

## DISEÑO DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE ESTACIONES ANTÁRTICAS PARA LA SELECCIÓN DE UNA BASE TEMPORARIA COLOMBIANA.

### Design of a statistical model of antarctic stations for the selection of a colombian temporary base.

Rafael Humberto Toro Machuca\*

Recibido: 6 /6/2019

Aceptado: 2/9/2019

#### Resumen

Mediante la Ley 67 de 1988, la cual fue aprobada por el congreso de la Republica de Colombia el 31 de enero de 1989, Colombia se adscribió al Tratado Antártico siendo miembro adherente. Esto se convierte en uno de los objetivos del Gobierno Nacional ser parte consultiva del tratado. Para llegar a ser miembro consultivo es importante demostrar la realización investigaciones científicas importantes en la región y la construcción de una base antártica. Para ello el gobierno nacional, a través de la Comisión Colombiana del Océano, diseñaron en el año 2014 la Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035, y en el año 2015 el Programa Antártico Colombiano. Es por ello que el presente artículo realiza un estudio de las diferentes bases antárticas en servicio presentando un modelo de regresión lineal múltiple, cuyo coeficiente de determinación supera el 80% de representación de variabilidad. Lo anterior con el objetivo de permitir el dimensionamiento inicial de la futura base antártica colombiana aportando así al cumplimiento de los objetivos de la nación en tópicos antárticos.

**Palabras clave:** Antártida, Tratado Antártico, estación permanente, estación temporaria.

#### Abstract

Through Law 67 of 1988, which was approved by the Congress of the Republic of Colombia on January 31, 1989, Colombia adheres to the Antarctic Treaty as an adherent member. This becomes one of the objectives of the national government to be a consultative part of the treaty. To become a consultant it is important to demonstrate the realization of important scientific research in the region and the construction of an Antarctic base. For this, the national government, through the Colombian Ocean Commission, designed in 2014 the Antarctic Scientific Agenda of Colombia 2014-2035, and in 2015 the Colombian Antarctic Program. That is why this article makes a study of the different Antarctic bases in service presenting multiple linear regression model, whose coefficient of determination exceeds 80% of variability representation. The above with the objective of allowing the initial dimensioning of the future Colombian Antarctic base, thus contributing to the fulfillment of the nation's objectives in Antarctic topics.

**Keywords:** Antarctica, Antarctic Treaty, permanent station, temporary station.

\*Especialista en Política y Estrategia Marítima. Jefe Oficina Planeación Base Naval ARC "Bolívar"

## Introducción

El interés de Colombia en las cuestiones antárticas se fundamenta primordialmente en la circunstancia en el que la isla de Malpelo, estando ubicada a  $3^{\circ} 51' 07''$  de latitud Norte y  $81^{\circ} 35' 40''$  de longitud Oeste, es la más occidental del país sobre el Océano Pacífico, a 270 millas náuticas al oeste de Buenaventura, y sería la única parte del territorio nacional que le permitiría a Colombia hacer reclamaciones de tipo territorial en la Antártida a través de la proyección geográfica sobre este continente representada en el triángulo que forman sobre el mismo los meridianos dentro de los cuales se enmarca la isla. Esta circunstancia, permitirá a Colombia, aplicar la hipótesis expuesta conocida como Teoría de la Defrontación, “que se basa en el enfrentamiento de las costas, a través de sus meridianos extremos, con la Antártida. No como una forma para realizar reclamaciones territoriales, sino para acceder de manera más explícita a investigaciones y exploraciones en esta vasta región (Uribe, 2003, p. 89).

En la actualidad la República de Colombia ha desistido de contemplar la Teoría de la Defrontación como fundamento para constituirse como país Consultivo del Tratado Antártico debido a que la Isla de Malpelo se encuentra ubicada en el hemisferio Norte lo cual desvirtuaría cualquier tipo de reclamación territorial sobre un continente ubicado en el hemisferio sur. Debido a que en materia de política exterior se continúa el propósito de convertir a Colombia como Estado Consultivo del Tratado Antártico, se ha demostrado en los últimos años el interés de realizar importantes investigaciones científicas en ese continente (Ochoa, 2015).

