

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA COMPROBAR  
LA SINTAXIS DEL PRONÓSTICO TAF DEL AEROPUERTO  
INTERNACIONAL ALEJANDRO VELASCO ASTETE  
DEL CUSCO - PERÚ”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

**INGENIERO METEORÓLOGO**

**JULIO ANDRÉ ROJAS RÍOS**

Lima – Perú

**2023**

---

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	TSP_ANDRÉ ROJAS RÍOS_FINAL.docx
<b>Submitted</b>	(D158679360) 2023-02-15 11:28:00
<b>Submitted by</b>	Weidi Flores Villanueva
<b>Submitter email</b>	wflores@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	wflores.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

### Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS

“DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA COMPROBAR LA SINTAXIS DEL PRONÓSTICO TAF DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL ALEJANDRO VELASCO ASTETE DEL CUSCO - PERÚ” TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO METEORÓLOGO

JULIO ANDRÉ ROJAS RÍOS

LIMA – PERÚ 2022 TÍTULO “DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA COMPROBAR LA SINTAXIS DEL PRONÓSTICO TAF DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL ALEJANDRO VELASCO ASTETE DEL CUSCO - PERÚ” DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi madre, Lourdes Ríos, que siempre me ha apoyado en los momentos más complicados.

AGRADECIMIENTO Agradecimientos: A la profesora Victoria Calle, por su gran paciencia, conocimientos y apoyo en la elaboración y culminación de esta monografía. Al profesor Weidi Flores por su apoyo, asesoramiento y disposición a ayudar. Y, a los miembros del jurado por sus aportes en la revisión de esta monografía.

ÍNDICE I. INTRODUCCIÓN 1 1.1. Problemática 1 1.2. Objetivos 2 1.2.1. Objetivo general 2 1.2.2. Objetivos específicos 2 II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 3 2.1.

ANEXO 3 3 2.2. RAP 303 3 2.2.1. Informes de observaciones meteorológicas (METAR y SPECI) 4 2.3. Oficina

Meteorológica de Aeródromo 4 2.3.1. Pronóstico de aterrizaje 4 2.3.2. Pronóstico de despegue 4 2.3.3. Aviso de

cizalladura 5 2.3.4. Aviso de aeródromo 5 2.4. Pronósticos del tiempo 5 2.5. Pronóstico de aeródromo (TAF) 5 2.6. Grupos

de cambio 8 2.7. Python 9 III. DESARROLLO DEL TRABAJO 10 3.1. Delimitación temporal y espacial 10 3.2. Datos 13 3.3.

Metodología 14 3.3.1. Diseño de la estructura del programa 14 3.3.2. Comprobación de sintaxis 18 3.3.3. Cuantificación del porcentaje de TAF con errores de sintaxis mediante el programa 19 3.4. Funcionamiento y aplicación del programa 20

3.4.1. Funcionamiento del programa 20 3.4.2. Aplicación del programa 21 3.5. Experiencia y aportes profesionales 21 3.5.1.

Contribución 22 3.5.2. Análisis de la contribución 22 3.5.3. Beneficios obtenidos por la institución 23 IV. RESULTADOS Y

DISCUSIÓN 24 V. CONCLUSIONES 26 VI. RECOMENDACIONES 27 VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 28

ÍNDICE DE TABLAS Tabla. Horas de emisión del TAF con sus respectivos periodos de validez 8

ÍNDICE DE FIGURAS Figura 1. Estructura resumida del TAF 7 Figura 2. Ejemplo de un TAF con estructura resumida. 7

Figura 3. Ejemplo de un TAF corregido debido a un error en sintaxis 8 Figura 4. Ubicación del departamento del Cusco

dentro del mapa del Perú 10 Figura 5. Distritos del departamento del Cusco y sus límites fronterizos de éste. 12 Figura 6.

Aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete 13 Figura 7. Ejemplo de un TAF perteneciente al primer grupo de

datos. 14 Figura 8. Estructura interna del Programa diseñado 15 Figura 9. Ejemplo de la estructura de un TAF aceptado

por el programa. 17 Figura 10. Diagrama de flujo de la verificación de la estructura del TAF por el programa. 18 Figura 11.

Diagrama de flujo de la comprobación de sintaxis 19 Figura 12. Diagrama de flujo del funcionamiento del programa final.

21

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA COMPROBAR  
LA SINTAXIS DEL PRONÓSTICO TAF DEL AEROPUERTO  
INTERNACIONAL ALEJANDRO VELASCO ASTETE  
DEL CUSCO - PERÚ”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO METEORÓLOGO**

Presentada por:

**JULIO ANDRÉ ROJAS RÍOS**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Mg. Sc. Victoria Doris Calle.Montes  
PRESIDENTE

---

Ing. Franklin Delio Unsihuay Tovar  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Julio Alfonso Arakaki Kiyán  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Weidi Flores Villanueva  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado a mi madre, Lourdes Ríos, que siempre me ha apoyado en los momentos más complicados.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la profesora Victoria Calle, por su gran paciencia, conocimientos y apoyo en la elaboración y culminación de esta monografía.*

*Al profesor Weidi Flores por su apoyo, asesoramiento y disposición a ayudar.*

*Y, a los miembros del jurado por sus aportes en la revisión de esta monografía.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vi
ABSTRACT .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problemática .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
2.1. ANEXO 3 .....	3
2.2. RAP 303 .....	3
2.2.1. Informes de observaciones meteorológicas (METAR y SPECI).....	4
2.3. Oficina Meteorológica de Aeródromo .....	4
2.3.1. Pronóstico de aterrizaje .....	4
2.3.2. Pronóstico de despegue .....	5
2.3.3. Aviso de cizalladura.....	5
2.3.4. Aviso de aeródromo .....	5
2.4. Pronósticos del tiempo .....	5
2.5. Pronóstico de aeródromo (TAF) .....	6
2.6. Grupos de cambio .....	8
2.7. Python .....	8
III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	9
3.1. Delimitación temporal y espacial .....	9
3.2. Datos	
3.3. Metodología.....	12
3.3.1. Diseño de la estructura del programa.....	12

3.3.2. Comprobación de sintaxis .....	16
3.3.3. Cuantificación del porcentaje de TAF con errores de sintaxis mediante el programa.....	17
3.4. Funcionamiento y aplicación del programa .....	17
3.4.1. Funcionamiento del programa .....	17
3.4.2. Aplicación del programa .....	18
3.5. Experiencia y aportes profesionales.....	19
3.5.1. Contribución .....	19
3.5.2. Análisis de la contribución .....	20
3.5.3. Beneficios obtenidos por la institución .....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
V. CONCLUSIONES .....	23
VI. RECOMENDACIONES .....	24
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
VIII. ANEXOS.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Horas de emisión del TAF con sus respectivos periodos de validez .....	7
---	---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura resumida del TAF.....	6
Figura 2. Ejemplo de un TAF con estructura resumida. ....	7
Figura 3. Ejemplo de un TAF corregido debido a un error en sintaxis .....	8
Figura 4. Ubicación del departamento del Cusco dentro del mapa del Perú .....	10
Figura 5. Distritos del departamento del Cusco y sus límites fronterizos de éste. ....	10
Figura 6. Aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete .....	11
Figura 7. Ejemplo de un TAF perteneciente al primer grupo de datos.....	12
Figura 8. Estructura interna del Programa diseñado .....	13
Figura 9. Ejemplo de la estructura de un TAF aceptado por el programa. ....	15
Figura 10. Diagrama de flujo de la verificación de la estructura del TAF por el programa.....	15
Figura 11. Diagrama de flujo de la comprobación de sintaxis .....	17
Figura 12. Diagrama de flujo del funcionamiento del programa final. ....	18

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plantilla para TAF.....	28
Anexo 2. Uso de indicadores de cambio y de hora en los TAF .....	30
Anexo 3. Intervalos de valores y resoluciones para los elementos numericos incluidos en los TAF.....	31
Anexo 4. Decodificación de la estructura resumida del TAF .....	32

## RESUMEN

La presente monografía está enfocada en el desarrollo de un programa para la comprobación de la sintaxis del pronóstico de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco - Perú, producto realizado por la Oficina Meteorológica de Aeródromo (OMA) de la empresa CORPAC S.A. En particular, cómo es que el uso de este programa beneficiará a la reducción de errores en sintaxis del pronóstico de aeródromo para el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA) de la ciudad del Cusco. Este producto, el pronóstico de aeródromo, es uno de los más importantes que elabora la OMA debido a que los explotadores aéreos utilizan dicho producto para la planificación de sus operaciones aéreas, por lo que cuando existe errores en la sintaxis del TAF los clientes quedan insatisfechos, viéndose reflejado en consultas presenciales, llamadas, correos electrónicos, etc. pidiendo la corrección del error. Para asegurar la confección de un buen pronóstico de aeródromo es necesario contar con alguna herramienta que ayude a comprobar la sintaxis de este, por lo que este trabajo pretende explicar el proceso de desarrollo de un programa para la comprobación de la sintaxis del TAF. El desarrollo computacional para la comprobación de la sintaxis está basado en el lenguaje de programación Python ya que este es un lenguaje multifuncional y orientado a objetos, características que ayudan a desarrollar de manera más sencilla el programa. Los resultados preliminares obtenidos al usar el programa fueron positivos, detectando satisfactoriamente los errores de sintaxis en el pronóstico de aeródromo. Y al tener estos resultados satisfactorios se concluye que la aplicación de herramientas computacionales dentro de la labor del pronosticador aeronáutico es beneficiosa.

