



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño de un sistema de monitoreo remoto de medición de
parámetros meteorológicos entre los aeropuertos de Lima y
Juliaca

PRESENTADO POR

Pimentel Manrique, Luis Miguel

ASESOR

Lara Herrera, Juan Francisco

Los Olivos, 2020

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de comunicaciones que se utilizará para mejorar la gestión de la data recogida por los sensores ubicados en las estaciones meteorológicas automáticas de manera remota, con el uso de la plataforma de red basada en la red actual de CORPAC y alineada a la selección de datos para mejorar los procesos de despegue y aterrizaje tanto en el Aeropuerto internacional Jorge Chávez de la Ciudad de Lima como en el Aeropuerto de la Ciudad de Juliaca Inca Manco Cápac estableciendo un instrumento seguro para el monitoreo de los sistemas meteorológicos; obteniendo información relacionada al viento, presión atmosférica, precipitaciones, temperatura y humedad relativa con el propósito de expandirse entre los otros centros aéreos a nivel nacional; ya que es muy importante obtener la información correcta de las diferentes variables climatológicas en el tiempo y el espacio para garantizar la seguridad y eficiencia de los procesos para prevenir pérdidas humanas ante diferentes anomalías propias de la naturaleza.

Palabras claves: estación meteorológica, plataforma de red, sensores, comportamiento en tiempo real, software especializado.

Abstract

The objective of this project is designing a communications system that will be used to improve the management of the data collected by the sensors located in the automatic weather stations remotely, with the use of the network platform based on the current network CORPAC and aligned to the selection of data to improve the takeoff and landing processes, both at the Jorge Chavez International Airport of the City of Lima and the Inca Manco Cápac Airport of the city of Juliaca, establishing a safe instrument for monitoring from meteorological systems, obtaining information related to wind, atmospheric pressure, precipitation, temperature and relative humidity; with the purpose of expanding among the other air centers nationwide, since it is very important to obtain the correct information of the different climatic variables in time and space to guarantee the safety and efficiency of the processes to prevent human losses from different irregularities of the nature.

Keywords: meteorological stations, network platform, sensors, behavior in real time, specialized software.

Contenido

Resumen	ii
Abstract.....	iii
Contenido	iv
Lista de Figuras	viii
Lista de Tablas	x
Introducción	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1 Planteamiento y descripción del problema	4
1.1.2 Formulación del problema general	5
1.1.4 Formulación de los problemas específicos.....	6
1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.3.1 Justificación técnica.....	7
1.3.2 Justificación económica.....	7
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.1 Alcances.....	7
1.4.2 Limitaciones	8
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	9
2.1 ANTECEDENTES	10
2.1.1 Internacionales	10
2.1.2 Nacionales.....	12
2.2 MARCO TEÓRICO	13

2.2.1	Anemómetro	13
2.2.2	Barómetro.....	15
2.2.3	Pluviómetro	15
2.2.4	Sensor de temperatura y humedad	17
2.2.5	Sensor de radiación solar.....	18
2.2.6	Registrador de datos	18
2.2.7	Display WID 511.....	19
2.2.8	Display WID 513.....	20
2.2.9	LAN (red de área local)	20
2.2.10	WAN (red de área amplia).....	21
2.3	MARCO METODOLÓGICO	21
2.3.1	Tipo de diseño de investigación	21
2.3.2	Metodología de Investigación.....	21
2.3.3	Aporte del proyecto de investigación.....	22
2.4	MARCO LEGAL	22
2.4.1	Ley 27261 normas que regulan la aeronáutica civil.....	22
2.4.2	Anexo 3 de la Organización internacional de Aviación Civil (OACI) 23	
2.4.3	Organización Mundial de Meteorología (Guía OMM N° 8 Estaciones y observaciones meteorológicas aeronáuticas)	23
2.4.4	Regulación Aeronáutica del Perú (RAP303)	23
2.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	24
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.....		28
3.1	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Describir y analizar la estructura del sistema de comunicación existente entre Lima y Juliaca	29
3.1.1	Características de los sensores del sistema de comunicación.....	29

3.1.2	Características de las estaciones de trabajo comunes de los aeropuertos de Juliaca y Lima	31
3.1.3	Características de las estaciones de trabajo exclusivas del aeropuerto de Lima	32
3.2	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Determinar los parámetros a utilizar en el prototipo de sistema de comunicación que se desea implementar	35
3.2.1	Sistema integrado para la recolección de datos	35
3.2.2	Análisis de compatibilidad de cada sensor	38
3.3	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Diseñar la estructura del sistema de medición usando diagramas de bloques.....	45
3.3.1	Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de humedad y temperatura	45
3.3.2	Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de velocidad y dirección del viento	47
3.3.3	Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de presión	49
3.3.4	Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de lluvia	51
3.4	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Definir en qué plataforma se generará la distribución de datos y se integrará a las redes con las que trabaja el sistema aeroportuario	53
3.4.1	Sistema de radiocomunicaciones	53
3.4.2	Análisis de la red telemática de Juliaca	53
3.4.2.1	Estación meteorológica	53
3.4.2.2	Estaciones de trabajo.....	54
3.4.3	Análisis de la red telemática de Lima	55
3.4.3.1	Estación meteorológica	55
3.4.3.2	Estaciones de trabajo.....	56
3.5	DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5: Generar un mecanismo que garantice la funcionalidad del sistema desarrollado.....	58

3.5.1	Prototipo.....	58
3.5.1.1	Códigos con las fórmulas a utilizar.....	58
3.5.2	Análisis del software a utilizar	58
3.5.2.1	Requerimientos.....	59
3.5.2.2	Diseño del software.....	60
3.5.2.3	Verificación.....	62
3.5.2.4	Pruebas en software	65
3.5.2.4.1	Sistema de recopilación de datos	65
3.5.2.4.2	Sistema de monitoreo de red	65
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO		69
4.1.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	70
4.1.1.	Recursos humanos.....	70
4.1.2.	Recursos materiales.....	71
4.2.	ANÁLISIS DE BENEFICIOS	72
4.2.1.	Beneficios tangibles.....	72
4.2.2.	Análisis de Costo/Beneficio	72
4.3.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	73
4.3.1.	Desarrollo del flujo de caja	73
4.3.2.	Análisis del VAN.....	74
4.3.3.	Análisis del TIR.....	74
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		77
GLOSARIO		78
REFERENCIAS.....		79

Lista de Figuras

Figura 1. Sensor ultrasónico	14
Figura 2. Sensor barómetro	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Sensor de precipitación pluvio 2	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Sensor de temperatura y humedad HMP 155	17
Figura 5. Recopilador de Datos QLM 201	19
Figura 6. Jerarquía de las normas y leyes utilizadas para la navegación aérea	24
Figura 7. Arquitectura del Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac de Juliaca	26
Figura 8. Sensores ubicados a lo largo de la pista	30
Figura 9. Estructura de Distribución de Datos en Lima	34
Figura 10. Sistema integrado de la unidad de mantenimiento .	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11. Recolector de Datos (vista externa) ...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Recolector de Datos (vista interna)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Estación Automática de Sensores	39
Figura 14. Diagrama de bloques de la estructura del sistema de recolección de datos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15. Diagrama de bloques del sistema de medición de humedad relativa y temperatura	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Diagrama de flujo del sistema de medición de humedad relativa y temperatura	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17. Diagrama de bloques del sistema de medición de velocidad y dirección del viento	¡Error! Marcador no definido.
Figura 18. Diagrama de flujo del sistema de medición de velocidad y dirección del viento	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19. Diagrama de bloques del sistema de medición de presión	¡Error! Marcador no definido.

- Figura 20. Diagrama de flujo del sistema de medición de presión**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 21. Diagrama de bloques del sistema de medición de precipitaciones **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 22. Diagrama de flujo del sistema de medición de precipitaciones. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 23. Entrada Ethernet TWR - Juliaca **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 24. Esquema de conectividad en Lima (red LAN).... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 25. Diagrama de flujo del software de monitoreo..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 26. Diagramas de flujo parciales de los subprocesos identificados **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 27. Disponibilidad versus el cociente de tiempos medios**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 28. Código fuente del sistema de monitoreo de red. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 29. Primeras muestras del envío de tramas a través del software..**¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 30. Comparativa del entramado con el sistema implementado.....68

Lista de Tablas

Tabla 1. Registro de actividades del recolector de datos	37
Tabla 2. Status del recolector de datos.....	38
Tabla 3. Registro de actividades – sensor de humedad y temperatura	40
Tabla 4. Registro de actividades – sensor de velocidad y dirección del viento .41	
Tabla 5. Registro de actividades – sensor de presión.....	42
Tabla 6. Registro de actividades – sensor de lluvias	43
Tabla 7. Recursos humanos necesarios para el sistema	70
Tabla 8. Costos de sensores.....	71
Tabla 9. Costo de montaje	71
Tabla 10. Costo de inversión inicial.....	72
Tabla 11. Ingresos por venta del equipo	72
Tabla 12. Flujo de caja	73

Introducción

En el ámbito Aeronáutico la importancia de la información del comportamiento de las diversas variables climatológicas en el tiempo y en el espacio han generado inquietudes y soluciones desde el punto de vista técnico y profesional; ya que estas condicionan parte del medio ambiente en el cual se desarrolla sus actividades de aeronavegación en este sentido el hombre se ha preocupado continuamente por la seguridad y confiabilidad del vuelo.

La meteorología estudia los cambios atmosféricos que se producen a cada momento utilizando los parámetros como temperatura del aire, presión atmosférica, humedad relativa, precipitación de lluvia, velocidad y dirección del viento. Algunos de los sensores mediante los cuales se obtiene la medición de las variables antes mencionadas son: el termómetro, el barómetro, el pluviómetro y anemómetro.

Es así que las aeronaves requieren la información meteorológica de su punto de partida hasta su punto de llegada para garantizar la seguridad y confiabilidad del vuelo; esta información es obtenida por medio de un sistema de sensores meteorológicos distribuidos en zonas estratégicas.

En el capítulo I de acuerdo a la investigación realizada se presentó el planteamiento y la formulación del problema, tanto del problema general y los problemas específicos; además se presentó los objetivos generales y objetivos específicos. Asimismo se evaluó los alcances y limitaciones del proyecto, buscando validar las justificaciones técnicas y económicas planteadas.

En el capítulo II se presentó la descripción de los aspectos teóricos de la investigación. Estos aspectos comprenden la revisión de los antecedentes nacionales e internacionales, el desarrollo del marco teórico utilizado para el planteamiento de la solución.

En el capítulo III se presentó el análisis de la situación actual del sistema y se desarrolló los objetivos específicos; asimismo se expuso las etapas que se van a desarrollar en la presente tesis que son identificar y analizar la estructura del sistema, analizar los parámetros del prototipo del sistema, definir la red telemática del prototipo y el software del terminal remoto.

En el capítulo IV se presentó el análisis de costo y beneficio donde se detalló los costos de los recursos que se utilizó para la elaboración del presente proyecto de investigación, así como el análisis de sensibilidad para medir el impacto del mismo proyecto.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento y descripción del problema

El sistema de información meteorológica en los aeropuertos es de suma importancia debido a que las aeronaves necesitan esta información para poder realizar el despegue, aterrizaje y tener un vuelo de manera eficiente; tomando esto como premisa; se debe tener la información meteorológica de manera rápida, confiable y precisa para lo cual se necesita un sistema que comunique y canalice esta información en tiempo real.

La situación actual de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial (CORPAC) en el área de meteorología plantea una serie de procesos en los cuales los sensores son monitoreados de manera local, revisando in situ, los resultados o valores que arrojan estos, entre lo que se destacan: el anemómetro (velocidad y dirección del viento), el pluviómetro (nivel de precipitaciones de lluvia en el área de aterrizaje), el sensor de temperatura (que trabaja en un rango que delimitan los valores máximos y mínimos), el sensor de humedad (que determina los parámetros de humedad relativa), el sensor de presión atmosférica (que permiten determinar los valores de altura y altitud para que el proceso de aterrizaje sea el adecuado).

Estas mediciones, al requerir de mediciones de campo con sensores patrones, generan un retraso en el tiempo de obtención de información; lo que ocasiona un mal aprovechamiento del recurso tanto humano como tecnológico y retrasos en los procesos de despegue y aterrizajes comunes sobre todo cuando hay presencia de fenómenos meteorológicos no convencionales.

Es por ello que la observación realizada de esos procesos requiere elaborar un proyecto en el cual se optimice dichos procedimientos desde el punto de vista tecnológico y sistematizado; es así que para ello se

busca la mejora del modelo de red de datos que se interconectan entre las ciudades de Lima y Juliaca; como un punto de partida para que en adelante se pueda integrar esta mejora en la red de aeropuertos en nuestro país.

La necesidad de contar con esta red integrada es de alta prioridad debido a la importancia de conocer los valores dados por los sensores meteorológicos, tanto en Juliaca como en Lima (que actúa como la sede central), fortaleciendo los niveles de prevención de accidentes e incidentes; aplicándose con las normas y lineamientos dados por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) y los de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), cuyo objetivo es que en cada aeropuerto se pueda trabajar en condiciones óptimas.

Otro indicador bastante presente en la actividad cotidiana en el aeropuerto de Juliaca es la continua variación del clima por las tormentas y lluvias propias de la región que agudizan la necesidad de tener el monitoreo en tiempo real de manera constante; al no desarrollar este proyecto se acarrearían problemas en la obtención de la comunicación en tiempo real entre personal operacional y los pilotos; cabe destacar que el problema apunta principalmente a mantener una estabilidad en la comunicación ya que los aeropuertos en zonas de complejas geografías presentan variaciones de parámetros continuos y eso generaría que los servicios de aeronáutica puedan estar operando con desfases en la comunicación y producir desastres y pérdidas humanas y económicas.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Cómo disminuir los retrasos en la transmisión de información meteorológica entre los aeropuertos de Lima y Juliaca para optimizar los procesos de aterrizaje y despegue?

1.1.4 Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la situación actual de la estructura del sistema de comunicación existente entre Lima y Juliaca?

P.E.2: ¿Cuáles son los parámetros de los sensores para la operatividad del sistema?

P.E.3: ¿Cuáles serán las etapas para el procesamiento de datos para generar una correcta medición de parámetros?

P.E.4: ¿Cómo generar una correcta distribución de datos a través de una plataforma que se pueda integrar a las redes digitales existentes?

P.E.5: ¿Cómo establecer un mecanismo de comprobación de la funcionalidad de este sistema?

1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema remoto de medición de parámetros meteorológicos entre aeropuertos de Lima y Juliaca en tiempo real.

1.2.2 Objetivos específicos

O.E.1: Describir y analizar la estructura del sistema de comunicación existente entre Lima y Juliaca.

O.E.2: Determinar los parámetros a utilizar en el prototipo de sistema de comunicación que se desea implementar.

O.E.3: Diseñar la estructura del sistema de procesamiento de los parámetros a medir utilizando diagramas de bloques.

O.E.4: Definir en qué plataforma se generará la distribución de datos y se integrará a las redes con las que trabaja el sistema aeroportuario.

O.E.5: Generar un mecanismo que garantice la funcionalidad del sistema desarrollado.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

Se busca que la información a nivel nacional sea monitoreada por una central a través de un sistema automático de gestión aeronáutica peruana; por lo cual se tiene conocimiento que en la actualidad las entidades relacionadas al tema no lo están realizando de manera óptima o si lo hacen presentan falencias relacionadas la continuidad de la línea de red generando retrasos que impiden que la información se transmita en tiempo real.

Por ello; se nota la necesidad de este diseño, teniendo como información técnica el uso de los equipos sofisticados de última generación, siendo parte de sus características de los sensores de campo y el desarrollo del software y hardware para su implementación, supervisión, organización y control.

1.3.2 Justificación económica

El uso de equipos de última generación planteados como parte de la solución, van a generar un costo en una primera etapa de una probable implementación que va a generar un beneficio a mediano y largo plazo relacionado con la mejora del servicio aeronáutico entre los aeropuertos de Lima y Juliaca; lo que se busca es salvaguardar las vidas humanas que periódicamente hacen uso del transporte aéreo como medio de movilización rápida y segura.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Alcances

- El presente proyecto propone diseñar un sistema de recopilación de datos meteorológicos entre los aeropuertos mencionados con miras a poder extenderse a otros centros aeroportuarios.

- Asimismo, garantizar que el traslado de estos datos sea el correcto y que llegue al personal autorizado en un tiempo adecuado.
- Finalmente, integrar este sistema a la red con la que cuentan los aeropuertos del Perú, para obtener beneficios en el desarrollo de la aviónica.

1.4.2 Limitaciones

- La obtención de la información necesaria para el desarrollo del presente proyecto puede acarrear un conjunto de trámites burocráticos a nivel técnico y a nivel de seguridad.
- Disponer de software original es limitado debido al costo que puede ocasionar esta inversión.
- Determinar qué tipo modelo de servidor se va utilizar para que los sensores sean monitoreados remotamente, reconociendo los parámetros técnicos establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) tal como la velocidad de transmisión, el ancho de banda efectivo, la tasa de error; y el uso de los parámetros utilizados en aeronáutica.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales

A. ACURI, E. (2009). En su tesis denominada **“Diseño e implementación de un prototipo de una estación meteorológica con transmisión de datos vía SMS y publicación en la página web del observatorio astronómico Quito”** de la Universidad de Quito, en su conclusión nos menciona lo siguiente:

El presente trabajo de investigación, se basa en el diseño e implementación de un prototipo de estación meteorológica remota para el observatorio astronómico de Quito, en donde se realizará un seguimiento y monitoreo de los cambios ambientales para el uso de las actividades del observatorio y para contar con información de la comunidad. La investigación brindará una solución adecuada en la obtención y el manejo apropiado de los parámetros meteorológicos censados, en donde se podrá acceder a toda la información mediante una página Web. El funcionamiento del sistema utilizará sensores meteorológicos, un microprocesador, memorias RAM, un MAX232, un reloj de tiempo real, un teléfono celular y por último una fuente de respaldo UPS. (p. 50)

Según lo expuesto en la presente tesis, la finalidad de la investigación es poder implementar un sistema de estación meteorológica para poder realizar el monitoreo constante y la recopilación de datos de todos los sensores y así poder evaluar los parámetros en tiempo real.

