty overlaid on the trace data
- Supports Keysight's noise source models 346A/B/C/K40/K01 and external preamplifiers models U7227A/C/F or U7228A/C/F



I/Q analyzer (IQA)

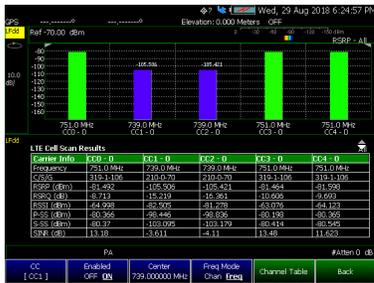
- Frequency and time domain measurements up to 10 MHz of analysis bandwidth
- I/Q capture parameters include capture time, sample rate, sample period and capture samples
- Customize display with up to 4 simultaneous and multi-domain measurement views
- Enhance performance with features such as amplitude and IF alignment before capture
- I/Q capture data file types include CSV, text (TXT), SDF (compatible with 89600 VSA software), MATLAB (MAT)
- Requires spectrum analyzer option (not supported on model N9912A)

89600 VSA software connection

- Windows based software for signal demodulation and vector signal analysis
- Connected VSA software runs on external PC or tablet
- Transmitting signal quality verification
- Analysis bandwidth: 10MHz
- Spectrum, IQ constellation, error vector magnitude (EVM), time domain waveform and frequency error display views
- Record a signal's IQ data for offline process or playback
- Keysight model number 89601B, requires spectrum analyzer option on FieldFox (not supported on model N9912A)

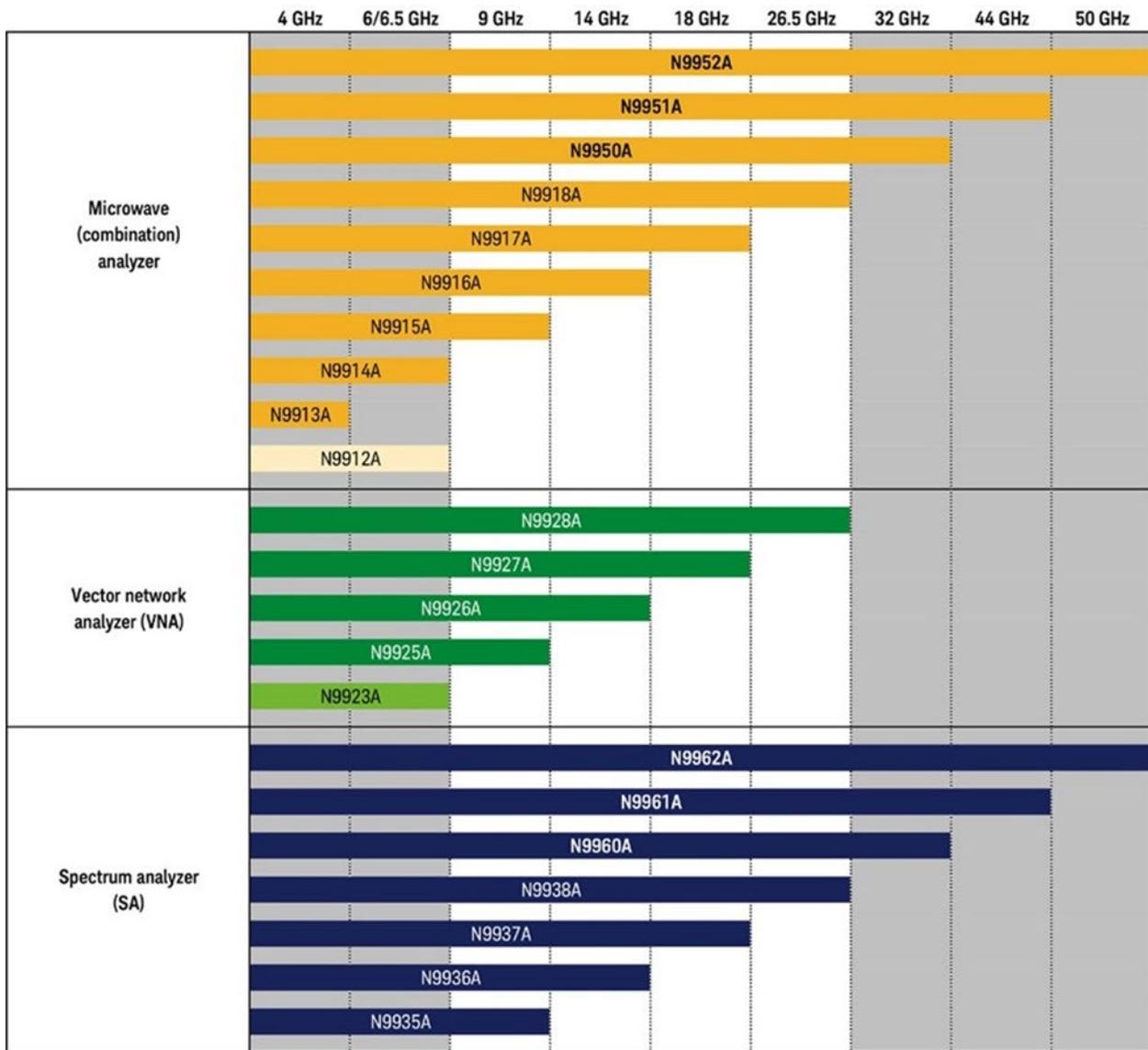


Over-the-Air (OTA)



- Portable OTA LTE FDD and 5GTF measurements for base station downlink multi-path and multi-cell environments
- Modulation analysis of downlink primary and secondary synchronization signals (P-SS and S-SS)
- Scan results of key performance indicators (KPI's) including Cell ID, RSRP, RSRQ, RSSI, P-SS, S-SS, SINR and Frequency Error
- Configurable display with up to four windows including table, bar chart, magnitude spectrum, and strip chart data formats
- Supports record, recall and playback of data with geo-location information for post analysis (CSV or KML file formats)

Choose the FieldFox that Meets Your Needs¹



Notes:

- For more information on N9912A, see FieldFox N9912A RF Analyzer, Technical Overview (5989-8618EN)
- For more information on N9923A, see FieldFox N9923A Vector Network Analyzer, Technical Overview (5990-5087EN)

¹ Combination analyzer = Cable and antenna tester (CAT) + Vector network analyzer (VNA) + Spectrum analyzer (SA)

Create the Right Configuration for Your Application

Select the capabilities you need today and add more as needs change: features are field-upgradeable and are added via software license keys. RF and microwave analyzers are referred to as combination analyzers in this section.

Feature	Combination Analyzers		Vector Network Analyzers		Spectrum Analyzers
	N9912A	N9913/4/5/6/7/8A N9950/1/2A	N9923A	N9925/6/7/8A	N9935/6/7/8A N9960/1/2A
CAT/ vector network analysis					
Cable and antenna analyzer	✓	✓	✓	✓	VSWR and reflection
VNA transmission/reflection	✓	✓	✓	✓	–
VNA full 2-port S-parameters	–	✓	✓	✓	–
1-port mixed-mode S-parameters	–	✓	✓	✓	–
VNA time domain	✓	✓	✓	✓	–
QuickCal	✓	✓ ¹	✓	✓	–
TDR cable measurements	–	✓	–	✓	–
Vector voltmeter	1 port	✓	✓	✓	–
Spectrum analysis					
Spectrum analyzer	✓	✓	–	–	✓
Extended range transmission analysis (ERTA)	–	✓	–	–	✓
Tracking generator	✓	✓	–	–	✓
Pre-amplifier	✓	✓	–	–	✓
Interference analyzer and spectrogram	✓	✓	–	–	✓
Spectrum analyzer time gating	–	✓	–	–	✓
Channel scanner	✓	✓	–	–	✓
Analog demodulation	–	✓	–	–	✓
Real-time spectrum analyzer (RTSA)	–	✓ ²	–	–	✓ ²
I/Q analyzer (IQA)	–	✓ ²	–	–	✓ ²
Noise figure (NF)	–	✓ ²	–	–	✓ ²
Over-the-Air (OTA) LTE FDD	–	✓ ²	–	–	✓ ²
Over-the-Air (OTA) 5GTF	–	✓ ²	–	–	✓ ²
Power measurements					
USB power sensor meas. versus frequency	✓	✓	✓	✓	✓
USB power sensor support	✓	✓	✓	✓	✓
Pulse meas. with USB peak power sensor	✓	✓	✓	✓	✓
Built-in power meter	✓	✓	–	✓	✓
System features					
Remote control capability	✓	✓	✓	✓	✓
GPS receiver	external	✓	external	✓	✓
DC bias variable-voltage source	–	✓	–	✓	✓
SCPI over LAN and USB ³	✓	✓	✓	✓	✓
Windows based software					
89600 VSA software	–	✓ ²	–	–	✓ ²

Notes:

Some of the features listed here require an option. See page 22 for option information or see the FieldFox Handheld Analyzer Configuration Guide for complete information on all FieldFox products and accessories <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-9836EN.pdf>

1. QuickCal is not available on N995xA analyzers.

2. Requires CPU2 fast processor. All N995xA and N996xA analyzers include CPU2. On other FieldFox models, if the serial number starts with MY5607/SG5607/ US5607, then it has CPU2. If the serial number prefix is different, then the analyzer firmware needs to be checked to see if the instrument has been upgraded with N9910HU-100/200/300/400 to have CPU2.