**Palabras clave:** Pronostico de aeródromo, error en sintaxis, Python

## **ABSTRACT**

The present monograph is focused on the development of a program for the verification of the syntax of the aerodrome forecast (TAF) of the Alejandro Velasco Astete International airport of Cusco - Peru, product realized by the Aerodrome Meteorological Office (OMA) of the company CORPAC S.A. in particular, how it is that the use of this program will benefit the reduction of errors in syntax of the TAF for the Alejandro Velasco Astete International Airport (AIVA) of the city of Cusco. This product, the aerodrome forecast, is one of the most important produced by WCO because air operators use this product for planning their air operations, so when there are errors in the aerodrome forecast syntax customers are dissatisfied, being reflected in face-to-face queries, calls, emails, etc. asking for the correction of the error. To ensure a good aerodrome forecast, it is necessary to have some tool to help check the syntax of the aerodrome, so this work aims to explain the process of developing a program for checking the syntax of the TAF. Computational development for syntax testing will be based on the Python programming language as this is a multifunctional and object-oriented language, features that help to develop the program more easily. Preliminary results obtained using the program were positive, successfully detecting syntax errors in the aerodrome forecast. And having these satisfactory results it is concluded that the application of computational tools within the work of the aeronautical forecaster is beneficial.

**Keywords:** Terminal Aerodrome Forecast, Syntax errors and Python

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Problemática

Según la Dirección General de Aeronáutica Civil a través de la RAP 303 (2022), donde se encuentra una guía para la estructura y elementos que conforman los pronósticos de aeródromo (TAF por sus siglas en inglés), existe un procedimiento para realizar la confección del TAF y en donde la estructura mencionada anteriormente debe ser usada con fines de uniformidad entre los TAF que son emitidos a nivel nacional. Esta estructura y elementos que conforman la sintaxis del TAF cuenta con muchas variables que pueden ser olvidadas al momento de confeccionar este pronóstico incidiendo a un error en sintaxis y al existir este tipo de error es donde se genera un TAF COR el cual es un pronóstico de aeródromo el cual ha sido corregido dejando sin vigencia el anterior TAF. El error en sintaxis del TAF es considerado cualquier omisión o uso incorrecto de la estructura antes mencionada.

Los TAF son de gran importancia para la navegación aérea, ya que con estos se planifican vuelos según las condiciones meteorológicas esperadas en ciertos periodos de tiempo. Es por lo que, errores en la sintaxis del TAF puede generar incertidumbre y desconfianza en los usuarios al no tener clara la información meteorológica que brinda dicho pronóstico. Es así que al tener un programa que ayude a la comprobación de la sintaxis del pronóstico de aeródromo se estará asegurando la calidad de este producto, reduciendo la incertidumbre y desconfianza que podría generar un pronóstico con errores en sintaxis.

Muchas veces la corrección de la sintaxis del TAF se llega a realizar después de horas de haber enviado el pronóstico y en otros casos no se llega a corregir hasta la hora de envío del siguiente periodo de validez. La falta de estas correcciones es debido a que los errores de sintaxis son algunas veces complicados de detectar a simple vista, así se haya realizado una revisión exhaustiva durante la confección y/o luego de haberse emitido. Muchos de estos errores son solo de un dígito en alguna variable meteorológica, una palabra mal escrita, periodo de validez fuera de rango en los grupos de cambio o simplemente un espacio de más. Con el uso del programa se espera que esta problemática disminuya y que el pronosticador

de la Oficina Meteorológica de Aeródromo (OMA) centre su tiempo y recursos en la vigilancia atmosférica y demás funciones encargadas.

Este trabajo específicamente fue realizado para el pronóstico de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA) del Cusco (TAF SPZO) y elaborado por la OMA que reside en dicho aeropuerto, es decir, la OMA SPZO. En los TAF del AIVA no es posible usar el término CAVOK (Cloud and visibility OK) debido a su ubicación geográfica en donde los cerros que rodean la ciudad no permiten tener una visibilidad promedio de más de 6 km en las coordenadas Sur, Norte y Oeste, además que es imposible observar que tipo de nubes existe detrás de estos cerros. El término CAVOK se traduce en que la nubosidad y visibilidad son buenas, como medio para indicar que: la visibilidad es de 10 km a más; no hay nubes por debajo de los 5 000 pies (1 520 m) o por debajo de la altitud mínima del sector, si esta última es superior, y que no hay cumulonimbos; y que no exista fenómenos meteorológicos significativos que afecten a las aeronaves (OMM N° 782).

## **1.2. Objetivos**

### 1.2.1. Objetivo general

- Desarrollar un programa para la comprobación de la sintaxis del pronóstico de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco – Perú con fines de disminuir los errores en la sintaxis del TAF.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- a. Diseñar la estructura de un programa para la comprobación de la sintaxis del pronóstico de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco - Perú.
- b. Comprobar la sintaxis de los pronósticos de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco – Perú, de enero a agosto del 2022 por el programa diseñado en el objetivo específico a.
- c. Cuantificar el porcentaje de TAF con errores en sintaxis, de setiembre a la primera semana de noviembre del 2022 detectados por el programa diseñado en el objetivo específico a.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

Dentro del contexto de esta monografía uno de los conceptos más importantes y el producto en el cual está basado la aplicación del programa es el pronóstico de aeródromo, más conocido como TAF por sus siglas en inglés.

Es necesario conocer la estructura, formato y elementos del TAF, debido a que el programa se ha basado en estos. Es por lo que las tablas A 5.1, A 5.2 y A 5.4 que contiene el documento de Regulación Aeronáutica Peruana 303 (RAP 303) son necesarias, así como la estructura resumida encontrada en el documento de la OMM-N° 782 usada para la confección del TAF SPZO, estas se encuentran en los anexos de este trabajo.

### **2.1. ANEXO 3**

Este Anexo, denominado “Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional”, fue elaborado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y tiene por objetivo exponer las normas y métodos recomendados relativos a la meteorología aeronáutica con la finalidad de contribuir a la seguridad, eficiencia y regularidad de la navegación aérea.

### **2.2. RAP 303**

Las siglas hacen referencia al documento oficial emitido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) llamado Regulaciones Aeronáuticas del Perú. En donde el documento RAP 303 (enmienda 3, 2022) define y norma todo lo relacionado al servicio meteorológico para la navegación aérea, servicio que brinda CORPAC S.A. a través de las Oficinas Meteorológicas de Aeródromo. Este documento está basado y es una adaptación del Anexo 3 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) denominado Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional, en este documento tenemos de manera general las normas y recomendaciones relacionadas al servicio meteorológico brindado en la aeronáutica.

Entre los productos meteorológicos que realiza el área de meteorología se encuentran:

- Pronósticos de aeródromo (TAF), de aterrizaje (TREND) y despegue.
- Informes de observaciones meteorológicas (METAR y SPECI).
- Emisión de avisos de aeródromo o de cizalladura de viento.

#### 2.2.1. Informes de observaciones meteorológicas (METAR y SPECI)

Este producto es ofrecido por el área de meteorología, pero no es realizada por el pronosticador de una Oficina Meteorológica de Aeródromo (OMA), este producto es realizado por un observador meteorológico el cual realiza las observaciones cada media o una hora, según el aeropuerto.

### **2.3. Oficina Meteorológica de Aeródromo**

En el Anexo 3 (2016) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) una Oficina Meteorológica de Aeródromo (OMA) es aquella oficina designada para suministrar el servicio meteorológico para los aeródromos al servicio de la navegación aérea nacional e internacional.

Esta oficina es la encargada de preparar los pronósticos de aeródromo para su sede y los aeródromos que tiene a su cargo. Y dependiendo de cada sede, las OMA se rigen por su manual de procedimientos en donde especifica sus funciones y responsabilidades.

Dentro de los productos realizados por una OMA aparte del TAF, se encuentran el pronóstico de aterrizaje, el pronóstico de despegue, el aviso de aeródromo y el aviso de cizalladura.

#### 2.3.1. Pronóstico de aterrizaje

Según la OACI (2018) los pronósticos de aterrizaje deberá prepararlos la oficina meteorológica de aeródromo designada por la autoridad meteorológica interesada; tales pronósticos tienen por objeto satisfacer las necesidades de los usuarios locales y de las aeronaves aproximadamente a una hora de vuelo del aeródromo. Estos pronósticos se preparan en forma de pronóstico de tipo tendencia.

Según la OACI el pronóstico de tendencia consistirá en una declaración concisa de los cambios significativos previstos en las condiciones meteorológicas en ese aeródromo, que se adjuntará a un informe local ordinario, un informe local especial, METAR o SPECI. El periodo de validez de un pronóstico de tendencia será de dos horas a partir de la hora del informe que forma parte del pronóstico de aterrizaje.

### 2.3.2. Pronóstico de despegue

Según OACI (2018) este pronóstico debería referirse a un periodo de tiempo especificado y contener información sobre las condiciones previstas para el conjunto de pistas. Respecto a la dirección y velocidad del viento en la superficie, y las variaciones de ambas, la temperatura, la presión (QNH) y cualquier otro elemento que pueda convenirse localmente.

### 2.3.3. Aviso de cizalladura

Según OACI (2018) la OMA es la oficina que prepara los avisos de cizalladura del viento para los aeródromos en los que la cizalladura del viento se considera como un factor para tener en cuenta, de acuerdo con los arreglos locales establecidos con la dependencia de servicios de tránsito aéreo apropiada y los explotadores interesados. Los avisos de cizalladura del viento dan información concisa sobre la presencia observada o prevista de cizalladura del viento que pueda afectar adversamente a las aeronaves en la trayectoria de aproximación o en la trayectoria de despegue, o durante la aproximación en circuito entre el nivel de la pista y a una altura de 500 m sobre éste, o afecta a las aeronaves en la pista en el recorrido de aterrizaje o la carrera de despegue.