El tratado establece dos categorías de miembros: Partes Consultivas y Partes no Consultivas. El criterio para ser parte de cada selecto grupo depende en gran medida de su capacidad de realizar considerables investigaciones de carácter científico y contar con el equipo necesario para mantenerlas y llevarlas a cabo (Gomez & Melo, 2014).

Por lo anterior, Colombia está en un proceso de cambiar su posición frente al Tratado Antártico, al que se adhirió en 1989, que le permita en el futuro ser miembro consultivo de mencionado sistema. El ávido interés de Colombia sobre la Antártica nace de procesos encaminados a la protección y conservación del continente blanco y de la importancia de diversos factores que retribuyen con beneficios considerables al desarrollo marítimo, ambiental y económico del país (Comisión Colombiana del Océano, 2014).

Para lograr ese fortalecimiento de estudios científicos nacionales, se hace necesario contar con una infraestructura propia. El establecimiento de una base temporaria en la Antártica representa uno de los grandes retos del PAC, puesto que la adquisición de instalaciones físicas en ese territorio destinada al desarrollo de las investigaciones, significaría de un lado, el favorecimiento de un gran avance para las ciencias en Colombia y de otro, el posicionamiento y la potencialización de los asuntos antárticos al interior y fuera del país (Comisión Colombiana del Océano, 2015).

Con el propósito de dar continuidad a la materialización de los intereses del país, y en particular con las necesidades de ciencia y tecnología que actualmente vienen adelantando las distintas universidades nacionales, y además con el fin de concretarse los objetivos de Colombia en la Antártida, se hace necesario tener presencia ya sea durante el verano austral o de manera permanente en el continente blanco.

Para ello, el gobierno nacional utiliza como herramienta principal el Programa Antártico Colombiano, el cual se fue proyectado en cinco etapas principales, de las cuales se han culminado satisfactoriamente las dos primeras mediante cuatro expediciones científicas, desarrolladas y dirigidas por la Comisión Colombiana del Océano (CCO) en conjunto con la Armada Nacional y demás instituciones gubernamentales y universidades del país. A la fecha, la Etapa I y II se encuentran ejecutadas al realizar investigaciones científicas en buques o estaciones de países cooperantes. Las etapas III y IV, se relacionan con el establecimiento de una base temporaria y permanente, y la llegada al polo sur geográfico, significando el máximo despliegue de capacidades del país en términos de internacionalización, comunicaciones estratégicas, ciencia, tecnología y educación, evaluación y seguimiento, y presencia de Colombia en la Antártida.

En consecuencia, el presente artículo pretende diseñar un modelo estadístico para la selección de la próxima base temporaria colombiana con el fin de impactar en la consecución del objetivo seis del Programa Antártico Colombiano (PAC) con miras al establecimiento de la próxima base temporaria de Colombia, el cual permitirá estimar algunas variables a tener en cuenta dentro del desarrollo de las etapas III y IV diseñadas por la CCO

## **Método**

Se realizó una investigación documental con el fin de determinar los antecedentes y estado de acuerdo a la definición holística el holotipo de investigación del presente trabajo es la proyectiva, cuyo objetivo es diseñar o crear propuestas dirigidas a resolver determinadas situaciones (Hurtado, 2010), y donde el objetivo principal es la elaboración de un modelo que sirva de insumo para el cumplimiento del objetivo seis del PAC permitiendo definir variables que denominaremos inicialmente como: dimensiones físicas principales, y cantidad de personal científico y de planta. Para lograr este objetivo es necesario conocer cuáles son las dimensiones principales y capacidades de las bases existentes hoy en día las cuales servirán de insumo para el diseño del modelo.

En la primera fase se recopiló la información relacionada con las dimensiones y capacidades de las bases antárticas de los 31 países que tienen bases temporarias o permanente actualmente. Esta información está consignada en documentos institucionales, los informes finales de las expediciones II y III, y la información contenidas en las páginas electrónicas de las instituciones encargadas de los programas antárticos de los países con bases instaladas. Igualmente se tuvo en cuenta el catalogo publicado por el Council of Managers of National Antarctic

Program (COMNAP) que permitió contar con todas las variables de las dimensiones capacidades principales de las bases antárticas actuales.