3. SCPI over USB for the N991x/2x/3x models is only available for serial number prefix starting with MY5607/SG5607/US5607 or upgraded with Option N9910HU-xxx.



Cable and Antenna Analyzer

Fifty to sixty percent of microwave-link equipment issues are related to cables, antennas and connectors. Degraded feeder lines cause poor coverage, link failures, and reduced sensitivity in the receive path. To maintain the quality of a microwave link, it is critical to keep cable and antenna systems in good working condition. FieldFox is uniquely qualified to provide all the necessary measurements to troubleshoot and maintain these systems.

Insertion loss and cable loss

Insertion loss or cable loss characterizes the loss of a jumper cable, feeder cable, diplexer, or gain of a tower-mounted amplifier (TMA). With FieldFox, you can measure both the 1-port cable loss and 2-port insertion loss. Also, FieldFox's ERTA option, described on page 19, is useful for measuring long, lossy in-situ cables.

Return loss/VSWR

Return loss (RL) or VSWR is the single most important parameter used to measure and verify a cable and antenna system. This measurement reflects the power transfer efficiency of a given system.

Distance-to-fault (DTF) and time-domain reflectometry (TDR)

DTF helps you determine the location of discontinuities in feeder lines. TDR helps you determine the nature of the discontinuities, for example, short, open, or water ingress.

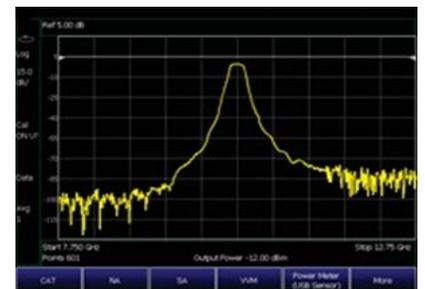
With FieldFox, you can make RL and DTF measurements at the same time. This helps you correlate overall system degradation with specific faults in the cable and antenna system. The built-in cable editor lets you edit existing cable types onsite and save them as new cable types with user-defined names.

Measure both DTF and TDR in single sweep

FieldFox's TDR complements RL and DTF measurements. TDR measures impedance changes along the cable and helps identify specific faults, RL exposes mismatch issues, and DTF indicates faults and poor connections. FieldFox is the only handheld instrument that can measure both DTF and TDR in a single sweep.



View return loss and DTF simultaneously



Characterize filter insertion loss



Gain insight into faults with TDR measurements



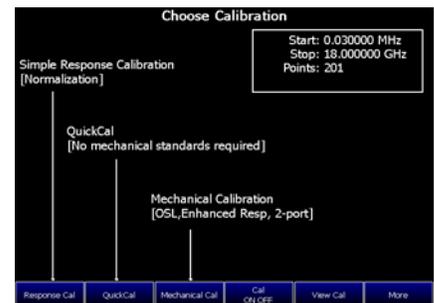
CalReady-calibrated at power on and ready to go

Save time and get right to work with FieldFox's CalReady feature. With CalReady, the analyzer is already calibrated and ready to make measurements such as S11, S22, 1-port cable loss, and DTF/TDR measurements without having to connect and disconnect additional calibration devices.

Hassle-free calibration in the field with QuickCal

FieldFox comes with a built-in calibration capability that allows you to calibrate the network analyzer without carrying a cal kit into the field. With any other test instrument, when you add additional devices to the test port, such as jumper cables or adapters, you need to recalibrate using a cal kit.

FieldFox's QuickCal supports measurements such as insertion loss/gain, 1-port cable loss, return loss, and DTF/TDR. Note: N995xA does not support QuickCal.



Use FieldFox's QuickCal capability and perform calibrations without carrying a cal kit

Broadband calibration

FieldFox allows you to make broadband calibrations, which means the instrument is calibrated over the maximum frequency range. After a broadband calibration, you can change the frequency range or number of points without recalibrating the instrument. The calibration is interpolated, and accuracy is maintained.

User cal kit support

For users who wish to use traditional mechanical calibration kits, FieldFox supports most Keysight/Agilent/HP cal kits, and also allows you to define your own custom calibration kits.

Fast and accurate calibration with ECal

The FieldFox calibration engine supports Keysight's USB ECal modules. ECal support reduces calibration time and the need to make multiple connections during testing, while also providing for greater consistency between measurements. For FieldFox users, that translates into fewer human errors and increased accuracy.



Perform fast and accurate calibrations using ECal

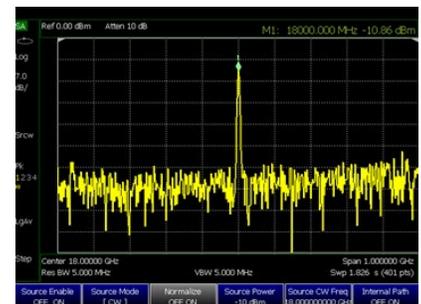


Spectrum Analyzer

In microwave, radar, and satellite communications, and commercial microwave backhaul, you may be responsible not only for hardware installation and maintenance, but also over-the-air signal quality. You may also need to regularly monitor unexpected signals and perform signal surveillance.

FieldFox's spectrum analyzer is optimized to excel in a dynamic spectral environment. You may face measurement challenges such as the need to detect a low-level signal under strong signal conditions (requiring high dynamic range), or close-in small interference signals (requiring excellent phase noise).

FieldFox's superior dynamic range (TOI > +15 dBm), close in phase noise (-111 dBc/Hz at 10 kHz offset), and fast sweep time make these challenging tasks easier. FieldFox's spectrum analyzer also provides a full power measurement suite and complete trace and state control.



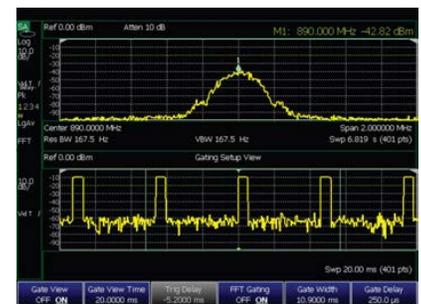
Monitor frequency spectra up to 50 GHz with FieldFox

Unprecedented amplitude accuracy without instrument warm-up

With FieldFox's InstAlign capability, internal amplitude alignments occur automatically as environmental conditions change, without any user intervention. This provides unprecedented amplitude accuracy of ± 0.5 dB for spectrum analysis and power measurements. Better yet, FieldFox provides this accuracy immediately upon instrument turn on - no warm-up required.

Spectrum analyzer time gating

The testing of RF pulses is always challenging because so many instrument settings interact. With Option 238, gated FFT with time gating, FieldFox behaves like a spectrum analyzer and an oscilloscope. This enables you to quickly detect pulses in the time and frequency domains. A gate time of 6 μ s to 1.8 s enables simultaneous examination of one or more pulses, or pulse rise and fall times, revealing the effects of spectrum growth due to various pulse shapes. Functions such as video trigger, external trigger and RF burst ensure reliable pulse detection. Automatic trigger-delay and bandwidth settings enhance characterization of RF pulses.



Analyze pulsed RF signals using the time-gating option



Real-time spectrum analyzer (RTSA)

With the widespread increase of wireless technologies in commercial and military networks, the spectral environment is filled with intentional and unintentional interference.

The interfering signals result in network quality deterioration and communication link breakdowns. Additionally, the prevalent use of digital modulation and burst-transmission methods have made it difficult to reliably detect interference sources.

This is where RTSA in FieldFox can help. With the combination of a fast, overlapping FFT processing technique, gap-free measurement, and a 10 MHz real-time bandwidth, FieldFox is able to detect signals as short as 12 μ s with 100% POI with full amplitude accuracy.