Cuando los informes de aeronaves indiquen que ya no hay cizalladura del viento o, después de un tiempo acordado sin notificaciones, se debe cancelar los avisos de cizalladura del viento para aeronaves que llegan o aeronaves que salen.

### 2.3.4. Aviso de aeródromo

Según OACI (2018) la OMA es la oficina encargada de emitir los avisos de aeródromo con información concisa acerca de las condiciones meteorológicas que podrían tener un efecto adverso en las aeronaves en tierra, las aeronaves estacionadas, y en las instalaciones y servicios del aeródromo. Estos avisos deben cancelarse cuando ya no ocurran tales condiciones o cuando ya no se espere que ocurran en el aeródromo.

## **2.4. Pronósticos del tiempo**

Según la OMM el pronóstico del tiempo es un informe sobre las condiciones meteorológicas previstas durante un tiempo o periodo y para un área o porción de espacio aéreo determinados.

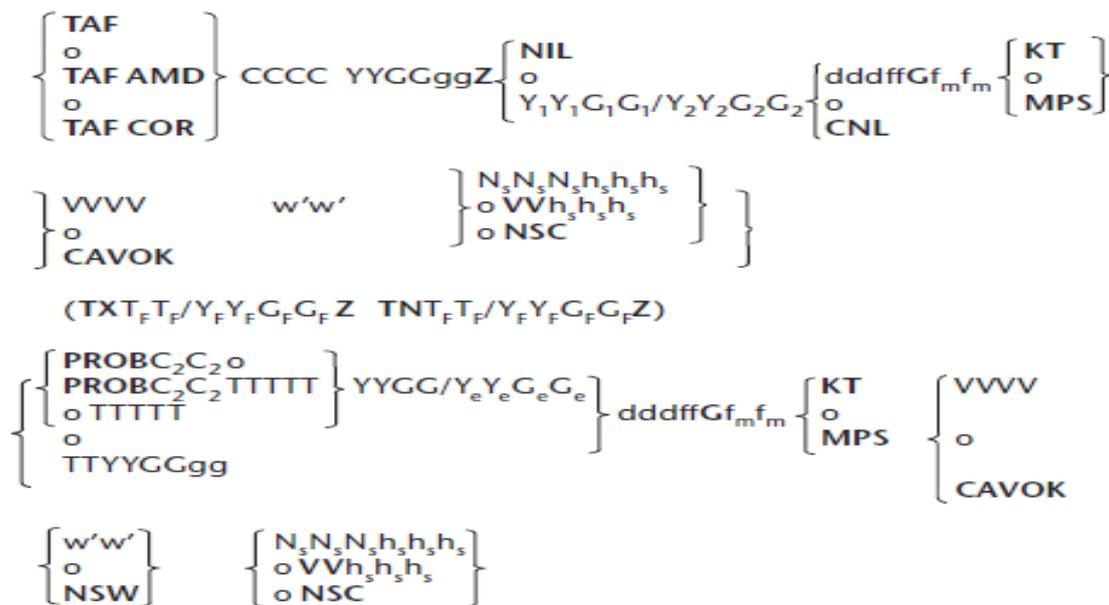
## 2.5. Pronóstico de aeródromo (TAF)

Según la OMM (OMM – N° 782) los pronósticos de aeródromo son descripciones completas de los elementos meteorológicos que se esperan en el aeródromo y por encima de él durante todo el periodo de este pronóstico e incluyen todos los cambios significativos para las operaciones de aeronaves.

En el Anexo 1 se muestra la plantilla del TAF (extraída de la RAP 303) en donde se aprecia su formato y elementos.

Para el Perú se toma como estructura el formato resumido del TAF, extraído del documento de la OMM-N° 782 Informes y pronósticos de aeródromo; por lo que los elementos meteorológicos que se pronostican en el TAF del AIVA, con la excepción del término CAVOK debido a las razones explicadas en el punto 1.1, son:

- Viento en superficie
- Visibilidad dominante
- Fenómenos meteorológicos
- Capas de Nubes
- Temperatura Máxima
- Temperatura Mínima



**Figura 1.** Estructura resumida del TAF

**FUENTE:** Documento OMM-N°782. Informes y pronósticos de aeródromo

La decodificación de la estructura presentada en la Figura 1 se encuentra en el Anexo 4, se muestra un ejemplo de la estructura usada en el AIVA en la Figura 2.

```
TAF SPZO 221100Z 2212/2312 10005KT 9999 FEW050
TX22/2219Z TNM01/2311Z
BECMG 2217/2219 36015KT
TEMPO 2219/2223 FEW040TCU BKN080
BECMG 2300/2302 09005KT=
```

**Figura 2.** Ejemplo de un TAF con estructura resumida.

Según la RAP 303 los pronósticos de aeródromo describen las condiciones reinantes pronosticadas en un aeródromo dentro de los 8 km a la redonda, y abarcan un periodo que no debería ser menor de 6 horas ni mayor de 30 horas. Ya que en el Perú los pronósticos de aeródromo tienen un periodo de validez de 24 horas estos se emiten cada 6 horas. Las horas de emisión del TAF en una OMA en el Perú son: 2300Z, 0500Z, 1100Z, 1700Z siendo el inicio del periodo de validez del TAF una hora después de la hora de emisión de este. En la Tabla siguiente se toma como ejemplo el día 4 de un mes cualquiera del año.

**Tabla 1:** Horas de emisión del TAF con sus respectivos periodos de validez

Horas de emisión (hhmm)	Periodo de validez (ddhh)
0500Z	0406/0506
1100Z	0412/0512
1700Z	0418/0518
2300Z	0500/0524

Dentro del marco del presente trabajo es necesario definir el TAF COR. En pocas palabras un TAF COR es un pronóstico de aeródromo (TAF) que ha sido corregido por el pronosticador aeronáutico de una OMA debido a que contenía uno o más errores de sintaxis, siendo este TAF COR el válido para el periodo de tiempo designado dejando sin efecto en anterior TAF que contenía el error. Y como se aprecia en la Figura 3, tenemos un TAF real emitido por la OMA SPZO el día 13 de marzo del 2022 que contenía un error y como se observa en la hora de corrección, se dio después más de 4 horas reflejando la problemática.

```
TAF COR SPZO 131514Z 1312/1412 11004KT 9999 FEW020 SCT030 OVC100
TX19/1319Z TN09/1411Z
FM131230 09003KT 9999 SCT036 BKN100
TEMPO 1318/1322 33010KT RA FEW040TCU SCT050 BKN080=
TAF SPZO 131100Z 1312/1412 11004KT 9999 FEW020 SCT030 OVC100
TX19/1319Z TN09/1411Z
FM131230 09003KT 9999 SCT036 BKN100
TEMPO 1318/1322 33010KT RA FEC040TCU SCT050 BKN080=
```

**Figura 3.** Ejemplo de un TAF corregido debido a un error en sintaxis

## 2.6. Grupos de cambio

Según la RAP 303, los grupos de cambio son parte del Pronóstico de aeródromo (TAF) que indican cambios significativos en las condiciones meteorológicas, y que siguen los criterios presentados en la RAP 303 Apéndice E, 1.3.2, se debe utilizar los indicadores de cambio BECMG, TEMPO o FM, seguidos del periodo de tiempo durante el cual se prevé que tenga lugar el cambio o periodo independiente para el caso del FM. Se debe incluir solamente, después de un indicador de cambio, aquellas variables de las cuales se prevé un cambio significativo. En el Anexo 2 se encuentra con más detalle la estructura y uso de estos indicadores de cambio.

## 2.7. Python

Según la página web oficial de este lenguaje de programación, Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y orientado a objetos. Python soporta módulos y paquetes, donde algunos de ellos son usados en este trabajo.

Python ofrece una sintaxis simple y fácil de entender, lo cual ayuda a terceras personas en el rápido y fácil entendimiento del script.

### III. DESARROLLO DEL TRABAJO

#### 3.1. Delimitación temporal y espacial

El presente trabajo monográfico fue elaborado usando información del año 2022; es decir se usaron los pronósticos de aeródromo (TAF) realizados por la OMA SPZO, estos datos solo fueron una parte de la data total usada para el desarrollo del programa. El programa ha sido creado con el fin de reducir los errores en sintaxis al confeccionar los TAF del aeropuerto internacional teniente Alejandro Velasco Astete, ubicado en la ciudad del Cusco, Perú.

Cusco, departamento de la República del Perú ubicado en el sureste del país tal como muestra la Figura 4, que tiene como capital a la ciudad de Cusco, está formado por 13 provincias y 112 distritos. Su extensión territorial es de, aproximadamente 73 mil km<sup>2</sup> siendo el cuarto departamento del Perú más extenso a continuación de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. Como se muestra en la Figura 5, el departamento de Cusco limita al norte con los departamentos de Junín y Ucayali, al este con Madre de Dios, al sureste con Puno, al sur con Arequipa y al oeste con Apurímac y Ayacucho. Comprende zonas andinas y parte de la selva alta.

**Superficie:** 71 986,50 km<sup>2</sup>

**Latitud sur:** 13° 30' 45''

**Longitud oeste:** entre meridianos 73° 59' 52'' y 73° 57' 45''

**Densidad demográfica:** 16,7 hab/km<sup>2</sup>

**Población total:** 1 205 527 habitantes

**Capital del departamento:** Cusco (ubicado a 3 399 msnm)

**Provincias:** Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Cusco, Chumbivilcas, espinar, La Convención, Paruro, Paucartambo, Quispicanchi y Urubamba.