B. MONTALVO, B. (2013). En su tesis denominada **“Prototipo didáctico de una estación meteorológica monitoreada a distancia”** de la Universidad de México Autónoma Zacatecas, en su conclusión se menciona lo siguiente:

La investigación realizada se basa en el diseño y construcción de una estación meteorológica, la cual será monitoreada en tiempo real y se podrá controlar de manera remota mediante un Software que permitirá conocer las variables meteorológicas en una estación como temperatura, velocidad, humedad y dirección de vientos. El cual nos

permitirá tomar acciones de forma más eficiente para un correcto funcionamiento y reducción de riesgos.(p. 45)

La presente investigación tiene como finalidad resolver los problemas de meteorología de forma remota para lugares de difícil acceso, es por ello que se construirá una estación meteorológica que permita monitorearlos y controlarlos de forma inalámbrica.

C. PARADA, C. y RIVERO, I. (2011). En su tesis denominada “**Diseño de una red de estaciones meteorológicas de bajo costo**” de la Universidad Católica Andrés Bello, en su conclusión nos menciona lo siguiente:

De acuerdo con la investigación realizada se determina un prototipo de diseño de red de estaciones meteorológicas de bajo costo para poder estudiar los parámetros de los sensores y poder monitorearlos de manera remota. El desarrollo consta de cinco fases importantes que están conformadas por investigación teórica, comparación de estaciones, evaluación de una estación, plantear un conjunto de procedimientos necesarios para la interconexión de la red y por último la simulación de la red utilizando el software OPNET para poder realizar una comunicación entre estación – servidor. (p. 29)

La finalidad de la investigación realizada es poder efectuar el monitoreo y control de los fenómenos meteorológicos en una región con distinta topografía; permitiendo un mejoramiento para la comunicación satelital e inalámbrica.

2.1.2 Nacionales

- A. LLAMOCCA, J. (2014). En su tesis denominada **“Variabilidad de las condiciones climáticas y meteorológicas en la zona arqueológica Caral – Supe”** de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima-Perú, afirma lo siguiente:

La presente investigación tiene como objetivo identificar patrones de circulación de tipos atmosféricos a nivel local y regional , y poder conocer los procesos físicos responsables de la variabilidad climática de la región así también analizar los elementos del clima correspondientes a las estaciones meteorológicas ubicadas a los alrededores del sitio arqueológico Caral como humedad, viento, temperatura máxima y mínima con promedios mensuales, anuales y multianuales, para poder describir su comportamiento climático durante los últimos 40 años. (p. 36)

De acuerdo a lo expuesto en la investigación, se trata de poder conocer los datos climatológicos meteorológicos de la zona Arqueológica Caral Supe para poder identificar patrones que nos permitan conocer los procesos físicos en la variabilidad del clima.

- B. LEON, K. (2014). En su tesis denominada **“Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos el niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana”** de la universidad agraria de la molina Lima-Perú, menciona lo siguiente:

Durante el desarrollo de la investigación, se realizó el estudio temporal y espacial de la información pluviométrica obtenida de 29 estaciones meteorológicas administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). La recolección de dicha información, que se hizo de forma diaria en las estaciones ubicadas en la Región de Tumbes y Piura, permitió establecer un método de predicción de parámetros frente a situaciones de cambio intempestivo asociado al comportamiento climático. Asimismo, se determinó la presentación de un patrón que identifica las ocurrencias de dichos fenómenos relacionados con otras variables como vientos y lluvias. (p. 77)

La finalidad de la presente tesis, permite establecer las características de recopilación y procesamiento de la información obtenida de

estaciones meteorológicas. Este procesamiento de parámetros climatológicos determinó un estudio basado en un modelamiento, el cual puede ser desarrollado mediante sensores meteorológicos, para poder identificar las variaciones de los fenómenos atmosféricos del tiempo en diversas regiones de nuestro país.

- C. QUIJANO, J. (2013). En su tesis denominada **“Estudio numérico y observacional de la dinámica de viento paracas, asociado al transporte eólico hacia el océano frente a la costa de Ica-Perú”** de la Universidad Peruana Cayetano Heredia Lima-Perú, nos plantea lo siguiente:

De acuerdo al presente antecedente, los investigadores generaron un estudio de los vientos Paracas los cuales fueron registrados mediante un sistema de recopilación de datos meteorológicos. En él, se obtuvo un conjunto de parámetros que permitieron modelar a través de teorías y métodos para poder tener un análisis de datos en condiciones estables, neutras e inestables; este proceso se encuentra documentado en el aeropuerto militar en la Ciudad de Pisco. (p. 40)

En relación a lo expuesto, la conclusión obtenida se relaciona a los diversos mecanismos desarrollados para poder encontrar la homogeneidad de los parámetros que se recopilaron, y que servirá como modelo para la obtención y procesamiento a través de sensores de viento y posición. El hecho de que la tesis revisada asocie esta recopilación de datos a la ocurrencia de un fenómeno atípico, como lo es el viento Paracas, me permitirá también establecer características de obtención de datos en condiciones anómalas que son frecuentes en el ámbito de navegación aérea para la meteorología.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Anemómetro

El sensor de viento ultrasónico mide la dirección y velocidad del viento en superficie, es uno de los parámetros claves para la meteorología y la aviación, la dirección del viento es medido en grados, mientras que la

velocidad del viento es expresada en nudos (kt) mide con precisión y genera datos confiables en condiciones de viento y climas exigentes.

La dirección del viento se mide en ambas direcciones por tres cabezales transductores, mediante el uso de dos mediciones por cada uno de los tres trayectos la medición del viento se calcula de una manera tal que elimina por completo los efectos de parámetros asociados a la altitud, efectos de la temperatura y los índices de humedad.



Figura 1. Sensor ultrasónico

Fuente: CORPAC

Sensor de velocidad y dirección de viento ubicado a lo largo de la (RWY) pista. Estas ráfagas de viento se consideran al desplazamiento intempestivo del viento que exceda en 10 nudos al viento medio y dure por lo menos tres segundos, viento en calma la velocidad debe ser menor a 2Km/h, no existe la calma absoluta nos referimos a una calma relativa del viento ya que la tierra está en constante movimiento siempre. (Llamocca 2014, p. 61).

2.2.2 Barómetro

Es la unidad donde se recopila la información que obtiene el barómetro es un sensor de presión absoluta. Se basa su medición en un circuito oscilador RC con 3 condensadores de referencia, un sensor capacitivo de silicio de presión (BAROCAP) y un sensor capacitivo de silicio de compensación de temperatura. Puede usar 1,2 o 3 transductores de presión. CORPAC S.A.

La presión atmosférica se define como el peso que ejercen las capas de aire sobre la superficie terrestre. Esta variable meteorológica está íntimamente relacionada con los cambios de temperatura, en los niveles altos de la atmósfera terrestre el valor medido del barómetro es en hectopascal (hPp). (Tacuri, 2009, p 19).



Figura 2. Sensor barómetro

Fuente: CORPAC

Sensor de presión atmosférica ubicado a lo largo de la pista de suma importancia para la meteorología.

2.2.3 Pluviómetro

La precipitación es la cantidad de agua líquida o sólida que llega desde la atmósfera hasta la superficie terrestre. Existen varias formas de precipitaciones, por ejemplo, están la lluvia, la nieve, la nevisca, el granizo, la helada y el rocío.

Emisión en tiempo real (TR): Para intensidades mayores a 0,1 mm/min. Ofrece la ventaja de un tiempo de reacción rápido y emisión correcta de la intensidad de precipitación.

Emisión no en tiempo real (NTR). Emite resultado 5 minutos después de presentarse las precipitaciones. Ofrece la ventaja de una emisión correcta de la cantidad de precipitación más precisa. CORPAC S.A.

Valores medidos:

- Intensidad TR (intervalo fijo 1 minuto)
- Cantidad TR /NTR (desde la última petición del valor medido)
- Cantidad NTR (desde la última petición del valor medido)
- Recipiente colector TR
- Recipiente colector NTR
- Temperatura de la célula de carga
- Estado del Pluviómetro (desde la última petición del valor medido)



Figura 3. Sensor de precipitación pluvio 2

Fuente: CORPAC

Sensor de precipitación utilizado para registrar la cantidad de lluvia en la zona donde van aterrizar y despegar los aviones.

2.2.4 Sensor de temperatura y humedad

La sonda HMP155 es un sensor que permite medir los índices de humedad relativa (mínima y máxima), así como el poder conocer la temperatura idónea en muchas aplicaciones como en la aeronáutica y la meteorología. En el caso de la medición de la humedad, el sensor utiliza una película delgada capacitiva; en cambio, para el caso de la temperatura, se utiliza una conformada por platino resistivo (Pt100). En ambos casos, la ubicación de las películas está en el extremo del sensor y son protegidos por un filtro de plástico.

El HMP155 viene en modelos de resultados activos y pasivos en el que el resultado del voltaje de la humedad relativa es similar, pero el resultado de la temperatura es activo o pasivo (resistivo). La versión de resultado activo tiene dos salidas análogas o una salida digital RS-485. La versión de salida pasiva tiene una medición de temperatura de cuatro cables y una salida de voltaje análoga para la medición de la humedad relativa (Parada, C y Rivero, I, 2011, p. 76).



Figura 4. Sensor de temperatura y humedad HMP 155

Fuente: CORPAC

Sensor ubicado en la cabecera de la pista de suma importancia registra los cambios que se dan a lo largo de la pista esta información es muy importante para navegación aérea.

2.2.5 Sensor de radiación solar

Para medir la radiación solar, se requiere que la respuesta al flujo de radiación varíe con el coseno del ángulo de incidencia. Por ejemplo, máxima respuesta cuando el flujo incide perpendicularmente sobre el sensor (0 grados), respuesta nula cuando el Sol está en el horizonte (90 grados) o valores intermedios de respuesta, cuando el ángulo de incidencia está entre los anteriores.

La termopila, formada por sectores blancos y negros, es capaz de absorber la radiación solar en un rango entre los 300 y los 50000 nm. y tiene una respuesta casi perfecta al coseno del ángulo de incidencia.

La cúpula de cristal limita la respuesta al rango de 300 a 2800 nm preservando un campo de visión de 180 grados. Otra función de la cúpula es la de proteger la termopila de la convección.

Las bandas negras del sensor (termopila) absorben la radiación solar que se transforma en calor. Este calor fluye atravesando los sensores hacia el cuerpo del pirómetro, proporcionando una señal eléctrica proporcional a la radiación incidente. CORPAC S.A.

2.2.6 Registrador de datos

El recopilador de datos QML es un capturador de datos diseñado en una tarjeta impresa única. Esta tarjeta contiene una CPU de 32 bits de Motorola para el procesamiento de datos y 10 entradas diferenciadas (20 con terminación única) analógica de sensor (también se pueden usar como entradas digitales). Por otra parte, existen dos interfaces de frecuencia del sensor, un convertidor de 24 bit A/D, 3,3 MB de memoria flash segura para el registro de los datos, así como un sistema de alimentación mediante excitación para los sensores y un cargador para la batería de reserva interna. El último elemento mencionado no es necesario en sistemas donde se usa una batería de reserva con mayor capacidad.

Cuando el funcionamiento del sensor se recupera, el capturador automáticamente continúa con el registro de datos. El temporizador de vigilancia reinicia automáticamente el capturador después de un error.

Cada entrada del sensor tiene una protección de varistor (VDR) contra transitorias inducidas. Las conexiones de línea serial, es decir, RS-232 etiquetado como COM0 y RS-485 etiquetado como COM1, tienen circuitos de protección de dos niveles ESD con VDR directamente en las clavijas de entrada.

Los datos se registran en archivos diarios, lo que facilita la localización de un conjunto de datos en especial para realizar un análisis más detallado. El capturador QML admite tarjetas CF de hasta 2 GB.

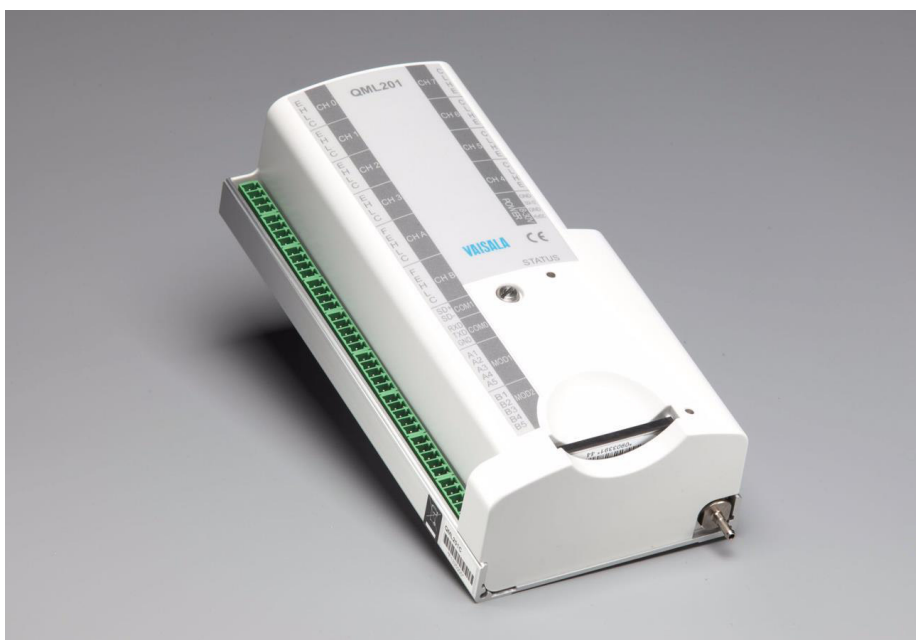


Figura 5. Recopilador de Datos QLM 201

Fuente: CORPAC

Recolector de datos ubicado en la cabecera de la pista el cual obtiene toda la información de todos los sensores instalados en campo.

2.2.7 Display WID 511

El visualizador panel de viento WID 511 unidad autónoma para medir, procesar y mostrar los valores de la rapidez y también establecer los

indicadores para el sentido del movimiento eólico, promedios instantáneos, 2 minutos y 10 minutos los cálculos de viento estarán cumpliendo con la normativa del Anexo 3 de OACI Servicio Meteorológico Para La Navegación Internacional. CORPAC S.A.

El visualizador de viento es capaz de visualizar hasta cuatro sitios de sensores de viento en un solo visualizador, el WID 511 puede funcionar como independiente, pantalla de copia de seguridad para la información de viento, la pantalla presenta datos calculados por el procesador de datos Meteorológicos.

2.2.8 Display WID 513

El visualizador panel de datos climáticos WID 513 está diseñado para la visualización de información como temperatura, presión y precipitación, los datos mostrados por el visualizador admite hasta 8 páginas de información, el Display WID 513 es controlado por el procesador de datos Meteorológicos con un formato de mensaje que define el contenido de cada página que muestra de los datos recibidos por los sensores puede calcular los parámetros como el QNH, QFE, nivel de transición y tenencia de 3 horas de la presión, está conectado a la unidad e envió a través de Ethernet o comunicación RS-485. CORPAC S.A.

2.2.9 LAN (red de área local)

Toda PC conectada a una red que participan directamente en las comunicaciones de red se clasifica como hosts o dispositivos finales. Los hosts pueden enviar y recibir mensajes a través de la red. En las redes modernas, los dispositivos finales pueden funcionar como clientes, servidores o ambos. El software instalado en la computadora determina cuál es la función que cumple la computadora.

Los servidores son hosts con software instalado que les permite proporcionar información, por ejemplo, correo electrónico o páginas Web, a otros hosts de la red. Cada servicio requiere un software de servidor

diferente. Por ejemplo, para proporcionar servicios Web a la red, un host necesita un software de servidor Web. Los clientes son computadoras host que tienen instalado un software que les permite solicitar información al servidor y mostrar la información obtenida.

2.2.10 WAN (red de área amplia)

Las redes de área extensa (WAN, Red de Área Amplia) son infraestructuras de red que abarcan un área geográfica extensa. Normalmente, la administración de las WAN está a cargo de proveedores de servicios (SP) o proveedores de servicios de Internet (ISP).

Las características específicas de las WAN incluyen lo siguiente:

Las WAN interconectan LAN a través de áreas geográficas extensas, por ejemplo, entre ciudades, estados, provincias, países o continentes.

Por lo general, la administración de las WAN está a cargo de varios proveedores de servicios.

Normalmente, las WAN proporcionan enlaces de velocidad más lenta entre redes LAN.

2.3 MARCO METODOLÓGICO

2.3.1 Tipo de diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, y tecnológica ya que con el diseño o implementación del monitoreo del sistema se verá la tecnología usada o aplicada para el desarrollo del prototipo.

2.3.2 Metodología de Investigación

La metodología de investigación de este proyecto va estar definido por la funcionabilidad del análisis del problema planteado pasando primero por una etapa de diseño conceptual, la evaluación del diseño y finalmente una etapa de simulación que validara la solución planteada frente a los problemas que en el camino se puedan adicionar. Por ello es necesario poder conocer como es la arquitectura del sistema existente y que tipos

de procesos van a ser modificados de esa arquitectura para poder garantizar la viabilidad de la solución propuesta.

2.3.3 Aporte del proyecto de investigación

Con el presente trabajo de investigación se estima poseer de la información necesaria para realizar el diseño de la plataforma digital aeronáutica que sea confiable y eficiente que garantice la aprobación y funcionamiento para el envío de información, para así poder implementar según las normas y métodos recomendados Internacionalmente, coordinados con la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

Otra contribución que se espera de este trabajo de tesis que el sistema lleve a cabo los datos necesarios para proveer los datos meteorológicos a diversos usuarios como Control de tráfico Aéreo, la oficina de estación meteorología y sala técnica datos detallados de observación transmitidos a las redes de información meteorológica entre Lima y Juliaca a través de la red digital Aeronáutica

2.4 MARCO LEGAL

CORPAC S.A brinda el servicio meteorológico a la aviación de conformidad con el Anexo 3 de la Organización internacional de Aviación Civil (OACI), compuesto por Disposiciones, Normas y Métodos recomendados Internacionalmente, coordinados con la Organización Mundial de Meteorología (Guía OMM N° 8) Y Regulada por Regulación Aeronáutica del Perú (RAP303).

