



Organización de Aviación Civil Internacional
Grupo Regional CAR/SAM de Planificación y Ejecución (GREPECAS)
Undécima Reunión del Subgrupo de Meteorología Aeronáutica del GREPECAS (AERMETSG/11)
Lima, Perú, del 28 al 30 de noviembre de 2011

**Cuestión 6 del
Orden del Día:**

Transición del Subgrupo AERMET y sus Grupos de Tarea al Programa MET y sus proyectos

**DIMENSIONAMIENTO CORRECTO – INTRODUCCION A LA RED FLEXIBLE DE
SENSORES TERMINALES**

(Presentada por Estados Unidos)

RESUMEN

Esta nota presenta el trabajo que se está realizando en Estados Unidos (EE.UU.) para modernizar los sistemas y redes de observación en los aeródromos a fin de cumplir con los requerimientos del Sistema Nacional Aeroespacial (NAS) de Estados Unidos, y satisfacer las necesidades del Sistema de Transporte Aéreo de la Próxima Generación (NextGen) de Estados Unidos, en el que los usuarios tendrán una mayor flexibilidad para acceder a la información meteorológica en cualquier momento y en cualquier lugar, a fin de satisfacer sus necesidades operacionales.

1. Antecedentes

1.1 La Administración Federal de Aviación (FAA) de Estados Unidos (EE.UU.) está desarrollando la Red Flexible de Sensores Terminales (FTSN), una capacidad de sensores en superficie de la próxima generación, efectiva en términos de costos, que, con un solo sistema, satisfará los requisitos actuales y emergentes de sensores meteorológicos en superficie de su Sistema Nacional Aeroespacial (NAS), a la vez que permitirá a los usuarios que están conectados al cubo meteorológico en cuatro dimensiones (4D) un acceso sin precedentes a la información meteorológica recolectada en el espacio aéreo terminal. Este trabajo es importante para futuros programas, tales como el Sistema de Transporte Aéreo de la Próxima Generación (NextGen) en Estados Unidos, y la Investigación sobre la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM) en el Espacio Único Europeo (SESAR) en Europa, donde los usuarios tendrán mayor flexibilidad para acceder a información meteorológica en cualquier momento o en cualquier lugar con el fin de satisfacer sus necesidades operacionales.

1.2 En los últimos 30 años, Estados Unidos ha establecido múltiples redes de sensores meteorológicos para satisfacer las necesidades de observación del NAS. Cuando recién fueron instalados, estos sistemas reemplazaron a las observaciones climatológicas humanas tomadas en o cerca al espacio aéreo terminal, y conforme la tecnología de sensores meteorológicos fue mejorando, estos sistemas

meteorológicos en las terminales de los aeropuertos fueron mejorando o fueron conectados a sistemas autónomos adicionales que ampliaban las capacidades de los sensores meteorológicos. Las actualizaciones tecnológicas permanentes y los Programas para Ampliar la Vida Útil (*Service Life Extension Programs* – SLEP) pueden mantener a estos sistemas heredados operando en un estado sólido en el corto plazo, pero los costos para hacerlo están aumentando, sin ofrecer garantía alguna que dichas inversiones satisfarán las crecientes demandas del NAS y las necesidades de las herramientas emergentes en apoyo de la toma de decisiones, las cuales se volverán más complejas conforme se vayan instalando los sistemas NextGen. Asimismo, desde un punto de vista más fundamental, la emergencia de múltiples sistemas de observación vertical en superficie en el espacio aéreo terminal ha generado, con el tiempo, una considerable superposición y desperdicio de capacidad sensorial que debe eliminarse del NAS. La Figura 1 es un ejemplo de exceso de sensores de visibilidad en el aeródromo de Filadelfia (KPHL).



Figura 1. Estrecha proximidad de sensores en el aeródromo KPHL. Los óvalos rojos son sensores de visibilidad; el óvalo azul es un sensor de condiciones meteorológicas presentes. Con las tecnologías actuales, todo puede ser consolidado, brindando, al mismo tiempo, mayor redundancia.

2. **Discusión**

Diseño de alto nivel de la FTSN

2.1 La Figura 2 muestra una visión de alto nivel del estado final de la FTSN y del flujo de información meteorológica asociado entre los sensores individuales y el usuario final. La FTSN incluirá la funcionalidad de diversos sistemas heredados existentes (el Sistema Automatizado de Observación en Superficie (ASOS), el Sistema Automatizado de Observación Meteorológica (AWOS), el Sistema Automatizado de Sensores Meteorológicos (AWSS), el Sistema de Alerta de Cizallamiento de Viento de Bajo Nivel (LLWAS), el Alcance Visual en la Pista (RVR), etc.). En las siguientes secciones, se da detalles de los componentes, comunicaciones y el diseño de los flujos de datos de la FTSN.