**Distritos:** 112

**Clima:** El clima de Cusco es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. Su clima es frío y seco de mayo a noviembre y lluvioso en los meses de diciembre hasta mayo. La temperatura media en la capital es de 12 °C siendo la máxima de 19 °C y la mínima alrededor de 4 °C aproximadamente. En la parte de selva amazónica es tropical.



**Figura 4.** Ubicación del departamento del Cusco dentro del mapa del Perú  
**FUENTE:** File: Perú - Cuzco Department (locator map).svg - Wikimedia Commons



**Figura 5.** Distritos del departamento del Cusco y sus límites fronterizos de éste.  
**FUENTE:** File: División política del Cusco.jpg - Wikimedia Commons

En la Figura 6 se observa el frontis el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA), con código OACI: SPZO, es el segundo aeropuerto más importante del Perú, detrás

del aeropuerto de Lima. Este aeropuerto inició sus operaciones en diciembre de 1964 y se encuentra ubicado en la región y provincia de Cusco, distrito Wanchaq - San Sebastián, a unos 3.7 km de la ciudad imperial.

Su nombre se debe al piloto peruano Alejandro Astete quien fue la primera persona en cruzar los Andes volando en 1925 en un vuelo de Lima a Cusco. Lamentablemente, ese mismo año, en una demostración de vuelo en la ciudad de Puno perdió el control de su nave y para evitar estrellarse contra los espectadores, perdió altura y murió en el impacto.

El aeropuerto del Cusco es la principal puerta de entrada al circuito turístico de Sudamérica y un punto obligatorio para llegar a las ruinas de Machu Picchu. Este aeropuerto es el de mayor flujo aéreo en el sur del país siendo uno de los aeropuertos más importantes del Perú, además que la ciudad de Cusco representa grandes ingresos debido a su alta demanda turística internacional.



**Figura 6.** Aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete

**FUENTE:** RPP Fotos | 10 datos sobre el aeropuerto Alejandro Velasco Astete de Cusco | RPP Noticias

### 3.2. Datos

Para este trabajo se usaron tres grupos de datos, los dos primeros fueron destinados a la comprobación de errores en sintaxis del TAF mientras que el tercero fue destinado para la cuantificación del porcentaje de TAF con errores de sintaxis detectados. El primer grupo de datos utilizados fue obtenido de la página [Formulario para petición de mensajes aeronáuticos \(ogimet.com\)](http://ogimet.com) de donde se extrajo los pronósticos de aeródromo (TAF) del AIVA que contenían errores en sintaxis y que fueron elaborados por la OMA SPZO (Figura 7) estos TAF son del periodo comprendido de enero hasta agosto del 2022. A su vez, para el segundo

grupo de datos se crearon TAF ficticios los cuales contenían uno o varios errores en sintaxis, esto con la finalidad de encontrar la falta de condicionales en la codificación del programa para detectar dichos errores que el programa no detectó con el primer grupo. El tercer grupo posee TAF del AIVA con errores de sintaxis que fueron elaborados por la OMA SPZO desde setiembre hasta la primera semana de noviembre del 2022, estos datos fueron obtenidos de la misma fuente que la del primer grupo.

```
TAF SPZO 062300Z 0700/0723 11004T 9999FEW030 SCT050
TX19/0719Z TN09/0612Z
BECMG 0615/0717 14015KT
TEMPO 0716/0722 RA FEW040TU BKN100=
```

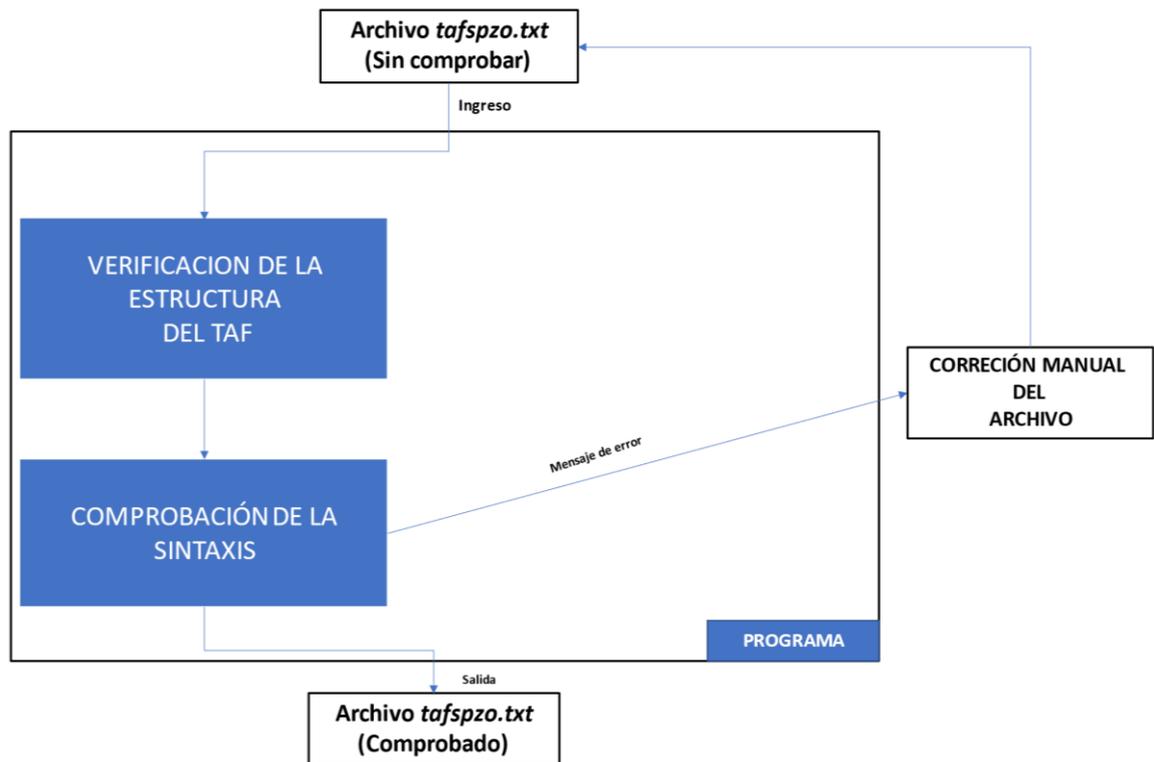
**Figura 7.** Ejemplo de un TAF perteneciente al primer grupo de datos.  
**FUENTE:** Formulario para petición de mensajes aeronáuticos (ogimet.com)

El programa desarrollado para la detección de errores en la sintaxis del TAF fue elaborado en su totalidad por el bachiller y es de autoría de este, los conocimientos usados para la creación de este programa fueron gracias a la experiencia en programación y a los años que el bachiller viene laborando en CORPAC S.A.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Diseño de la estructura del programa**

Para el diseño de la estructura del programa se tomó como base las especificaciones técnicas y restricciones de la estructura del TAF SPZO expuestas en el punto 2.5. de este trabajo. A su vez, a nivel de codificación el programa está estructurado con base a la estructura resumida (Figura 1) por lo que cualquier diferencia en los elementos de esta estructura ya establecida; ya sea en posición, cantidad de caracteres, tipo de información (numérico y/o texto), ubicación de las variables, etc., se refleja en un error. El programa que se esperó obtener al momento del diseño se muestra en la Figura 8



**Figura 8.** Estructura interna del Programa diseñado

a) Acondicionamiento del entorno para Python

El acondicionamiento del entorno para Python estuvo comprendido inicialmente en la instalación del lenguaje de programación en su versión 3.10, la descarga es completamente gratuita. Se instaló el programa Visual Studio Code, este programa es un editor de código que sirvió para poder codificar el programa usando Python.

La librería usada para el programa fue “*pickle*”, la cual sirvió para cargar una lista de todos los posibles fenómenos meteorológicos que pueden ir en el TAF. Este archivo de fenómenos meteorológicos fue elaborado mediante un script en donde se realiza múltiples combinaciones de posibles fenómenos meteorológicos.

b) Reconocimiento del TAF

Para el proceso de reconocimiento del TAF se usó como base las tablas del apéndice E del documento de Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP 303) A5-1. Plantilla para TAF, A5-2. Uso de indicadores de cambio y de hora en los TAF, la tabla A5-4. Intervalos de valores y resoluciones para los elementos numéricos incluidos en los TAF y de forma principal la estructura resumida del TAF del documento OMM-N° 782. Estas tablas

sirvieron como base para conocer la estructura del TAF de tal forma que permitió codificar las múltiples condicionales para el reconocimiento de este por parte del programa.

Se plasmó en documentos los posibles componentes, tales como: estructura, variables y condicionales. No se consideró los indicadores de probabilidad PROB30 y PROB40, debido a que estos no son comúnmente usados en la elaboración del TAF SPZO.

En cuestión de estructura, el programa consiste en múltiples secciones que realizan distintas tareas y que combinadas ayudan a alcanzar los objetivos propuestos, estas son:

- Importación de la librería necesaria para la codificación del programa.
- Definición de la variable “dia”.
- Definición de múltiples variables necesarias para encontrar errores de sintaxis.
- Definición de funciones las cuales detectan los posibles errores de sintaxis en cada grupo de variable meteorológica contenida en el TAF y también la definición de funciones que detectan errores de sintaxis en la hora de envió y periodo de validez.
- La lectura directa de un archivo que contiene todos los fenómenos meteorológicos que afectan a la navegación aérea.
- La lectura directa del archivo que contiene el TAF.
- Delimitación de las líneas dependiendo de la cantidad de grupos de cambio utilizados en el TAF.
- Un bloque de múltiples condicionales para la detección de las variables y que estas puedan ser usadas en las funciones para que se verifique las sintaxis.