2.4.1 Ley 27261 normas que regulan la aeronáutica civil

La Aeronáutica Civil se rige por la Constitución Política del Perú, por los instrumentos internacionales vigentes, por la presente Ley, sus reglamentos y anexos técnicos, las Regulaciones Aeronáuticas del Perú y demás normas complementarias.

Artículo 8° De la autoridad competente

La Autoridad Aeronáutica Civil es ejercida por la Dirección General de Aeronáutica Civil como dependencia especializada del Ministerio de

Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, con autonomía técnica, administrativa y financiera necesaria para el cumplimiento de las funciones que le señalan la presente Ley y su reglamentación.

2.4.2 Anexo 3 de la Organización internacional de Aviación Civil (OACI)

Estaciones y observaciones meteorológicas aeronáuticas, la DGAC determinara el establecimiento de las estaciones meteorológicas aeronáuticas que sean necesarias para suministrar un servicio meteorológico para la navegación aérea de forma segura y eficiente. Una estación meteorológica aeronáutica puede ser una estación independiente o puede estar combinada con una estación sinóptica.

Referencia: Anexo 3(OACI) Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional.

2.4.3 Organización Mundial de Meteorología (Guía OMM N° 8 Estaciones y observaciones meteorológicas aeronáuticas)

Cada estado contratante hará los arreglos necesarios para que sus estaciones meteorológicas aeronáuticas sean inspeccionadas con la frecuencia suficiente para asegurar el mantenimiento de un alto grado de calidad de observación, el correcto funcionamiento de los instrumentos y de todos sus indicadores, y para verificar que la exposición de los instrumentos no haya variado sensiblemente.

2.4.4 Regulación Aeronáutica del Perú (RAP303)

La DGAC emite las RAP siguiendo el procedimiento de Elaboración Normativa este proceso de elaboración de normas.

EL Artículo 1 de la RD N° 235-2013-MTC/12, establece el cumplimiento con la RAP 310.

“Delegar a la CORPAC las actividades de administrar y operar los servicios de navegación aérea en los aeródromos públicos, así como los espacios aéreos designados para los propósitos, de conformidad con lo indicado en la RAP 303

“Servicios Meteorológicos para la Navegación Aérea”, RAP 304 “Cartas Aeronáuticas”, RAP303 “Servicio de Tránsito Aéreo”, RAP310 “Telecomunicaciones Aeronáuticas y RAP 315 “Servicio de Información Aeronáutica”.

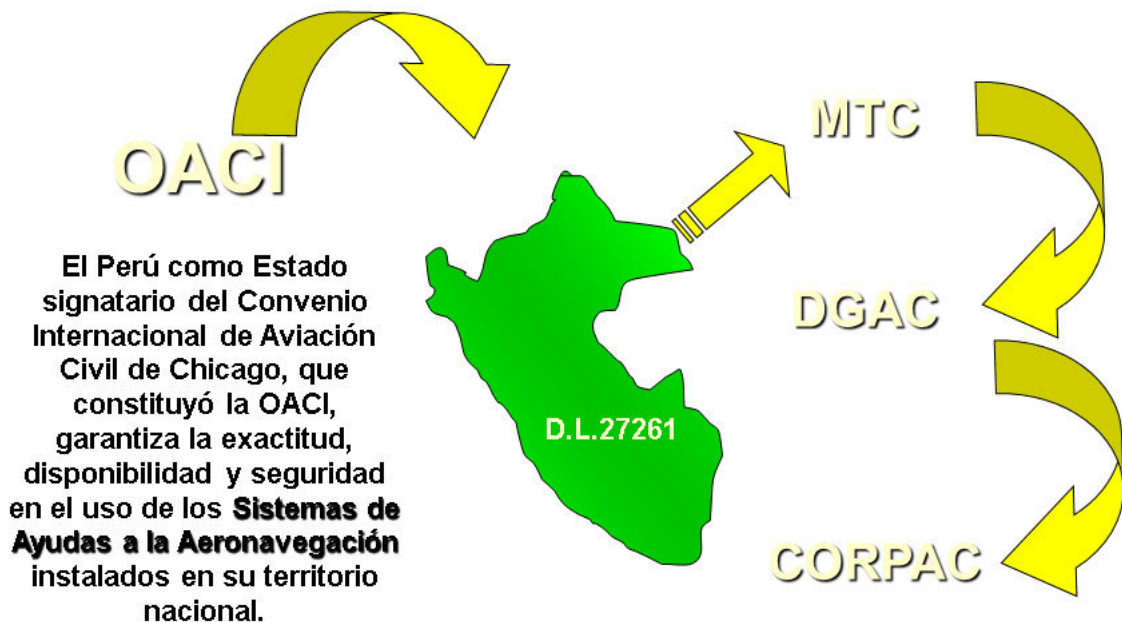


Figura 6. Jerarquía de las normas y leyes utilizadas para la navegación aérea

La figura muestra el proceso jerárquico de organización de las leyes y normas según estatutos internacionales (OACI) y nacionales (MTC, DGAC, CORPAC) para la navegación aérea.

2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En esta parte se explicará arquitectura del sistema de información meteorológica en los aeropuertos de Lima y Juliaca Inca Manco Cápac propuesto para este proyecto de tesis se realizará una breve explicación En esta parte se explicará la arquitectura del sistema de información meteorológica en los aeropuertos de Lima y Juliaca “Inca Manco Cápac” propuesto para este proyecto de tesis se realizará una breve explicación de los sensores y del sistema de monitoreo las partes que los compone.

El sistema de información meteorológica recolecta, procesa, distribuye, monitorea y archiva los datos de meteorología sensores ubicados a lo largo de la pista del aeropuerto.

El sistema de información meteorológica en el aeropuerto es de suma importancia debido a las aeronaves necesitan esta información para poder realizar el despegue y aterrizaje y tener un vuelo de manera eficiente.

La estructura general del proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de comunicaciones que se utilizará para la obtención de los datos de las estaciones meteorológicas automáticas de manera remota, con el uso de la red privada, desde la ciudad de Lima, estableciendo un medio de comunicación seguro para el monitoreo de los sistemas meteorológicos.

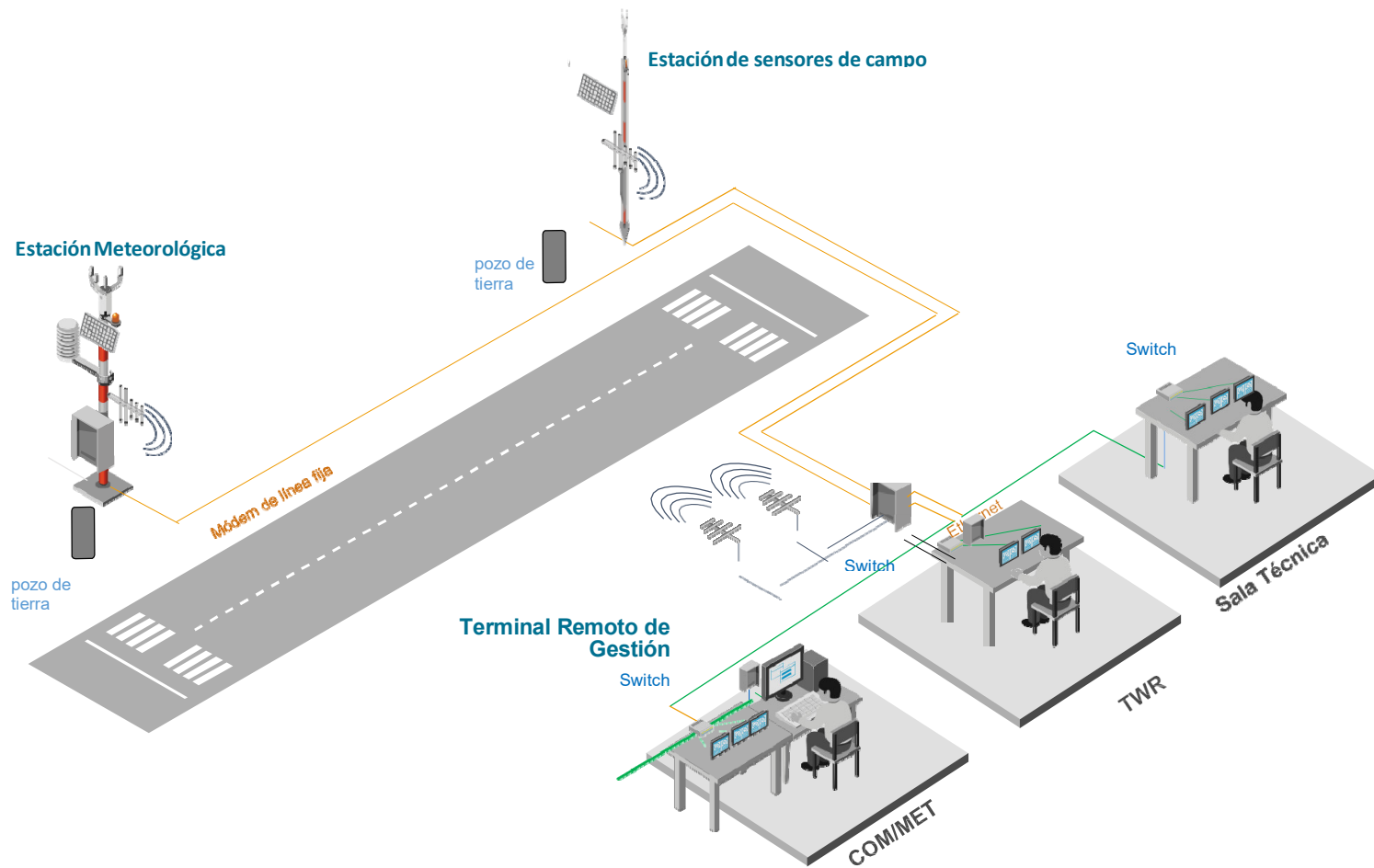


Figura 7. Arquitectura del Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac de Juliaca

En la torre de control, la conectividad se desarrollará por medio de una línea LAN Ethernet que permitirá el acceso a tres sub etapas: La torre de control propiamente dicha (TWR), que vinculará los resultados hacia la interacción propia de operadores y tripulación, que también comunica a los ordenadores a través de un conmutador; La sala técnica, que se encargará de la observación y detección de anomalías en la data y que será el núcleo principal de la estación de trabajo del observador, el cual incluye una interfaz TCP/IP para un sistema de gestión de red y que comunica a los ordenadores por medio de un conmutador; La estación de mantenimiento (COM/MET), quien actúa como observador, analizando las variaciones de los parámetros meteorológicos, generan los reportes periódicos y lo envían a la torre de control, además de constatar el tiempo para poder corroborar las mediciones realizadas por los sensores electrónicos

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1: Describir y analizar la estructura del sistema de comunicación existente entre Lima y Juliaca

3.1.1 Características de los sensores del sistema de comunicación

En la actualidad, la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial en el área de meteorología posee sensores que son monitoreados de manera (local), dentro de estos valores que se pueden obtener encontramos: anemómetro, el pluviómetro, el sensor de temperatura, sensor humedad, sensor de precipitación, sensor de presión atmosférica; pero esta obtención no se da en tiempo real de otros aeropuertos, tomando más tiempo en obtener la información y generando una problemática en la gestión y monitoreo de red.

La necesidad de contar con esta red es de alta prioridad debido a la importancia de conocer los valores dados por los sensores meteorológicos, siendo de utilidad tanto para los pilotos como para el personal en tierra en el aeropuerto los cuales puedan ser monitoreados por mensajería automática y prevenir futuros mantenimientos (preventivos y correctivos) de los sensores antes mencionados.

Esto seguiría de una manera eficiente y mejorada los lineamientos dados por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) y los de la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

El sistema de Estación Meteorológica Automática (AWS) está diseñado para las necesidades de controlar el tráfico aéreo, observadores y colaboradores de pronósticos.

El sistema mide, procesa, muestra, almacena y distribuye información meteorológica. Consta de sensores situados a lo largo de la pista, una o dos computadoras para la Unidad Central de Datos (CDU) y una o varias estaciones de trabajo.

Los sensores están situados a lo largo de las pistas en sitios de medición específicos y se comunican con las unidades centrales de datos (CDU), las que distribuyen los datos a las estaciones de trabajo.

La CDU valida los datos de medición, calcula los valores de acuerdo con los datos y distribuye los datos meteorológicos y las alarmas a las estaciones de trabajo de los usuarios.

Todos los sensores ubicados en pista de aterrizaje envían la información hacia la estación de mantenimiento a un servidor donde son almacenados todos los datos de los sensores. El principio de medición electrónica enfatiza en primer lugar la estabilidad sobre un amplio rango de los parámetros medidos y recopilados por los sensores, los cuales tienen una velocidad entre 1 a 8 kt en relación a la velocidad del viento (1 kt o 1 nudo es igual a 0.514m/s); la cual es el parámetro principal de medición en la pista. Adicionalmente, es necesario precisar que los sensores trabajan aproximadamente a una tasa de 2 mediciones por segundo.

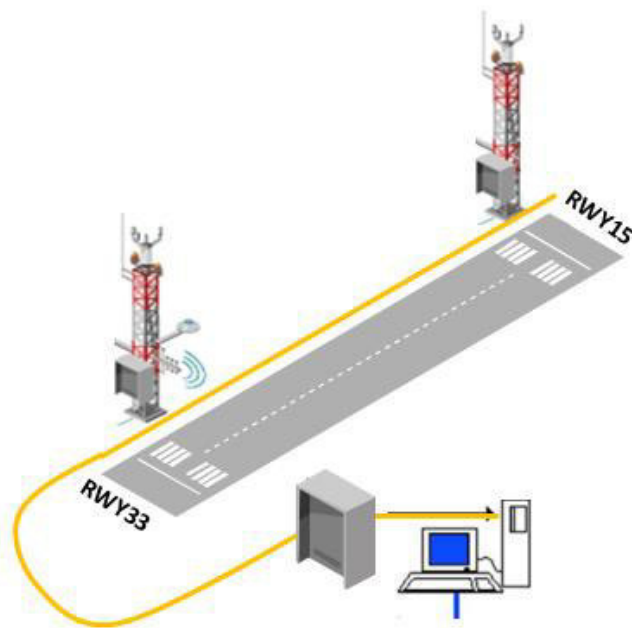


Figura 8. Sensores ubicados a lo largo de la pista

En la siguiente figura se muestra el sistema AWS 310, los sensores que están en pista y la comunicación existente entre sensores y servidor.

3.1.2 Características de las estaciones de trabajo comunes de los aeropuertos de Juliaca y Lima

El sistema de transmisión y recopilación de datos que se busca implementar, trabaja con las siguientes estaciones de trabajo, que también se encuentran en el aeropuerto de Lima:

3.1.2.1 Estación de trabajo del observador (OWS)

El tiempo atmosférico juega un papel importante en el desarrollo de nuestras labores de todos los que trabajamos en la aeronáutica, de ahí que sea importante conocerlo. La meteorología se subdivide en varias ramas afines, las que llenan las necesidades de su extenso campo de investigación y práctica, el que es cada día de mayor utilidad, sobre todo en relación con la aeronáutica.

Las aplicaciones de la meteorología dependen grandemente de la veracidad de las observaciones, en las cuales se basan los informes, predicciones y estadísticas del tiempo.

Por esta razón, tanto el Observador Meteorológico como el Controlador de Tránsito Aéreo, así como los técnicos en mantenimiento de equipos y sistemas de meteorología, deben estar bien capacitados en todo lo referente a las observaciones meteorológicas e interpretación de los parámetros del tiempo y deben tener amplio sentido de responsabilidad.

Estas mediciones realizadas se tienden a constatar en esta estación, la cual compara los datos enviados en función a su experiencia en la interpretación de las señales meteorológicas asociadas al clima.

3.1.2.2 Estación de trabajo de pronóstico (FWS)

La información que los Operadores de Estación de pronóstico y la estación del observador meteorológico, otorgan a quienes están a cargo del transporte aéreo acerca del tránsito de otras aeronaves que se desplazan en su trayectoria y que son de interés para mantener la seguridad aérea; asimismo, contempla la información de las condiciones meteorológicas del aeropuerto de destino, alterno o

en ruta, que son de interés inmediato para la toma de decisión del piloto al mando de la aeronave; también, la información de la operatividad de los equipos, sistemas o de las instalaciones que son indispensables para la aeronavegación. Presenta un historial de la medición de los parámetros y de las incidencias ocurridas que se tienden a confrontar con los datos obtenidos por los sensores.

3.1.2.3 Estación de trabajo de torre de control (TWR)

El Controlador de Tránsito Aéreo es el administrador del espacio aéreo peruano. Se le prepara para brindar un control eficiente, seguro y ordenado durante la vigilancia de las operaciones de aeronaves que se desplazan por todo el territorio nacional y como administrador cumple la importante función de planificar, organizar y dirigir el tránsito aéreo, para garantizar la seguridad de las operaciones aéreas en nuestro país.

Los servicios de navegación aérea están formados por los procedimientos, tecnología y profesionales que garantizan la seguridad de las operaciones aéreas tanto en tierra, como en vuelo; es decir, el acompañamiento en las tres fases de vuelo: despegue, ruta y aterrizaje.

3.1.3 Características de las estaciones de trabajo exclusivas del aeropuerto de Lima

3.1.3.1 Estación de trabajo de controladores de tráfico (WV)

Este sistema de transmisión de datos muestra la información a la estación de trabajo del controlador, consiste en mejorar la seguridad de los vuelos al proporcionar a los controladores la información de los movimientos de aire de los sensores de vigilancia, como radar, ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast por sus siglas en inglés), Sistemas Multilateración y datos meteorológicos, información de planificación, como planes de vuelo, disponibilidad de

rutas y gestión de flujo de control y comunicarse a través de voz y enlace de datos.