Por último, se analizó e interpretó la información dada para luego extraer los datos de dimensiones principales y capacidades instaladas. Para el análisis estadístico se utilizó el método de regresión lineal múltiple. En el análisis de estas variables independientes y dependientes fueron definidas mediante el método de selección de variables backward o hacia atrás. Para la estimación del modelo estadístico se usó el método de regresión lineal múltiple (Gutierrez, 2008).

La herramienta de tratamiento de datos y análisis estadístico fue el software Minitab® versión gratuita 18.1

### **Coefficiente de correlación de Pearson.**

El coeficiente de correlación, representado en la Ecuación 1

Ecuación 1, es una medida de la intensidad lineal entre dos variables para las que se dispone de datos de intervalo o de regresión. El valor del coeficiente de correlación va de  $-1 < r < 1$ ; si  $r$  es próximo a  $-1$ , entonces tendremos una relación lineal negativa fuerte, y si  $r$  es próximo a cero, entonces diremos que no hay correlación lineal, y finalmente si  $r$  es próximo a  $1$ , entonces tendremos una relación lineal positiva fuerte, ver Ecuación 1, (Gutierrez, 2008).

Ecuación 1. Coeficiente de correlación de Pearson. Fuente: Gutierrez (2008)

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}} \quad (1)$$

### **Regresión lineal múltiple**

En el presente artículo, se analiza la variable dependiente ABT, las cuales fueron las que presentaron un mayor factor de correlación lineal. La ecuación que describe la forma en que la variable dependiente y se relaciona con las variables independientes  $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_p$  y un término de error se llama modelo de regresión. En la Ecuación 2 se observa la forma del modelo de regresión (Anderson, 2012).

Ecuación 2. Modelo de regresión lineal múltiple. Fuente: Gutiérrez (2008).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_p X_p \quad (2)$$

Se verificaron los cuatro supuestos: homocedasticidad (método gráfico), Independencia (método Durbin-Watson), y normalidad (método Kolmogorov- Smirnov).

### Coeficiente de determinación $R^2$

Este coeficiente se puede interpretar como la proporción de variabilidad de la variable dependiente que se puede explicar con la ecuación de regresión múltiple (Anderson, 2012). En nuestro caso se interpreta como la variabilidad porcentual de la variable dependiente que se explica con la ecuación de regresión. El coeficiente representado por  $R^2$  se calcula acuerdo la Ecuación 3.

Ecuación 3. Ecuación del coeficiente de determinación. Fuente: Gutiérrez (2008).

$$R^2 = \frac{SCMod}{SCTotal} = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Donde  $SCMod$  es la suma de cuadrados del modelo,  $SCTotal$  es la variabilidad total,  $\hat{y}$  es el valor predicho,  $\bar{y}$  es la mediana de cada valor predicho, e  $y$  es el valor de la variable dependiente.

### Coeficiente de determinación $R^2$ ajustado

Cuando evaluamos un modelo de regresión lineal múltiple nos interesa decidir si una variable dada mejora la capacidad para predecir la respuesta comparando el  $R^2$  de un modelo que contiene la variable, con el  $R^2$  del modelo sin la variable. En la Ecuación 4 se observa cómo se calcula el coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado.

Ecuación 4. Coeficiente de determinación  $R^2$  ajustado. Fuente: Gutiérrez (2008).

$$R^2_a = \frac{n - 1}{n - (p + 1)} (1 - R^2) \quad (4)$$

Donde  $n$  es el número de observaciones de la variable independiente,  $p$  es el número de variables independientes y  $R^2$  es el coeficiente de determinación definido en el numeral anterior