Teniendo ya definida las secciones principales del programa y su estructura inicial, se procedió a la codificación del programa.

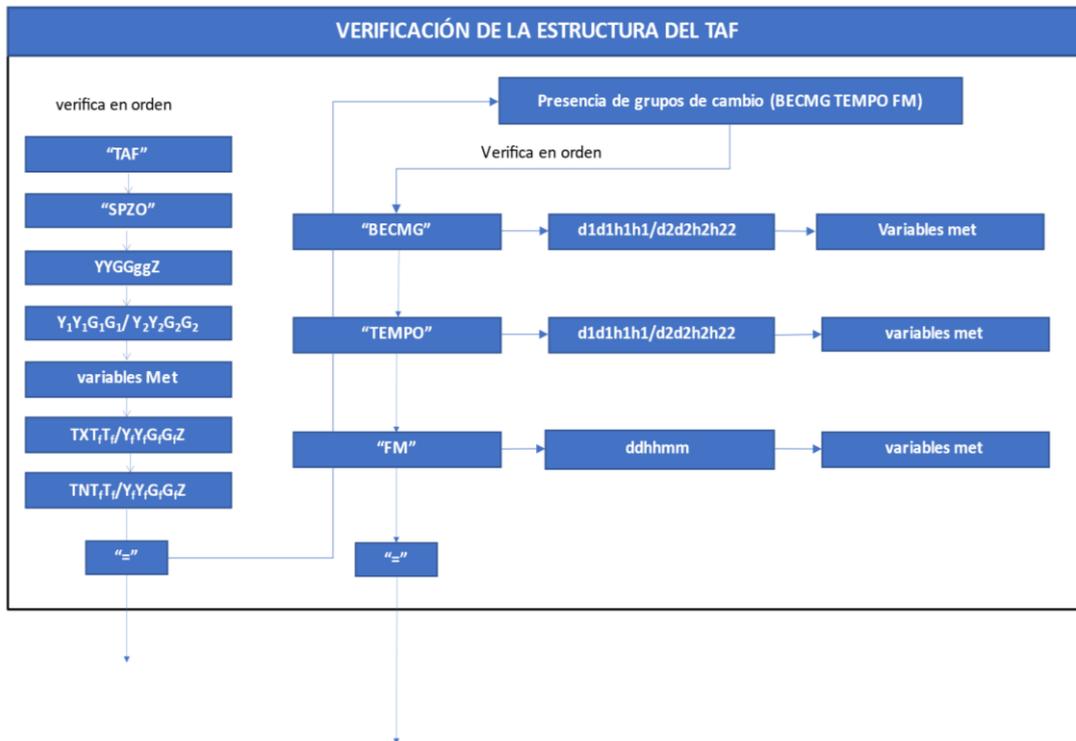
Al momento de la codificación se usó la información mencionada anteriormente, y se implementó las condicionales y reglas necesarias para crear un programa que pueda reconocer sin algún error los TAF al momento de ejecutarlo y que no necesariamente comprobará si existe o no errores en la sintaxis, la Figura 10 muestra de manera resumida como el programa reconoce el TAF. Los resultados fueron positivos al ejecutarse sin errores y con esto se aseguró que el programa identificará el TAF.

Cabe resaltar que el programa solo acepta archivos en donde el TAF posea la estructura basada en las tablas ya mencionadas.

```
TAF SPZO 041700Z 0418/0518 36015KT 9999 FEW050 SCT080
TX22/04119Z TNM01/0511Z
TEMPO 0419/0423 FEW040TCU BKN100
BECMG 0500/0502 09005KT=
```

**Figura 9.** Ejemplo de la estructura de un TAF aceptado por el programa.

En donde la primera línea en el TAF (Figura 9) debe ser el tipo de mensaje y ubicación, así como la hora de envío, periodo de validez, y las condiciones meteorológicas iniciales. En la segunda línea deben estar las temperaturas máximas y mínimas y también los días y horas de ocurrencia de acorde al día de emisión del TAF. A partir de la tercera línea pueden o no ir los grupos de cambio considerados en este trabajo (con los indicadores de cambio BECMG, TEMPO y FM) con sus respectivos periodos de validez de acorde al Anexo 2, para las siguientes líneas se puede seguir adicionando grupos de cambio y según la RAP 303, Apéndice E, 1.5 hasta un máximo de cuatro grupos de cambio. Al final del TAF debe existir el carácter “=”.



**Figura 10.** Diagrama de flujo de la verificación de la estructura del TAF por el programa.

Debido a que el programa posee aproximadamente 740 líneas de código, fue necesario probar que la codificación se ejecutara sin problemas así no detecte algún error de sintaxis en el TAF. La siguiente sección está enfocada en la comprobación de la sintaxis, en donde se agregó, modificó y corrigió líneas de código del programa para poder detectar errores.

### 3.3.2. Comprobación de sintaxis

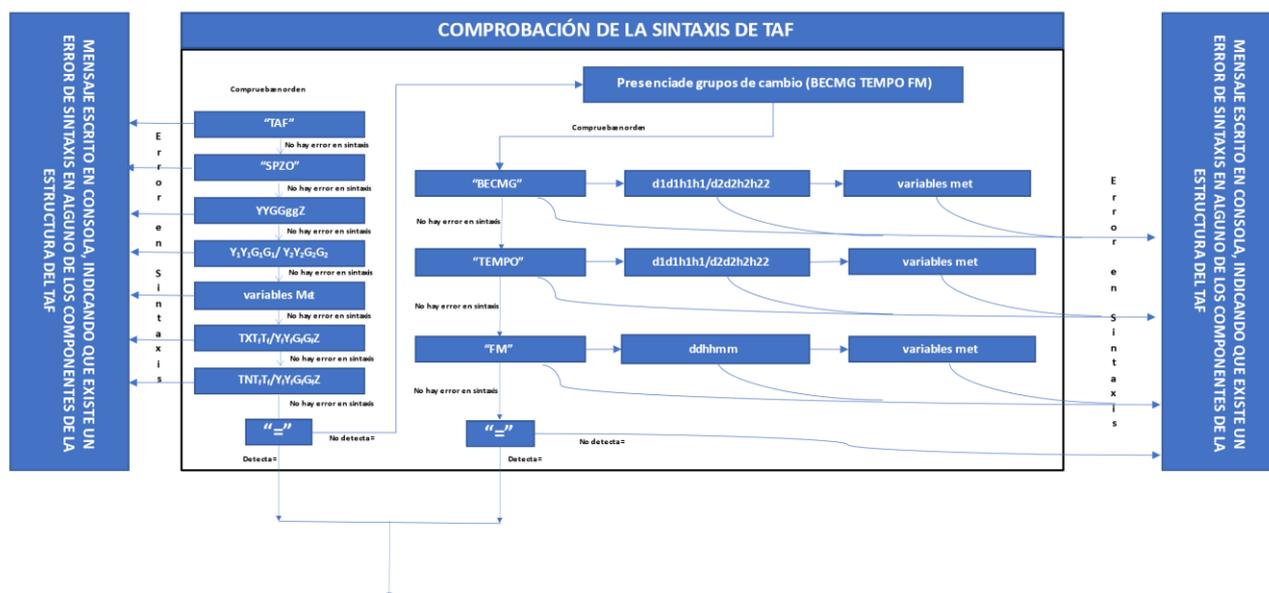
Inicialmente se procedió a codificar nuevas líneas de código con la finalidad de detectar errores en la sintaxis de los dos primeros grupos de TAF. Esto con la finalidad de que estas nuevas líneas puedan ser modificadas y/o corregidas en el caso que el error no se detecte, a su vez esta codificación inicial dejó campo para generar nuevas líneas de código cuando fue necesario.

La codificación del programa se corrigió y modificó para que pueda detectar todos los errores de sintaxis presentes en los grupos de TAF definidos anteriormente, y así obtener el programa final.

Esto consistió en comprobar la correcta detección de los errores de sintaxis en los dos primeros grupos de TAF. Para el caso del primer grupo estos TAF son del AIVA y contienen errores en su sintaxis, por lo que en su momento fue necesario emitir una corrección; es decir un TAF COR. Este primer grupo sirvió para comprobar la detección de los errores en sintaxis más comunes cometidos por la OMA SPZO. Se debe resaltar que todos los TAF usados para la comprobación poseen algún error en su sintaxis, estos errores ya eran conocidos por el bachiller por lo que el programa debía detectarlos. Si el programa no detectaba estos errores se realizaba correcciones y modificaciones de las condicionales con el fin de poder detectar estos errores.

El otro grupo de TAF usados fueron los ficticios, creados por el bachiller, los cuales poseen múltiples errores en su sintaxis, este grupo es de suma importancia debido a que estos contribuyeron con las correcciones y en la adición de nuevas condicionales en el programa diseñado para ampliar la detección de errores de sintaxis de los TAF. En la Figura 11 se muestra cómo es que el programa maneja la comprobación de la sintaxis de los TAF

El proceso de comprobación del programa culminó cuando este detectó todos los errores en sintaxis ya conocidos en ambos grupos usados.