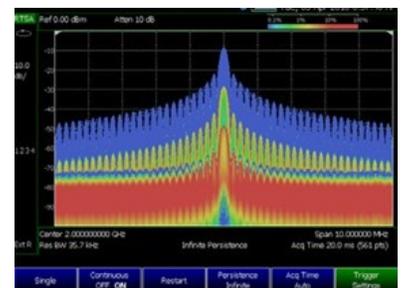
In some applications, detecting signals is the critical factor, independent of amplitude accuracy. In such cases, FieldFox can detect signals as short as 22 ns.

The spectrum density view displays three-dimensional data on a two-dimensional display. It uses color to show the number of times a frequency and amplitude point is detected during a capture interval.

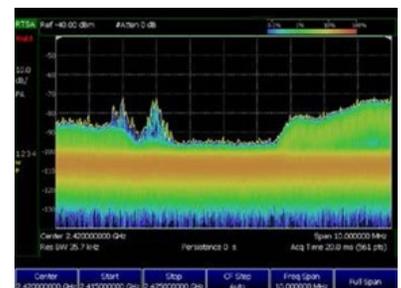
This is an excellent way to understand and visualize the spectral occupancy of the frequency band. For example, with RTSA you can detect a low-level signal in the presence of a high-power transmitter using the spectrum density view.

Finding an elusive signal can typically take hours or days. With FieldFox's recording and playback, data can be saved for further analysis offline at a later date.

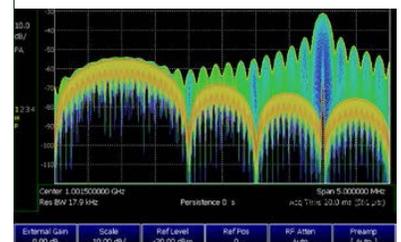
With RTSA in FieldFox, you can now eliminate the need for a separate, dedicated instrument. When needed, just shift to real-time capabilities in the same unit with one key press.



Density display with settable persistence



Identify multiple types of signals in the same band (Bluetooth and WiFi)

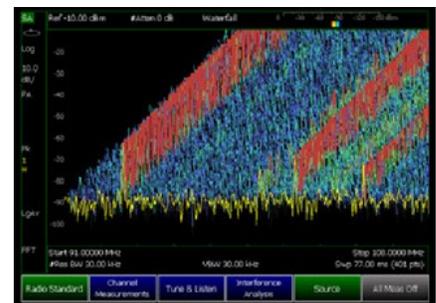


Multi-pulse detection with the density display



Interference analyzer

Interference can be internal or external, uplink or downlink, and has a direct impact on the quality of service (QoS) of a communication network. FieldFox's interference analyzer is designed to identify interfering signals quickly. Spectrogram and waterfall displays detect intermittent signals or monitor signals over a period of time. You can record signal traces into internal memory or external flash memory devices, and play back the saved traces for offline processing. It has excellent dynamic range.



Waterfall display makes interference hunting easier

Channel scanner

Channel scanner allows users to make multiple channel power measurements simultaneously. It is used to verify wireless network coverage, path loss and potential interference issues. It also can be used to measure primary carriers and their intermodulated products. Each instrument state can be a custom set of frequencies with each frequency having a unique integrating bandwidth. Users can record and playback the data with data logging. Using time interval logging along with geotagging, files can be exported to Google Earth for network coverage analysis.



Scan up to 20 channels simultaneously with the channel scanner option

Noise figure (NF)

Communication system capacity is limited by internally generated noise. This noise will impact link budget, increase investment on the transmitter design, or will increase antenna cost at the receiver. One of the key performance indicators for a receiver is its sensitivity, which is the ability to reliably discern small signals that are close to the noise floor. The performance of a communication system is also based on signal-to-noise-ratio (SNR). While vector network analyzer S-parameter measurements and spectrum analyzer channel power and adjacent channel power measurements may be used to evaluate the signal behavior, additional evaluation of internally generated noise is necessary to have a full picture of the total system performance. As such, noise figure measurements can be used to quantify the degradation in SNR caused by components in the link. The FieldFox noise figure mode uses the industry proven Y-factor technique to accurately verify and characterize the noise figure of devices. FieldFox can also provide real-time feedback on measurement integrity with built-in uncertainty calculator error bars that can be displayed on the measurement data.



Accurately characterize noise figure of devices



AM/FM analog demodulation

Using FieldFox's analog demodulation, users maintaining AM/FM radio transmitters can demodulate and characterize AM and FM transmitters. They can tune to the signal and listen to the audio tones using FieldFox's built-in speakers or a headphone. They can also measure the RF spectrum, the demodulated waveform and AM/FM metrics such as carrier power, modulation rate, and SINAD.

IF signal output

FieldFox provides a spectrum analyzer IF output with 25 MHz bandwidth. This enables use as a frequency downconverter and digitize the signal using external test equipment like real time scope, or VSA to do deep signal analysis.

Field strength measurements

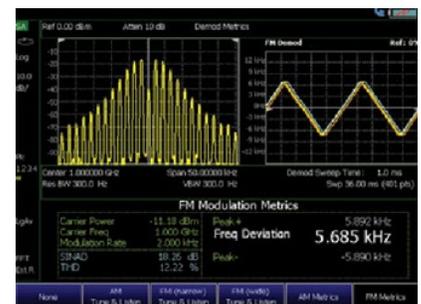
To characterize the electric and magnetic fields, the gain and loss of the antenna and cables must be accounted for. With FieldFox, you can load antenna factors and cable loss data using either the front panel or the complimentary Data Link software.

Independent signal source

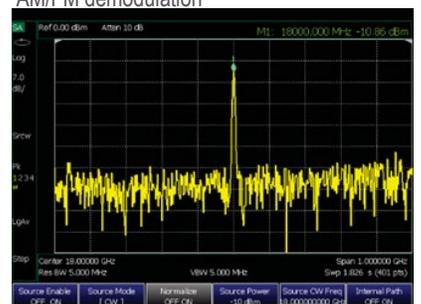
FieldFox has a built-in independent signal source, with a frequency range of up to 50 GHz. The signal source can be tuned to any frequency, independent of the spectrum analyzer frequency. You can use the signal source to create a test signal to measure coverage, antenna isolation, antenna direction alignment, shielding effectiveness, and to verify frequency-offset devices.

Extended range transmission analysis (ERTA)

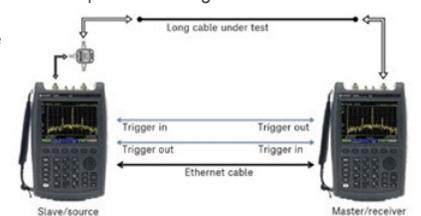
Measuring long in-situ microwave cables such as those on ships is a challenging task and requires instruments with high dynamic range and fast measurement speed. These measurements were traditionally done using benchtop scalar analyzers, which are cumbersome to operate in the field. Using FieldFox's ERTA, users can measure dynamic ranges of 108 dB (at 6 GHz) or 77 dB (at 26.5 GHz), with a portable analyzer that requires no calibration and no warm-up. ERTA uses two FieldFox, one deployed at each end of the cable. One FieldFox acts as a source, while the other acts as a receiver. By taking advantage of Keysight's proprietary InstAlign technique, this configuration can be used to make cable loss measurements with accuracy of ± 0.7 dB.



Characterize AM/FM signals using AM/FM demodulation



Use the internal microwave signal source for transponder testing



Measure long, lossy cables using ERTA



Digitally modulated signal quality verification

Most modern wireless communication signals are digitally modulated to improve system capacity and enhance the ability to counter interference. In order to improve system capacity/spectrum efficiency, increasingly higher order modulation schemes are deployed. One of the key challenges to evaluating overall system performance is to correlate RF component performance to signal quality over-the-air.

Traditionally we measure transmitter power, frequency response and operating bandwidth, and 1 dB gain compression to examine the transmit chain of the system. However, for digitally modulated signals, these measurements may not be enough. This

is because the current measurements are based on a continuous wave test signal having a peak to average ratio of 0 dB. For digitally modulated signals, this ratio is much higher (could be easily 3 to 10 dB), which means peak power could be much higher than the test signals used to evaluate the above-mentioned metrics.

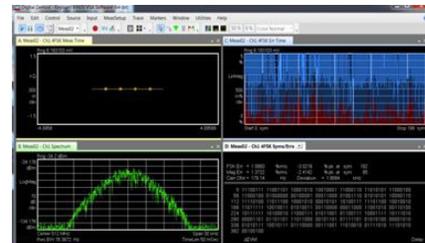
The peak power can push the amplifier into a nonlinear region and induce degradation of signal modulation quality. Similar to poor error vector magnitude (EVM), this signal degradation makes it much harder for mobile devices to demodulation transmitted signals. Therefore, we need more information in order to examine the signal quality, demodulating and recovering the digital signal helps to provide insight as to why the system sometimes fails.