## Resultados

### Revisión documental

En la Segunda Expedición Científica de Colombia a la Antártica “Almirante Lemaître” se elaboró el trabajo de investigación titulado “Propuesta preliminar para la instalación de una base temporaria colombiana en la Antártida.” En la Tercera Expedición Científica de Colombia a la Antártida “Almirante Padilla” se efectuó el trabajo de investigación titulado “Localización óptima de una base temporaria en la Antártida que minimice los costos de la operación científica sujeto a restricciones geográficas y geopolíticas”. El informe del proyecto sirvió de guía para poder

conocer cómo están organizados los cargos principales y de forma general cómo se componen las instalaciones físicas como laboratorios, bodegas, entre otros. Aunque no se presentaron las áreas construidas de las instalaciones que tiene la base Marambio, tampoco relacionaron la capacidad de personal parcial o total que puede permanecer dentro de las instalaciones. En el proyecto de investigación: “Localización óptima de una base temporaria en la Antártida que minimice los costos de la operación científica sujeto a restricciones geográficas y geopolíticas”, permite observar como es la base antártica permanente Comandante Ferraz, presenta la organización de los cargos principales. Muestra también, de forma somera los espacios locativos, mediante los cuales funciona la base antártica. En el proyecto no se muestran las capacidades, de forma individual, de los espacios locativos tales como el área construida, como tampoco se referencia la capacidad de personal de investigadores ni personal de planta que puede permanecer durante las campañas en verano austral o invierno.

En otro aparte, el Council Of Manager Of National Antarctic Programs – COMNAP (en su traducción: Consejo De Gestores De Programas Antárticos Nacionales) es la asociación internacional, formada en 1988, que reúne a sus miembros, que son los Programas Nacionales Antárticos. En el año 2017, este consejo publicó el documento llamado Catálogo de Estaciones Antárticas (Antarctic Station Catalogue, título del libro en inglés). Este catálogo es en realidad una recopilación de la información principal y específica de cada una de las bases activas (Council of Manager of National Antarctic Program, 2017). Para la recopilación de los datos fueron seleccionadas 70 bases antárticas, debido a que eran las bases que presentaron la información (datos) completos, ver Tabla 1.

Estas variables se definieron utilizando el factor de correlación de Pearson con un valor mayor de  $r > 0.5$

**Tabla 1.**  
*Definición y características de las variables tomadas para el modelo estadístico.*

<b>Variable</b>	<b>Código</b>	<b>Unidad de medida</b>
Área bajo techo	ABT	m <sup>2</sup>
Número de personal en la estación, verano.	NPV	Núm. de personas
Número de científicos en la estación, verano.	NCV	Núm. de personas
Número máximo de personas al tiempo.	NMP	Núm. de personas
Staff con entrenamiento medico básico o doctor, verano.	SMD	Núm. de Personas
Área instalaciones médicas.	AMD	m <sup>2</sup>

Las variables a tener en cuenta son las siguientes:

- ABT (Área bajo techo): Es el área total construida que se encuentra techada
- NPV (Número de personal en la estación, verano): Es la cantidad de personal de planta

que se encuentran en la estación durante el verano austral

- NCV (Número de científicos en la estación, verano): Es la cantidad de científicos destacados durante las expediciones en el verano austral
- NMP (Número máximo de personas al tiempo): Es la cantidad de personal total que puede permanecer dentro de la estación.
- SMD (Staff con entrenamiento médico básico o doctor, verano): Es la cantidad de personal médico destacado durante las expediciones en el verano austral
- AMD (Área instalaciones médicas): Es el área de instalaciones con capacidad de atención para atención médica.

Dentro del PAC y con el fin de cumplir con el objetivo seis del mismo PAC, la CCO estructuró la etapa III, mediante la cual se proyectó que la estación antártica se establecería en el mediano plazo (5-10 años). Por tal motivo, esta base deberá funcionar entre los meses de noviembre y marzo, correspondientes al verano austral. Para ello la base tendría la capacidad de albergar aproximadamente 10 personas entre las cuales estaría los investigadores y el personal de planta que habrán de garantizar el funcionamiento de la estación, y dentro de la etapa IV, donde se proyecta el establecimiento y funcionamiento de la estación científica permanente, la CCO proyecta a largo plazo (15-20 años), albergar aproximadamente 20 personas entre el personal de planta y los investigadores (Comisión Colombiana del Océano, 2015, p. 22).

### **Análisis exploratorio**

Una vez hallados los coeficientes de correlación de Pearson de las variables de la Tabla 1, se tomaron valores de  $r$  mayores a 0.5 en valor absoluto y cuyo P-value sea menor a una significancia bilateral al menos de 0,05. Existen seis variables relacionadas linealmente entre sí, siendo los vínculos más fuertes los de las variables de área bajo techo (ABT) con número máximo de personal (NMP). Estos coeficientes de correlación permitieron ver la relación lineal existente entre otras variables tales como: NCV, NPV, SMD y AMD.