**Figura 11.** Diagrama de flujo de la comprobación de sintaxis

### 3.3.3. Cuantificación del porcentaje de TAF con errores de sintaxis mediante el programa

Una vez realizado la comprobación de errores en sintaxis usando los dos primeros grupos, se realizó la cuantificación del porcentaje de TAF con errores detectados en sintaxis usando el tercer grupo de datos comprendidos desde el mes de setiembre hasta la primera semana de noviembre del 2022. Mediante la siguiente ecuación se cuantificó el porcentaje de TAF con errores detectados en sintaxis:

$$pTAF = \frac{TAF_e}{TAF_t} \times 100$$

Donde:

pTAF: Porcentaje de TAF con errores de sintaxis detectados mediante el programa diseñado.

TAF<sub>e</sub>: Número de TAF con errores detectados en sintaxis mediante el programa diseñado.

TAF<sub>t</sub>: Número total de TAF del tercer grupo (Sección 3.2).

## 3.4. Funcionamiento y aplicación del programa

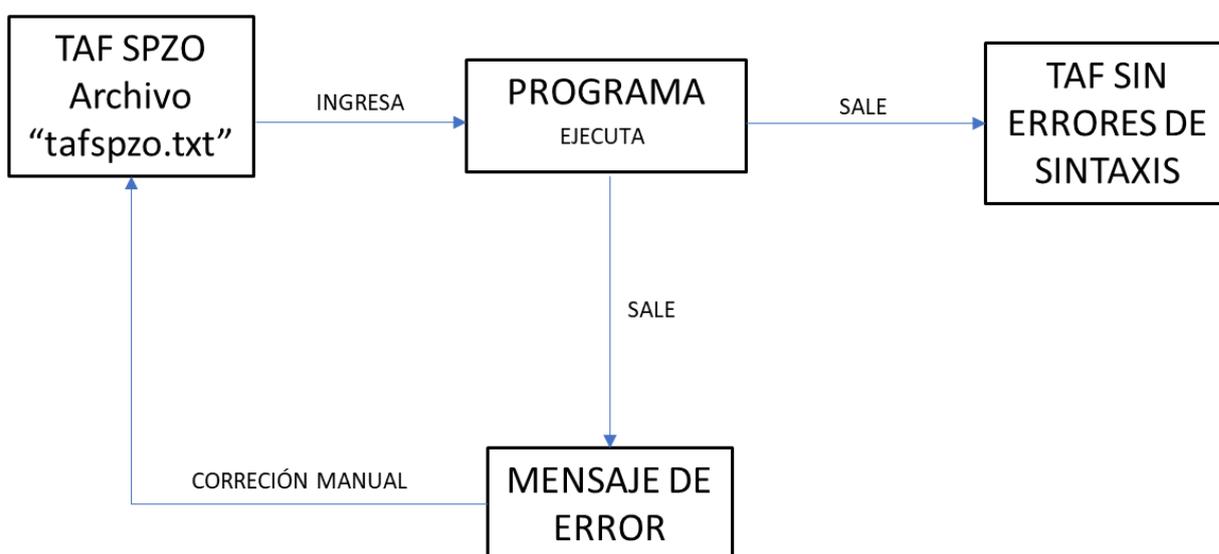
### 3.4.1. Funcionamiento del programa

Una vez que culminó la metodología utilizada, se desarrolló el programa deseado para la comprobación de errores en sintaxis en el TAF del AIVA. En esta sección se procederá a

explicar de manera sencilla como el programa maneja los errores de sintaxis en los TAF elaborados.

Tal como se muestra en la Figura 12 el programa recibe un archivo de extensión txt con el nombre de “tafspzo.txt”, es en este archivo en donde se confecciona el TAF SPZO que se quiere elaborar. Una vez que se termina de elaborar el TAF se procede a ejecutar el programa para detectar si existe algún error en sintaxis, si es que se detecta algún error el programa emite un mensaje en donde indica que existe un error. La detección de errores ha sido codificada de tal manera que solo detecte un error por corrida, es decir que se debe corregir el error detectado para volver a correr el programa y detectar si existe otro error o no.

El programa no emitirá ningún mensaje cuando el TAF no tenga errores en sintaxis.



**Figura 12.** Diagrama de flujo del funcionamiento del programa final.

Este proceso es el mismo cuando se utiliza para TAF de fechas pasadas.

#### 3.4.2. Aplicación del programa

La aplicación o uso del programa final solo se dio cuando este comprobara en su totalidad los errores en ambos grupos de TAF. La aplicación estuvo comprendida por el uso del programa al momento de confeccionar el TAF SPZO por parte del bachiller en su turno y usando su laptop personal. Al usar este programa por unas semanas se observó que la comprobación de sintaxis fue exitosa debido a que se detectó errores en sintaxis involuntarios al momento de confeccionar los TAF SPZO, por lo que en esas semanas de aplicación no hubo errores de sintaxis al momento de confeccionar el TAF.

Debido a que se tuvo que comprobar la sintaxis con TAF de días pasados, la variable “dia” no es fija, por lo que se tuvo que modificar constantemente para que esta coincidiera con los días cuando se aplicó en turno el programa.

### **3.5. Experiencia y aportes profesionales**

El bachiller lleva laborando en la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial CORPAC S.A. desde abril del 2018 hasta la fecha, es decir más de 4 años de experiencia en el área de meteorología aeronáutica. En este tiempo no solo ganó experiencia en el área mencionada sino también en las condiciones climáticas de distintas regiones del Perú debido a que el pronosticador de la OMA SPZO no solo pronostica para el aeropuerto del Cusco, sino también para los aeropuertos de Puerto Maldonado, Ayacucho, Andahuaylas, Mazamari y Jauja.

#### **3.5.1. Contribución**

En el tiempo que el bachiller ha venido laborando en CORPAC S.A. se ha encontrado con labores y responsabilidades las cuales pueden mejorar o actualizarse. Y en virtud de lo mencionado anteriormente una de estas mejoras fue la semi automatización en la elaboración del CLIMAT, el bachiller elaboró un script en donde se toma los METAR del mes y separa las variables meteorológicas para analizarlas, detectar información faltante para su posterior corrección, realizar promedios mensuales, etc. Con el fin de que el CLIMAT sea realizado de manera rápida y eficaz, reduciendo el tiempo que le toma al pronosticador en realizar este producto comparado con el método tradicional que usa en la OMA.

Debido a que gran parte del programa para elaborar la tabla climatológica y el CLIMAT del mes sirve para la separación de variables meteorológicas contenidas en el METAR se pudo tener otro programa el cual grafica estas variables obteniendo gráficas del comportamiento mensual, por lo que usados con otras herramientas de pronóstico ayudan a mejorar la precisión de los TAF.

El pronosticador al tener múltiples funciones y responsabilidades dentro de la OMA en muchas oportunidades no se percató de los errores en sintaxis al momento de la confección del TAF y al no haber un programa que ayude a la detección de estos errores el bachiller desarrolló este programa presentado en este trabajo monográfico como contribución al proceso individual de confección del TAF SPZO.

### 3.5.2. Análisis de la contribución

Específicamente al trabajo realizado en esta monografía, es a través de los cursos llevados a lo largo de mi formación profesional que se pudo realizar este trabajo, en donde el curso de técnicas en programación me ayudó a formar las bases para elaborar scripts que automaticen la solución de problemas cotidianos y también el curso de meteorología aeronáutica sentó las bases de la correcta sintaxis del pronóstico de aeródromo ( TAF) y también me ayudó a conocer los documentos necesarios como las RAP 303 de la DGAC así como el Anexo 3 de la OACI utilizados en esta rama de la meteorología.

Y de manera general es que los cursos de meteorología sinóptica, teledetección, meteorología tropical ayudaron a realizar la labor de pronóstico del tiempo y afinar el pensamiento crítico en el desarrollo de las actividades realizadas en una OMA.

### 3.5.3. Beneficios obtenidos por la institución

Los beneficios obtenidos son una mejora en la elaboración de productos de mejor calidad, las cuales son realizadas de manera rápida y eficaz dando tiempo al pronosticador para que use su tiempo en otras funciones asignadas como la vigilancia atmosférica de los aeropuertos que pronosticador tiene a cargo.

Si la empresa decide implementar las herramientas contribuidas dentro del manual de procedimientos de la OMA, se estaría beneficiando al tener herramientas automáticas que ayuden al alza tecnológica de la oficina.

Los programas pueden ser usados para la creación de otras variantes que ayuden a la mejora de otros productos realizados por la OMA, aumentando así la calidad de estos.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Mediante el diseño del programa se planteó las especificaciones técnicas para dar lugar a la obtención de un programa diseñado que pudiera detectar la estructura del TAF SPZO.

Luego de modificaciones y correcciones se comprobó satisfactoriamente la sintaxis en los pronósticos de aeródromo del AIVA mediante el uso de ambos grupos de TAF utilizados y el programa diseñado.

Se cuantificó el porcentaje de TAF con errores en sintaxis detectados, obteniendo un valor de 66.66%. Este porcentaje obtenido cumple con reducir la emisión de TAF COR debido a errores en sintaxis.

Debido a que no existe alguna herramienta proporcionada por CORPAC S.A la cual verifique la sintaxis del TAF antes de su envío ocurren muchos errores de sintaxis en estos pronósticos generando la emisión del TAF COR en donde se corrigen dichos errores. Por lo que se desarrolló este programa para la verificación de la sintaxis del TAF y así afrontar y dar solución a las emisiones del TAF COR.