Keysight's 89600 VSA software can analyze digitally modulated signals simultaneously in the modulation, time and frequency domains providing useful insight to modulation quality with measurement displays views including spectrum, IQ constellation, EVM, frequency error and many more. The 89600 VSA link provides a powerful combination of hardware and software for design and troubleshooting of devices using signal formats such as APCO-25, TETRA for public safety radio, IEEE 802.11p for wireless vehicular communications, low power wide area networks and other IoT formats, as well as cellular communications including LTE, WCDMA, GSM and more.

FieldFox can connect to the 89600 VSA software (Keysight model number 89601B) via Ethernet to a Windows based PC or tablet. In order to connect with the 89600 VSA software, FieldFox requires a spectrum analysis option.

I/Q analyzer

I/Q analyzer mode is the ideal capturing tool to verify final signal chain integration or troubleshoot signal quality degradation due to hardware or software issues. Frequency and time domain measurements provide demodulated I/Q data that can be analyzed with customizable multi-domain display views. I/Q data can also be captured on the instrument and analyzed using 89600 VSA software, MATLAB, Python tool kit and other third-party demodulation software. Additionally, I/Q capture data of an RF signal environment can be re-generated and played back using a vector signal generator. Features such as amplitude and IF alignment before capture and single or continuous capture allow for enhanced performance and flexibility.



Public safety transmitting signal quality test – P25 C4FM demodulation with FieldFox



Over-the-Air (OTA) Measurements for LTE FDD

Our wireless networks have become ever-increasingly complex with roll out of 4G and upcoming 5G. One of the key challenges is the question of “what network coverage is”, since today’s wireless networks are comprised of macrocells, microcells, and picocells, and these cells are deployed in layers. The macrocell provides overall coverage, while the microcell and picocell deliver high data throughputs to end users.

To guarantee smooth handover from various cells and frequencies, it is essential to make sure each cell has sufficient neighbors to handle various communication scenarios from mobile users, like coverage for voice, text messages and data services.

At any given location, a mobile phone likely sees all types of these cells at the same time and must determine which ones are intended for the phone. With the OTA measurement on FieldFox, engineers can scan the area to determine how many type cells are available and which cells are good neighbors.

FieldFox LTE FDD OTA demodulation can provide insights to available cells with physical cell ID (PCI) on any given frequency, or often times this is called component carrier. This measurement demodulates and decodes all available cells on a single component carrier allowing engineers to see if any additional cells are available to use, thereby addressing the common problem of finding missing neighbors. In addition to single carrier multicell measurements, FieldFox also displays the strongest cell on different component carriers (up to a maximum of 6 cells, if present). This greatly expedites the process to find out which frequencies are the best for any given location and optimizes inter-frequency handover.

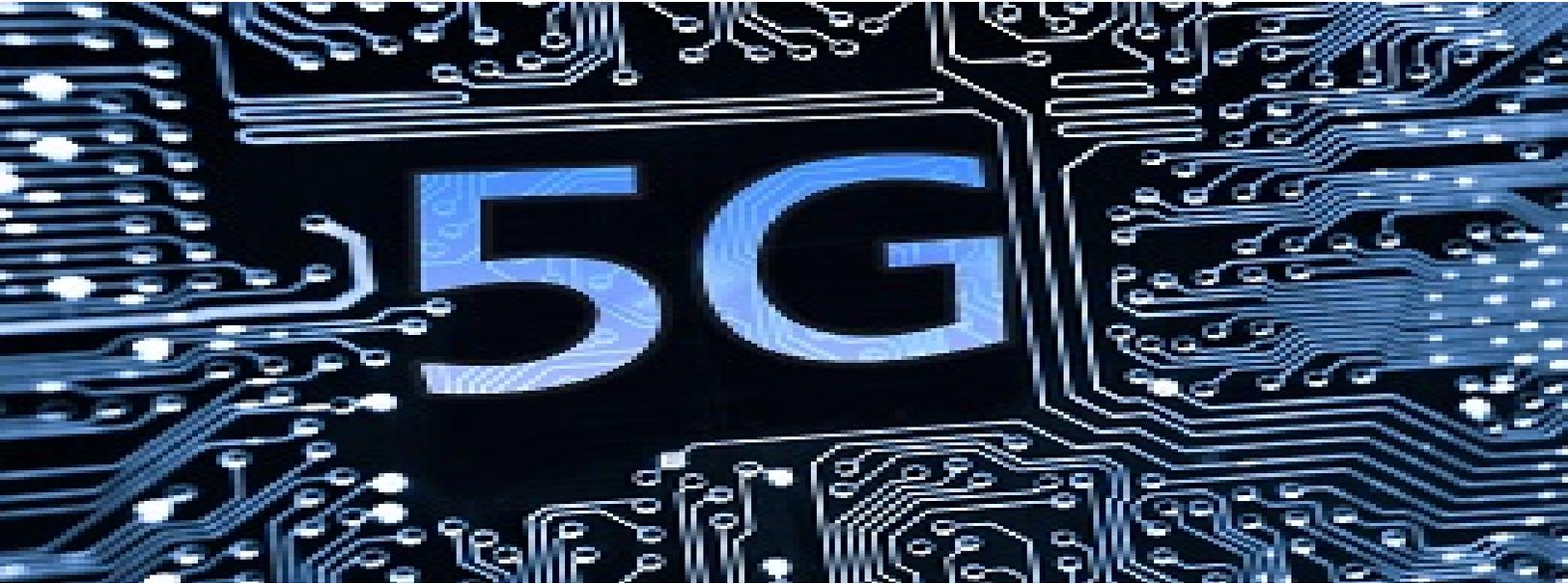
LTE FDD OTA measures and decodes cell ID, RSRP, RSRQ, RSSI, PSS, SSS, SINR and frequency error.



Multicell measurement with cell ID on single carrier frequency



Multiple carrier frequencies measurements with strong cell display



Over-the-Air Measurements for 5G(TF)

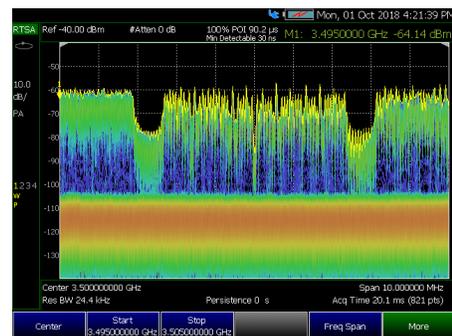
5GTF is a pre-5G standard for the wireless network running on the millimeter-wave frequency band that offers gigabyte data rates. The key challenges for 5G network deployment are characterizing millimeter-wave pathloss and coverage. Since 5G network technology uses beamforming and massive MIMO to achieve high data rates, its control channels are not always on. To measure the effective coverage, FieldFox 5G OTA can measure PSS, SSS and decode cell ID, which are key parameters to verify 5G coverage.

Since 5G control channels are not always on, they are using initial access beam sweeping, which can make it challenging to determine the location of the 5G signal. Switching into RTSA mode on FieldFox can quickly and reliably detect 5G signals, detect control channels and provide insights to beamforming performance.

5GTF OTA measures PSS, SSS channel and decode cell ID, supporting a total 8 component carriers that can be measured at same time.



5G TF OTA measures control channels and displays cell ID



Switching into RTSA mode detects various 5G control channels



Vector Network Analyzer

FieldFox can be configured with VNA transmission/reflection (T/R) capability for S11 and S21 measurements, or with full 2-port capability for measurements of all four S-parameters and full 2-port calibration.

With a full 2-port network analyzer, you can measure the forward and reverse characteristics of your component without having to disconnect, turn around, and reconnect it to the analyzer. Additionally, the full 2-port calibration gives you the best measurement accuracy possible.

FieldFox's four independent, sensitive receivers provide 94 dB of dynamic range for measurement of high rejection, narrowband devices such as cavity filters. The receivers also enable full 2-port error correction with the unknown thru method, allowing users to measure non-insertable devices accurately and easily.

FieldFox's calibration engine is the same engine that powers the well-respected Keysight ENA and PNA network analyzers. FieldFox leverages Keysight microwave expertise to deliver consistent measurements with Keysight benchtop VNAs.