Posterior a este análisis, se procedió a aplicar el método de regresión lineal múltiple, utilizando todas las variables.

Se escogió la variable ABT como dependiente y desde la cual se representó la variable inicial del modelo realizado. Las demás variables con coeficientes de correlación mayores a 0.65 están en función (independientes).

Posterior a esto se aplicó la transformación de Box-Cox ( $\lambda = 0.5$ ) a la variable ABT aplicando el método de regresión lineal múltiple con todas las variables independientes: NPV, NCV, NMP, SMD, AMD, sin eliminación de variables; se verificaron los supuestos de normalidad homocedasticidad e independencia, cumpliéndolos en su totalidad.

A continuación, se muestra el análisis de regresión lineal múltiple realizado entre las variables A continuación, se muestra el análisis de regresión lineal múltiple realizado entre las variables que definen las bases antárticas. Los modelos lineales se ajustaron por mínimos cuadrados de forma que la variable de respuesta se encuentra explicada al máximo posible por un conjunto de variables independientes. El ajuste se evaluó mediante el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>, que se interpreta como la proporción de variación de la variable de dependiente explicada mediante el modelo de regresión lineal.

El proceso utilizó técnica de selección de variables por pasos conocido como hacia atrás (backward), el cual inició con un modelo que incluyó todos los términos, y paso a paso se le quitaron las variables que menos contribuyeron al ajuste.

### Modelo de regresión para la variable $ABT^{0.5}$

Se obtuvo el resultado de la regresión lineal utilizando la transformación de Box-Cox ( $\lambda = 0.5$ ) para la variable dependiente ABT. Se realizaron cuatro pasos con el método backward, se eliminaron tres observaciones atípicas, utilizando para la regresión 67 observaciones en cada variable. En la Ecuación 5 se muestra la ecuación resultante de la regresión múltiple. Las variables que no contribuyeron en la ecuación son: NPV, NCV, SMD.

Ecuación 5. Ecuación de regresión n.º 1 para variable transformada  $ABT^{0.5}$ . Fuente: Elaboración propia.

$$ABT^{0.5} = 11.86 + 0.4770 \text{ NMP} + 0.1708 \text{ AMD}$$

En la Tabla 2 se observa el análisis de varianza de la Ecuación 5, se observa que las variables significativas NMP y AMD tienen un P-value < 0.05, el cual representan in 81.95% de la variabilidad de  $ABT^{0.5}$  explicados en el modelo. Igualmente, R<sup>2</sup> ajustado del 81.39%.

**Tabla 2.**

*Análisis de varianza del paso 4 de la selección de variables. Variables significativas: NMP y AMD.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>P-value</b>
Regresión	2	28624	145.31	0.000
NMP	1	13065	132.64	0.000
AMD	1	2838	28.81	0.000
Error	64	6304		
Total	66	34928		

Fuente: Elaboración propia.



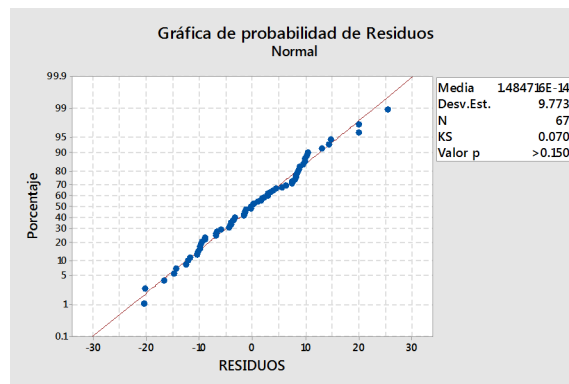
Utilizando los valores de la constante y de cada coeficiente, Tabla 3, se construyó la Ecuación 5.