Cabe resaltar que los pronósticos de aeródromo (TAF) y otros productos elaborados por las OMA se pueden confeccionar sin necesidad de herramientas tecnológicas, pero debido al cambio climático, los eventos atmosféricos extremos ocurren más a menudo a lo largo del planeta, por lo que en un futuro no tan lejano las condiciones atmosféricas presentes en los aeropuertos serán distintas, y la inclusión de herramientas tecnológicas en el proceso de pronóstico será de vital importancia para mejorar el porcentaje de aciertos de fenómenos meteorológicos que pongan en riesgo las operaciones aéreas.

En el proceso de comprobación se encontró que los errores de sintaxis más frecuentes obtenidos del primer grupo de TAF son los errores en falta de un dígito o letra y errores en las horas y días del periodo de validez del TAF y el de los grupos de cambio. Se encontró además que mediante el programa es imposible identificar todos los errores posibles que puedan ocurrir en la redacción del TAF debido a que se generarían incontables condicionales

generando una mayor probabilidad de errores en la codificación, dificultando la actualización y mantenimiento del programa creado.

Los resultados obtenidos fueron positivos ya que se pudo lograr los objetivos propuestos, y mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos con la experiencia profesional se pudo estructurar todo el sistema de condicionales para la detección de errores en sintaxis, así como resolver el problema de falta de una tecnología que verifique la sintaxis en los TAF.

## **V. CONCLUSIONES**

Se diseñó la estructura del programa con las especificaciones técnicas planteadas, dando lugar a un programa inicial que detecta la estructura del TAF SPZO.

Se comprobó la sintaxis en los pronósticos de aeródromo al usar el programa diseñado, esto gracias al proceso de detección de errores en la sintaxis usando los grupos de TAF planteados y el programa diseñado.

Se cuantificó el porcentaje de error, mediante el cual se puede concluir que el programa ayuda a la reducción de emisión del TAF COR.

En conclusión y habiendo alcanzado los objetivos específicos, esenciales para alcanzar el objetivo general, se logró desarrollar un programa para la comprobación de la sintaxis del pronóstico de aeródromo (TAF) del aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete del Cusco – Perú reduciendo la emisión de TAF COR debido a errores de sintaxis.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Habiendo desarrollado este programa en su totalidad y habiendo obtenido resultados favorables se encontró que existen distintas formas y métodos en que este programa puede mejorar, por lo que una recomendación sería la inserción del programa en el servidor de CORPAC S.A. para implementar una interfaz interactiva que permita enviar los TAF y que a su vez verifique su sintaxis, esta interfaz estaría basado en gran parte en el programa desarrollado.

Otra recomendación es la de adaptación del programa desarrollado para poder usarlo en la confección de los TAF de las otras OMA del Perú, así como la adaptación de este para la comprobación de sintaxis de los otros productos elaborados por las OMA, como: el aviso de aeródromo, aviso de cizalladura, SIGMET, y entre otros.

Un punto importante para tener en consideración es que el programa puede ser adaptado para ser usado en una base de datos de TAF con el propósito de comprobar las sintaxis de estos, y así verificar si es que se cumplió con el procedimiento de la emisión de un TAF COR.

Para fines de estudio el programa puede ser modificado para la comprobación de sintaxis de los pronósticos de aeródromo de otros países, los cuales poseen variaciones según sus acuerdos regionales.

Debido a que el programa no puede detectar todos los errores de sintaxis posibles que pudieran ocurrir al confeccionar el TAF, se recomienda la adición de una sección de Machine Learning e Inteligencia Artificial la cual tenga la función de aprender de manera automática a distinguir los errores de sintaxis que se pueda cometer al confeccionar el TAF y así poder agregar condicionales de manera automática para una detección futura de estos errores ya aprendidos.

El programa desarrollado está enfocado en la detección de errores de sintaxis en el TAF y debido a que este programa ha sido aplicado únicamente al TAF SPZO se tuvo que considerar condiciones especiales como la no inclusión del CAVOK. Por lo que con modificaciones en las condicionales es posible usar el programa para otros aeropuertos en donde no exista la restricción del uso del CAVOK.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2022). RAP 303: Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea (Enmienda 3).

OACI. (2016). Anexo 3: Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea Internacional (19na ed.).

OMM. (2020). OMM- N 782 Informes y Pronósticos de aeródromo. Manual para la utilización de las claves.

Python Software Foundation. (Revisado 04/07/2022). *What is Python? Executive Summary [¿Qué es Python? Resumen ejecutivo]*. Recuperado de: [What is Python? Executive Summary | Python.org](https://www.python.org/about/summaries/).

OACI. (2019). Manual de métodos meteorológicos aeronáuticos, duodécima edición.

## **VIII. ANEXOS**

## Anexo 1. Plantilla para TAF

Clave: M = inclusión obligatoria, parte de cada mensaje;  
 C = inclusión condicional, dependiendo de las condiciones meteorológicas o del método de observación;  
 O = inclusión facultativa.

*Nota 1. — En la Tabla A5-4 de este apéndice se indican los intervalos de valores y las resoluciones de los elementos numéricos incluidos en los TAF.*

*Nota 2. — Las explicaciones de las abreviaturas pueden consultarse en los Procedimientos para los servicios de navegación aérea — Abreviaturas y códigos de la OACI (PANS-ABC, Doc 8400).*

Elementos especificados en el Capítulo 6	Contenido detallado	Plantillas			Ejemplos
Identificación del tipo de pronóstico (M)	Tipo de pronóstico (M)	TAF o TAF AMD o TAF COR			TAF TAF AMD
Indicador de lugar (M)	Indicador de lugar OACI (M)	nnnn			YUDO*
Hora de emisión del pronóstico (M)	Día y hora de emisión del pronóstico en UTC (M)	nnnnnZ			16000Z
Identificación de un informe perdido (C)	Identificador de un informe perdido (C)	NIL			NIL
FIN DEL TAF SI EL PRONÓSTICO SE HA PERDIDO.					
Días y período de validez del pronóstico (M)	Días y período de validez del pronóstico en UTC (M)	nnnn/nnnn			1606/1624 0812/0918
Identificación de un informe cancelado (C)	Identificador de un pronóstico cancelado (C)	CNL			CNL
FIN DEL TAF SI EL PRONÓSTICO SE HA CANCELADO.					
Viento en la superficie (M)	Dirección del viento (M)	nnn o VRB*			24004MPS;VRB01MPS (24008KT); (VRB02KT) 19005MPS (19010KT) 00000MPS (00000KT) 140P49MPS (140P99KT)  12003G09MPS (12006G18KT) 24008G14MPS (24016G28KT)
	Velocidad del viento (M)	[P]nn[n]			
	Variaciones significativas de la velocidad (C) <sup>5</sup>	G[P]nn[n]			
	Unidades de medida (M)	MPS (o KT)			
Visibilidad (M)	Visibilidad reinante (M)	nnnn			C A V O K  0350 7000 9000 9999  CAVOK
Condiciones meteorológicas (C) <sup>4,5</sup>	Intensidad del fenómeno meteorológico (C) <sup>6</sup>	- o +			RA +TSRA -FZDZ PRFG  +TSRASN  SNRA FG  HZ FG
	Características y tipo de los fenómenos meteorológicos (C) <sup>7</sup>	DZ o RA o SN o SG o PL o DS o SS o FZDZ o FZRA o SHGR o SHGS o SHRA o SHSN o TSGR o TSGS o TSRA o TSSN	FG o BR o SA o DU o HZ o FU o VA o SQ o PO o FC o TS o BCFG o BLDU o BLSA o BLSN o DRDU o DRSA o DRSN o FZFG o MIFG o PRFG		
Nubes (M) <sup>8</sup>	Cantidad de nubes y altura de la base o visibilidad vertical (M)	FEWnnn o SCTnnn o BKNnnn o OVCnnn	VVnnn o VV/	NSC	FEW010 VV005 OVC020 VV/// NSC  SCT005 BKN012  SCT008 BKN025CB
	Tipo de nubes (C) <sup>1</sup>	CB o TCU			
Temperatura (O) <sup>9</sup>	Nombre del elemento (M)	TX			TX25/1013Z TN09/1005Z TX05/2112Z TNM02/2103Z
	Temperatura máxima (M)	[M]nn/			
	Día y hora de acaecimiento de la temperatura máxima (M)	nnnnZ			
	Nombre del elemento (M)	TN			
Temperatura mínima (M)	[M]nn/				

Continuación ...