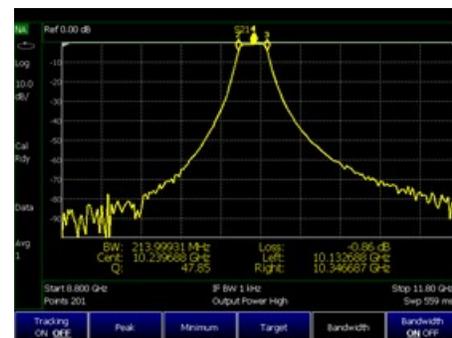
Calibration

FieldFox's guided Cal Wizard takes guessing out of calibration and allows you to easily perform the following calibrations:

- Full 2-port unknown thru
- Full 2-port QSOLT
- OSL, response, enhanced response
- TRL, LRL, offset short



Simultaneously measure and view all four S-parameters, with a single connection



Use the marker bandwidth/Q factor function to simplify filter testing and tuning



Network analyzer time domain

With the time-domain option, FieldFox computes the inverse Fourier transform of the frequency-domain data to display reflection or transmission coefficients versus time. Time-domain gating can be used to remove unwanted responses such as connector mismatch or cable discontinuities, and the results can be displayed in either time or frequency domain.

Waveguide support

Waveguides are widely used to provide transmission links between microwave transmitters and antennas, as waveguides have less loss than coax. Keysight offers both high-performance and also economical waveguide calibration kits. The economical kits are ideal for field maintenance and troubleshooting because they provide good measurement results at a lower cost.



Easily use waveguides with FieldFox

Vector voltmeter

Using FieldFox's vector voltmeter (VVM), you can measure the phase shift and electrical length of a device. You can view results on the large display as far as ten feet or three meters away. VVM also provides ratio measurements of magnitude and phase of two channels, A/B or B/A. You can use this capability to verify the magnitude and phase differences between multiple signal paths such as in an antenna or phased array.



Simplify cable trimming with the vector voltmeter capability

FieldFox offers all the key functionalities of the HP 8508A in a handheld form factor, and without the need for the source, bridge and accessories required with the 8508A.

Mixed-mode S-parameters

With FieldFox, you can measure the common- and differential-mode reflections of a device. Mixed-mode S-parameters are also known as balanced measurements. This measurement requires the full 2-port VNA and 2-port cal functionality.



Characterized common and differential mode reflections with mixed-mode S-parameter measurements



USB power sensor support

FieldFox can connect with Keysight USB power sensors to make RF and microwave power measurements. Using USB peak power sensors, you can measure both the average and the peak power of a modulated signal.

USB power measurements versus frequency

In addition to power measurements at a single CW frequency, you can measure power versus frequency - a swept measurement. FieldFox's source frequency can be set equal to the sensor/receiver frequency, or with an offset. The frequency of both the source and receiver are swept, and the two track each other. The offset frequency can be negative, zero, or positive.

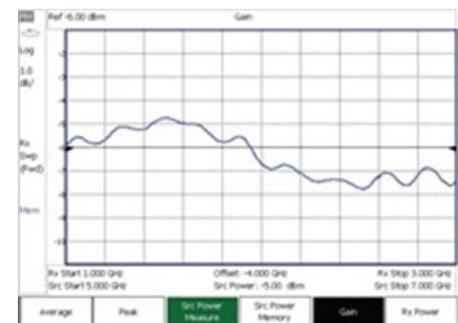
This capability is useful for characterization of the scalar transmission response of devices such as mixers and converters. The FieldFox source stimulates the DUT and the power sensor is used as the measurement receiver.

Pulse measurements

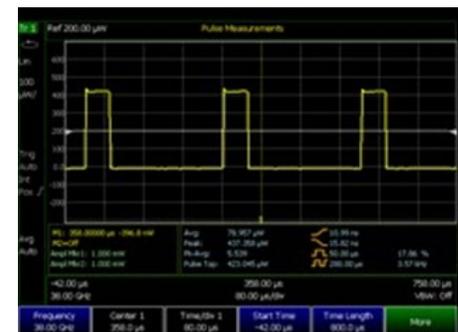
FieldFox's pulse measurement option allows you to efficiently characterize pulsed RF signals such as those used in radar and electronic warfare systems, leveraging the Keysight USB peak power sensors. Measurements include peak power, peak to average ratio, and pulse profile parameters such as rise time, fall time and pulse repetition frequency.



Simplify power measurements with USB power sensors



Characterize mixers with FieldFox and a USB power sensor



Use FieldFox to characterize pulses



Software and System Features

Remote control capability with iPad and iPhone

Engineers and technicians can now remotely monitor and control their FieldFox using their iOS device such as an iPhone, iPad, or iPod Touch. FieldFox's Remote Viewer iOS app emulates the front panel of the unit, letting you simply press any FieldFox key right from your iOS device. The app also allows you to instantly access technical documents such as data sheets.



Control and view your FieldFox via your iPad

FieldFox's Data Link software makes report generation and documentation easier

FieldFox's complimentary Data Link software provides data transfer, data definition and report generation. You can add markers and limit lines to traces, and you can load cable files and antenna factors using Data Link.



Obtain geolocation data with the built-in GPS capability

Remote control via LAN and FieldFox programming

All FieldFox models can be controlled using SCPI over LAN and USB¹.

Built-in variable voltage DC bias

FieldFox has a built-in variable voltage DC bias source. The DC bias source can provide DC power to amplifiers under test and bias tower mounted amplifiers (TMA) when you need to sweep through the TMA to reach the antenna (bias tees available separately).

Built-in GPS

A built-in GPS receiver provides geo- location tags to measurements. The geo data-time, latitude, longitude, and elevation-can be displayed and saved in data files. In addition to location information, the GPS provides an external reference to improve FieldFox frequency accuracy.



Simplify text entry with a USB keyboard and mouse

USB keyboard and mouse support

FieldFox supports use of USB keyboards and mice to simplify the input of text such as file names while working in the field.

¹ SCPI over USB for the N991x/2x/3x models is only available for serial number prefix starting with MY5607/SG5607/US5607 or upgraded with Option N9910HU-xxx.



Designed for You and the Work You Do Everyday

Carry FieldFox wherever you need to go

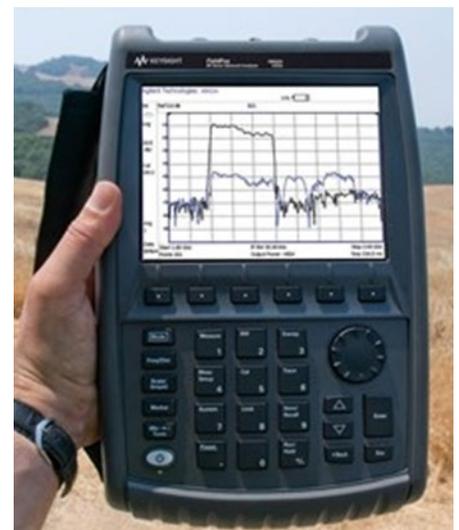
- Kit friendly at 6.6 lb. (3.0 kg) for the N991/2/3xA and 7.1 lb. (3.2 kg) for the N995/6xA
- Large buttons are easy to operate, even when wearing gloves
- Field swappable battery lasts up to
- 3.5 hours
- Non-slip rubber grip securely fits in your hands and won't slide off the hood of your vehicle
- Vertical "portrait" orientation makes it easy to hold and operate at the same time

Field-proof usability for better answers in less time

- Bright, low-reflection display and backlit keys enable easy viewing in direct sunlight or darkness
- Intuitive user interface is designed for your workflow, enabling measurements in fewer key presses
- One-button measurements simplify complex setups and ensure quick, accurate results with confidence
- Calibration Wizard guides user to ensure simple and accurate calibrations
- Standard three-year warranty ensures field confidence, especially in harsh environments
- 5, 7- and 10-year warranties are also available



Easily operate FieldFox, even when wearing gloves, through the large front panel keys



Read measurements in direct sunlight with the transfective display



Designed for Your Toughest Working Conditions

- Rugged enough to meet MIL-specs
- Completely sealed instrument enclosure provides measurement stability in harsh environments, -10 to +55 °C (14 to 131 °F)
- Specially designed to protect instrument from damage due to drops, shock or other external impacts
- Water-resistant chassis, keypad and case withstand wide temperature ranges and salty, humid environments
- Meets MIL-PRF-28800F Class 2 requirements
- Type tested and meets MIL-STD-810G, Method 511.5, Procedure I requirements for operation in explosive environments
- Type tested and meets IEC/EN 60529 requirements for ingress protection



Count on extended instrument reliability with FieldFox's dust-free design: no vents or fans.