3.1.3.2 Estación de trabajo del personal de mantenimiento (RCM)

El programa de inducción para personal ATSEP (Personal Electrónico de Seguridad Aérea), está formulado para brindar el conocimiento del mundo de la navegación aérea comercial, sus normativas, los organismos que las regulan y las que las administran. Los servicios de navegación aérea están formados por los procedimientos, tecnología y profesionales que garantizan la seguridad de las operaciones aéreas tanto en tierra, como en vuelo. Los procedimientos se ejecutan de acuerdo a las normativas internacionales y nacionales, a fin de armonizar y estandarizar las operaciones aéreas, cuya plataforma tecnología está compuesta por los sistemas CNS/ATM, los cuales son gestionados y mantenidos por los profesionales, uno de los cuales son los técnicos ATSEP.

Personal ATSEP Se entiende por el termino ATSEP (*Air Traffic Safety Electronic Personnel*) como el personal técnico directamente comprometido con el mantenimiento y actividades de instalación de sistemas (CNS) así como las calibraciones en vuelo de las radioayudas, los cuales requieren calificación y certificación por parte del proveedor. Los técnicos ATSEP deben tener las habilidades y las competencias necesarias para garantizar la operatividad de los sistemas, equipos y redes CNS/ATM, mediante la instalación, calibración, ensayo, operación, explotación y mantenimiento de los mismos.

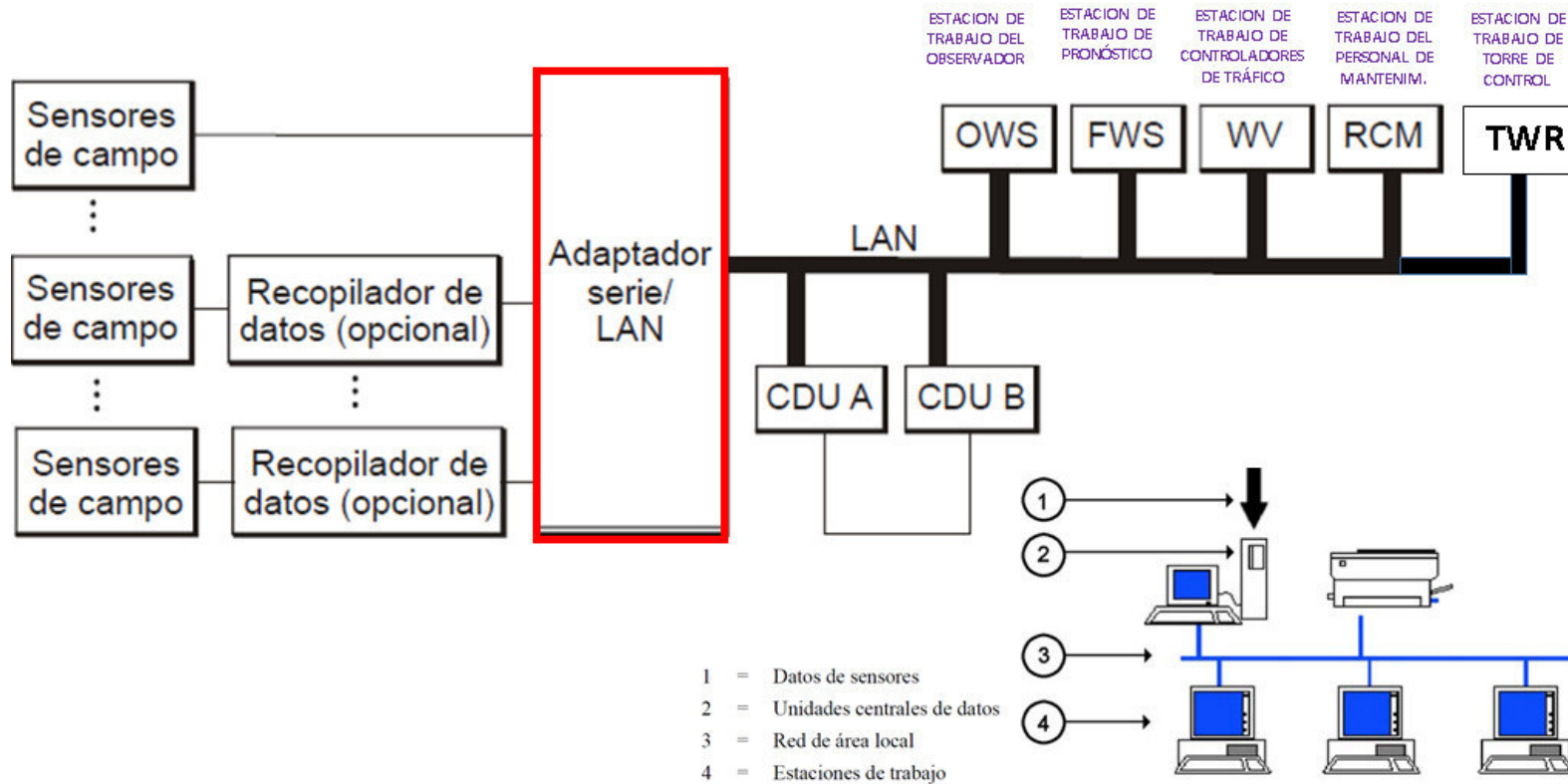


Figura 9. Estructura de Distribución de Datos en Lima

En la figura se explica cómo están estructurados los elementos para garantizar la distribución de datos durante el proceso de monitoreo en todas las estaciones ubicadas en CORPAC – Lima, la cual se toma como referencia para el desarrollo de la presente investigación.

3.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2: Determinar los parámetros a utilizar en el prototipo de sistema de comunicación que se desea implementar

3.2.1 Sistema integrado para la recolección de datos

El sistema de comunicación que se va a implementar, debe poseer una unidad de mantenimiento vinculada a un software de operación que va a ser utilizado para proveer y descargar los archivos de registro de datos; establecer los parámetros de medición y realizar tareas de mantenimiento en la central de registro.

Los tipos de conexión compatibles con dicha central, son la línea serial, conexiones telefónicas mediante un módem y conexiones de socket TCP/IP. El registrador mide los datos de los sensores y los almacena en archivos de registro. Con la interfaz de cliente, se puede descargar estos archivos a su computadora para luego visualizarlos.



Figura 10. Sistema integrado de la unidad de mantenimiento

La figura muestra el sistema recolector de datos, el sensor de presión con las baterías de respaldo situadas en pista de aterrizaje.



Figura 11. Recolector de Datos (vista externa)

La figura muestra las conexiones de todos los sensores con el recolector de datos durante el funcionamiento del sistema.



Figura 12. Recolector de Datos (vista interna)

La figura muestra el recolector de datos con todos sus puertos, pero sin conexiones.

El procedimiento será descrito por los procesos siguientes:

- Observar el estado de los componentes obteniendo su estado desde la central de monitoreo usando la aplicación de diagnóstico visual.
- Verificar el registrador de datos.
- Revisar advertencias y/o errores.
- Revisar el estado de la batería interna.
- Revisar el estado del panel solar, batería y regular.
- Verificar el estado de los cables y conexiones (datos, fuente de alimentación y protección eléctrica).

A continuación, se describirá la estructura analítica del mantenimiento básico diario, en función a las necesidades vistas en el aeropuerto de Juliaca, y a la estandarización realizada observada en el Anexo 3 de la OACI, en su norma titulada Servicio Meteorológico para la navegación aérea internacional.

Tabla 1. Registro de actividades del recolector de datos

MANTENIMIENTO BÁSICO DIARIO			Posición del bit de estado
ACTIVIDAD	VALOR NOMINAL	COMENTARIOS	
Obs.NoDisp	00:00:00	Tiempo no disponible o fuera de servicio (hh:mm:ss)	
Est. Puerta abierta/cerrada	0	Puerta abierta/cerrada	a
Est. Volt. Bajo Bat.	0	Voltaje bajo de batería	b
Mains On/Off	0	Mains on/off	c
Est. Temp. Int.	0	Temperatura interna	d
Est. viento	0	Wind status	e
Est. Temp.	0	TA status	f
Est. Humedad	0	RH status	g
Est. Rad. Solar	0	SR status	h
Est. Presión	0	Pressure sensor status	v

La tabla indica de qué forma se viene registrando los datos cuando el sistema está en óptimas condiciones y la organización en cuanto a la posición del bit de estado para cada sensor.

Asimismo, se incluirán los siguientes procesos en la verificación del estado del registrador de datos:

- a. Revisión de led de status del registrador: se dará en función de los parpadeos del led indicador.

Tabla 2. Status del recolector de datos

INDICADOR	STATUS
1 parpadeo cada 5 segundos	ok
2 parpadeos rápidos	advertencia
3 parpadeos rápidos	error
0 parpadeos	sin operar. Revisar la fuente de poder.

La tabla indica la característica de funcionamiento en relación al parpadeo del led según el estado del sistema del registrador de datos.

- b. Realizar la conexión mediante la línea serial: el sistema cuenta con el cable terminal suministrado por el fabricante el cual va conectado entre el conector de la Terminal de mantenimiento en la brida inferior del compartimento y un puerto COM disponible en el computador.

3.2.2 Análisis de compatibilidad de cada sensor

A continuación, se incluirán las unidades de operatividad de cada sensor en para poderlas integrar al sistema y que el flujo y recopilación de datos se dé de manera correcta en función a la solución planteada.

Sus características generales son:

- Bajo consumo de energía (Basado en QML201; Energizando panel solar)
- Telemetría (Radio, RS485, RS232, Modem, Dos medios de telemetría permitidos)
- Reportes
- Portafolio amplio de sensores

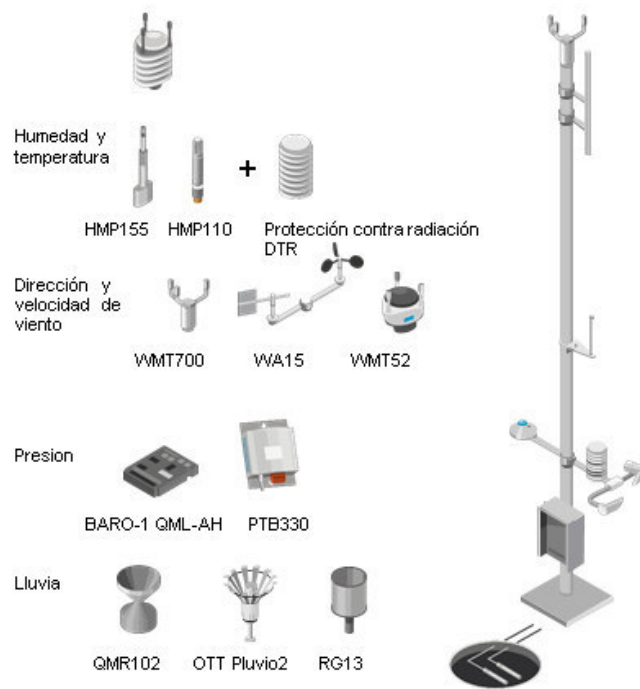


Figura 10. Estación Automática de Sensores

La figura muestra todos los sensores que se utilizan para la metrología ubicada en pista de aterrizaje.

3.2.2.1 Sensor de Humedad y Temperatura

La versión HMP155E, es la más utilizada en aplicaciones de estaciones portátiles, presenta un sistema de medición analógica con salida de 4 cables resistivos de salidas por temperatura mediante un sensor de temperatura pasivo y una señal de salida seleccionable para humedad relativa. La medición se realiza a través de un conversor con salida serial con conversor USB.

Tabla 3. Registro de actividades – sensor de humedad y temperatura

ACTIVIDAD	VALOR NOMINAL	COMENTARIOS
Est. Físico	0	Estado físico del equipo. 0: OK, 1: Regular, 2: Malo
Limpieza total	SI	Se hizo limpieza externa del sensor de temperatura y humedad (SI/NO)
Verificación	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$	Indicar la diferencia entre los valores que proporcionan el sensor de la estación y el sensor patrón. La diferencia debería ser menor igual a $\pm 1^{\circ}\text{C}$ tanto para la temperatura del aire como para el punto de rocío

La tabla presenta el registro de actividades para el sensor de humedad y temperatura ubicado en la pista de aterrizaje en función a su estado, su comportamiento nominal y qué indica cada uno de estos valores nominales.

3.2.2.2 Sensor de Dirección y Velocidad del viento

El sensor ultrasónico WINDCAP WMT700 permite la medición de la rapidez y sentido en el que varía el viento. Para este dispositivo, se observa que carece de piezas no fijas en su montaje, y esto es beneficioso porque no requiere de mantenimiento alguno.

Asimismo, se observa que mantiene los mismos indicadores de rendimiento pese al paso del tiempo, siendo inmune al desgaste o a efectos de agentes externos como lo son el salitre y la arena.

Así como en el sensor anterior, la medición se realiza también por medio de salida serial USB.

Tabla 4. Registro de actividades – sensor de velocidad y dirección del viento

ACTIVIDAD	VALOR NOMINAL	COMENTARIOS
Est. Físico	0	Estado físico del equipo. 0: OK, 1: Regular, 2: Malo
Limpieza total	SI	Se hizo limpieza externa del sensor ultrasónico (SI/NO)
Verificación	SI	Se hizo pruebas de WMT700 con el verificador WM (SI/NO)

La tabla presenta el registro de actividades para el sensor de velocidad y dirección del viento ubicado en la pista de aterrizaje en función a su estado, su comportamiento nominal y qué indica cada uno de estos valores nominales.

3.2.2.3 Sensor de Presión

Entre las principales características del sensor de presión atmosférica PTB330, podemos distinguir:

- Valores de histéresis y repetitividad apropiados.
- Estabilidad a plazo.

Cabe señalar, que este sensor permite determinar principalmente los valores del QNH, QFE y el nivel de transición.

El QNH es la altura desde el nivel del mar hacia la ubicación del avión; el QFE permite determinar la altura desde el punto de altitud de la pista de aterrizaje hacia el avión; finalmente, el nivel de transición que se ajusta a las ubicaciones de cada aeropuerto y que permite definir el valor de una altura normada desde la cual los pilotos están aptos para iniciar el proceso de aterrizaje.

Al igual que en los dos casos anteriores, la medición será a través de bus serial USB.

Tabla 5. Registro de actividades – sensor de presión

ACTIVIDAD	VALOR NOMINAL	COMENTARIOS
Est. Físico	0	Estado físico del equipo. 0: OK, 1: Regular, 2: Malo
Limpieza total	SI	Se hizo limpieza externa del sensor ultrasónico (SI/NO)
Verificación	± 0.5 hPA	Diferencia entre el valor medido del barómetro de la estación con el barómetro patrón. Debe ser menor o igual a 0.5 hPA.

La tabla presenta el registro de actividades para el sensor de presión ubicado en la pista de aterrizaje en función a su estado, su comportamiento nominal y qué indica cada uno de estos valores nominales.

3.2.2.4 Sensor de Lluvia

Este instrumento (RG13) utiliza un mecanismo que permite balancear el dispositivo en función de la aparición o no de la precipitación y que activa un mecanismo de cierre cuando recibe una cantidad mínima de precipitación de lluvia que bordea los 0,2 milímetros. A su vez, este mecanismo comprende el uso de dos pequeños recipientes ubicados diametralmente opuestos en el interior del cuerpo del sensor, hechos de aleaciones de aluminio, y con un área de abertura de cuatrocientos centímetros cuadrados.

Este sistema oscilante funciona de la siguiente manera: cuando empieza la lluvia, se llena un recipiente el cual, al caer, cierra el contacto con el temporizador y envía un pulso y genera la movilidad del balanceo para poder establecer el muestreo de la capacidad de precipitación de lluvia que está cayendo.

Tabla 6. Registro de actividades – sensor de lluvias

ACTIVIDAD	VALOR NOMINAL	COMENTARIOS
Est. Físico	0	Estado físico del equipo. 0: OK, 1: Regular, 2: Malo
Limpieza total	SI	Se hizo limpieza externa del sensor de temperatura y humedad (SI/NO)

La tabla presenta el registro de actividades para el sensor de lluvia ubicado en la pista de aterrizaje en función a su estado, su comportamiento nominal y qué indica cada uno de estos valores nominales.

3.2.2.5 Esquema de a recolección de datos a través de los sensores

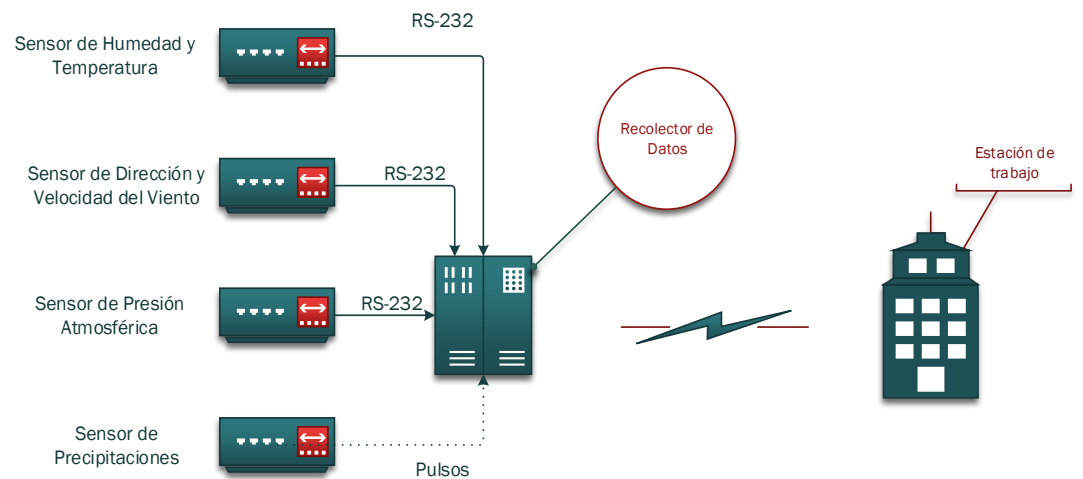


Figura 14. Diagrama de bloques de la estructura del sistema de recolección de datos

La figura muestra la distribución requerida para poder relacionar las mediciones hechas por los sensores, sus canales de conexión con el recolector de datos, para poder ser llevados de manera inalámbrica a las estaciones de trabajo: del observador (OWS), de pronóstico (FWS), de controladores de tráfico (WV), del personal de mantenimiento (RCM) y de torre de control (TWR).