	Día y hora de acaecimiento de la temperatura mínima (M)	nnnnZ			
Cambios significativos previstos de uno o más de los elementos anteriores durante el período de validez (C) 4, 10	Indicador de cambio o de probabilidad (M)	PROB30 [TEMPO] o PROB40 [TEMPO] o BECMG o TEMPO o FM			TEMPO 0815/0818 25017G25MPS (TEMPO 0815/0818 25034G50KT) TEMPO 2212/2214 17006G13MPS 1000 TSRA SCT010CB BKN020 (TEMPO 2212/2214 17012G26KT 1000 TSRA SCT010CB BKN020) BECMG 3010/3011 00000MPS 2400 OVC010 (BECMG 3010/3011 00000KT 2400 OVC010) PROB30 1412/1414 0800 FG BECMG 1412/1414 RA TEMPO 2503/2504 FZRA TEMPO 0612/0615 BLSN PROB40 TEMPO 2923/3001 0500 FG FM051230 15015KMH 9999 BKN020 (FM051230 15008KT 9999 BKN020) BECMG 1618/1620 8000 NSW NSC BECMG 2308/2308 SCT015CB BKN020
	Período de acaecimiento o cambio (M)	nnnn/nnnn o nnnnn <sup>11</sup>			
	Viento (C) <sup>4</sup>	nnn[P]nn(n)[G[P]nn(n)]MPS o VRBnnMPS (o nnn[P]nn(G[P]nn)KT o VRBnnKT)			
	Visibilidad reinante (C) <sup>4</sup>	nnnn			
	Fenómeno meteorológico: intensidad (C) <sup>6</sup>	- o +	—	NSW	
	Fenómeno meteorológico: características y tipo (C) <sup>4,7</sup>	DZ o RA o SN o SG o PL o DS o SS o FZDZ o FZRA o SHGR o SHGS o SHRA o SHSN o TSGR o TSGS o TSRA o TSSN	FG o BR o SA o DU o HZ o FU o VA o SQ o PO o FC o TS o BCFG o BLDU o BLSA o BLSN o DRDU o DRSA o DRSN o FZFG o MIFG o PRFG		
	Cantidad de nubes y altura de la base o visibilidad vertical (C) <sup>4</sup>	FEWnnn o SCTnnn o BKNnnn o OVCnnn	VVnnn o VV//	NSC	
Tipo de nubes (C) <sup>4</sup>	CB o TCU	—			

FUENTE: RAP 303

**Anexo 2.** Uso de indicadores de cambio y de hora en los TAF

Indicador de cambio o de hora	Periodo de tiempo	Significado		
FM	ndndnhnhnm	utilizado para indicar un cambio significativo en la mayoría de los elementos meteorológicos que ocurran el día ndnd a las nhnh horas y nmm minutos (UTC); todos los elementos indicados antes de "FM" han de incluirse después de "FM" (es decir, han de ser sustituidos por estos que siguen a la abreviatura)		
BECMG	nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2	pronostica que el cambio se inicia el día nd1nd1 a las nh1nh1 horas (UTC) y se completa el día nd2nd2 a las nh2nh2 horas (UTC); solamente aquellos elementos respecto a los que se pronostica un cambio han de indicarse después de "BECMG"; el período de tiempo nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2 debería normalmente ser inferior a 2 horas y en ningún caso debería exceder de 4 horas		
TEMPO	nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2	as fluctuaciones temporales se pronostica que comienzan el día nd1nd1 a las nh1nh1 horas (UTC) y cesan el día nd2nd2 a las nh2nh2 horas (UTC); solamente los elementos respecto a los que se pronostican fluctuaciones se presentan después de "TEMPO"; las fluctuaciones temporales no deberían ser de una duración superior a una hora en cada caso y, en conjunto, se extienden a menos de la mitad del período nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2		
PROBnn	---	nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2	probabilidad de acaecimiento (en %) de un valor de alternativa de un elemento o elementos de pronósticos; nn = 30 o nn = 40 solamente; por colocar después del elemento(s) en cuestión	---
	TEMPO	nd1nd1nh1nh1/nd2nd2nh2nh2		probabilidad de acaecimiento de fluctuaciones temporales

FUENTE: RAP 303

**Anexo 3.** Intervalos de valores y resoluciones para los elementos numericos incluidos en los TAF

Elementos especificados en el Capítulo 6		Intervalo de valores	Resolución
Dirección del viento:	° verdadera	000 – 360	10
Velocidad del viento:	MPS	00 – 99*	1
	KT	00 – 199*	1
Visibilidad:	M	0000 – 0750	50
	M	0800 – 4 900	100
	M	5 000 – 9 000	1000
	M	10 000 –	0 (valor fijo 9 999)
Visibilidad vertical:	30's M (100's FT)	000 – 020	1
Nubes: altura de la base de las nubes:	30's M (100's FT)	000 – 100	1
Temperatura del aire (máxima y mínima):	°C	-80 – +60	1

\* No existe un requisito aeronáutico para notificar velocidades del viento en la superficie de 50 m/s (100 kt) o más; sin embargo, se han tomado medidas para notificar velocidades del viento de hasta 99 m/s (199 kt) para fines no aeronáuticos, si es necesario.

FUENTE: RAP 303

Anexo 4. Decodificación de la estructura resumida del TAF

PRONÓSTICOS DE AERÓDROMO – DECODIFICACIÓN DE TAF															
GRUPOS DE IDENTIFICACIÓN				VIENTO EN SUPERFICIE PREVISTO	VISIBILIDAD DOMINANTE PREVISTA	TIEMPO SIGNIFICATIVO PREVISTO	NUBOSIDAD Y ALTURA DE LAS NUBES PREVISTAS*	CAVOK	CAMBIOS SIGNIFICATIVOS EN LAS CONDICIONES PREVISTAS INDICADAS POR:				GRUPOS UTILIZADOS SOLAMENTE POR ACUERDO REGIONAL		
TAF o TAF AMD o TAF COR	CCCC	YYGGggZ	NIL	Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> G <sub>5</sub>	CNL	dddddG <sub>m</sub> f <sub>m</sub> MPS o KT	WWW		ww'	N <sub>1</sub> N <sub>2</sub> N <sub>3</sub> h <sub>1</sub> h <sub>2</sub> h <sub>3</sub> (cc)	PROB	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> G <sub>1</sub> Y <sub>3</sub> G <sub>2</sub>	TTTT	Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> G <sub>1</sub> Y <sub>3</sub> G <sub>2</sub>
Nombre de la clave para pronósticos de aeródromo Pronósticos de aeródromo erróneos Pronósticos de aeródromo corregidos, respectivamente	Indicador de ubicación de cuatro letras de la OACI	Fecha y hora del origen de la previsión en UTC	Indicador de UTC	Indicador de pronóstico fallante	Indicador de amplitud de pronóstico	Unidades utilizadas para la velocidad del viento Velocidad máxima del viento (ráfaga) /Indicador de ráfaga (3) Velocidad media del viento	Período de validez, inicio el Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> Z <sub>1</sub> día del mes a las G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> y final el Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> día del mes a las G <sub>3</sub> G <sub>4</sub> en horas UTC	9999 = 10 km o más	Visibilidad dominante en metros	Tipo de nubes – Uppercase se indica CB (cumulonimbus) Aura de la base de las nubes en unidades de 30 m (100 pies) Nubosidad: FEW – escasas (1 a 2 octas) SCT – dispersas (3 a 4 octas) BKN – fragmentadas (5 a 7 octas) OVC – cielo cubierto (8 octas)	Probabilidad se utiliza para indicar la probabilidad de acasamiento de: a) un elemento o elementos alternativos b) fluctuaciones transitorias	Comienzo YYGG del día y fin Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> G <sub>3</sub> G <sub>2</sub> del día del período de pronóstico en horas UTC	Comienzo YYGG del día y fin Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> G <sub>3</sub> G <sub>2</sub> del día del período de pronóstico en horas UTC	Comienzo YYGG del día y fin Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> G <sub>3</sub> G <sub>2</sub> del día del período de pronóstico en horas UTC	Indicador de tiempo UTC Z Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> Día y hora UTC a que hace referencia la temperatura prevista Y <sub>3</sub> Y <sub>4</sub> T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> Día y temperatura prevista a G <sub>1</sub> G <sub>2</sub> Precedido de M si la temperatura es inferior a 0 °C TX, TN indicadores de las temperaturas máxima y mínima previstas, respectivamente
					00000 = calma	P99 KT (P49 MPS) significa f <sub>m</sub> /m = 100 KT (50 MPS) o más	Sustituido, cuando el cielo está oscurecido y la información sobre visibilidad vertical esté disponible, por: NSW Ningún tiempo significativo	Sustituido, cuando no hay CB ni nubes previstas por debajo de 1 500 m (5 000 pies) o de la altitud mínima de sector más elevada, la que sea mayor, y CAVOK no es apropiado, por: NSC Nil Significant Cloud (Sin nubes de importancia)	Facto y visibilidad satisfactorias CAVOK. Sustituye a visibilidad condiciones meteorológicas y nubes si: 1) la visibilidad pronosticada es de 10 km o superior. 2) no hay cumulonimbus ni nubes por debajo de 1 500 m (5 000 pies) o de la altitud mínima de sector, la que sea mayor, y 3) ausencia de tiempo significativo previsto. Véase el capítulo Informe meteorológico de aeródromo - Decodificación de METAR y SPECI	Solo las valores 30 o 40 se utilizan para indicar 30% o 40 % Probabilidad (PROB)	BELOW - TRANSCORRIMIENTO: utilizado cuando se espera que los cambios acasmen o superen determinados valores a una categoría regular o irregular TEMPO - Fluctuaciones. TRANSCORRIMOS de menos de una hora y en total de menos de la mitad del período indicado por "PROB" Y <sub>1</sub> Y <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>2</sub>	SUSTITUIDOS AMBOS Si se espera que cierto conjunto de condiciones meteorológicas cambie más o menos completamente convirtiéndose en otro conjunto, se indica así el comienzo de otra parte autocontenida del pronóstico, por: TTYGGggg Esta toma la forma de FMYYGGgg donde FM es la abreviatura de "desde" y YYGGgg la hora y minutos UTC. Todas las condiciones previstas que precedan a este grupo quedan abrogadas por las indicadas a continuación del grupo.	Destinado al uso de TAF Para más detalles sobre bases, véase el Manual de bases (OMNIV-308)	Organización Meteorológica Mundial Tiempo - Clima - Agua	

Abril de 2019

\* Nubes de importancia para actividades operativas (por debajo de 1 500 m (5 000 pies) o por debajo de la altitud mínima de sector más elevada, la que sea mayor, y CB o TCU).  
Nota: Las oficinas meteorológicas determinadas por acuerdos regionales de navegación aérea transmiten TAF de 30 h.

FUENTE: Documento OMM-N°782. Informes y pronósticos de aeródromo.