**Tabla 3.**  
Coeficientes del modelo ajustado y variable transformada  $ABT^{0.5}$ .

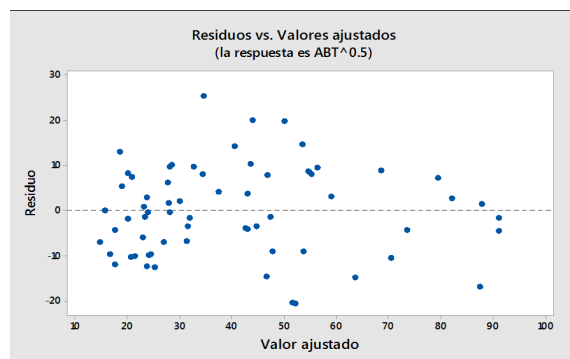
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	P-value
Constante	11.86	2.11	5.63	0.000
NMP	0.4770	0.0414	11.52	0.000
AMD	0.1708	0.0318	5.37	0.000

Fuente: Elaboración propia.

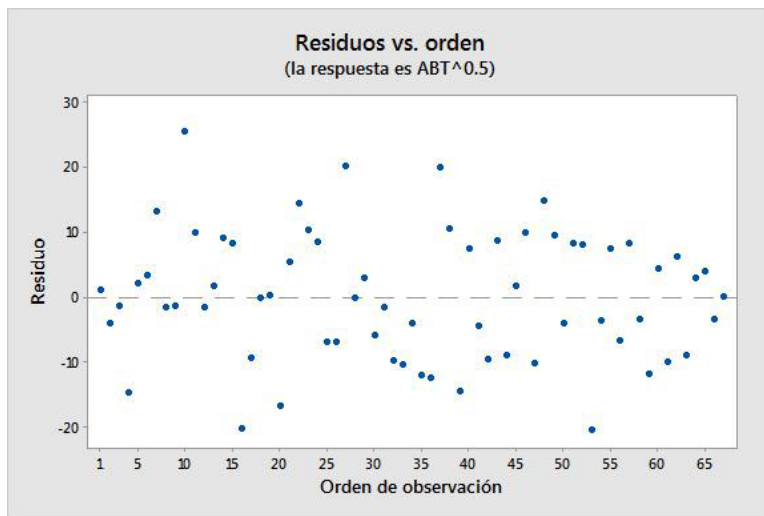
A continuación, se muestran las gráficas donde se cumplen los supuestos de normalidad (Figura 1), homocedasticidad (Figura 2) e independencia (Figura 3).



**Figura 1.** Gráfica de probabilidad de los residuos. Se cumple supuesto de normalidad. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.** Gráfica de residuos vs. valores ajustados. Se cumple supuesto de homocedasticidad. Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.** Gráfica de residuos vs. orden de observación. Se cumple supuesto de independencia.  
Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la prueba de Durbin-Watson, el software de análisis arrojó un valor estadístico de 2.08258. que al ser verificados con los límites inferior y superior de la tabla del Anexo B (Toro, 2019),  $dU = 1.664$  y  $dL = 1.544$  respectivamente, se encontró que el  $d > dU$ , demostrando el cumplimiento del supuesto de independencia.

Como resultado de la Ecuación 5 se tienen que las variables NMP y AMD influyen positivamente en el resultado de la variable  $ABT^{0.5}$ , lo anterior se concluye porque los coeficientes de las variables significativas son positivos. De forma individual, a medida que cada variable de la Ecuación 5 aumenta la variable  $ABT^{0.5}$  aumenta.

Al cumplirse los supuestos, se concluye que la Ecuación 5 se ajusta un 81.39% para las predicciones que deban realizarse.

### Predicción de las variables dependientes

Recordemos que se halló la Ecuación 5 en el que su variable dependiente con transformada fue  $ABT^{0.5}$  en función de sus respectivas variables independientes. A continuación, se muestra el cálculo de las variables dependientes bajo un caso hipotético. Se muestran nuevamente las ecuaciones antes mencionadas.