3.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3: Diseñar la estructura del sistema de medición usando diagramas de bloques

3.3.1 Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de humedad y temperatura

El funcionamiento del sensor de humedad y temperatura, define un conjunto de procesos tal como se muestra en el diagrama siguiente:

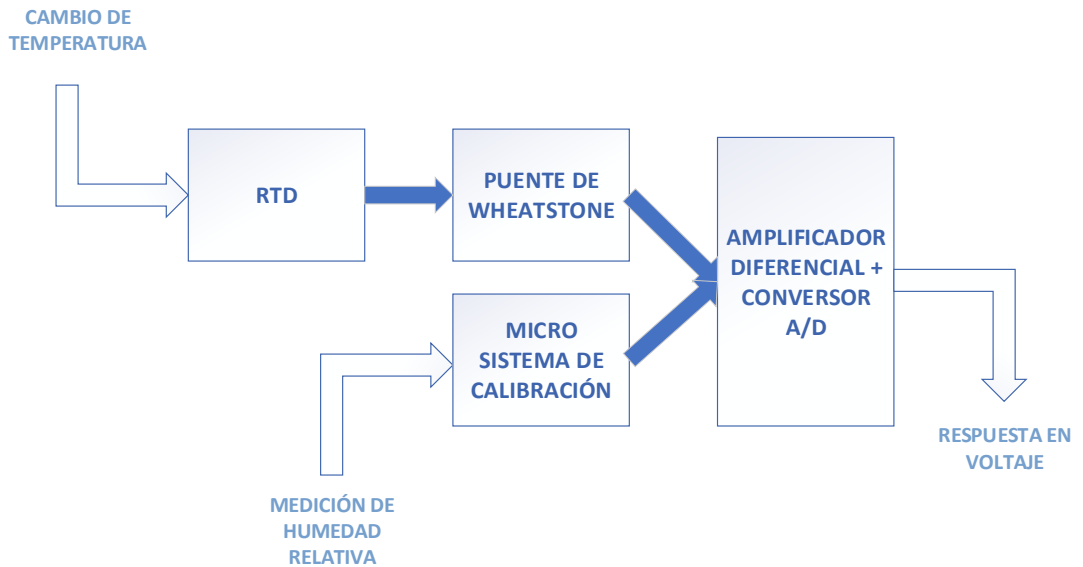


Figura 15. Diagrama de bloques del sistema de medición de humedad relativa y temperatura

En el diagrama de bloques se muestra la secuencia del proceso de medición y recopilación de los parámetros de humedad y temperatura: iniciando con un Detector de Temperatura resistivo (conocido comercialmente como RTD por sus siglas en inglés), luego por el arreglo resistivo conocido como puente de Wheatstone para detectar el cambio de temperatura en función a los terminales resistivos. Por su parte, la medición de la humedad relativa se obtiene calibrando el micro sistema interno en función de medidas previas a través de un condensador de películas finas que permiten establecer dicha comparación. Luego ambos pasan por una etapa de amplificación y conversión A/D.

Asimismo, el flujo del procesamiento de datos para este sensor, se determina en función al diagrama que se muestra a continuación:

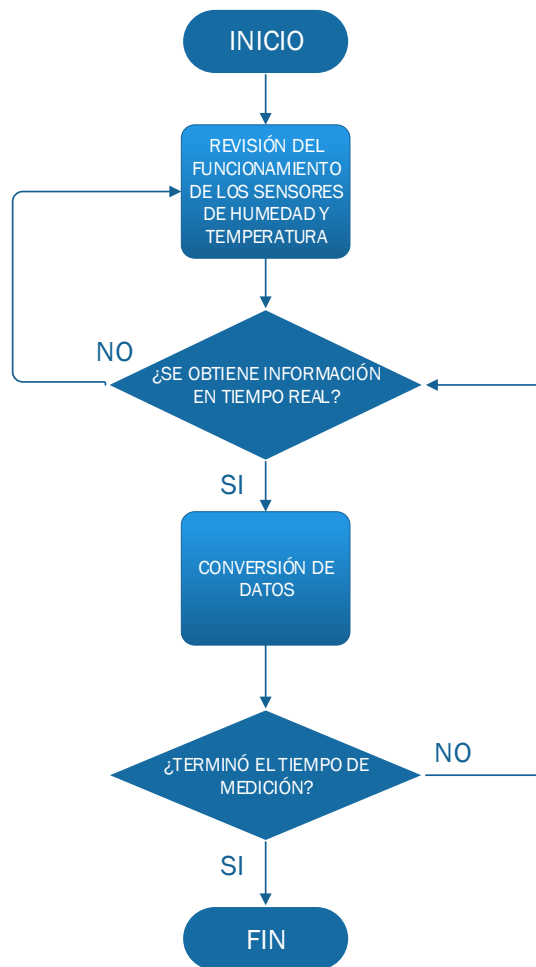


Figura 16 Diagrama de flujo del sistema de medición de humedad relativa y temperatura

En el diagrama se observa la secuencia de pasos que se definen para una correcta obtención de datos para el sensor de humedad relativa y temperatura. El tiempo de medición es configurable y dependerá de la arquitectura elegida para el funcionamiento del sistema integrado; su funcionamiento es similar al de un contador en retroceso, si llega a cero: termina la toma de datos hasta que se reactive el siguiente periodo de muestreo.

3.3.2 Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de velocidad y dirección del viento

El funcionamiento del sensor de velocidad y dirección del viento, define un conjunto de procesos tal como se muestra en el diagrama siguiente:

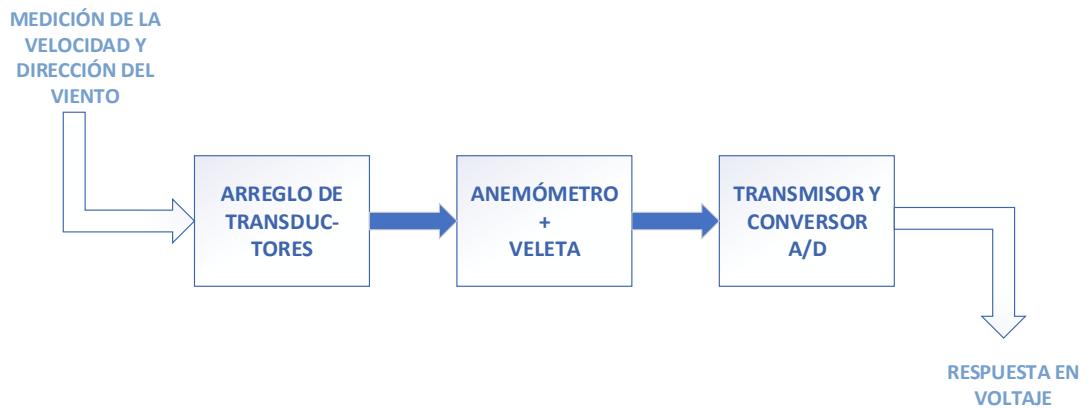


Figura 17 Diagrama de bloques del sistema de medición de velocidad y dirección del viento

En el diagrama de bloques se muestra la secuencia del proceso de medición y recopilación de los parámetros de velocidad y dirección del viento: iniciando con un arreglo de transductores formando un trío que miden el tiempo de tránsito en todas las direcciones a través de pulsos de ultrasonido. Estos elementos sirven para la etapa donde el anemómetro (que define la velocidad del viento en función al tiempo de llegada del ultrasonido entre dos de los tres transductores) y la veleta (que se establece en relación a la formación de vectores asociados a la posición de los transductores) recogen la información analógica. Finalmente se recopila, se amplifica a los valores de medición estándar y son convertidos a señales digitales.

Asimismo, el flujo del procesamiento de datos para este sensor, se determina en función al diagrama que se muestra a continuación:

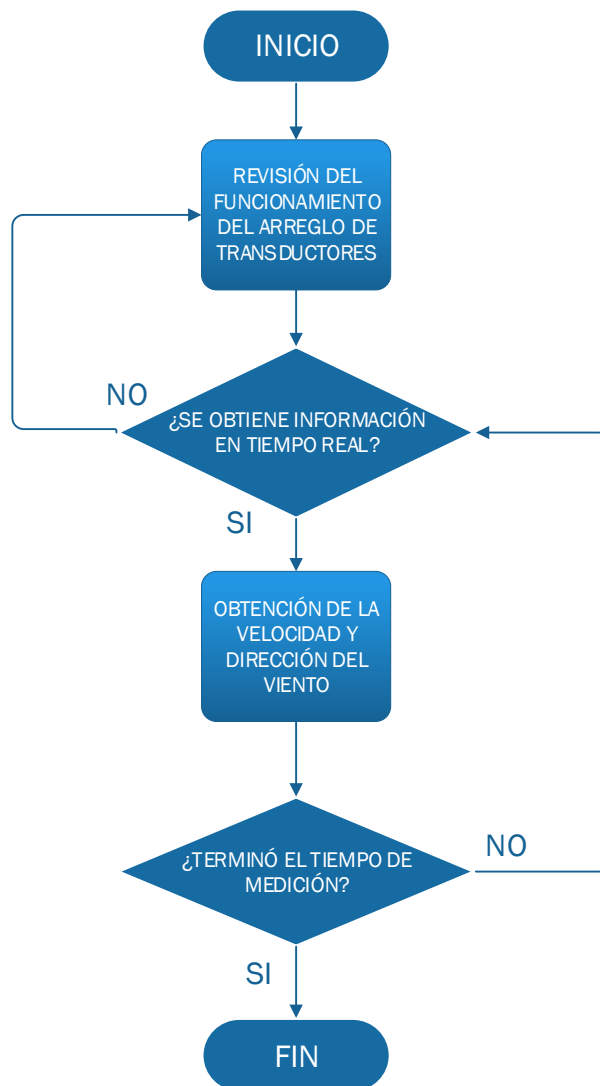


Figura 18. Diagrama de flujo del sistema de medición de velocidad y dirección del viento

En el diagrama se observa la secuencia de pasos que se definen para una correcta obtención de datos para el sensor de velocidad y dirección del viento. Como en el caso del sensor de humedad y temperatura, el tiempo de medición es configurable y dependerá de la arquitectura elegida para el funcionamiento del sistema integrado. La medición se establecerá en tiempo real y el envío de la data se hará en serie con los sensores del sistema.

3.3.3 Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de presión

El funcionamiento del sensor barométrico, define un conjunto de procesos tal como se muestra en el diagrama siguiente:

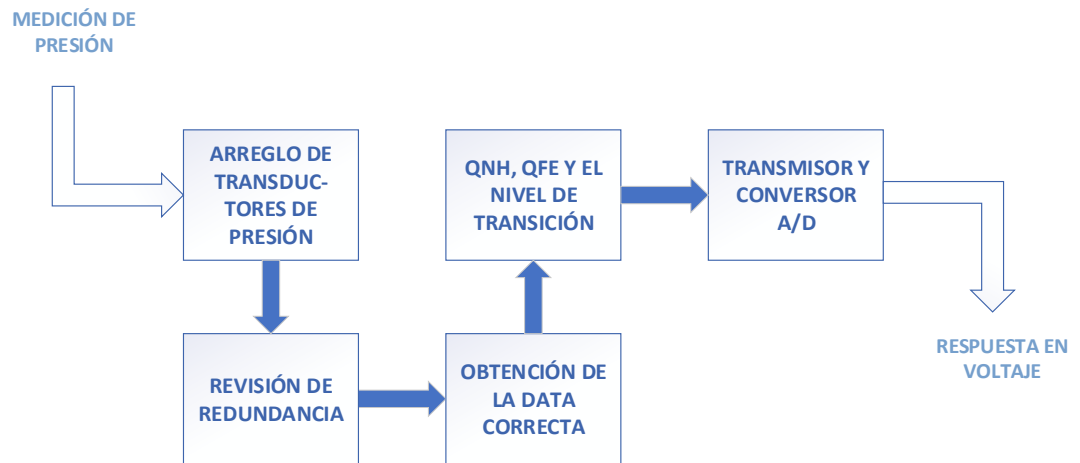


Figura 19. Diagrama de bloques del sistema de medición de presión

En el diagrama de bloques se muestra la secuencia del proceso de medición y recopilación de los parámetros de presión: la primera etapa consiste en un arreglo de tres transductores que captan la información, que luego es revisada para detectar la redundancia para evitar obtener datos erróneos. Luego que el sistema obtiene la información correcta se procede al cálculo real del QNH (es la altura desde el nivel del mar hacia la ubicación del avión); el QFE (que permite determinar la altura desde el punto de altitud de la pista de aterrizaje hacia el avión) y el nivel de transición (denominado también TRL); todos ellos recopilados a las versiones estándares y por medio de señales digitales.

Asimismo, el flujo del procesamiento de datos para este sensor, se determina en función al diagrama que se muestra a continuación:

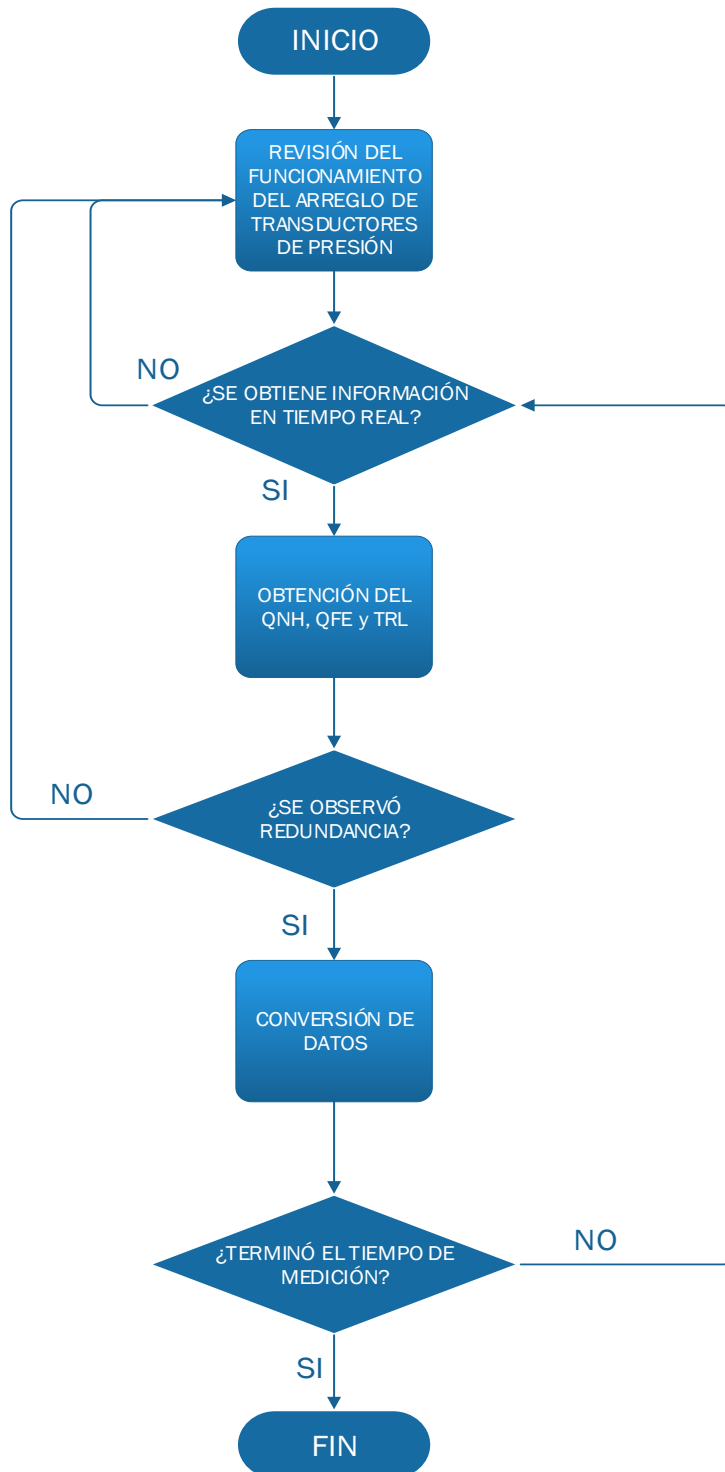


Figura 20. Diagrama de flujo del sistema de medición de presión

En el diagrama se observa la secuencia de pasos que se definen para una correcta obtención de datos para el sensor de presión. Cabe destacar que se debe incorporar el análisis de redundancia en donde los sensores en conjunto deben arrojar los mismos datos, de lo contrario se deberá calibrar los sensores.