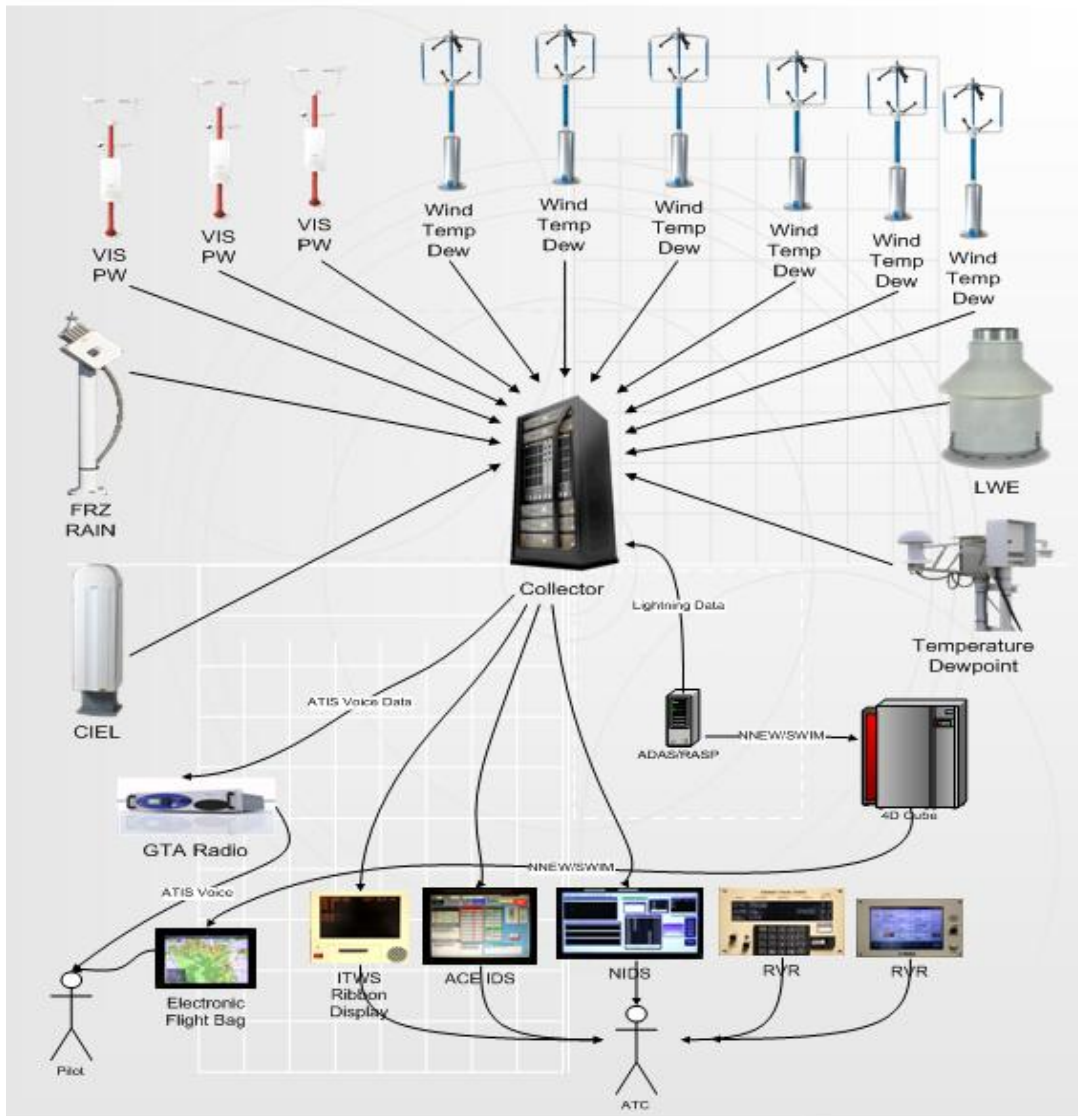


Figura 2. Visión de alto nivel de la FTSN

Los componentes y las comunicaciones de la FTSN

2.2 La Figura 3 muestra los componentes y enlaces físicos de comunicación del sistema en un aeródromo típico servido por los tres sistemas de sensores primarios heredados (ASOS, RVR y LLWAS). En este ejemplo, el aeródromo también cuenta con un sistema meteorológico autónomo (SAWS) y un anemómetro independiente (WME). La mayoría de los sensores heredados incluidos en estos sistemas cuentan con interfaces analógicas o en serie, y requieren procesadores de "campo" (FP) co-ubicados para la recolección y transmisión de datos a los procesadores "centrales" (CP) heredados. Estos CP toman los datos de los sensores de sus sistemas y procesan la información usando diversos algoritmos para generar los productos meteorológicos heredados. Luego, los CP formatean los productos

meteorológicos en una variedad de formas antes que la información sea transmitida o presentada a los usuarios.