$$ABT^{0.5} = 11.86 + 0.4770 \text{ NMP} + 0.1708 \text{ AMD} \quad (5)$$

En la Ecuación 5, se utilizó valor de 10 para NMP, el cual corresponde a la cantidad de personas definidas por la CCO en el PAC para la futura base antártica temporaria colombiana. Para la variable AMD se estableció un área mínima de atención médica de 10 m<sup>2</sup> de acuerdo a parámetros tomados del Manual guía para el diseño arquitectónico servicio de consulta externa de la Secretaria de Salud de Bogotá, (Secretaria de Salud D.C., 2010). Reemplazando las variables y calculando su valor, se obtuvo el siguiente resultado

$$\begin{aligned} ABT^{0.5} &= 11.86 + 0.4770 \text{ NMP} + 0.1708 \text{ AMD} = 11.86 + 0.4770*(10) + 0.1708*(10) \\ ABT &= 336.2822 \text{ m}^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Lo anterior permite calcular cuál sería el área construida bajo techo de una estación temporaria en la que 10 personas de una expedición puedan trabajar en diferentes proyectos de investigación y en labores de sostenimiento de las instalaciones físicas. A su vez, se tendrá un área médica de 10 m<sup>2</sup> para las diferentes atenciones que deban realizarse.

Como complemento a la validación de la Ecuación 7, se tomó el 10% de las observaciones del Anexo A, se utilizó para calcular la variable ABT mediante la Ecuación 7 y así compararlos con los valores de ABT del Anexo A.

La Tabla 4 muestra el valor de ABT calculado, se observa un alto porcentaje de aproximación, lo que explica el valor de R<sup>2</sup> ajustado de la ecuación utilizada, en el que su variable dependiente está representada en 81.39% en sus variables independientes. Es estos casos el porcentaje de aproximación son altos, permitiendo corroborar la funcionabilidad de la ecuación calculada.

**Tabla 4.**

Calculo de la variable ABT usando observaciones definidas en el COMNAP.

Variable	Código	Unidad de medida
Área bajo techo	ABT	m <sup>2</sup>
Número de personal en la estación, verano.	NPV	Núm. de personas
Número de científicos en la estación, verano.	NCV	Núm. de personas
Número máximo de personas al tiempo.	NMP	Núm. de personas
Staff con entrenamiento medico básico o doctor, verano.	SMD	Núm. de Personas
Área instalaciones médicas.	AMD	m <sup>2</sup>

## Conclusiones

En esta investigación se diseñó un modelo de análisis estadístico de estaciones antárticas, para la selección de una base temporaria colombiana mediante el uso de variables dependientes. Este modelo de análisis estadístico permitió determinar el área bajo techo (ABT) en función de las variables independientes, tales como el número máximo de personal y el área médica (AMD).

Para el cálculo de las ecuaciones se utilizó la información de las bases antárticas permanentes y las bases antárticas temporarias. Lo anterior es debido a que el funcionamiento de cada una de ellas es el mismo, la única diferencia radica en los meses en los que se llevan a cabo las investigaciones; las bases temporarias operan en el verano austral desde noviembre hasta abril, mientras que las bases permanentes operan todo el año.

Los informes de las expediciones antárticas II y III, permitieron orientar en gran medida la forma en cómo se desarrolló el presente trabajo de grado. Estos informes brindaron una orientación general de cómo debe estar configurada la próxima estación antártica, aunque no son parte de los objetivos del presente trabajo, si fueron importantes en el momento de determinar las variables a utilizar. Igualmente, los informes de las expediciones abordan el problema desde lo práctico, permitiendo visualizar cómo funcionan las dos bases antárticas visitadas, logrando proyectar un organigrama general. Éstas manejan relaciones militares y civiles, dejando ver que su composición jerárquica obedece a la organización militar que las administra. En cuanto a la distribución de las áreas, describen la funcionalidad de cada área, y como se interrelacionan entre sí para el funcionamiento de la base y el correcto desarrollo de las diferentes expediciones e investigaciones llevadas a cabo. Cabe destacar que dentro de los organigramas relacionados en los informes de los proyectos de investigación de las expediciones II y III, la dirección y administración están a cargo de las diferentes fuerzas militares ordenadas por sus gobiernos respectivos. La Fuerza Aérea Argentina en la base Marambio y la base Comandante Ferraz bajo la dirección de la Marina de Brasil.