3.3.4 Desarrollo de la etapa de medición para el sensor de lluvia

El funcionamiento del sensor de precipitaciones, define un conjunto de procesos tal como se muestra en el diagrama siguiente:

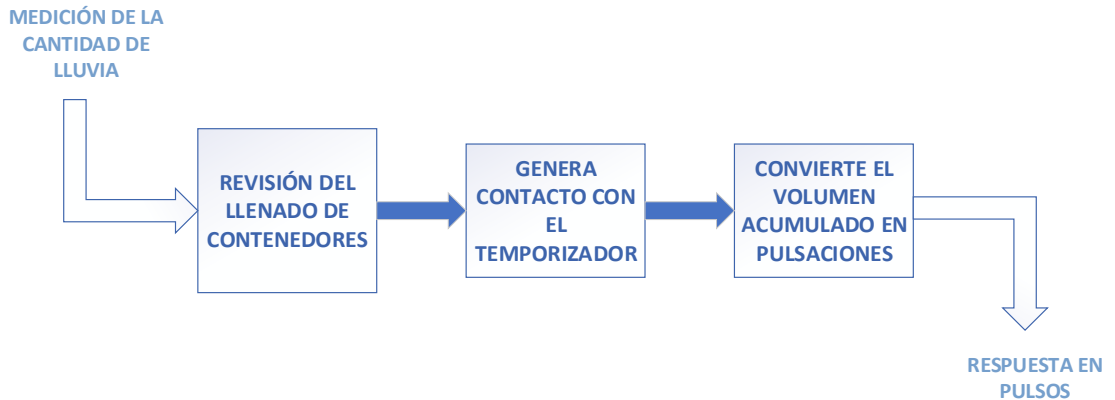


Figura 21. Diagrama de bloques del sistema de medición de precipitaciones

En el diagrama de bloques se muestra la secuencia del proceso de medición y recopilación de los parámetros asociados a la cantidad de precipitación: la primera etapa consiste la revisión del llenado de los contenedores de precipitación que están diametralmente opuestos y forman un arreglo tipo balanza; si alguno de ellos llegara a llenarse generaría el contacto con el temporizador; el cual y en relación con la cantidad de precipitación medida, activará una secuencia de pulsos generados a su salida. Cabe destacar que es el único de los cuatro sensores que emitirá pulsos a condición de que haya precipitaciones presentes en la pista de aterrizaje.

Asimismo, el flujo del procesamiento de datos para este sensor, se determina en función al diagrama que se muestra a continuación:

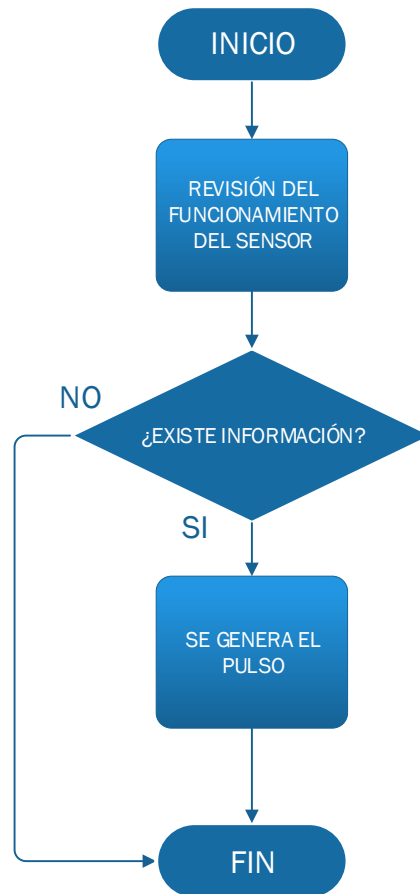


Figura 22. Diagrama de flujo del sistema de medición de precipitaciones

En el diagrama de bloques se muestra la secuencia del proceso de medición y recopilación de los parámetros de precipitación, el cual funciona solo cuando existe la aparición del fenómeno meteorológico propiamente dicho; de ser así la señal envía un pulso al sistema de medición.

3.4 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 4: Definir en qué plataforma se generará la distribución de datos y se integrará a las redes con las que trabaja el sistema aeroportuario

3.4.1 Sistema de radiocomunicaciones

La propuesta desarrollada en esta investigación requiere de un dispositivo que mejora la interfaz de red utilizada en los aeropuertos mencionados, que no requiera de cableado y que se acople a las frecuencias administradas por CORPAC.

Asimismo, para el flujo de transmisión básico de datos, se requerirá de la conexión serial RS232 hacia un radio modem y de allí a la antena.

Los tiempos de respuesta del sistema de telecomunicaciones van a determinarse en función a los estándares planteados por los organismos reguladores aeronáuticos y se van a mostrar en el desarrollo del objetivo siguiente.

3.4.2 Análisis de la red telemática de Juliaca

3.4.2.1 Estación meteorológica

Para el caso de la red de Juliaca, se observa la necesidad de poder establecer sistemas que permitan el trabajo es una altitud elevada (3825 msnm) y que permitan la garantía de poder enviar los datos pese a que estos pueden sufrir cambios intempestivos.

Así pues, cada estación forma un conjunto de aplicaciones en el cual se está considerando la obtención de datos a través de los sensores de viento, presión, temperatura, humedad relativa y precipitación. Asimismo, se incluye un sistema de transmisión que incluye un radio modem UHF con antena, una línea fija de modem DXL421, una estación de automatización básica, con su fuente de alimentación y luz de obstrucción.

El prototipo señalado tendrá una ubicación a lo largo de la pista (específicamente en las cabeceras de la pista de aterrizaje), situados

por recomendación de OACI a más de noventa metros del eje de la pista.

El envío de la información se dará a través de un radio enlace que empalmará con la línea que sale de cada modem de línea fija y llegará a una caja de control que incluirá dos antenas UHF, los dos receptores del radio modem también en UHF, el empalme de la línea DXL421 y su fuente de alimentación. A su vez esto derivará a las estaciones de trabajo, las cuales estarán principalmente gestionadas por la torre de control (TWR).

3.4.2.2 Estaciones de trabajo

Como se ha indicado en las etapas previas, primero se garantizará la recepción de la data en la torre de control (TWR) y luego se diseminará hacia las otras estaciones de trabajo.

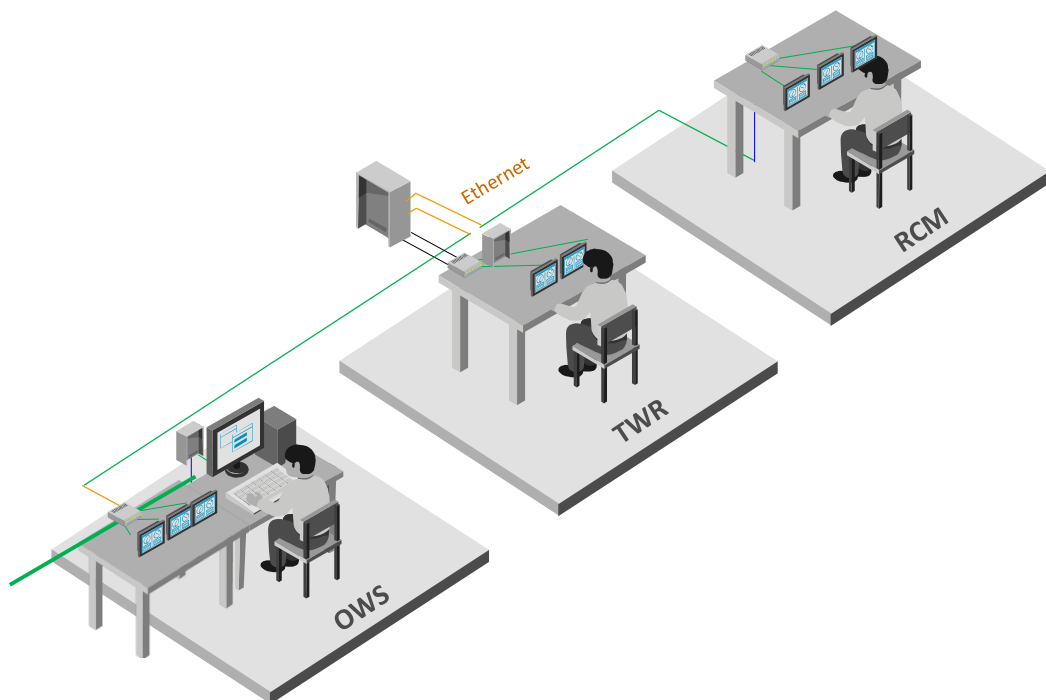


Figura 23. Entrada Ethernet TWR - Juliaca

Esta figura muestra la topología de la entrada de tipo Ethernet en el aeropuerto de Juliaca destacando las tres centrales de monitoreo gestionada por la TWR. En la torre de control,

la conectividad se desarrollará por medio de una línea LAN Ethernet que permitirá el acceso a tres sub etapas:

- La torre de control propiamente dicha (TWR), que vinculará los resultados hacia la interacción propia de operadores y tripulación, que también comunica a los ordenadores a través de un conmutador.
- La sala técnica, que se encargará de la observación y detección de anomalías en la data y que será el núcleo principal de la estación de trabajo del observador (OWS), el cual incluye una interfaz TCP/IP para un sistema de gestión de red y que comunica a los ordenadores por medio de un conmutador.
- La estación de mantenimiento (RCM), quien actúa como observador, analizando las variaciones de los parámetros meteorológicos, generan los reportes periódicos y lo envían a la torre de control. Además, constata el tiempo para poder corroborar las mediciones realizadas por los sensores electrónicos.

3.4.3 Análisis de la red telemática de Lima

3.4.3.1 Estación meteorológica

En el caso de la estación en Lima, el prototipo señalado tendrá una ubicación a lo largo de la pista (específicamente en las cabeceras de la pista de aterrizaje), situados por recomendación de OACI a más de noventa metros del eje de la pista.

El envío de la información se dará a través de un radio enlace de características similares al de Juliaca, pero con la ventaja que, quien monitorea el aeropuerto, está habilitado para encontrar algún error por problemas de conectividad, mediante comandos que le permiten realizar el monitoreo de forma manual y estando en el lugar. Ello implica que va a poder realizar el monitoreo y la interconexión de varias estaciones de trabajo con el fin de dar solución inmediata y poder realizar el control de los parámetros necesarios para la ejecución de procesos en la pista de aterrizaje.

3.4.3.2 Estaciones de trabajo

Al igual que en Juliaca, primero se garantizará la recepción de la data en la torre de control (TWR) y luego se diseminará hacia las otras estaciones de trabajo.

En la torre de control, la conectividad se desarrollará por medio de una línea LAN Ethernet que permitirá el acceso a cinco sub etapas:

- La sala técnica, que se encargará de la observación y detección de anomalías en la data y que será el núcleo principal de la estación de trabajo del observador (OWS), el cual incluye una interfaz TCP/IP para un sistema de gestión de red y que comunica a los ordenadores por medio de un conmutador.
- La torre de control (TWR) propiamente dicha, que vinculará los resultados hacia la interacción propia de operadores y tripulación, que también comunica a los ordenadores a través de un conmutador.
- La estación de pronóstico (FWS), que en este caso recepcionará la data con miras a ser analizada, almacenando los datos de un determinado periodo para su posterior verificación a través de cálculos de estabilidad y garantizando el correcto funcionamiento del sistema en función al clima en ese periodo. Asimismo, generan data donde se recogen muestras en un periodo de 24 horas.
- La estación de mantenimiento (RCM), quien actúa como observador, analizando las variaciones de los parámetros meteorológicos, generan los reportes periódicos y lo envían a la torre de control. Además, constata el tiempo para poder corroborar las mediciones realizadas por los sensores electrónicos.
- La estación de trabajo de controladores de tráfico aéreo (WV), brinda seguridad a las aeronaves, tanto a las que están en vuelo como a aquellas en las inmediaciones del aeropuerto,

mediante el control de todas las rutas aéreas, manteniendo así, una constante fluidez en el tránsito de las mismas. Para este servicio se utiliza la conexión mediante un sistema radar que permite captar a las aeronaves en varias millas a la redonda, facilitando notablemente el tráfico aéreo y brindando la mayor seguridad en sus operaciones.

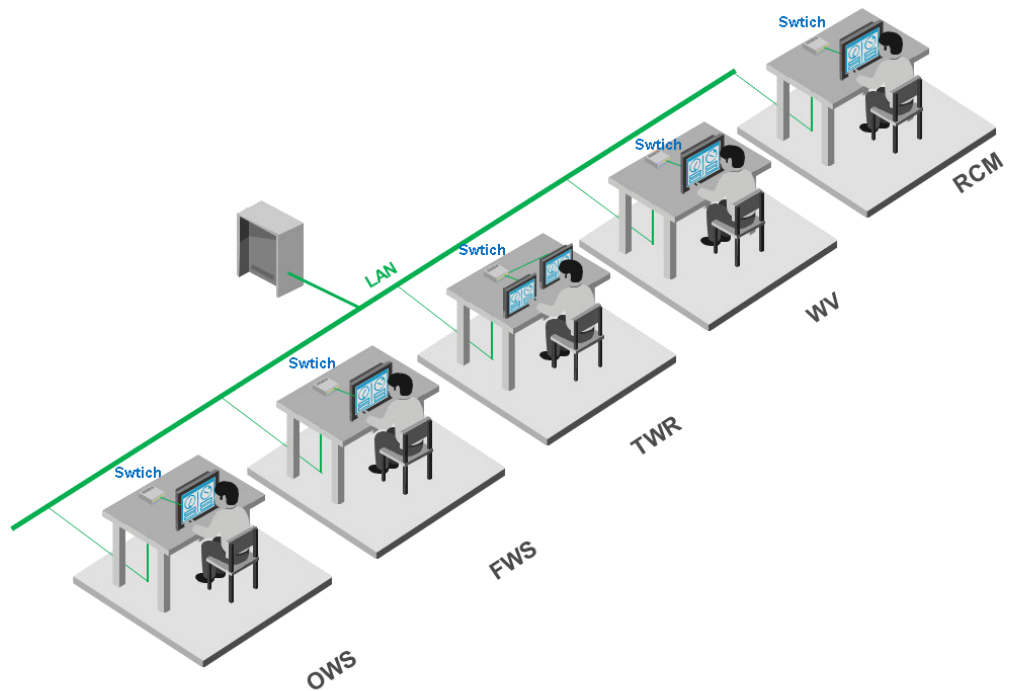


Figura 24. Esquema de conectividad en Lima (red LAN)

Este esquema se plantea el esquema de conectividad en el aeropuerto de Lima, donde se focaliza la actividad de la gestión en la etapa TWR que centraliza el monitoreo y el flujo de la información provista desde las diversas torres de control y sistemas ubicados en la pista de aterrizaje.

3.5 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 5: Generar un mecanismo que garantice la funcionabilidad del sistema desarrollado

3.5.1 Prototipo

Luego de haber definido la red telemática y garantizar uso en tiempo real, se busca presentar un módulo que permita recopilar los datos que entran y salen desde las estaciones de control y los diversos puntos de recopilación de datos mencionados en los capítulos anteriores, que los valide en función a los parámetros adecuados dados por la OACI.

3.5.1.1 Códigos con las fórmulas a utilizar

Las fórmulas utilizadas en este código fuente son tomadas de los siguientes documentos:

- Manual de la Atmósfera tipo de la OACI (Doc 7488)
- Manual de AWOS en Aeródromos (Doc 9837)

3.5.2 Análisis del software a utilizar

Luego de haber realizado el análisis de las redes telemáticas en los dos lugares donde se ubican las estaciones meteorológicas de la investigación y, entendiendo la importancia de que el diseño pueda trascender hacia otros aeropuertos de nuestro país, es necesario desarrollar la implementación de una solución que conlleve a controlar los parámetros que se necesitan en los procesos asociados a la aeronáutica civil, para que pueda ser complementado posteriormente para su mejora y poder convertirse en una solución a nivel macro.

Este diseño debe poder abarcar la utilización de sistemas inteligentes que puedan ser compatibles con la gran variedad de instrumentos de medición en campo que han sido mencionados en los capítulos anteriores de esta investigación, y con los software que se utilizan en el monitoreo y control de los parámetros necesarios para garantizar los procesos adecuados a nivel de la aviación, con miras de mejorar la seguridad, el monitoreo en tiempo real, la verificación de la data y la toma de decisiones correctas.

Este software de terminal remoto, si bien busca corregir las falencias actuales asociadas con la poca confiabilidad en el monitoreo de los parámetros a nivel automatizado que se corrige en el campo con la intervención del personal de CORPAC, mejorando la interfaz de toma de datos de los equipos de medición y generando mejores indicadores para la autocorrección o la identificación de errores, también tiene como objetivo a mediano plazo, poder servir de base a otro sistema que permita la automatización completa de esos procesos y que puedan ser instalados exitosamente en los diversos aeropuertos del país, con sus particularidades y características.

Ello permitirá modificar ciertos procedimientos que se llevan a cabo en la actualidad y que permitirán extender el tiempo de vida de los dispositivos de medición asociándose a un equipo de tecnología más avanzada.