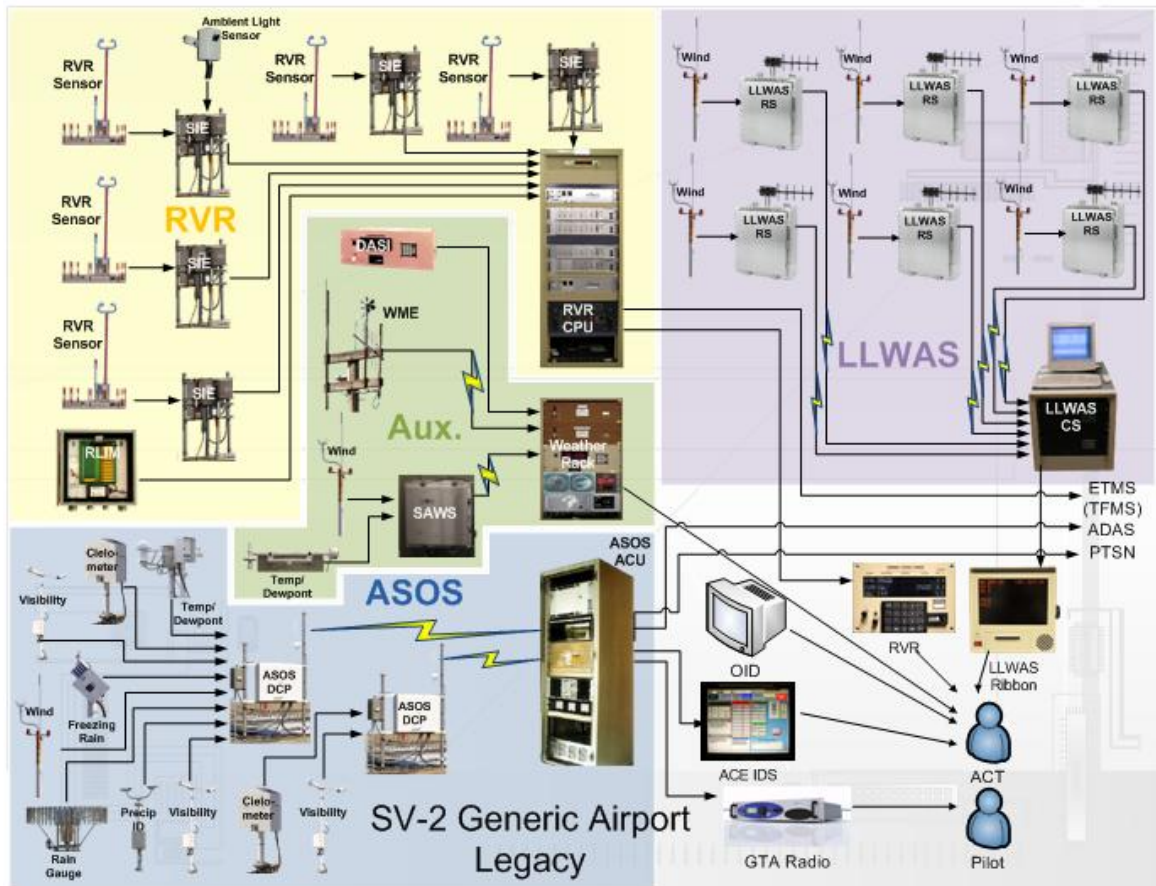


Figura 3. Visión de los sistemas de sensores heredados en un aeródromo genérico

2.3 Como ejemplo, los sensores ASOS cuentan con interfaces simples basadas en las normas RS232 (con excepción del Pluviómetro de Cubeta Basculante que tiene una interfaz analógica), las cuales han sido convertidas para comunicarse mediante cables simples de fibra óptica. Los cables de fibra óptica conectan a cada sensor con el FP del ASOS (también conocido como Paquete de Recolección de Datos o DCP). El DCP interroga a cada sensor de conformidad con un cronograma pre-establecido, recolecta los datos y los mantiene en espera de una solicitud del CP del ASOS (también conocido como la Unidad de Control de Adquisición o ACU). La ACU interroga a cada uno de sus DCP (cada ASOS puede dar soporte hasta a tres DCP; este es una limitación de diseño) de acuerdo a un cronograma pre-establecido y recolecta todos los datos de los sensores pertinentes a través de un enlace de módem de radio RF propietario que opera en la banda de 410 MHz. Luego, la ACU procesa los datos de acuerdo con su conjunto de algoritmos particulares, y genera una serie de productos meteorológicos para su difusión. En el caso del ASOS, el CP maneja una serie de terminales de presentación orgánica (es decir, el Dispositivo de Interfaz del Operador (OID) o la Unidad de Presentación de Video (VDU), y se comunica con una serie de sistemas externos (por ejemplo, el ADAS y el IDS del ACE). Además de los productos digitales, el ASOS también contiene un generador de voz que genera una versión hablada de algunos productos ASOS y transmite dicha información directamente a los pilotos a través de una radio tierra-aire (GTA), y al público a través de líneas telefónicas. Todos los otros sistemas de sensores heredados operan de

manera similar, excepto que el LLWAS y el RVR generalmente mantienen una relación de uno a uno entre los sensores y los procesadores de campo.

2.4 La Figura 4 muestra el diseño mejorado de la FTSN, con todas las funciones y tareas de observación de los sistemas heredados, con iguales o mejores niveles de confiabilidad, disponibilidad y capacidad de mantenimiento. La FTSN elimina la necesidad de cualquier procesador de campo propietario, y muchas tareas de medición serán consolidadas en tipos de sensores híbridos multifuncionales. Los sensores de la FTSN cumplirán con los protocolos de red TCP/IP y operarán independientemente a través del canal de comunicaciones inalámbricas elegido para la FTSN. Así, todos los sensores de la FTSN se comunicarán directamente con el Recolector de la FTSN, donde se realizarán todos los cálculos y funciones de procesamiento central de los sistemas heredados. El Recolector generará, formateará y transmitirá todos los productos meteorológicos heredados, así como cualquier nuevo producto meteorológico que requiera el NAS u otros usuarios externos. El Recolector estará conformado mayormente por componentes de computadora disponibles en el mercado, y servidores con un sistema operativo normalizado, de fuente abierta, como LINUX. El Recolector incluirá muchas de las funciones que anteriormente requerían soporte físico especializado en los sistemas heredados (por ejemplo, el Sistema de Generación de Voz en el ACU del ASOS), las cuales ahora pueden ser realizadas en procesadores normalizados. El Recolector también incluirá un *Web Feature Service* (WFS) que cumpla con las normas desarrolladas bajo los programas SWIM y NNEW. El WFS será la interfaz primaria entre la FTSN y el NextGen del NAS y, a través de esta interfaz, todos los datos sin procesar y procesados de la FTSN estarán a disposición de los usuarios y aplicaciones autorizados.