Configuration in Brief

See the FieldFox Handheld Analyzer Configuration Guide for complete information on all FieldFox products and accessories <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-9836EN.pdf>.

RF and microwave analyzers are referred to as combination analyzers in this section.

Option	Description	Combination Analyzers N991xA N995xA	Vector Network Analyzers N992xA	Spectrum Analyzers N993xA N996xA
CAT/network analysis				
010	VNA time domain	✓	✓	—
112	QuickCal	✓ on N991xA (Not on N995xA)	✓	—
210	VNA transmission/reflection	✓	Base model	—
211	VNA full 2-port S-parameters	✓	✓	—
212	1-port mixed-mode S-parameters	✓	✓	—
215	TDR cable measurements	✓	✓	—
305	Cable and antenna analyzer	Base model	✓	— ¹
308	Vector voltmeter	✓	✓	—
320	Reflection meas. (RL, VSWR and scalar meas.)	— ²	— ²	✓
Spectrum analysis				
209	Extended range transmission analysis (ERTA)	✓ (Not on N9912A)	—	✓
220	Tracking generator	— ³	—	✓
233	Spectrum analyzer	✓	—	Base model
235	Pre-amplifier	✓	—	✓
236	Interference analyzer and spectrogram	✓	—	✓
238	Spectrum analyzer time gating	✓	—	✓
312	Channel scanner	✓	—	✓
350	Real-time spectrum analyzer (RTSA)	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
351	I/Q analyzer (IQA)	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
355	Analog demodulation	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
356	Noise figure (NF)	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
370	Over-the-Air (OTA) LTE FDD	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
377	Over-the-Air (OTA) 5GTF	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴
Power measurements				
208	USB power sensor meas. versus frequency	✓	✓	✓
302	USB power sensor support	✓	✓	✓
310	Built-in power meter	✓	✓	✓
330	Pulse meas. with USB peak power sensor	✓	✓	✓
System features				
30	Remote control capability	✓	✓	✓
307	GPS receiver	✓	✓	✓
309	DC bias variable-voltage source	✓	✓	✓
Windows based software				
89601B	89600 VSA Software	✓ ⁴ (Not on N9912A)	—	✓ ⁴

Notes:

Base model means that the functionality listed is the primary function of that instrument. For example, on the N991xA or N995xA combo analyzers, cable and antenna analysis is the standard function included with every N991xA or N995xA.

1. Option 305 is not available on the N993xA or N996xA. However, a subset of cable and antenna analyzer measurements, return loss and VSWR, is available as Option 320.

2. Option 320 is not applicable to N991xA, N995xA, or N992xA. The reflection measurements of return loss and VSWR are included with every N991xA, N995xA, and N992xA. So, there is no need for an Option 320 on these analyzers.

3. On the N991xA or N995xA analyzers, order Options 233 and 210 to obtain a tracking generator with the spectrum analyzer. There is no Option 220 on the N991xA or N995xA analyzers. Option 233 provides the spectrum analyzer capability and Option 210 the "tracking" capability.

4. Requires CPU2 fast processor.

Specifications in Brief

See the FieldFox Handheld Analyzer Data Sheet for a complete listing of the specifications:

<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-9783EN.pdf>.

Cable and antenna tester are referred to as CAT and vector network analyzer is referenced as VNA in this section.

Model	CAT and VNA frequency	Spectrum analyzer frequency ¹	Test port connectors
RF & microwave (combination) analyzers			
N9913A	30 kHz to 4 GHz	100 kHz to 4 GHz	Type-N (f)
N9914A	30 kHz to 6.5 GHz	100 kHz to 6.5 GHz	Type-N (f)
N9915A	30 kHz to 9 GHz	100 kHz to 9 GHz	Type-N (f)
N9916A	30 kHz to 14 GHz	100 kHz to 14 GHz	Type-N (f)
N9917A	30 kHz to 18 GHz	100 kHz to 18 GHz	Type-N (f)
N9918A	30 kHz to 26.5 GHz	100 kHz to 26.5 GHz	3.5 mm (m)
N9950A	300 kHz to 32 GHz	9 kHz to 32 GHz	NMD 2.4 mm (m)
N9951A	300 kHz to 44 GHz	9 kHz to 44 GHz	NMD 2.4 mm (m)
N9952A	300 kHz to 50 GHz	9 kHz to 50 GHz	NMD 2.4 mm (m)
Vector network analyzers			
N9925A	30 kHz to 9 GHz	—	Type-N (f)
N9926A	30 kHz to 14 GHz	—	Type-N (f)
N9927A	30 kHz to 18 GHz	—	Type-N (f)
N9928A	30 kHz to 26.5 GHz	—	3.5 mm (m)
Spectrum analyzers			
N9935A	—	100 kHz to 9 GHz	Type-N (f)
N9936A	—	100 kHz to 14 GHz	Type-N (f)
N9937A	—	100 kHz to 18 GHz	Type-N (f)
N9938A	—	100 kHz to 26.5 GHz	Type-N (f) ²
N9960A	—	9 kHz to 32 GHz	NMD 2.4 mm (m)
N9961A	—	9 kHz to 44 GHz	NMD 2.4 mm (m)
N9962A	—	9 kHz to 50 GHz	NMD 2.4 mm (m)

Notes:

- Usable to 5 kHz.
- Order Option 100 for 3.5 mm (m) test port connectors. With N9938A-100, the spectrum analyzer is built with 3.5 mm test port connectors instead of the standard Type-N (f). Option 100 is a prerequisite for Option 320 for N9938A.

Cable and antenna analyzer (CAT) and vector network analyzer (VNA)

The performance listed in this section applies to the cable and antenna analyzer (referred to as CAT) and vector network analyzer (referred to as VNA) capabilities.

Model	N9913/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18A N9925/ 26/ 27/ 28A	N9950 /51 /52A
Measurements		
CAT	Distance-to-fault (dB), return loss, VSWR, DTF (VSWR), cable loss (1 port), optional insertion loss (2 port), DTF (linear), DTF / return loss dual display	
TDR cable measurements	TDR (rho), TDR (ohm), DTF / TDR	
VNA T/R	S11, S21 and insertion loss	
VNA full 2 port	S11, S21, S22, S12 mag and phase, VSWR, linear, phase, Smith chart, polar, group delay, unwrapped phase, real/imaginary	
Calibration types	CalReady, 1-port OSL, frequency response, enhanced response, QSOLT, unknown thru 2-port, Ecal, QuickCal (not available in N995xA models)	
Number of traces	4	
Number of markers	6	
Marker functions	Peak, minimum, target, bandwidth measurement with Q, marker tracking	
Data points	101, 201, 401, 601, 801, 1001, 1601, 4001, 10,001	
Frequency reference: -10 to 55 °C		
Accuracy	± 0.7 ppm (spec) + aging ± 0.4 ppm (typical) + aging	
Accuracy, when locked to GPS	± 0.01 ppm (spec)	
Aging Rate	± 1 ppm/year for 20 years (spec), will not exceed ± 3.5 ppm	
Corrected directivity (with full 2-port calibration)	Using 85520A or 85521A cal kit	Using 85056D cal kit
≤ 0.5 GHz	42 dB	—
< 0.5 to 9 GHz	36 dB	—
< 9 to 8 GHz	32 dB	—
< 18 to 26.5 GHz	32 dB	—
≤ 2 GHz	—	42 dB
< 2 to 20 GHz	—	34 dB
< 20 to 40 GHz	—	26 dB
< 40 to 50 GHz	—	26 dB

Cable and antenna analyzer (CAT) and vector network analyzer (VNA) (continued)