3.5.2.1 Requerimientos

Para la puesta en marcha de este software será necesario que la central de monitoreo cumpla con lo siguiente:

- Procesador de 2 GHz o más
- CPU de 4-núcleos o más
- Memoria RAM de 16GB o más (de preferencia que posea mapa SIG mejorado)
- Espacio en disco duro de 1 TB o más (de preferencia con mapa SIG estándar)
- Sistema operativo Microsoft Windows actualizado o Linux CentOS
- Puerto Ethernet 100/1000 MB
- Otras características:
 - Puerto USB, teclado, mouse
 - Navegadores web:

- Microsoft Internet Explorer 9 o posterior
- Mozilla Firefox v.25 o posterior
- Google Chrome v. 31 o posterior
- Resolución de monitor 1366 x 768 HD o más

3.5.2.2 Diseño del software

Se presenta a continuación el diagrama de flujo del software para la recopilación de información, así como los subprocesos que se logran identificar en la secuencia de recopilación:

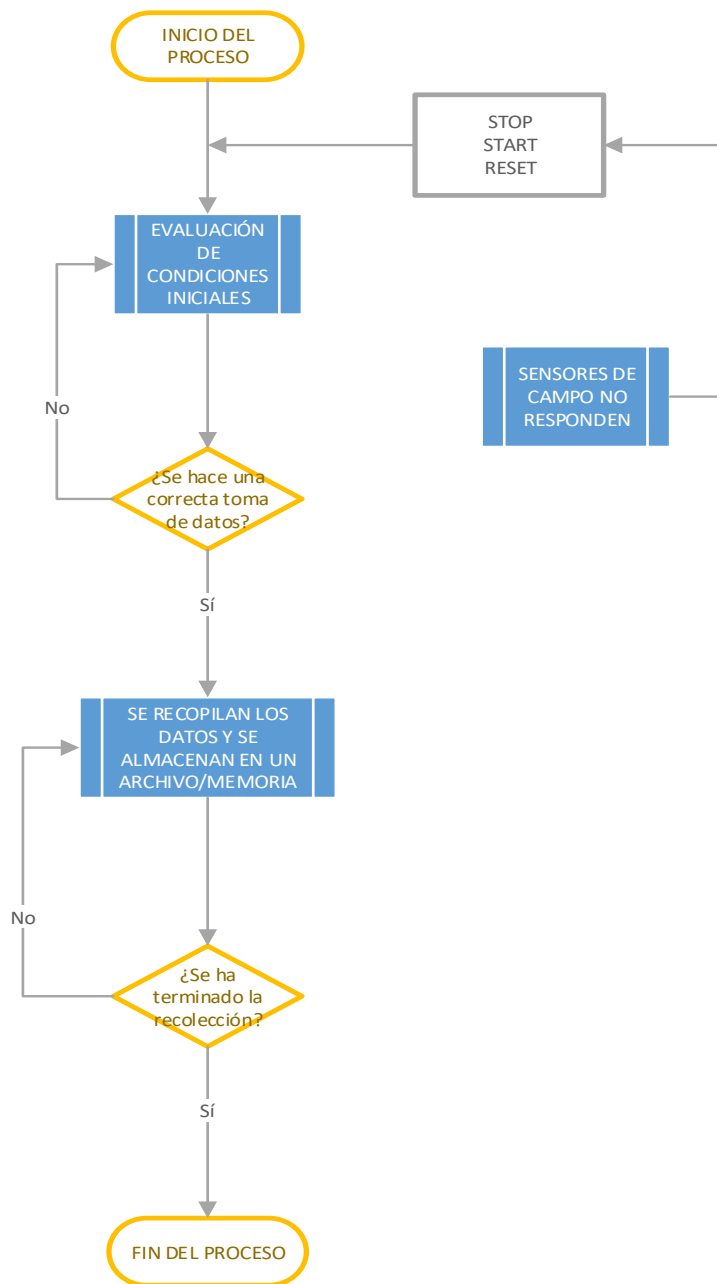


Figura 25. Diagrama de flujo del software de monitoreo

Esta figura muestra el diagrama de flujo de las etapas múltiples del software de monitoreo desde las etapas de recolección de la data y el procesamiento de la misma.

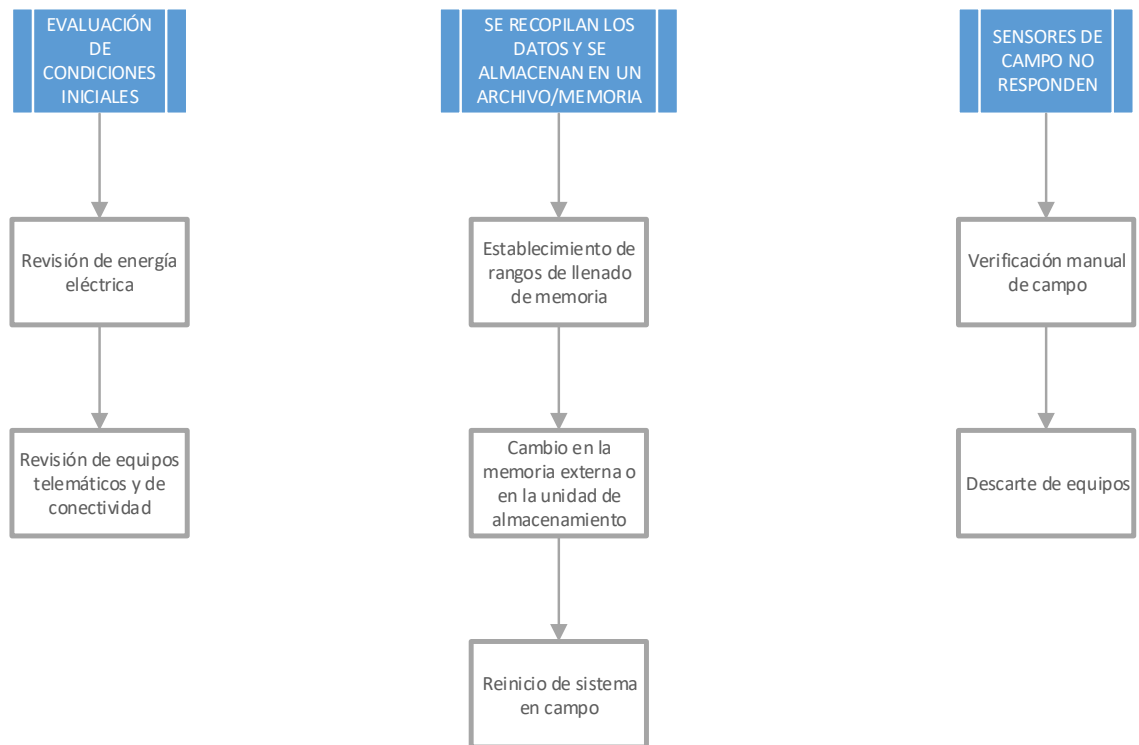


Figura 26. Diagramas de flujo parciales de los subprocesos identificados

Estos diagramas de flujo, muestran los subprocesos que permiten la eficacia del monitoreo y la gestión de la red de comunicación entre los nodos de censado y de procesamiento.

3.5.2.3 Verificación

- Parámetros de confiabilidad

La confiabilidad se define como la capacidad de un componente, equipo o sistema, de no descomponerse o fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas.

El funcionamiento de un componente, equipo o sistema es confiable si cada vez que el mismo es exigido durante su vida útil, responde satisfactoriamente. En un sistema complejo la confiabilidad del mismo depende de la confiabilidad de cada uno de sus componentes y existe una relación matemática bien definida entre la confiabilidad de las partes, componentes y la del sistema total.

Todo elemento, equipo o sistema bien diseñado, bien fabricado y bien mantenido no deberá acusar fallas durante el período de vida

útil previsto; pero la experiencia demuestra que, aun cumpliendo con los presupuestos anteriores, eventualmente se producen fallas.

El parámetro de la confiabilidad presenta una relación directa con los procesos de investigación operativa, asociados a que se genere una contingencia o falla dentro de un lapso de tiempo, establecido por quien realiza el monitoreo, y que permanece con las características similares de condiciones ambientales. A los efectos de su aplicación, la confiabilidad distingue tres tipos de fallas que ocurren en forma arbitraria y que son ajenas al personal encargado de la operación:

- Fallas iniciales: Se llaman así porque ocurren en la fase inicial de la vida operativa y generalmente se deben a deficiencias en el proceso de fabricación, instalación o control de calidad. Se corrigen durante las pruebas iniciales y su influencia, desde el punto de vista operativo, es prácticamente insignificante.
- Fallas aleatorias (vida útil): Son debidas al azar y por lo tanto independientes de las fallas iniciales y del adecuado mantenimiento. Este tipo de fallas es imposible de predecir con exactitud, pero, en general, tienden a cumplir con ciertas reglas pertenecientes a los grandes números que hacen que la frecuencia de su ocurrencia durante un período de tiempo suficientemente largo resulte prácticamente constante. No resulta fácil eliminar las fallas aleatorias, pero existen métodos que permiten reducirlas.

- Parámetros de disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de que un sistema se encuentre operando en óptimas condiciones en un instante de tiempo y bajo condiciones de trabajo normales. En el caso del rubro a que se aboca esta investigación, se tienen ciertas características y requisitos que se indican a continuación:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{1}{1 + \beta}$$

Donde:

$$\beta = \frac{MTTR}{MTBF} = \frac{\tau}{m}$$

Además:

MTBF: Tiempo medio entre fallas (tiempo favorable)

MTTR: Tiempo medio entre reparación (tiempo desfavorable)

D: Razón entre el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio total

Este parámetro genera una característica relacionada con el mantenimiento y cuánto puede rendir el sistema con sus implicancias en función de las consecuencias que éstas podrían acarrear. Esta depende de la confiabilidad y de la mantenibilidad (razón de tiempo estadístico para poder retomar la secuencia del servicio, dentro de un intervalo de tiempo donde haya existido una interrupción o el sistema presente una imperfección u obstrucción en el paso de la data).

Como en el diseño de todo sistema existe siempre una relación económica óptima entre los dos factores, no es cuestión de aumentar exageradamente la confiabilidad si ello no mejora justificadamente la disponibilidad.

A continuación, el diagrama entre los valores mencionados en la ecuación anterior:

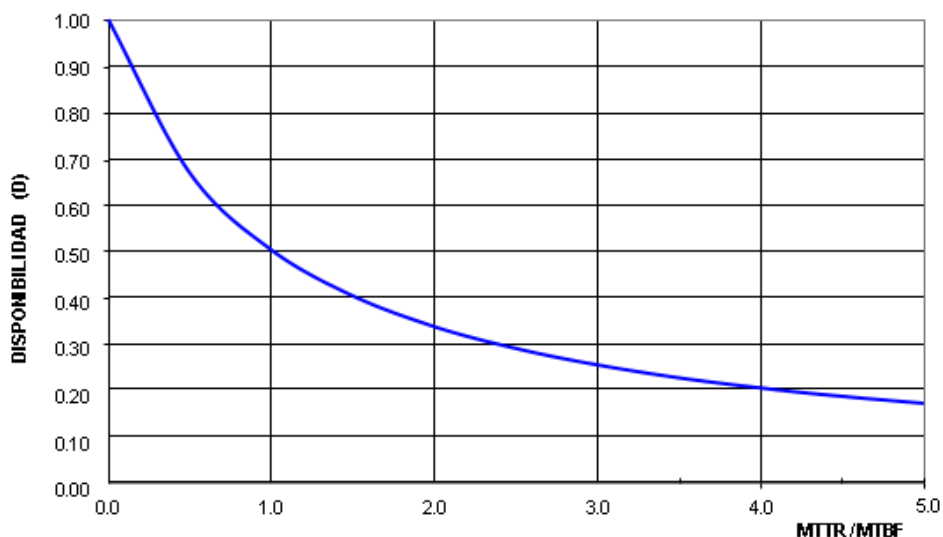


Figura 27. Disponibilidad versus el cociente de tiempos medios

En esta figura se observa la relación inversamente proporcional entre la disponibilidad del sistema y la razón MTTR/MTBF, revisada en esta investigación para garantizar el cumplimiento del objetivo específico 5.

3.5.2.4 Pruebas en software

3.5.2.4.1 Sistema de recopilación de datos

La disponibilidad nos da una idea del rendimiento del sistema en términos de mantenimiento, de organización empresarial con todas sus implicancias y consecuencias. Esta depende de la confiabilidad y de la mantenibilidad (probabilidad de restituir o volver al servicio, en un tiempo determinado, a un sistema que ha sufrido una falla o interrupción en su funcionamiento).

3.5.2.4.2 Sistema de monitoreo de red

A continuación, se mostrará parte del diagrama de bloques, que simula el código fuente, visto desde el software LabVIEW, junto con algunas pruebas de simulación hechas desde el Aeropuerto en Lima con relación a la información recopilada desde Juliaca.

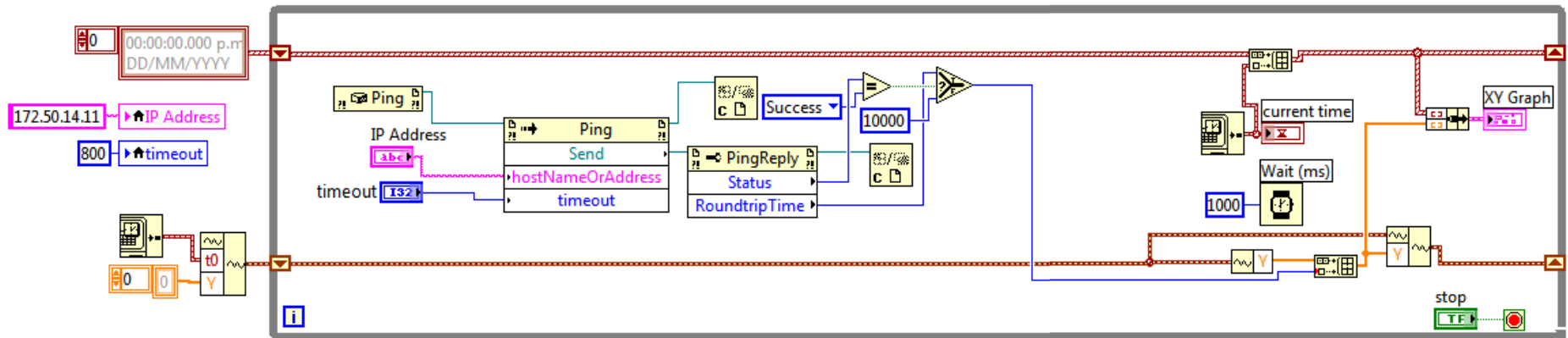


Figura 28. Código fuente del sistema de monitoreo de red

La Figura 28 muestra el código fuente del software para el monitoreo de la red, desarrollado en LabVIEW, para poder visualizar las caídas de las tramas de información proveniente de los sensores de campo, en tiempo real.

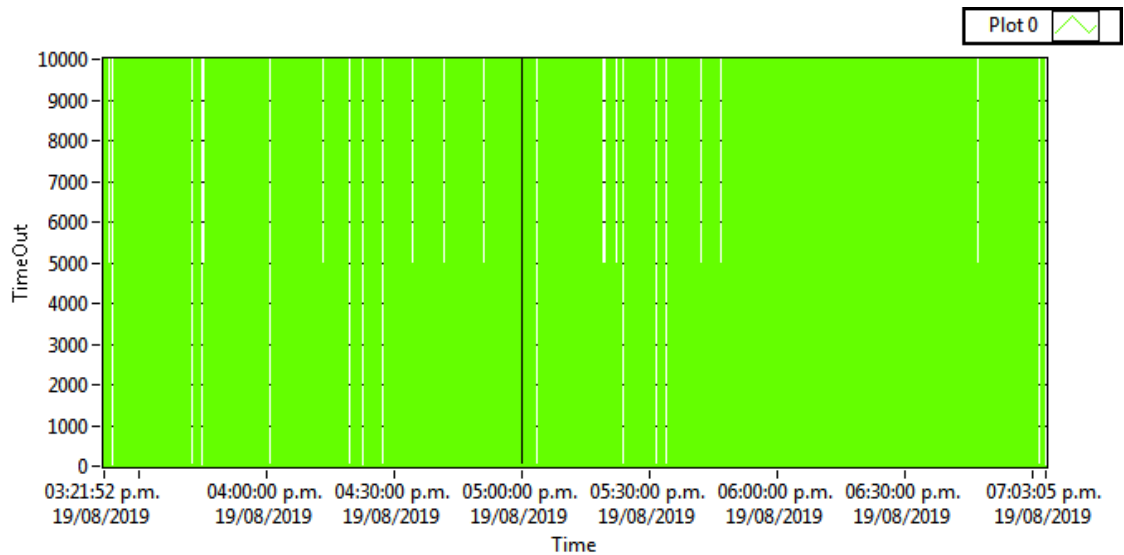


Figura 29. Primeras muestras del envío de tramas a través del software

La Figura 29 nos presenta dos mediciones de tramas realizadas entre el 19 y 21 de agosto del 2019, observándose una continuidad que se ve interrumpida de forma aleatoria en intervalos donde el flujo de información se ralentiza o detiene en función de la periodicidad de dicha interrupción, observándose en ese caso una disminución de las interrupciones en un 20%, alineando los valores en función de los que el software genera en una temporada de baja afluencia.

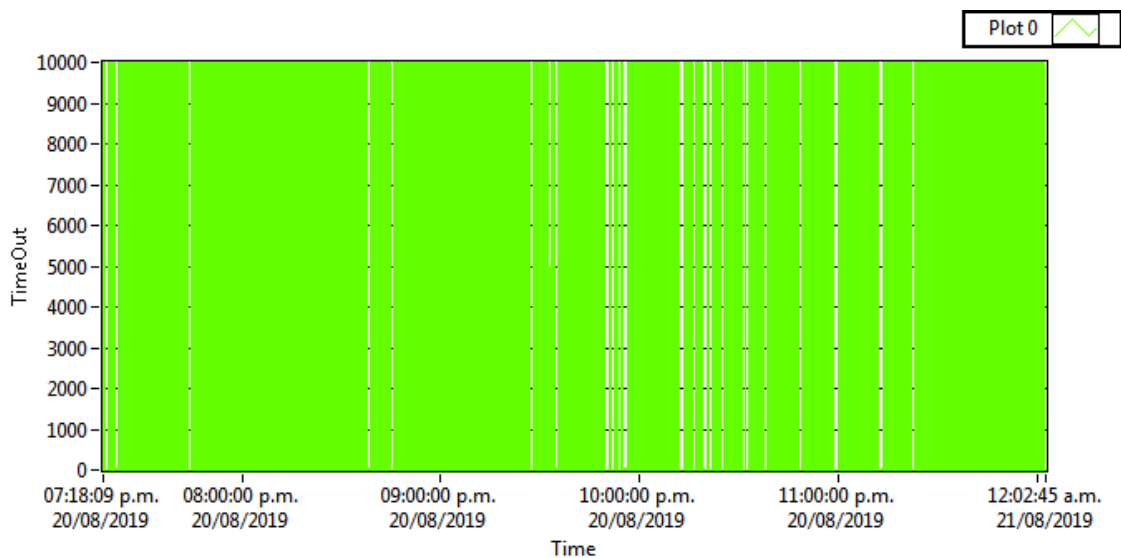


Figura 30. Segunda muestra del envío de tramas a través del software

La Figura 30 nos presenta dos mediciones de tramas realizado el 20 y 21 de agosto del 2019, observándose una continuidad que se ve interrumpida de forma aleatoria en intervalos donde el flujo de información se ralentiza o detiene en función de la periodicidad de dicha interrupción de datos transmitidos.