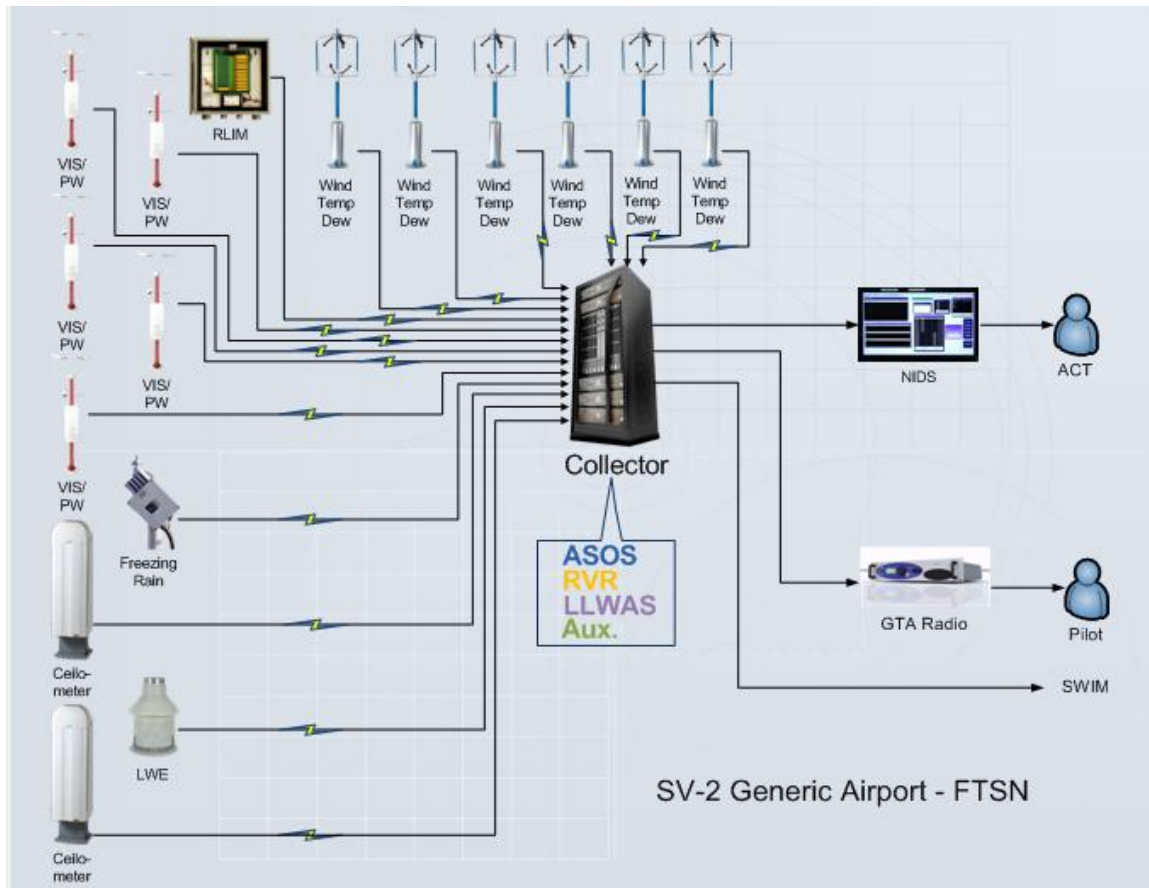


Figura 4. Visión panorámica del diseño de la FTSN para un aeródromo genérico

2.5 Las Figuras 5 y 6 ilustran, nuevamente, el contraste entre los componentes físicos y las conexiones de los sistemas heredados con aquéllos de la FTSN, excepto que estas figuras documentan la actual configuración de un solo aeródromo, en este caso, KPHL. El análisis detallado de un solo aeropuerto ayuda a resaltar el hecho que no existe un aeropuerto “genérico”, y que el NAS consiste en más de 1,200 instalaciones únicas, equipadas actualmente con uno o más sistemas de observación meteorológica heredados. Las Figuras 5 y 6 muestran que KPHL no está equipado actualmente con un LLWAS, pero tiene ocho sensores de visibilidad distribuidos alrededor del aeródromo para dar la cobertura RVR requerida en sus pistas. También es importante tener en cuenta que los diagramas heredados aquí presentados de ninguna manera ilustran toda la complejidad del equipo y del cableado de la instalación real. En aras de la claridad, se ha omitido equipos tales como manojos de cables, tableros terminales, gabinetes de demarcación, interruptores de servicio, etc., pero estos componentes están presentes y su configuración varía significativamente de una instalación a otra. Debería resultar evidente, analizando las Figuras 4 y 6, que, si bien la FTSN tendrá que adaptarse a muchas instalaciones singulares, está diseñada desde el suelo hacia arriba, como un sistema “*plug-and-play*”, y el sistema está diseñado con la adaptabilidad necesaria.

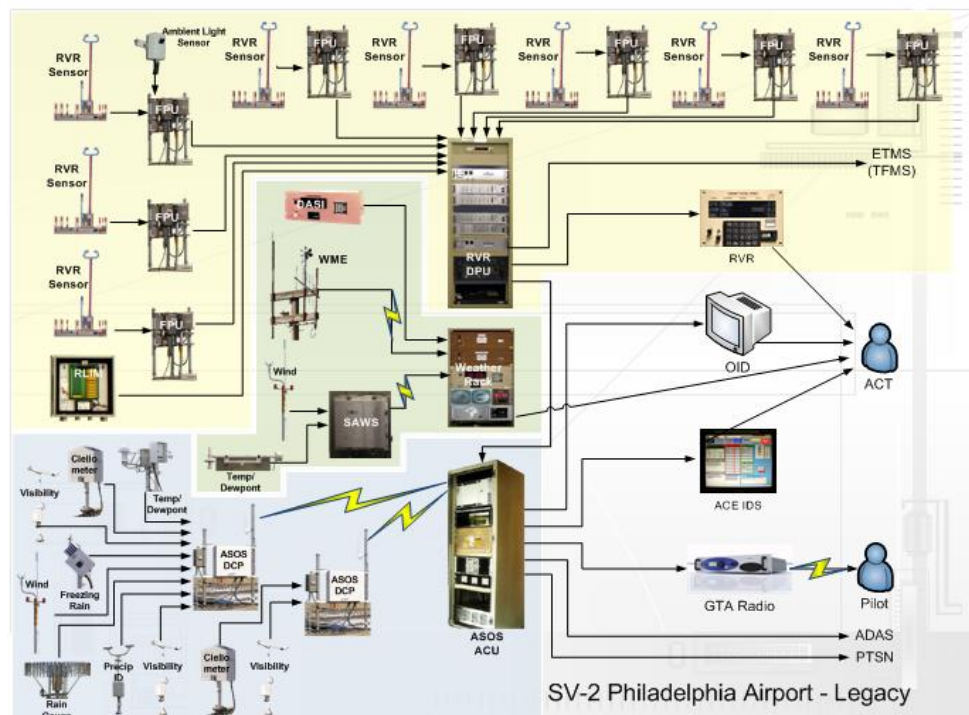


Figura 5. Vista sistémica de los sistemas de sensores heredados en el aeródromo KPHL