Model	N9913/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18A N9925/ 26/ 27/ 28A	N9950 /51 /52A	
Test port output power (high power)			
Frequency	Typical	Typical	
	Port 1 or {ort 2		
30 to 300 kHz	-11 dBm	—	
> 300 kHz to 2 MHz	-3 dBm	—	
> 2 to 625 MHz	-2 dBm	—	
> 625 MHz to 3 GHz	1 dBm	—	
> 3 to 6.5 GHz	-1 dBm	—	
> 6.5 to 9 GHz	-2 dBm	—	
> 9 to 14 GHz	-4 dBm	—	
> 14 to 18 GHz	-6 dBm	—	
> 18 to 23 GHz	-10 dBm	—	
> 23 to 26.5 GHz	-12 dBm	—	
		Port 1	Port 2
300 kHz to 2 MHz	—	0 dBm	0 dBm
> 2 MHz to 1 GHz	—	2 dBm	2 dBm
> 1 to 6.5 GHz	—	2 dBm	0 dBm
> 6.5 to 18 GHz	—	4 dBm	1 dBm
> 18 to 39 GHz	—	1 dBm	-2 dBm
> 39 to 46 GHz	—	-2 dBm	-5 dBm
> 46 to 50 GHz	—	-4 dBm	-7 dBm
Test port output power (low power)			
	Port 1 or port 2		
30 kHz to 26.5 GHz	-45 dBm (flattened), nominal		
		Port 1	Port 2
500 kHz to 10 MHz	—	-35 dBm	-38 dBm
> 10 MHz to 10 GHz	—	-38 dBm	-42 dBm
> 10 to 20 GHz	—	-43 dBm	-47 dBm
> 20 to 44 GHz	—	-44 dBm	-50 dBm
> 44 to 50 GHz	—	-53 dBm	-55 dBm
Power level accuracy (typical)			
	± 1.5 dB at -15 dBm for frequencies > 250 kHz	± 0.7 dB at -15 dBm, for frequencies > 500 kHz to 10 MHz ± 0.5 dB at -15 dBm, for frequencies > 10 MHz to 50 GHz	
Power step size			
	Flat power, in 1 dB steps, is available across the whole frequency span (nominal)		
Distance to fault			
Range	Range = velocity factor x speed of light x (number of points -1) / frequency span x 2		
	Number of points auto coupled according to start and stop distance entered.		
Range resolution	Resolution = range / (number of points -1)		

Cable and antenna analyzer (CAT) and vector network analyzer (VNA) (continued)

Model	N9913/ 14/ 15/ 16/ 17/ 18A N9925/ 26/ 27/ 28A		N9950 /51 /52A	
System dynamic range ^{1, 2} : Port 1 or Port 2, high power, 300 Hz IF bandwidth, -10 to 55 °C				
Frequency	Spec	Typical	Spec	Typical
> 300 kHz to 9 GHz ³	95 dB	100 dB	—	—
> 9 to 14 GHz	91 dB	97 dB	—	—
> 14 to 18 GHz	90 dB	94 dB	—	—
> 18 to 20 GHz	87 dB	90 dB	—	—
> 20 to 25 GHz	74 dB	79 dB	—	—
> 25 to 26.5 GHz	65 dB	70 dB	—	—
> 300 kHz to 1 MHz	—	—	—	70 dB (nominal)
> 1 to 10 MHz	—	—	—	100 dB (nominal)
> 10 MHz to 20 GHz ⁴	—	—	100 dB	110 dB
> 20 to 44 GHz ⁵	—	—	90 dB	100 dB
> 44 to 50 GHz ⁶	—	—	81 dB	90 dB
Trace noise ⁷: Port 1 or Port 2, high power, 300 Hz IF bandwidth, spec, -10 to 55 °C				
Frequency	Magnitude/Phase (dB rms/deg rms)			
> 300 kHz to 20 GHz	± 0.004 / ± 0.070			
> 20 to 26.5 GHz	± 0.007/ ± 0.140			
> 26.5 to 32 GHz	± 0.007/ ± 0.140			
> 32 to 50 GHz	± 0.008 / ± 0.220			
IF Bandwidth ⁸				
Bandwidth	10 Hz, 30 Hz, 100 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz, 30 kHz, 100 kHz			

1. System dynamic range is measured in production with loads on test ports after thru normalization, test port output power high.
2. For CAT mode, "Insertion loss (2-port)", decrease listed dynamic range specifications by 20 dB, as CAT mode IFBW is fixed at 10 kHz. Can obtain full dynamic range by using S21 measurement in VNA mode with 100 Hz IFBW.
3. < 300 kHz: 63 dB nominal; 2 MHz to 9 MHz: 85 dB spec, 90 dB typical.
4. Decrease by 3 dB between 15 to 15.8 GHz.
5. Decrease by 5 dB between 21.7 to 22.1 GHz
6. Decrease by 4 dB between 44 to 50 GHz
7. For CAT mode, increase trace noise by a factor of 5.7, as CAT mode IFBW is fixed at 10 kHz. Can use averaging in CAT mode to reduce trace noise or use VNA mode with 300 Hz IFBW.
8. VNA mode only. Recommend using averaging in CAT mode.

Spectrum analyzer

The performance listed in this section applies to the spectrum analyzer capabilities.

Model	N9913 /14 /15 /16 /17 /18A N9935 /36 /37 /38A	N9950 /51 /52A N9960 /61 /62A		
Measurements				
Spectrum analyzer	Spectrum, channel power, adjacent power, occupied bandwidth, analog demodulation, tune and listen			
Number of traces	Same as network analyzer (see page 31)			
Number of markers	Same as network analyzer (see page 31)			
Interference analysis	Spectrogram, waterfall and record/playback			
Input attenuator range	0 to 30 dB, in 5 dB steps			
Frequency span	Resolution: 1 Hz			
Frequency reference: -10 to 55°C	Same as network analyzer (see page 31)			
Preamplifier	The preamplifier covers the full-band with nominal gain of 20 dB			
Tracking generator	Built in, full-band based on the model maximum frequency			
Resolution bandwidth (RBW), range (-3 dB bandwidth)				
Zero span: 10 Hz to 5 MHz: 1, 3, 10 sequence				
Non-zero span: 1 Hz to 5 MHz: 1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10 sequence				
Video bandwidth (VBW)				
1 Hz to 5 MHz in 1, 1.5, 2, 3, 5, 7.5, 10 sequence				
Phase noise: Stability, SSB phase noise at 1 GHz				
Offset	Spec (23 ± 5 °C)	Typical (23 ± 5 °C)		
10 kHz	-106 dBc	-111 dBc		
30 kHz	-106 dBc	-108 dBc		
100 kHz	-100 dBc	-104 dBc		
1 MHz	-110 dBc	-113 dBc		
3 MHz	-119 dBc	-122 dBc		
5 MHz	-120 dBc	-123 dBc		
50 MHz absolute amplitude accuracy (dB)				
0 dB attenuation, peak detector, preamplifier off, 300 Hz RBW, all settings auto-coupled. No warm-up required.				
	Input signal 0 to -35 dBm		Input signal -5 to -35 dBm	
	Spec (-10 to 55 °C)	Typical (-10 to 55°C)	Spec (-10 to 55 °C)	Typical (-10 to 55 °C)
	± 0.30 dB	± 0.10 dB	± 0.45 dB	± 0.20 dB
Total absolute amplitude accuracy Temperature (23 ± 5 °C)				
10 dB attenuation, input signal -10 to -5 dBm, peak detector, preamplifier off, 300 Hz RBW, all settings auto-coupled, includes frequency response uncertainties. No warm-up required.				
	Spec	Typical	Spec	Typical
100 kHz to 18 GHz	± 0.8 dB	± 0.35 dB	–	–
> 18 to 26.5 GHz	± 1.0 dB	± 0.5 dB	–	–
> 9 to 100 kHz	–	–	± 1.6 dB	± 0.6 dB
> 100 kHz to 2 MHz	–	–	± 1.3 dB	± 0.6 dB
> 2 MHz to 32 GHz	–	–	± 0.8 dB	± 0.3 dB
> 32 to 40 GHz	–	–	± 0.9 dB	± 0.5 dB
> 40 to 43 GHz	–	–	± 1.3 dB	± 0.5 dB
> 43 to 50 GHz	–	–	± 1.4 dB	± 0.5 dB

Spectrum analyzer (continued)