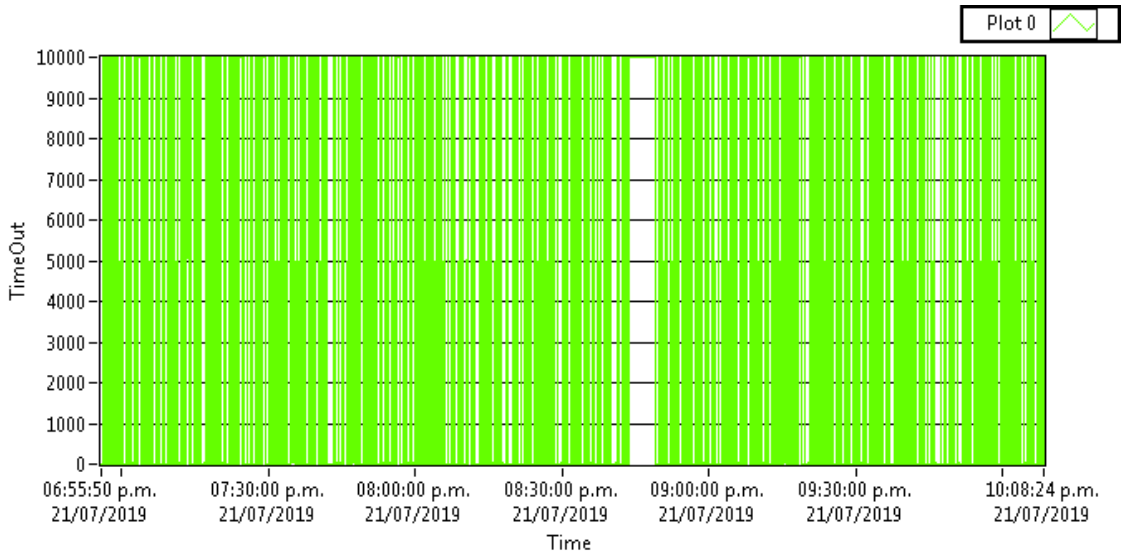


Figura 31. Comparativa del entramado con el sistema implementado

La Figura 31 nos presenta las mediciones de tramas realizado el 21 de agosto del 2019, observándose que en la primera se acentúan las interrupciones, con el sistema mejorado, la continuidad aumenta y mejora la transmisión de la data, observándose en ese caso una disminución de las interrupciones en un 50%, alineando los valores en función de los que el software genera en una temporada de mayor afluencia.

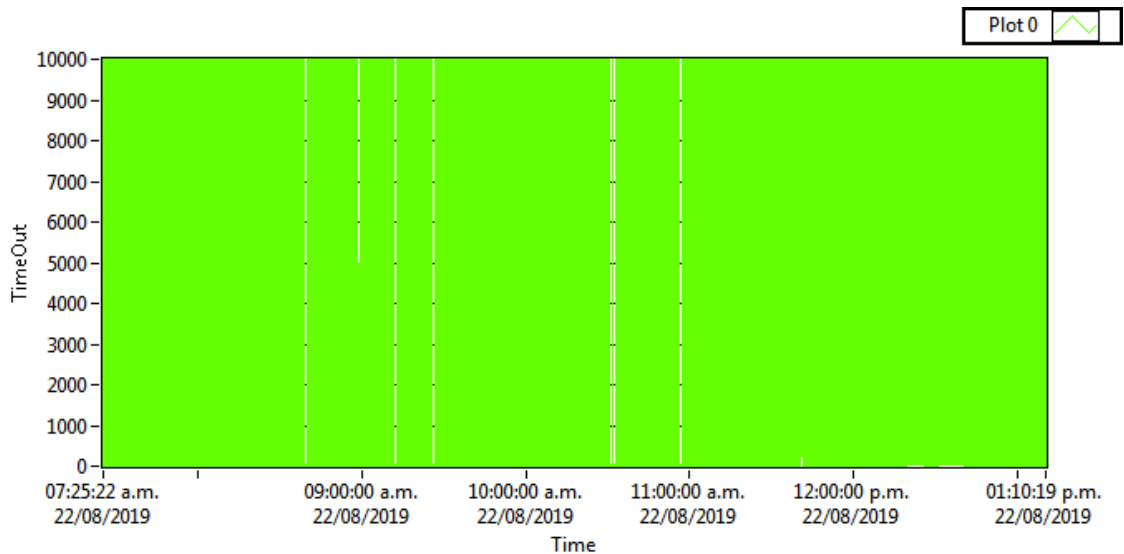


Figura 32. Comparativa del entramado con el sistema implementado

La Figura 32 nos presenta las mediciones de tramas realizado el 22 de agosto del 2019, observándose que en la primera se acentúan las interrupciones, con el sistema mejorado, la continuidad aumenta y mejora la transmisión de la data.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

Tabla 7. Recursos humanos necesarios para el sistema

Actividad	Costo	Monto (S/.)
Visita técnica a la zona, para realizar las pruebas	1500	1500.00
Programador de LabVIEW y licencias	1500	1500.00
Desarrollador de interfaz de monitoreo	500	500.00
TOTAL		3500.00

Fuente: Elaboración propia

Los valores considerados, se han establecido en función al desarrollo de la puesta en marcha del proyecto, pero se asumen los costos pasivos que ya dependen directamente de CORPAC por las comisiones pagadas por la empresa. Debido a que esta solución permite integrar al aeropuerto de Juliaca, con miras a poder expandirse, se considera únicamente los servicios que la empresa no provee.

4.1.2. Recursos materiales

En los recursos materiales se va a tener que contemplar los tipos de costos de materiales y también de implementación para poder obtener el costo total.

A: Costo de materiales

Tabla 8. Costos de sensores

Equipos	P. Unitario	Precio Total
Sensor de presión	70.00	S/ 70.00
Sensor de temperatura y humedad relativa	100.00	S/ 100.00
Sensor de precipitaciones	170.00	S/ 170.00
Sensor de velocidad y dirección del viento	70.00	S/ 70.00
		S/ 410.00

Fuente: Elaboración propia.

Los valores considerados, se han establecido en función al desarrollo de la puesta en marcha del proyecto, pero se asumen los costos pasivos.

B: Costos de implementación

Tabla 9. Costo de montaje

Actividad	Costo unitario
Montaje de los sensores	S/ 100.00
TOTAL	S/ 100.00

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestra el costo de mano de obra para armar todo el sistema.

Tabla 10. Costo de inversión inicial

Descripción	Costos
Costos de sensores	S/ 410.00
Costo de montaje	S/ 100.00
Costo recursos humanos	S/ 3500.00
Costo total (S/.)	S/ 4010.00

En esta tabla se muestra el costo e inversión inicial para armar el sistema.

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

Este proyecto está enfocado en ayudar a poder obtener valores medibles y fidedignos de los principales parámetros meteorológicos en el aeropuerto, debido a ello y a la búsqueda del autofinanciamiento, se cobrará una utilidad de 20% del costo total de implementación.

Tabla 11. Ingresos por venta del equipo

Descripción	Costos
Precio total (S/.)	S/ 4010.00
Utilidad 20%	S/ 802.00
Precio total + Utilidad 20%	S/ 4812.00

En la tabla 11 se muestra el precio total e utilidad para el sistema.

4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio

Si se compara con otros equipos que ofrecen características similares a las del proyecto, y entendiendo que, a nivel comercial, se basan en dispositivos que necesitan de redes de alta conectividad, las cuales incrementarían el valor de esas soluciones, generando el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{S/1000}{S/802} = 1.25$$

Se tiene un resultado de 1.25, eso quiere decir que el proyecto que se está implementado es viable debido a que es más económico que equipos de similar uso.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo del flujo de caja

Vamos a ver el flujo de caja si se quiere implementar el proyecto, con un estimado de 8 meses.

Tabla 12. Flujo de caja

Mes	N° reportes	Ingreso	Egreso	Flujo de efectivo neto
		A	B	A - B
1	1	1000	802	198
2	2	2000	1604	396
3	3	3000	2406	594
4	4	4000	3208	792
5	6	6000	4812	1188
6	8	8000	6416	1584
7	10	10000	8020	1980
8	12	12000	9624	2376
TOTAL		46000	36892	

En esta tabla se muestra el proyecto a implementar con un estimado de 8 meses.

4.3.2. Análisis del VAN

Vamos a calcular el VAN (Valor Actual Neto) para este proyecto. Para ello se utilizará los datos del flujo de efectivo neto.

Datos:

Tasa de interés (i) = 10%

t = 8 meses

Inversión inicial (I_0)= S/ 4010

La fórmula del VAN es:

$$VAN = I_0 \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^n}$$

$$VAN = S/ 5250.76$$

4.3.3. Análisis del TIR

Para calcular el TIR (Tasa Interna de Retorno) se utilizará los datos del VAN.

Formula del VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Como vemos lo que tenemos que buscar es la tasa de interés que hace que el VAN sea cero.

Formula del TIR:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$$

Resultado $TIR = 0.57$

$TIR = 57 \%$

CONCLUSIONES

La estructura del sistema de comunicación existente entre los aeropuertos de Lima y Juliaca, presentan serias dificultades en el aspecto de la transmisión de la data en tiempo real, lo cual es un serio indicador que podría generar alguna contingencia en los procedimientos de aterrizaje y despegue y que tienden a la dependencia de recurso humano para dar la conformidad en la lectura de parámetros pudiendo estos ser automatizados o, como se pretende corroborar en esta tesis, de un monitoreo a través de un software y utilizando la misma red telemática que CORPAC brinda. Estos procesos auxiliares en la navegación aérea requieren cada día de dispositivos y equipos que hagan de la operación de vuelo, una acción segura y es por esto que, desde inicios del siglo pasado, el hombre se ha empeñado en fabricar equipos de monitoreo, control y simulación d estos procesos.

Definitivamente, son muchos los parámetros que podrían incluirse en el prototipo debido al sinnúmero de procesos que se pretenden observar y agilizar a través de una central de monitoreo o torre de control; es por ello, y viendo la principal necesidad entre los aeropuertos mencionados, que se establecieron los parámetros de humedad y temperatura, de velocidad y dirección de viento, de presión atmosférica, y de precipitaciones; a partir de estas mediciones se pueden establecer mecanismos de optimización del monitoreo en la pista y en la torre para brindar información más ajustada a la real y compartirse a nivel de la red aeronáutica en base a lo que indica la OACI, como ente rector a nivel mundial.

En función a las redes de comunicación ya existentes en los aeropuertos del país, establecidas y normadas por CORPAC, se ha buscado un mecanismo que permita mejorar la rapidez de flujo de la data censada a través de los parámetros mencionados en el párrafo anterior, observando que las mediciones de los tres primeros se realizarán a través de la red existente, y el sensor de precipitaciones se acoplará a través de un sistema de pulsaciones.

Se establecerá la aplicación de una plataforma que permita el flujo de los datos, que generen una baja latencia, una lectura de los parámetros a través de un

software basado en LabView donde se ha establecido el sistema de monitoreo de la red, y que está conectada a la red que actualmente utiliza CORPAC a través de una interfaz de visualización y control de errores.

Asimismo, el sistema arroja como pruebas valores de disminución de interrupciones entre 20% y 50% respecto del sistema sin la optimización propuesta, este rango se visualiza en comparativa entre momentos donde hay baja afluencia y donde el sistema requiere una mayor conectividad y flujo de información. Con ello se alcanzan los estándares que la OACI propone dentro de sus estadísticas.

Se ha determinados también las características principales en relación a la disponibilidad, fiabilidad y verificación para poder garantizar la fiabilidad del sistema realizado.

RECOMENDACIONES

La aplicación de este sistema es un punto de partida para poder optimizar las características de conectividad entre los aeropuertos de Lima (en calidad de aeropuerto principal del país) y otros aeropuertos ubicados a lo largo del país en función a mejorar los procesos de obtención y transmisión de datos, y que éstos puedan ser compartidos en el momento y con una adecuada efectividad.

Es necesario poder establecer elementos complementarios a las normativas ya existentes planteadas en la DGAC (como sección especializada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones); cuidando siempre mantener los estándares de calidad impartidos a nivel mundial por la OACI y por la OMM.

El sistema desarrollado pretende establecer elementos de escalabilidad y adaptabilidad en el Área de Meteorología para poder mejorar y plantear soluciones de usos y de apoyo a la medición en otras ciudades de país, que evidencian una problemática semejante a la observada en Juliaca.

En la investigación, se observa que el motivo de las falencias es la alimentación de energía que tienen estos prototipos (paneles solares, redes eléctricas); y ello ha permitido poder plantear una solución de mejora a través del software de simulación para corregir o rectificar las diversas fallas a nivel de flujo de energía y que conllevan al retraso de la transmisión de la data en los procesos aeronáuticos.

GLOSARIO

- OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
- OMM: Organización Meteorológica Mundial, organización mundial para crear redes estacionarias que efectúen observaciones meteorológicas u otras observaciones geofísicas, instalaciones de telecomunicaciones y centro de proceso de datos y de previsión explotados con el fin de ofrecer servicios eficaces e todos los países.
- LEY 27261: La Aeronáutica Civil se rige por la Constitución Política del Perú, por los instrumentos internacionales vigentes, por la presente Ley, sus reglamentos y anexos técnicos, las Regulaciones Aeronáuticas del Perú y demás normas complementarias.
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones órgano del poder ejecutivo, responsable del desarrollo de los sistemas de transporte, infraestructura y de las Comunicaciones y Telecomunicaciones del País.
- DGAC: Dirección General de Aeronáutica Civil se encarga de fomentar, regular y administrar el desarrollo de las actividades del transporte aéreo así la navegación aérea civil dentro de nuestro territorio.
- ATSEP: Air Traffic Safety Electronic Personnel.
- CNS: Comunicación, Navegación y Vigilancia.
- ATM: Air Traffic Management (Gestión del Tráfico Aéreo).
- RAP: Regulaciones Aeronáuticas del Perú.
- WIND: Viento.
- UTC: Tiempo Universal Coordinado
- MET: Meteorología o Meteorológico.

REFERENCIAS

- Bustamante, L. A., Páez M., A., Espitia B. J., y Cárdenas C., E. (2019). *Análisis de datos meteorológicos para identificar y definir el clima en Yopal, Casanare* . Recuperado el 05/08/2019 de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n25/n25a08.pdf>
- Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial. (2019). *CORPAC S.A. - Servicios Aeroportuarios*. Recuperado de <http://www.corpac.gob.pe/Main.asp?T=3786>
- Dirección General de Aeronáutica Civil del Perú. (2018). *Vigilancia y Seguimiento de Discrepancias de los Servicios de Navegación Aérea*. Recuperado de http://portal.mtc.gob.pe/transportes/aeronautica_civil/doc_informativos/documentos/mina/rev_01/Apendice%201%20Procedimientos/ver_incluy_fijos/P-DNA-NAV-003.pdf
- Farhad, M. y Nazzal, A. (2017). *A Low Cost Automated Weather Station for Real Time Local Measurements*. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, (7), 1615-1618.
- Ferrer Sanabria, R. D. (2019). *Desarrollo de una estación meteorológica autónoma de bajo costo*. *Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)*. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10439/RafaelFerrer-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grishutkin, O. (2017). *The use of automatic weather stations to measure the soil temperature in the Mordovia State Nature Reserve*. *Nature Conservation Research: Zapovednaâ Nauka*, (2), 80-87.
- International Civil Aviation Organization. (1993). *Uniting Aviation: a United Nations Specialized Agency*. Recuperado de http://www.aviationchief.com/uploads/9/2/0/9/92098238/icao_doc_7488_-_manual_of_icao_standard_atmosphere_-_3rd_edition_-_1994.pdf

- Jaiyeola, A. (2017). *The management and treatment of airport rainwater in a water-scarce environment*. International Journal of Environmental Science & Technology (IJEST), 14(2), 421-434.
- Kathiravelu, G., y Lucke, T. (2016). *Rain Drop Measurement Techniques: A Review*. Water, 8(1), 29-30.
- Llamocca Huamaní, J. (2019). *Variabilidad de las condiciones climáticas y meteorológicas en la zona arqueológica Caral-Supe*. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4076/Llamocca_hj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2019). *RAP 303 - Servicio Meteorológico para la navegación aérea*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4185.pdf
- Montalvo Lezama, B. (2019). *Prototipo Didáctico de una Estación Meteorológica Monitoreada a Distancia*. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/13084>
- Mukaro, R., y Carelse, X. (1999). *A microcontroller-based data acquisition system for solar radiation and environmental monitoring*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1232-1238.
- Onacak, T., & Yurur, M. (2007). *A New High Precision Pluviometer System*. Instrumentation Science & Technology, 35(5), 551-561.
- Pimentel-Manrique, L., & Lara-Herrera, J. (2019). *Remote monitoring system for measurement of meteorological parameters at Juliaca airport*. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8853627>
- Piñeres-Espitia, G. (2013). *Plataformas tecnológicas aplicadas al monitoreo climático*. Prospectiva, 11(2), 78-87.
- Piñeres-Espitia, G. (2017). *Design of a low cost weather station for detecting environmental changes*. Espacios, 38(59), 1-17.
- Ponechal, R., & Staffenova, D. (2017). *Comparison of Meteorological Climate Data Sets from Greater Zilina and their Influence on Temperatures within the Experimental Wall*. Applied Mechanics & Materials, (861), 327-334.

- Quijano Vargas, J. J. (2019). *Estudio numérico y observacional de la dinámica de viento Paracas, asociado al transporte eólico hacia el océano frente a la costa de Ica - Perú*. Recuperado de <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/958>
- Sistema Peruano de Información Jurídica. (2017). *Ley 27261 - Ley de Aeronáutica Civil del Perú*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_8.pdf
- Suárez, J. C. y Suarez, M. J. (2018). *Monitoreo de variables ambientales en invernaderos usando tecnología Zigbee*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42014>
- Tacuri, E. E. y Villegas, D. M. (2017). *Diseño e implementación de un prototipo de una Estación Meteorológica remota con transmisión de datos vía SMS y publicación en la página WEB del Observatorio Astronómico de Quito*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4240>
- Velasco Martínez, V. D. (2015). Desarrollo y validación de una estación meteorológica automatizada de bajo costo dirigida a agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1253-1264. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000600009&lng=es&tlng=es