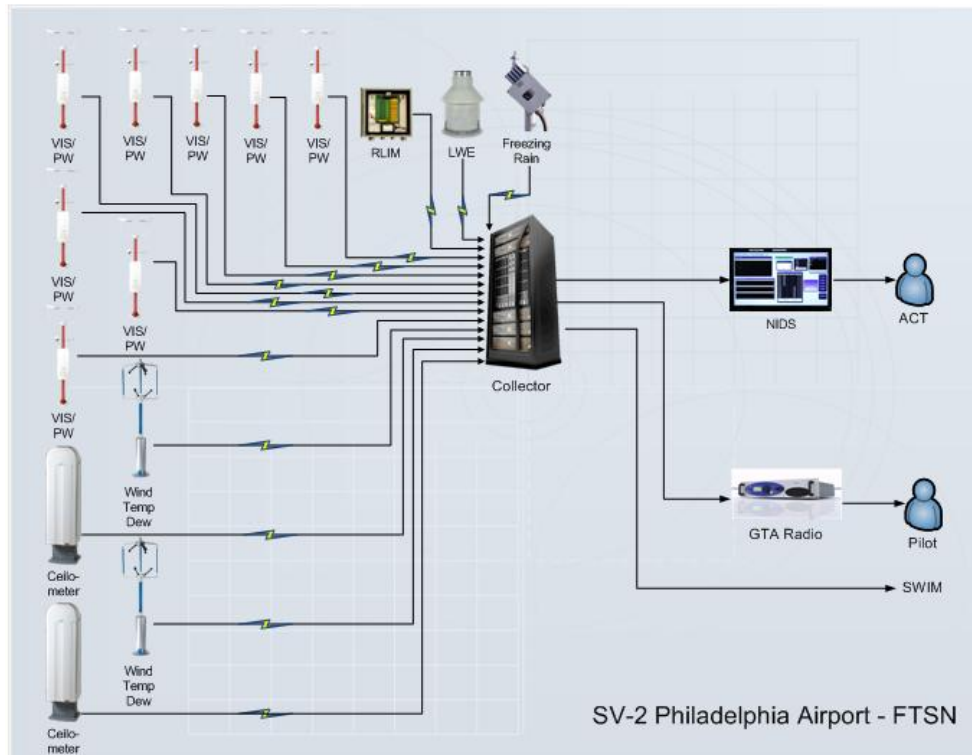


Figura 6. Visión panorámica del diseño de la FTSN para el aeródromo KPHL

2.6 Los diagramas de flujo de datos que aparecen en las Figuras 7 y 8 ilustran las categorías básicas de los equipos que conforman los sistemas heredados y la FTSN, así como el tipo y formato de los datos que fluyen entre estos subsistemas. Típicamente, los sistemas heredados contienen cuatro tipos de subsistemas bien diferenciados. Estos son:

- Sensores – Aquellos dispositivos que interactúan con el ambiente físico, y lo miden.
- Procesadores de campo – Aquellos dispositivos que tienen interfaz con uno o más sensores y, a su vez, amortiguan y transfieren los datos de los sensores a los procesadores centrales.
- Procesadores centrales – Aquellos dispositivos que recolectan y procesan los datos sin procesar de los sensores, y generan productos con valor agregado que son pertinentes para los usuarios.
- Dispositivos de difusión – Dispositivos de presentación visual o interfaz que son parte de los sistemas heredados o que están estrechamente acoplados a los mismos.