Un aspecto negativo de los informes antes mencionados, es el hecho de no presentaron información puntual sobre dimensiones físicas, capacidad de personal, capacidad de espacios logísticos, entre otros, los cuales hubieran permitido contrastar la información detallada por el COMNAP en su manual de estaciones antárticas.

El COMNAP presentó en el 2017, el catálogo de bases antárticas, convirtiéndose en el único documento que permitió extraer toda la información de las variables independientes y dependientes utilizadas para las regresiones lineales múltiples realizadas en el presente trabajo de grado. Este documento presenta de forma clara información tal como: condiciones meteorológicas, capacidades logísticas, capacidades en equipos y áreas de investigación. Aunque tiene una gran limitante, y es el hecho de que muchas de las bases no exponen toda la información requerida dentro del formato que maneja el libro, siendo un factor decisivo para la exclusión de muchas de las variables.

Cabe aclarar que el modelo estadístico empleado, no tuvo en cuenta los diferentes estándares en diseño en ingeniería civil aplicados en el diseño y construcción de instalaciones civiles en regiones polares. Se basa únicamente en la información disponible. Tampoco se proyectó utilizar el resultado obtenido como parámetro irrestricto y único para el dimensionamiento de una base colombiana. Más bien sirve como orientación inicial para las necesidades que se plantee la CCO a futuro.

Para el cálculo de la Ecuación 7, se tuvieron en cuenta inicialmente todas las bases antárticas con información completa disponible, en total 70 observaciones por cada variable. Dentro del desarrollo de cada ecuación éstas observaciones disminuyen de acuerdo a la cantidad de valores atípicos que se hayan presentado durante el cálculo realizado, lo cual permitió poder ajustar los coeficientes para cada ecuación.

Es posible ampliar el análisis estadístico utilizando las variables con observaciones incompletas o para variables cualitativas tales como tener acceso a helipuerto, acceso marítimo, acceso a una pista para aterrizaje de aviones, entre otras. Estos requerirán métodos diferentes de análisis y cálculo con el fin de ajustar el análisis estadístico a estas variables.

### Referencias

- Anderson, D. (2012). *Estadística para negocios y economía (Onceava ed.)*. Mexico D.F., México: Cengage Learning.
- Comisión Colombiana del Océano. (2014). *Agenda Científica Antártica de Colombia 2014-2035* (Primera ed.). Bogotá D.C.: Comité Técnico Nacional de Asuntos Antárticos.
- Comisión Colombiana del Océano. (2015). *Programa Antártico Colombiano*. Bogotá D.C.: Comisión Colombiana del Océano.
- Council of Manager of National Antarctic Program. (2017). *Antarctic Station Catalogue* (Primera ed.). Christchurch, Nueva Zelanda: COMNAP.
- Gomez, A., & Melo, D. C. (2014). *El Tratado Antártico, un escenario diplomático para la construcción de la cooperación Colombo-Chilena*. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Gutierrez, H. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). Mexico D.F., Mexico: McGraw Hill.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico D.F.: McGRAW-HILL.

- Hurtado, J. (2010). *Metodología a de la Investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia* (Cuarta ed.). Caracas: Quirón Ediciones.
- Ochoa, D. F. (2015). *Impacto Estratégico Nacional en la Ejecución de Expediciones Científicas a la Antártida*. Bogotá D.C.
- Rojas, S. P. (19 de Agosto de 2007). El estado del arte como estrategia de formación en la investigación. *Studiositas*, 2(3), 5-10. Recuperado el 6 de Marzo de 2019, de <http://hdl.handle.net/10983/504>
- Secretaria de Salud D.C. (2010). *Manual guia para el diseño arquitectónico servicio de consulta externa*. Bogotá D.C.: Secretaria de Salud D.C.
- Toro, R. (2019). *Diseño de un modelo estadístico de estaciones antárticas para la selección de una base temporaria colombiana*. Trabajo de grado, Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, Bolívar, Cartagena.
- Uribe, D. (2003). *LA Era de la Antártida* (Primera ed.). Bogotá D.C.: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Obtenido de [https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field\\_attached\\_file/pdf\\_la\\_era\\_de\\_la\\_antartida\\_-\\_pag\\_web-10-15.pdf](https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf_la_era_de_la_antartida_-_pag_web-10-15.pdf)