Model	N9913 /14 /15 /16 /17 /18A N9935 /36 /37 /38A		N9950 /51 /52A N9960 /61 /62A	
Displayed average noise level (DANL): RMS detection, log averaging, reference level of -20 dBm, normalized to 1 Hz RBW				
Preamp on (23 ± 5 °C)	Spec	Typical	Spec	Typical
2 MHz to 4.5 GHz ¹	-153 dBm	-155 dBm	—	—
> 4.5 to 7 GHz	-149 dBm	-151 dBm	—	—
> 7 to 13 GHz	-147 dBm	-149 dBm	—	—
> 13 to 17 GHz	-143 dBm	-145 dBm	—	—
> 17 to 22 GHz	-140 dBm	-143 dBm	—	—
> 22 to 25 GHz	-134 dBm	-137 dBm	—	—
> 25 to 26.5 GHz	-128 dBm	-131 dBm	—	—
9 kHz to 2 MHz	—	—	-94 dBm	-131 dBm
> 2 MHz to 2.1 GHz	—	—	-153 dBm	-159 dBm
> 2.1 to 2.8 GHz	—	—	-151 dBm	-157 dBm
> 2.8 to 4.5 GHz	—	—	-153 dBm	-158 dBm
> 4.5 to 7 GHz	—	—	-150 dBm	-156 dBm
> 7 to 13 GHz	—	—	-146 dBm	-152 dBm
> 13 to 22 GHz	—	—	-142 dBm	-149 dBm
> 22 to 35 GHz	—	—	-141 dBm	-147 dBm
> 35 to 40 GHz	—	—	-136 dBm	-144 dBm
> 40 to 46 GHz	—	—	-131 dBm	-138 dBm
> 46 to 50 GHz	—	—	-126 dBm	-135 dBm
Third order intermodulation distortion (TOI)				
Two -20 dBm signals, 100 kHz spacing at input mixer, – 10 to 55°C				
	Spec	Typical	Spec	Typical
	At 2.4 GHz, +15 dBm	< 1 GHz, +10 dBm	At 2.4 GHz, +15 dBm	50 to 500 MHz, +9.5 dBm
	—	1 to 7.5 GHz, +15 dBm	—	> 500 MHz to 1 GHz, +13 dBm
	—	> 7.5 GHz, +21 dBm	—	> 1 to 2.4 GHz, +16 dBm
			—	> 2.4 to 2.6 GHz, +12 dBm
			—	> 2.6 GHz, +13 dBm

1. Add 4 dB between 2.1 and 2.8 GHz.

Real-time spectrum analyzer (RTSA)

Model	N9913 /14 /15 /16 /17 /18A N9935 /36 /37 /38A	N9950 /51 /52A N9960 /61 /62A
Real-time analysis		
Maximum real-time bandwidth	10 MHz	
Resolution bandwidth	1 Hz to 500 kHz	
Minimum signal duration with 100% probability of intercept (POI) at full amplitude accuracy	12 μ s	
Minimum detectable signal	22 ns	
Spurious-free dynamic range across maximum BW	63 dB	
FFT rate	120,000 FFT/s (at 10 MHz span)	
Min. acquisition time	20 ms (at 10 MHz span)	
Max. acquisition time	500 ms (at 10 MHz span)	
Traces		
Number of traces	4: all four can be active simultaneously and in different states	
Detectors	Normal, positive peak, negative peak, sample, average (RMS)	
States	Clear/write, max. hold, min. hold, average, view, blank	
Markers		
Number of markers	6	
Type	Normal, delta, peak	
Marker →	Peak, next peak, center frequency, reference level, minimum	
Trigger		
Trigger type	Free run, external video, RF burst, periodic	

Analysis bandwidth ^{1,2}

Model		N9913 /14 /15 /16 /17 /18A N9935 /36 /37 /38A	N9950 /51 /52A N9960 /61 /62A
		Typical ³	Typical ³
Maximum bandwidth		10 MHz	
IF flatness	Magnitude	± 0.2 dB	± 0.2 dB ≤ 26.5 GHz, ± 0.3 dB > 26.5 GHz
	Phase deviation from linearity ⁴	2.3° peak-to-peak, 1.6° rms	2.6° peak-to-peak, 1.8° rms
	Group delay flatness (peak-to-peak) ⁴	11 ns	
EVM (at center frequency 1 GHz)	LTE-A FDD TM3.1 (10 MHz)	0.8%	0.7%
	WCDMA TM4 (5 MHz)	0.8%	0.85%
EVM (at center frequency 2.1 GHz)	LTE-A FDD TM3.1 (10 MHz)	1%	1.1%
	WCDMA TM4 (5 MHz)	1.1%	1.2%

1. Analysis bandwidth is the instantaneous bandwidth available around a center frequency over which the input signal can be digitized for further analysis or processing in the time, frequency, or modulation domain.
2. Analysis bandwidth capability supported with I/Q analyzer mode and 89600 VSA Software.
3. These numbers were generated from the room temperature (23° C).
4. Not guaranteed below 50 MHz

General information

Model	N9913 /14 /15 /16 /17 /18A N9925 /26 /27 /28A N9935 /36 /37 /38A	N9950 /51 /52A N9960 /61 /62A
Weight	3.0 kg or 6.6 lb. including battery	3.2 kg or 7.1 lb. including battery
Dimension H x W x D	292 x 188 x 72 mm (11.5" x 7.4" x 2.8")	
Battery	Lithium ion, 10.8 V, 4.6 A-h, 3.5 hours (typical)	
Calibration cycle	1 year	
Warranty	3-year warranty standard on all FieldFox instruments	
Environmental		
MIL-PRF-28800F Class 2	Operating temperature, storing temperature, storing temperature, operating humidity, random vibration, functional shock, bench drop	
MIL-STD-810G, Method 511.5	This product has been type tested to meet the requirements for operating in explosive environments in accordance with MIL-STD-810G, Method 511.5, Procedure 1.	
Ingress protection	This product has been type tested to meet the requirements for ingress protection IP53 in accordance with IEC/EN 60529 (IP rating for instrument by itself with no cover).	
Complies with European EMC directive	IEC/EN 61326-1 CISPR Pub 11 Group 1, Class B, Group 1 limit of CISPR 11:203/EN 55011:2007 AS/NZS CISPR 11 ICES/NMB-001	

Accessories in Brief

See the FieldFox Handheld Analyzer Configuration Guide for a comprehensive list of all FieldFox accessories.
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-9836EN.pdf>

RF and microwave accessories		
Cables		
N9910X-709	Phase stable cable (3.5 mm (f) to 3.5 mm (f), 26.5 GHz, 3.28 ft or 1 m)	
N9910X-810	Phase stable cable (Type-N (m) to Type-N (m), 6 GHz, 5 ft or 1.5 m)	
Calibration kits		
N9910X-800	3-in- OSL calibration kit (DC to 6 GHz, Type-N (m) 50 ohm)	
85520A	4-in-1 OSLT calibration kit (DC to 26.5 GHz, 3.5 mm (m) 50 ohm)	
N4690C	Electronic calibration module (ECal), 300 kHz to 18 GHz, Type-N, 50 ohm, 2-port	
85056A	Mechanical calibration kit, DC to 50 GHz, 2.4 mm	
85056D	Economy mechanical calibration kit, DC to 50 GHz, 2.4 mm	
Antennas		
N9910X-820	Directional antenna (multiband 800 MHz to 2.5 GHz, 10 dBi, Type-N (f))	
N9910X-821	Telescopic whip antenna (70 MHz to 1 GHz, 10 dBi, BNC (m))	
Preamplifiers		
U7227A USB Preamplifier, 10 MHz to 4 GHz		www.keysight.com/find/U7227A
U7227C USB Preamplifier, 100 MHz to 26.5 GHz		www.keysight.com/find/U7227C
U7227F USB Preamplifier, 2 to 50 GHz		www.keysight.com/find/U7227F
U7228A USB Preamplifier, 10 MHz to 4 GHz		www.keysight.com/find/U7228A
U7228C USB Preamplifier, 100 MHz to 26.5 GHz		www.keysight.com/find/U7228C
U7228F USB Preamplifier, 2 to 50 GHz		www.keysight.com/find/U7228F
Noise sources		
346A/B/C/K01/K40 Noise Source Family		www.keysight.com/find/346noisesources

Download application notes, watch videos, and learn more: www.keysight.com/find/fieldfox

Carry Precision With You

Every piece of gear in your field kit had to prove its worth. Measuring up and earning a spot is the driving idea behind Keysight's FieldFox analyzers. They're equipped to handle routine maintenance, in-depth troubleshooting and anything in between. Better yet, FieldFox delivers precise microwave and millimeter-wave measurements- wherever you need to go. Add FieldFox to your kit and carry precision with you.

Related Literature	Number
<i>FieldFox Handheld Analyzers, Data Sheet</i>	5990-9783EN
<i>FieldFox Handheld Analyzers, Configuration Guide</i>	5990-9836EN
<i>FieldFox N9912A RF Analyzer, Technical Overview</i>	5989-8618EN
<i>FieldFox N9912A RF Analyzer, Data Sheet</i>	N9912-90006
<i>FieldFox N9923A RF Vector Network Analyzer, Technical Overview</i>	5990-5087EN
<i>FieldFox N9923A RF Vector Network Analyzer, Data Sheet</i>	5990-5363EN

Download application notes, watch videos, and learn more: www.keysight.com/find/fieldfox

Learn more at: www.keysight.com

For more information on Keysight Technologies' products, applications or services, please contact your local Keysight office. The complete list is available at: www.keysight.com/find/contactus