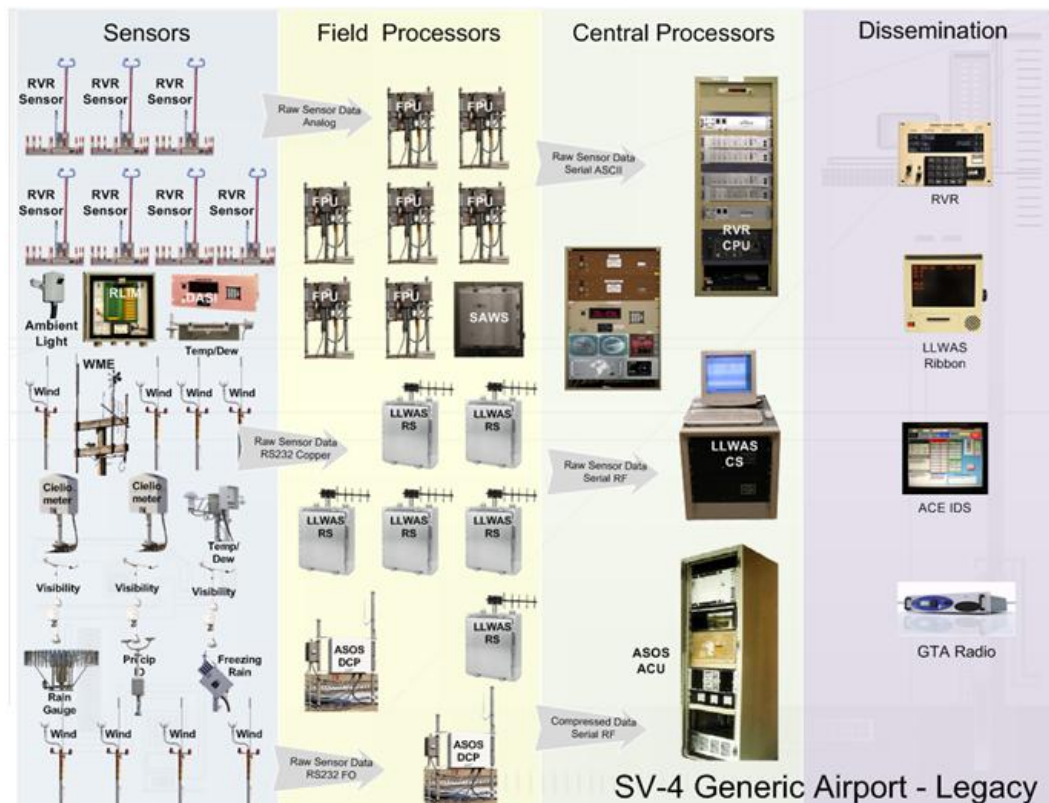


Figura 7. Diagrama de flujo de datos para los sistemas de sensores heredados en aeródromos genéricos

Cada tipo y formato de datos es exclusivo para cada sistema heredado, y aparecen descritos en los siguientes párrafos.

2.6.1 Los cabezales de los sensores RVR están conectados con la caja del Sistema Electrónico de Interfaz de los Sensores (*Sensor Interface Electronics* - SIE) a través de cables orgánicos dedicados de cobre, transmitiéndole información analógica de los sensores. El SIE convierte los datos analógicos a un formato digital y comunica estos datos en serie a la Unidad de Procesamiento Central (CPU) del RVR. Típicamente, estas comunicaciones en serie se realizaban a través de un impulsor de línea compensada sobre un par retorcido, el cual pasaba a través de una serie de puntos de conexión. Recientemente, ha sido necesario desarrollar una solución de radio RF, ya que el cable de cobre no ha funcionado y no se cuenta con nuevos pares retorcidos. La CPU recolecta datos de todos los monitores de visibilidad, luz ambiental e intensidad de las luces de pista, y procesa estos datos convirtiéndolos en lecturas RVR para cada emplazamiento de los sensores de visibilidad, así como una lectura primaria RVR, la cual es comunicada al ASOS. El RVR está conectado a través de cables dedicados a las unidades de presentación visual del RVR. Este formato de datos es propietario de los fabricantes del RVR, y sirve para mostrar los datos RVR y controlar algunas funciones del sistema.

2.6.2 El conjunto de sensores LLWAS está conformado enteramente por sensores de velocidad y dirección del viento. Los sistemas que utilizan tecnología original cuentan con cabezales de sensores electromecánicos que envían señales analógicas a la Estación Remota (RS) a través de alambres de cobre. Muchos sistemas LLWAS han sido mejorados con cabezales de sensores ultrasónicos, que envían datos digitales en serie a la RS a través de una conexión de cobre RS232. En la arquitectura LLWAS, los

sensores y las RS son emplazados individualmente y se requiere un mínimo de seis sensores para que funcionen los algoritmos del LLWAS (la cantidad máxima de sensores es 32). Las RS recolectan y amortiguan los datos de los sensores y, cuando son interrogadas, transmiten dichos datos a la Estación Central del LLWAS (CS). El canal de transmisión de las RS a la CS es un enlace RF dedicado, con un formato de datos y protocolo de comunicaciones propietarios. Cabe notar que la frecuencia que actualmente utiliza el LLWAS no estará disponible en algún momento en el futuro. La CS recolecta datos de todos los sensores conectados y monitorea dichas mediciones en tiempo real, buscando patrones en el flujo del viento que indiquen condiciones meteorológicas peligrosas. Cuando se detecta tales condiciones, la CS informa a los usuarios a través del *ribbon display* del LLWAS y/o del Sistema Meteorológico Terminal Integrado (ITWS), en caso que exista uno en la instalación. Estas conexiones se realizan mediante cables de cobre dedicados, y utilizan un formato de datos propietario.

2.6.3 Los sistemas ASOS, AWOS y AWSS realizan una función muy similar, que es la producción de observaciones automatizadas en superficie, en forma regular, y la producción de observaciones en superficie, en forma especial, cuando las condiciones meteorológicas así lo requieran. Si bien la operación de los sistemas es similar, difieren en muchas maneras. El ASOS es el más prevalente de estos sistemas y contiene una diversidad de tipos de sensores que se requieren para automatizar las observaciones meteorológicas en superficie. Estos sensores incluyen: Telémetro de nubes, sensor de visibilidad (con sensor de luz ambiental), sensor de temperatura ambiente y de punto de rocío, sensores de presión (dos o tres), identificación de condiciones meteorológicas presentes o de precipitación, pluviómetro de acumulación de lluvia o de cubeta basculante (algunos emplazamientos), equivalente de precipitación líquida (algunos emplazamientos), detección de lluvia congelada (algunos emplazamientos), sensor de velocidad y dirección del viento, detección y distancia de los relámpagos (algunos emplazamientos).

2.6.4 Estos sensores ASOS/AWOS/AWSS (con excepción de los sensores de presión) están ubicados al aire libre, en el aeródromo, y están conectados a un DCP co-ubicado, a través de dos cables simples de fibra óptica. Estos sensores de exterior se comunican a través de un protocolo de comunicaciones en serie que normalmente se utiliza en las comunicaciones RS232. De hecho, cada sensor y el DCP contienen un modem de fibra óptica de diseño propietario que traduce una conexión RS232 a fibra óptica (la excepción es el sensor de acumulación de lluvia, que es un sensor analógico). El tratamiento de los mensajes de comunicaciones es propietario para cada proveedor de sensores. Los tipos de mensajes incluyen: solicitud/respuesta de datos medidos, solicitud/respuesta de datos “enlatados”, y solicitud/respuesta de datos diagnósticos (y otros, dependiendo de cada sensor). El DCP interroga a cada sensor y recolecta sus datos de acuerdo con un cronograma pre-establecido, y almacena los datos recuperados del sensor hasta que sean solicitados por la ACU. Los datos son comprimidos y transmitidos a través de un modem RF, utilizando un protocolo propietario. Virtualmente todos los ASOS utilizan el enlace RF, pero unos cuantos, junto con algunos sistemas federales AWOS, utilizan el par retorcido para las comunicaciones de larga distancia. Una vez que los datos de los sensores son recibidos por la ACU, éstos son procesados de acuerdo con el algoritmo pertinente, y el producto de datos resultante es incorporado en el producto de observación apropiado, y luego almacenado o transmitido directamente a los usuarios. La ACU contiene un sistema orgánico dedicado de generación de voz que produce una versión hablada del producto de datos de observación. Luego, este producto es transmitido a través de una radio tierra-aire, la cual puede estar contenida en la ACU o ubicada en otro lugar. La ACU también produce una serie de productos meteorológicos en tiempo real (por ejemplo, vientos de 5 segundos), los cuales son presentados a los usuarios a través de una diversidad de representaciones visuales (por ejemplo, dispositivo de interfaz de operador, u OID, unidad de presentación de video, o VDU, etc.) El sistema integrado de presentación visual del equipo controlador del ASOS (ACE-IDS) es un ejemplo único de dichos sistemas de presentación visual. Originalmente concebido como la Pantalla de Video del Controlador (CVD), el ACE-IDS ha evolucionado con capacidades de presentación visual más avanzadas

y flexibles, y ahora es manejado como un programa de la FAA, independiente y diferente al programa ASOS del NWS. Las comunicaciones entre la ACU y los diversos sistemas de presentación visual se realizan a través de cables de cobre dedicados en los que corren mensajes terminales VT220 normalizados o mensajes y protocolos propietarios. Además de su función de procesamiento central, la ACU también alberga a los sensores de presión primarios, dos para un sistema Clase II y tres para un sistema Clase I. Si la ACU está instalada dentro de un edificio presurizado, los sensores de presión utilizan un conducto de ventilación común tipo “agalla” hacia el exterior del edificio.

2.7 La FTSN (que se muestra en la Figura 8) elimina todas las unidades de procesamiento en el campo utilizadas en los sistemas heredados, y utiliza sensores de diseño moderno para comunicarse directamente con la unidad de procesamiento central (recolector) a través de protocolos de redes de comunicación inalámbricas. Asimismo, la FTSN consolidará paquetes de sensores, donde fuera posible, de manera que un solo sensor sea capaz de realizar más de una función de medición (por ejemplo, mediciones de viento, temperatura y punto de rocío combinadas en un solo sensor “meteorológico en paquete”). Esto le permitirá a la FTSN brindar todas las mediciones de los sistemas heredados combinados, muchas mediciones adicionales de ciertos parámetros, a la vez que reducirá la cantidad total de sensores en el aeropuerto. Asimismo, la FTSN aumentará significativamente la confiabilidad y disponibilidad críticas de las mediciones, aumentando también la confiabilidad serial del equipo del aeródromo, mediante una drástica reducción del soporte físico necesario para las funciones de observación.

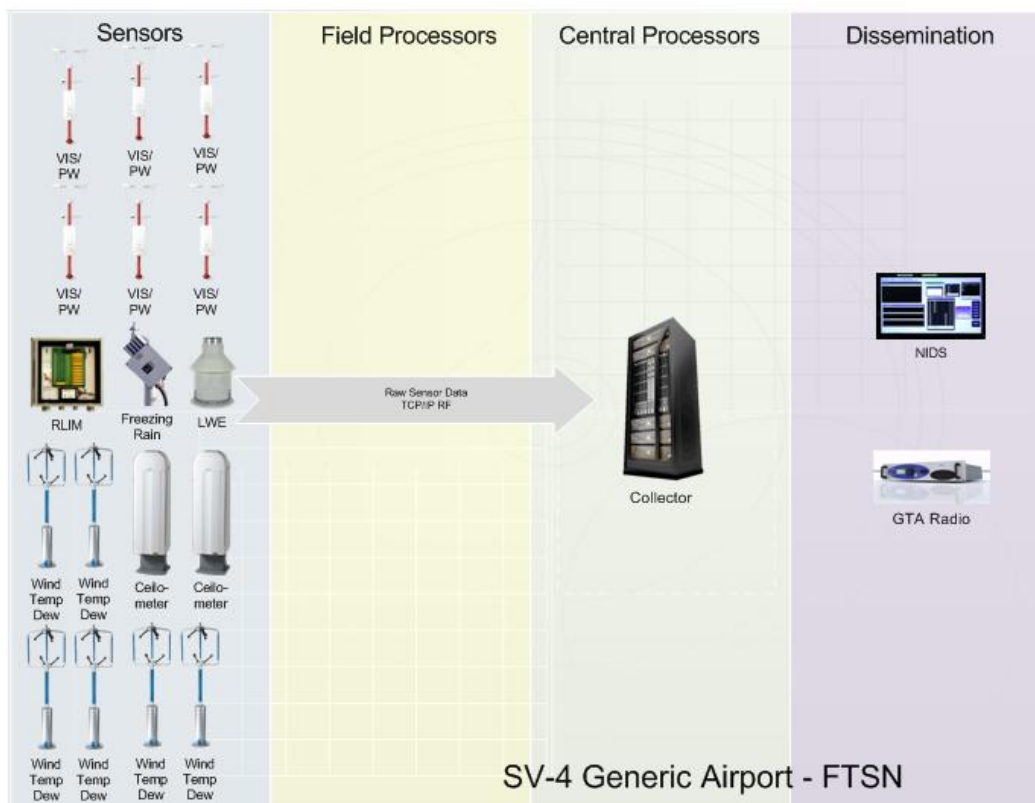


Figura 8. Diagrama de flujo de datos en los sensores de la FTSN de un aeródromo genérico.

Otras actividades en marcha para el desarrollo de la FTSN y su cronograma

2.8 Otros esfuerzos a corto plazo para el desarrollo de la FTSN incluyen el análisis de los requisitos de los sistemas de sensores heredados y la asignación de estos requisitos a los sub-sistemas de la FTSN. A fin de modernizar y economizar en las capacidades de comunicación, la FAA está estudiando las tecnologías inalámbricas disponibles y se ha unido a las actuales iniciativas inalámbricas del NAS. Con el objeto de garantizar que las necesidades singulares de cada terminal sean satisfechas, se elaborará y aplicará una encuesta de sensores terminales genéricos para tener una huella detallada de los sensores, la cual se coordinará con las actuales actividades de mantenimiento y modernización de las terminales. En el verano de 2011, la FAA realizó una encuesta de mercado para determinar la disponibilidad de sensores COTS que pudieran apoyar la FTSN (capacidades inalámbricas, funcionalidad consolidada), y capaces de operar en diversos ambientes del NAS. Actualmente, se está analizando la retroalimentación de la industria. Se hará una modernización y consolidación de los códigos y arquitecturas de procesamiento heredados, con demostraciones del desarrollo de la FTSN en los próximos cuatro años. Se proyecta hacer una demostración de la capacidad de recolección de la FTSN a principios de 2012 en el laboratorio de Capacidad de Evaluación Meteorológica NextGen del Centro Técnico de la FAA (WJHTC NWECC). Para 2013, se tiene proyectada una demostración completa de un prototipo de la FTSN, incluyendo sensores recolectores y de exterior ubicados en toda la terminal de Atlantic City (KACY).

2.9 La Figura 9 ilustra el cronograma del proyecto, mostrando las decisiones referidas al Sistema de Gestión de Adquisiciones (AMS) de la FAA y la fecha proyectada de finalización de los principales grupos de elementos de trabajo para alcanzar los hitos correspondientes al nivel de preparación para definir los conceptos y requisitos (CRDR) y para decidir sobre el nivel de preparación para el análisis de inversión (IARD) de la FAA.

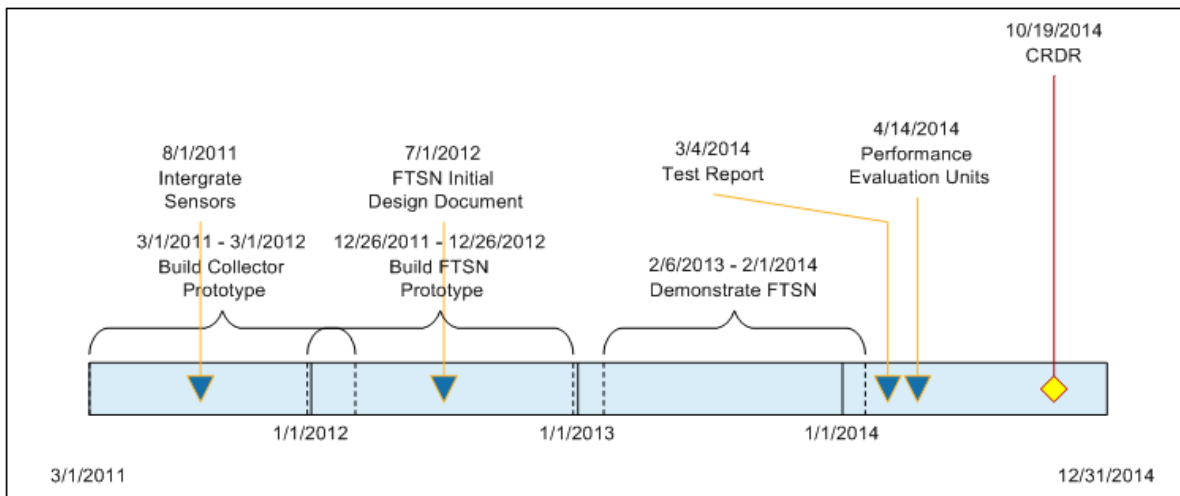


Figura 9. Cronograma multianual de la FTSN

2.10 Conclusión

2.10.1 Una vez que se incorpore al NAS, la FTSN dará como resultado la eliminación de cerca de 350 gabinetes de equipos y el despliegue y almacenamiento de sensores y repuestos para los sensores. Los estimados de costo iniciales indican que la adquisición de la FTSN le ahorrará a la FAA por lo menos \$100M, sólo en costo de equipos, comparado con el costo de los equipos necesarios para mantener los sistemas de sensores heredados. Un estudio de costos detallado (que se espera finalizar a principios de

2012) documentará el significativo ahorro adicional de costos resultante de las actividades consolidadas de mantenimiento, instrucción, gestión y otras de apoyo. Con un costo de ingeniería de sistemas para el desarrollo de la FTSN estimado entre \$12M y \$16M, la inversión en la FTSN le permitirá a la FAA un ahorro sustancial a largo plazo.

2.10.2 La FTSN es un ejemplo de una red flexible de observación meteorológica que permite un acceso abierto y oportuno a las observaciones meteorológicas y a sus elementos específicos. Se considera que un programa de observación flexible es un componente importante de los futuros programas, como el NextGen y SESAR, para poder satisfacer los requisitos de los usuarios en cuanto a la recuperación de elementos meteorológicos específicos en cualquier momento y en cualquier lugar.

2.10.3 Para mayor información acerca de este programa, ponerse en contacto con:

Victor Passetti en victor.passetti@faa.gov